

كلية الطب والصيدلة وطب الأسنان
FACULTÉ DE MÉDECINE, DE PHARMACIE ET DE MÉDECINE DENTAIRE



جامعة سيدي محمد بن عبد الله - فاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

LA PROTHÈSE TOTALE DE L'ÉPAULE INVERSÉE DANS LE TRAITEMENT DES FRACTURES FRAICHES DE L'HUMÉRUS PROXIMAL DU SUJET ÂGE (à propos de 35 cas)

MEMOIRE PRESENTE PAR :

DOCTEUR BOUHMOU AYOUB
Né le 27 FEVRIER 1988 à Meknès

POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE SPECIALITE

OPTION : TRAUMATOLOGIE-ORTHOPÉDIE

Sous la direction de Professeur : BOUTAYEB FAWZI

Pr. BOUTAYEB Fawzi
Chirurgien - Orthopédiste
Chef de Service
C.H.U Hassan II - FES

Session Juin 2024

PLAN

PLAN.....	1
LISTE DES ABREVIATIONS	8
LISTE DES FIGURES.....	9
LISTE DES TABLEAUX	16
LISTE DES GRAPHIQUES.....	17
INTRODUCTION.....	18
MATERIELS ET METHODES.....	21
I. Matériels et méthodes	22
1. Préparation de l'étude.....	22
2. Patients	22
a. Critères d'inclusion.....	22
b. Critères d'exclusion.....	23
3. Méthodes:	23
a. Evaluation fonctionnelle	23
b. Fiche d'exploitation	28
RESULTATS.....	40
I. Résultats	41
1. Données épidémiologiques	41
A. Age.....	41
B. Le Sexe.....	41
C. Le côté atteint et latéralisé	42
D. Les antécédents	42
E. Lésions associées:.....	43
F. Séjour hospitalier	44
2. Bilan d'opérabilité.....	44
A. Etude clinique	44

B. Etude radiologique préopératoire	45
II. Thérapeutique	48
1. Type d'anesthésie	48
2. Installation	48
3. Voie d'abord	51
4. Technique chirurgicale	52
5. Traitement post-opératoire	68
a. Traitement médical	68
b. La rééducation	69
III. Evaluation des résultats	72
1. Résultats fonctionnels selon le score de constant	72
2. Degrés de satisfaction et résultats globaux	73
IV. Complications	75
V. Cas cliniques	76
DISCUSSION	83
VI. Discussion:	.
1. Anatomie chirurgicale de l'extrémité proximale de l'humérus	84
A. Ostéologie	84
a. L'omoplate ou la Scapula	84
b. La tête humérale	86
c. Col anatomique	87
d. Tubercule majeur	87
e. Tubercule mineur	88
f. Sillon intertuberculaire	88
g. Col chirurgical	88
h. Cavité glénoïde	88

B. Arthrologie	89
a. L'articulation scapulo-humérale	90
b. L'articulation sous-deltoïdienne	93
c. L'articulation scapulo-thoracique	93
C. Myologie.....	93
a. Les muscles de la coiffe des rotateurs.....	94
b. Le deltoïde.....	96
D. Vascularisation.....	98
a. L'artère circonflexe antérieure	99
b. L'artère circonflexe postérieure	99
E. Innervation	101
a. Nerf axillaire (nerf circonflexe)	101
b. Nerf musculocutané	104
c. Nerf supra scapulaire	105
F. ANATOMIE CHIRURGICALE.....	107
2. Physiologie et biomécanique de l'épaule	109
A. Les mouvements de l'épaule.....	109
a. Dans le plan horizontal	110
b. Dans le plan sagittal autour de l'axe transversal	112
c. Dans le plan frontal autour de l'axe horizontal antéropostérieur.....	113
B. La biomécanique de l'épaule prothésée.....	114
a. La mobilité articulaire.....	115
b. La stabilité articulaire	116
c. La force du deltoïde	117
d. Les contraintes sur l'implant glénoïdien.....	119
3. HISTORIQUE DE LA PROTHÈSE INVERSÉE DE L'ÉPAULE	120

4. Présentation des types de ptie.....	128
A. La prothèse de DELTA III de GRAMMONT.....	128
B. La prothèse ARROW	130
C. La prothèse AEQUALIS inversée.....	132
D. La prothèse inversée LIMA SMR.....	133
E. Anatomical shoulder inverse/reverse system (ZIMMER).....	134
F. La prothèse Biomet TESS inversée.....	134
5. Epidémiologie	136
A. Fréquence.....	136
B. Sexe	136
C. Age.....	137
D. Côté atteint et latéralité.....	139
6. Clinique.....	140
A. Signes fonctionnels	140
B. Examen clinique.....	141
7. Radiologie	143
A. Radiographie standard	143
B. Scanner	144
8. Anatomopathologie.....	146
A. Classification de Neer:.....	146
B. Classification de Duparc.....	150
a. Fractures extra-articulaires	150
b. Fractures intra articulaires	154
9. Traitement et TECHNIQUES OPÉRATOIRES	157
A. Traitement médical	157
B. Traitement orthopédique.....	157

C.	Traitement chirurgical	159
a.	Délai d'intervention.....	159
b.	Anesthésie	159
c.	Installation.....	160
d.	Voies d'abord.....	163
e.	Différentes techniques chirurgicales pour les fractures à 3–4 fragments autre que la PTEI.....	169
i.	Hémi arthroplastie.....	169
ii.	La réduction ouverte et la fixation interne (ORIF).....	171
iii.	Comparaison de PTEI contre hémiarthroplastie par amplitude des mouvements, score de Constant Murley et complications	178
iv.	Comparaison de PTEI contre ORIF par amplitude des mouvements, score de Constant Murley et complications	189
D.	Rééducation	200
10.	RESULTAT THERAPEUTIQUE	201
A.	Résultats fonctionnels	201
a.	La douleur	202
b.	La mobilité courante	203
c.	La mobilité active	204
d.	La force	205
e.	Le score de Constant global	206
B.	Résultats globaux	207
11.	COMPLICATIONS DE LA PTIE	208
A.	Complications peropératoires.....	210
B.	Complications post-opératoires	210
a.	Précoces	210

i. Douleur	210
ii. Complications vasculo-nerveuses	211
b. Secondaires	211
i. Infection	211
ii. Hématome	213
c. Tardives.....	213
i. Descellement glénoïdien	213
ii. Instabilité ou luxation prothétique	214
iii. Les fractures périprothétiques de l'humérus	216
iv. Fracture de la voute acromiale	219
v. Le descellement huméral aseptique (DHA)	220
vi. Ossifications hétérotopique périprothétique.....	220
vii. Encoche du pilier de l'omoplate	222
CONCLUSION	225
RESUME.....	227
BIBLIOGRAPHIE	234

LISTE DES ABREVIATIONS

ESH	: Extrémité supérieure de l'humérus
Fr	: Fracture
TDM	: Tomodensitométrie
PAV	: Pénétration articulaire de vis
DS	: Déplacement secondaire
ATB	: antibiotiques
AINS	: Anti-inflammatoires non stéroïdiens
CRP	: C-reactive protein
ECBU	: Examen cyto bactériologique des urines
ECG	: Électrocardiogramme
EMG	: Électromyogramme
NFS	: Numération de la formule sanguine
PTIE	: Prothèse totale inversée de l'épaule
TP	: Taux de prothrombine
VS	: Vitesse de sédimentation
ORIF	: fixation interne et réduction ouverte
HA	: hémiarthroplastie
CS	: score de Constant
EAA	

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Evaluation de la force à l'aide d'une balance. [31]	26
Figure 2. Fiche d'évaluation de Constant. [32].....	26
Figure 3. Installation du malade en position de Beach chair.....	48
Figure 4. Installation du malade en Beach chair après badigeonnage et mise en place des champs.....	49
Figure 5. Préparation de la table chirurgicale	50
Figure 6. Ancillaire de pose de la prothèse inversée ARROW	50
Figure 7. la voie d'abord supéo-latérale.....	51
Figure 8. la voie d'abord délto-pectorale	51
Figure 9. Après incision cutanée et sous cutanée, dissection soigneuse du muscle deltoïde dans le sens de ses fibres, avec passage entre les faisceaux moyen et antérieur. Une exploration de la coiffe avec une analyse fine des éléments encore identifiables de la prothèse, ténotomie du long biceps, et repérage des tubérosités par fils repères pour éventuelle réinsertion	52
Figure 10. Une libération complète et étendue de la partie inférieure de la capsule est généralement nécessaire pour garantir ultérieurement une parfaite exposition de la glène. La calotte humérale est enfin excisée à l'aide des ciseaux à os. (Service de	53
Figure 11. Le canal médullaire est alésé manuellement progressivement à l'aide d'une poignée d'alésoir en T, Bien que la tige humérale ait une longueur de 130 mm, l'alésage doit se poursuivre jusqu'à environ 150mm. La poignée en T est ensuite déconnectée de l'alésoir final qui reste en place pour recevoir le guide d'ostéotomie de la tête humérale. (Service de traumatologie- orthopédie A)	54
Figure 12. (Etape généralement non réaliser car la tête et les tubérosités sont détachés de la diaphyse) (Service de traumatologie-orthopédie A)	55
Figure 13. 14. La résection de la tête humérale s'effectue à la scie oscillante à 53° d'inclinaison par rapport à une ligne perpendiculaire à l'axe du canal huméral. Une coupe humérale a minima permet de conserver la longueur, et de maintenir le deltoïde en tension correcte. Lors de la coupe, éviter	

	soigneusement de léser les parties intactes de la coiffe, pour ne pas causer de perte de la force de rotation externe en postopératoire. La préparation de la métaphyse s'effectue par la suite. Avant d'aborder le temps glénoïdien, une tige humérale d'essai (la râpe) est insérée avec un capuchon protecteur. (Service de traumatologie–orthopédie A).....	56
Figure 15.	Une excellente exposition de la glène est nécessaire. Une capsulotomie circonférentielle complète autour de la cavité glénoïde est réalisé, pour permettre d'écarter l'humérus proximal vers le bas et en arrière, en vue de la préparation de la glène. L'intégralité de la cavité glénoïde doit être dégagée et accessible afin d'éviter tout risque d'antéversion de l'implant glénoïdien. Un écarteur contre coudé est placé en avant du col de la glène. En arrière un écarteur est placé pour refouler l'humérus. (Service de traumatologie–orthopédie A)	57
Figure 16.	17. Positionnement du guide de perçage glénoïdien de manière à l'aligner avec le bord inférieur de la glène puis forage de l'orifice central par un foret de 5mm en l'orientant à 10°–15° vers le bas. (Service de traumatologie–orthopédie A)	58
Figure 18.	Fraisage de la glène jusqu'à l'obtention d'une surface parfaitement plane pour positionner et fixer l'embase glénoïdienne. Dans la mesure du possible, une préservation de l'os sous-chondral est faite pour assurer un ancrage fiable. (Service de traumatologie–orthopédie A).....	59
Figure 19.	L'embase de glène métal–back définitive préparée sur la table. (Service de traumatologie–orthopédie A)	60
Figure 20.	21 22 23. Préparation du plot central de l'embase glénoïdienne (20 et 21). (Service de traumatologie–orthopédie A).....	61
Figure 24.	25. Lorsque la réduction d'essai est satisfaisante, la glénosphère définitive est impactée sur l'embase glénoïdienne. Ce temps exige une excellente exposition de la glène, la glénosphère doit être parfaitement positionnée. (Service de traumatologie–orthopédie A)	63
Figure 26.	27. mise en place de la tige humérale, La tige humérale sera cimentée si l'os est ostéoporotique. Dans notre série on a cimenté la tige dans 25 cas. (Service de traumatologie–orthopédie A).....	64

Figure 28. 29 . Mise en place de l'insert huméral avec une inclinaison de 155° dans un but d'éviter toute encoche glénoïdienne, le blocage de la cupule est assuré par impaction du cône morse et adaptation de sa face profonde à la platine humérale. (Service de traumatologie–orthopédie A).....	65
Figure 30. la réduction finale est assurée en appliquant une traction axiale sur le membre tout en appliquant une pression sur l'humérus en direction postérieure est exercée. (Service de traumatologie–orthopédie A).....	66
Figure 31. Prothèse totale d'épaule inversée (Service de traumatologie orthopédie A).	67
Figure 32. La pose d'un cathéter inter–Scalénique.....	68
Figure 33. une analgésie post opératoire à travers ce cathéter.....	69
Figure 34. Mobilisation passive en abduction.	70
Figure 35. Mobilisation passive en antépulsion.....	71
Figure 36. la patiente en train de réaliser des mouvements pendulaires.....	71
Figure 37. Aspect scannographique de la fracture de l'humérus proximal.....	77
Figure 38. Radiographie de face de l'épaule gauche, après la mise en place de la prothèse inversée	77
Figure 39. radiographie après dépose et mise en place de spacer.....	78
Figure 40. Radiographie de face de l'épaule droite après repose de PTI avec utilisation d'un metal–back à quille.....	78
Figure 41. Radiographie de l'épaule droite de face, montrant une fracture de l'humérus proximal.	79
Figure 42. Aspect TDM avec reconstruction 3D montrant la fracture à 4 fragments.	79
Figure 43. Radiographie de l'épaule gauche de face après la mise en place d'une prothèse inversée	80
Figure 44. Photos montrant les mobilités (abduction et élévation antérieur) à 90 jours postopératoire	80
Figure 45. Radiographie de face de l'épaule droite, montrant une fracture luxation type IV, selon la classification de Duparc.....	81
Figure 46. TDM montrant la complexité de la fracture luxation de l'épaule droite....	81
Figure 47. Radiographie de l'épaule droite, en rotation neutre, en post opératoire	

La prothèse totale de l'épaule inversée dans le traitement des fractures fraîches de l'humérus proximal du sujet âgé

après la mise en place d'une prothèse inversée	82
Figure 48. vue des faces thoraciques et dorsale de la scapula gauche	86
Figure 49. vue antérieure de l'extrémité de l'humérus.....	89
Figure 50. Vue antérieure de l'articulation scapulo-humérale gauche.	90
Figure 51. Vue latérale de l'omoplate montrant la cavité glénoïdale et le bourrelet glénoïdien.	91
Figure 52. les ligaments renforts de la capsule scapulo-humérale	92
Figure 53. Les muscles de la coiffe des rotateurs.	94
Figure 54. Vue postérieure montrant l'insertion des muscles de la coiffe sur le trochiter.	95
Figure 55. Vue postéro-latérale de l'épaule droite avec deltoïde désinséré montrant	96
Figure 56. vue de profil de muscle deltoïde.....	97
Figure 57. Vue latérale du muscle deltoïde gauche et ses trois faisceaux	98
Figure 58. Vue antérieure montrant la vascularisation de l'extrémité supérieure de l'humérus.....	99
Figure 59. Vascularisation de l'extrémité supérieure de l'humérus.	100
Figure 60. Vue antérieure de l'épaule montrant l'artère circonflexe antérieure. (Laboratoire d'anatomie Fès)	101
Figure 61. Vue antérieure de l'extrémité supérieure de l'humérus montrant le trajet du nerf.....	103
Figure 62. Rapports nerveux de l'épaule. (Laboratoire d'anatomie Fès)	103
Figure 63. Illustration du trajet du nerf musculocutané.	105
Figure 64. Illustration du trajet du nerf supra scapulaire.....	106
Figure 65. Vue antérieure d'une épaule gauche après résection du grand pectoral et diaphanisation par injection de l'artère brachiale après fermeture de l'artère subclavière.....	106
Figure 66. Les plans de référence de l'articulation : A. Plan sagittal (flexionextension) / B. Plan frontal (adduction-abduction) / C. Plan horizontal (flexion horizontal-extension horizontal)	110
Figure 67. La rotation externe et de la rotation interne de l'épaule.....	111
Figure 68. A. position de référence / B. antépulsion + adduction antérieure / C.	

rétropulsion + adduction postérieure.....	112
Figure 69. La flexion et l'extension de l'épaule.	113
Figure 70. L'adduction et abduction de l'épaule.....	113
Figure 71. Abaissement et médialisation de l'humérus dans la prothèse d'épaule inversée permettant une élévation du bras par le deltoïde en cas de déficience ou d'absence de la coiffe des rotateurs.....	115
Figure 72. Mobilité glénoïdienne favorisée par le large diamètre de la glénosphère.	116
Figure 73. La stabilité prothétique est aussi favorisée par le large diamètre de la glénosphère : une large tête est plus stable qu'une petite tête	117
Figure 74. Amélioration du moment d'action du deltoïde par augmentation combinée du bras de levier de la composante abductrice du deltoïde. [56]	118
Figure 75. Augmentation de la puissance et de la tension des fibres du deltoïde par abaissement de l'humérus dans le plan vertical (A), alors que dans le plan horizontal, la médialisation de l'humérus augmente la sollicitation des fibres musculaires du deltoïde antérieur et postérieur lors de l'abduction.	119
Figure 76. Le siège du centre de rotation au niveau de l'interface entre la glène et la glénosphère diminue les contraintes sur l'implant glénoïdien.....	120
Figure 77. Le Dr JULES-EMILE PEAN et sa prothèse d'épaule implantée en 1893. [59]	121
Figure 78. Prothèses inversées de NEER-AVERILL d'après KATZ : (a) modèle MARK1 / (b) modèle MARK3	122
Figure 79. Prothèse de REEVES (image du haut) et prothèse de GERARD &.....	123
Figure 80. Prothèse de KÖLBEL.	123
Figure 81. Prothèse de KESSEL.	124
Figure 82. Prothèse de LIVERPOOL (a-b) et prothèse de FENLIN (c).....	125
Figure 83. (a) Prothèse de BUECHEL-PAPPAS-DePALMA ;(b) Prothèse trisphérique de GRISTINA.....	125
Figure 84. Le Dr PAUL GRAMMONT, son premier modèle (a) de prothèse totale inversée d'épaule et son modèle DELTA III (b)	127

Figure 85. Composants de la prothèse DELTA III. De gauche à droite : la tige et la métaphyse humérale, l'insert en polyéthylène, la glénosphère et la métagène.	129
Figure 86. Prothèse ARROW inversée dite universelle car le même implant huméral et la même métagène peuvent servir de support pour une prothèse anatomique ou inversée.....	132
Figure 87. (A) = La prothèse AEQUALIS inversée comporte six parties : la métagène, la glénosphère, l'insert en polyéthylène, une entretoise de latéralisation, une tige dite AEQUALIS inversée et une tige longue. / (B) = La prothèse AEQUALIS inversée transformée	133
Figure 88. Prothèse Biomet TESS inversée avec tige (à gauche) et sans tige (à droite).	134
Figure 89. Aspect scannographique d'une fracture à 3 fragments. (Service de traumatologie-orthopédie A)	145
Figure 90. Fracture du trochiter	151
Figure 91. Fracture du trochin.	151
Figure 92. Fracture sous-tubérositaire isolée.	152
Figure 93. Fracture sous-tubérositaire et du trochiter.	153
Figure 94. Fracture sous-tubérositaire et du trochin.	154
Figure 95. Fracture du col anatomique	154
Figure 96. Fractures céphalotubérositaires.	156
Figure 97. immobilisation type Mayo Clinic	149
Figure 98. bandage de Velpeau [99].....	158
Figure 99. Position de Beach chair. (Service de traumatologie-orthopédie A).....	160
Figure 100. Installation en décubitus dorsal. (Service de traumatologie-orthopédie A).....	161
Figure 101. Installation en décubitus latéral.....	162
Figure 102. Installation en décubitus ventral.....	163
Figure 103. Voie Delto-pectoral.....	164
Figure 104. Abord transdeltoïdien.	165
Figure 105. Voie externe sous le V deltoïdien.....	166
Figure 106. Abord sus-olécranien.....	167

Figure 107. Hémi arthroplastie de l'épaule.	171
Figure 108. Ostéosynthèse par plaque verrouillée avec contrôle scopique du montage avant fermeture. (Service de traumatologie–orthopédie A).....	173
Figure 109. Plaque vissée mise en place. (Service de traumatologie–orthopédie A).	174
Figure 110. Ostéosynthèse par embrochage type Kapandji avec aspect en palmier des broches.....	175
Figure 111. Ostéosynthèse par embrochage type Hackethal. (Service de traumatologie orthopédie A).....	176
Figure 112. Embrochage de Vichard.....	177
Figure 113. Descellement du bloc glénosphère–métaglène.....	214
Figure 114. Luxation d'une prothèse inversée de l'épaule gauche.....	216
Figure 115. Les fractures péri–prothétiques selon les différentes séries de prothèses <u>inversées</u>	217
Figure 116. Classification SOFCOT 2005 illustrée sur Un humérus avec prothèse anatomique.	218
Figure 117. (a) Fracture périprothétique SOFCOT B1 sur une prothèse inversée d'épaule droite. / (b) Synthèse par plaque LCP avec cerclage domino proximal (vis impossible du fait de l'encombrement de la tige)	218
Figure 118. Luxation d'une prothèse inversée de l'épaule gauche.....	219
Figure 119. Ossifications périprothétiques dans l'arthroplastie inversée d'épaule..	222
Figure 120. (a) : Les différentes classifications des encoches / (b) : La classification de SIRVEAUX [146]. / (c) : Cliché radiologique montrant une large encoche du pilier de la scapula atteignant la vis inférieure de fixation de la métaglène.	223

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.Score fonctionnel normal de l'épaule selon Constant pondéré en fonction de l'âge et du sexe.	27
Tableau 2. Evaluation qualitative du score de Constant	28
Tableau 3. Répartition des signes cliniques retrouvés dans notre étude.....	43
Tableau 4. Répartition des fractures selon la latéralité et le côté dominant en comparaison avec la littérature	140
Tableau 5. Répartition des fractures selon la classification de Neer en comparaison avec la littérature.....	150
Tableau 6. amplitude des mouvements selon les différentes études.	185
Tableau 7. score de Constant Murley selon les différentes études.....	186
Tableau 8. : complications et chirurgie de révision selon les différentes études. ...	187
Tableau 9. amplitude des mouvements selon les différentes études.	196
Tableau 10. score de Constant Murley selon les différentes études.....	197
Tableau 11. complications et chirurgie de révision selon les différentes études. ...	198
Tableau 12. Le CONSTANT global dans les différentes séries.....	207
Tableau 13. Taux de complication dans les séries de littérature de prothèses inversées d'épaule.....	209
Tableau 14. Les complications infectieuses selon les différentes séries de prothèses inversées	212
Tableau 15. Taux d'encoche dans les séries de prothèses inversées.	224

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1. La répartition des patients en fonction du sexe	41
Graphique 2. La répartition des PTIE selon le côté opéré.....	42
Graphique 3. La répartition des patients en fonction des antécédents généraux.....	43
Graphique 4. la répartition des fractures en fonction du type anatomique.....	46
Graphique 5. la répartition des fractures en fonction de nombres des fragments ...	47
Graphique 6. la répartition des résultats fonctionnels en fonction de score de constant.....	73
Graphique 7. Répartition des cas en fonction des résultats globaux.....	74
Graphique 8. Répartition en fonction des complications.	76
Graphique 9. Répartition en fonction du sexe selon différentes études.	137
Graphique 10. Répartition en fonction de l'âge selon les différentes études.....	138
Graphique 11. Les voies d'abord dans les différentes séries d'arthroplastie inversée de l'épaule	169
Graphique 12. Comparaison de la douleur dans les Différentes séries selon le score de CONSTANT	203
Graphique 13. Comparaison de la mobilité courante dans les Différentes séries selon le score de CONSTANT.....	204
Graphique 14. Comparaison de la force dans les Différentes séries selon le score de CONSTANT	206
Graphique 15. Résultats globaux des arthroplasties totales inversées de l'épaule dans les différentes séries.	207

INTRODUCTION

Les fractures de l'extrémité proximale de l'humérus représentent 5 % de l'ensemble des fractures et la 3ème fracture chez les patients de plus de 65 ans [1]. Récupérer une épaule indolore, stable et mobile après cette fracture chez les patients âgés ostéoporotiques, représente un véritable challenge. Du traitement fonctionnel à la prothèse totale d'épaule inversée, l'arsenal thérapeutique varie en fonction du type de fracture, des demandes du patient, de son état pré-traumatique, des comorbidités et de l'expérience du chirurgien.

La prothèse totale inversée de l'épaule (PTIE) est un implant de l'épaule qui ne reproduit pas l'anatomie initiale de l'articulation gléno-humérale à la différence des autres prothèses comme celles de la hanche

Le développement de la prothèse totale d'épaule inversée (PTEI) par Grammont et Baulot [2] a constitué un véritable tournant dans le traitement de ce type de fracture, s'est basé sur un nouveau concept : la médialisation par déplacement en dedans, et l'abaissement du centre de rotation de l'épaule au contact de la glène osseuse permettant d'augmenter l'efficacité du bras de levier du deltoïde, seul moteur de la prothèse, et de diminuer les contraintes sur la glène assurant ainsi l'élévation active du bras . Les échecs, la variabilité des résultats du traitement fonctionnel, de l'ostéosynthèse et des hémio-artroplasties sont à l'origine de l'essor que connaît aujourd'hui la PTEI dans le traitement des fractures à 3 et 4 fragments déplacées chez les sujets âgés ; plusieurs études et méta analyses ont comparé ces différents moyens thérapeutiques et ont montré la supériorité de la PTEI [3-9] en permettant surtout au sujet âgé de garder son autonomie pour des gestes du quotidien, étant donné que l'épaule opérée atteint généralement 62% de la fonction d'une épaule normale.

À l'instar des autres chirurgies prothétiques, la PTIE peut présenter des complications liées à la chirurgie et des complications spécifiques à l'implant, telles que l'infection, le descellement prothétique, le désassemblage de la glène, les luxations, les fractures de la voûte acromiale, et surtout les encoches du pilier scapulaire.

Néanmoins, les avancées sur le plan de la technique de pose, ainsi que sur la conception de l'implant, ont permis d'obtenir des prothèses de dernières générations qui améliorent les résultats fonctionnels et réduisent l'incidence de survenue des complications.

Nous rapportons l'expérience du service de Traumatologie « A » CHU Hassan II Fès, ainsi que les résultats à moyen terme du traitement chirurgical des fractures fraîches de l'extrémité proximal de l'humérus par PTEI chez les patients âgés. Nous utilisons exclusivement l'implant Arrow®, FH Orthopaedics; notre étude concerne la population de la région de FES dont la petite taille de glène constitue une particularité anatomique et donc une difficulté technique.

MATERIELS ET METHODES

I. Matériels et méthodes:

1. Préparation de l'étude :

Notre étude est réalisée sur une période de 7 ans, entre janvier 2013 et décembre 2020, au sein du service de chirurgie traumatologique et orthopédique (A) du CHU Hassan II de Fès, un des principaux centres de référence pour le traitement des fractures de l'humérus proximal dans notre pays. Elle est composée d'une unité d'hospitalisation et d'un hôpital de jour permettant ainsi le suivi d'un grand nombre de patients et sert de vastes zones du nord-est du Maroc (Fès-Meknès- Hoceima-Taza-Er-Rachidia-Khénifra).

2. Patients :

Entre janvier 2013 et décembre 2020, 35 patients ont été opérés dans notre service par un opérateur unique, nous utilisons exclusivement la prothèse d'épaule inversée (Arrow®, FH Orthopaedics). Il s'agit d'une étude rétrospective descriptive concernant des sujets âgés opérés pour fracture ou fracture luxation de l'extrémité supérieure de l'humérus, au service de chirurgie traumatologique et orthopédique (A) du CHU HASSAN II de Fès.

a. Critères d'inclusion :

Nous avons inclus dans cette étude les patients présentant les caractéristiques suivantes :

- ▲ Patients âgés de plus de 60 ans.
- ▲ Toutes les fractures de l'humérus proximal traitées par prothèse totale inversée type Arrow®, FH Orthopaedics.
- ▲ Patients ayant une fracture à 3 et 4 fragment déplacée ou fracture luxation.

▲ Diagnostic réalisé au Maroc.

▲ Notre étude concerne la population de la région de FES.

b. Critères d'exclusion :

Nous avons exclu de cette étude :

▲ Patients âgés de moins de 60 ans.

▲ Patients avec une fracture de l'humérus proximal à un ou 2 fragments non déplacée.

▲ Les fractures de l'humérus proximal traitées orthopédiquement ou par ostéosynthèse.

▲ Toutes fractures diaphysaires ou de l'extrémité inférieure de l'humérus.

3. Méthodes:

a. Evaluation fonctionnelle :

Les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus progressent dans la majorité des cas vers une consolidation optimale en 3 à 6 semaines, avec une durée moyenne de récupération fonctionnelle d'un an.

Pour évaluer les résultats fonctionnels de nos patients, nous allons utiliser la "

Cotation fonctionnelle de l'épaule selon Constant " [11], associé à un score de satisfaction personnel.

Le score de Constant fournit une évaluation fonctionnelle et il est noté sur 100 points : 35 points sont accordés aux données subjectives tels que la douleur et les activités de la vie quotidienne, 65 points sont attribués aux données objectives de l'amplitude des mouvements et la force de l'épaule. Un jeune patient en bonne santé peut donc avoir un score maximum de 100 points [30].

❖ La douleur sur 15 points :

L'évaluation de la douleur est fondée sur la description faite par le patient lors de ses activités quotidiennes. Une absence de douleur quotidienne donne 15 points pour cet item.

La constatation de douleur exige des précisions quantitatives. 10 points sont attribués si douleur légère, 5 points si la douleur est modérée et aucun point si la douleur est intense.

Il est ensuite demandé au patient d'évaluer le degré de douleur selon une échelle de 0 à 15. Cette question est le deuxième élément du chapitre douleur. Zéro correspond à une douleur intense et 15 représentent une absence de douleur.

Pour mesurer la douleur, on fait la moyenne des scores de ces deux items.

❖ Activité quotidienne sur 20 points :

Dans ce chapitre on évalue ces quatre points :

- ▲ L'impact de l'épaule pathologique sur l'activité quotidienne ou professionnelle.
- ▲ L'impact de l'épaule pathologique sur les activités de loisirs.
- ▲ Les troubles du sommeil à cause de l'épaule.
- ▲ Le quatrième point consiste à définir à quel niveau le patient peut raisonnablement utiliser son bras.

❖ La mobilité active sur 40 points :

Cette évaluation est effectuée sur les deux épaules. L'amplitude fonctionnelle est celle active et indolore. 4 amplitudes seront recherchées : abduction, flexion, rotation interne et la rotation externe.

L'abduction et la flexion représentent les deux premiers items et disposent du même système de cotation. Pour ces deux mouvements, il faut toujours vérifier que le patient effectue l'abduction et la flexion uniquement avec l'épaule.

L'évaluation de la rotation externe consiste à apprécier la capacité du patient à mettre sa main en derrière et sur sa tête et la position du coude au cours de ces mouvements : 10 points sont le maximum attribué pour cet item.

L'évaluation fonctionnelle de la rotation interne correspond à la capacité du patient à poser sa main derrière son torse.

❖ Force sur 25 points :

L'évaluation est fondée sur la capacité du patient à lutter contre une traction vers le bas avec le bras tendu. Pour cela on utilise un poignet attaché à une balance.

La balance est mise en place au niveau du poignet et on demande au patient de soulever le bras tendu dans le plan de l'omoplate jusqu'à 90° de flexion– abduction de l'épaule. Le patient résiste à la traction et la force maximale en Kg est mesurée. Cet exercice est répété 3 fois pendant 5 secondes. La moyenne est relevée après ces 3 tests et représente la force réelle de l'épaule. 25 points sont attribués pour un maximum de 12kg.



Figure 1. Evaluation de la force à l'aide d'une balance. [31]

Nos malades ont été évalué à chaque consultation (1 mois, 3 mois, 6 mois)
selon la fiche d'évaluation de Constant. [31]

	DROIT	GAUCHE
A- DOULEUR (/ 15) DOULEUR réelle : 1 + 2 / 2	☐	☐
1- Douleurs de l'épaule dans la vie de tous les jours barosensibilité = 15 points, si effort important = 10 points, si effort mineur = 5 points, en permanence = 0 points	☐	☐
2- Degré de la douleur Entre 0 et 15 (douleur très sévère = 0)	☐	☐
B- ACTIVITE QUOTIDIENNE (/ 20 points)	☐	☐
1- Handicap lors de l'activité professionnelle ou quotidienne. De 0 à 4 points (0 = limitation sévère) Professions :	☐	☐
2- Handicap lors de l'activité de loisir ou sportive De 0 à 4 points (0 = perturbation sévère) Sports :	☐	☐
3- Perturbation du sommeil par la douleur De 0 à 2 points (0 = perturbation sévère)	☐	☐
4- Niveau d'utilisation raisonnable du bras De 2 à 10 points (ceinture= 2 points, xyphoïde =4 points, cou = 6 points, tête = 8 points, au dessus de la tête = 10 points)	☐	☐
C- MOBILITE ACTIVE (/ 40 points)	☐	☐
1- Flexion 0° - 30° = 0 points 31° - 60° = 2 points 61° - 90° = 4 points 91° - 120° = 6 points 121° - 150° = 8 points > 150° = 10 points	☐	☐
2- Abduction (même cotation que la flexion)	☐	☐
3- Rotation externe Main derrière la tête, coude en avant = 2 points Main derrière la tête, coude en arrière = 4 points Main sur la tête, coude en avant = 6 points Main sur la tête, coude en arrière = 8 points Elévation, complète depuis sommet tête = 10 points	☐	☐
4- Rotation interne Face dorsale de la main : niveau de la cuisse 0 points niveau de la fesse 2 points niveau du sacrum 4 points niveau de L3 6 points niveau de T12 8 points niveau de T7 10 points	☐	☐
D- FORCE (/ 25 points pour 25 pounds ou 12 kg)	☐	☐
E- TOTAL (/ 100 points)	☐	☐

Figure 2. Fiche d'évaluation de Constant. [32]

Tableau 1.Score fonctionnel normal de l'épaule selon Constant pondéré en fonction
de l'âge et du sexe. [32]

Âge	Hommes			Femmes		
	droit	gauche	moyenne	droit	gauche	moyenne
21-30	97	99	98	98	96	97
31-40	97	90	93	90	91	90
41-50	86	96	92	85	78	80
50-60	94	87	90	75	71	73
61-70	83	83	83	70	68	70
71-80	76	73	75	71	64	69
81-90	70	61	66	65	64	64
91-100	60	54	56	58	50	52

Le score de Constant pondéré s'agit d'un pourcentage, d'une mesure liée au sexe et à l'âge du patient à partir d'une échelle préétablie.

Pour pondérer le score de constant, il faut simplement faire une règle de trois, par exemple : pour une femme de 52 ans on obtient 67 points sur le score Constant, le tableau de pondération montre qu'entre 50 et 60 ans, une femme devrait normalement obtenir 73 points.

Le score pondéré sera donc de : $67/73 \times 100 = 91,7\%$.

Il existe en outre une autre évaluation qualitative selon Constant, basée sur la différentielle entre l'indice de Constant du côté opéré et celui du côté sain, comme décrit dans le tableau ci-dessous

Evaluation qualitative du score de Constant.

Tableau 2. Evaluation qualitative du score de Constant

Déficit	Modéré			Moyen	Sévère
Différentielle (IC controlatéral - IC coté opéré)	Inférieur ou égal à 5	Inférieur ou égal à 10	Inférieur ou égal à 20	Inférieur ou égal à 30	Inférieur ou égal à 30
Résultat	Excellent	Très bon	Bon	Moyen	Mauvais

b. Fiche d'exploitation :

Pour réaliser cette étude nous avons utilisé la fiche d'exploitation qui a permis le recueil des différentes données épidémiologiques, cliniques, para cliniques, thérapeutiques et évolutives, afin de comparer nos résultats avec ceux de la littérature.



SERVICE DE TRAUMATOLOGIE ORTHOPÉDIE A

FICHE D'EXPLOITATION
PROTHESE
DE
L'EPAULE

N° dossier :

Données concernant le patient :

Nom :	Prénom :
Sexe M / F	Date de naissance / /
Adresse :	Numéro de téléphone :

Données supplémentaires :

La prothèse totale de l'épaule inversée dans le traitement des fractures fraîches de l'humérus proximal du sujet âgé

Nom du parent le plus proche : Lien avec le patient : Adresse : Date d'admission / /	Numéro de téléphone : Date de sortie / /
--	--

N° de fiche :

IP : **N d'ordre :**

Profession :

P : **I :**

Motif de consultation : 1-douleur 2-impotence fonctionnelle d'un membre supérieur 3-autres :

Côté atteint : droit gauche bilatéral

Côté dominant : Droit Gauche

<u>Antécédents médicaux :</u> Non Oui (spécifiez)	
<u>Antécédents Traumatiques :</u> Non Oui (spécifiez)	
<u>Antécédents infectieux :</u> (même membre) Non Oui (spécifiez)	
<u>Antécédents Inflammatoires :</u> Non Oui (spécifiez)	
<u>Autres notes associées :</u>	
-- Douleur ou raideur dans l'autre épaule : Non Oui -- -- Douleur ou raideur dans d'autres articulations : Non Oui (spécifiez)	
 <u>Evaluation : Score fonctionnel de l'épaule de Constant :</u>	
<u>Nom et prénom :</u>	<u>Age :</u>
<u>Sexe :</u>	<u>Cité :</u>
<u>Evaluation :</u> Initiale Intermédiaire Finale	<u>DATE :</u>

La prothèse totale de l'épaule inversée dans le traitement des fractures fraîches de l'humérus proximal du sujet âgé

<u>Antécédents généraux</u> : Non Oui (spécifiez)	
<u>Antécédents Traumatique</u> : Non Oui (spécifiez)	
<u>Antécédents infectieux</u> : (même membre) Non Oui (spécifiez)	
<u>Antécédents Inflammatoires</u> : Non Oui (spécifiez)	
<u>Atteintes associées</u> :	
- Douleur ou raideur dans l'autre épaule : Non Oui - - Douleur ou raideur dans d'autres articulations : Non Oui (spécifiez)	
<u>Evaluation : Score fonctionnel de l'épaule de Constant :</u>	
<u>Nom et prénom :</u>	<u>Age :</u>
<u>Sexe :</u>	<u>Côté :</u>
<u>Evaluation</u> : Initiale Intermédiaire Finale	<u>DATE :</u>

La prothèse totale de l'épaule inversée dans le traitement
des fractures fraîches de l'humérus proximal du sujet âgé

Mobilité Active (sur 40 pts)			
		Flexion	Abduction
0°-30°	0 pts		
31°- 60°	2 pts		
61° - 90°	4 pts		
91° - 120°	6 pts		
121° - 150°	8 pts		
151° - 160°	10 pts		
TOTAL (sur 10 pts)			
Rotation externe			
Mains derrière la tête, coudes en avant		2pts	
Mains derrière la tête, coudes en arrière		2pts	
Mains sur la tête, coudes en avant		2pts	
Mains sur la tête, coudes en arrière		2pts	
Mains au-dessus de la tête		2pts	
TOTAL (sur 10 points)			
Rotation interne			
		Cuisse	0 pts
		Fesse	2 pts
		Lombo-sacrée	4 pts
		Taille	6 pts
		T12	8 pts
		T7	10 pts
TOTAL (sur 10 points)			
TOTAL Mobilité active (sur 40 points)			

Douleurs	
Aucune	15 pts
Légère	10 pts
Médiocre	5 pts
Sévère	0 pts
TOTAL Douleur (sur 15 pts)	

Mobilité courante/activités quotidiennes		
Niveau d'activité		
Travail à plein temps	4 pts	
Sport sans limitation	4 pts	
Sommeil normal	2 pts	
Amplitude de mouvements indolores		
Taille	2 pts	
Xyphoïde	4 pts	
Cou	6 pts	
Sommet de la tête	8 pts	
Au-dessus de la tête	10 pts	
TOTAL mobilité courante/activités quotidiennes		

Puissance	
Avec 2,27 points par Kg tenu et un maximum de 12 kg	

Bilan radiologique :

Rx Standard :

EMG : nerf axillaire, circon

TDM :

Echographie :

IRM :

Autres :

Indication :

*Om arthrose : –Centrée

– Excentrée

*Traumatique :

*Inflammatoire :

*Dégénérative :

*Infectieuse :

*Autres :

Chirurgie :

Bilan d'opérabilité : NFS : ☐ , CRP : ☐ , VS : ☐ , ECBU : ☐ , IONOGRAMME : ☐ , TP : ☐ ,

TCA : ECG : ☐ , Radio de poumon : ☐ ☐ ,ETT ☐

Type d'anesthésie : Générale Locorégionale

Installation : beach de chair, DDS ; DL

Voie D'abord : -Delto pectorale -Transdeltoidienne Autres :

ATB : Préopératoire : oui non Type

 Per opératoire : oui non Type

 Postopératoire : oui non Type

Bloc analgésique : Bloc analgésique , Analgésie post opératoire :Cathéter inter scalénique.

Le chirurgien :

La prothèse implantée :

> Prothèse inversée :

- Glène :
 Taille :
- Glénosphere :
 Taille :

• Tige humérale :	Taille :	Cimentée :	non cimentée :
. Insert :	Taille :		
>Prothèse céphalique :			
.Tête :	Taille :		
.Tige humérale :	Taille :		
<u>Incident per opératoire :</u>			
<u>Difficulté opératoire :</u>			
<u>La durée de l'acte opératoire :</u>			
<u>Soin post opératoire :</u>			
>ATB : pré opératoire : non ☐ , oui ☐ , type : délai :			
>Préopératoire : non ☐ , oui ☐ , type : délai :			
> Post opératoire : non ☐ , oui ☐ type : délai :			
>Antalgique : non ☐ oui ☐ classe : durée :			
>Anti inflammatoire : non ☐ , oui ☐ , classe : durée :			
>Immobilisation post opératoire : non ☐ , oui ☐ , durée : moyen :			
Type : Echarpe			
Bandage thoraco brachial			
Coussin d'abduction			
Pertes sanguines :formules de bourke : $PST=VST*Initial(Hb \text{ préop } /Hb \text{ Mini})$			
$VST(ml)=Femme=Surface \text{ corporelle } *2430$			
Homme= $Surface \text{ corporelle } *2530$			
$Surfacecorporelle(m2)=0,0235*Taille(cm)*0,42246*Poids(kg)*0,51456$			
Transfusion : non ☐ , oui ☐ , nombre de culots transfusé :			

Rééducation :

- Immédiate (dès ablation du Redon) :
- Différé ☐ , pourquoi : , délai :
- Non faite ☐
- Type de rééducation : Active

Passive : Décaopation

Evaluation fonctionnelle postopératoire : score de constant :

Evaluation radiologique :

> Prothèse Inversée :

La pièce glénoïdienne :

- L'inclinaison/plan horizontal :
- Position des 2 vis de fixation

La tige humérale :

- La position de la tige :
- Fissure de l'humérus :
- Fracture de l'humérus :

>Prothèse Céphalique :

Position de la tête en regard de la glène

Complications :

-Complications immédiates :

- Complications vasculaires :
- Complications nerveuses :
- Complications cutanées :

- Infection
- Complication Osseuses : Fractures des tubercules, Fracture de la diaphyse humérale, glène et l'omoplate

-Complications secondaires :

- Les hématomes
- Douleurs
- Décès

-Complications tardives :

- Raideur
- Sepsis tardif
- Ossifications péri-articulaires
- Rupture des tendons réinsérés
- Rupture secondaire de la coiffe

-Complications spécifiques de la prothèse :

- Instabilité /Luxation
- Descellement aseptique /septique
- Les fractures péri prothétiques de l'humérus
- Les désassemblages de la glène, Les encoches

Résultats globaux :

Objectifs :

➤ Excellent

➤ Moyen

➤ Médiocre

Subjectifs :

➤ Excellent

➤ Moyen

➤ Médiocre

RESULTATS

I. Résultats

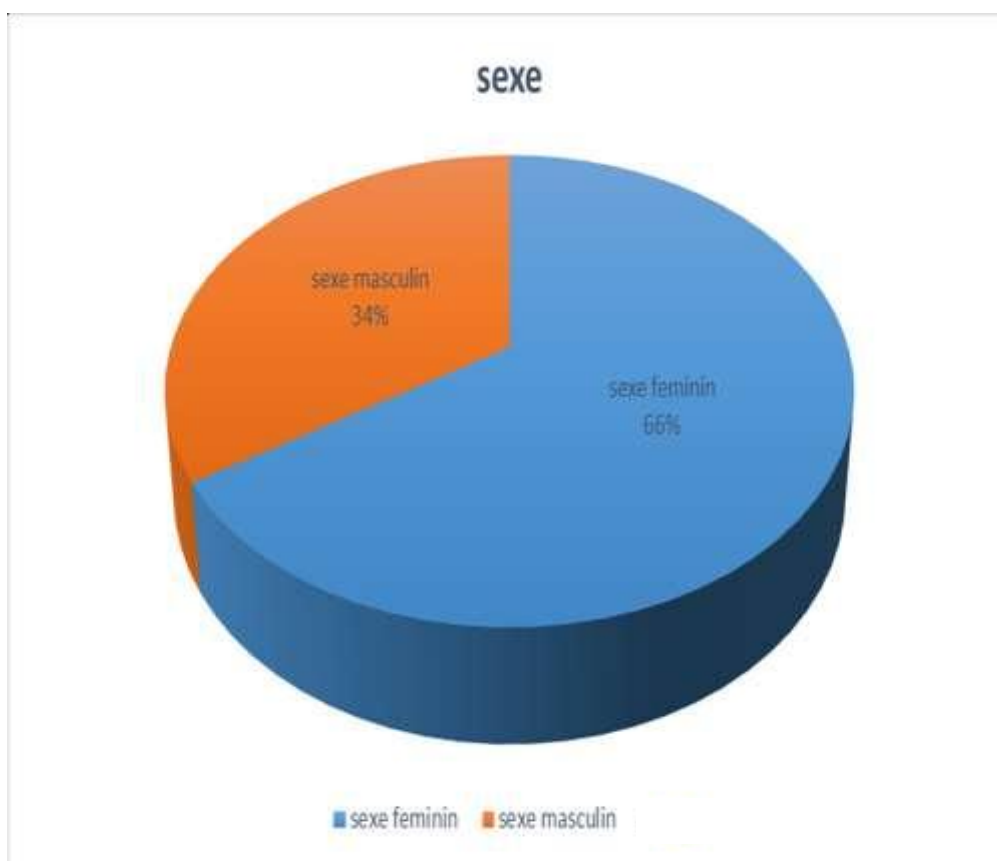
1. Données épidémiologiques :

A. Age:

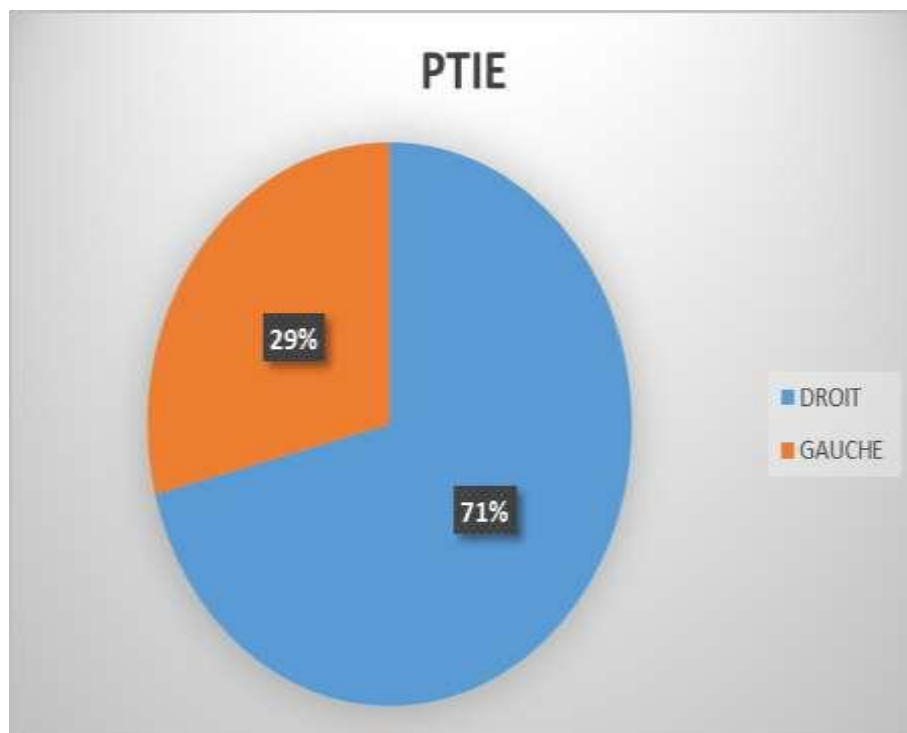
La moyenne d'âge de nos patients au moment de l'intervention était de 71 ans, avec des extrêmes de 60 ans et 83 ans.

B. Le Sexe :

Notre série représente 35 patients, avec une nette prédominance féminine 23 femmes soit (66%), et 12 hommes soit (34%).



Graphique 1. La répartition des patients en fonction du sexe



Graphique 2. La répartition des PTIE selon le côté opéré

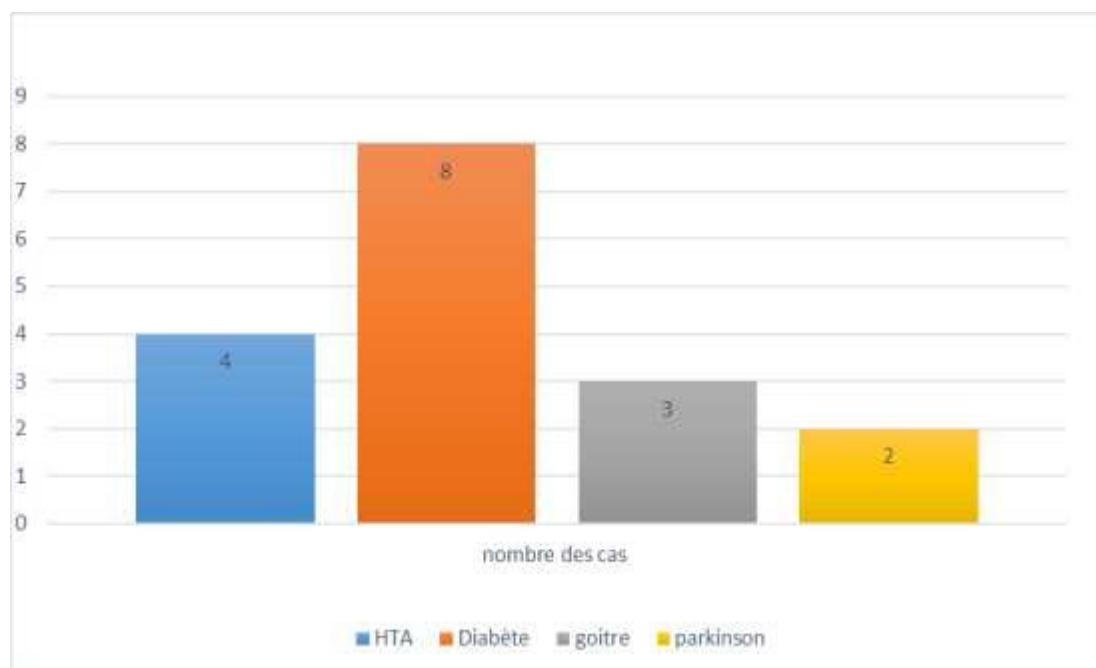
C. Le côté atteint et latéralisé :

Le côté droit a été atteint chez 25 cas soit 71% des cas et le côté gauche chez 10 cas soit 29% ; avec atteinte du côté dominant chez 32 patients soit plus de 90% des cas.

D. Les antécédents :

18 patients étaient sans antécédents particuliers. Les 17 autres avaient des comorbidités réparties de la façon suivante :

- ▲ HTA : 4 patients
- ▲ Diabète : 8 patients
- ▲ Goitre : 3 patients
- ▲ Parkinson: 2 patients



Graphique 3. La répartition des patients en fonction des antécédents généraux.

E. Lésions associées :

5 patients présentaient des fractures associées réparties comme suit :

- ▲ Fracture du plateau tibial : 1 cas
- ▲ Fracture du col fémoral : 1 cas
- ▲ Fracture per trochantérienne : 2 cas
- ▲ Fracture de l'extrémité distale du radius homolatéral : 1 cas

Lésion vasculo-nerveuse : aucun cas

Tableau 3. Répartition des signes cliniques retrouvés dans notre étude

Lésions associées	Cas
Fracture du plateau tibial	1 cas
Fracture du col fémoral	1 cas
Fracture per trochantérienne	2 cas
Fracture de l'extrémité distale du radius homolatéral	1 cas

F. Séjour hospitalier :

Le séjour hospitalier était en moyenne de 8 jours, avec des extrêmes de 7 jours à 25 jours.

2. Bilan d'opérabilité :

Tous nos patients ont bénéficié d'un :

- ▲ Examen général : à la recherche d'une pathologie sous-jacente pouvant contre indiquer l'acte chirurgical, l'anesthésie ou le traitement par les AINS, la recherche d'un foyer infectieux et son traitement étaient systématiques.
- ▲ Radiographie pulmonaire de face.
- ▲ Bilan infectieux : CRP, VS, ECBU.
- ▲ Bilan biologique standard : NFS, ionogramme, TP/TCK,
- ▲ Groupage sanguin.
- ▲ ECG.
- ▲ D'autres consultations spécialisées et examens para cliniques spécifiques réalisés selon la nécessité (échographie cardiaque...).

A. Etude clinique :

Vue le contexte traumatique la mobilisation été impossible, l'examen clinique se limitait donc à l'interrogatoire, à l'examen du coude, à l'examen vasculo- nerveux, à l'examen de l'épaule controlatéral pour apprécie les mobilités articulaires Le bilan clinique a permis :

- ▲ D'étudier l'état de l'épaule, et celui du côté controlatéral

Le score fonctionnel de constant de l'épaule controlatérale était évalué (Fiche d'exploitation) qui est noté sur 100 points, afin d'évaluer :

- ⤴ La douleur (état antérieur de la coiffe) (15 points).
- ⤴ La mobilité active (40 points)
- ⤴ La mobilité courante/activités quotidiennes (20 points).
- ⤴ La puissance (25 points).

B. Etude radiologique préopératoire :

Nous réalisons systématiquement le bilan radiologique suivant :

- ⤴ Des radiographies standards en incidences de face et de profil de Lamy, le profil axillaire était douloureux et impossible à réaliser chez les patients traumatiques ou avec une raideur marquée de l'épaule.
- ⤴ Une TDM de l'épaule traumatisé avec reconstruction 3D.

D'autres bilans radiologiques ont été demandé en fonction des lésions associées (Body scanner, radio du bassin e de la hanche, radio du poignet...)

Au terme de ce bilan radiologique, on a pu :

- ⤴ Faire le diagnostic de la fracture et la classer en fonction du siège, déplacement, nombre de fragment, et de la présence ou non d'une luxation associée.
- ⤴ Étudier le type de la glène pour une planification préopératoire.

Il existe Plusieurs Classifications pour les fractures de l'humérus proximal, on a choisi les deux les plus utilisées :

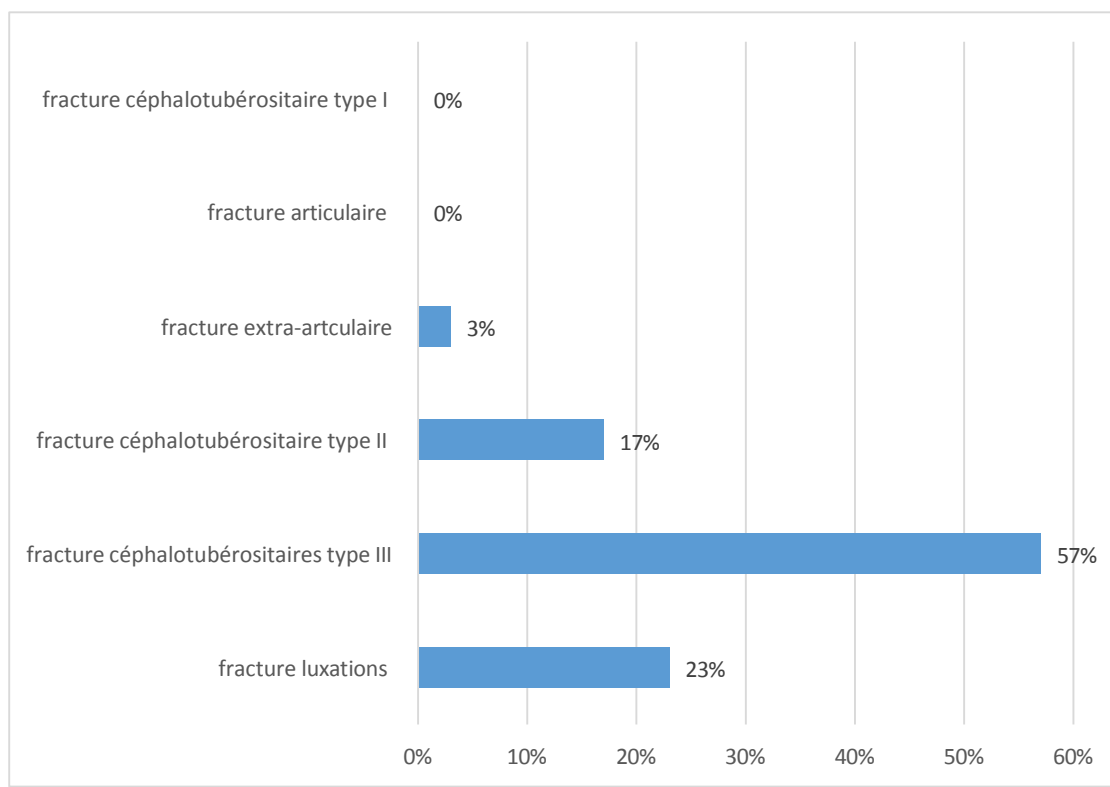
- ✓ Classification de DUPARC.
- ✓ Classification de NEER

Classification de DUPARC :

Cette classification regroupe les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus en deux groupes : fractures extra-articulaires et fractures articulaires.

Selon cette classification, nous avons classé nos cas traumatiques comme suivant :

- ▲ 20 Fractures céphalotubérositaire type III.
- ▲ 6 fractures céphalotubérositaires type II.
- ▲ 8 fractures luxations type IV.
- ▲ 1 fracture extra articulaire de col chirurgical.



Graphique 4. La répartition des fractures en fonction du type anatomique

Classification de Neer :

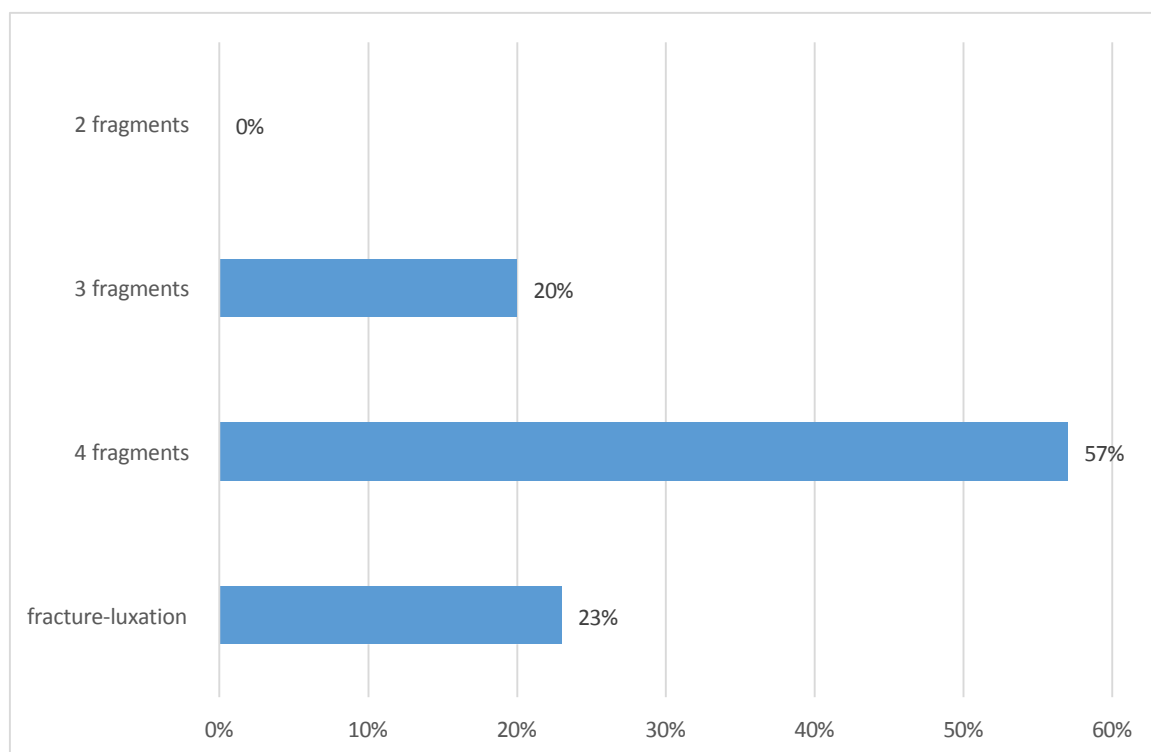
Basé sur la présence ou l'absence d'un déplacement d'un ou plusieurs fragments.

L'extrémité supérieure de l'humérus est séparée en 4 fragments :

- ▲ La tête humérale.
- ▲ Le trochiter.
- ▲ Le trochin.
- ▲ La diaphyse humérale.

Selon cette classification, nous avons classé nos cas traumatiques comme suivant :

- ▲ 7 fractures à 3 fragments.
- ▲ 20 fractures à 4 fragments.
- ▲ 8 fracture-luxations.



Graphique 5. La répartition des fractures en fonction de nombres des fragments

II. Thérapeutique :

1. Type d'anesthésie :

Les patients sont opérés sous anesthésie générale associée à un bloc interscalénique. Une antibioprophylaxie à base de céphalosporine 2ème génération est administrée chez tous les patients.

2. Installation :

L'installation se fait en position demi assise dite en « Beach chair » avec la tête installée sur têtère et l'épaule a opérée légèrement débordante permettant une rétropulsion au cours du geste (Figure 3).



Figure 3. Installation du malade en position de Beach chair

Une préparation cutanée large et soigneuse est primordiale elle concerne le membre supérieure, l'hémi-thorax homolatéral et l'assaille. Tout le membre supérieur est préparé et badigeonné par la Bétadine iodé et recouvert par du jersey stérile. Les champs sont mis en place de façon à donner accès aux repères anatomique de la voie d'abord et à permettre une mobilisation facile du membre supérieur (Figure 4). La table de matériels opératoire (Figure 5) et l'ancillaire de pose de la prothèse sont installé dans 2 tables différentes (Figure 6).



Figure 4. Installation du malade en Beach chair après badigeonnage et mise en place des champs.



Figure 5. Préparation de la table chirurgicale



Figure 6. Ancillaire de pose de la prothèse inversée ARROW

3. Voie d'abord :

Deux voies d'abord ont été utilisé dans notre série, la voie supéro-externe trans-déltoidienne (30 cas) (Figure 7) et la voie delto-pectoral (5 cas) (Figure 8).



Figure 7. La voie d'abord supéro-latérale.



Figure 8. La voie d'abord délto-pectorale



Figure 9. Après incision cutanée et sous cutanée, dissection soigneuse du muscle deltoïde dans le sens de ses fibres, avec passage entre les faisceaux moyen et antérieur. Une exploration de la coiffe avec une analyse fine des éléments encore identifiables de la prothèse, ténotomie du long biceps, et repérage des tubérosités par fils repères pour éventuelle réinsertion

4. Technique chirurgicale :

La voie d'abord supéro-extreme (Figures 7 et 9) que nous utilisons consiste en une incision qui débute en regard de l'articulation acromio-claviculaire suivant le bord antérieur de l'acromion pour se terminer à moins de 4 cm en aval du bord externe. Le deltoïde est séparé de façon soigneuse dans le sens de ses fibres entre le faisceau moyen et antérieur (Figure 9).

Une acromioplastie est réalisée si l'espace sous acromial est réduit. L'intervalle des rotateurs est ouvert séparant entre fragments antérieur et

postérieurs, la coiffe supérieure et postérieure sont séparées puis le supra-épineux est réséqué à l'aplomb de la glène pour élargir l'espace sous deltoïdien ; à ce moment des fils tracteurs sont mis au niveau des jonctions tendons tubérosités permettant de repositionner les tubérosités après mise en place de la prothèse selon la technique de Boileau et al [10].

Nous réalisons une ténotomie du tendon long biceps systématique. Nous préservons la tête humérale prélevée pour toute éventuelle greffe (Figure 10) ; nous avons dû laisser in situ une tête qui était au niveau du creux axillaire.

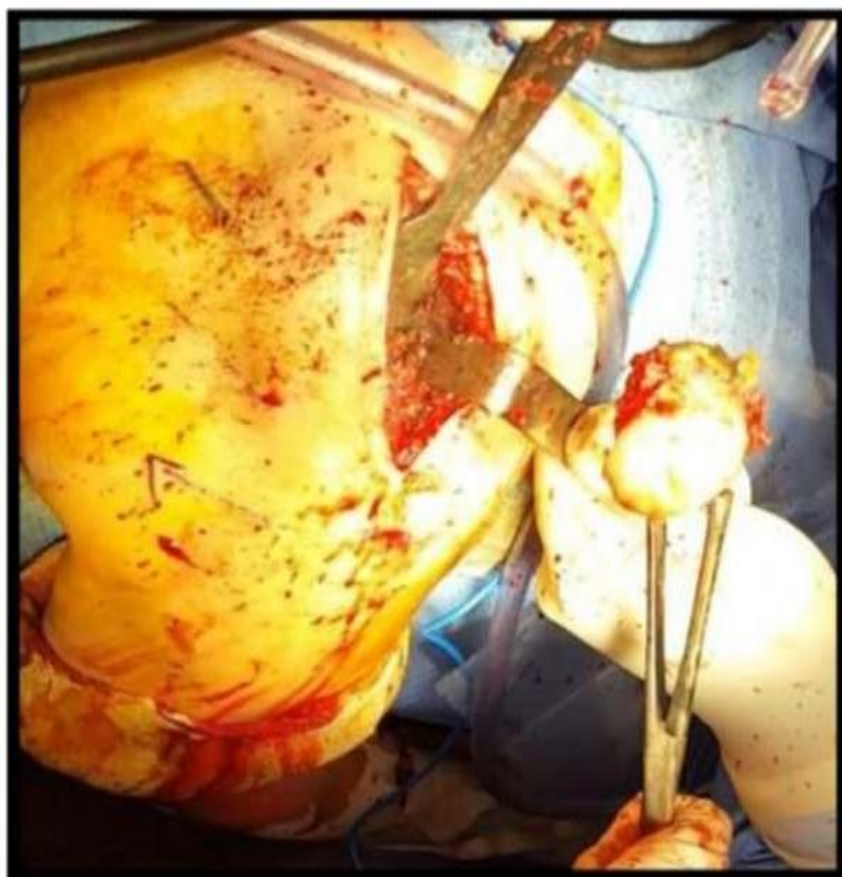


Figure 10. Une libération complète et étendue de la partie inférieure de la capsule est généralement nécessaire pour garantir ultérieurement une parfaite exposition de la glène. La calotte humérale est enfin excisée à l'aide des ciseaux à os. (Service de traumatologie-orthopédie A).

Le temps de préparation huméral consiste d'abord à réaliser une coupe humérale à minima (vu que la tête est déjà fracturée). L'alésage du canal médullaire se fait manuellement de façon progressive à l'aide d'une poignée d'alésoir en T (Figure 11). L'alésage doit se poursuivre jusqu'à environ 150 mm.



Figure 11. Le canal médullaire est alésé manuellement progressivement à l'aide d'une poignée d'alésoir en T, Bien que la tige humérale ait une longueur de 130 mm, l'alésage doit se poursuivre jusqu'à environ 150mm. La poignée en T est ensuite déconnectée de l'alésoir final qui reste en place pour recevoir le guide d'ostéotomie de la tête humérale. (Service de traumatologie-orthopédie A).

La poignée en T est ensuite déconnectée de l'alésoir final qui reste en place pour recevoir le guide d'ostéotomie de la tête humérale (Figure 12), l'ancillaire permet de choisir le guide de coupe selon la voie d'abord utilisée.

Le guide de coupe est fixé à 10° de rétroversion en utilisant une barre qui doit être parallèle à l'avant-bras coude à 90° de flexion (figure 12) la coupe se fait à la scie oscillante à 53° d'inclinaison par rapport à une ligne perpendiculaire à l'axe du

canal huméral (figure 13). Une coupe humérale à minima permet de conserver la longueur, et de maintenir le deltoïde en tension correcte. Lors de la coupe, il faut éviter de léser les parties intactes de la coiffe, pour ne pas causer de perte de la force de rotation externe en postopératoire.

La métaphyse est préparée par des râpes de tailles croissantes (Figure 14) en reproduisant la rétroversion préalablement choisie, la dernière râpe utilisée, servant de tige humérale d'essai, est laissée en place.

Il faut noter que l'utilisation du guide de coupe de la tête huméral n'est pas toujours réalisée, en effet, l'épiphyse (tête huméral) et les tubérosités étant déjà séparé de la diaphyse, après alésage, on passe directement au temps de préparation métaphysaire par les râpes de tailles progressives (Figure 14).



Figure 12. (Etape généralement non réaliser car la tête et les tubérosités sont détachés de la diaphyse) (Service de traumatologie–orthopédie A).

(Assembler le guide d'ostéotomie à l'alésoir final à environ 10° de rétroversion. Pour déterminer l'angle de rétroversion, une insertion de deux tiges d'alignement dans les orifices 0° et 20°, avec un placement de l'avant-bras du patient au milieu de l'angle formé par les deux tiges : une obtention ainsi d'un angle de rétroversion de 10° à 20°. Pour que l'implant huméral soit à la bonne hauteur, la pointe inférieure du guide doit être au niveau de la surface articulaire. Après avoir fixé le guide d'ostéotomie sur l'humérus à l'aide de 4 clous (ou 4 broches filetées), le guide est retiré en laissant le bloc de coupe en place).



Figure 13. 14. La résection de la tête humérale s'effectue à la scie oscillante à 53° d'inclinaison par rapport à une ligne perpendiculaire à l'axe du canal huméral. Une coupe humérale a minima permet de conserver la longueur, et de maintenir le deltoïde en tension correcte. Lors de la coupe, éviter soigneusement de léser les parties intactes de la coiffe, pour ne pas causer de perte de la force de rotation externe en postopératoire. La préparation de la métaphyse s'effectue par la suite. Avant d'aborder le temps glénoïdien, une tige humérale d'essai (la râpe) est insérée avec un capuchon protecteur. (Service de traumatologie-orthopédie A).

Lorsque la dernière râpe utilisée est stable, elle est laissée en place. A ce moment, à l'aide de la scie oscillante nous effectuons une coupe humérale suivant la platine de la râpe pour que cette dernière soit à fleur avec la diaphyse.

Temps glénoïdien :

L'exposition de la glène est facilitée par une légère traction dans l'axe diaphysaire et l'utilisation d'un jeu de contre coudés antérieur, postérieur et inférieur ; la capsule et le labrum sont excisés sur 360° (Figure 15).



Figure 15. Une excellente exposition de la glène est nécessaire. Une capsulotomie circonférentielle complète autour de la cavité glénoïde est réalisé, pour permettre d'écarter l'humérus proximal vers le bas et en arrière, en vue de la préparation de la glène. L'intégralité de la cavité glénoïde doit être dégagée et accessible afin d'éviter tout risque d'antéversion de l'implant glénoïdien. Un écarteur contre coudé est placé en avant du col de la glène. En arrière un écarteur est placé pour refouler l'humérus.
(Service de traumatologie-orthopédie A).

Le marquage du trou central glénoïdien est effectué au bistouri électrique puis à la pointe carrée en utilisant le gabarit de glène le mieux adapté ; ce dernier est positionné de manière à s'aligner avec le bord inférieur de la glène

(Figure 16). Le trou est réalisé à l'aide du foret à butée de 5mm dédié à la glène, ce forage est orienté de 10 à 15° vers le bas (Figure 17). La réalisation de ce trou était cruciale vu la petite taille des glènes dans notre série.

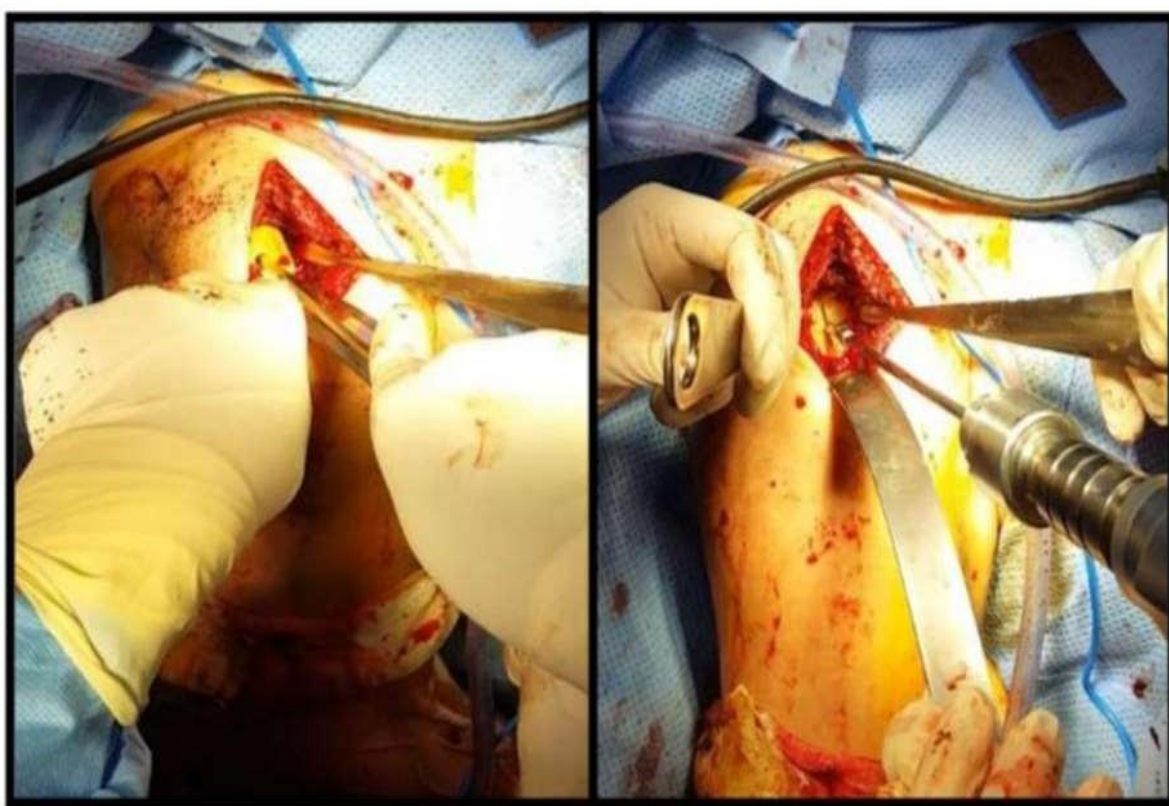


Figure 16. 17. Positionnement du guide de perçage glénoïdien de manière à l'aligner avec le bord inférieur de la glène puis forage de l'orifice central par un foret de 5mm en l'orientant à 10°–15° vers le bas. (Service de traumatologie–orthopédie A)

Ensuite le fraisage progressif de la glène est effectué à la main jusqu'à obtention d'une surface plane d'os sous-chondral (Figure 18).



Figure 18. Fraisage de la glène jusqu'à l'obtention d'une surface parfaitement plane pour positionner et fixer l'embase glénoïdienne. Dans la mesure du possible, une préservation de l'os sous-chondral est faite pour assurer un ancrage fiable. (Service de traumatologie-orthopédie A).

L'embase glénoïdienne est montée sur son manche table (Figure 19) ; L'empreinte de l'embase est préparée en utilisant le bloc de coupe correspondant à la taille de la glène (Figure 20) ; après forage supérieur et inférieur par le forer de 5 mm pour effondrer l'os sous chondrale, on utilise successivement l'ostéotome, le manche porte punch effilé puis le manche porte punch compacteur permettant de conserver l'os spongieux (Figures 20 et 21).

Une coupe du rebord antérieur est parfois nécessaire pour adaptation de la patte antérieure.

Le métal back définitive est fixé par 2 vis en plus du système press fit : la vis inférieure dirigée vers le pilier, la vis supérieure est dirigée vers le pied de la coracoïde. Ces vis sont serrées en alternance afin d'éviter la bascule de l'embase (Figures 22 et 23).

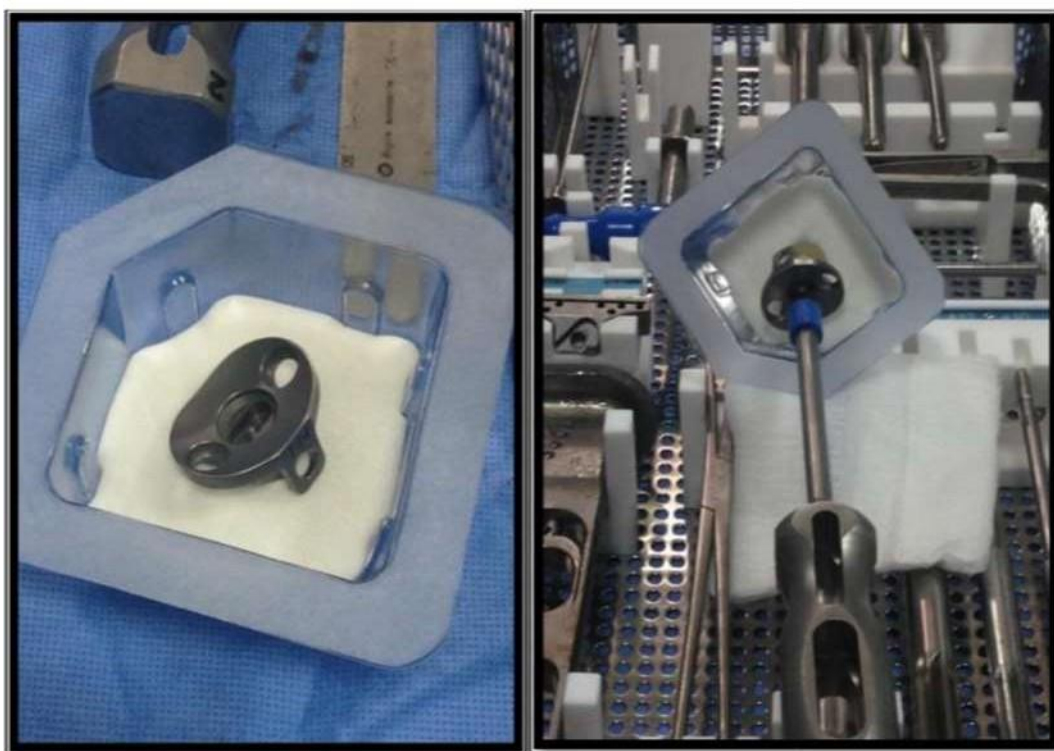


Figure 19. L'embase de glène métal-back définitive préparée sur la table. (Service de traumatologie-orthopédie A)

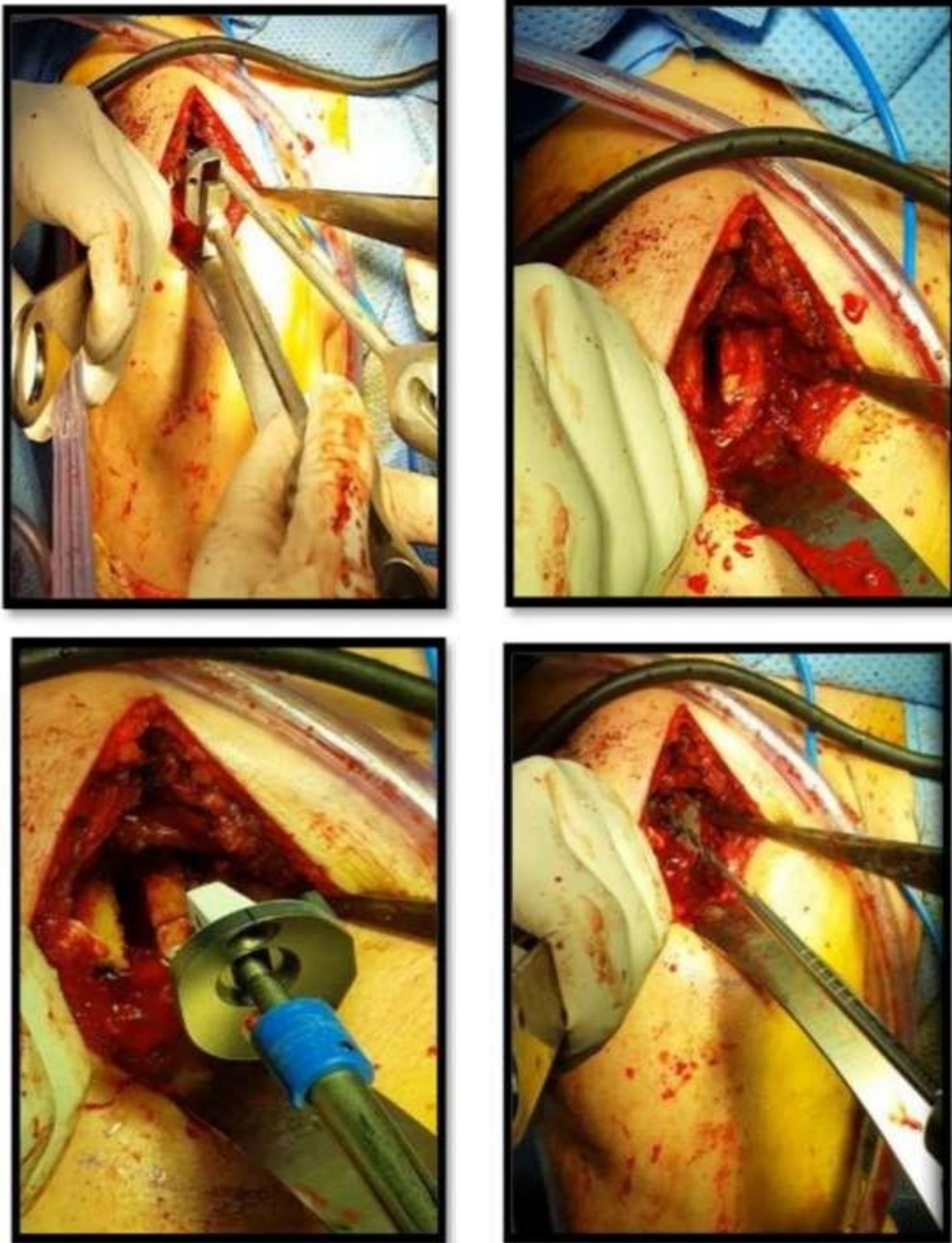


Figure 20. 21 22 23. Préparation du plot central de l'embase glénoïdienne (20 et 21). (Service de traumatologie-orthopédie A).

Implantation de l'embase métallique avec un effet press-fit au niveau du plot de fixation (c). Deux vis verrouillées à angle variable sont ensuite insérées dans les orifices inférieur et supérieur de l'embase. La vis inférieure à spongieux de $\varnothing$ 5,5 mm est introduite en premier et dirigée vers le pilier de l'omoplate ; la vis supérieure est introduite en second et dirigée vers le pied de la coracoïde (d). Les vis sont serrées progressivement en alternance afin d'éviter le soulèvement de l'embase, ce qui pourrait se produire en vissant trop fort l'une des deux vis. La glénosphère et l'insert polyéthylène (PE) d'essai sont mis en place et une réduction d'essai effectuée, afin d'évaluer l'amplitude articulaire et confirmer la tension correcte du deltoïde. La stabilité de l'articulation est testée en particulier en position d'adduction, extension et rotation externe, où le risque d'instabilité est potentiellement le plus élevé.

Le testing des amplitudes articulaires et de la tension du deltoïde se fait en utilisant les implants d'essai. La stabilité de la prothèse est testée en particulier en position d'adduction, extension et rotation externe, où le risque d'instabilité est potentiellement le plus élevé. Quand le testing est satisfaisant, la glénosphère définitive est impactée puis visée sur l'embase glénoïdienne (Figures 24 et 25).



Figure 24. 25. Lorsque la réduction d'essai est satisfaisante, la glénosphère définitive est impactée sur l'embase glénoïdienne. Ce temps exige une excellente exposition de la glène, la glénosphère doit être parfaitement positionnée. (Service de traumatologie--orthopédie A)

Une greffe osseuse a été réalisée chez 22 patients, au niveau du rebord antérieur de la glène, pour palier à la petite taille de cette dernière (métal back 44 S et glénosphère 36).

La tige définitive est mise en place en préservant la même orientation que la tige d'essai (Figure 26 et 27). Nous avons cimenté 25 tiges chez des patients ostéoporotiques. Le blocage de la cupule est assuré par impaction du cône morse et adaptation de sa face profonde avec la patine humérale. La prothèse que nous utilisons présente un insert huméral avec une inclinaison de 155° et un évidement en dedans pour éviter le risque d'encoche (Figure 28 et 29).



Figure 26. 27. Mise en place de la tige humérale, La tige humérale sera cimentée si l'os est ostéoporotique. Dans notre série on a cimenté la tige dans 25 cas. (Service de traumatologie-orthopédie A).



Figure 28. 29 . Mise en place de l'insert huméral avec une inclinaison de 155° dans un but d'éviter toute encoche glénoïdienne, le blocage de la cupule est assuré par impaction du cône morse et adaptation de sa face profonde à la platine humérale.
(Service de traumatologie-orthopédie A).

Les tubérosités sont suturées et fixées autour de la tige définitive, quand le stock osseux le permet, le vide étant comblé par de l'os spongieux prélevé à partir de la tête humérale ; nous avons réinsérée les tubérosités chez 21 patients.

Après testing définitif, la fermeture commence par la réinsertion du faisceau antérieur du deltoïde sur l'acromion et rapprochement des fibres du deltoïde, suivie de la fermeture cutanée en 2 plans sur drain de redon (Figure 30). Une immobilisation est assurée par bondage coude au corps.



Figure 30. La réduction finale est assurée en appliquant une traction axiale sur le membre tout en appliquant une pression sur l'humérus en direction postérieure est exercée. (Service de traumatologie-orthopédie A).

Une légère flexion antérieure peut diminuer la tension sur le deltoïde, et faciliter la manœuvre de réduction. Puis un essai de la prothèse en abduction, rotation externe et interne, et la vérification de l'absence de conflit en adduction du bras. Les tubérosités repérées au début de l'intervention peuvent être réinsérées.

Dans notre série on a réinséré les tubérosités dans 21 cas. Un drain est mis en place pour éviter le risque d'hématome postopératoire. Viennent la fermeture du muscle deltoïde avec son réinsertion sur l'acromion et de l'incision. Enfin, un pansement stérile est appliqué avec bandage coude au corps de Dujarier.

La réinsertion des tubérosités, sujet de controverse au début, est actuellement bien codifiée ; leurs consolidations au tour de la tige même si elle ne se fait qu'entre 40% et 84% des cas, permet d'obtenir chez cette catégorie de patient une amélioration de l'élévation antérieure, la rotation externe et la satisfaction des patients [22]. Dans notre série, nous avons réalisé la réinsertion des tubérosités chez les patients avec bon stock osseux ; au dernier recul nous n'avons pas remarqué de différence entre les patients avec réinsertion des tubérosités et les autres, ce constat est à réévaluer après, vu le recul pas très important de notre série.



Figure 31. Prothèse totale d'épaule inversée (Service de traumatologie orthopédie A).

5. Traitement post-opératoire :

a. Traitement médical :

- ▲ Une antibioprophylaxie est prescrite pendant 48H.
- ▲ La molécule utilisée est la céphalosporine de 2ème génération.
- ▲ Une analgésie post opératoire à travers un cathéter scalénique utilisé chez 30 patients (figure 32 et 33), avec une prescription des antalgiques conventionnels et morphiniques par voie intraveineuse pendant 48h, avec un relais par des antalgiques oraux du palier II.



Figure 32. La pose d'un cathéter inter-Scalénique.



Figure 33. Une analgésie post opératoire à travers ce cathéter.

- ▲ Les Antis inflammatoires à base d'AINS administrés pendant 2 semaines associés à un pansement gastrique.
- ▲ Tous nos patients ont bénéficié d'une surveillance régulière des éléments de la pancarte : la température, tension artérielle, pouls, le redon, le pansement.

b. La rééducation :

- ▲ Tous nos patients ont bénéficié d'une rééducation post opératoire en suivant le protocole ci-dessous :

A partir de J2 :

Une rééducation postopératoire immédiate est forcément limitée, débutée après 48h de l'ablation du redon et consiste à :

- ▲ Une mobilisation passive et active assistée du coude.

- ▲ Une mobilisation passive de l'épaule en abduction, et antépulsion dans le plan de l'omoplate (figure 34 et 35).
- ▲ Des mouvements pendulaires (figure 36).
- ▲ Un massage –mobilisation de la ceinture cervico–scapulaire.
- ▲ Associée à partir de J3 à un travail isométrique du deltoïde.



Figure 34. Mobilisation passive en abduction.



Figure 35. Mobilisation passive en antépulsion



Figure 36. La patiente en train de réaliser des mouvements pendulaires.

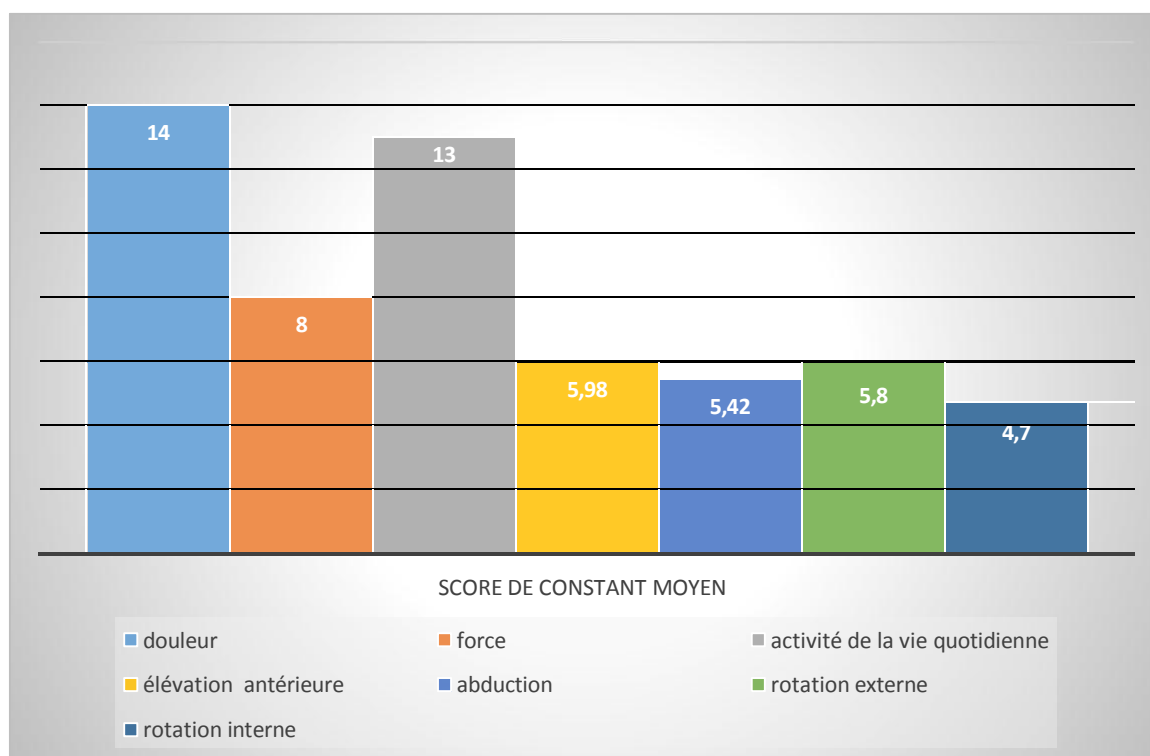
Dès les 6 semaines :

- ▲ Travail actif en élévation, et rotation externe vers 30°.
- ▲ Dès la 8e semaine :
- ▲ Travail actif en élévation, rotation externe et interne.
- ▲ Entre la 8e et la 10e semaine:
- ▲ L'élévation active doit être obtenue au-delà de 100°.
- ▲ Dès la 12ème semaine:
- ▲ Travail contre résistance. Reprise complète des activités quotidiennes.

III. Evaluation des résultats :

1. Résultats fonctionnels selon le score de constant :

Après un recul moyen de 26,3 mois (16–48), 4 patients ont été perdus de vue dont un décédé. Le score de Constant moyen pour la douleur était de 14 (5–15); le score moyen d'activité de la vie quotidienne à 13 (9–20). Le moyen du score de constant pour la force était de 8 (2–12). L'élévation antérieure moyenne était de 105°, l'abduction moyenne à 90° et la rotation externe moyenne de 11° (coude au corps). Le score de constant pour l'élévation antérieur, l'abduction, la rotation externe et la rotation interne était de 5,98 ; 5,42 ; 5,8 et de 4,7 respectivement. Au dernier recul Le score de Constant brut était de 57 points.



Graphique 6. La répartition des résultats fonctionnels en fonction de score de constant

2. Degrés de satisfaction et résultats globaux :

Nous avons obtenu le résultat global des 31 arthroplasties inversées de notre série posée chez les 35 patients revus en consultations, en se basant sur les résultats radiologiques et fonctionnels.

❖ Très bons résultats :

Vingt et cinq épaules soit 80%, présentent de très bons résultats. Elles sont indolores avec une mobilité active postopératoire supérieure à une moyenne de 20/40 et une mobilité courante postopératoire supérieure à 10/20.

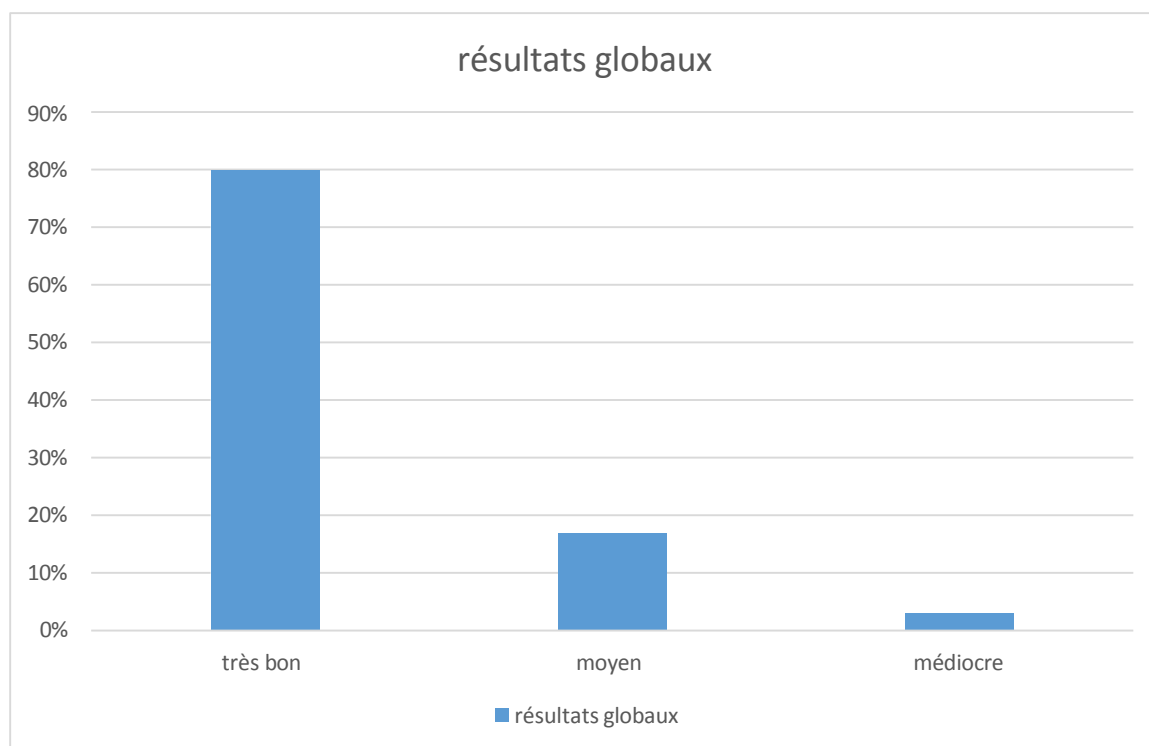
❖ Résultats moyens :

5 épaules soit 17%, présentent une mobilité active et courante moins bonnes avec des douleurs minimales ayant un retentissement le plus souvent léger sur la vie

quotidienne. Il s'agissait généralement des sujets les plus âgés ou n'ayant pas suivi une bonne rééducation.

❖ Résultats décevants :

Concernant un seul patient soit 3%, ayant présenté un descellement septique de sa prothèse suite à une infection.



Graphique 7. Répartition des cas en fonction des résultats globaux

IV. Complications :

Sur l'ensemble de cette série, nous avons déploré 6 complications (17.14%) qui se répartissent de la façon suivante :

1. Le descellement glénoïdien :

Après 5 mois un patient a présenté un descellement glénoïdien septique; il a bénéficié d'un traitement en 2 temps en utilisant un implant glénoïdien de reprise.

2. Parésie du deltoïde :

Un autre patient a présenté une parésie du deltoïde récupéré après de 6 mois.

3. Infection :

Une patiente diabétique a présenté une infection superficielle traité en ambulatoire.

4. Ossification hétérotropique :

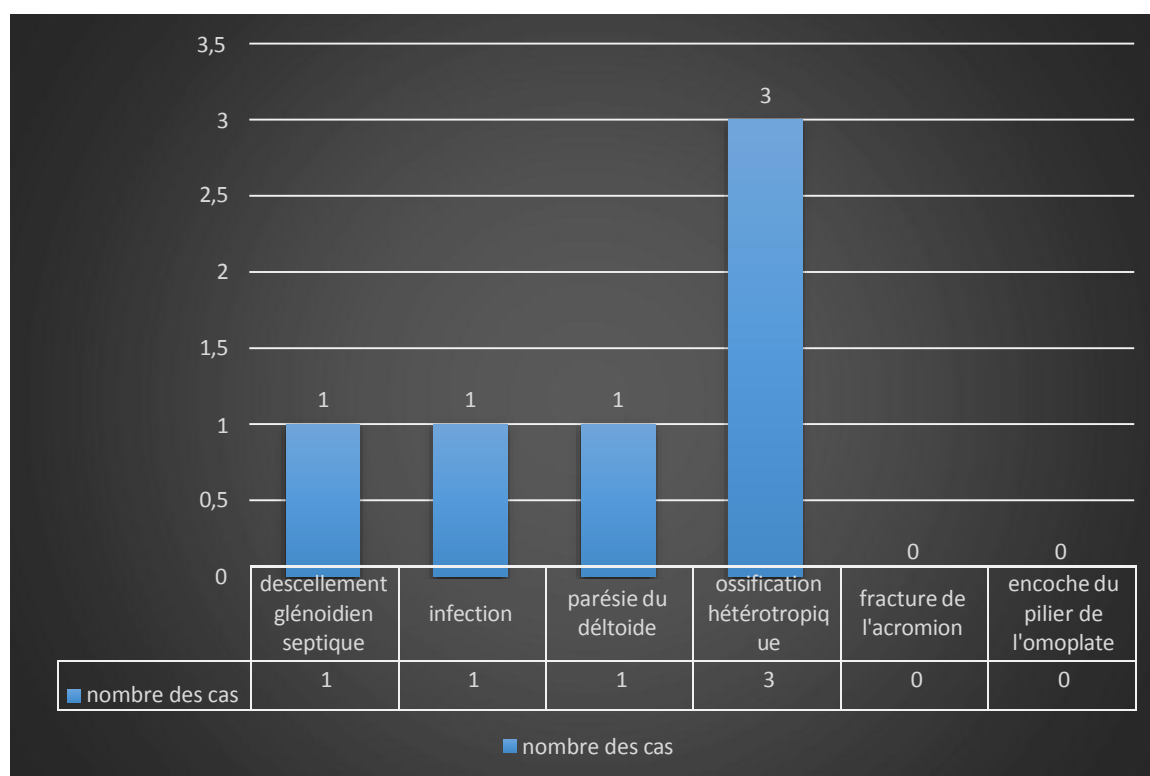
Le suivi radiologique a objectivé, en plus du descellement glénoïdien, 3 cas d'ossifications hétérotropiques sans répercussion clinique.

5. Encoche du pilier de l'omoplate :

Aucun cas n'a été objectivé.

6. Fracture de la voûte acromiale :

Aucun cas n'a été objectivé.



Graphique 8. Répartition en fonction des complications.

V. Cas cliniques :

❖ Cas n° 1 :

Patient âgé de 71 ans, victime d'un AVP avec impact sur l'épaule gauche et le genou homolatéral, le bilan lésionnel avait objectivé une fracture de l'humérus proximal et du plateau tibial homolatéral. Le patient a été opéré en un seul temps avec arthroplastie inversée de l'épaule et ostéosynthèse du plateau par plaque en T, l'évolution a été marquée par un descellement septique de la prothèse à 6 mois de post-opératoire, d'où une dépose de la prothèse avec mise en place d'un spacer + antibiothérapie, puis repose d'une PTI à quille longue après 1 an.



—



Mr. BOUHMOU Ayoub



Figure 39. Radiographie après dépose et mise en place de spacer



Figure 40. Radiographie de face de l'épaule droite après repose de PTI avec utilisation d'un metal-back à quille.

❖ Cas n°2 :



Figure 41. Radiographie de l'épaule droite de face, montrant une fracture de l'humérus proximal.

Patiente âgée de 65 ans, femme au foyer, droitère, qui présente une douleur et une limitation des mobilités articulaires de l'épaule gauche suite à une chute de sa hauteur.

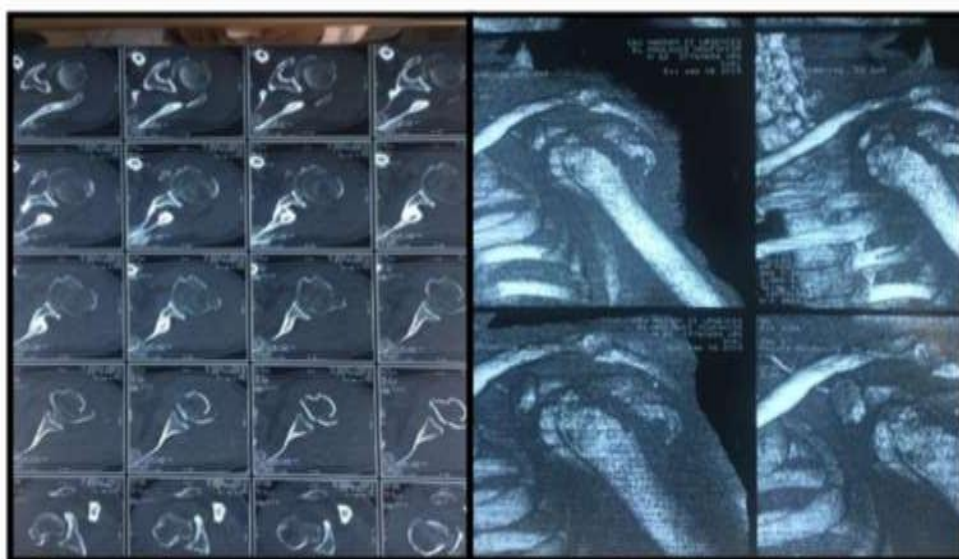


Figure 42. Aspect TDM avec reconstruction 3D montrant la fracture à 4 fragments.



Figure 43. Radiographie de l'épaule gauche de face après la mise en place d'une prothèse inversée.



Figure 44. Photos montrant les mobilités (abduction et élévation antérieur) à 90 jours postopératoire

❖ Cas n°3 :



Figure 45. Radiographie de face de l'épaule droite, montrant une fracture luxation type IV, selon la classification de Duparc.

Patiente âgée de 62 ans, femme au foyer, droitère, qui présente un traumatisme de l'épaule gauche suite à un AVP.

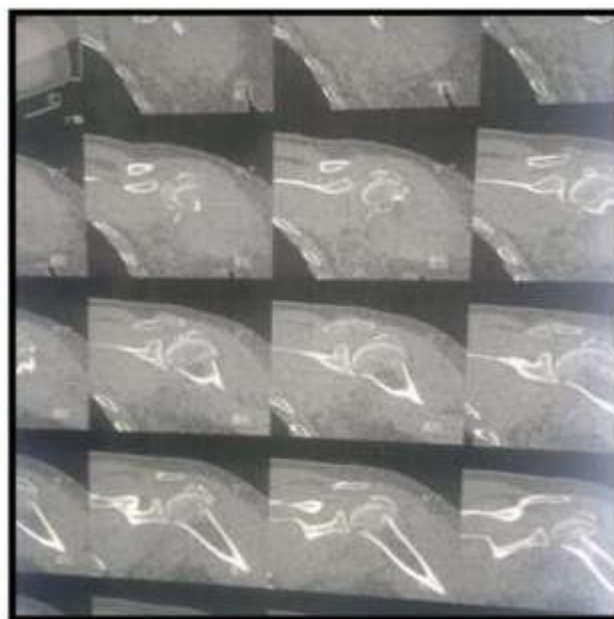


Figure 46. TDM montrant la complexité de la fracture luxation de l'épaule droite.



Figure 47. Radiographie de l'épaule droite, en rotation neutre, en post opératoire après la mise en place d'une prothèse inversée.

DISCUSSION

VI. Discussion :

1. Anatomie chirurgicale de l'extrémité proximale de l'humérus :

A. Ostéologie

Le membre supérieur est le membre de la préhension et du tact. Il est relié au thorax par la ceinture scapulaire qui comprend la clavicule, la scapula (omoplate) et la tête de l'humérus.

Nous allons nous intéresser plus particulièrement à l'articulation entre l'humérus et la scapula : l'articulation scapulo-humérale.

Nous verrons successivement son aspect ostéologique, arthrologique, myologique et vasculo-nerveux.

L'humérus est un os long du bras qui réunit l'avant-bras et l'épaule en s'articulant en haut avec la scapula et en bas avec l'ulna et le radius. Il présente deux épiphyses une proximale et l'autre distale, et une diaphyse.

L'extrémité proximale de l'humérus est définie par le segment osseux situé au-dessus du bord inférieur du tendon d'insertion du muscle grand pectoral. Elle est volumineuse en comparaison avec la partie distale, elle comprend un col chirurgical, deux tubercules (majeur et mineur) séparés par un sillon intertuberculaire, un col anatomique et la tête humérale. [33]

a. L'omoplate ou la Scapula : [34]

C'est un os plat, triangulaire à sommet inférieur et plaqué à la face dorsale du grill costal qui constitue la partie postéro-latérale de la ceinture scapulaire. Il présente :

★ Deux faces :

- ✓ Une antérieure ou thoracique, concave dite fosse sous-scapulaire destinée au muscle sous-scapulaire, et qui « s'articule » avec le thorax formant une pseudo-articulation scapulo-thoracique utile dans les mouvements de l'épaule.
- ✓ Une postérieure ou dorsale, convexe divisée en deux fosses par l'épine de l'omoplate dont le tiers supérieur correspond à la fosse sus-épineuse destinée au muscle sus-épineux, et Les deux tiers inférieurs correspondent à la fosse sous-épineuse destinée au muscle sous-épineux et au muscle petit rond et grand rond à son bord interne.

★ Trois bords : médial (spinal), latéral (axillaire) et supérieur (cervical).

★ Trois angles :

- ✓ Inférieur ou pointe de l'omoplate, à la jonction entre le bord médial et le bord latéral. Supéro-médial, à la jonction entre le bord médial et le bord supérieur.
- ✓ Externe ou antérieur, à la jonction entre le bord latéral et le bord supérieur. Il présente une surface articulaire : la cavité glénoïdienne qui est ovale à grand diamètre vertical (35 mm) et petit diamètre antéro-postérieur (25 mm). Elle est très peu concave et regarde en dehors, en avant et en haut. Elle est rattachée au corps de l'omoplate par une portion qui se nomme le col de l'omoplate. Ce dernier est surplombé en haut et en avant par l'apophyse coracoïde, qui constitue le repère habituel des luxations antéro-internes de l'épaule. Elle reçoit de nombreuses insertions

musculaires dont celles du coraco-brachial en dedans, et de la courte
portion du biceps en dehors

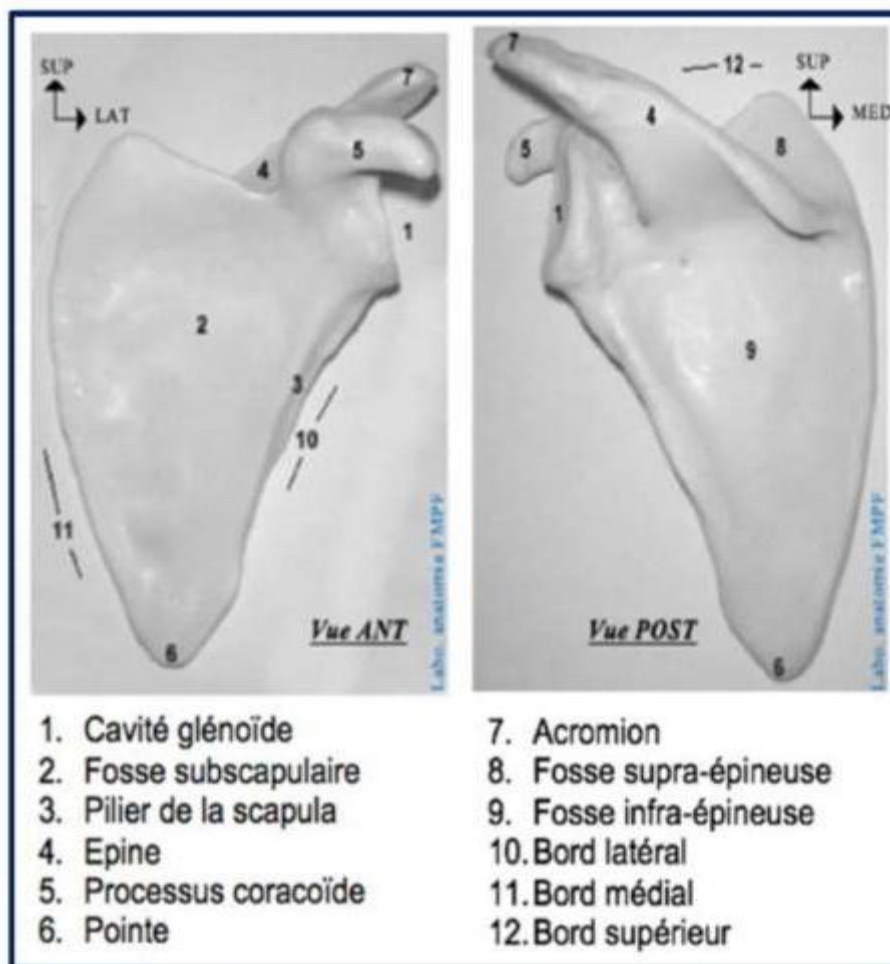


Figure 48. Vue des faces thoraciques et dorsale de la scapula gauche. [35]

b. La tête humérale :

Il s'agit d'une saillie articulaire qui n'est pas strictement sphérique, et correspond au tiers d'une sphère de 22.5 à 30 mm de rayon.

La tête est relativement aplatie d'avant en arrière avec un rayon de courbure horizontale plus petit de 0 à 2 mm que celui de la courbure verticale.

Le centre de la tête humérale ne se trouve pas dans l'axe du cylindre diaphysaire mais en arrière (déport postérieur) et en dedans (déport médial).

Son axe d'orientation forme :

- ✓ Avec l'axe horizontal, un angle de 45°.
- ✓ Avec l'axe de l'épiphyse distale, un angle de 20° qui représente l'angle de déclinaison.
- ✓ Avec l'axe de la diaphyse, un angle de 130° qui représente l'angle d'inclinaison. [33]

c. Col anatomique :

Discret rétrécissement qui sépare la tête humérale des tubercules. Il est localisé dans un plan faisant un angle de 40° ouvert latéralement avec l'horizontale. Il donne insertion :

- ✓ À la capsule articulaire.
- ✓ En avant, aux ligaments glèno-huméraux. [33]

d. Tubercule majeur :

Grosse saillie latérale, il est prolongé en bas et en avant par la crête du tubercule majeur, et il donne insertion :

- ✓ Sur sa face supérieure, au muscle supra-épineux et le faisceau latéral du ligament coraco-huméral ;
- ✓ Sur sa face postérieure, au muscle petit rond et infra-épineux. [33]

e. Tubercule mineur :

Petite saillie antérieure, il est prolongé en dessous par la crête du tubercule mineur, et il donne insertion au muscle subscapulaire et au niveau de son bord supérieur, au faisceau médial du ligament coraco-huméral. [33]

f. Sillon intertuberculaire :

Le ligament huméral transverse s'insère sur ses lèvres, et il est traversé par :

- ✓ Les rameaux vasculaires et nerveux articulaires.
- ✓ Le long chef du biceps brachial entourée de la gaine synoviale. [33]

g. Col chirurgical :

Union de la diaphyse et de l'épiphyse proximale, sa partie postérieure est en contact avec les vaisseaux circonflexes postérieurs et le nerf axillaire. [33]

h. Cavité glénoïde :

Elle occupe l'angle supéro-externe de l'omoplate, sa surface est d'environ 6cm², elle présente une forme ovalaire, avec une éminence (le tubercule glénoïde) en son centre.

Le revêtement du cartilage hyalin qui tapisse la cavité glénoïde est plus épais sur les bords qu'au centre. Cette cavité est élargie par un anneau cartilagineux (le labrum glénoïde ou bourrelet glénoïde), ce qui accorde à l'articulation gléno-humérale une grande amplitude de mouvement par rapport à toutes les autres articulations du corps. [36]

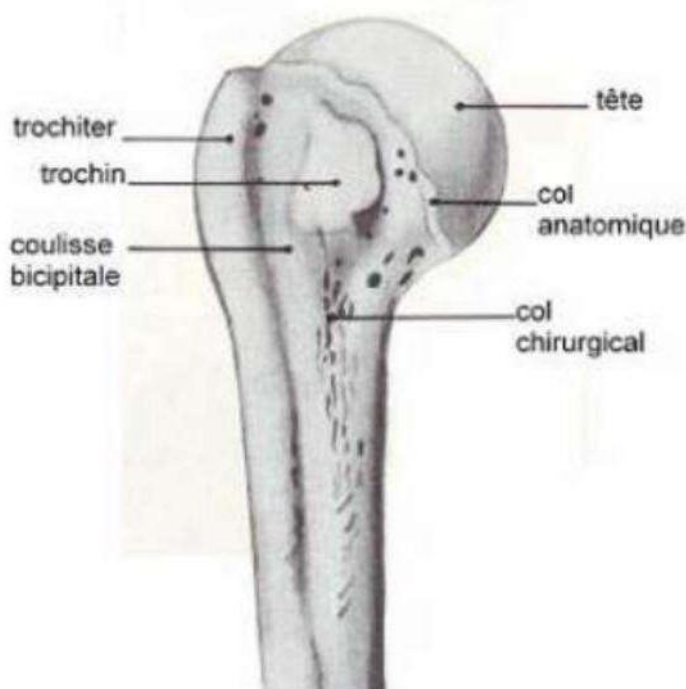


Figure 49. Vue antérieure de l'extrémité de l'humérus. [37]

B. Arthrologie

La ceinture scapulaire est formée par cinq articulations dont : [34]

❖ Trois vraies articulations :

- ✓ Articulation scapulo-humérale
- ✓ Articulation acromio-claviculaire
- ✓ Articulation sterno-claviculaire

❖ Et deux fausses articulations qui sont des plans de glissement jouant un rôle dans la mobilité de l'épaule :

- ✓ Articulation scapulo-thoracique
- ✓ Articulation sous-deltoïdienne.

Nous nous intéresserons aux articulations scapulo-humérale, scapulothoracique et sous-deltoïdienne.

a. L'articulation scapulo-humérale : [38]

C'est une articulation synoviale de type sphéroïde dite « énarthrose » qui unit la cavité glénoïdienne scapulaire à la tête humérale. Ces deux surfaces sont recouvertes de cartilage hyalin. Comme cela a été décrit plus haut, la tête humérale est un tiers de sphère et la cavité glénoïdienne est une surface quasiment plane. À cela vient s'ajouter des diamètres différents. En effet le diamètre vertical et antéropostérieur de la tête humérale sont nettement plus grands que ceux de la glène : il existe donc un défaut de congruence entre ces deux surfaces articulaires.

Pour pallier à cela, la surface de la glène est élargie par un bourrelet inséré à son pourtour : le bourrelet glénoïdien. Il est fibro-cartilagineux et comporte trois faces : une insérée à la glène, une libre articulaire, et une externe sur laquelle va s'insérer la capsule articulaire {Fig.51} [34].

Les moyens d'union ligamentaire de cette articulation sont la capsule, le ligament coraco-huméral et les ligaments gléno-huméraux.

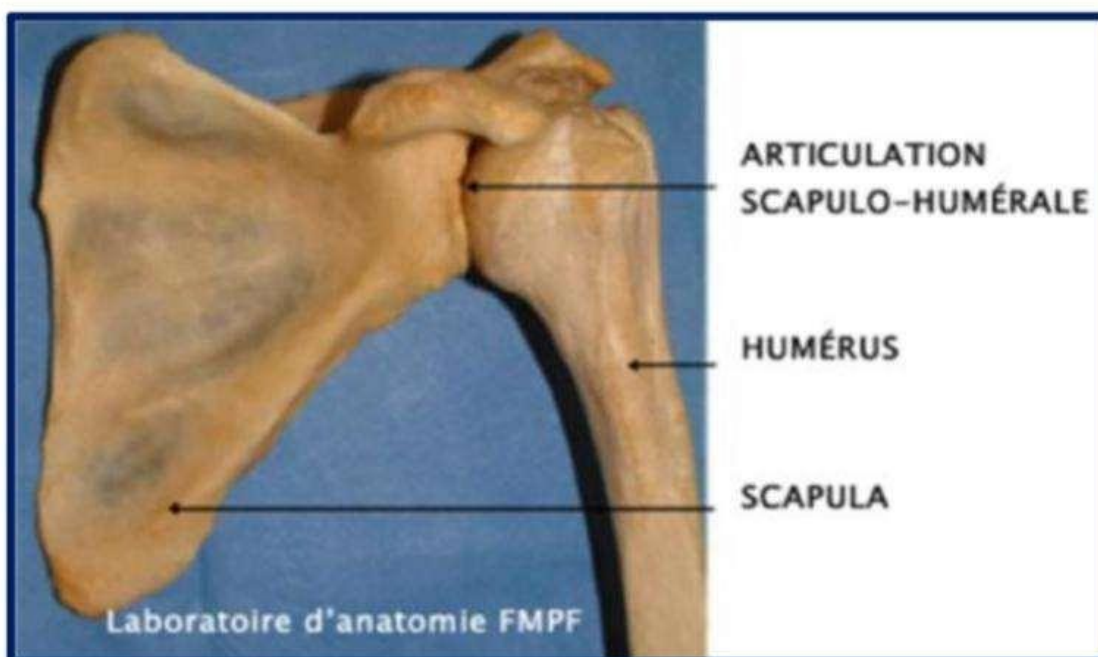


Figure 50. Vue antérieure de l'articulation scapulo-humérale gauche. [35]

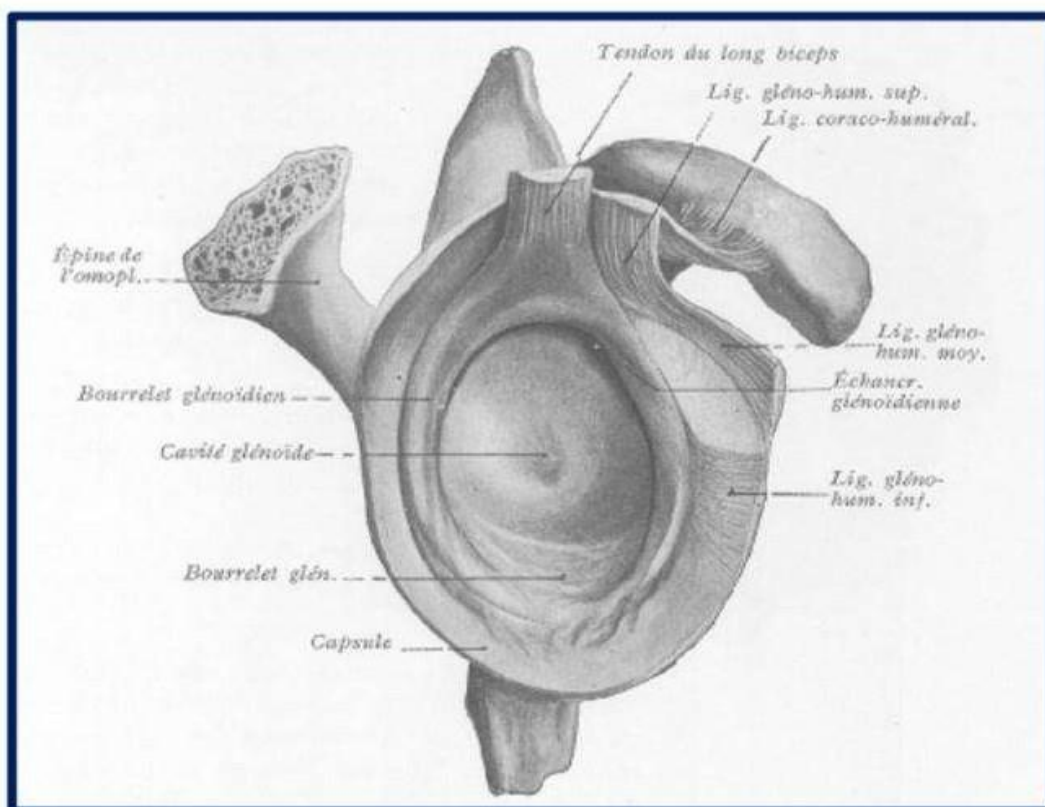


Figure 51. Vue latérale de l'omoplate montrant la cavité glénoïdale et le bourrelet glénoïdien. [38]

❖ La capsule : [38]

La capsule est un manchon qui s'insère à la face externe du bourrelet glénoïdien et va jusqu'au col de l'humérus. Au niveau de la face supérieure de l'humérus, elle s'insère sur le col anatomique alors qu'à sa face inférieure elle va s'insérer beaucoup plus bas, jusqu'à la face inférieure du col chirurgical.

C'est cette insertion basse qui lui permet de suivre le mouvement en élévation et abduction de l'épaule.

❖ Le ligament coraco-huméral :

Épais et rectangulaire, c'est le ligament le plus résistant de l'épaule. Il est formé par deux faisceaux : postéro-supérieur et antéro-inférieur, où passe entre eux le tendon du biceps [39].

Le ligament coraco-huméral vient renforcer la capsule dans sa partie antérosupérieure. Il est tendu entre l'apophyse coracoïde et le trochiter, avec un trajet oblique en dehors et en bas. Il recouvre l'articulation scapulo-humérale formant ainsi un véritable ligament suspenseur de la tête humérale [40].

❖ Les ligaments gléno-huméraux : [40]

Les trois ligaments gléno-huméraux : supérieur, moyen et inférieur, forment un « Z » et viennent renforcer la capsule constituant avec le ligament coraco-huméral un verrou fibreux antéro-supérieur, luttant contre la luxation de l'épaule.

- ▲ Le ligament gléno-huméral supérieur s'insère sur le tubercule glénoïdien supérieur et est horizontal jusqu'au trochin.
- ▲ Le ligament gléno-huméral moyen s'insère également sur le tubercule glénoïdien supérieur mais son trajet est oblique en bas et en dehors jusqu'à la partie basse du trochin.
- ▲ Le ligament gléno-huméral inférieur s'insère sur le tubercule glénoïdien inférieur et se dirige en bas et en dehors jusqu'au bord interne du col chirurgical.

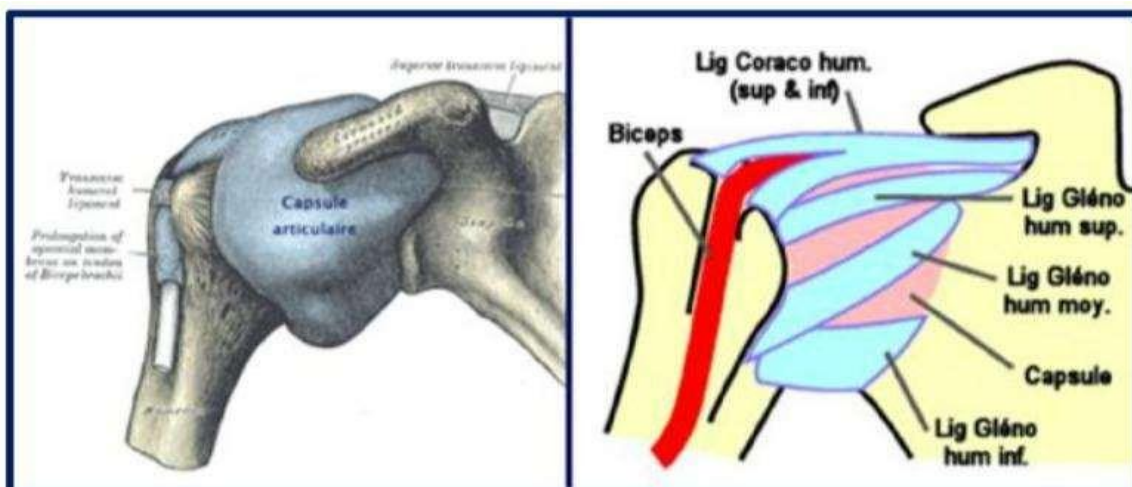


Figure 52. les ligaments renforts de la capsule scapulo-humérale. [40]

b. L'articulation sous-deltoïdienne : [41]

Elle est constituée d'un vaste espace de glissement qui est défini par le rapport entre la face profonde du deltoïde et de l'acromion d'une part, et la partie supérieure des muscles de la coiffe des rotateurs qui couvre l'extrémité supérieure de l'humérus d'autre part, le tout s'effectuant par l'intermédiaire de la bourse sous-deltoïdienne.

Cette dernière permet au muscle supra-épineux et au tubercule majeur de glisser sous le muscle deltoïde et sous la voûte acromio-coracoïdienne lors de l'abduction du membre supérieur.

c. L'articulation scapulo-thoracique : [41]

C'est une fausse articulation type « syncarthrose » qui met en rapport la face antérieure du muscle sous-scapulaire et la face postérieure des muscles grand dentelé et dorsaux. Elle assure la grande mobilité de la scapula, en permettant ainsi de déplacer et d'orienter sa cavité glénoïdale pour augmenter très fortement le rayon d'action du membre supérieur. Ces mouvements de bascule de la scapula sont indispensables pour atteindre une abduction complète ou pour réaliser des mouvements de plus de 90° de flexion.

C. Myologie :

Les muscles de l'épaule sont représentés essentiellement par le deltoïde et la coiffe des rotateurs qui est formée par quatre unités : le sous-scapulaire, le sus-épineux, le sous-épineux et le petit rond

a. Les muscles de la coiffe des rotateurs : [42]

C'est une structure musculo-tendineuse comportant quatre muscles qui s'insèrent sur les faces antérieure, supérieure et postérieure de l'omoplate pour se terminer de façon hémisphérique autour de la face latérale de l'humérus [34]. Elle est innervée par les racines C5 et C6 du plexus brachial, et joue un double rôle, à la fois stabilisateur et mobilisateur de la tête humérale.

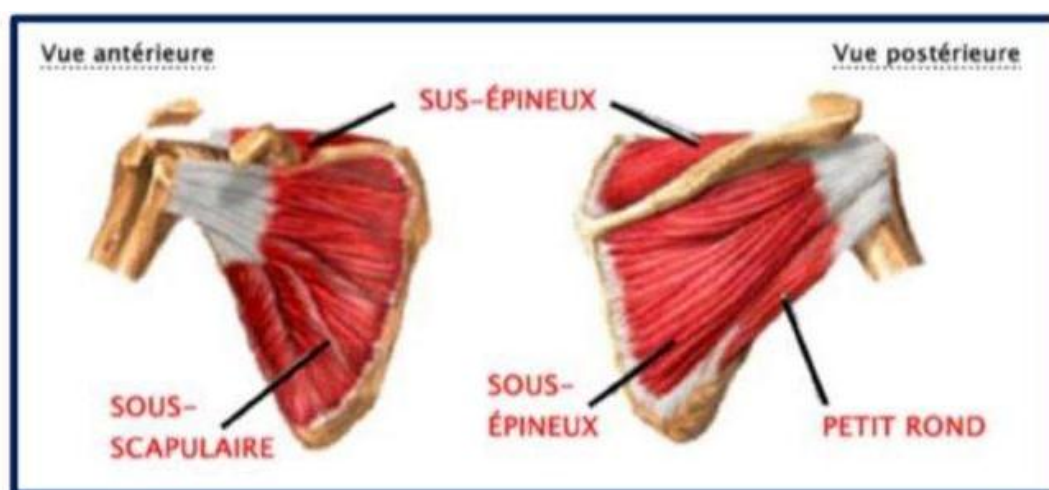


Figure 53. Les muscles de la coiffe des rotateurs. [43]

❖ Le muscle sous-scapulaire (subscapulaire) :

Il s'insère au niveau de la fosse sous-scapulaire et du bord externe de l'omoplate pour se terminer sur le trochin. Ce muscle mobilise l'humérus en rotation interne et joue un rôle stabilisateur, contribuant à empêcher le déplacement antérieur de la tête humérale.

❖ Le muscle sus-épineux (supra-épineux) :

Il s'insère sur la fosse sus-épineuse de la scapula, passe sous l'arc acromio-coracoïdien et se termine sur la partie moyenne du trochiter. C'est un abducteur du bras, son rôle stabilisateur consiste à empêcher l'ascension de la tête humérale sous l'acromion.

❖ Le muscle sous-épineux ou infra-épineux

Il prend naissance au niveau des deux tiers internes de la fosse sous-épineuse. Son tendon s'insère ensuite sur la facette moyenne du trochiter. C'est un muscle qui participe à la rotation externe du bras

❖ Le muscle petit rond

Il prend naissance en dessous du muscle sous-épineux et au bord externe de l'omoplate. Son tendon s'insère sur la facette inférieure du trochiter. C'est un muscle rotateur externe du bras.

Entre le sus-épineux et le sous-scapulaire, se trouve l'intervalle des rotateurs où l'on retrouve la longue portion du biceps avant son entrée dans la coulisse bicipitale [34].

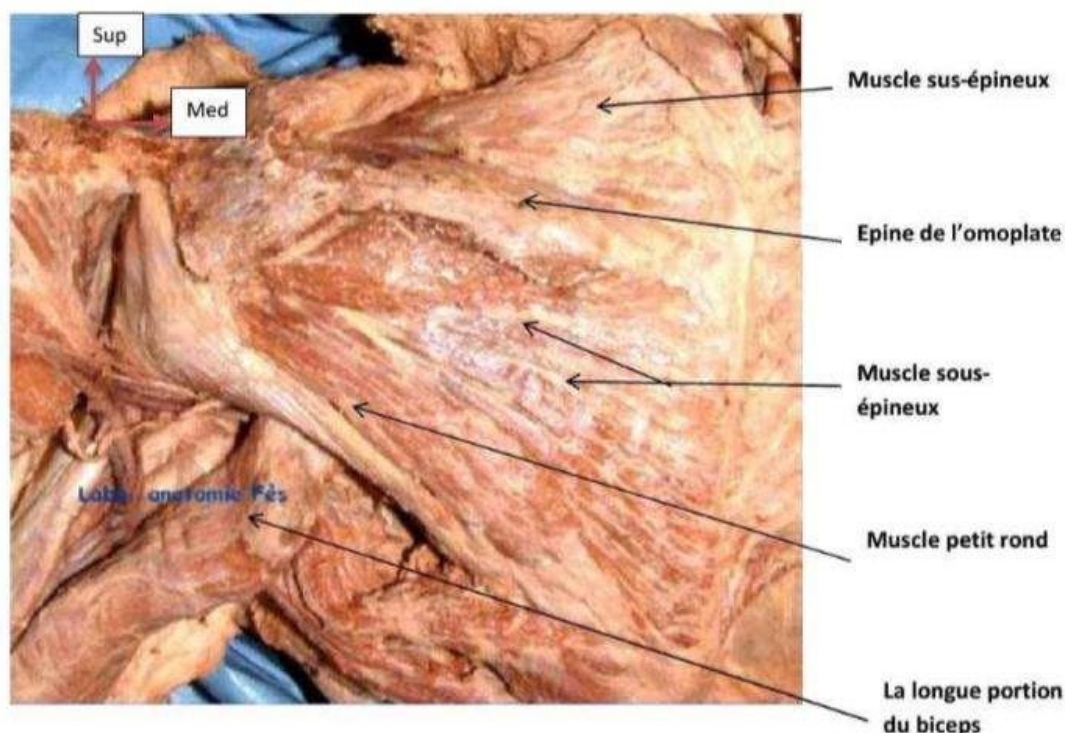


Figure 54. Vue postérieure montrant l'insertion des muscles de la coiffe sur le trochiter.

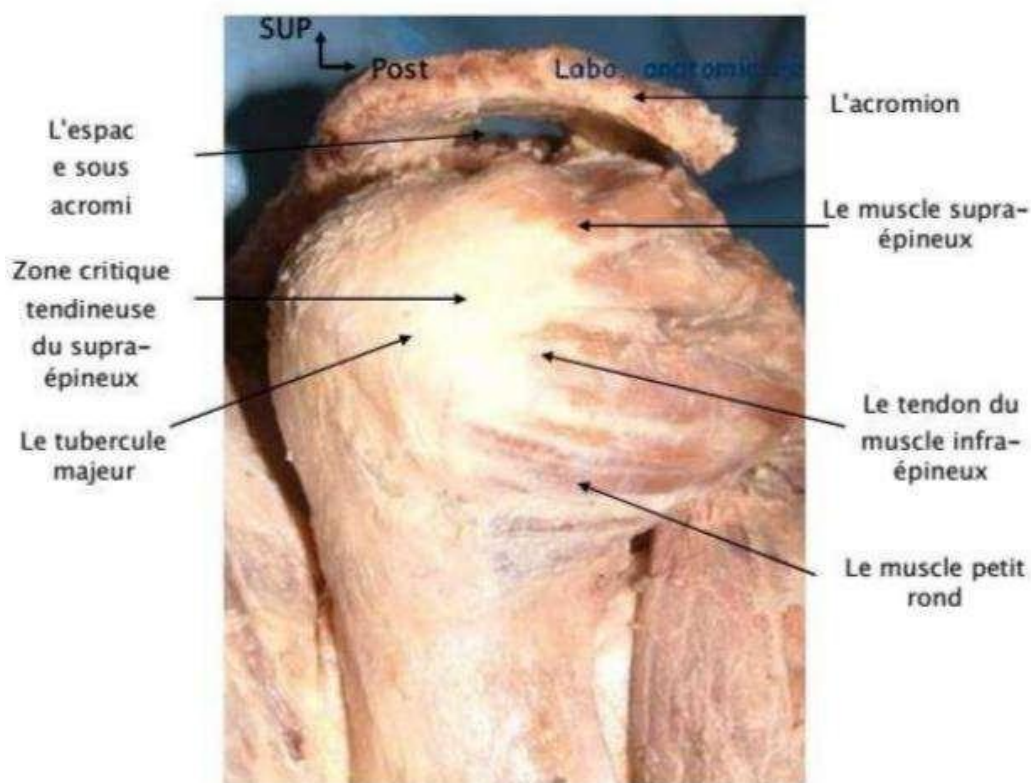


Figure 55. Vue postéro-latérale de l'épaule droite avec deltoïde désinséré

Le deltoïde

C'est le seul muscle externe de l'épaule. Il est triangulaire et recouvre la coiffe des rotateurs et s'articule avec elle par l'intermédiaire de la bourse sous- deltoïdienne. [41]

Son origine tendineuse se situe au niveau du tiers latéral de la clavicule, et sur le bord antérieur et la face supérieure du versant inférieur de l'épine de l'omoplate. Son origine musculaire se trouve au niveau du bord latéral de l'acromion. Il s'agit d'un muscle épais, avec une forme de demi-cône, concave médialement.

Il comporte trois chefs ou faisceaux {Fig.57} qui se rejoignent en un tendon terminal qui se dirige en bas en dehors et en avant jusqu'à son insertion sur l'humérus au niveau du V deltoïdien [34]:

- ▲ Un chef antérieur ou claviculaire, qui est fléchisseur et rotateur interne.
- ▲ Un chef moyen ou acromial, qui est abducteur puissant du bras plus que les deux autres faisceaux.
- ▲ Un chef postérieur ou spinal, qui est un extenseur et rotateur externe.

C'est donc un muscle abducteur et élévateur du bras qui complète l'action des muscles de la coiffe des rotateurs. Le chef moyen a une utilité fonctionnelle majeure, il doit ainsi être préservé lors des voies d'abord chirurgicales de l'extrémité supérieure de l'humérus.

Son innervation est assurée par le nerf axillaire, et il se termine par un tendon au niveau de la tubérosité deltoïdienne de l'humérus. [40]



Figure 56. vue de profil de muscle deltoïde. [44]



Figure 57. Vue latérale du muscle deltoïde gauche et ses trois faisceaux. [43]

D. Vascularisation : [45]

On s'intéressera essentiellement à la vascularisation de l'extrémité supérieure de l'humérus, car sa connaissance est indispensable dans la chirurgie de l'arthroplastie d'épaule, notamment pour de ne pas aggraver les lésions vasculaires par un abord ne respectant pas les vaisseaux nourriciers de la tête humérale, et pour l'appréciation du risque de nécrose céphalique post-traumatique.

Cette vascularisation est assurée de manière partagée par deux artères naissant de l'artère axillaire et qui forment un anneau artériel. La source principale de la perfusion de la tête humérale provient de l'artère circonflexe antérieure. Une lésion de l'irrigation sanguine de l'extrémité supérieure de l'humérus a été impliquée dans le développement de la nécrose avasculaire.

a. L'artère circonflexe antérieure :

Elle longe le bord inférieur du muscle sous-scapulaire avant de donner une branche très importante : l'artère ascendante antéro-externe. Cette dernière croise la gouttière bicipitale sous le tendon du long biceps puis pénètre dans l'épiphyse où elle prend une direction postéro-interne avec un trajet arciforme d'où son nom d'artère arquée. Cette branche ascendante vascularise la plus grande partie de la tête humérale. L'existence d'un éperon cortical métaphysaire interne solidaire de la tête pouvant maintenir la vascularisation est un critère de prédictibilité du maintien de la vascularisation humérale.

b. L'artère circonflexe postérieure :

Elle participe également de façon importante à la vascularisation de la tête humérale. Ainsi, cette artère passe au niveau du pôle inférieur de la tête humérale pour donner des branches céphaliques jusqu'à sa partie supérieure, ce qui permet d'espérer la conservation d'une bonne vascularisation de la tête humérale même en cas de lésions de l'artère circonflexe antérieure.

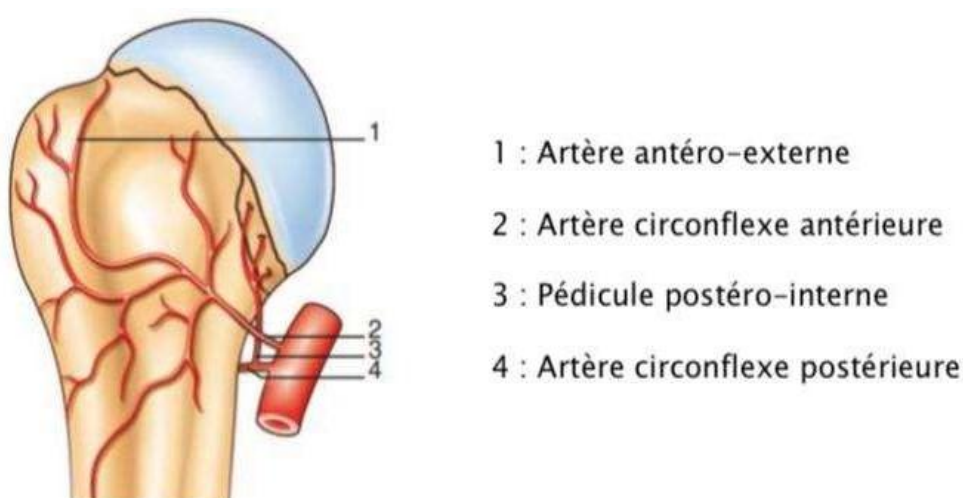


Figure 58. Vue antérieure montrant la vascularisation de l'extrémité supérieure de l'humérus. [46]

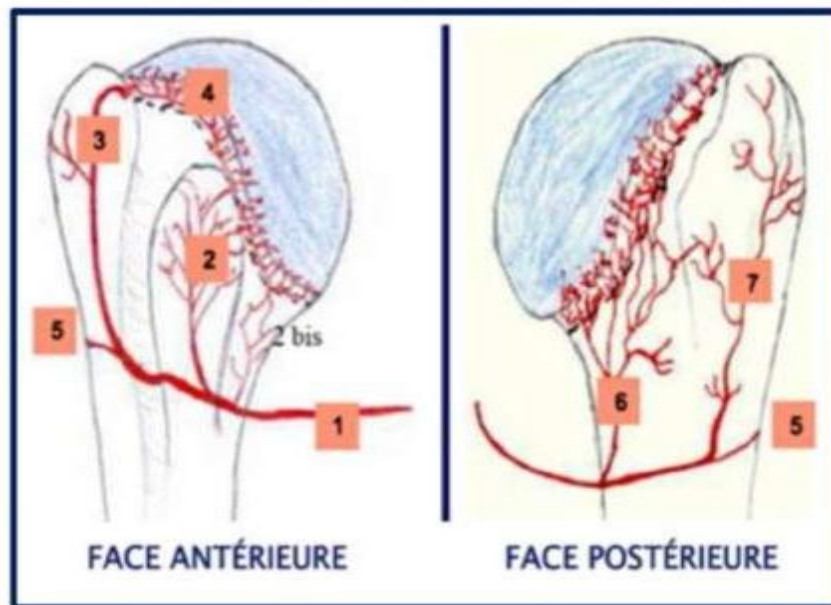


Figure 59. Vascularisation de l'extrémité supérieure de l'humérus. [45]

{1} = Artère circonflexe antérieure

{2} = Artère ascendante médiale (destinée au trochin)

{3} = Artère ascendante latérale (destinée au trochiter)

{4} = Cercle anastomotique péri-céphalique (au niveau de l'insertion capsulaire représentée par les pointillés noirs)

{5} = Artère circonflexe postérieure

{6} = Branches médiales de la circonflexe postérieure

{7} = Branches latérales de la circonflexe postérieure

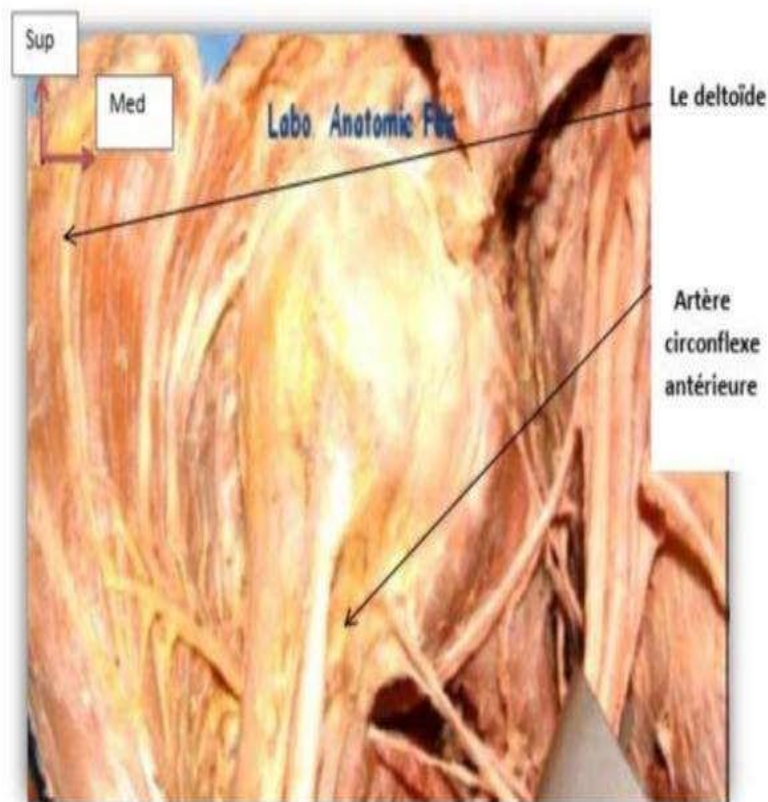


Figure 60. Vue antérieure de l'épaule montrant l'artère circonflexe antérieure.
(Laboratoire d'anatomie Fès)

E. Innervation :

Le plexus brachial étant à proximité de l'articulation scapulo-humérale, il se retrouve assez fréquemment lésé, surtout dans les cas de fracture déplacée. Trois nerfs peuvent être lésés lors de la fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus :

Le nerf axillaire, le nerf musculocutané, et le nerf supra scapulaire.

a. Nerf axillaire (nerf circonflexe) :

Le nerf axillaire est un nerf mixte, moteur et sensitif, il s'agit de la branche terminale du faisceau postérieur du plexus brachial, qui est destinée à l'épaule. Il est composé des neurofibres venant des nerfs spinaux C5 et C6.

Il prend naissance en avant du muscle subscapulaire, et en arrière de l'artère axillaire, et puis il descend latéralement à l'écart du nerf radial tout en traversant l'espace axillaire latéral, sous la capsule de l'articulation scapulo-humérale. Ensuite il contourne le col chirurgical de l'humérus.

❖ Il présente trois branches collatérales :

- Les rameaux musculaires destinés aux muscles petit rond et subscapulaire
- Les rameaux articulaires qui sont au nombre de deux, et qui sont destinés à l'articulation scapulo-humérale.
- Le nerf cutané latéral supérieur du bras qui naît au niveau de la sortie de l'espace axillaire latéral et puis contourne le bord postérieur du deltoïde pour enfin traverser le fascia deltoïdien et assurer l'innervation de la peau.

Et présente une branche terminale qui se termine en rameaux et qui longent la face profonde du muscle deltoïde.

Il assure une fonction motrice en entraînant l'abduction et la rotation latérale du bras.

Il assure également une fonction sensitive au niveau de la face externe de l'épaule.

Suite à ces connexions, lorsque le nerf axillaire est lésé, le déficit sensitif ne se trouve donc que sur une surface limitée au centre de ce territoire. [\[47\]](#)



Figure 61. Vue antérieure de l'extrémité supérieure de l'humérus montrant le trajet du nerf. [47]

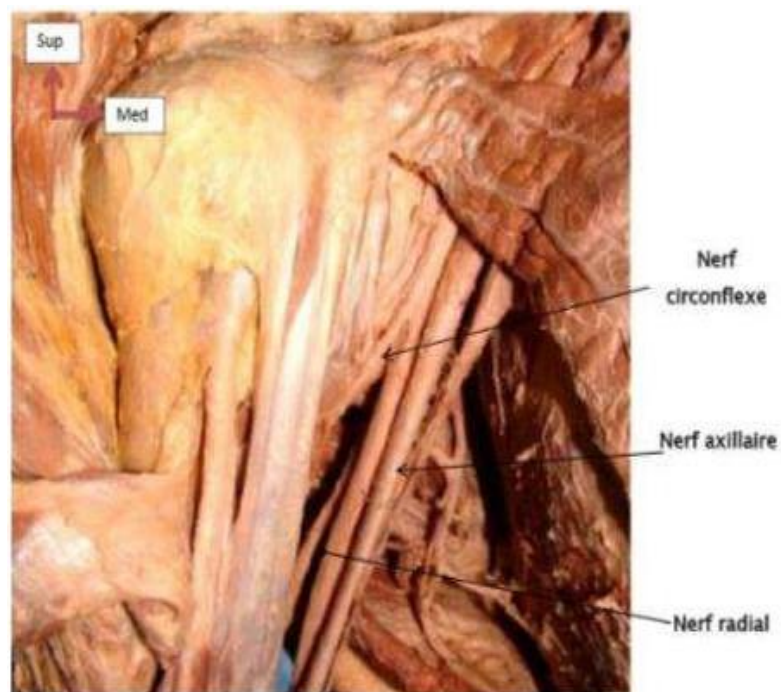


Figure 62. Rapports nerveux de l'épaule. (Laboratoire d'anatomie Fès).

b. Nerf musculocutané :

Le nerf musculocutané est un nerf mixte, motrice et sensitif, il représente une branche terminale du faisceau latéral du plexus brachial et il est formé des neurofibres venant des nerfs spinaux C5 et C6.

Il prend naissance dans le creux axillaire ensuite il descend latéralement dans le bras jusqu'au niveau du sillon bicipital latéral, c'est à ce niveau qu'il devient le nerf cutané latéral de l'avant-bras.

Il est limité en avant par le fascia clavi-pectoral et en arrière par les muscles subscapulaire, grand dorsal, grand rond. Au cours de son trajet il longe le bord latéral de l'artère axillaire, ensuite il passe devant les vaisseaux circonflexes postérieures de l'humérus et le nerf axillaire.

Il regroupe six branches collatérales :

- Le nerf du coraco-brachial
- Le rameau vasculaire
- Le nerf diaphysaire de l'humérus
- Le nerf du biceps
- Le nerf du brachial antérieur
- Rameau articulaire

Et une branche terminale qui se divise en branche antérieure et l'autre postérieure.

Le nerf musculocutané permet d'assurer principalement la supination et la flexion de l'avant-bras, et l'innervation de la région latérale de l'avant-bras. [\[48\]](#)

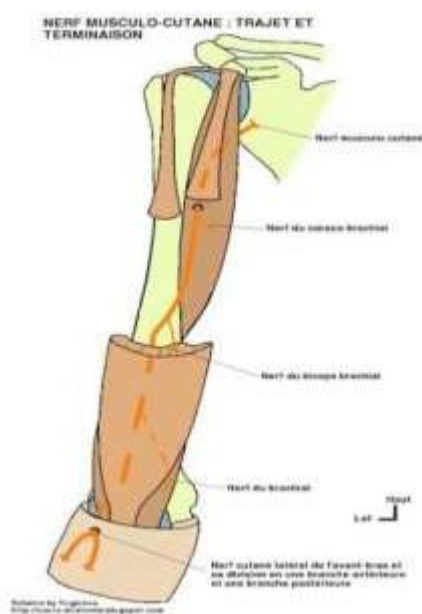


Figure 63. Illustration du trajet du nerf musculocutané. [49]

c. Nerf supra scapulaire :

Il prend naissance dans le tronc primaire supérieur du plexus brachial, se dirige en profondeur le long du plan aponévrotique de la base du creux sous-claviculaire, et traverse l'échancrure coracoïdienne sous le ligament coracoïde.

L'artère supra scapulaire passe en dessus du ligament, puis chemine avec le nerf supra scapulaire obliquement dans la fosse supra-épineuse pour contourner la base de l'épine scapulaire et pour pénétrer ensuite dans la fosse infra-épineuse. Ce nerf est d'une grande importance chirurgicale pour deux raisons d'une part parce qu'il peut être comprimé au niveau de l'échancrure coracoïde et d'autre part sa portion par rapport à l'épine de l'omoplate est très importante lors de l'exposition de la région sous-glénoïde de l'épaule. [50]

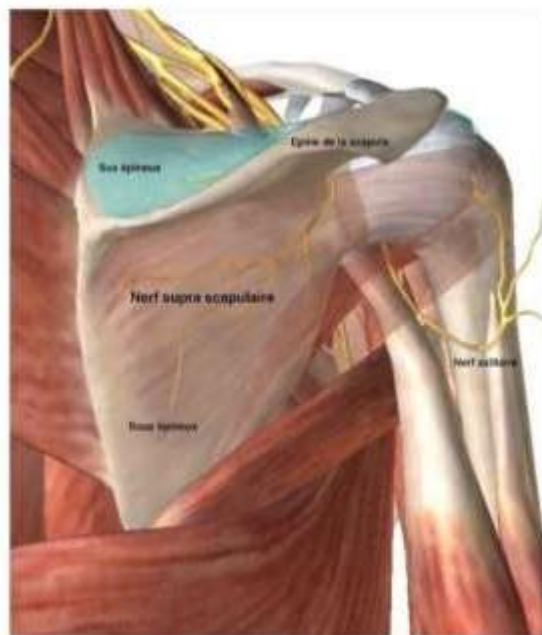


Figure 64. Illustration du trajet du nerf supra scapulaire. [50]

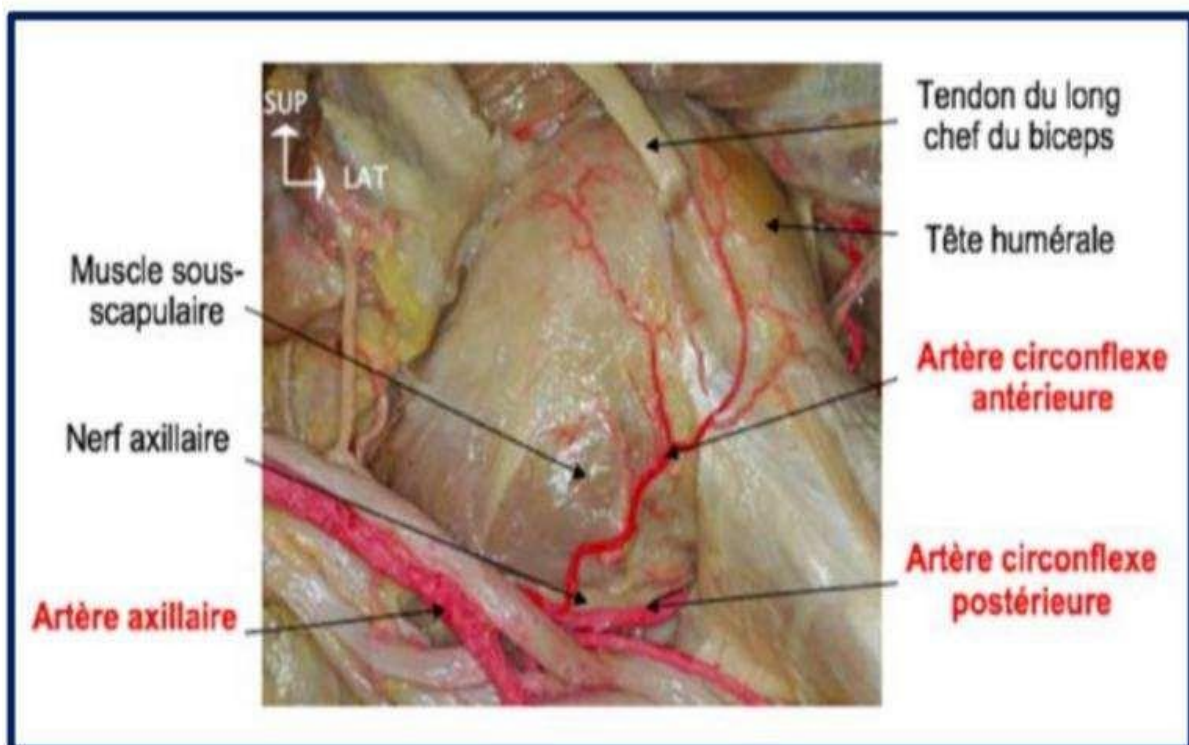


Figure 65. Vue antérieure d'une épaule gauche après résection du grand pectoral et diaphanisation par injection de l'artère brachiale après fermeture de l'artère subclavière. [45]

F. ANATOMIE CHIRURGICALE : [34]

Pour aborder l'extrémité proximale de l'humérus, il est nécessaire de traverser ou de contourner trois niveaux :

- ❖ Le plan superficiel de suspension trapézo-deltoïdien, avec son relais acromioclaviculaire et son dédoublement antérieur acromio-coracoïdien, qui comporte en réalité deux zones :
 - ✓ L'une supérieure ostéo-ligamentaire : la voûte acromio-coraco-claviculaire ;
 - ✓ L'autre externe musculaire : l'aient deltoïdien.
- ❖ Le plan profond capsulo-tendineux, formé par la coiffe des courts rotateurs, entre-tissés dans la capsule à sa partie distale, entoure le pivot gléno-huméral en « tuile romaine », ne laissant qu'un passage antéro-inférieur entre le sous-scapulaire en avant et le long triceps en arrière.
- ❖ Le plan séreux intermédiaire sous-deltoïdien et sous-coracoïdien. À ce niveau, le nerf circonflexe et son artère satellite circonflexe postérieure empreinte trois passages dangereux à bien connaître :
 - ✓ En avant : après s'être éloigné du nerf radial, il croise obliquement la face antérieure du sous-scapulaire, contourne son bord inférieur et pénètre d'avant en arrière dans l'espace huméro-tricipital, très proche des insertions humérales de la capsule inférieure.
 - ✓ En arrière : à la sortie de l'espace huméro-tricipital, alors qu'il contourne le bord inférieur du petit rond auquel il donne une branche.
 - ✓ En dehors : lorsqu'il cravate horizontalement l'humérus à 5 cm sous l'acromion.

La réparation du deltoïde a une mauvaise réputation, mais il fait néanmoins distinguer différentes zones :

- ✓ En bas : au niveau du V deltoïdien, la lame tendineuse d'insertion distale peut être sectionnée à 3 cm de l'os et aisément réparée.
- ✓ En haut et en arrière : l'insertion du deltoïde postérieur au niveau de la partie interne de l'épine et de son tubercule peut être sectionnée verticalement et facilement réparée.
- ✓ Par ailleurs, l'insertion du deltoïde sur l'arc-boutant proximal se fait par des fibres charnues dont la section transversale est de réparation plus difficile.

La voûte acromio-coraco-claviculaire est beaucoup plus facilement franchissable et sans conséquences fonctionnelles à condition de bien choisir la zone de passage et la direction parallèle aux forces de traction.

La coiffe des rotateurs doit être elle aussi traversée et réparée en fonction de l'objectif opératoire et des exigences fonctionnelles.

En ce qui concerne la partie antéro-supérieure, le ligament coraco-huméral qui recouvre le long biceps est un point de traversé naturel, sa section n'ayant pas apparemment de conséquences fonctionnelles, on peut ainsi explorer le long biceps et la partie antérieure du sus-épineux. Compte tenu de la vascularisation précaire de ce dernier, il ne faut utiliser que des incisions longitudinales.

Par contre, concernant le sous-scapulaire, la section perpendiculaire au niveau de la jonction tendino-musculaire, humérus en rotation externe, est parfaitement réparable.

Le versant postéro-supérieur pose plus de problème dans la mesure où la fonction rotatoire externe du sous-épineux doit être impérativement respectée, et l'incision doit être parallèle aux fibres tendino-musculaires.

2. Physiologie et biomécanique de l'épaule :

A. Les mouvements de l'épaule :

L'épaule est l'articulation la plus mobile du corps humain. Cette mobilité est possible grâce à l'association de :

- La circumduction scapulo-humérale, avec son mouvement harmonieux de roulement glissement de la tête humérale face au pivot glénoïdien ;
- Et la circumduction scapulo-thoracique avec son mouvement de sonnette.

L'ensemble confère au membre supérieur sa mobilité dans les trois plans de l'espace à savoir frontal, sagittal et horizontal, ainsi que dans les trois axes majeurs transverse, antéro-postérieur et vertical. [\[51\]](#)

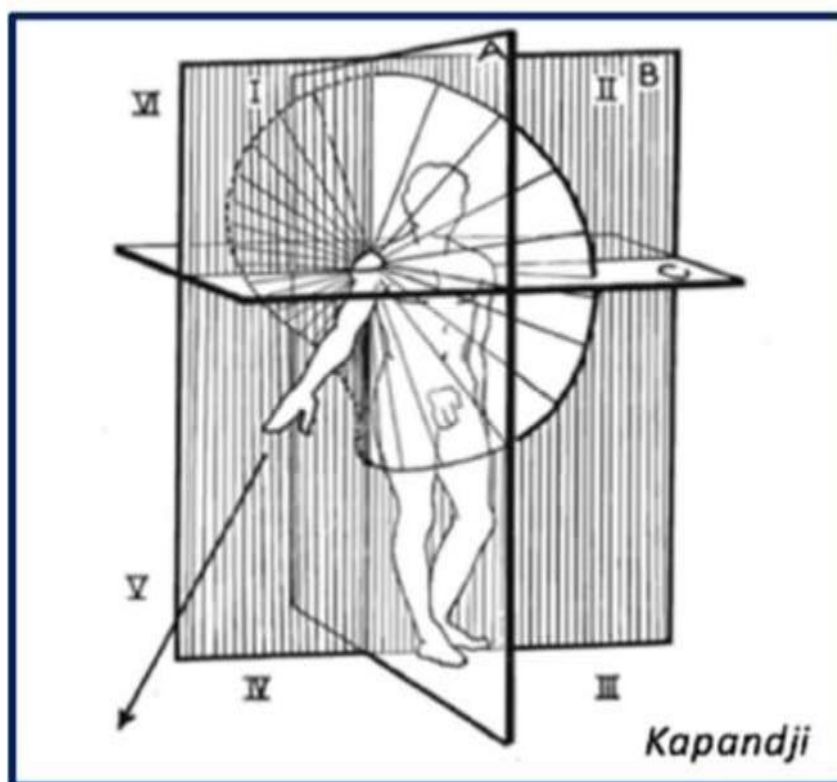


Figure 66. Les plans de référence de l'articulation : A. Plan sagittal (flexionextension) / B. Plan frontal (adduction-abduction) / C. Plan horizontal (flexion horizontal-extension horizontal). [51]

a. Dans le plan horizontal :

Le coude fléchit à 90°, il se produit une rotation autour d'un axe vertical pour annuler les effets de la prono-supination.

La rotation externe ou supination : Elle est appréciée en maintenant le coude au corps et en portant l'avant-bras vers l'extérieur. L'amplitude du mouvement est de 60° à 80°.

La rotation interne ou pronation : Elle permet de porter l'avant-bras vers l'intérieur. Son amplitude est de 100 à 110°.

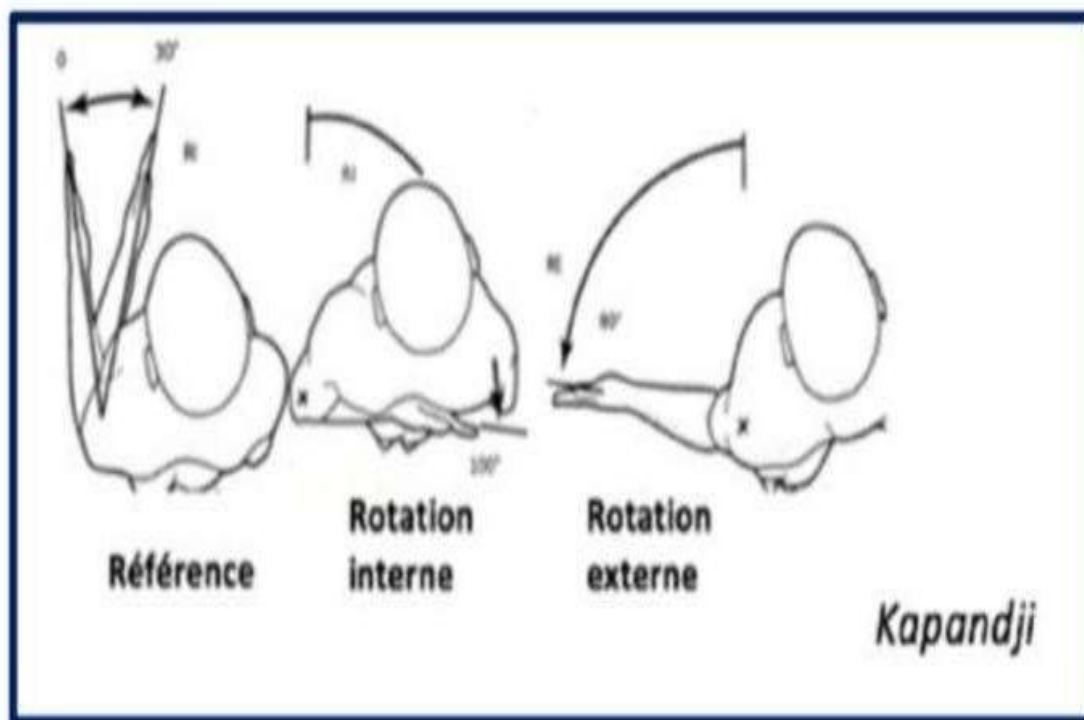


Figure 67. La rotation externe et de la rotation interne de l'épaule. [51]

Bras en abduction à 90° en position de référence, les mouvements dans le plan horizontal seront :

- Mouvement d'antépulsion et d'adduction antérieure : Le bras décrivant un arc de cercle de 140° vers l'avant et vers la ligne médiane.
- Mouvement de rétropulsion et d'adduction postérieure : Le bras décrivant un mouvement contraire de 30° d'amplitude.

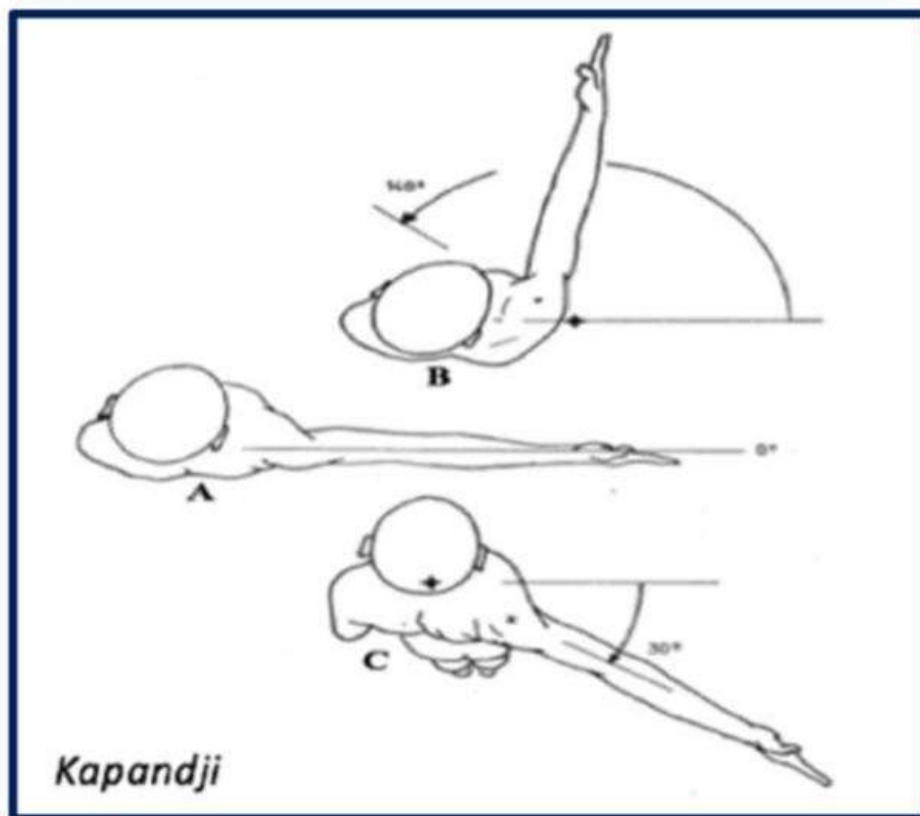


Figure 68. A. position de référence / B. antéflexion + adduction antérieure / C. rétroflexion + adduction postérieure. [51]

b. Dans le plan sagittal autour de l'axe transversal

– La flexion ou antéflexion : Elle consiste en la projection du bras vers l'avant jusqu'à 90°. Au-delà elle ramène en arrière. Son amplitude totale atteint 180°.

Ce mouvement est réalisé grâce aux muscles : deltoïde, sus épineux, grand pectoral, coraco-brachial et le biceps brachial [52].

– L'extension ou rétroflexion : Elle consiste à projeter le bras vers l'arrière, l'amplitude du mouvement est de 45 à 50°.

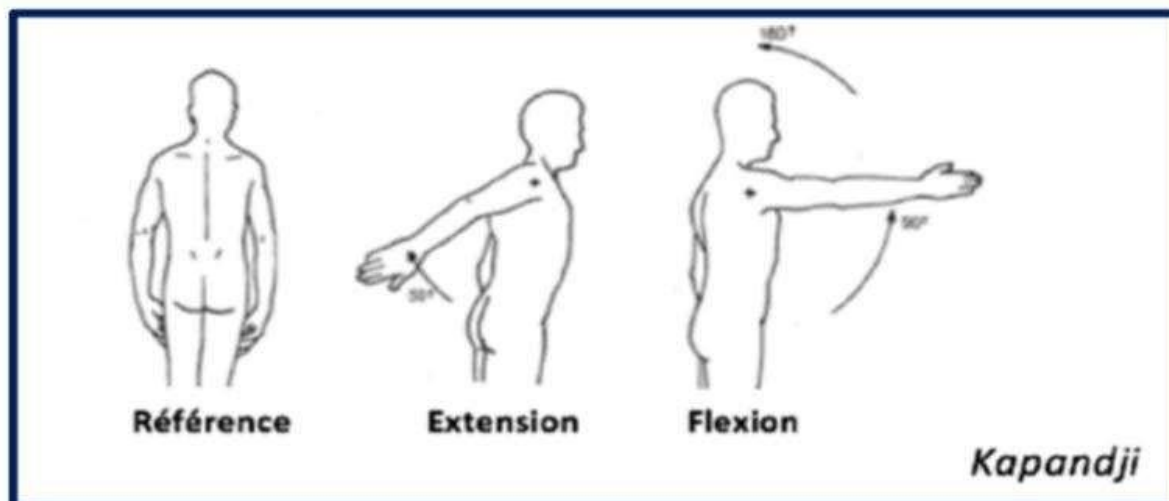


Figure 69. La flexion et l'extension de l'épaule. [51]

c. Dans le plan frontal autour de l'axe horizontal antéropostérieur :

–L'abduction : Elle est réalisée en écartant le bras de l'axe du corps jusqu'à 90°. Au-delà de 90°, le mouvement rapproche le bras de l'axe du corps. L'amplitude du mouvement est de 180° : le bras est en position de zénith.

–L'adduction : Elle correspond au rapprochement du bras de l'axe du corps. Son amplitude est nulle dans le plan frontal car le bras bute contre le tronc. À partir de la position de référence, l'adduction n'est possible qu'associée à une extension (adduction faible) où à une flexion (adduction 30 à 45°).

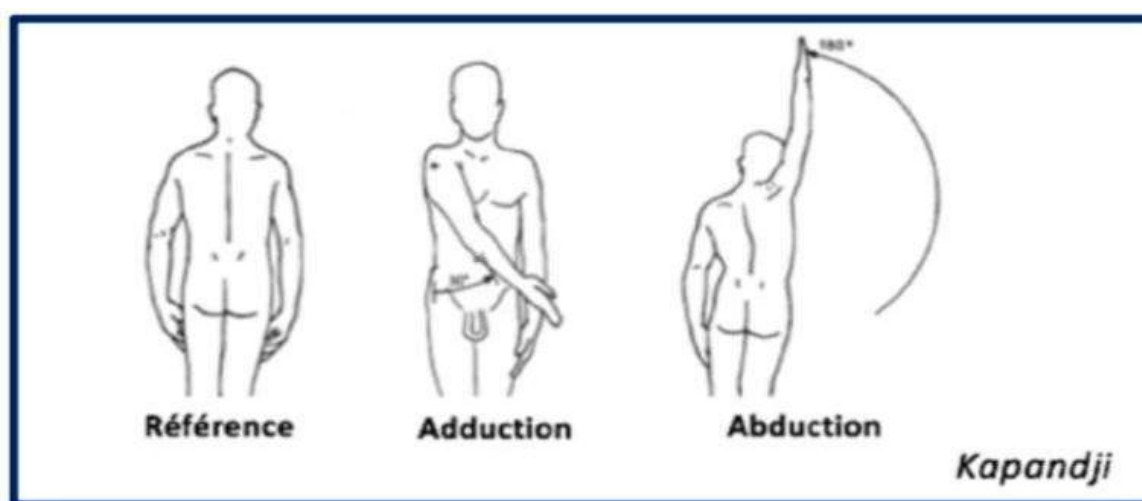


Figure 70. L'adduction et abduction de l'épaule. [51]

B. La biomécanique de l'épaule prothésée :

Le concept de la prothèse inversée de PAUL GRAMMONT constitue une étape majeure dans le domaine de la chirurgie de l'épaule, car il est totalement différent de ce qui avait été proposé jusqu'alors [53]. Contrairement aux premières prothèses inversées, la prothèse de GRAMMONT a introduit deux innovations majeures :

- Au niveau glénoïdien, un large hémisphère métallique sans col, posé directement sur la surface glénoïdienne ;
- Au niveau huméral, une cupule en polyéthylène convexe non enveloppante représentant moins d'un tiers de sphère et orientée avec une inclinaison non anatomique de 155°.

Ce dessin permet d'obtenir un centre de rotation fixe, abaissé et médialisé, relativement stable, qui améliore la puissance du muscle deltoïde tout en minimisant les forces de descellement au niveau glénoïdien. De plus, l'abaissement de l'humérus par rapport à l'acromion restaure et augmente la tension des fibres du deltoïde, qui permet à ce muscle de compenser l'absence des muscles de la coiffe de rotateurs quand elle est associée à la médialisation.

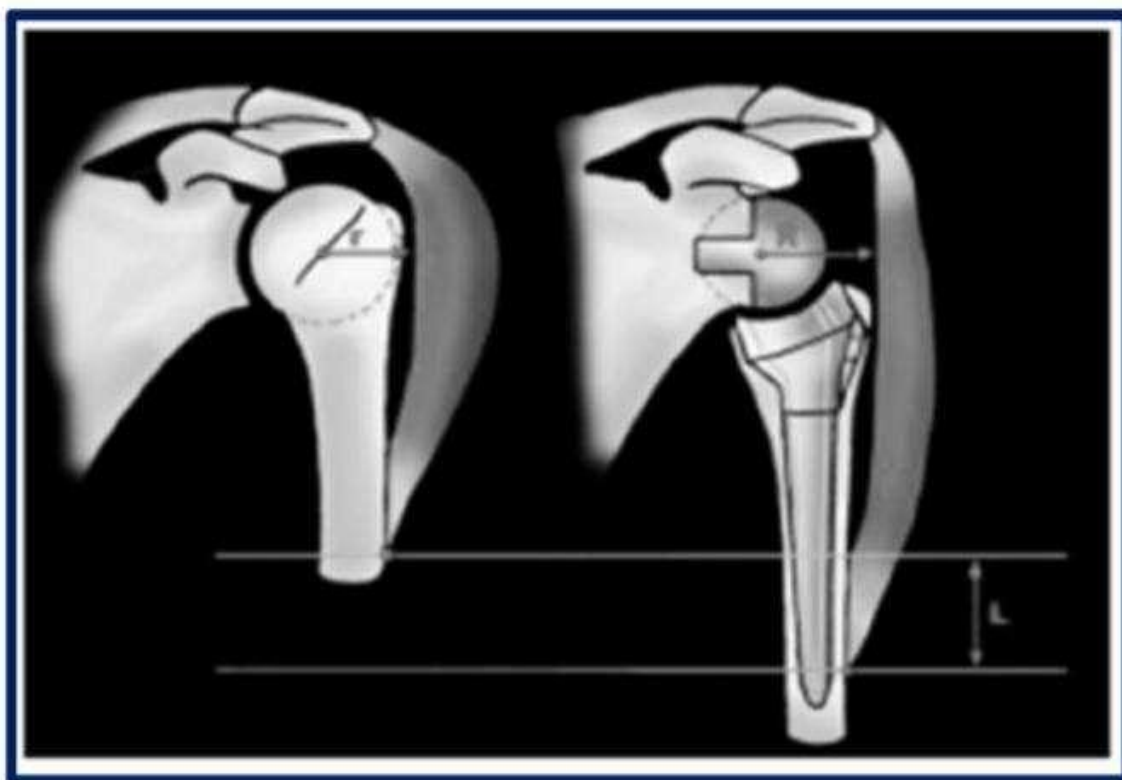


Figure 71. Abaissement et médialisation de l'humérus dans la prothèse d'épaule inversée permettant une élévation du bras par le deltoïde en cas de déficience ou d'absence de la coiffe des rotateurs. [53]

Le dessin de la prothèse de GRAMMONT lui confère des avantages indéniables en termes de mobilité, de stabilité, de mouvement du deltoïde tout en minimisant les contraintes sur la fixation de l'implant glénoïdien qui ont abouti aux échecs des premières prothèses d'épaule inversées. [54]

a. La mobilité articulaire

Hautement favorisée par le large diamètre de la glénosphère (36 ou 42 mm) qui permet à la cupule humérale de graviter davantage autour de la demi-sphère glénoïdienne comparée à une petite tête prothétique.

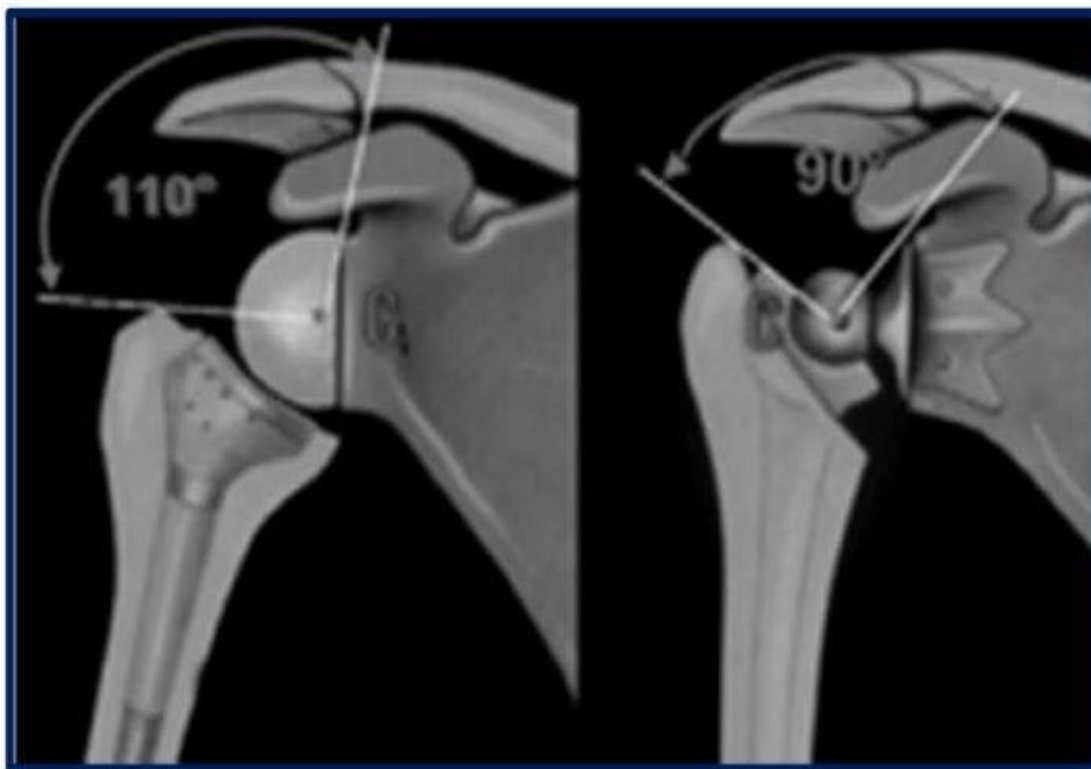


Figure 72. Mobilité glénoïdienne favorisée par le large diamètre de la glénosphère.
[32]

b. La stabilité articulaire

Elle est assurée par l'inversion du mécanisme de l'épaule : le placement de la sphère du côté glénoïdien (au-delà de 45°) transforme rapidement les forces de cisaillement en forces compressives. [54]

Cette stabilité est également la conséquence du large diamètre de la tête prothétique.

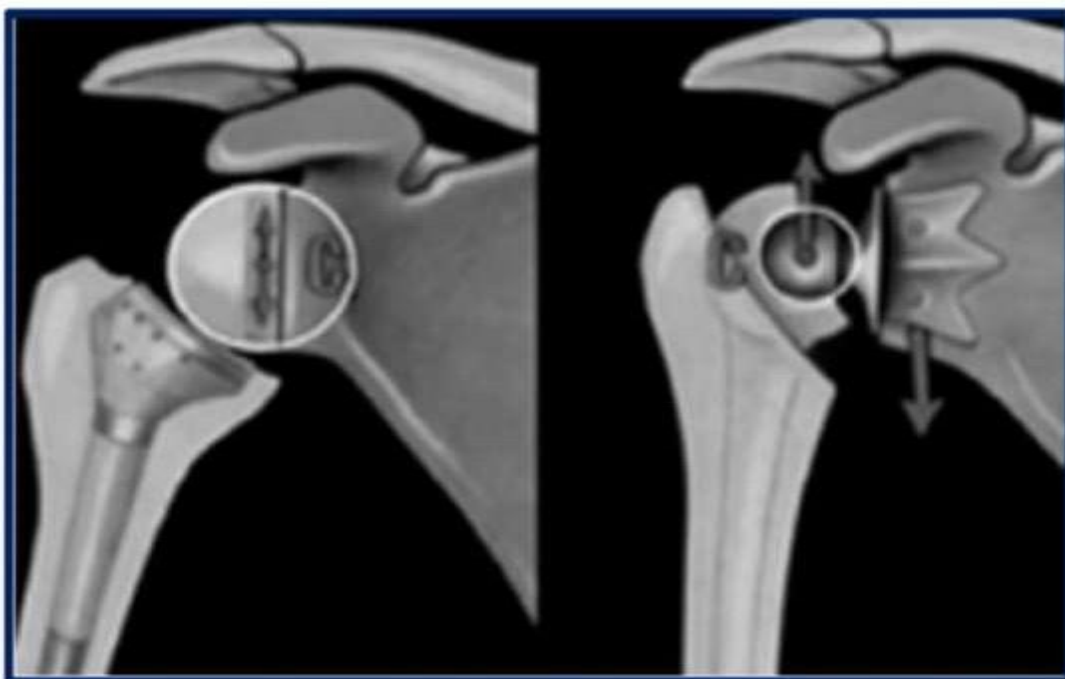


Figure 73. La stabilité prothétique est aussi favorisée par le large diamètre de la glénosphère : une large tête est plus stable qu'une petite tête. [32]

c. La force du deltoïde

Son augmentation se fait de deux manières :

Dans le plan vertical, le moment d'action du deltoïde moyen est amélioré par l'augmentation combinée du bras de levier et de la composante abductrice du muscle (moment = bras de levier x force). L'abaissement huméral augmente la force du deltoïde moyen tandis que sa médialisation augmente son bras de levier. [55]

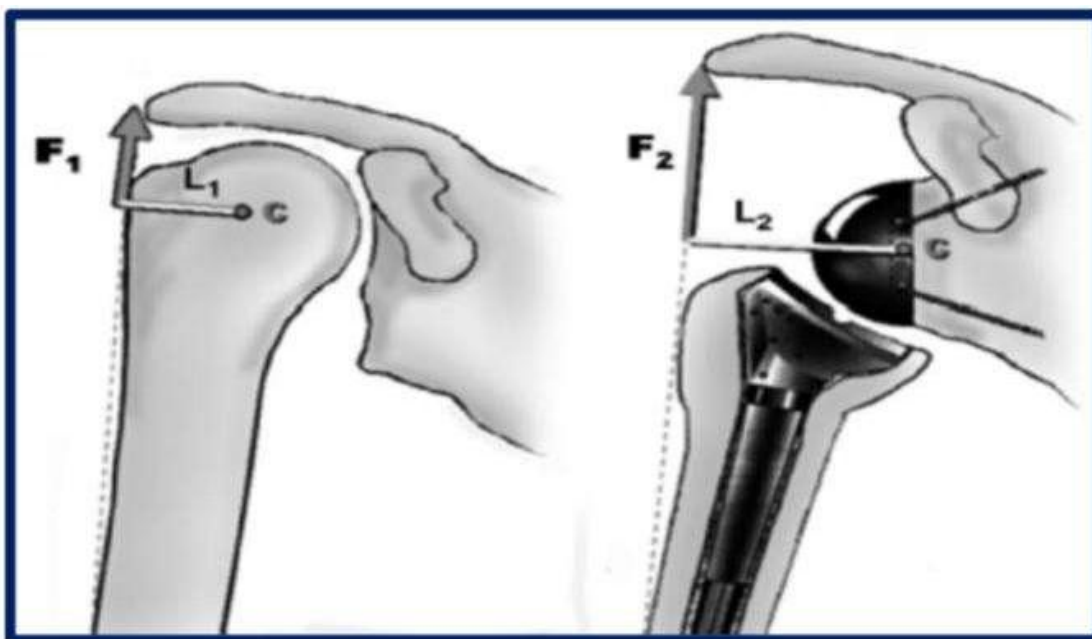


Figure 74. Amélioration du moment d'action du deltoïde par augmentation combinée du bras de levier de la composante abductrice du deltoïde. [56]

GRAMMONT [56] avait calculé l'augmentation du bras de levier via un simulateur: le moment d'abduction du deltoïde moyen augmente de 20 à 60° grâce à une médialisation de 10 mm du centre de la sphère, tandis qu'un abaissement de 10 mm du centre de la sphère sur la glène augmente le moment d'abduction du deltoïde moyen de 30 à 60°, le tout avec un allongement des fibres du deltoïde de l'ordre de 160%. [57]

. Dans le plan horizontal, la participation combinée du deltoïde antérieur et postérieur à l'abduction/élévation est augmentée [51]. La médialisation du centre de rotation quant à elle sollicite davantage de fibres du deltoïde pour l'élévation. [57]

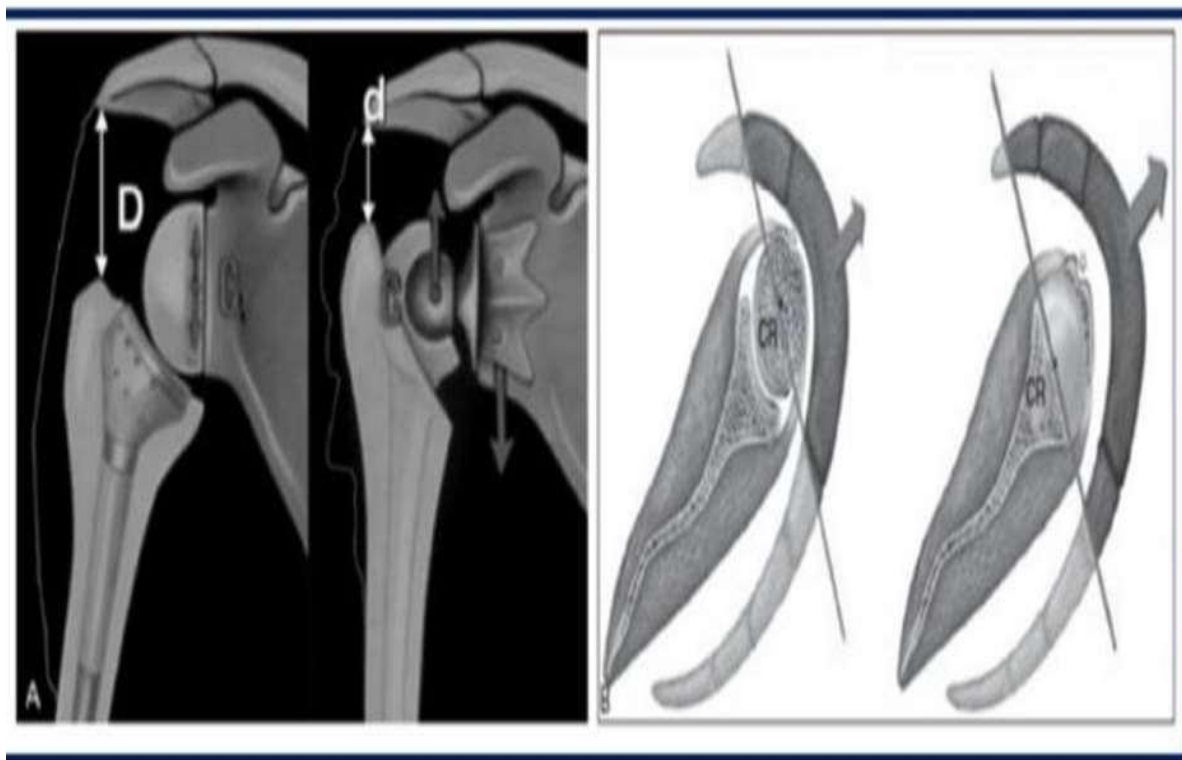


Figure 75. Augmentation de la puissance et de la tension des fibres du deltoïde par abaissement de l'humérus dans le plan vertical (A), alors que dans le plan horizontal, la médialisation de l'humérus augmente la sollicitation des fibres musculaires du deltoïde antérieur et postérieur lors de l'abduction. [53, 56]

d. Les contraintes sur l'implant glénoïdien :

Elles sont nettement diminuées car le centre de rotation se situe au niveau de l'interface entre la glène et la glénosphère.

Au début de l'élévation active, les contraintes en cisaillement sur l'implant glénoïdien sont inévitables mais deviennent rapidement compressives à mesure que le mouvement progresse.

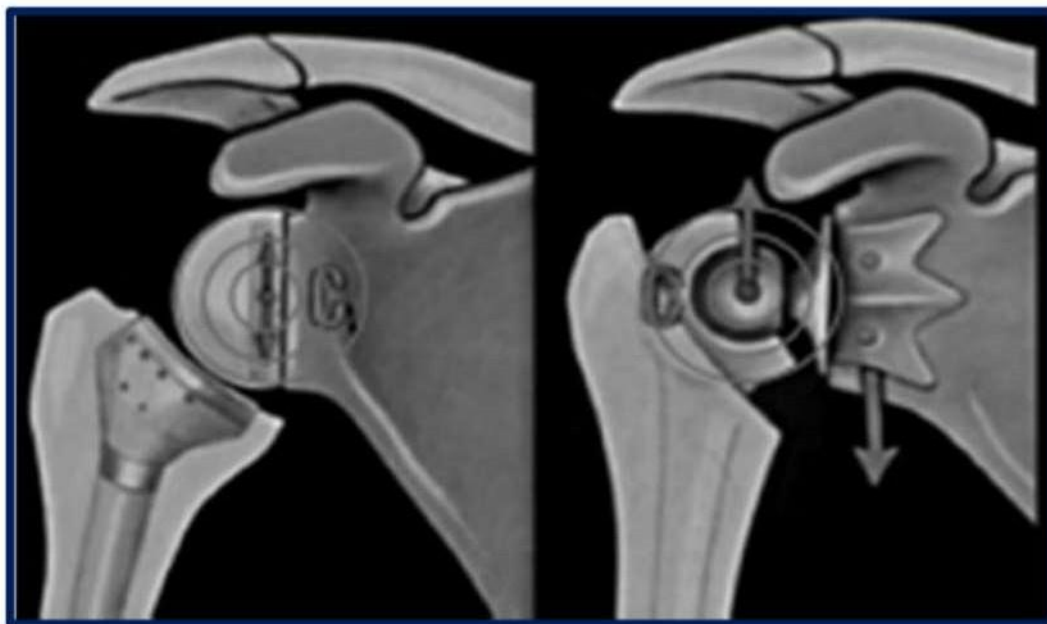


Figure 76. Le siège du centre de rotation au niveau de l'interface entre la glène et la glénosphère diminue les contraintes sur l'implant glénoïdien. [53]

3. HISTORIQUE DE LA PROTHÈSE INVERSÉE DE L'ÉPAULE : [58]

L'avènement de la prothèse inversée de l'épaule a apporté un progrès considérable, aussi bien dans l'élargissement de son indication que dans la rééducation précoce avec un temps de récupération plus court. [58]

Le français JULES-EMILE PEAN a été le premier à poser une prothèse d'épaule en 1893 {Fig.77}. Il s'agissait d'une prothèse contrainte dans un cas de tuberculose ostéo-articulaire de l'épaule [59]. Les résultats fonctionnels ne furent pas si mauvais jusqu'à son ablation à 2 ans pour reprise du sepsis.

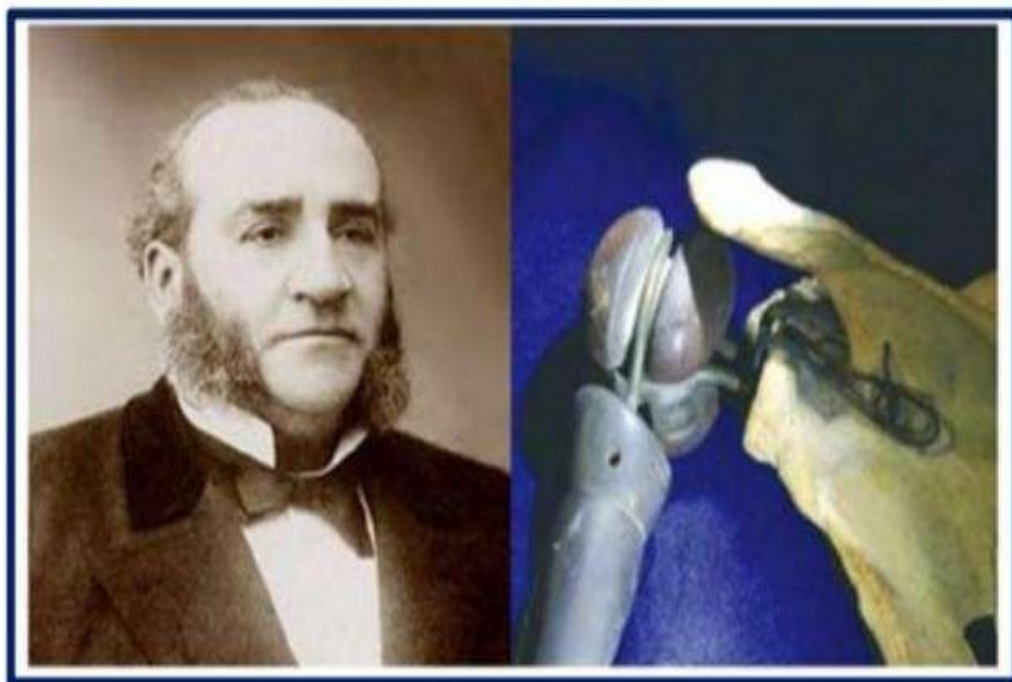


Figure 77. Le Dr JULES-EMILE PEAN et sa prothèse d'épaule implantée en 1893. [59]

Un demi-siècle plus tard, CHARLES NEER en véritable pionnier décrivait sa technique de prothèse humérale simple non contrainte et l'arthroplastie de l'épaule se répandit.

Entre 1950 et 1970, les indications de prothèses s'élargissant, en raison des échecs des prothèses anatomiques dans les arthropathies à coiffe rompue, c'est encore à NEER que revient l'idée de proposer un nouveau concept.

C'est alors que l'histoire de la prothèse inversée commence en 1970 avec la prothèse de NEER-AVERILL. NEER a mis au point le premier modèle MARK1 {Fig.78 a} qui avait une grosse glénosphère et ne permettait pas de rattacher la coiffe ou ce qu'il en restait.

Il développe ensuite le modèle MARK3 {Fig.46 b} possédant une plus petite glénosphère que la MARK1 afin de limiter les contraintes sur l'implant glénoïdien.

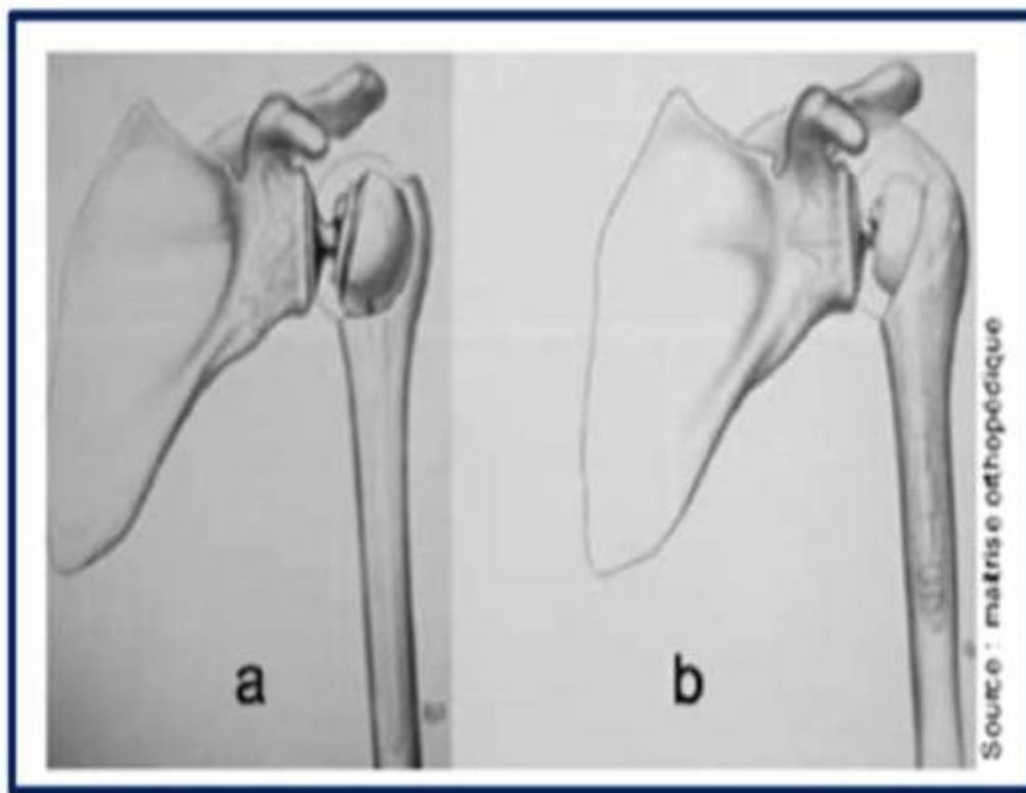


Figure 78. Prothèses inversées de NEER–AVERILL d’après KATZ : (a) modèle MARK1 / (b) modèle MARK3. [58]

En 1972, la prothèse de REEVES est restée expérimentale, avec un centre de rotation à sa place anatomique. La prothèse de GERARD et LANNELONGUE est alors indiquée dans des cas difficiles : tumeurs, reprises, et en post traumatiques, mais plusieurs complications avaient été mise en évidence. [58]

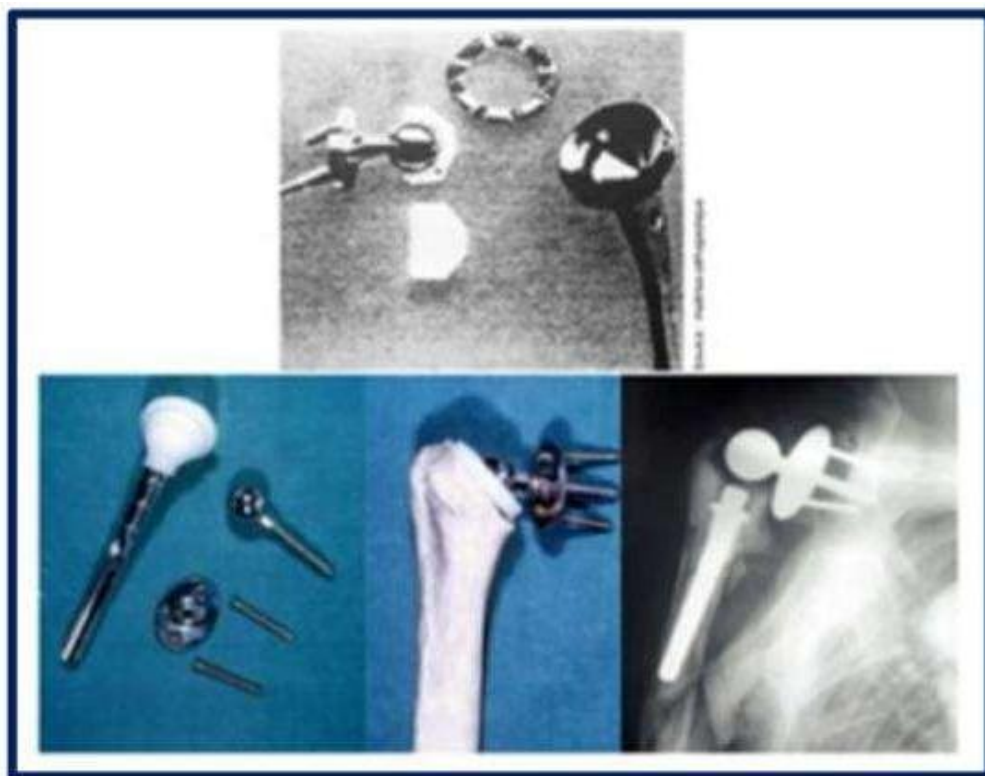


Figure 79. Prothèse de REEVES (image du haut) et prothèse de GERARD &

En 1973, La prothèse de KÖLBEL a surtout trouvé son indication dans les pertes des substances osseuses et les séquelles d'exérèse carcinologique [60]. La prothèse glénoïdienne est alors fixée par une vis centrale associée à deux patte s allant chercher appui vers le pied de la coracoïde ou le pilier de l'omoplate.

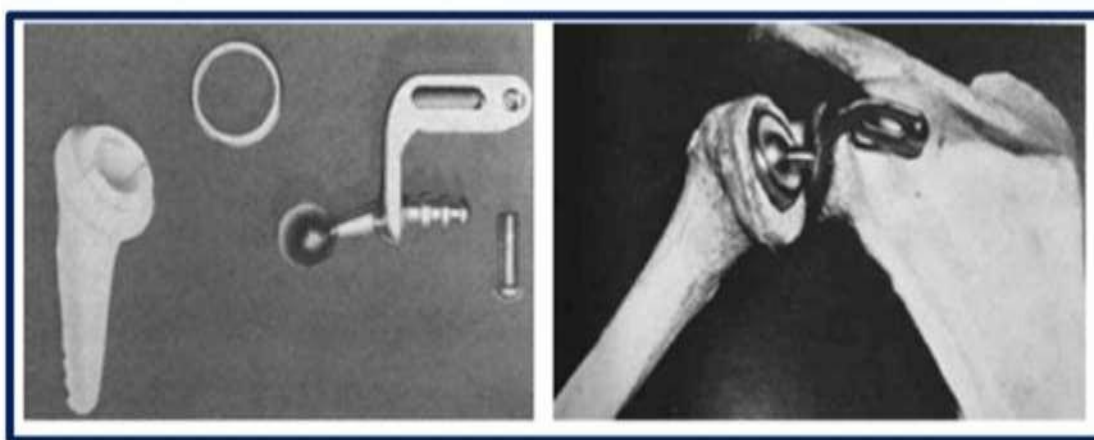


Figure 80. Prothèse de KÖLBEL. [58]

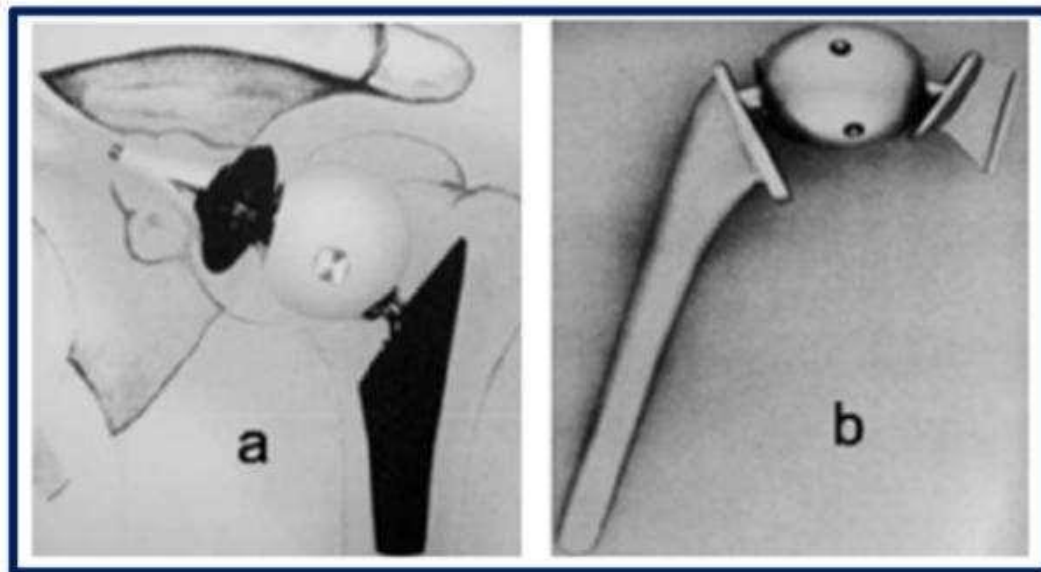
La prothèse de KESSEL {fig.48} quant à elle est une prothèse très latéralisée avec une grosse vis centrale qui autorise 180° de flexion mais seulement 90° d'abduction, privilégiant les rotations considérées comme essentielles dans la vie courante. [61]



Figure 81 . Prothèse de KESSEL. [58]

En 1975, les prothèses de LIVERPOOL sont des prothèses de hanche dans lesquelles la queue est scellée dans un pilier de l'omoplate.

Les prothèses de FENLIN quant à elles ont la particularité d'avoir une glénosphère assez volumineuse afin de permettre au deltoïde de pallier à l'absence de la coiffe de rotateur.



f

Figure 82. Prothèse de LIVERPOOL (a-b) et prothèse de FENLIN (c). [58]

En 1978, apparaît la prothèse de BUECHEL-PAPPAS-DePALMA, semblable au modèle MARK3 de NEER, et la prothèse trisphérique de GRISTINA.

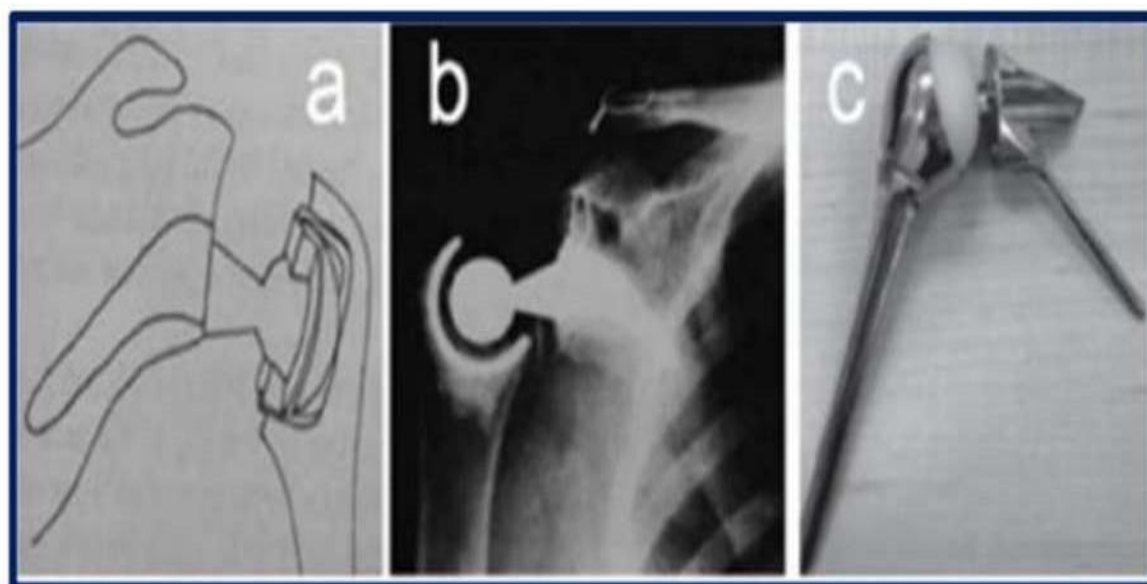


Figure 83. (a) Prothèse de BUECHEL-PAPPAS-DePALMA ;(b) Prothèse trisphérique de GRISTINA. [58]

En fait, toutes ces prothèses n'ont donné que peu d'amélioration fonctionnelle ou ont été abandonnées pour échec.

Ce n'est qu'en 1985, que PAUL GRAMMONT conçoit une prothèse semicontraainte et décrit le principe d'abaissement et de médialisation du centre de rotation de l'épaule afin d'augmenter le bras de levier deltoïdien tout en diminuant les contraintes sur le composant glénoïdien.

Le premier modèle est un implant cimenté avec une glénosphère de deux tiers de sphère et une tige humérale en polyéthylène avec une cupule représentant un tiers de sphère. {Fig.84a} Les premiers résultats publiés en 1987 concernant 8 patients avec diverses pathologies [62] ont été décevants conduisant à la modification du design de la prothèse. Les descellements de l'implant glénoïdien cimenté l'ont notamment poussé à choisir un système de fixation sans ciment.

À partir de 1991 est disponible le deuxième modèle de la prothèse de GRAMMONT appelé « DELTA III », delta étant pour deltoïde qui est le seul design de la prothèse. Les descellements de l'implant glénoïdien cimenté l'ont notamment poussé à choisir un système de fixation sans ciment. À partir de 1991 est disponible le deuxième modèle de la prothèse de

GRAMMONT appelé « DELTA III », delta étant pour deltoïde qui est le seul moteur assurant la mobilité et la stabilité du système. Le modèle DELTA III a permis un gain d'élévation active de l'ordre de 120 à 130° surtout dans des indications typiques des arthropathies gléno-humérales sur rupture massive de coiffe des rotateurs irréparables. [63]

Après GRAMMONT, la société TORNIER a conçu une prothèse inversée respectant les concepts biomécaniques décrits par ce dernier.

En 1998, FRANKLE a mis au point un implant inversé moins médialisé que la DELTA III et dont le centre de rotation se rapproche de la normale, afin d'obtenir de meilleures rotations.

Enfin et afin d'améliorer les rotations défectueuses dans le dessin de GRAMMONT et supprimer le risque d'encoche interne, une prothèse dite universelle de ARROW {Fig.85} de l'industrie St.ETIENNE-FRANCE est commercialisée depuis 2002, avec une moindre médialisation et un moindre abaissement retentissant sur le moment deltoïdien mais améliorant les rotations jugées essentielles dans les gestes de la vie courante.



Figure 84. Le Dr PAUL GRAMMONT, son premier modèle (a) de prothèse totale inversée d'épaule et son modèle DELTA III (b). [58]

4. Présentation des types de ptie :

Comme son nom l'indique, la prothèse inversée d'épaule n'est pas une prothèse anatomique. En effet, cette dernière ressemble à l'anatomie normale de l'humérus proximal à savoir, une tête humérale prothétique surmontant une tige humérale cimentée ou non. La prothèse inversée présente une tête hémisphérique fixée à la glène et non plus à l'humérus. Il s'agit donc bien de prothèse semi-contrainte. Les éléments fixés à la glène native sont non cimentés et recouverts généralement d'hydroxyapatite, alors que ceux fixés à l'humérus (tige et épiphyse) sont cimentés ou non. Les prothèses inversées de l'épaule utilisées de nos jours sont essentiellement celles du modèle DELTA III, ARROW et AEQUALIS Reversed.

Dans notre série, la prothèse inversée d'épaule ARROW a été utilisée chez tous nos patients.

A. La prothèse de DELTA III de GRAMMONT : [64]

C'est le modèle précurseur de l'arthroplastie inversée, et reste toujours assez utilisé de nos jours. C'est une prothèse qui est constituée par :

- ✓ Un implant glénoïdien, formé par le couple métaglène-glénosphère. La métaglène est une platine glénoïdienne représentant un disque de 36 mm de diamètre standard, percée de quatre orifices aux quatre points équatoriaux (supérieur, inférieur, antérieur et postérieur) pour permettre une fixation complémentaire par vis dont le diamètre est de 4,5 mm. La glénosphère quant à elle représente une moitié de sphère de 36 ou 42 mm de diamètre, fabriquée en chrome-cobalt.
- ✓ Une partie humérale, modulaire, est composée de trois pièces principales : la tige diaphysaire, l'épiphyse et la cupule. Il existe deux

types de tige et d'épiphyse humérale : sans ciment et avec ciment. La longueur standard de la tige est de 100 mm. L'épiphyse est disponible avec des diamètres de 36,1, 36,2 et 42,2 mm.

La cupule humérale est un insert en polyéthylène fixé sur l'épiphyse et entrant en contact avec la glénosphère. Il est disponible dans deux diamètres de 36 et 42 mm, et est fixé sur l'épiphyse par un phénomène d'encliquetage.

Les spécificités de la prothèse DELTA III reposent sur la possibilité de transformer cet implant semi-contraint inversé en une prothèse anatomique. Il existe des têtes humérales qui se fixent sur l'épiphyse, disponibles dans les deux diamètres de 36 et 42 mm. Cela permet en cas de complications de pouvoir retirer les deux pièces glénoïdiennes et de laisser l'épaule avec une prothèse anatomique non contrainte.



Figure 85. Composants de la prothèse DELTA III. De gauche à droite : la tige et la métaphyse humérale, l'insert en polyéthylène, la glénosphère et la métagène. [58]

La prothèse inversée de GRAMMONT a été validée depuis 1991 dans les omarthroses. Les courbes de survie montrent 91% de survie à dix ans, toutes étiologies confondues (post-traumatiques et reprises incluses) et 94% à dix ans pour les seules omarthroses excentrées [66]. Au vu des résultats très encourageants, les indications se sont étendues aux arthroses centrées avec usure importante de glène, aux fractures complexes et/ou des sujets âgés surtout de plus de 75 ans où il est difficile d'obtenir la consolidation des tubérosités, aux arthroses post-traumatiques avec cals vicieux sévères, pseudarthroses ou lyses des tubérosités, aux ruptures massives irréparables de la coiffe et pseudoparalytiques, aux échecs de réparation de la coiffe et aux tumeurs dont l'exérèse nécessite le sacrifice des insertions de la coiffe des rotateurs. D'autres prothèses inversées ont vu le jour par la suite dont la prothèse plus latéralisée d'ARROW utilisée dans notre série.

B. La prothèse ARROW :

Le système ARROW, développé par le laboratoire Implants Industrie ARROW, a été le premier système universel dans l'arthroplastie de l'épaule.

Grâce à l'ancillaire universel, le chirurgien a la possibilité de revoir son choix de prothèse en peropératoire et peut également changer la tige en fonction de l'évolution et de l'état du patient. [64]

Le chirurgien pourra donc :

- Réaliser, avec la même tige à sceller ou non, une prothèse humérale simple, une prothèse anatomique avec glène à ciment ou métal-back sans ciments, et enfin une prothèse inversée.
- Transformer une prothèse humérale simple en prothèse inversée sans enlever la tige.

–Transformer une prothèse anatomique avec glène métal-back en prothèse inversée, sans changer la tige et l'implant glénoïdien métal-back.

La prothèse inversée ARROW comprend quatre parties :

– Une embase de glène métal-back faite de titane recouvert d'hydroxyapatite, disponible en trois tailles (44, 46 et 48 mm).

– Une glénosphère en inox, fixée sur l'embase, impactée puis vissée par une vis centrale complémentaire, disponible en trois tailles (36, 39 et 42 mm).

– Un insert huméral qui est congruent pour augmenter la stabilité, et dont le rebord est évidé au bord inférieur pour diminuer le risque de conflit interne avec le pilier de l'omoplate. Il est disponible en trois diamètres (36, 39 et 42 mm) et en trois hauteurs (0, +0,5 et + 10 mm), est fait de polyéthylène haute performance monté sur métal-back, et impacté par cône morse. [\[65\]](#)

– Une tige humérale en titane avec quatre tailles disponibles :
8mm/120mm,

10mm/125mm, 12mm/130mm et 14mm/135mm.

L'ancillaire permet une coupe au col avec un angle de 135°, commun pour la version anatomique ou inversée.

Dans les suites post-opératoires, la rééducation est débutée immédiatement : élévation passive dans le plan de l'omoplate avec contraction isométrique du deltoïde en élévation du bras, puis élévation active assistée dès la quatrième semaine. [\[64\]](#)



Figure 86. Prothèse ARROW inversée dite universelle car le même implant huméral et la même métaglène peuvent servir de support pour une prothèse anatomique ou inversée. [58]

C. La prothèse AEQUALIS inversée :

C'est une prothèse qui a été développée en 2002 par le laboratoire TORNIER, conçue spécialement pour le traitement des fractures humérales à trois ou quatre fragments, et qui reprenait le concept de GRAMMONT en apportant quelques évolutions. Elle possède ainsi une tige avec une métaphyse plus plate pour faciliter le positionnement anatomique des grosses tubérosités, et qui est recommandée dans les cas de révision chez des patients présentant une qualité osseuse médiocre.

Cette prothèse a en plus l'avantage d'être transformée en héli-prothèse lorsque la réserve osseuse glénoïdienne est insuffisante pour supporter la pose des éléments glénoïdiens durant l'intervention primaire, ou lors de survenue d'une fracture glénoïdienne au cours de l'intervention. [65]

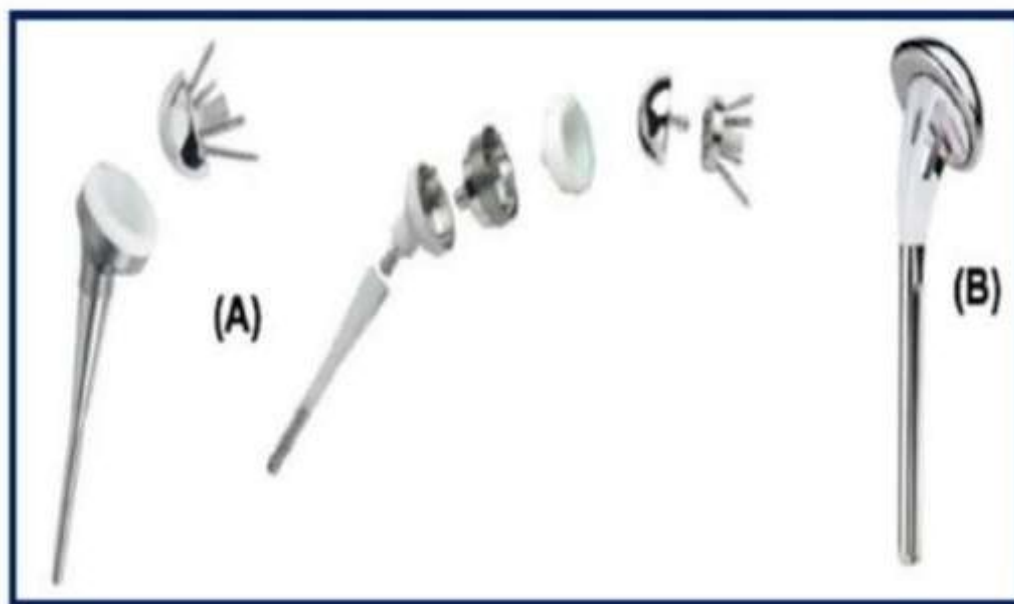


Figure 87. (A) = La prothèse AEQUALIS inversée comporte six parties : la métagène, la glénosphère, l'insert en polyéthylène, une entretoise de latéralisation, une tige dite AEQUALIS inversée et une tige longue. / (B) = La prothèse AEQUALIS inversée transformée

D. La prothèse inversée LIMA SMR : [65]

La prothèse LIMA SMR des laboratoires Medical Systems utilise le concept d'une tige humérale en titane et d'une platine commune pour les prothèses anatomiques et inversées.

Afin de limiter l'évolution d'une encoche du pilier scapulaire, les ingénieurs ont effacé le rebord inférieur de l'insert inversé huméral en polyéthylène afin de limiter les conflits avec le bord inférieur de l'omoplate.

L'intérêt de cette prothèse repose sur la grande modularité de ces tiges humérales, permettant de s'adapter à toutes les formes de destruction de l'extrémité supérieure de l'humérus.

E. Anatomical shoulder inverse/reverse system (ZIMMER):

Faisant partie des PTIE de dernières générations, la prothèse anatomical shoulder inverse/reverse system (ZIMMER) est dotée d'un concept innovant dont la conception prend en compte le risque d'encoches. [65]

Elle offre aux chirurgiens une solution complète pour l'épaule avec la possibilité de réviser les héli-arthroplasties et arthroplasties totales de l'épaule avec les tiges cimentées ou press-fit actuellement implantées dans une épaule inversée. [64]

F. La prothèse Biomet TESS inversée :

Elle représente l'implant inversé de cinquième génération avec la particularité d'être implantée avec ou sans tige à condition d'avoir un stock osseux suffisant au niveau de la diaphysaire. [65]



Figure 88. Prothèse Biomet TESS inversée avec tige (à gauche) et sans tige (à droite).
[56]

Dans la série de GALLINET [69] de 40 cas présentant des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus, 19 patients ont bénéficié d'une prothèse inversée DELTA III à tige cimentée, Boileau et al [22] utilisent l'implant Aequalis TM qui présente une tige permettant l'intégration de l'os spongieux sur la partie métaphysaire de la prothèse chez les 38 fractures déplacées ou luxées en 3 et 4 fragments, alors que dans l'étude de Grant et al [100], qui est une étude de 11 PTIE, tous les implants ont été cimentés à l'aide de l'une des 2 prothèses similaire de conception inversée avec un centre de rotation médialisé : Delta III (DePuy) ou Aequalis Reversed for Fracture (Tornier). Dans notre série, nous avons implanté 35 prothèses totales inversées de l'épaule toutes de type ARROW, L'implant que nous utilisons, représente plusieurs avantages, le design de la cupule de polyéthylène est fait de façon à éviter le conflit avec le pilier de l'omoplate, le positionnement de la glénosphère au niveau du métalback permet une latéralisation de 8,5 mm [16].

La greffe à partir de la tête prélevée permet d'accélère la consolidation des tubérosités et d'amélioré les résultats fonctionnels [16]. L'utilisation d'une greffe entre métal back et la glène native fixée par la vis anéro-postérieure nous a permis d'agrandir les dimensions des petites glènes et d'adapter le métal back 44S (taille la plus petite disponible) à notre contexte. Le Système STS (Système trauma shoulder) de FH serait plus adapté à la prise en charge des fractures en effet, ce système dispose d'une platine en polyéthylène qui se fixe sur la tige humérale, sur de cette platine des fils solide montait sur aiguille sont destinés aux tubérosités ; il dispose d'un laco diaphysaire sur lequel vient se fixer les fils qui amarrent les tubérosités de façons anatomiques sans avoir recours aux points trans-osseux.

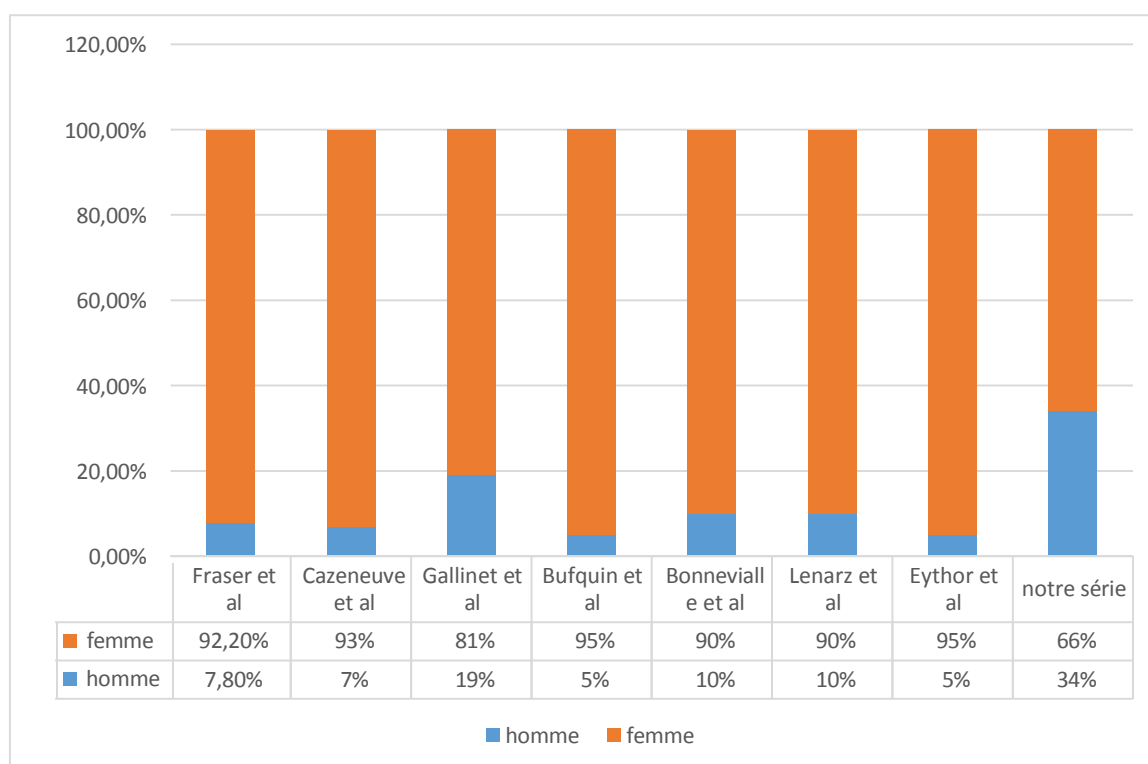
5. Epidémiologie :

A. Fréquence :

La prévalence de la fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus est estimée à 6% du nombre total des fractures de l'adulte [70]. Elles sont l'une des fractures les plus courantes dans les traumatismes musculo-squelettiques [71] et représente jusqu'à 53% de toutes les fractures qui se produisent autour de la ceinture scapulaire [72]. C'est la troisième plus fréquente après 65 ans des fractures ostéoporotiques des membres après les fractures de l'extrémité supérieure du fémur et du poignet. Et vu que l'espérance de vie augmente, l'incidence des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus augmente parallèlement [73]. Comme l'a estimé un groupe d'études finlandaises, le nombre de fractures pourrait tripler d'ici 2030 [74].

B. Sexe :

La majorité des études ont rapporté une prédominance féminine notamment celles de Fraser et al [75], Cazeneuve et al [20], Gallinet et al [69], Bufquin et al [76], Bonneville et al [77], Lenarz et al [78], Eythor et al [79] avec un nombre de femmes respectivement de 59 (92.2%), 38 (93%), 13 (81%), 41 (95%), 36 (90%), 27 (90%), 39 (95%). Même qu'au décours de notre étude, on note une prédominance féminine avec un taux de 66%, et un sexe ratio de 0.52H/1F.



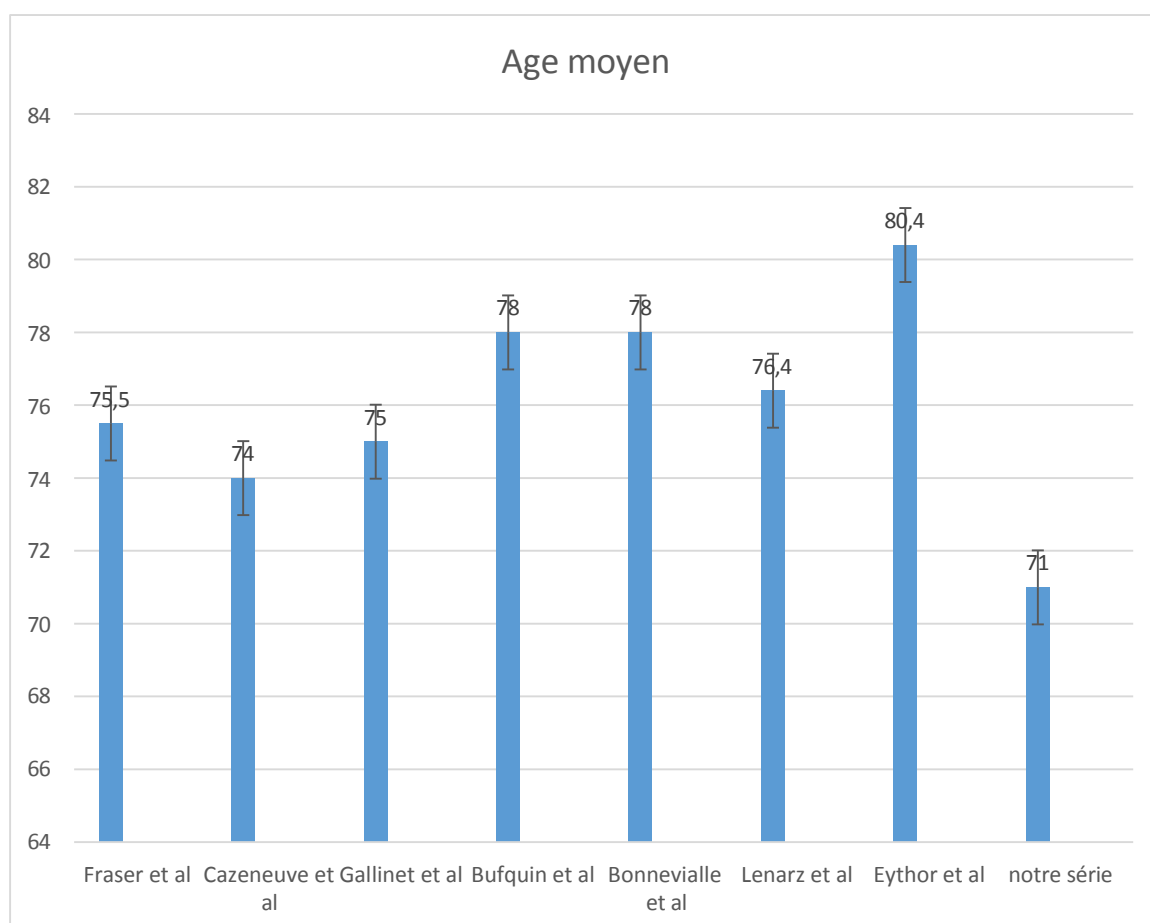
Graphique 9. Répartition en fonction du sexe selon différentes études.

C. Age :

La valeur commune entre les différentes études est la prédominance des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus chez la population âgée. Ceci est expliqué par la survenue d'ostéoporose principalement chez les femmes âgées responsable de fracture même avec des mécanismes banaux, tandis que chez les sujets jeunes cela nécessite des traumatismes plus violents.

Dans la série de Fraser et al [75], Cazeneuve et al [20], Gallinet et al [69], Bufquin et al [76], et Bonnevialle et al [77], Lenarz et al [78], Eythor et al [79] la moyenne d'âge était respectivement 75.5 ans avec un intervalle de 65.3–85.8, 75 ans avec un intervalle de 59–89, 74 ans avec un intervalle de 58–84, 78 ans avec intervalles de 65–97 ans, 78 ans avec intervalle de 60–88ans, 76.7ans avec un intervalle de 65–94 ans, 80.4 (4.5).

L'utilisation de la PTEI pour fracture de l'humérus proximal à 3 ou 4 fragments déplacés est souvent réservée à une population de femmes âgées de plus de 65ans [12-17, 29], ce qui est proche de notre moyenne d'âge de 71 ans et de la prédominance féminine. L'augmentation de l'utilisation de la PTEI chez cette catégorie est corrélée aux résultats médiocres et au taux de reprise chirurgicale élevé lors de l'utilisation des autres moyens (Ostéosynthèse et hémiarthroplastie) [18,19], ces auteurs relient ces résultats à la mauvaise qualité de la trame osseuse chez les patients âgés et concluent que la PTEI ne devrait pas être implanté chez le sujet jeune pour éviter la survenue de complications au long terme.



Graphique 10. Répartition en fonction de l'âge selon les différentes études.

D. Côté atteint et latéralité :

- Eythor et al [79], rapportent dans leur série une atteinte du côté droit dans 21 cas (51 %) et celle du côté gauche dans 20 cas (49 %). La fracture touche le côté dominant dans 51 % des cas.

- Lenarz et al [78], présentent dans leurs études une atteinte du côté droit dans 17 cas (57 %), et du côté gauche dans 13 cas (43%). La fracture concerne le côté dominant dans 15 cas (50%).

- Dans la série de Cazeneuve et al [20], Le côté droit a été touché dans 19 cas, ce qui représente 46%, tandis que le côté gauche a été touché dans 21 cas soit (54%).

- Dans la série de Gallinet et al [69], le côté dominant a été atteint dans 7 cas représentant (44%).

- Dans la série de Fraser et al [75], le côté droit était touché dans 35 cas (54.7%), et le côté gauche dans 29 cas (45.3%). La fracture concerne le membre dominant dans 56% des cas.

- Dans la l'étude de Bufquin et al [76], La fracture touche le membre dominant dans 60%, concernant 26 patients.

- Dans notre étude le côté droit était atteint chez 25 patients soit 71%, par rapport au côté gauche atteint chez 10 patients soit 14%. La fracture touche le côté dominant chez 32 patients soit plus de 90% des cas.

Tableau 4. Répartition des fractures selon la latéralité et le côté dominant en comparaison avec la littérature.

	Côté droit	Côté gauche	Membre dominant
Eythor et al [79]	51%	49%	51%
Lenarz et al [78]	57%	43%	50%
Cazeneuve et al [20]	46%	54%	–
Gallinet et al [69]	–	–	44%
Bufquin et al [76]	–	–	60%
Fraser et al [75]	54.7%	45.3%	56%
Notre étude	71%	29%	90%

Certaines études adoptent comme hypothèse que les patients tendent à protéger leur bras dominant en recevant la chute par la main controlatérale [80].

Mais aucune différence significative n'a été trouvée concernant la dominance dans le résultat fonctionnel et la qualité de vie perçue dans les fractures de l'humérus proximal. C'est pour cela la dominance de l'épaule affectée n'a aucune influence et ne doit pas être utilisée pour prendre des décisions thérapeutiques [81].

6. Clinique :

A. Signes fonctionnels :

La plupart des patients souffrant des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus se présentent dans un établissement des soins d'urgences avec des douleurs secondaires à un traumatisme. La douleur et la perte de fonction avec gonflement de l'extrémité concernée sont les symptômes les plus courants lors de la présentation initiale.

Il est primordial d'obtenir une histoire détaillée du mécanisme de la blessure (par exemple, si la blessure est le résultat d'un impact direct sur l'épaule latérale ou le résultat d'un mécanisme indirect, comme dans une chute sur une main tendue). Il faut déterminer si une crise ou un choc électrique a été impliqué ; ces mécanismes indirects sont associés fréquemment à des luxations postérieures.

L'interrogatoire doit faire préciser l'âge, le côté dominant, les circonstances du traumatisme, d'éventuels antécédents et les besoins fonctionnels professionnels ou sportifs [47].

La douleur et l'impotence fonctionnelle étaient effectivement les motifs de consultation chez la totalité de nos patients.

B. Examen clinique :

Un gonflement et des ecchymoses sont généralement présents au niveau de l'épaule et du bras. Des ecchymoses étendues peuvent devenir visibles 24–48 heures après la blessure. Elle peut s'étendre à la paroi thoracique et au flanc et peut toucher l'ensemble du membre. Il faut palper l'ensemble du membre supérieur et la paroi thoracique pour déceler les blessures associées.

Pour déterminer la stabilité de la fracture, il faut tourner doucement la diaphyse humérale tout en palpant la tête humérale pour évaluer si un mouvement unifié est présent, en plus de noter tout mouvement ou crépitation. En cas de blessures à haute énergie, il faut inspecter attentivement la peau pour détecter toute perturbation qui pourrait permettre la contamination de la fracture (c'est-à-dire les plaies ouvertes).

Il est essentiel de déterminer la présence de toute lésion neurovasculaire associée.

Des hématomes pulsatiles ou en expansion peuvent indiquer une lésion vasculaire, de plus l'examen des pouls périphériques est utile, mais il n'exclut pas une atteinte axillaire, car les pouls distaux peuvent être intacts en raison de la circulation collatérale autour de l'omoplate d'où l'intérêt de l'inspection de la partie proximale de la ceinture scapulaire à la recherche d'une masse en expansion, qui peut être le seul signe de rupture artérielle. Si une lésion vasculaire est suspectée, demandez immédiatement une angiographie et une consultation en chirurgie vasculaire.

Tandis que le nerf axillaire est le nerf le plus fréquemment touché lors d'une fracture de l'humérus proximal. Il faut apprécier soigneusement la sensation sur le muscle deltoïde et la fonction motrice isométrique du deltoïde. De plus, effectuer des tests neurologiques distaux pour détecter les lésions du plexus brachial.

Il faut rechercher toutes blessures associées notamment un pneumothorax, une fracture du radius ou du cubitus, une fracture de la clavicule, une fracture de l'olécrane, une fracture des os propre du nez, une fracture du cadre obturateur, une fracture de la jambe ou un épanchement abdominal [47].

Dans notre étude on a décelé les signes cliniques suivants : l'attitude vicieuse du traumatisé du membre supérieur, l'œdème, la déformation, l'ecchymose simple, l'ecchymose brachio-thoracique de Hennequin, le vide sous acromial qui correspond à une luxation antérieure de la tête humérale, l'ouverture cutanée, sans aucun cas de lésion vasculo-nerveuse.

7. Radiologie :

A. Radiographie standard :

L'évaluation radiographique est l'outil de diagnostic le plus important pour les fractures de l'humérus proximal. Des vues incorrectes ou des radiographies de mauvaise qualité peuvent entraîner des erreurs de pronostic et un choix de traitement inapproprié.

L'examen radiographique chez un patient suspect de présenter une fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus consiste en une incidence antéropostérieure (AP) avec rotation interne, une incidence latérale dans le plan scapulaire, et une incidence axillaire.

Pour obtenir une véritable incidence antéropostérieure, l'omoplate doit être placée obliquement par rapport à la paroi thoracique et le faisceau de rayons X doit être incliné d'environ 40° par rapport au plan du thorax. De même, en incidence, le faisceau de rayons X sera parallèle à l'épine scapulaire lorsque le corps est incliné de 40°. L'incidence axillaire peut être obtenue à l'aide de l'incidence de Velpeau, où le patient est assis et incliné vers l'arrière d'environ 45°, en notant qu'une incidence en Y de l'omoplate peut être réalisé en cas de certaines fractures où le patient n'arrive pas à faire une abduction du bras pour une vue axillaire.

On utilise la projection antéropostérieure pour évaluer les déplacements du col chirurgical (varus ou valgus), de la grosse tubérosité (déplacement supérieur) et de la petite tubérosité (déplacement médial). L'articulation gléno-humérale doit être clairement visible, si un chevauchement est présent, il faut suspecter une luxation.

La vue latérale est utile pour évaluer la flexion ou l'extension du col chirurgical et le déplacement postérieur du fragment de la grosse tubérosité.

La vue axillaire aide à évaluer les fragments de tubérosité, avec un déplacement antéro-interne du fragment de la petite tubérosité ou un déplacement postérieur du fragment de la grande tubérosité. Cette vue est essentielle, car le déplacement supérieur de la grande tubérosité peut être absent et l'infra épineux peut être complètement avulsé avec un fragment déplacé postérieurement. De plus, la luxation de la tête peut être clairement définie sur cette vue. [47,82,98]

Dans l'étude de Sahnoun et al [83], deux incidences de l'épaule : l'incidence de face et le profil axillaire ont été réalisées.

Dans l'étude de Boughebri et al [84], des radiographies de l'épaule de face et de profil scapulaire ont été réalisées.

Dans l'étude de Idrisi et al [85], ils se sont basé sur des clichés de l'épaule standard de face et profil.

Dans notre étude on a effectué des clichés radiologiques standard de face et de profil.

B. Scanner :

La tomodensitométrie (TDM) fournit la meilleure analyse des fractures de l'humérus proximal, car elle permet de déterminer l'existence et le type de fracture des tubérosités et la recherche d'enfoncement céphalique, en plus de l'évaluation du col chirurgical. Elle peut indiquer une implication articulaire dans les fractures de la tête humérale, les fractures-luxations chroniques et les fractures du rebord glénoïde [86].

La plupart des scanners modernes disposent de 64 barres : c'est-à-dire qu'une acquisition hélicoïdale permet en quelques secondes l'acquisition de 64

images pour chaque rotation. La reconstruction après l'acquisition permet d'acquérir des coupes de 1,25 mm d'épaisseur, où plus précisément des coupes de 0,625mm.

L'interprétation des coupes axiales est parfois difficile, parce que les coupes sont prises dans le plan horizontal alors que les fragments sont déplacés sur l'extrémité supérieure de l'humérus, qui n'est pas en position anatomique.

L'informatique actuelle permet de compléter facilement les informations obtenues à partir des coupes axiales par celles obtenues à partir des reconstructions 2D sagittales et coronales, en plus la possibilité d'avoir des reconstructions 3D encore plus représentatives des déplacements relatifs de la fracture

Le diagnostic initial posé sur les radiographies standard est souvent remanié à la hausse, avec la découverte d'éléments fracturés non détectés par les clichés conventionnels [46,87].

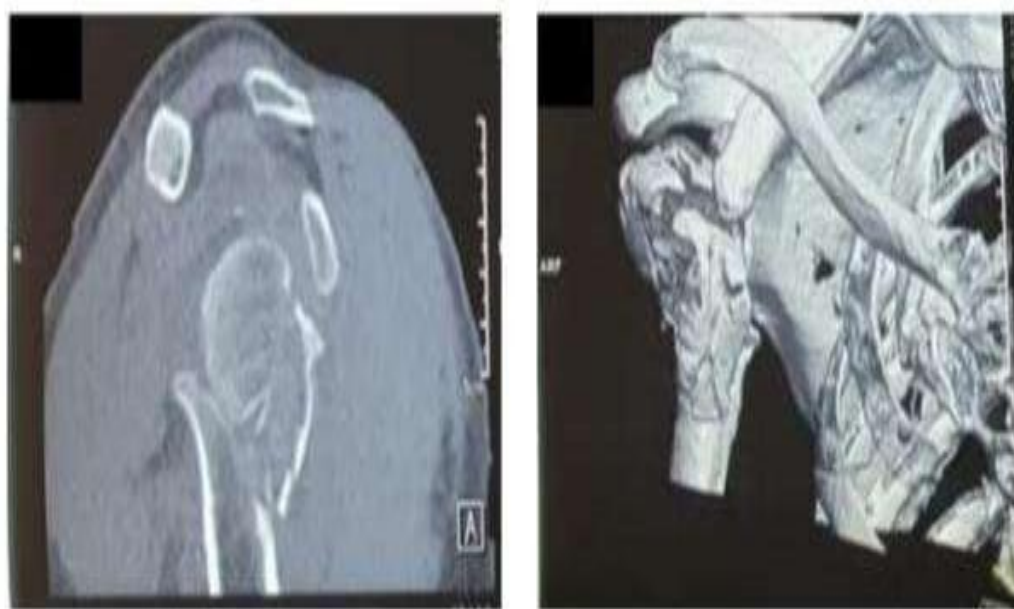


Figure 89. Aspect scannographique d'une fracture à 3 fragments. (Service de traumatologie-orthopédie A)

8. Anatomopathologie :

L'évaluation anatomopathologique est essentielle pour décider des choix thérapeutiques et de déterminer le meilleur traitement pour chaque type de fracture [88], et par la suite de comparer l'efficacité des diverses méthodes de traitement. Dans un premier temps, des radiographies standards avec différentes incidences permettent cette évaluation à travers des classifications, les plus communes étant Neer et Duparc.

Lors de l'utilisation de ces classifications, il est important de se rappeler que le système n'a pas été conçu comme un système de classification purement radiographique. Il s'agissait plutôt de fournir un moyen structuré de penser à ces fractures complexes et de les classer dans des groupes ayant une histoire naturelle et des options de traitement définies.

Plusieurs études ont critiqué ces classifications, étant donné qu'elles ont une fiabilité et une reproductibilité limitées entre les observateurs, ainsi qu'une incohérence dans les résultats obtenus par le même observateur à différents moments, mais elle reste la méthode la plus couramment utilisée pour décrire ces fractures [89–90].

Il a été démontré qu'une imagerie adéquate, impliquant souvent des images scannographiques avec des reconstructions 3D, et une expérience optimale des évaluateurs améliorent l'exactitude de la classification [91–92], et aussi bien une meilleure compréhension des fractures complexes [88].

A. Classification de Neer :

C'est la classification la plus utile et la plus utilisée des fractures de l'humérus proximal [93]. Son schéma est basé sur la division de l'humérus proximal

en quatre segments, comme décrit par Codman ; la tête humérale, le trochiter, le trochin et la diaphyse [94].

Pour qu'un segment soit considéré comme une partie de la fracture, il doit être déplacé d'au moins un centimètre ou angulé à 45 degrés [95]. Les fractures sont ensuite décrites en fonction du nombre de fragments.

Dans une fracture en un seul fragment, aucun des composants n'est suffisamment déplacé pour être considéré comme un fragment, quel que soit le nombre de lignes de fracture.

Les fractures en deux fragments impliquent un déplacement de la surface articulaire (par le col anatomique), de la tête entière (par le col chirurgical), de la grosse tubérosité ou de la petite tubérosité.

Fracture du col anatomique : il s'agit d'un déplacement pur du col anatomique, sans séparation d'une tubérosité ou des deux, ce qui est assez rare. Cette lésion peut passer inaperçue à moins d'obtenir une bonne radiographie antéropostérieure de l'extrémité supérieure de l'humérus, ce qui peut conduire à un handicap en raison d'une cal vicieuse ou d'une nécrose avasculaire [46,98].

Fracture du col chirurgical : Cette fracture se produit juste en distal des tubérosités au niveau du col chirurgical qui est déplacée de plus de 1 cm ou inclinée de plus de 45°, 3 types de fractures sont observés :

- La fracture angulaire du col chirurgical qui est impactée.
- La fracture désengrenée du col chirurgical qui est une fracture dans laquelle la diaphyse est déplacée médialement et antérieurement, tirée par le grand pectoral.

- La fracture comminutive du col chirurgical, dans laquelle la fragmentation s'étend distalement sur plusieurs centimètres [46,98].

Fracture du trochiter : le tubercule majeur ou l'un de ses facettes d'attache du tendon est rétracté de plus de 1,0 cm par rapport au tubercule mineur. Cette séparation est pathognomonique d'une déchirure longitudinale de la coiffe des rotateurs. La déchirure se produit généralement au niveau de l'intervalle des rotateurs, mais lorsque seule la partie postérieure de la tubérosité est rétractée, la déchirure se produit en arrière de cet intervalle. Tandis que le segment articulaire reste en relation normale avec la diaphyse [46,98].

fracture du trochin : elle se présente sous la forme d'une avulsion isolée ou en association avec une fracture non déplacée du col chirurgical. Le déplacement du tubercule mineur écarte les fibres antérieures au niveau de l'intervalle des rotateurs et produit une protubérance de l'os [94].

Dans les fractures en trois fragments, il y a déplacement de la petite ou de la grande tubérosité, ainsi que de la tête à travers le col chirurgical.

Les fractures en quatre fragments impliquent le déplacement des quatre segments de l'os, et le détachement de la tête des deux tubérosités.

Les fractures de l'humérus proximal peuvent également être associées à des luxations ; dans ce cas la direction de la luxation est décrite [46,96].

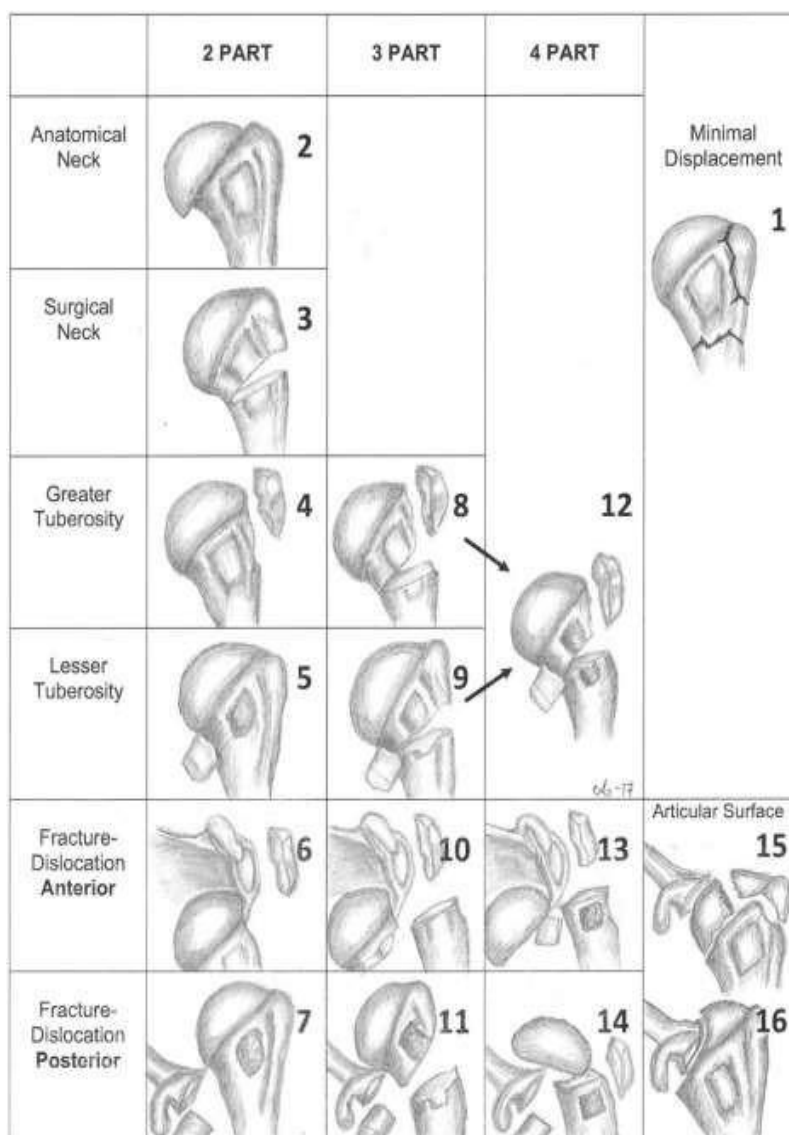


Schéma de la classification de Neer [46].

Dans la série de Galinet et al [69] qui est une série de 19 patients avec 15 fractures à 4 fragments (79%) et 4 fractures type 3 fragments (21%), même dans l'étude de Bufquin et al [76], qui est une étude de 43 personnes, avec une prédominance des fractures à 4 fragments (88%). Dans notre étude, les fractures à 3 fragments présentent 20% des fractures, alors que les fractures à 4 fragments sont prédominantes avec un taux de 65%.

Tableau 5. Répartition des fractures selon la classification de Neer en comparaison avec la littérature.

	3 fragments	4 fragments
Gallinet et al	21%	79%
Bufquin et al	12%	88%
Notre série	20%	65%

B. Classification de Duparc :

La classification proposée par Duparc se base sur la terminologie anatomopathologique en instaurant le terme de fractures céphalotubérositaires pour les fractures articulaires qui séparent la tête humérale, la diaphyse et les tubérosités, qui est équivalentes aux fractures "en quatre parties" de Neer.

Elle distingue deux types de fractures : intra articulaires et extra- articulaires.

a. Fractures extra-articulaires :

Elle associe les fractures tubérositaires et les fractures sous tubérositaires soit isolées ou associées à une fracture de l'un des deux tubercules. [97]

Fractures tubérositaires : Fractures du tubercule majeur (trochiter) : Elles sont secondaires soit à un choc direct ou à une contraction musculaire violente, elles s'associent dans 16 à 66 % à une luxation antéro-interne [97].

Les fractures parcellaires entraînent le détachement d'insertion du muscle supra-épineux ou à la fois du muscle supra-épineux et infra-épineux, et plus rarement l'infra-épineux et le teres minor.

Les fractures totales concernent les insertions des trois muscles.

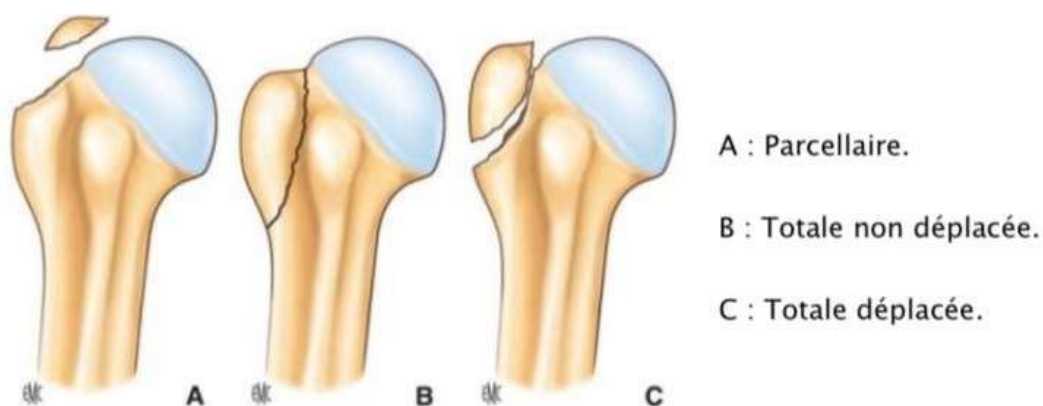


Figure 90. Fracture du trochiter [46]

Fractures du tubercule mineur (trochin) : Elles sont plus rares que les fractures du trochiter.

Elles détachent l'insertion du muscle subscapulaire, et ensuite se déplacent en dedans sous l'effet de la contraction musculaire, elles se présentent soit de façon isolé ou associé à une luxation postérieure, qui est souvent incoercible.

Pour poser leurs diagnostics il est nécessaire de réaliser un cliché de face en rotation interne, un cliché de profil axillaire, voir un scanner [46,98].

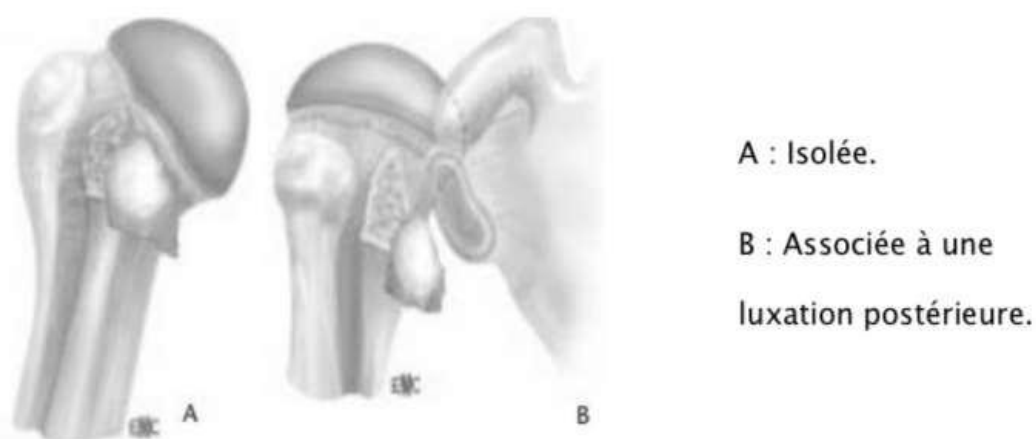


Figure 91 . Fracture du trochin. [98]

Fractures sous tubérositaires :

Nommées aussi fractures du col chirurgical, elles sont les plus fréquentes des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus, et se présentent soit sous forme de fractures isolées ou associées à une fracture du trochiter ou plus rarement du trochin.

Fractures sous-tubérositaires isolées : Elles représentent près de deux tiers de toutes les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus à elles seules.

Par définition le trait des fractures est situé sous les tubercules, donc il est toujours extra capsulaire. Cependant le trait est plus ou moins haut situé ce qui permet de distinguer des sous-tubérositaires hautes et basses.

Les fractures peuvent être simples ou comminutives, et selon leurs déplacements, il s'agit de fractures engrenées ou désengrenées [43–98].

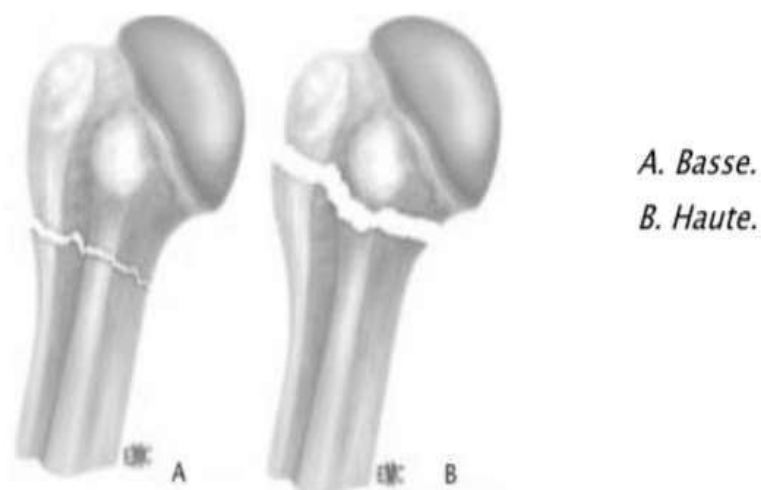


Figure 92. Fracture sous-tubérositaire isolée. [98]

Fractures sous-tubérositaires associées à une fracture du trochiter ou du trochin :

- ▲ Associées à une fracture du trochiter : il s'agit de fractures cervicotrochitériennes, dites « de Kocher », elles associent un trait sous-tubérositaire à un refend qui détache la totalité du tubercule majeur. La fracture du trochiter peut être méconnue quand elle est peu ou pas déplacée. En cas de déplacement, la tête humérale se bascule en rotation interne sous l'effet du subscapulaire. [46–98]



Figure 93. Fracture sous-tubérositaire et du trochiter. [46]

- ▲ Associées à une fracture du trochin : elles sont plus rares, et la fracture du trochin peut passer inaperçue car elle se projette sur l'épiphyse en cliché de face. Elles peuvent se compliquer par une luxation postérieure. [33–77]



Figure 94. Fracture sous-tubérosaite et du trochin. [46]

b. Fractures intra articulaires :

Elles sont dominées par les fractures céphalotubérositaires, alors que les fractures céphaliques sont exceptionnelles. [46]

Fractures céphaliques : Elles sont exceptionnelles et le trait de fractures se situe au niveau du col anatomique, ce qui entraîne une décapitation de l'extrémité supérieure de l'humérus, bien que les tubérosités restent intactes et solidaires à la diaphyse. Les fractures peuvent être engrenées ou désengrenées avec parfois association de luxation antérieure ou postérieure.

Elles présentent un risque majeur de nécrose céphalique [46-98]



Figure 95. Fracture du col anatomique. [46]

Fractures céphalotubérositaires :

Elles sont les plus fréquentes des fractures articulaires, elles comprennent un fragment céphalique, un fragment diaphysaire et un ou deux fragments tuberculaires.

Il s'agit le plus souvent de quatre fragments, mais parfois seulement trois lorsque le trochin et le trochiter sont situés sur le même fragment.

Duparc a différencié quatre sous-types selon l'importance du déplacement :

- Fractures céphalotubérositaires de type I : La fracture est articulaire, complexe avec un déplacement minime.
- Fractures céphalotubérositaires de type II : la tête est toujours impactée sur la diaphyse mais le déplacement est important.
- Fractures céphalotubérositaires de type III : La tête humérale est toujours en face de la glène mais elle est complètement désolidarisée de la diaphyse et du massif tuberculaire. La tête est généralement luxée dans le creux axillaire.
- Fractures céphalotubérositaires de type IV : Elles correspondent à des fractures-luxations. La tête peut être luxée antérieurement ou postérieurement, déterminant si la fracture-luxation est antérieure ou postérieure [46–47,98].

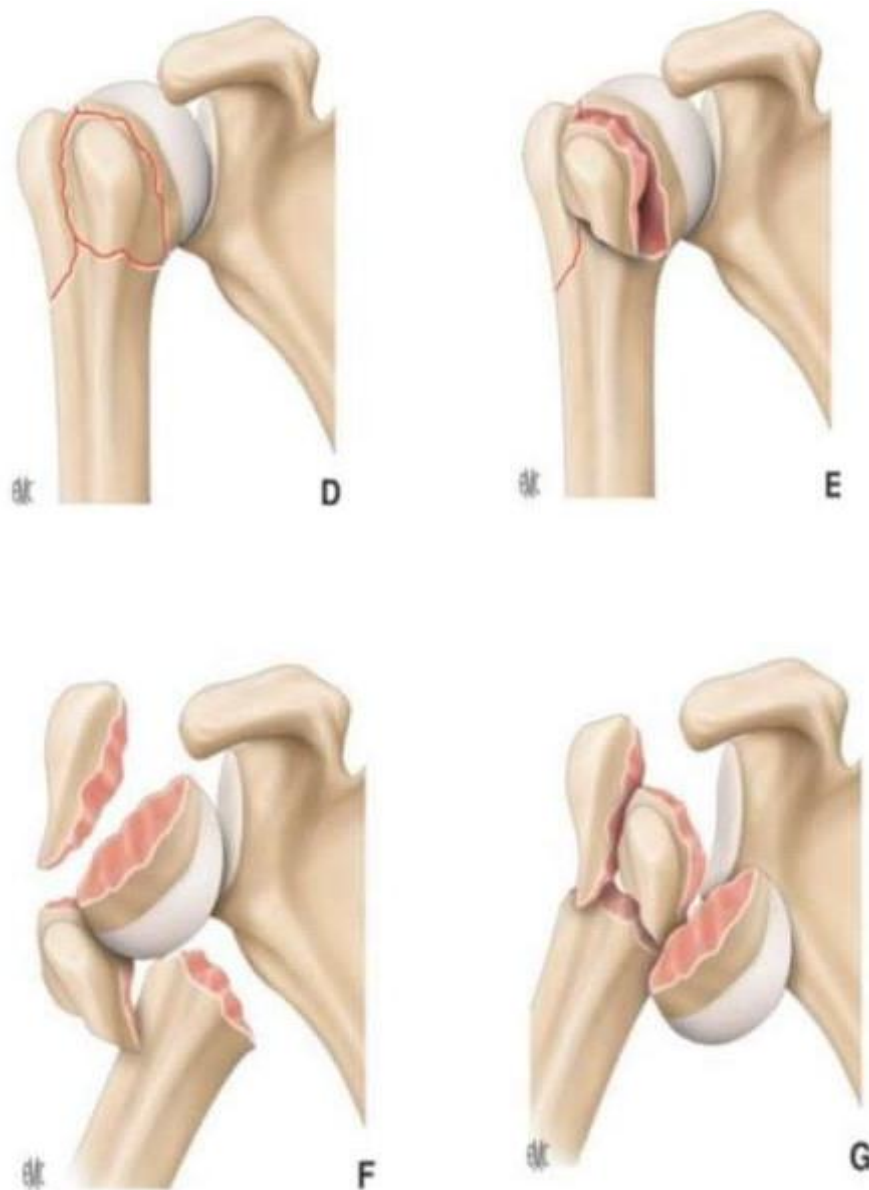


Figure 96. Fractures céphalotubérositaires [47].

D : Fractures céphalotubérositaires de type I.

E : Fractures céphalotubérositaires de type II.

F : Fractures céphalotubérositaires de type III.

G : Fractures céphalotubérositaires de type IV.

Dans l'étude de Gallinet et al [69], il y avait 3 fractures céphalotubérositaires type II (16%), 13 fractures céphalotubérositaires type III (68%), et 3 fractures céphalotubérositaires type IV (16%). Aussi dans notre série, on trouve une prédominance des fractures céphalotubérositaires type III dans 57% des cas.

9. Traitement et TECHNIQUES OPÉRATOIRES :

A. Traitement médical :

Il se base principalement sur l'administration d'antalgique pour gérer la douleur et d'assurer le confort du patient en pré et postopératoire. [99]

B. Traitement orthopédique :

Les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus peuvent être traitées de manière non chirurgicale avec une période initiale d'immobilisation suivie d'un mouvement précoce, mais son indication doit être limitée aux fractures non ou peu déplacées, il est principalement indiqué en cas de fracture sous tubérositaires peu déplacée ou une fracture céphalotubérositaires de type 2, en plus il est habituellement indiqué chez les sujets âgés nécessitant des besoins fonctionnels peu importants. [97,98]

La réduction des fractures déplacées par les manœuvres externes n'assure que l'alignement de la diaphyse sous l'épiphyse, et elle doit se réaliser en prudence car elle peut empirer les lésions osseuses ou induire des complications nerveuses ou vasculaires.

La contention des fractures est généralement établie à l'aide d'un bandage de type Dujarier, qui est facile à appliquer. Après le contrôle radiographique de la réduction, l'immobilisation est réalisée par de larges bandes de Velpeau avec renforcements par une bande circulaire plâtrée prenant le bord spinal de l'omoplate

ce qui permet de maintenir cet alignement sous Dujarier. Une légère adduction de l'épaule est désirable pour éviter un déplacement, la mise en place d'un simple coussinet dans l'aisselle est souhaitable pour minimiser le frottement de la peau.

L'immobilisation de type Mayo Clinic avec un jersey tubulaire est rapide et facile à appliquer. Mais malheureusement son inconvénient principal est le risque de rétropulsion humérale en décubitus dorsal, responsable de déplacement secondaire.

La traction continue assurée par broche transcubitale, et qui nécessite un repos au lit strict, a été abandonnée dans la pratique. [46,98]



Figure 97. immobilisation type Mayo Clinic [99].



Figure 98. bandage de Velpeau [99].

C. Traitement chirurgical :

a. Délai d'intervention :

Les fractures ouvertes, les fractures associées aux lésions nerveuses ou vasculaires et les fractures– luxations qui nécessitent une ostéosynthèse, représentent des urgences et doivent être opérées dans un intervalle de six heures après traumatisme. Concernant les autres situations, la prise en charge est souhaitable dans les 10 jours qui suivent la fracture. [47]

Les opérations ont été réalisées dans un délai moyen de 5.6 jours chez Eythor et al [79], 6 jours chez Fraser et al [75], 7 jours chez Grant et al [100], et dans un délai de 2,65 jours dans notre étude.

b. Anesthésie :

La majorité des ostéosynthèses et des prothèses sont réalisées sous anesthésie générale, mais il est possible de les réaliser également sous anesthésie locorégionale (bloc interscalénique). En cas d'anesthésie générale sans bloc associé, le chirurgien procède en fin d'intervention à une infiltration locale de longue durée (par exemple lévobupivacaïne 0,5 %). [47]

L'arthroplastie inversée de l'épaule est réalisée le plus souvent sous anesthésie générale avec intubation [20], sauf en cas de contre-indications surtout respiratoires où la chirurgie se fera sous anesthésie locorégionale.

Dans la série de 98 cas de Bonneville [77] dont 57 étaient des arthroplasties inversées, tous les patients ont bénéficié d'une anesthésie générale, idem chez tous les 23 cas de CAZENEUVE [20].

Dans notre série, toutes nos opérations étaient faites sous anesthésie générale.

c. Installation :

Installation en position Beach chair :

Le malade est mis en position demi assise en procubitus, avec épaule déjetée en dehors ce qui permet un bon contrôle scopique en peropératoire. L'amplificateur de brillance est installé à la tête du patient. [47]

La totalité de nos opérations étaient réalisées en position Beach chair.



Figure 99. Position de Beach chair. (Service de traumatologie–orthopédie A)

Installation en décubitus dorsal :

Le patient se fait installé en décubitus dorsal, avec mise en place d'un appui gynécologique du côté opposé de la fracture et sur lequel le membre sera suspendu. L'amplificateur de brillance est installé en parallèle à la table, du côté de la tête du patient. [47]



Figure 100. Installation en décubitus dorsal. (Service de traumatologie–orthopédie
A)

Installation en décubitus latéral :

Le patient est placé sur le côté, dans une table ordinaire, où il est soutenu par un support fessier, pubien et thoracique.

L'amplificateur de brillance est placé au-dessus du patient. [101]



Figure 101. Installation en décubitus latéral. [101]

Installation en décubitus ventral :

L'installation se fait soit sur une table ordinaire ou orthopédique, où le patient est placé sur le ventre avec un appui installé sur le bras. [101]

L'amplificateur de brillance est placé au-dessus du patient.



Figure 102. Installation en décubitus ventral. [101]

Nous avons noté que l'installation des patients dans toutes les séries étudiées portant sur la prothèse inversée d'épaule est faite en position demi-assise « Beach chair », que soit par exemple dans la série de Bonnevalle [77], de Grant [100] ou de CAZENEUVE [20], en plus de notre série. C'est la position la plus adaptée dans les arthroplasties d'épaule qu'elles soient inversées ou anatomiques.

d. Voies d'abord :

La voie delto-pectorale :

Il s'agit de la voie la plus couramment utilisée pour aborder l'épaule. Elle fournit une exposition qui permet l'ostéosynthèse, la mise en place de prothèse et la réduction de la plupart des fractures-luxations, tout en préservant l'anatomie.

L'incision se fait le long du sillon delto-pectoral : Elle débute 1 à 2 cm sous la clavicule, au niveau de la fosse sous-claviculaire au fond de laquelle on peut palper la coracoïde, et ensuite elle descend sur 5 à 10 cm, obliquement en bas et en dehors, en ligne droite ou plutôt en forme de S inversé.

Après avoir disséqué la graisse sous cutanée, il faut rechercher la veine céphalique, qui peut soit être disséquée ou préservée avec le muscle deltoïde. L'abord du foyer de la fracture s'effectue entre le faisceau antérieur et moyen du muscle deltoïde, tout en respectant les tissus mous avec une insertion osseuse, afin de préserver la vascularisation du fragment céphalique.

L'incision peut être étendue à la diaphyse humérale en cas de fracture avec extension diaphysaire.

La voie delto-pectorale est privilégiée en cas de de lésion neurovasculaire concomitante ou migration intraplexulaire de la tête, parce qu'elle accorde une ostéotomie du processus coracoïde pour faciliter l'exposition. [47,102]

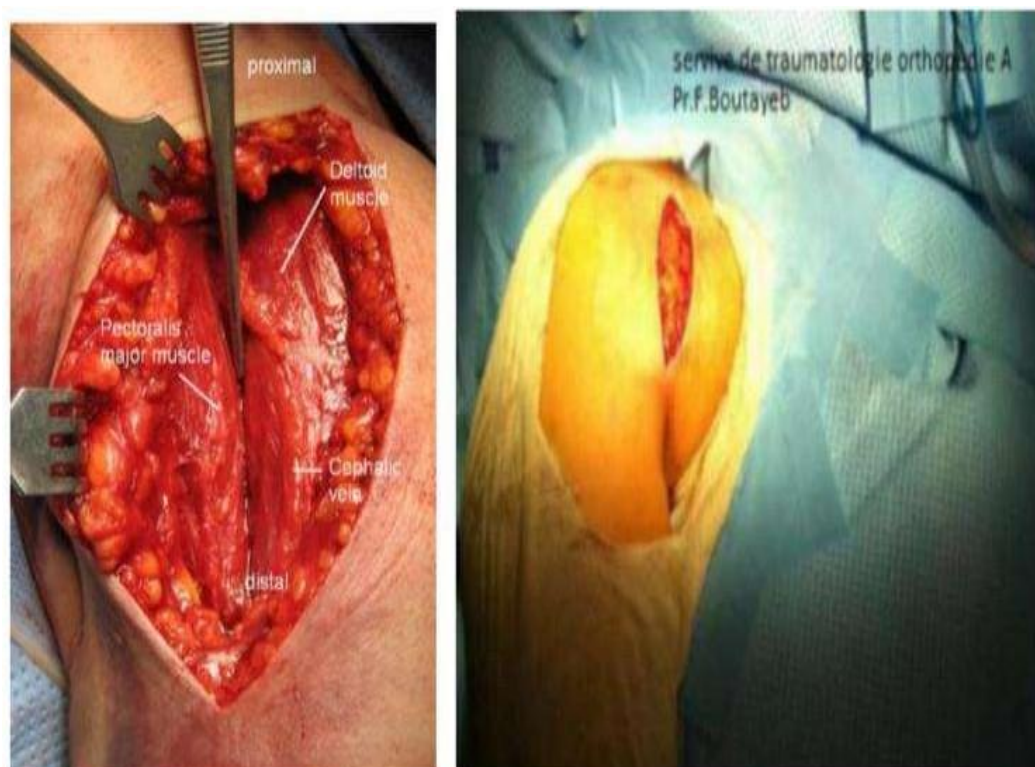


Figure 103. Voie Delto-pectoral. [103]

La voie transdeltoïdienne :

Appelée également la voie supérolatérale. Elle offre une excellente exposition des tubérosités, de la tête humérale et de la glène ce qui permet de réaliser une ostéosynthèse par plaque, par clou centromédullaire, et même d'implanter une prothèse totale de l'épaule inversée. Le passage transdeltoïdien est risqué car il peut fragiliser le deltoïde (avulsion du deltoïde, lésion du nerf axillaire). [\[47\]](#)



La voie externe sous le V deltoïdien :

Le relief du V deltoïdien est situé sur la face externe du bras. On réalise une incision longitudinale d'environ 3 à 4 centimètres au point où le relief du deltoïde plonge au milieu des deux loges. Avec une pointe carrée et plantée verticalement, utilisée pour marquer le bord cortical externe de l'humérus. Méchage progressif jusqu'à obtenir un orifice d'entrée faisant 6 millimètres de diamètre. [\[97\]](#)



Figure 105. Voie externe sous le V deltoïdien. [99]

La voie sus-olécraniennne :

L'incision est médiane postérieure, elle débute de la pointe de l'olécrane et remonte sur 5 cm. Après avoir incisé verticalement les fibres musculaires du triceps, on repère la fossette olécraniennne. L'humérus est trépané 2,5 cm au-dessus du bord supérieur de la fossette olécraniennne.

L'orifice est d'abord réalisé avec une pointe carrée, puis se fait élargir avec des mèches à diamètre croissant. [99,104]



Figure 106. Abord sus-olécranien. [99]

Dans la série de Grant [100] et ses 11 prothèses inversées, la voie supéroexterne trans-deltoïdienne a été pratiquée chez 2 cas soit 18% alors que la deltopectorale l'a été chez 9 cas soit 82%.

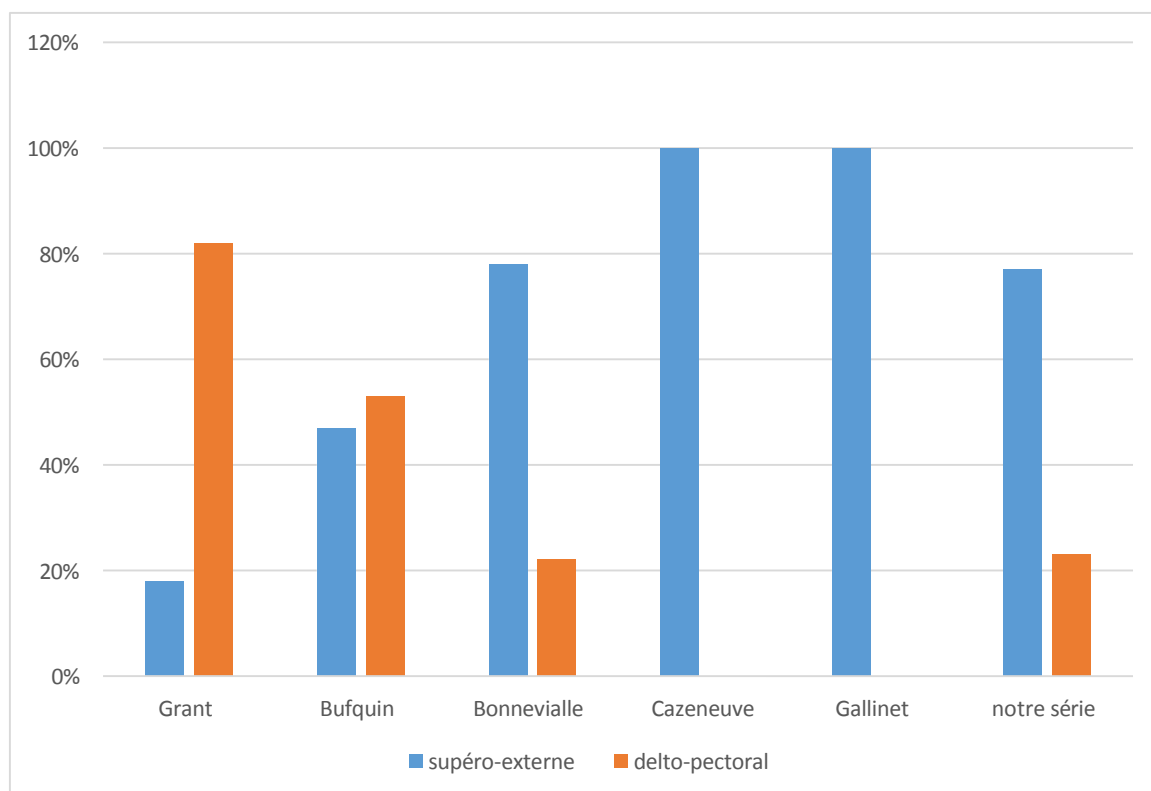
Chez Bufquin [76] et sa série de 43 patients, la voie d'abord SE a été choisie chez 20 cas soit 47%, alors que la deltopectorale l'a été chez 23 cas soit 53%.

Dans la série d'arthroplastie inversée de Bonnevalle [77] comportant 41 cas, la voie supéro-externe a été privilégiée 32 fois soit 78% et la delto-pectorale l'a été 9 fois soit 22%. Alors que dans la série de 23 cas de prothèse inversée de CAZENEUVE [20], c'est la voie SE qui a été pratiquée chez tous ses patients, même dans la série de Gallinet [69] de 19 patients tous les patients ont été opérés par voie d'abord supéro-externe.

Dans notre série, nous préférons la voie d'abord supéro-externe lors de la mise en place de

PTEI dans cette indication particulière, ceci nous permet d'avoir un bon jour sur la glène et de repositionner les tubérosités de façon anatomique comme décrit par Boileau et al [10] ; cette voie d'abord est la plus utilisée lors de cette indication [22-23] ; cette dernière aurait l'avantage en termes de stabilité postopératoire en raison du respect du tendon subscapulaire et des structures ligamentaires antérieures [24]. L'allongement du bras s'imposerait moins, conduisant potentiellement à une diminution de l'incidence de lésions neurologiques, de fractures de l'acromion ou de l'épine de l'omoplate [25]. La voie delto-pectorale est utilisée lors des chirurgies de révision, si la fracture s'étend vers la diaphyse et permettrait de mieux positionner l'implant glénoïdien conduisant à des descellements et des conflits inférieurs moins fréquents avec préservation de la rotation externe [23,24].

Quant à notre série de 35 cas, nous avons utilisés la voie d'abord supéroexterne trans-delhoïdienne chez 27 cas soit 77%, alors que la voie delto-pectorale a été réalisée chez 8 cas soit 23%.



Graphique 11. Les voies d'abord dans les différentes séries d'arthroplastie inversée de l'épaule.

e. Différentes techniques chirurgicales pour les fractures à 3–4 fragments autre que la PTEI :

Les fractures de l'humérus proximal sont fréquentes chez les personnes âgées. Une controverse importante entoure le traitement optimal des fractures humérales proximales déplacées en 3 et 4 parties déplacées. L'arthroplastie totale inversée de l'épaule (PTIE) a récemment été proposée comme alternative à l'hémiarthroplastie (HA) et à la fixation interne par réduction ouverte (ORIF). [\[105\]](#)

i. Hémi arthroplastie :

La prothèse humérale simple est une alternative quand l'ostéosynthèse est techniquement impossible ou si la fracture expose à un risque important de nécrose.

Elle est réservée aux fractures céphalotubérositaires III à IV chez les patients jeunes. La reconstruction nécessite la restauration de la largeur épiphysaire et de la longueur humérale, une fixation prothétique stable, une rétroversion prothétique correcte, ainsi qu'une ostéosynthèse saine des tubercules. Les résultats fonctionnels varient selon l'âge des patients et la consolidation des tubercules dans leur position anatomique optimale. [106] L'abord peut être delto-pectoral ou transdeltoïdien.

L'articulation est abordée par écartement des tubercules en sectionnant la capsule entre le supra-épineux et le subscapulaire, puis en extrait le fragment céphalique. Après identification du tubercule majeur en arrière, quatre fils non résorbables tressés en boucle sont passées dans la jonction tendon/os et le tubercule [107]. Le positionnement des tubercules et l'implant est une étape importante de l'opération, qui détermine la qualité du résultat fonctionnel. Le décalage latéral est rétabli soit par l'insertion d'un greffon entre le tubercule majeur et la prothèse lorsque la prothèse est peu remplissante, soit en se servant d'une prothèse à large métaphyse sans greffe. [108]

La hauteur est estimée soit par un amplificateur de brillance en rétablissant l'aspect "arc gothique" [109], soit en localisant l'insertion du grand pectoral. [110]

Concernant la rotation de l'implant, il est classiquement recommandé d'appliquer une rétroversion de 30° mesurée sur coude fléchi. Avant l'implantation définitive de la tige, on réalise un trou dans la métaphyse à l'aide d'une mèche de 2,0 afin de passer deux fils non résorbables pour fixer les tubercules dans le plan vertical. Les tiges peuvent être cimentées ou non. Il faut s'assurer que la couche de ciment n'atteigne pas les tubercules, cela entrave leur consolidation. [111]



Figure 107. Hémi arthroplastie de l'épaule. [46]

ii. La réduction ouverte et la fixation interne (ORIF):

La réduction ouverte et la fixation interne (ORIF) est une chirurgie utilisée pour réparer et guérir un os cassé, une fracture ouverte ou une fracture déplacée. Cette procédure est utilisée pour réparer les fractures qui ne peuvent pas être traitées avec un plâtre ou une attelle. La plupart de ces fractures sont liées au déplacement, à l'instabilité ou peut-être à des problèmes liés aux articulations.

➤ Plaque verrouillée :

La plaque verrouillée a progressivement, mais surtout récemment, fait partie de l'arsenal standard des moyens d'ostéosynthèse dont disposent le traumatologue et le chirurgien orthopédiste.

Les plaques verrouillées présentent deux grandes catégories : plaques à angulation fixe et celles à angulation variable dans laquelle la vis va être verrouillée avec une orientation optée dans un cône d'angle de l'ordre de 10° à 15°. Les

mécanismes de verrouillage de la vis dans la plaque disposent aussi de deux principaux types : soit la vis est verrouillée dans son logement par contre-écrou fileté, soit la tête de la vis en elle-même est filetée et se visse dans la plaque ou dans une rondelle adaptée.

L'avantage de cette technique est le pouvoir d'être facilement réalisée par une voie delto-pectorale ou transdeltoïdienne.

La mise en place de deux à trois vis a donné les meilleurs résultats, alors que l'ajout d'une quatrième vis à peu d'effet sur la stabilité axiale mais elle permet d'améliorer peu la stabilité en torsion.

Avec les vis verrouillées il n'est pas nécessaire de les engager jusqu'au cortex opposé car elles ne fonctionnent pas en arrachement. En pratique il n'est jamais requis que la vis dépasse le cortex opposé, en plus il est préférable de choisir une vis légèrement courte plutôt qu'une vis trop longue, ce qui évite de nombreux problèmes.

Le modelage anatomique de la plaque verrouillée n'est pas pertinent car l'ostéosynthèse n'exige pas de contact intime entre l'implant et l'os. Les plaques prémodelées sont généralement façonnées de manière à pouvoir être placées près de l'os sans crainte de déplacement. Mais il reste important de s'assurer que les extrémités de la plaque sont en axe de la diaphyse, donc il est recommandé d'entamer la fixation par les extrémités. [47,112,113]



Figure 108. Ostéosynthèse par plaque verrouillée avec contrôle scopique du montage avant fermeture. (Service de traumatologie–orthopédie A)

➤ Plaque vissée :

L'utilisation de la plaque apporte une meilleure stabilité, surtout si on opte pour des plaques à vis verrouillées, qui ont des qualités biomécaniques supérieures aux plaques standard.

Cependant, une comminution médiane ou un os très porotique exposent à un risque plus élevé de survenue des complications, et cela doit conduire à utiliser une autre technique ou à ajouter une seconde plaque. En tenant compte que la plaque vissée n'est pas indiquée en présence d'un important risque de nécrose.

Le placement des vis céphaliques doit être prudemment contrôlé pour empêcher tout risque effraction articulaire, d'où le recours systématique à l'amplificateur de brillance avec des incidences différentes selon les rotations. L'avantage de la plaque c'est qu'elle s'oppose par son effet de soutien au déplacement médial de la diaphyse.

[114]



Figure 109. Plaque vissée mise en place. (Service de traumatologie-orthopédie A).

➤ Embroschage type Kapandji :

La première étape consiste à l'identification clinique du « V » deltoïdien et ensuite la confirmation sous fluoroscopie. Après réduction par manœuvres orthopédiques et sous contrôle scopique, on réalise un forage oblique dans la corticale externe de l'humérus à l'aide de mèches de taille croissante allant de 3,2 /4 /et 6mm. Lors de l'exposition de la diaphyse, les écarteurs ne sont jamais placés derrière la diaphyse pour éviter d'endommager le nerf radial. Trois broches de Kirschner 20/10 sont insérées en double courbures (les 10 mm proximaux sont courbés à 45°, suivi d'une courbe douce et régulière dans la même direction des 10

cm suivants). Ensuite, les broches sont insérées dans le canal médullaire et poussées jusqu'au niveau de la fracture en direction divergente pour maintenir la réduction. A la fin de la procédure, les broches de Kirschner sont soigneusement pliées à 90° à leur point d'entrée (au niveau du "V" deltoïdien) pour éviter une migration rétrograde, elles sont coupées à 1 cm de la diaphyse humérale, et laissés sous la surface de la peau. En fin d'intervention un test de stabilité est systématiquement réalisé.

Après opération le bras sera immobilisé par écharpe pendant 5 semaines, avec des mouvements passifs autorisés à partir de la 3ème semaines, et des mouvements actifs à partir de la 6ème semaine. Les broches seront retirées tôt chez l'enfant et l'adolescent au cours de la 3 ou la 4^e semaine, tandis que chez l'adulte, ce délai est parfois prolongé jusqu'à 6 à 10 semaines. [97,51,115]



Figure 110. Ostéosynthèse par embrochage type Kapandji avec aspect en palmier des broches.

➤ Embrochage type Hackethal :

La technique opératoire selon Hackethal se déroule en deux phases. La première étant la réduction pour rétablir la forme anatomique de l'épaule à l'aide d'une table d'extension avec mise en place d'un appareil de réduction afin de maintenir le résultat tout au long de l'opération.

La deuxième phase consiste au geste opératoire auquel on réalise une petite incision cutanée qui débute presque toujours en sus olécrânien médian et remonte sur 5 cm. ensuite on introduit trois à quatre broches 20/10 préformables, élastiques et solides, de forme circulaire, enfoncés dans le canal médullaire d'un angle d'environ 20°, sous contrôle de l'amplificateur de brillance. L'extrémité des broches doit se trouver à 1 cm du cartilage articulaire, et les broches doivent être en direction divergentes. Les broches sont ensuite pliées et coupées à 1 cm de l'os.

Il suffit généralement de 3-4 broches pour obtenir une stabilité suffisante pour le positionnement et le traitement des mouvements.

Le bras est ensuite immobilisé par bandage de Dujarier pendant 5 semaines. Le retrait du matériel se fait après 45 jours à 3 mois en moyenne, un peu plus tard chez les adolescents. [116-118]

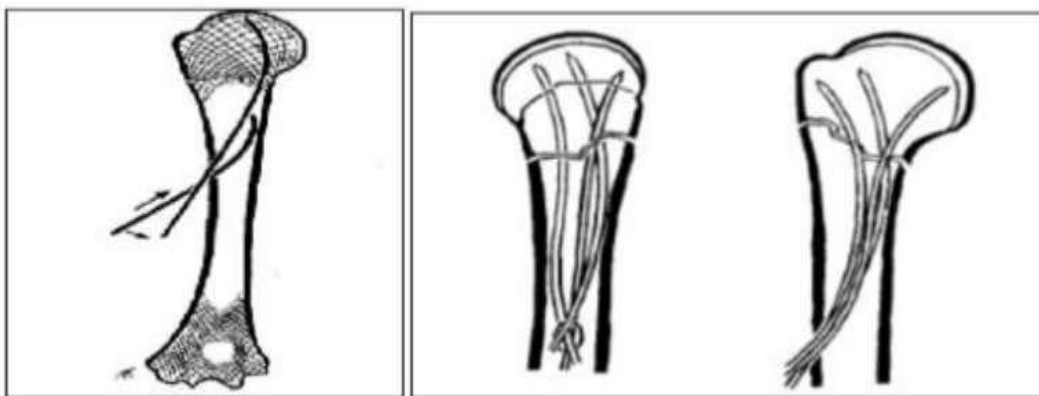


Figure 111. Ostéosynthèse par embrochage type Hackethal. (Service de traumatologie orthopédie A)

➤ Embroschage de Vichard :

Cet embroschage est réalisé avec des clous d'Ender modifiés et procède un enclouage ascendant bipolaire à partir de l'épicondyle et de l'épitrôchlée. Le patient est placé en décubitus dorsal. En commence par l'abord épitrôchléen légèrement en avant de la pointe de l'épitrôchlée, avec désinsertion des muscles épitrôchléens si nécessaire.

On réalise un forage avec une large pointe carrée sous le sommet de l'épitrôchlée, en visant en dedans et en haut parallèlement à la face antérieure de l'épitrôchlée. Le clou d'Ender modifié faisant 3 à 3,5 mm de diamètre est enfoncé jusqu'à la tête si réduction obtenue, dans le cas contraire il s'arrête au niveau du foyer de la fracture. Le deuxième clou du même diamètre ou de 4,5 mm, est inséré au niveau de l'épicondyle et sera enfoncé dans la région trochitériennes.

Pour minimiser le risque de déplacement on enfonce les deux clous jusqu'au foyer de la fracture, puis on les fait franchir alternativement à travers ce foyer. Le bras sera ensuite immobilisé par un bandage de Dujarier pendant 5 semaines. [99,119]



Figure 11 Embroschage de Vichard. [99]

iii. Comparaison de PTEI contre hémiarthroplastie par amplitude des mouvements, score de Constant Murley et complications :

Avec le vieillissement de la population, le nombre de fractures de l'humérus proximal chez les patients encore actifs augmente. Pour les fractures déplaçées en trois ou quatre parties pour lesquelles un remplacement est indiqué, l'hémiarthroplastie avec rattachement des tubérosités reste le traitement de référence ; cette technique peut cependant conduire à des résultats fonctionnels catastrophiques dus à une pseudarthrose ou à une migration des tubérosités. [69] Alors que l'arthroplastie totale inversée de l'épaule est une option de traitement prometteuse qui est de plus en plus utilisée. [79]

Selon l'étude de Chalmers et al [120], qui est une étude cas –témoins de 27 patients ; 9 ont subi PTEI, 9 HA et 9 ORIF. Le recul minimum était de 1 an, la prothèse totale inversée a permis d'obtenir une flexion antérieure qui était à 133° par rapport à 106° pour HA, ainsi qu'une rotation externe à 41° pour les prothèses totales inversées par rapport à 28° pour HA, et une rotation interne de 46° par la prothèse totale inversée en comparaison avec HA à 50°. Pour les complications, dans le statut des patients après PTIE, 1 patient a développé le syndrome douloureux régional complexe, nécessitant une référence à un spécialiste de la douleur spécialiste de la gestion, mais a connu un soulagement complet avec 2 blocs ganglionnaires stellaires et prégabaline. Parmi les malades post HA, 1 patient a développé une arthrofibrose et 1 patient a développé névrite ulnaire au niveau du tunnel cubital. En concluant la RTSA semble fournir une amplitude de mouvement supérieure plus tôt et de manière plus prévisible, avec des économies de coûts significatives pour Medicare.

-

D'après l'étude d'Eythor et al [79], qui est une étude de 99 patients âgés de ≥ 70 ans avec des fractures humérales proximales en 3 ou 4 parties déplacées entre septembre 2013 et mai 2016. La période de suivi minimale était de 2 ans. 48 patients ont été traités par PTIE, et 51 par HA, dont 15 patients ont été perdus de vue, laissant 41 patients PTEI, et 43 patients HA pour l'analyse. Le groupe de PTEI avait un score de Constant moyen de 58.7 points contre 47.7 points dans le groupe HA, avec une différence moyenne de 11.1 points. Comparativement aux patients HA, les patients PTIE avaient une plus grande satisfaction moyenne avec l'épaule (79 mm contre 63 mm), la flexion (125° contre 90°) et l'abduction (112° contre 83°), la rotation externe (18 contre 27), la rotation interne (les deux Arrivant au niveau de fessier). Nous avons identifié 3 et 4 événements indésirables dans les groupes PTIE et HA, respectivement (PTEI : 1 décès dans la période post opératoire précoce par une pneumonie ; 1 fracture péri prothétique humérale distale, 1 syndrome douloureux régional complexe, la fracture péri prothétique a nécessité une conversion à l'ORIF , HA : 3 cas de fracture de la diaphyse humérale dont 1 fracture a été révisée et convertie en PTIE , 1 cas de la migration proximale de la tête de le HA converti en PTIE), parmi les patients âgés de ≥ 80 ans. La PTIE offre une meilleure fonction de l'épaule que le HA, telle que mesurée avec le score de Constant, ce qui est encore souligné par le fait que les patients PTIE sont plus satisfaits de leur fonction de l'épaule. La différence semble être principalement le résultat d'une meilleure amplitude de mouvement (abduction et flexion) dans le groupe PTIE. Les résultats indiquent également que les patients âgés de ≥ 80 ans bénéficient moins du PTIE que les patients âgés de 70 à 79 ans.

Selon la méta analyse de Gallinet et al [69], qui est une étude de 40 patients qui ont été traités pour des fractures déplacées en trois ou quatre parties de l'humérus proximal entre 1996 et 2004. 21 avaient une hémiarthroplastie et 19 ont été traités par prothèse totale inversée de l'épaule. Tous les patients ont été suivis et revus rétrospectivement par observateur indépendant. Dans le groupe hémiarthroplastie : 17 patients, d'âge moyen 74 ans, ont été suivis en moyenne 16,5 mois. Dans le groupe prothèse inversée : 16 patients, d'âge moyen 74 ans, ont été suivis en moyenne 12,4 mois. Le groupe prothèse inversée a montré de meilleurs résultats en termes d'abduction (moyenne = 91 degrés contre 60 degrés), d'élévation antérieure (moyenne = 97,5 degrés contre 53,5 degrés) et de score de Constant (moyenne = 53 contre 39). La rotation était meilleure dans le groupe hémiarthroplastie (rotation externe : 13,5 degrés versus 9 degrés, rotation interne : 54,6 degrés versus 31 degrés). Pour les complications, dans le groupe d'hémiarthroplastie : 4 patients ont été perdus de vue, 8 patients ont présenté des complications type : 1 cas de paralysie axillaire transitoire, 2 cas de dystrophie sympathique réflexe qui ont répondu au traitement médical, 1 infection superficielle traitée par ATB, 1 patient qui a souffert d'une fracture de la diaphyse humérale traitée par un traitement orthopédique, avec 3 patients qui ont présenté un positionnement anormal de la tubérosité. Pour le groupe de PTEI, 3 patients ont été perdus de vue, avec 16 patients qui ont présentés les 18 complications suivantes : 1 infection profonde entraînant le retrait de la prothèse 17 mois après l'opération, 1 infection superficielle traitée par ATB, 1 cas de dystrophie sympathique réflexe qui a répondu au traitement médical, avec 15 cas d'encoches glénoïdiennes. La prise en charge des fractures à 3-4 fragments est donc à décider en termes de prévisibilité

des résultats et de récupération rapide du confort quotidien des patients âgés. L'hémiarthroplastie peut donner de bons résultats fonctionnels, mais dépend de la qualité de la consolidation des tubérosités et nécessite souvent une immobilisation prolongée. Les prothèses inversées fournissent des résultats fiables, rapides et prévisibles en termes d'abduction, d'élévation antérieure et de soulagement de la douleur, mais une rotation altérée ; cela impacte la qualité de vie et la pérennité des implants (encoche glénoïdiennes).

Dans l'étude de Grant et al [100], qui est étude rétrospective réalisée chez 23 patients qui ont été traités pour des fractures grade 3–4 fragments, 11 traités par PTEI et 12 par HA, avec 3 patients ont été perdus de vue et 6 patients sont décédés. Le suivi moyen était de 3.6 ans et lors du dernier suivi clinique, les patients ayant subi une arthroplastie totale de l'épaule inversée présentaient une élévation active vers l'avant significativement plus importante (moyenne 122°, avec une fourchette entre 90°–145°), que les patients ayant subi une arthroplastie hémi articulaire (moyenne 91°, fourchette 90°–145°), la rotation externe active était de 33° pour le groupe d'arthroplastie totale de l'épaule inversée et de 31° pour le groupe hémiarthroplastie , ainsi que la mesure moyenne de la qualité de vie était plus élevée de l'épaule inversée, mais n'est pas significative. En ce qui concerne les complications, 1 patient avec arthroplastie a présenté une encoche glénoïdienne, et 2 des 12 patients ayant subi une hémiarthroplastie présentaient une non-union de la tubérosité, les deux patients ont été révisés en arthroplasties totale d'épaule inversées, avec un patient de ce groupe a présenté une plexopathie brachiale. L'arthroplastie totale inversée de l'épaule est une option fiable pour les fractures aiguës de l'humérus proximal qui ne se prêtent pas à un traitement fermé ou à une

reconstruction chez les patients âgés. L'amélioration des résultats fonctionnels par rapport à l'hémiarthroplastie doit être mise en balance avec l'augmentation des coûts et l'espérance de vie limitée des patients souffrant de cette lésion.

Selon Anil et al [\[121\]](#), qui est une recherche effectuée le 9 septembre 2012 sur 4536 patients, dont 217 patients ont été traités par PTIE, 1185 ORIF. Pour les résultats : l'élévation antérieure était de 115° pour PTEI par rapport à 109° pour HA, la rotation externe était de 35° pour PTEI par rapport à 38.9° pour HA, le score de constant de PTEI était de 69.7 contre 66.3 pour HA. Concernant les complications, pour PTIE : 3 infections superficielles, 5 infections profondes, 12 lésions neurologiques et 9 dislocation, 11 patients ont bénéficié d'une chirurgie de révision 4 entre eux ont été convertie en HA , et pour HA : 6 défaillance du matériel, 11 infection profonde, 25 infection superficielle, 12 lésions neurologiques, 7 dislocation et 12 non union des tubérosités , pour la chirurgie de révision : 53 patient ont été opérés dont 14 patients ont été convertis en PTIE. La comparaison entre l'AH et l'ASR n'a révélé aucune différence significative dans les résultats cliniques. L'analyse des complications postopératoires et des ré opérations a mis en évidence plusieurs différences, il y avait plus de complications pour les HA que les PTIE ainsi que la non-union des tubérosités reste un problème avec l'HA.

Entre 2007 et 2011, l'étude de Repetto et al [\[122\]](#) a recruté 92 patients consécutifs ayant reçu un diagnostic de fractures déplaçées en trois à quatre parties, de fractures avec luxation de la tête et de fractures avec tête fendue, 41 patients ont bénéficié d'une ORIF, 24 de l'AH et 27 de la PTIE. L'hémi arthroplastie était indiquée pour les jeunes patients âgés moins de 70 ans, tandis que l'arthroplastie inversée de l'épaule était réservée aux personnes âgées et/ ou patients présentant une

insuffisance préexistante documentaire de la coiffe des rotateurs ou une comminution sévère des tubérosités dans le cadre d'une fracture à 3-4 fragments. L'analyse statistique comparant chaque groupe de traitement a montré de meilleurs scores de résultats pour : PTIE avec une flexion à 125° contre 103° pour HA, une abduction de 109.7° pour PTIE contre 95° pour HA, et une rotation externe à 20.3° pour la PTIE alors que pour HA était de 16.5°, la rotation interne arrivant au niveau fessier pour la PTIE contrairement à HA arrivant à La jonction lombosacrée , et pour le score de Constant était de 58.5 chez les patients traités par PTIE alors qu'il était de 48.4 pour le HA. Arrivant aux complications, les patients traités par PTIE, 9 ont présenté des complications : 4 cas d'encoche scapulaire silencieux cliniquement, 2 instabilités, 1 cas de traumatisme péri prothétique, 1 hématome post-opératoire, et 1 infection profonde, avec 3 patients ont été réopéré pour chirurgie de révision : 1 cas de conversion diaphysaire pour fracture, 1 révision en deux temps pour infection profonde, et 2 échanges de composants. Pour HA, 9 patients ont présenté des complications : 5 cas de non-union/mal union des tubérosités, 1 cas de rupture secondaire de coiffe, 2 cas de fracture périprotétique traumatique et 2 cas de raideur, 7 patients qui ont dû être convertis à la PTEI en raison d'une douleur persistante et d'une diminution de l'amplitude de mouvement. Toutes les modalités de traitement ont donné des résultats fonctionnels moyens allant d'optimaux à bons, l'analyse statistique a montré une légère amélioration de l'abduction pour PTIE par rapport à HA. Une caractérisation préopératoire précise du schéma de fracture est nécessaire, et des compétences chirurgicales élevées des différentes techniques opératoires, y compris l'arthroplastie, sont recommandées pour répondre aux attentes fonctionnelles accrues des patients.

En recul moyen de 39 mois, dans l'étude de Bonnevalle et al [77], qui est une étude rétrospective et multicentrique de 165 patients, 95 patients traités par HA contre 70 patients traités par PTIE, 6 patients sont décédés (5 de groupes HA et 1 de groupe PTIE), 61 ont été exclus pour recul clinique ou radiographique insuffisants en laissant 57 HA et 41 PTEI. Il n'existait pas de différence significative entre le groupe HA et PTEI concernant le score de Constant moyen absolu (respectivement, 54 points vs 57 points). Concernant les mobilités actives, l'élévation antérieure moyenne était significativement meilleure dans le groupe PTEI (130° vs 112°). Aucune différence significative n'a été mise en évidence pour la rotation externe coude au corps (28° vs 23°), alors que la rotation interne était significativement meilleure dans le groupe HA (arrivant au L3 pour HA vs arrivant au sacrum pour PTIE). Le taux global de complications postopératoires était respectivement de 24 % et 10 % dans le groupe HA et PTEI. Dans le groupe HA : 11 raideurs postopératoires ont été traitées médicalement par des soins de rééducations prolongés, 1 ossification ectopique semble avoir été la cause d'une raideur postopératoire majeure, 1 infection a nécessité une reprise chirurgicale précoce avec lavage, antibiothérapie et conservation de l'implant, 1 atteinte du plexus brachial a été constatée en postopératoire et a été suivie sans réintervention. Dans le groupe PTEI, 1 hématome postopératoire a été considéré comme non compressif et n'a pas nécessité de reprise chirurgicale, 1 atteinte du plexus brachial a été diagnostiquée en postopératoire, 2 ossifications majeures se sont révélées tardivement sur le bilan radiologique à la révision. Aucune instabilité prothétique n'a été recensée. À court et moyen terme, la PTEI donne de meilleurs résultats cliniques que l'HA. Le taux de complications est supérieur après HA. Toutefois, l'encoche présente dans plus de

20% des PTEI, justifie de rester prudent quant à l'utilisation de cet implant chez les patients jeunes et actifs.

Les raisons de l'échec d'une hémirthroplastie (HA) lorsqu'elle est utilisée pour traiter une fracture de l'humérus proximal incluent les tubérosités déplacées ou nécrotiques, le stock osseux métaphysaire insuffisant et les déchirures de la coiffe des rotateurs. Ainsi qu'après l'échec d'une HA dans le traitement d'une fracture de l'humérus proximal, la conversion en PTIE peut permettre un soulagement de la douleur et une amélioration de la fonction de l'épaule mais Le taux de complications est considérable. L'arthroplastie totale inversée de l'épaule est souvent la seule forme de traitement restante chez ces patients. [123]

Tableau 6. Amplitude des mouvements selon les différentes études.

Séries	Flexion antérieure		Abduction		Rotation externe		Rotation interne	
	PTIE	HA	PTIE	HA	PTIE	HA	PTIE	HA
Chalmers et al [120]	133°	106°	–	–	41°	28°	46°	50°
Repetto et al [122]	125°	103°	109.7°	95°	20.3°	16.5°	Niveau du fessier	La jonction lombo-sacrée
Eythor et al [79]	125°	90°	112°	83°	18°	27°	Arrivant au niveau de fessier	Arrivant au niveau fessier
Bonnevialle et al [77]	130°	112°	–	–	23°	28°	Sacrum	L3
Gallinet et al [69]	97.5°	53.5°	91°	60°	13.5°	9°	54.6°	31°
Grant et al [100]	122°	91°	–	–	33°	31°	–	–
Anil et al [121]	115°	109°	–	–	35°	38.9°	–	–

Tableau 7. Score de Constant Murley selon les différentes études.

Séries	Score de Constant–Murley	
	PTEI	HA
Repetto et al [122]	58.5	48.4
Eythor et al [79]	58.7	47.7
Gallinet et al [69]	53	39
Anil et al [121]	69.7	66.3
Bonnevialle et al [77]	54	57

Tableau 8. : complications et chirurgie de révision selon les différentes études.

Séries	Complications		Chirurgie de révision	
	PTEI	HA	PTEI	HA
Chalmers et al [120]	1 patient (syndrome douloureux régional complexe)	2 patients (1 arthrofibrose et 1 névrite ulnaire)	0	1 patient (1 révision pour libération et transposition du nerf cubital)
Repetto et al [122]	9 patients (4 encoche scapulaire silencieux cliniquement, 2 instabilité, 1 cas de traumatisme péri prothétique, 1 hématome post-opératoire, et 1 infection profonde).	9 patients (5 non-union/mal union des tubérosités, 1 rupture secondaire de coiffe, 2 fracture périprothétique traumatique 2 raideur)	3 patients (1 cas de conversion diaphysaire pour fracture, 1 révision en deux temps pour infection profonde, et 2 échanges de composants)	7 patients (conversion à la PTEI en raison d'une douleur persistante et d'une diminution de l'amplitude de mouvement)
Eythor et al [79]	3 patients (1 décès dans la période post opératoire précoce par une pneumonie ; 1 fracture péri prothétique humérale distale, 1 syndrome douloureux régional complexe)	4 patients (3 fracture de la diaphyse humérale, 1 cas de la migration proximale de la tête de l' HA)	1 patient (la fracture péri prothétique a nécessité une conversion à l'ORIF)	2 patients (1 fracture a été révisée et convertie en PTIE, 1 conversion en PTIE de la migration proximale de la tête de l'HA)
Bonnevialle et al [77]	4 complications (1 hématome postopératoire non compressif ,1 atteinte du plexus brachial , 2	14 complications (11 raideurs postopératoires, 1 ossification ectopique, 1 infection, 1	0	1 patients tés (1 reprise chirurgicale précoce avec lavage, antibiothérapie

La prothèse totale de l'épaule inversée dans le traitement
des fractures fraîches de l'humérus proximal du sujet âgé

	ossifications majeures)	atteinte du plexus brachial)		et conservation de l'implant)
Gallinet et al [69]	18 complications (1 infection profonde, 1 infection superficielle ,1 dystrophie sympathique réflexe , 15 encoche glénoïdiennes)	8 complications (1 paralysie axillaire transitoire, 2 dystrophie sympathique réflexe, 1 infection superficielle, 1 fracture de la diaphyse humérale, 3 positionnement anormal de la tubérosité)	0	1 patient (1 retrait de prothèse à cause d'une infection profonde)
Grant et al [100]	1 patient (1 encoche glénoïdien)	3 patients (2 non-union de la tubérosité, 1 pléxopathie brachiale)	0	2 patients (2 révision en arthroplasties totale d'épaule inversées pour la non-union de la tubérosité)
Anil et al [121]	29 complications (3 infections superficielles, 5 infections profondes, 12 lésions neurologiques, 9 dislocation)	73 complications (6 défaillance du matériel, 11 infection profonde, 25 infection superficielle, 12 lésions neurologiques, 7 dislocation, 12 non union des tubérosités)	11 patients (4 entre eux ont été convertie en HA)	53 patients (14 patients ont été convertis en PTIE)

iv. Comparaison de PTEI contre ORIF par amplitude des mouvements, score de Constant Murley et complications :

L'évaluation de ces blessures doit inclure une évaluation de la qualité osseuse du patient, de son indépendance sociale et du risque chirurgical. Avec la fixation interne, une attention particulière doit être accordée à la comminution médiale, à l'angulation en varus et à la restauration de la calcar. Lors d'une arthroplastie, une attention particulière doit être portée à la restauration anatomique des tubérosités et au placement correct des prothèses. [105]

Selon l'étude de Chalmers et al [120], qui est une étude cas –témoins de 27 patients ; 9 ont subi PTEI, 9 HA et 9 ORIF. Le recul minimum était de 1 an, la prothèse totale inversée a permis d'obtenir une flexion antérieure qui était à 133° par rapport à 108° pour l'ostéosynthèse à foyer fermé, ainsi qu'une rotation externe à 41 ° pour les prothèses totales inversées par rapport à 46° pour l'ostéosynthèse à foyer fermé, et une rotation interne de 46° par la prothèse totale inversée en comparaison avec l'ostéosynthèse à foyer ferme à 42°. Pour les complications, dans le statut des patients après PTIE : 1 patient a développé syndrome douloureux régional complexe, nécessitant une référence à un spécialiste de la douleur spécialiste de la gestion, mais a connu un soulagement complet avec 2 blocs ganglionnaires stellaires et prégabaline. Parmi les statuts des patients après ORIF : 1 patient a développé une arthrofibrose et a subi une libération capsulaire arthroscopique ultérieure et décompression sous-acromiale. Ce patient a ensuite développé la nécrose avasculaire à 2,3 ans après la fixation et probablement nécessitent un remplacement total de l'épaul. En concluant la PTIE semble fournir

une amplitude de mouvement supérieure plus tôt et de manière plus prévisible que l'ORIF, avec des économies de coûts significatives pour Medicare.

Selon Fraser et al [75], qui est une étude de 124 patients, cette étude est un essai clinique comparant 2 traitements chirurgicaux, la prothèse totale et la réduction ouverte et la fixation interne (ORIF), dont 64 patients ont été assignés à la PTIE inversée et 60 patients ont été assignés à l'ORIF. Le critère de jugement principal était le score de Constant lors d'un suivi de 2 ans, le score de Constant moyen était de 68,0 points (63,7 à 72,4 points) pour le groupe PTIE contre 54,6 points (48,5 à 60,7 points) pour le groupe ORIF, résultant en une moyenne significative différence de 13,4 points (6,2 à 20,6 points) en faveur du PTEI. La prothèse totale inversée a permis d'obtenir une flexion antérieure qui était à 7° par rapport à 5.2° pour l'ostéosynthèse à foyer fermé et, ainsi qu'une rotation externe à 7° pour les prothèses totales inversées par rapport à 4.4° pour l'ostéosynthèse à foyer fermé, et une rotation interne de 5.9° par la prothèse totale inversée en comparaison avec l'ostéosynthèse à foyer ferme à 5.7°, pour l'abduction : c'était à 6.7° pour la prothèse totale inversée et de 4.7° pour l'ORIF. Pour les complications, il y avait 7 patients qui ont présenté des complications avec la PTIE, dont 2 lésions nerveuses transitoires, 2 infections de la plaie profonde, 2 fractures péri prothétiques et 1 fracture de la glène périopératoire, avec 4 patients qui ont bénéficié d'une chirurgie de révision, 2 pour modifier les composantes de la plaque de l'arthroplastie et 2 pour autres chirurgies de révision. Pour l'ORIF, 11 patients ont présenté des complications, dont 9 pénétrations de vis, 1 fracture périprothétique, 1 pseudoarthrose, 1 rupture de la coiffe des rotateurs, et 7 patients qui ont bénéficié de la chirurgie de révision, 4 modifications des composants de la plaque de

l'arthroplastie, et 3 retraits d'implant. En concluant, les données suggèrent un avantage de la PTIE par rapport à l'ORIF dans le traitement des fractures proximale de l'humérus.

D'après l'étude de Giardella et al [124], qui est une étude rétrospective de 73 patients âgés de plus de 65 ans (extrêmes 65-91) avec des fractures humérales proximales en trois et quatre parties, opérés de janvier 2009 à juin 2014 avec une prothèse totale d'épaule inversée ou une réduction ouverte et ostéosynthèse par plaque angulaire stable, avec un recul d'au moins 1 an, Les critères de jugement principaux sont les amplitudes motrices actives et la fonction de l'épaule (score de Constant). Dans cette étude, 23 patients ont été traités par plaque et vis alors que 21 par prothèse totale inversée de l'épaule, dont les résultats étaient comme suivant : ORIF avec une Flexion 112,8 °, Abduction 99,6 °, Rotation externe à 47,4 °, Rotation interne modale de la main au niveau de l'articulation sacro-iliaque chez 9 patients (39.1%) , Score constant 52,9 .Et pour PTIE : Flexion 133,3°, Abduction 101,4°, Rotation externe à 35,5°, Rotation interne modale main à la taille (L3), Constant Score 65,9. Pour les complications, 5 patients ont présenté des complications avec PTI dont 2 étaient des encoches scapulaires partiellement asymptomatique , 1 patient avec une lyse partielle de la tubérosité supérieure partielle, 1 cas de lyse partielle de la petite tubercule, et 1 cas de l'éperon de l'omoplate humérale. Alors que pour l'ORIF, 4 patients ont présenté des complications type 2 cas de résorption de la tubérosité supérieure, 1 cas de la réabsorption du petit tubercule, et 1 cas de la nécrose partielle de la tête. Aucune lésion nerveuse n'a été signalée. Aucun cas de pseudarthrose ou de fracture de la plaque. Aucun descellement, infection ou luxation de l'implant d'arthroplastie n'a été

documenté et une révision n'a été nécessaire. De meilleurs résultats cliniques et de vie quotidienne sont rapportés dans La PTIE par rapport à l'ORIF, confirmant que le PTIE est l'un des meilleurs traitements des fractures proximales de l'humérus chez les patients âgés, dont l'état de la coiffe des rotateurs est souvent médiocre et dégénératif.

Pour l'étude de Luciani et al [125], de 40 patients qui ont été inclus après un suivi de 37 mois : 22 PTIE et 26 ORIF. Pour la PTI, la flexion était à 124.5°, l'abduction à 109.75°, la rotation externe à 14.25°, la rotation interne modale (main à L5-S1) et un score de Constant à 63.65. Pour l'ORIF, la flexion était de 125.75°, l'abduction à 105.5°, la rotation externe à 28°, la rotation interne arrivant jusqu'à main d7 et le score de Constant a 65.85. A propos les complications, il y avait 14 patients avec PTIE qui ont présentés des complications type : 1 instabilité, 1 infection profonde, 7 encoches scapulaires, 5 mal union des tubérosités avec 2 patients qui ont eu une chirurgie de révision : 1 composante pour remplacement de l'instabilité, 1 révision en deux étapes de révision pour l'infection profonde , alors que 13 patients avec ORIF ont présenté les complications suivantes : 5 ostéonécrose aseptique, 3 perte de réduction, 1 cas d'infection profonde, 2 impingement des sous acromiale, et 2 tubérosités mal joints, dont 9 patients ont bénéficié d'une chirurgie de révision : 3 conversions en PTEI due à la nécrose aseptique, 2 remplacements de plaques, 2 retrait de l'implant, 1 révision en deux étapes pour infection profonde. Dans cette étude, les deux traitements ont montré de bons résultats cliniques, mais la PTIE a entraîné un taux de révision inférieur à celui de l'ORIF. Même si la rotation externe et interne chez les patients PTIE était pire que

l'ORIF, elle n'affectait pas la qualité de vie du patient. Ainsi, l'arthroplastie inversée semble être un traitement plus fiable.

Le but de l'étude de Ockert al [126] était d'examiner les résultats fonctionnels de la PTEI et de les comparer aux résultats après reconstruction et ostéosynthèse par plaques verrouillées 1 an après la chirurgie. Pour les fractures en trois et quatre parties de l'humérus proximal avec tête fendue ou rupture de la coiffe des rotateurs. Les résultats obtenus à 3, 6 et 12 mois de suivi comprenaient l'amplitude de mouvement de l'épaule, le score de Constant, Score de Constant par rapport au côté non blessé. Les données ont été comparées à des patients d'âge, de sexe et de type de fracture correspondants à partir d'une base de données collectée prospectivement de 526 patients traités par ostéosynthèse par plaque verrouillable. Rotation externe de 23° et rotation interne de $65^\circ \pm 26$, la flexion de 105° , et l'abduction de 99° . Alors pour le score de Constant moyen 1 an après l'opération était de $62,4 \pm 14$ par rapport à $64,3 \pm 13,3$ par ORIF, le CS par rapport au côté non blessé était de 76,1 % et il n'y avait aucune différence significative entre les individus appariés traités par réduction ouverte et fixation interne. Alors que pour les complications, avec PTI, 18 patients ont présenté des complications : 5 tubérosités limitée > 5 mm et 13 résorption des tubérosités secondaires. Alors que pour l'ORIF, 7 patients ont connu un mauvais résultat fonctionne en raison d'une dislocation luxation secondaire, de l'arrachement vis ou d'une nécrose de la tête humérale, dont 3 patients ont nécessité une deuxième ou troisième intervention. Il n'y a pas eu d'infections, de luxations, troubles vasculaires ou neuraux et une reprise chirurgicale n'a été nécessaire chez aucun patient. La PTEI doit être considérée comme une alternative appropriée pour le traitement primaire des fractures

comminutives en trois et quatre parties de l'humérus proximal avec tête fendue ou rupture importante de la coiffe des rotateurs chez les patients âgés. Bien que la PTIE puisse fournir une stabilité immédiate de l'épaule chez les patients âgés souffrant de graves blessures à l'épaule, la PTIE primaire doit être étudiée en ce qui concerne les résultats à long terme.

Entre 2007 et 2011, l'étude de Repetto et al [\[122\]](#) a recruté 92 patients consécutifs ayant reçu un diagnostic de fractures déplacées en trois à quatre parties, de fractures avec luxation de la tête et de fractures avec tête fendue ont été évalués en postopératoire avec un score de Constant–Murley, ainsi que les mouvements de bras : Toutes les modalités de traitement ont montré des résultats fonctionnels allant d'optimaux à de bons résultats fonctionnels moyens. 22 patients ont bénéficié d'une ORIF utilisant la technique de brochage avec des broches de Kirschner, 19 d'une ORIF utilisant des plaques de compression verrouillées , 24 de l'AH et 27 de la PTIE, la technique de brochage a été réservée aux fractures disposées en 3– 4 fragments avec un stock osseux métaphysaire acceptable et une arche médiale conservée, chaque fois qu'une réduction fermée anatomique peut être obtenue, l'intervention chirurgicale a été réalisée selon la technique de Kapadjanji par réduction fermé sous contrôle fluoroscopique et accès mini-invasif à l'insertion du deltoïde pour éviter une lésion du nerf axillaire, le recours à l'ORIF avec plaque verrouillée a été envisagée pour les fractures à 3–4 fragments sévèrement déplacées avec comminution métaphysaire, arc médial compromis ou impossibilité d'obtenir une réduction fermée stable et en cas de fractures avec dislocation du fragments de la tête chez les patients plus jeunes, alors que la PTEI était réservée aux personnes âgées et/ou aux patients présentant une insuffisance préexistante

documentée de la coiffe des rotateurs ou une comminution sévère des tubérosités dans le cadre d'une fracture à 3-4 fragments .L'analyse statistique comparant chaque groupe de traitement a montré de meilleurs scores de résultats pour : PTIE avec une flexion à 125° contre 130° pour ORIF, une abduction de 109.7° pour PTIE contre 104.4° pour ORIF, et une rotation externe à 20.3° pour la PTIE alors que pour ORIF était de 23.3°, la rotation interne arrivant au niveau fessier pour la PTIE contrairement à ORIF arrivant à L3, et pour le score de Constant était de 58.5 chez les patients traités par PTIE alors qu'il était de 61.8 pour l'ORIF. Arrivant aux complications, les patients traités par PTIE, 9 ont présenté des complications : 4 cas d'encoche scapulaire silencieux cliniquement, 2 instabilité, 1 cas de traumatisme péri prothétique, 1 hématome post-opératoire, et 1 infection profonde, avec 3 patients ont été réopéré pour chirurgie de révision : 1 cas de conversion diaphysaire pour fracture, 1 révision en deux temps pour infection profonde, et 2 échanges de composants. Pour ORIF, 7 patients ont présenté des complications : 4 nécrose avasculaire, 1 paralysie transitoire du nerf circonflexe, 2 impingement acromial, juste 3 patients qui ont bénéficié d'une chirurgie de révision : 3 conversion en PTIE due à la persistance de la douleur et la restriction des mouvements. Le traitement des fractures proximales de l'épaule est aujourd'hui un défi, même pour les chirurgiens de l'épaule expérimentés. Les différentes options opératoires viables donnent de bons résultats lorsqu'elles sont utilisées pour l'indication correcte.

Selon les six études comparatives directes qui ont été incluses. Nous avons constaté que la PTEI est recommandé pour traiter les patients âgés de 65 ans ou plus âgés avec des fractures en trois ou quatre parties. Par rapport à l'ORIF, PTEI a entraîné une meilleure flexion vers l'avant et une amélioration de score de Constant

La prothèse totale de l'épaule inversée dans le traitement des fractures fraîches de l'humérus proximal du sujet âgé

Murley mais non significatif, une abduction égale, moins de rotation externe, complications accrues (de 42 %) mais moins de chirurgies de révision (de 63 %).

[127]

Tableau 9. Amplitude des mouvements selon les différentes études. [127]

Séries	Flexion antérieure		Abduction		Rotation externe		Rotation interne	
	PTIE	ORIF	PTIE	ORIF	PTIE	ORIF	PTIE	ORIF
Chalmers et al [120]	133°	108°	–	–	41°	46°	46°	42°
Fraser et al [75]	7°	5.2°	6.7°	4.7°	7°	4.4°	5.9°	5.7°
Giardella et al [124]	133.3°	112.8°	101.4°	99.6°	35.5°	47.4°	Niveau L3 chez 7 patients (33.3%)	Niveau de l'articulation sacro-iliaque chez 9 patients (39.1%) D7 (52%)
Luciani et al [125]	124.5°	125.75°	109.75°	105.5°	14.25°	28°	L5–S1 (68%)	D7 (52%)
Ockert et al [126]	105°	–	99°	–	22°	–	65°	–
Repetto et al [122]	125°	130°	109.7°	104.4°	20.3°	23.2°	Niveau du fessier	L3

Tableau 10. Score de Constant Murley selon les différentes études. [127]

Séries	Score de Constant Murley	
	PTIE	ORIF
Fraser et al [75]	68	54.6
Giardella et al [124]	65.9	52.9
Luciani et al [125]	63.65	65.85
Ockert et al [126]	62.4	64.3
Repetto et al [122]	58.5	61.8

Tableau 11. Complications et chirurgie de révision selon les différentes études.

[127]

Séries	Complications		Chirurgie de révision	
	PTIE	ORIF	PTEI	ORIF
Chalmers et al [120]	1 patient (syndrome douloureux régional complexe)	1 patients (arthrofibrose et 2 ans plus tard le patient a développé une nécrose aseptique)	0	1 patient (libération capsulaire arthroscopique et décompression sous acromiale aura probablement besoin de conversion a PTIE)
Fraser et al [75]	7 patients (2 lésions nerveuses, 2 infection profonde de la plaie, 2 fracture périprothétique, 1 fracture glénoïde péri-opératoire)	11 patients (9 pénétration de vis, 1 fracture périprothétique, 1 pseudoarthrose, 1 rupture de la coiffe des rotateurs)	2 patients (2 changement des composants, 2 autres révisions de l'implant)	7 patients(, 4 modifications des composants de la plaque de l'arthroplastie, et 3 retraits d'implant)
Giardella et al [124]	5 patients (2 encoche scapulaire partiellement asymptomatique, 1 lyse partielle de la tubérosité supérieure partielle, 1 lyse partielle de la petite tubercule, 1 éperon de l'omoplate humérale).	4 patients (2 résorption de la tubérosité supérieure, 1 réabsorption du petit tubercule, et 1 nécrose partielle de la tête).	0	0
Ockert et al [126]	18 patients (5 tubérosités limitée > 5 mm , 13 résorption des	7 patients (un mauvais résultat fonctionnel en raison d'une dislocation	0	3 patients ont nécessité une deuxième ou troisième

La prothèse totale de l'épaule inversée dans le traitement
des fractures fraîches de l'humérus proximal du sujet âgé

	tubérosités secondaires)	luxation secondaire, de l'arrachement vis ou d'une nécrose de la tête humérale).		intervention.
Luciani et al [125]	14 patients (1 instabilité, 1 infection profonde, 7 encoche scapulaire, 5 mal union des tubérosités).	13 patients (5 ostéonécrose aseptique, 3 perte de réduction, 1 cas d'infection profonde, 2 impingement des sous acromiale, et 2 tubérosités mal jointes).	2 patients (1 composante pour remplacement de l'instabilité, 1 révision en deux étapes de révision pour l'infection profonde).	9 patients (3 conversions en PTI due à la nécrose aseptique, 2 remplacements de plaques, 2 retrait de l'implant, 1 révision en deux étapes pour infection profonde).
Repetto et al [122]	9 patients (4 encoche scapulaire silencieux cliniquement, 2 instabilité, 1 cas de traumatisme péri prothétique, 1 hématome post- opératoire, et 1 infection profonde).	7 patients (4 nécrose avasculaire, 1 paralysie transitoire du nerf circonflexe, 2 impingement acromial)	3 patients (1 cas de conversion diaphysaire pour fracture, 1 révision en deux temps pour infection profonde, et 2 échanges de composants)	3 patients (3 conversion en PTI due à la persistance de la douleur et la restriction des mouvements.

D. Rééducation :

Elle est capitale et joue un rôle très important dans le résultat final. En général le principe de la rééducation consiste en une mobilisation active des doigts, du poignet et du coude dès que possible, mais la mobilisation de l'épaule ne peut être que passive avec des mouvements pendulaires jusqu'à la consolidation. La kinésithérapie active de l'épaule débute généralement à la fin de la 4^{ème} semaines avec un renforcement progressif de la 6^{ème} à la 9^{ème} semaines.

Au cours de la journée les exercices doivent être répétées et nécessitent d'être poursuivis jusqu'au 6^{ème} mois afin de minimiser tout déficit résiduel de force ou de mobilité.

Néanmoins, certains cas peuvent amener à reporter la mobilisation de l'articulation, en particulier une luxation glèno-humérale qui fera différer la mobilisation passive de trois semaines et une ostéoporose prenant compte de la faible tenue du matériel d'ostéosynthèse. Dans tous les cas, la rotation externe est généralement retardée, surtout lors de l'utilisation d'une approche deltopectorale.

[46,98]

10. RESULTAT THERAPEUTIQUE :

A. Résultats fonctionnels :

Etablie par le score de constant (Murley) représentant une méthode qui enregistre les paramètres individuels et fournit une évaluation fonctionnelle clinique global, elle est applicable indépendamment des détails du diagnostic ou des anomalies radiologiques, en plus d'être suffisamment sensible pour révéler même de petits changements de fonction.

Le score est introduit en 1987 [11], et révisé en 2008 [128], il est composé de 4 domaines : la douleur (1 item) à 15 points, l'activités de la vie quotidienne (3 items pour le niveau d'activité: le travail, le sport, le sommeil et 1 item pour le positionnement de la main : rotation) à 20 points, la mobilité (4 items : abduction ou élévation latérale et antérieure, rotation externe et interne) à 40 points, et la force (1 item) à 25 points. [11]

La douleur et les activités de la vie quotidienne sont interrogées auprès du patient (autoévalués), tandis que tous les autres éléments sont évalués par l'examineur.

L'interprétation du score varie de 0 pour la pire fonction et 100 pour la meilleure. La comparaison avec le côté controlatéral est possible. [129]

L'âge et le sexe étant connus pour affecter la fonction, un score de constant absolu peut être moins informative qu'un score ajusté pour l'âge et le sexe. Ainsi le score de constant pondéré a été proposé, il s'exprime en pourcentage de la valeur de référence appariée en fonction du sexe et de l'âge. [130]

Les premières séries sur le sujet ont rapportées la possibilité d'avoir de bons résultats chez des sujets sélectionnés [12, 26, 27].

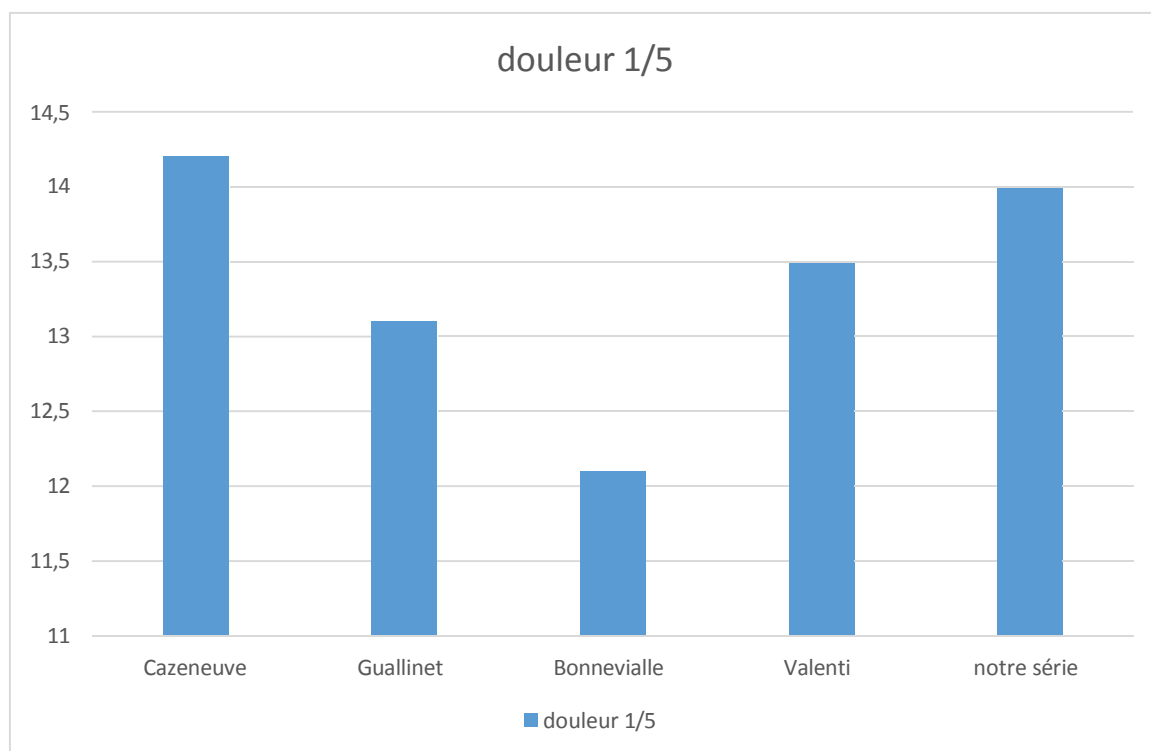
a. La douleur :

La majorité des études ont démontré l'effet antalgique réel de la prothèse inversée de l'épaule en s'appuyant sur la nette amélioration de la douleur en postopératoire.

Dans la série de CAZENEUVE [20] de 41 cas, la douleur s'est nettement améliorée passant à 14,2/15 selon le score de douleur de Constant, même dans la série GALLINET [69] après un recul de 12,4 mois dans une série de 19 cas, a noté un score de Constant pour la douleur de 13,1/15 points. Dans l'étude de Bonneville [77] de 41 cas, après un recul de 39 mois, le score de Constant pour la douleur était de 12,1/15. Selon l'étude de Valenti et al [16], le score de Constant était de 13,5/15 chez 27 cas pour un recul de 22.5.

Dans notre de série de 35 cas (avec 4 patients qui ont été perdus de vu), nous avons constaté un score de la douleur à 14/15 après un recul moyen de 26.3 mois.

Nous concluons donc que l'effet antalgique de la prothèse inversée de l'épaule est important dans toutes les séries y compris la nôtre avec un soulagement efficace de la douleur quel que soit l'étiologie d'origine de l'arthroplastie inversée.

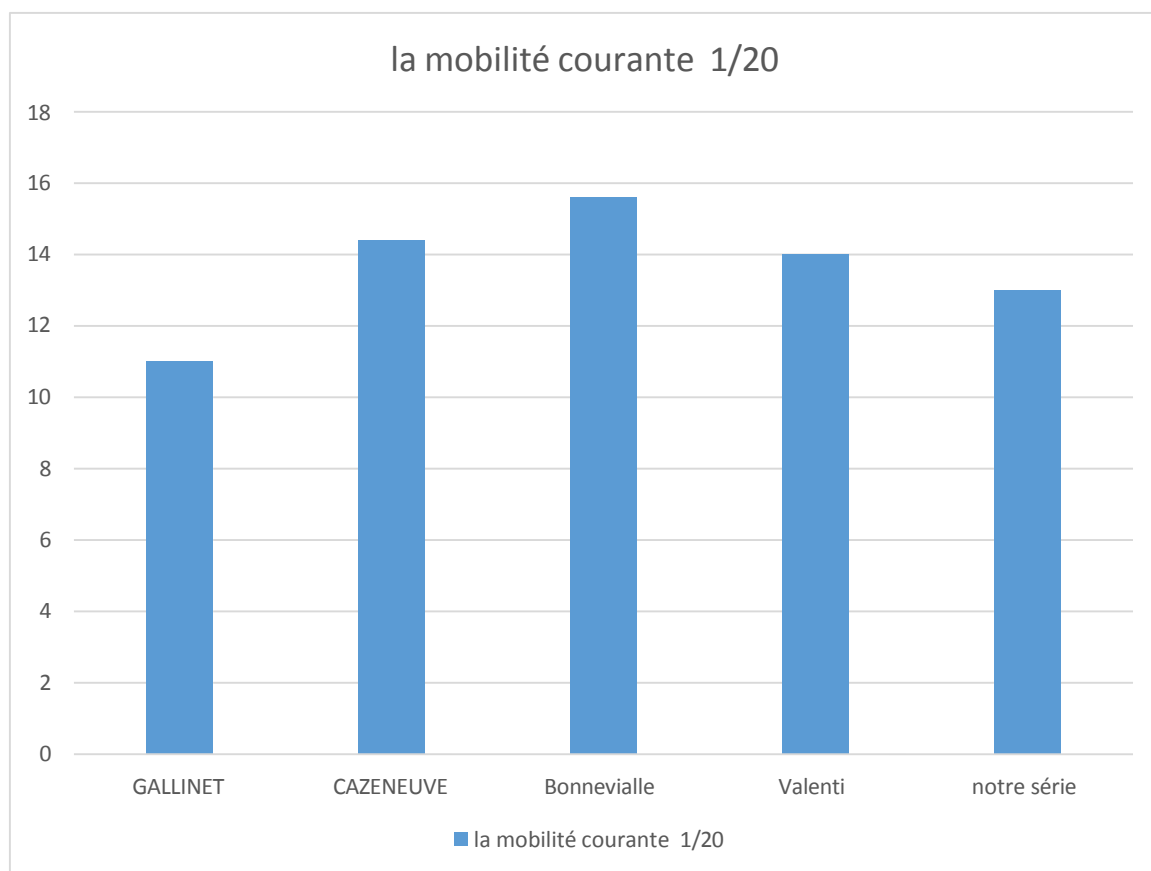


Graphique 12. Comparaison de la douleur dans les Différentes séries selon le score de CONSTANT

b. La mobilité courante :

La mobilité courante est l'activité de la vie quotidienne, elle était estimée à 11/20 dans la série de GALLINET [69], de 14,4/20 chez CAZENEUVE [20], de 15,6/20 selon l'étude de Bonnevalle [77], et dans la métaanalyse de Valenti et al [20] le score était de 14/20. Alors que dans la nôtre elle était cotée à environ 13/20 de selon le score de CONSTANT pour l'activité quotidienne.

Nous constatons que la mobilité courante de notre série se rapproche de celle de la littérature.



Graphique 13. Comparaison de la mobilité courante dans les Différentes séries selon le score de CONSTANT.

c. La mobilité active :

Dans la série de CAZENEUVE [20], la mobilité active des patients en postopératoire est cotée à 17,2/40, alors que dans la série de GALLINET [69] de 40 cas, elle était de 16,95/40 points.

On a objectivé dans notre série de 35 cas une mobilité active postopératoire estimée à 21/40 selon CONSTANT (pour l'élévation antérieur, l'abduction, la rotation externe et la rotation interne était de 5,98 ; 5,42; 5,8 et de 4,7 respectivement).

Nous remarquons qu'on obtient un score de mobilité active qui rejoint celui des séries de littérature.

GALLINET [69] a rapporté dans sa série une élévation antérieure active (EAA) cotée à 75,5°.

Dans la série de CAZENEUVE, l'EAA moyenne est estimée à 86,2°, tandis que dans notre série elle était estimée en moyenne à 105°.

Valenti et al [16] ont retrouvé en utilisant le même implant que le nôtre, une élévation antérieure moyenne de 112°, une abduction moyenne de 97° et une rotation externe de 12,7° coude au corps et 55° à 90° d'abduction.

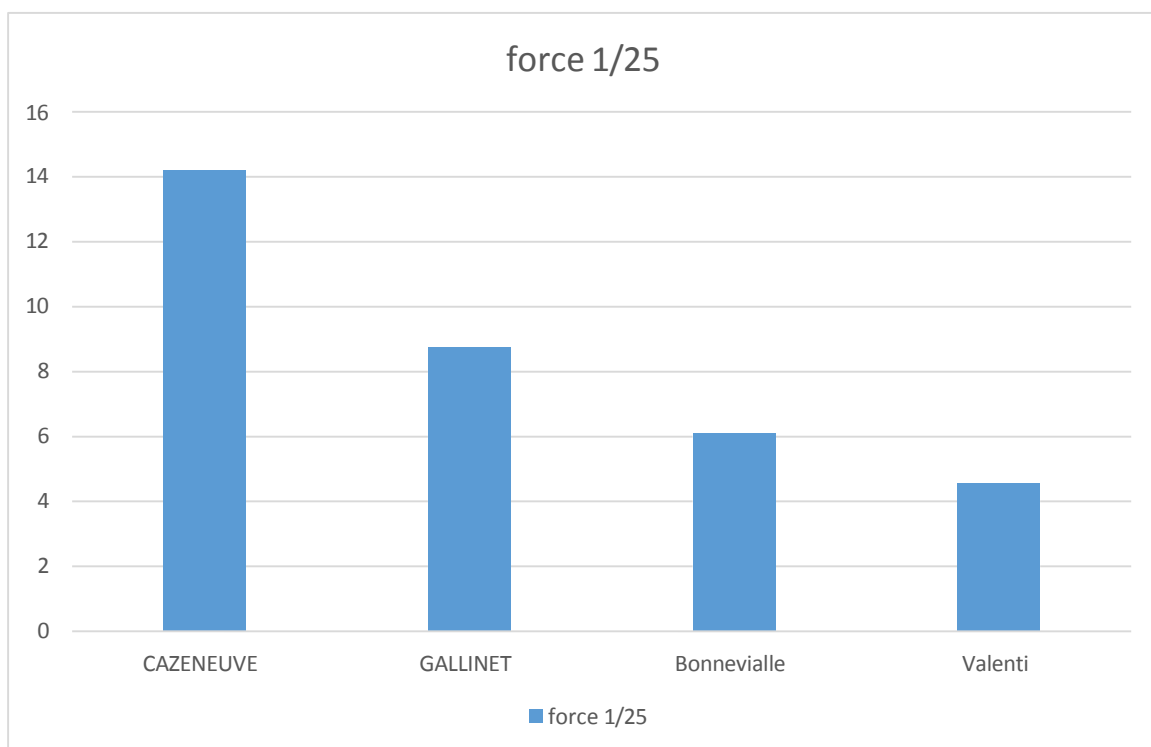
Dans l'étude de Bonneville et al [77], l'élévation antérieure active était à 112°, une rotation externe active à 28°, une rotation interne active au niveau de sacrum.

Dans notre étude nous avons eu une élévation moyenne de 105°, une abduction de 90° et une rotation externe de 11° (coude au corps). Donc, l'EAA moyenne dans notre série est assez proche de celle des séries de littérature étudiées

d. La force :

Selon le score de Constant, elle était de 14,2/25 dans la série de CAZENEUVE [20], de 8,4/25 chez GUALLINET [69], de 6,1/25 dans l'étude de Bonneville [77] et de 4,59 pour Valenti et al [16] alors que dans notre série, la force était estimée à 5.1/25.

Nous constatons que la force dans notre série était de 8/25 et elle est proche de celle de GALLINET mais reste inférieure à celle de CAZENEUVE, du fait que ce dernier avait un recul beaucoup plus important (79 mois).



Graphique 14. Comparaison de la force dans les Différentes séries selon le score de CONSTANT.

e. Le score de Constant global :

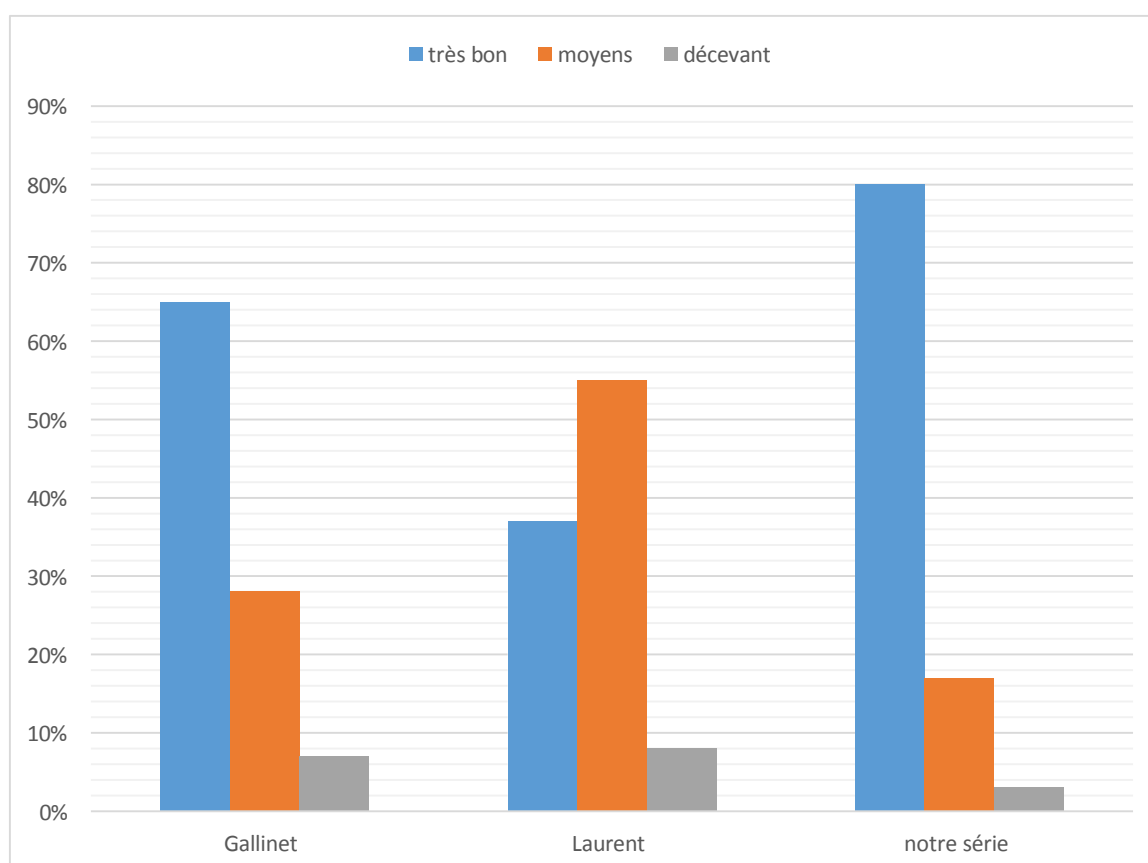
On note que le Constant global brut dans notre série était de 57 points ; ce qui rejoint celui des autres séries de la littérature comme dans la série GALLINET [69] ; le score était 53 points, alors que chez CAZENEUVE [20], le score de Constant brut était de 59 points, chez Valenti et al [16], le score de Constant brut était de 54,9, et dans l'étude de Bonnevalle et al [77], le score de constant brut était de 54.

Tableau 12. Le CONSTANT global dans les différentes séries.

Série	CAZENEUVE [20]	GALLINET [69]	Bonnevialle [77]	Valenti [16]	Notre série
Score de constant global /100	59 points	53 points	54	54.9	57 points

B. Résultats globaux :

Le pourcentage de résultats satisfaisants obtenu dans notre série reste très encourageant, en le comparant avec les résultats des autres séries de prothèse inversée dans la littérature.



Graphique 15. Résultats globaux des arthroplasties totales inversées de l'épaule dans les différentes séries.

11. COMPLICATIONS DE LA PTIE :

La pose d'une prothèse totale inversée de l'épaule fait appel à une chirurgie très technique qui peut être source de nombreuses complications, dont le taux varie entre 6 et 50% selon des centres de référence pour la chirurgie d'épaule [131 ,132].

Les complications les plus fréquentes sont les infections, les problèmes glénoïdiens à savoir le descellement et le désassemblage, les instabilités, les fractures de la voûte acromiale et les encoches qui sont parfois considérées comme des complications à part car spécifiques de l'arthroplastie inversée. La majorité des complications, surtout dans les prothèses inversées de première intention, sont en relation avec une erreur d'indication ou une faute de technique opératoire. Leur traitement nécessite en règle générale une reprise chirurgicale. Au cas où la prothèse peut être retenue, le résultat fonctionnel n'est pas gravement compromis. En revanche, si l'ablation de la prothèse s'avère nécessaire, il résulte un bras ballant non fonctionnel. [133]

Les complications, dont les encoches scapulaires, peuvent, dans la grande majorité, être évitées par une indication et une technique opératoire rigoureuses. [134]

Tableau 13. Taux de complication dans les séries de littérature de prothèses
inversées d'épaule.

	Nombre de patients	Age moyen	Recul moyen (mois)	Taux de complications
KLEIN 2008 [135]	20	75	33	15%
GALLINET 2009 [69]	19	74	12	16%
BONNEVIALLE 2016 [77]	70	78	39	10%
REPETTO 2017 [122]	27	71,2	41,7	33%
LUCIANNA 2020 [125]	22	75,5	37	67%
FRASER 2020 [75]	64	75,7	24	11%
CHALMERS 2014 [120]	9	77,6	14,4	11%
GIARDELLA 2017 [124]	21	77,2	24	24%
Notre série	35	71	26.3	17.14%

A. Complications peropératoires :

Elles sont dominées par les fractures périprothétiques peropératoires, dont les principaux facteurs de risque restent le sexe, l'âge, l'ostéoporose et la polyarthrite rhumatoïde. La survenue de ces fractures périprothétiques peropératoires reste le plus souvent liée à l'exposition chirurgicale, à la préparation du canal médullaire, ou à la mise en place de l'implant définitif. Une installation correcte ainsi qu'une voie d'abord adaptée permettant une bonne exposition du patient est indispensable afin d'éviter tout bras de levier excessif sur l'humérus que ce soit lors de l'exposition de la glène, de la luxation de la tête humérale ou de la réduction de la prothèse définitive.

Dans notre série, le pourcentage des fractures peropératoires dans notre série est de 0%, car on n'a pas noté la présence des fractures périprothétiques peropératoires.

B. Complications post-opératoires :

a. Précoces :

i. Douleur :

La douleur postopératoire ou douleurs résiduelles sont fréquentes durant les suites post-opératoires immédiates impliquant une prise en charge adéquate.

Dans la série de CHALMERS [120] de 9 cas de prothèses inversées, 1 patients ont présenté un syndrome douloureux régional résiduel soit 11% des cas, même dans l'étude d'Eythor et al [79] qui est une étude de 48 prothèses totales inversées (avec 7 qui ont été perdus de vue) ,1 patient a présenté un syndrome douloureux régional complexe. Quant à notre série de 35 arthroplasties inversées, 3 cas ont présenté ce type douleurs résiduelles soit 8%.

ii. Complications vasculo-nerveuses :

Ce sont des complications plutôt rares avec une incidence entre 1 et 2,2%, et sont essentiellement dues aux mécanismes de traction excessive, une compression, un étirement ou une section accidentelle d'un nerf surtout l'axillaire [136]. Les lésions neurologiques les plus fréquentes sont représentées par :

- L'atteinte du nerf axillaire, cause la plus fréquente.
- L'atteinte du nerf musculo-cutané.
- Les atteintes globales du plexus brachial.

Leur pronostic est bon avec une récupération spontanée complète dans plus de 80 %. [133].

Dans l'étude de Bonneville et al [77] qui une série de 70 PTIE, il y avait 1 seule atteinte de plexus brachial soit 1,5%. Dans la série d'Anil et al [121], qui est une étude de 217 PTIE, il y avait 12 lésions neurologiques, alors que dans notre étude il n'y avait aucune atteinte vasculo-nerveuse.

b. Secondaires :

i. Infection :

C'est la complication la plus redoutée et la plus délétère. Les facteurs susceptibles d'expliquer le taux généralement élevé des infections sont surtout l'espace mort sous-acromial créé par l'abaissement de l'humérus, mais aussi l'âge avancé des patients et la grande fréquence d'infiltrations multiples qui peuvent précéder la prothèse. Le germe le plus fréquemment incriminé est le *Propionibacterium acnes*. [133]

Le traitement conservateur par débridement chirurgical et antibiothérapie ne peut être efficace que lors d'infection précoce (dans les 3 premiers mois). Pour les

infections tardives, il est recommandé de faire un changement prothétique en deux temps avec mise en place d'un espaceur (spacer) en ciment provisoire, et une antibiothérapie dirigée qui doit être d'une durée de 3 à 6 mois. Puis, la prothèse définitive sera implantée après normalisation des paramètres biologiques de l'infection. [64]

Une infection prothétique traitée avec succès, suivie d'une implantation d'une nouvelle prothèse inversée, peut donner un résultat fonctionnel comparable à celui d'une prothèse non infectée. [137]

Dans notre série à échantillon relativement faible, un seul cas a présenté une infection. Il s'agissait du même patient diabétique.

Chez le reste des patients, aucune infection n'a été décelée, chose pouvant s'expliquer par l'asepsie rigoureuse en préopératoire et par la couverture antibiotique en pré- et postopératoire, ainsi que par les soins de nursing de bonne qualité.

Tableau 14. Les complications infectieuses selon les différentes séries de prothèses inversées.

Séries	Nombre des patients	Nombre des cas	Taux d'infection
Repetto [122]	27	1	3,7%
Guallinet [69]	16	1	6,25%
Luciani [125]	22	1	4.5%
Notre série	31	1	3.22%

ii. Hématome :

Il s'agit toujours d'une complication précoce mineure, car n'ayant pas d'effet sur le résultat fonctionnel à moyen et long terme. L'espace mort sous-acromial créé par l'abaissement de l'humérus favorise la collection d'hématomes après pose de prothèse inversée [133]. Son traitement se fait généralement par aspiration, voire par un drainage chirurgical.

Dans notre série, aucun cas n'a présenté un hématome. Le drainage chirurgical mis en place chez nos patients a sûrement permis d'éliminer cette complication. La littérature quant à elle rapporte une incidence de 1 à 3%, évoquant l'implication de l'espace mort péri-prothétique [134]. Comme dans l'étude de Repetto et al [122], il y avait un cas d'hématome postopératoire soit 3,7%.

c. Tardives :

i. Descellement glénoïdien :

Le descellement glénoïdien est une complication relativement rare mais majeure de l'arthroplastie inversée d'épaule. Elle se voit assez fréquemment en cas de reprises d'échec d'arthroplastie et d'érosion glénoïdienne, le plus souvent secondaire à une erreur technique ou une erreur d'indication opératoire par un stock osseux insuffisant et mauvaise tenue des vis [64].

La plupart des descelllements surviennent précocement (avant 2 ans dans 55% des cas) [134], surtout chez les patients jeunes et actifs (risque de descellement posttraumatique), de sexe féminin, souvent plus ostéoporotiques, qui représentent les facteurs de risque de la survenue de cette complication.

Dans notre série de 31 cas, nous avons rapporté un seul cas de descellement septique suite à une infection de la prothèse soit 3,1% des cas, il a bénéficié d'un traitement en 2 temps en utilisant un implant glénoïdien de reprise.



Figure 113. Descellement du bloc glénosphère-métaglène. [134]

ii. Instabilité ou luxation prothétique :

C'est une complication assez fréquente dont la prise en charge peut s'avérer difficile. Les formes antérieure et supérieure d'instabilité représentent 80% des instabilités [134]. Leur survenue est le plus souvent précoce dans les 3 mois suivant l'intervention, favorisant ainsi leur taux de récurrence (50 % de récurrence dans les luxations précoces). [137]

Cette instabilité n'est souvent pas anticipée au bloc opératoire à la fin de l'intervention du fait que la stabilité prothétique est testée en rotation externe et en abduction. L'instabilité antérieure de la prothèse inversée quant à elle se produit en extension-rotation interne (quand le malade essaye de se lever du lit ou du fauteuil), ainsi, le testing intra-opératoire doit donc se faire dans cette position, afin de diminuer grandement le risque d'instabilité prothétique.

Plusieurs facteurs sont mis en cause dans l'instabilité de la PTIE :

- ⤴ Une glénosphère de petit diamètre ;
- ⤴ L'utilisation de l'abord delto-pectoral ;
- ⤴ La présence d'une infiltration graisseuse au niveau du muscle sous-scapulaire de stade supérieur ou égal à 3.

Une réduction fermée par une manœuvre de traction en flexion-rotation interne d'épaule, sous anesthésie générale, est tentée en première intention. Elle sera associée à la mise en place par la suite d'une attelle d'abduction afin d'améliorer la coaptation prothétique [138]. La durée d'immobilisation après réduction quant à elle est non spécifiée dans la littérature.

Dans la littérature, REPETTO [122] en 2017 déplorait 2 instabilités soient 7,4%. Quant à Luciani [125], il a constaté 1 instabilité postopératoire soit 4,5% qui a été repris. Il pensait que ces instabilités sont probablement dues à la réalisation d'une voie delto-pectorale car elle lèse le sous-scapulaire, ainsi qu'à l'hématome dans l'espace mort créé par le dessin de la prothèse.

Aucune luxation ou instabilité n'a été décelée chez nos 31 patients, probablement au vu de l'absence de dégénérescence graisseuse du muscle sous scapulaire malgré l'utilisation de la voie delto-pectorale.

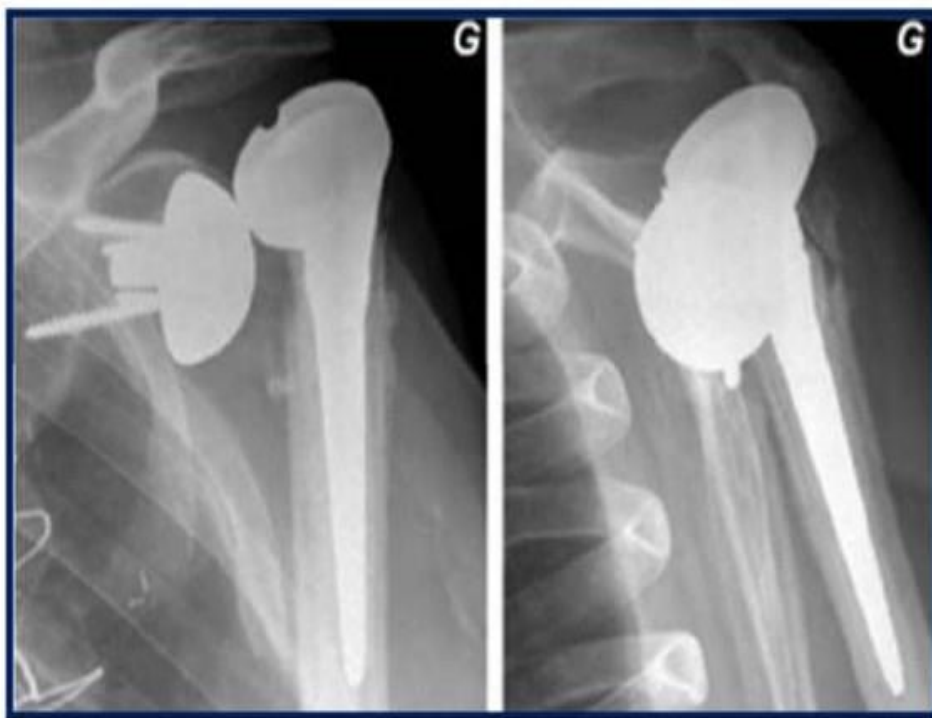


Figure 114. Luxation d'une prothèse inversée de l'épaule gauche. [134]

iii. Les fractures périprothétiques de l'humérus :

La survenue de cette complication en postopératoire pénalise lourdement le résultat fonctionnel final. [131]

L'indication du traitement conservateur en première intention dépend de la stabilité de la fracture, du scellement de la prothèse et de la capacité du patient à supporter une immobilisation prolongée. Dans le cas contraire, une révision chirurgicale s'impose. La tige humérale quant à elle sera changée pour une plus longue en cas de descellement. [138]

La classification SOFCOT 2005 (dérivée de celle de Vancouver) est adaptée pour les fractures périprothétiques de l'humérus [140]. Elle utilise 3 lettres pour le siège et 3 chiffres pour la fixation de l'implant :

- ❖ A = métaphysaire (tubérositaire). / B = au niveau de la tige (diaphyse proximale). / C = au-delà de la tige (diaphyse distale).
- ❖ 1 = implant bien fixé. / 2 = implant descellé. / 3 = ostéolyse.

Cette classification débouche sur des indications thérapeutiques assez claires: une fracture C1 (diaphyse distale, implant bien fixé) indique une ostéosynthèse, alors qu'une fracture B2 nécessite un changement de prothèse.

La grande majorité des fractures de l'humérus se produisent en postopératoire avec un taux de survenu moyen rapporté dans la littérature située entre 1 et 4,4 % [133]. Cette complication n'a pas été retrouvée dans notre série certainement à cause du faible recul clinique.

Figure 115. Les fractures péri-prothétiques selon les différentes séries de prothèses inversées

Série	Nombre des patients	Nombre des cas	Taux des Fractures péri-prothétique
Fraser [75]	64	2	3%
Eythor [79]	41	1	2%
Repetto [122]	27	1	4%
Notre série	31	0	0%

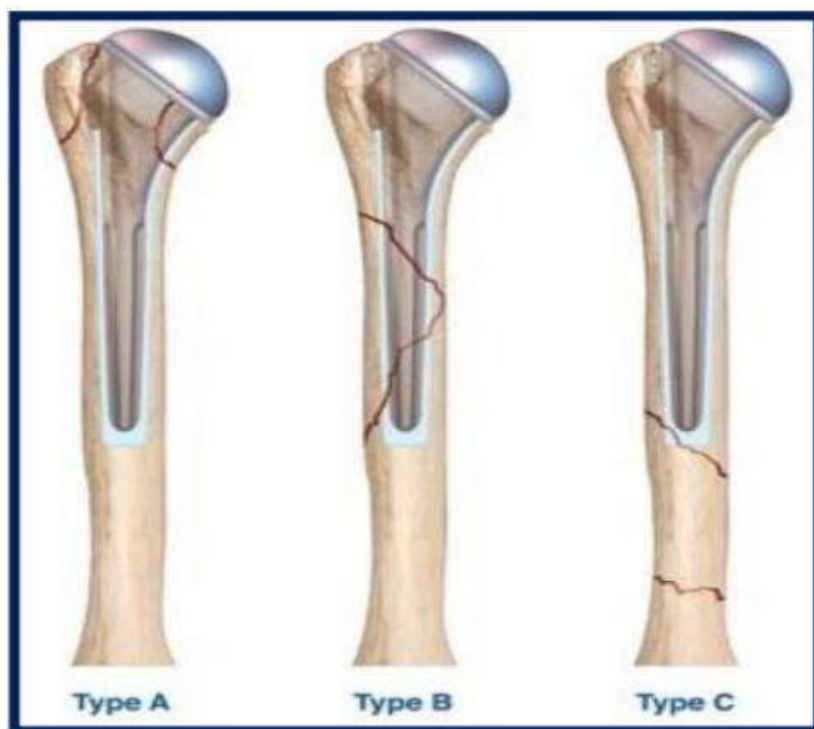


Figure 116. Classification SOFCOT 2005 illustrée sur Un humérus avec prothèse anatomique. [140]

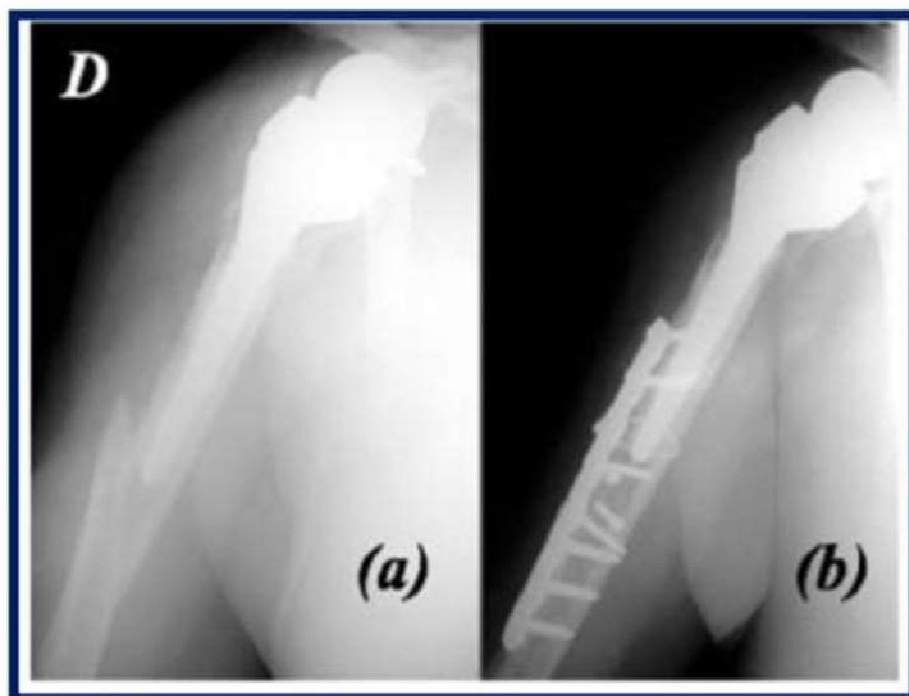


Figure 117. (a) Fracture périprothétique SOFCOT B1 sur une prothèse inversée d'épaule droite. / (b) Synthèse par plaque LCP avec cerclage domino proximal (vis impossible du fait de l'encombrement de la tige). [138]

iv. Fracture de la voûte acromiale :

Il est important de différencier les lésions de la voûte acromiale préopératoire, acquises ou constitutionnelles, des fractures de la voûte acromiale acquise en postopératoire. Ces dernières sont probablement secondaires à la mise sous tension du deltoïde sur une voûte acromiale ostéoporotique et un bras de levier augmenté du deltoïde. Il s'agit le plus souvent d'une « fracture de fatigue », mais un épisode traumatique reste possible. [134]

Contrairement à la fracture de l'épine scapulaire, le traitement chirurgical de la fracture de l'acromion donne de plus mauvais résultats que le traitement conservateur, avec notamment un taux élevé de pseudarthrose. [138]



Figure 118. Luxation d'une prothèse inversée de l'épaule gauche. [134]

Les complications liées à l'acromion sont absentes dans notre étude car la voie trans-acromiale n'est plus utilisée, idem pour ostéotomie au cours de la voie supéroexterne.

v. Le descellement huméral aseptique (DHA) :

Il s'agit d'une mobilisation et/ou migration de la tige humérale. Le descellement aseptique survient souvent avant la première année et nécessite une révision. Le descellement tardif paraît mieux supporté et sans retentissement fonctionnel réel [134]. L'éloignement conséquent du centre de rotation de la prothèse inversée par rapport à la tige, imposant un long bras de levier, ainsi que la possible absence de fixation métaphysaire de l'implant, surtout en cas de reprises, sont le plus souvent mis en cause.

Une révision est nécessaire en cas de descellement précoce, contrairement au descellement de survenue tardive qui est généralement mieux toléré. [131]

Elle reste néanmoins assez rare dans l'arthroplastie inversée [133]. Dans notre série, aucun cas n'a été rapporté. L'absence de cette complication dans notre série est sûrement due à notre recul de 26.3 mois qui est relativement faible, en sachant que selon la littérature, ce type de descellement de l'implant huméral ne survient en moyenne que 4 ans après l'arthroplastie.

vi. Ossifications hétérotopique périprothétique : [139]

L'ossification hétérotopique autour de l'arthroplastie d'épaule est une complication fréquente dont la constatation est essentiellement radiologique car sa clinique est incertaine et très peu évidente.

Une classification radiologique des ossifications périprothétiques de l'épaule, comprenant trois grades, a été proposée en modifiant celle de BROOKER pour les ossifications de la hanche :

- ▲ Grade 1a : Îlots d'os dans les tissus mous autour de l'épaule. {Fig.119a}
- ▲ Grade 1b : Éperons osseux au niveau du col scapulaire inférieur. {Fig.119b}
- ▲ Grade 1c : Ankylose incomplète de l'épaule. {Fig.119c}
- ▲ Grade 2 : Association d'un éperon osseux du col scapulaire inférieur avec un ou plusieurs îlots osseux autour des tissus mous de l'épaule. {Fig.119d}
- ▲ Grade 3 : Ankylose complète de l'épaule.

L'ossification de grade 3 a donc tendance à avoir une plus large restriction d'amplitude des mouvements (passifs et actifs) que dans les cas d'ossification moins sévère.

La plupart des ossifications sont bénignes sans conséquences cliniques à long terme et ne nécessitent pas de prophylaxie ou de traitement, contrairement aux encoches qui peuvent entraîner des conséquences fonctionnelles importantes et doivent donc être différenciées des ossifications.

Dans notre série, le suivi radiologique a objectivé 3 cas d'ossifications hétérotropiques sans répercussion clinique, ainsi que dans l'étude de Bonnevalle et al [77], qui est une étude de 70 patients, 2 patients ont présenté des ossifications hétérotropiques majeures

.

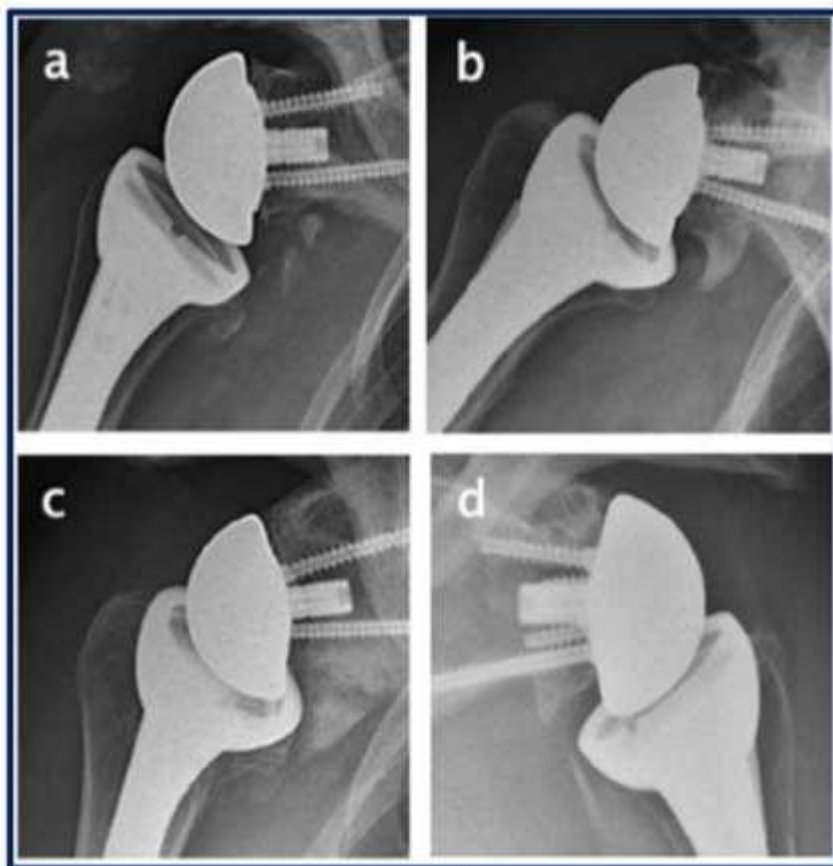


Figure 119. Ossifications périprothétiques dans l'arthroplastie inversée d'épaule.
[141]

vii. Encoche du pilier de l'omoplate :

Complication propre à la prothèse inversée d'épaule, elle a été décrite initialement par SIRVEAUX [66,142] puis a été maintes fois signalée dans les différentes publications [143]. Elle semble résulter d'un conflit entre le bord médial de la cupule humérale et la partie supérieure du pilier de la scapula lors des mouvements d'adduction. Pour certains auteurs, il existerait également une participation ostéolytique liée aux débris d'usure du polyéthylène [144].

Il existe différentes classifications radiologiques de cette encoche. Celle de SIRVEAUX [143] décrit quatre grades :

- ▲ Grade 1 = en cas d'atteinte limitée au pilier.
- ▲ Grade 2 = en cas d'atteinte au contact de la vis inférieure de fixation de la platine.
- ▲ Grade 3 = en cas d'extension au-delà de la vis inférieure.
- ▲ Grade 4 = en cas d'atteinte jusqu'au plot central.

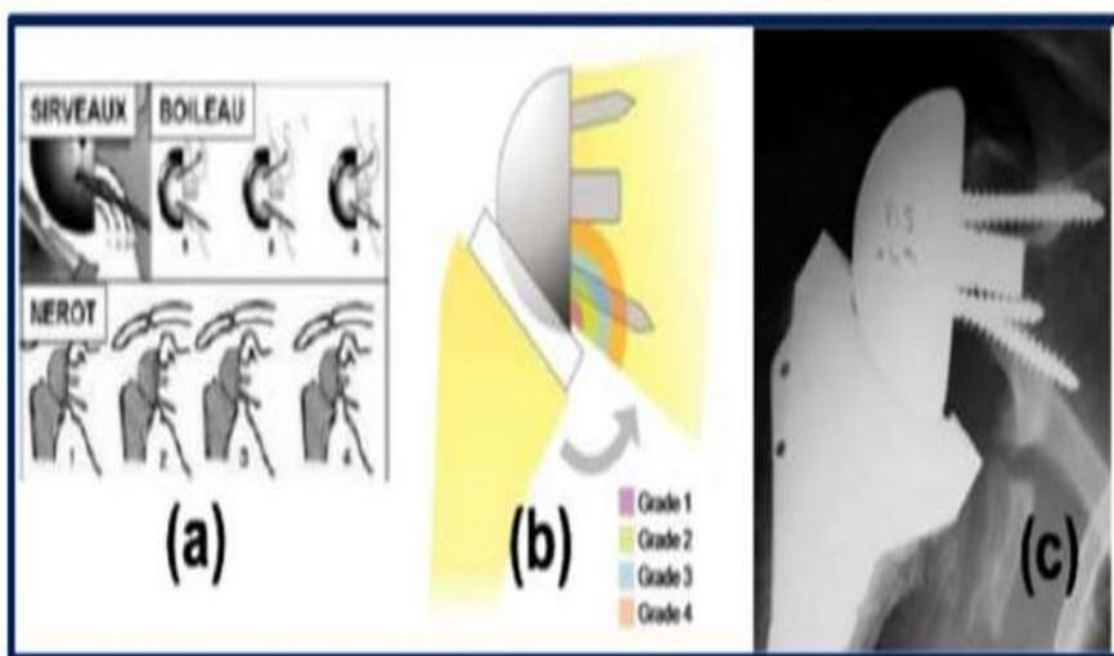


Figure 120. (a) : Les différentes classifications des encoches [145]. / (b) : La classification de SIRVEAUX [146]. / (c) : Cliché radiologique montrant une large encoche du pilier de la scapula atteignant la vis inférieure de fixation de la métaglàne. [144].

Le facteur essentiel favorisant la survenue d'une encoche serait le niveau d'activité, les sujets actifs ayant un taux d'encoche plus important que les sujets inactifs. Il a été démontré que la fréquence de l'encoche augmente avec le recul, ainsi que la proportion de grade 3 et 4. L'étiologie ayant conduit à la pose de la prothèse inversée est également importante car l'encoche serait beaucoup plus fréquente en cas d'omarthrose excentrée.

C'est le problème principal des prothèses d'épaule inversées. Elle était largement rapportée dans les séries de littérature avec un taux important à chaque fois.

Dans notre série, on note l'absence d'encoche, l'absence de ce problème peut être en rapport avec la technique opératoire à savoir le tilt inférieur du métal-back, le design de la cupule et la latéralisation du centre de rotation que permet la prothèse que nous utilisons [16].

Tableau 15. Taux d'encoche dans les séries de prothèses inversées.

Séries	Prévalence de l'encoche
REPETTO [122]	15%
GALLINET [69]	93,75%
GRANT [100]	9%
GIARDELLA [124]	9%
LUCIANI [125]	32%
Notre série	0%

CONCLUSION

Le traitement des fractures de l'humérus proximal à 3 ou 4 fragments déplacés et des fractures luxation chez les sujets âgés de plus de 65 ans devient de plus en plus codifié grâce aux résultats des prothèses inversées.

Poser la bonne indication pour le bon patient est primordial pour avoir de bons résultats fonctionnels.

La pose d'une PTEI est techniquement exigeante, le développement de nouvelle prothèse dédiée aux fractures avec une tige permettant la bonne intégration et la consolidation des tubérosités permet de donner de meilleurs résultats fonctionnels par rapport aux anciens modèles [22].

Notre étude présente plusieurs limites, d'abord la petite taille de notre échantillon bien qu'elle soit comparable à la taille de plusieurs études utilisant la même prothèse [16], le recul moyen ne permet pas de se prononcer sur la survenue ou non de complications au long terme surtout le descellement glénoïdien. Il faudrait envisagée de faire une étude sur l'influence des dimensions des petites glènes « Marocaines » par rapport à ceux du métal back sur la stabilité de l'implant glénoïdien.

RESUME

Résumé

Introduction :

La prise en charge des fractures/ fractures-luxations à 3 et 4 fragments déplacées de l'humérus proximal chez les sujets âgés, de plus de 65ans, constituent un sujet toujours d'actualité. Même si les demandes fonctionnelles de cette catégorie sont réduites, récupérer une épaule indolore est mobile reste un impératif thérapeutique.

Matériel et Méthode :

Ce travail est une étude rétrospective concernant 35 patients âgés, réalisées au sein du service de chirurgie traumatologique et orthopédique (A) du CHU HASSAN II de Fès, traités pour fracture de l'extrémité proximale de l'humérus par prothèse totale de l'épaule inversée entre 2013 et 2020, dont La moyenne d'âge de nos patients au moment de l'intervention était de 71ans, avec des extrêmes de 60 ans et 83 ans, avec une nette prédominance féminine 23 femmes soit (66%) , et 12 hommes soit (34%) .Sur le plan technique, Tous les patients ont été opérés en position Beach chair .Sous anesthésie générale associée à un bloc inter-scalénique analgésique, deux voie d'abord ont été utilisé : la voie supéro-externe trans- déltoidienne (30 cas, cette voie d'abord est la plus utilisé lors de cette indication) et la voie delto-pectoral (5 cas, indiquée pour les chirurgies de révision), La prothèse totale inversée utilisée était de type Arrow®, FH Orthopaedics

Résultats :

Après un suivi moyen de 26,3 mois, une évaluation clinique (douleur, mobilité articulaire, score de Constant) et radiologique ont été réalisées. Les complications postopératoires ont été surtout marquées par un cas de descellement septique

traité en 2 temps, un cas de parésie axillaire récupéré après 6 mois et un cas d'infection superficielle géré en ambulatoire, par ailleurs nous avons eu 3 cas d'ossifications hétérotropiques, aucun cas de migration de tubérosité, ni d'encoche du pilier de l'omoplate, ni de luxation prothétique n'a été rapporté (Plus de 80% des patients étaient très satisfait, un patient n'était pas satisfait vu le descellement septique, le reste des patients étaient satisfait).

Conclusion :

La PTEI a révolutionné les résultats du traitement des fractures de l'humérus proximal du sujet âgé. Des impératifs techniques sont nécessaires pour assurer la longévité de l'implant sans complications. Les progrès de l'ingénierie biomédical a permis le développement d'implant avec des tiges dédiées au fractures de l'humérus proximal.

Mots clés:

Fracture de l'humérus proximal; prothèse inversée de l'épaule; sujets âgés.

Keywords:

Proximal humeral fractures; reverse shoulder prosthesis; elderly patient.

Abstract:

THE ARROW™ REVERSE SHOULDER TOTAL PROSTHESIS IN THE TREATMENT OF FRESH FRACTURES OF THE PROXIMAL HUMERUS IN AGED SUBJECTS:

Introduction:

The management of fractures/fracture-dislocations with 3 and 4 displaced fragments of the proximal humerus in elderly subjects, over 65 years old, is still a topical subject. Even if the functional demands of this category are reduced, recovering a painless and mobile shoulder remains a therapeutic imperative.

Material and method:

This work is a retrospective study concerning 35 elderly patients, carried out within the department of traumatological and orthopedic surgery (A) of the CHU HASSAN II of Fez, treated for fracture of the proximal end of the humerus by total prosthesis of the shoulder. reversed between 2013 and 2020, of which The average age of our patients at the time of the intervention was 71 years, with extremes of 60 years and 83 years, with a clear female predominance 23 women or (66%), and 12 men i.e. (34%). On a technical level, all the patients were operated in the Beach chair position. Under general anesthesia associated with an analgesic inter-scalene block, two approaches were used: the supero-external trans – deltoid (30 cases, this approach is the most used for this indication) and the delto-pectoral approach (5 cases, indicated for revision surgeries), The total reverse prosthesis used was of the Arrow® type, FH Orthopaedics.

Results:

After an average follow-up of 26.3 months, a clinical (pain, joint mobility, Constant score) and radiological evaluation were carried out. The postoperative complications were mainly marked by a case of septic loosening treated in 2 stages, a case of axillary paresis recovered after 6 months and a case of superficial infection managed on an outpatient basis, in addition we had 3 cases of heterotopic ossifications, no cases of tuberosity migration, notching of the scapula pillar, or prosthetic dislocation were reported (Over 80% of patients were very satisfied, one patient was not satisfied given the septic loosening, the rest of the patients were satisfied)

Conclusion:

PTEI has revolutionized the results of the treatment of fractures of the proximal humerus in the elderly. Technical requirements are necessary to ensure the longevity of the implant without complications. Advances in biomedical engineering have allowed the development of implants with stems dedicated to fractures of the proximal humerus.

Key words:

Proximal humeral fractures; reverse shoulder prosthesis; elderly patient.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hasty EK, Jernigan EW, Soo A, Varkey DT, Kamath GV. Trends in surgical management and costs for operative treatment of proximal humerus fractures in the elderly. *Orthopedics*. 2017;40(4):641–7
- [2] Grammont PM, Baulot E. Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. *Orthopedics* 1993;16:65—8.
- [3] Bell J, Leung BC, Spratt KF, Koval KJ, Weinstein JD, Goodman DC, et al. Humeral fractures in the elderly. *J Bone Jt Surg*. 2011;93–A(2):121–31.
- [4] Han RJ, Sing DC, Feeley BT, Ma CB, Zhang AL. Proximal humerus fragility fractures: recent trends in nonoperative and operative treatment in the Medicare population. *J Shoulder Elb Surg*. 2016;25(2):256–61.
- [5] Kim SH, Szabo RM, Marder RA. Epidemiology of humerus fractures in the United States: nationwide emergency department sample, 2008. *Arthritis Care Res*. 2012;64(3):407–14.
- [6] Rajaei SS, Yalamanchilli D, Noori N, Debbi A, Mirocha J, Lin CA, et al. Increasing use of reverse total shoulder arthroplasty for proximal humerus fractures in elderly patients. *Orthopedics*. 2017;40(6):982–9.

[7] SchairerWW, Nwachukwu BU, Lyman S, Gulotta LV. Arthroplasty treatment of proximal humerus fractures: 14-year trends in the United States. *Phys Sports med.* 2017;45(2):92-6.

[8] DillonMT, PrenticeHA, BurfeindWE, Chan PH, Navarro RA. The increasing role of reverse total shoulder arthroplasty in the treatment of proximal humerus fractures. *Injury Epidemiological look at the increase in RSA and the decrease in hemiarthroplasty for proximal humerus fracture.* . 2019; 50(3):1-5.

[9] Chalmers PN, IiiWS, Mall NA, GuptaAK, Rahman Z, Enriquez D, et al. Reverse total shoulder arthroplasty for acute proximal humeral fracture: comparison to open reduction – internal fixation and hemiarthroplasty. *J Shoulder Elb Surg.* 2014;23(2):197-204.

[10] Boileau P, Krishnan SG, Tinsi L, et al. Tuberosity malposition and migration: reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11: 401-412.

[11] Constant CR, Murley AH. A Clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 1987 ; 214 : 160– 164.

[12] Bufquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89:516-20.

[13] Kaisidis A, Pantos PG, Heger H, Bochlos D, Selimas S, Oikonomoulas V. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three and four part fractures of the proximal humerus in patients older than 75 years old. *Acta Orthop Belg* 2014; 80:99-105.

[14] Mattiassich G, Marcovici LL, Krifter RM, Ortmaier R, Wegerer P, Kroepfl A. Delta III reverse shoulder arthroplasty in the treatment of complex 3- and 4-part fractures of the proximal humerus: 6 to 42 months of follow up. *BMC Musculoskelet Disord* 2013;14:231

[15] Ross M, Hope B, Stokes A, Peters SE, McLeod I, Duke PFR. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three-part and four-part proximal humeral fractures in the elderly. *J Shoulder Elb Surg* 2015;24:215-22.

[16] Valenti P, Katz D, Kilinc A, Elkholti K, Gasiunas V. Mid-term outcome of reverse shoulder prostheses in complex proximal humeral fractures. *Acta Orthop Belg* 2012;78:442-9.

[17] Gupta AK, Harris JD, Erickson BJ, Abrams GD, Bruce B, McCormick F, et al. Surgical management of complex proximal humerus fractures a systematic review of 92 studies including 4500 patients. J Orthop Trauma 2015;29:54–9.

[18] Yahuaca B, Peter S, Kaitlyn N, Patel S, Gorman R.A, Mighell M.A, Frankle M.A « Acute Surgical Management of Proximal Humerus Fractures: ORIF vs. Hemiarthroplasty vs. Reverse Shoulder Arthroplasty ». Journal of Shoulder and Elbow Surgery, janvier 2020,

[19] Hardeman F, Bollars P, Donnelly M, Bellemans J, Nijs S. Predictive factors for functional outcome and failure in angular stable osteosynthesis of the proximal humerus. Injury 2012;43:153–8.

[20] Cazeneuve JF, Cristofari DJ. Grammont reversed prosthesis for acute complex fracture of the proximal humerus in an elderly population with 5 to 12 years follow-up. Rev Chir Orthop Réparatrice Appar Mot 2006 ; 92 : 543–548.

[21] Ohl. X, Nérot C, Saddiki R, Dehoux E. Shoulder hemi arthroplasty radiological and clinical outcomes at more than two years follow-up. Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research 96, Issue 3, 2010, Pages 208–215.

[22] Boileau P, Tjarco D, Decroocq L, Sirveaux F, Clavert P, Favard L, Chelli M. Reverse Shoulder Arthroplasty for Acute Fractures in the Elderly: Is It Worth Reattaching the Tuberosities? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 28, no 3 2019: 437–44.

[23] Lädermann A, Lubbeke A, Collin P, T.B. Edwards, Sirveaux F, Walch G. Influence of surgical approach on functional outcome in reverse shoulder arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 97, issue 6 2011: 579–82.

[24] Molé D, Favard L. Excentered scapulohumeral osteoarthritis. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2007; 93(Suppl. 6):37—94.

[25] Lädermann A, Williams MD, Melis B, Hoffmeyer P, Walch G. Objective evaluation of lengthening in reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2009;18:5 88—95.

[26] Gallinet D, Clappaz P, Garbuio P, Tropet Y, Obert L. Three or four parts complex proximal humerus fractures : hemiarthroplasty versus reverse prosthesis : a comparative study of 40 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2009 ; 95 : 48–55.

[27] Sirveaux F, Navez G, Roche O, Mole D. Reverse prosthesis for proximal humerus fracture, technique and results. *Techniques in Shoulder & Elbow Surgery* 2008 ; 9 : 15–21.

[28] Zumstein M.A, Pinedo M, Old J, Boileau P. Problems, Complications, Reoperations, and Revisions in Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Systematic Review. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 20, no 1 2011: 146–57.

[29] Gallinet D, Ohi X, Decroocq L, Dib C, Valenti P, Boileau P. Is Reverse Total Shoulder Arthroplasty More Effective than Hemiarthroplasty for Treating Displaced Proximal Humerus Fractures in Older Adults? A Systematic Review and Meta- Analysis. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 104, no 6 2018: 759–66.

[30] Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop.* 1987;(214):160–164.

[31] Constant CR, Gerber C, Emery RJH, Sjøbjerg JO, Gohlke F, Boileau P. A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008;17(2):355–361. doi:10.1016/j.jse.2007.06.022

[32] Score fonctionnel de l'épaule de Constant. :2.

[33] Pierre Kamina. Anatomie clinique. Tome 1 : anatomie générale, membres, 4e ed. Maloine; 2009.

[34] Lahlaïdi A. ; Anatomie topographique : application anatomo-chirurgicale. 1er Volume : les membres. Mars 1986. 46–69.

[35] Laboratoire d'anatomie de la faculté de médecine et de pharmacie de Fès (FMPPF).

[36] Cowderoy GA, Lisle DA, O'Connell PT. Overuse and impingement syndromes of the shoulder in the athlete. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2009;17(4):577–593, v.doi:10.1016/j.mric.2009.06.003

[37] ANATOMIE TOPOGRAPHIQUE VOLUME 1 Les Membres (A. LAHLAIDI). Accessed December 26, 2021.

http://archive.org/details/ANATOMIETOPOGRAPHIQUEVOLUME1LesMembresA.LAHLAIDI_201811

[38] Bouchet A., Cuilleret J. ; Anatomie topographique descriptive et fonctionnelle du membre supérieur 1996 ; 3a : 1157–69.

[39] Bharikoke V., Gupta M.; Muscular attachments along the medial border of the scapula. surgradiolanat ; 8 : 71–73.

[40] Carter V–H., Gray H.; Anatomy of the Human Body. Reedition 2011. 23–40.

[41] Bonnel F., Chevrel J.P., Outrequin G. ; Anatomie clinique : les membres ; 1, 43–62.

[42] Richard I., Drake W-V., Adam W., Mitchell.; Gray's anatomy for students. Elsevier Masson 2006. 662–72.

[43] Maaref K. ;Anatomie fonctionnelle et biomécanique de l'épaule. Laboratoire d'anatomie. Faculté de médecine Ibn El Jazzar, Sousse. deltoïde – LAROUSSE. Accessed December 26, 2021.

<https://www.larousse.fr/encyclopedia/medical/delto%C3%AFde/12422>

[44] deltoïde – LAROUSSE. Accessed December 26, 2021.

<https://www.larousse.fr/encyclopedia/medical/delto%C3%AFde/12422>

[45] Castanier E. ; Vascularisation de la tête humérale. Université de Nantes. 2009

[46] Masson E. Traitement chirurgical des fractures fraîches de l'extrémité proximale de l'humérus de l'adulte 2010. EM-Consulte. Published 2010. Accessed November 5, 2021. <https://www.em-consulte.com/article/1348750>

[47] Masson E. Traitement chirurgical des fractures fraîches de l'extrémité proximale de l'humérus de l'adulte 2020. EM-Consulte. Published 2020. Accessed November 13, 2021. <https://www.em-consulte.com/article/1348750/traitementchirurgical-des-fractures-fraiches-de-l>

[48] Pierre Kamina. Anatomie clinique. Tome 1 : anatomie générale, membres, 4e ed. Maloine; 2009

[49] Nerf musculo-cutané. Accessed December 26, 2021.

http://www.coursanatomie.net/2013/03/nerf-musculo-cutane_21.html

[50] Les compressions nerveuses de l'épaule par l'Unité de chirurgie de l'épaule de la Clinique Capio Fontvert à Avignon Vaucluse 84 à proximité de Carpentras et Orange. Accessed December 26, 2021. <http://chirurgie-epaulefontvert.fr/compressions.html>

[51] Kapandji I.A. ; Physiologie articulaire. Maloine paris, Tome 1: 66–73.

[52] Gagey O., Molina V. ; Les équilibres musculaires de l'épaule. Muscular balance of the shoulder. Prothèse d'épaule, état actuel ; Elsevier Masson 2008, 29–34.

[53] Boileau P., Watkinson D-J., Hatzidakis A-M., Balg F. ; Grammont reverse prosthesis : design, rationale, and biomechanics. Journal of shoulder and elbow surgery Jan–Feb 2005 ; 14(1) : 147–61.

[54] Grammont P., Trouilloud P., Laffay J-P., Deries X. ; Étude et réalisation d'une nouvelle prothèse d'épaule. Rhumatologie 1987 ; 39 (10) : 17–22.

[55] Gagey O., Molina V. ; Les équilibres musculaires de l'épaule. Muscular balance of the shoulder. Prothèse d'épaule, état actuel ; Elsevier Masson 2008, 29–34.

[56] Grammont P., Baulot E.; Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. Orthopaedics 1993; 16: 65–8.

[57] De Wild L., Audenaert E., Barbaix E., Audenaert A., Soudan K. ; Consequences of deltoid muscle elongation on deltoid muscle performance : a computerized study. Clin Biomech 2002 ; 17 : 499–505.

[58] Katz D., Valenti P. ; Historique des prothèses d'épaules inversées ; maîtrise orthopédique ; 149– 2005.

[59] Lugli T. ; Artificial shoulder joint by PEAN(1893) . The fact of an exceptional intervention and the prosthetic method. ClinOrthop 1978 ; 133 : 215–8.

[60] Kölbel R. ; Stabilization of shoulders with bone and muscle defects in shoulder replacement. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1987 : 189–95

[61] Brostrom L.A., Wallenstein R., Olsson E., Anderson D. ; The Kessel prosthesis in total shoulder arthroplasty. 1992 : 155–60.

[62] Gagey O., Molina V. ; Les équilibres musculaires de l'épaule. Muscular balance of the shoulder. Prothèse d'épaule, état actuel ; Elsevier Masson 2008, 29–34.

[63] Bouté P., Khorassani R., Putz P. ; La prothèse totale d'épaule inversée. Rev. Med. Bruxelles 2010, 31 ; 445–500.

[64] Navez G. ; Révision des prothèses inversées d'épaule, à propos de 115 cas.
2005

[65] Derain L., Carré E. ; Les prothèses d'épaules inversées : le marché en 2007.

[66] Sirveaux F. ; La prothèse de Grammont dans le traitement des arthropathies de l'épaule à coiffe détruite : à propos d'une série multicentrique de 42 cas. Faculté de médecine de Nancy. 1997.

[67] Kalouche I. et al. ; Reverse shoulder arthroplasty : Does reduced medialisation improve radiological and clinical results ? ActaOrthop. Belg., 2009, 158–66

[68] Guery J., Favard L., Sirveaux F., Oudet D., Mole D., Walch G. ; Reverse total shoulder arthroplasty : Survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years. J Bone Joint Surg Am, 88(8). 2006. 1742–7.

[69] Gallinet D. and al. ; Three or four parts complex proximal humerusfractures :hemiarthroplasty versus reverse prosthesis: a comparative study of 40. Orthopaedics&Traumatology : Surgery & Research, Volume 95, Issue 1, February 2009, 48–55.

[70] Klug A, Gramlich Y, Wincheringer D, Schmidt–Horlohé K, Hoffmann R. Trends in surgical management of proximal humeral fractures in adults: a nationwide study of records in Germany from 2007 to 2016. Arch Orthop Trauma Surg.2019;139(12):1713–1721. doi:10.1007/s00402–019–03252–1

[71] Iyengar JJ, Devcic Z, Sproul RC, Feeley BT. Nonoperative treatment of proximal humerus fractures: a systematic review. *J Orthop Trauma*. 2011;25(10):612–617. doi:10.1097/BOT.0b013e3182008df8

[72] Lopiz Y, Alcobia-Díaz B, Galán-Olleros M, García-Fernández C, Picado AL, Marco F. Reverse shoulder arthroplasty versus nonoperative treatment for 3- or 4-part proximal humeral fractures in elderly patients: a prospective randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg*. 2019;28(12):2259–2271. doi:10.1016/j.jse.2019.06.024

[73] van Staa TP, Dennison EM, Leufkens HG, Cooper C. Epidemiology of fractures in England and Wales. *Bone*. 2001;29(6):517–522. doi:10.1016/s8756-3282(01)00614-7

[74] Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop*. 2006;442:87–92. doi:10.1097/01.blo.0000194672.79634.78

[75] Fraser AN, Bjørddal J, Wagle TM, et al. Reverse shoulder arthroplasty is superior to plate fixation at 2 years for displaced proximal humeral fractures in the elderly: a multicenter randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg [Am]* 2020;102-A:477– 485.

[76] T.Bufquin, A. Hersan, L.Hubert, P.Massin. Reverse soulder arthroplasty for the treatment of three-and-four part fractures of the proximal humerus in the elderly. A prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. J.Bone joint Surg (Br) 2007, 89-B; 516-20

[77] N. Bonnevallea,*, C. Tournier b, P. Clavert c, X. Ohl d, F. Sirveauxe, D. Saragagliaf , la Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique. Hémiarthroplastie versus prothèse totale d'épaule inversée pour fractures 4-fragments déplacées de l'humérus proximal: étude rétrospective multicentrique

[78] C.Lenarz, Y.Shishani, C.McCuum, RJ.Nowinski, TB. Edwards, R.Gobezic. Is reverse shoulder arthroplasty appropriate for the treatment of fractures in the older patient? Early observations. Chir. Orthop. Relat.Res 2011, 469; 3324-31

[79] Eythor Ö. Jonsson, MD, Carl Ekholm, MD PhD, Björn Salomonsson, MD PhD, Yilmaz Demir, MD, Per Olerud, MD PhD, collaborators in the SAPF study group. Reverse total shoulder arthroplasty provides better shoulder function than hemiarthroplasty for displaced 3- and 4-part proximal humeral fractures in patients over 70 years of age: a multicenter randomized controlled trial

[80] Herdea A, Ulici A, Toma A, Voicu B, Charkaoui A. The Relationship between the Dominant Hand and the Occurrence of the Supracondylar Humerus Fracture in Pediatric Orthopedics. Child Basel Switz. 2021;8(1):51.
doi:10.3390/children8010051

[81] Torrens C, Sanchez JF, Isart A, Santana F. Does fracture of the dominant shoulder have any effect on functional and quality of life outcome compared with the nondominant shoulder? J Shoulder Elbow Surg. 2015;24(5):677–681.

doi:10.1016/j.jse.2014.10.006

[82] Donna G Blankenbaker MD FACR, Kirkland W. Davis. Diagnostic Imaging: Musculoskeletal Trauma. Elsevier – Health Sciences Division; 2021.

[83] Sahnoun N, Chtourou S, Rebai MA, et al. [Surgical treatment of complex fractures of the upper end of the humerus: a retrospective study of 25 cases]. Pan Afr Med J. 2020;36:5. doi:10.11604/pamj.2020.36.5.22729

[84] Boughebri O, Havet E, Sanguina M, et al. Traitement des fractures de l'extrémité proximale de l'humérus par clou Télégraph®: Étude prospective de 34 cas. Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot. 2007;93(4):325–332.

doi:10.1016/S0035-1040(07)90272-X

[85] Elidrissi M, Bensaad S, Shimi M, Elibrahimi A, Elmrini A. Le traitement chirurgical des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus : plaque anatomique versus embrochage en palmier, à propos de 26 cas. Chir Main. 2013;32(1):25–29.

doi:10.1016/j.main.2012.12.001

[86] Edelson G, Safuri H, Salami J, Vigder F, Militianu D. Natural history of complex fractures of the proximal humerus using a three-dimensional classification system. J Shoulder Elbow Surg. 2008;17(3):399–409. doi:10.1016/j.jse.2007.08.014

[87] Mark A Frankle, S Ashfaq Hasan. Proximal Humerus Fractures Workup:Laboratory Studies, Imaging Studies. Published September 2, 2021. Accessed December 6, 2021. <https://emedicine.medscape.com/article/1261320-workup#c7>

[88] Robinson BC, Athwal GS, Sanchez-Sotelo J, Rispoli DM. Classification and imaging of proximal humerus fractures. Orthop Clin North Am. 2008;39(4):393– 403, v. doi:10.1016/j.ocl.2008.05.002

[89] Burstein AH. Fracture classification systems: do they work and are they useful? J Bone Joint Surg Am. 1993;75(12):1743–1744.

[90] Siebenrock KA, Gerber C. The reproducibility of classification of fractures of the proximal end of the humerus. J Bone Joint Surg Am. 1993;75(12):1751–1755. doi:10.2106/00004623-199312000-00003

[91] Brunner A, Honigmann P, Treumann T, Babst R. The impact of stereovisualisation 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(6):766–771. doi:10.1302/0301-620X.91B6.22109

- [92] Bougher H, Nagendiram A, Banks J, Hall LM, Heal C. Imaging to improve agreement for proximal humeral fracture classification in adult patient: A systematic review of quantitative studies. J Clin Orthop Trauma. 2020;11(Suppl 1):S16–S24. doi:10.1016/j.jcot.2019.06.019
- [93] Marongiu G, Leinardi L, Congia S, Frigau L, Mola F, Capone A. Reliability and reproducibility of the new AO/OTA 2018 classification system for proximal humeral fractures: a comparison of three different classification systems. J Orthop Traumatol Off J Ital Soc Orthop Traumatol. 2020;21(1):4. doi:10.1186/s10195-020-0543-1
- [94] Neer CS. Displaced proximal humeral fractures: part I. Classification and evaluation. 1970. Clin Orthop. 2006;442:77–82. doi:10.1097/01.blo.0000198718.91223.ca
- [95] bible-traumatologie-adulte.pdf. Accessed November 16, 2021. <https://www.saintluc.be/professionnels/services/orthopedie/bible-traumatologieadulte.pdf>
- [96] Sam W. Wiesel, John N. Delahay MD, Wudbhav N. Sankar MD, Brent B. Wiesel MD. Orthopaedic Surgery: Principles of Diagnosis and Treatment. Wolters Kluwer Health ; 1ère édition.; 2011. <https://www.amazon.com/Orthopaedic-SurgeryPrinciples-Diagnosis-Treatment-ebook/dp/B0051I4C8M>

[97] Gournay A, Geffard B, Hersan A, Hubert L, Gougan T, Kerhousse G. LES FRACTURES DE L'EXTRÉMITÉ SUPÉRIEURE DE L'HUMÉRUS CHEZ L'ADULTE. :41.

<https://soo.com.fr/download/media/149/d1d/157-com.pdf>

[98] Masson E. Fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus 2013. EMConsulte. Published 2013. Accessed November 13, 2021.

<https://www.emconsulte.com/article/8174/fractures-de-l-extremite-superieure-de-l-humerus>

[99] Aafaf MAATAOUI. Le traitement chirurgical des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus. Published online June 9, 2017.

<http://wd.fmpm.uca.ma/biblio/theses/annee-hm/FT/2017/these102-17.pdf>

[100] Grant E. Garrigues, MD; Peter S. Johnston, MD; Matthew D. Pepe, MD; Bradford S. Tucker, MD; Matthew L. Ramsey, MD; Luke S. Austin, MD. Hemiarthroplasty Versus Reverse Total Shoulder Arthroplasty for Acute Proximal Humerus Fractures in Elderly Patients.

[101] Positions-en-Orthopédie-(Dr-Saint-Pol).pdf.pdf. Accessed December 26, 2021. [https://reanesth.chu-bordeaux.fr/Formation-initiale/Dipl%C3%B4me-dEtudeSp%C3%A9cialis%C3%A9-en-Anesth%C3%A9sie-R%C3%A9animation-\(DESAR\)/Les-coursDESAR/Techniques-et-Pharmacologies-en-AR/Techniques-enanesth%C3%A9sie-et-en-r%C3%A9animation-2013/Positions-enOrthop%C3%A9die-\(Dr-Saint-Pol\).pdf/](https://reanesth.chu-bordeaux.fr/Formation-initiale/Dipl%C3%B4me-dEtudeSp%C3%A9cialis%C3%A9-en-Anesth%C3%A9sie-R%C3%A9animation-(DESAR)/Les-coursDESAR/Techniques-et-Pharmacologies-en-AR/Techniques-enanesth%C3%A9sie-et-en-r%C3%A9animation-2013/Positions-enOrthop%C3%A9die-(Dr-Saint-Pol).pdf/)

[102] Mohamed Vall Ethmane. L'ostéosynthèse par plaque anatomique des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus. Published online 2016.

[103] Südkamp N, Bayer J, Hepp P, et al. Open Reduction and Internal Fixation of Proximal Humeral Fractures with Use of the Locking Proximal Humerus Plate: Results of a Prospective, Multicenter, Observational Study. J Bone Jt Surg–Am Vol. 2009;91(6):1320–1328. doi:10.2106/JBJS.H.00006

[104] Ouhajjou J. Fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus traitement chirurgical par embrochage a propos 33 cas. Published online 2009. Accessed November 17, 2021. <http://ao.um5.ac.ma/xmlui/handle/123456789/891>

[105] Adam Schumaier, MD, and Brian Grawe, MD, Proximal Humerus Fractures: Evaluation and Management in the Elderly Patient

[106] Boileau P, Winter M, Cikes A, et al. Can surgeons predict what makes a good hemiarthroplasty for fracture? J Shoulder Elbow Surg. 2013;22(11):1495–1506. doi:10.1016/j.jse.2013.04.018

[107] Collin P, Laubster E, Denard PJ, Akuè FA, Lädermann A. The Nice knot as an improvement on current knot options: A mechanical analysis. Orthop Traumatol Surg Res OTSR. 2016;102(3):293–296. doi:10.1016/j.otsr.2016.01.005

[108] White JJE, Soothill JR, Morgan M, Clark DI, Espag MP, Tambe AA. Outcomes for a large metaphyseal volume hemiarthroplasty in complex fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(3):478–483.

doi:10.1016/j.jse.2016.08.004

[109] Krishnan SG, Bennion PW, Reineck JR, Burkhead WZ. Hemiarthroplasty for proximal humeral fracture: restoration of the Gothic arch. *Orthop Clin North Am.* 2008;39(4):441–450, vi. doi:10.1016/j.ocl.2008.05.004

[110] Kim BS, Kim DH, Song KS, Min BW, Bae KC, Cho CH. Is the pectoralis major tendon a reliable reference for restoration of humeral length with fracture hemiarthroplasty? *J Shoulder Elbow Surg.* 2018;27(2):e45–e49.

doi:10.1016/j.jse.2017.09.028

[111] Singh A, Padilla M, Nyberg EM, et al. Cement technique correlates with tuberosity healing in hemiarthroplasty for proximal humeral fracture. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(3):437–442. doi:10.1016/j.jse.2016.08.003

[112] P.Cronier, G.Piétu. Le concept de plaque verrouillée – ScienceDirect. Published 2010. Accessed November 17, 2021.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877051710000985>

[113] Schubert T, Putineanu D. Fractures de l'humérus proximal. In: Ecole d'orthopédie de l'UCL; 2017. Accessed November 17, 2021.

<https://oer.uclouvain.be//jspui/handle/20.500.12279/283>

[114] Elhabib ER-RAKI. Le traitement chirurgical des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus entre plaque vissée et embrochage. Published online 2018.

<http://wd.fmpm.uca.ma/biblio/theses/annee-htm/FT/2018/these130-18.pdf>

[115] Bonneville N, Ibnoukatib A, Mansat P, Bonneville P. Kapandji pinning and tuberosities fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *Int Orthop*. 2013;37(10):1965–1971. doi:10.1007/s00264-013-1926-1

[116] Link W, Wölfel R, Herzog T, Schück R. Die Bündelnagelung kindlicher Oberschenkelchaftfrakturen. In: Rahmanzadeh R, Breyer HG, eds. *Verletzungen der unteren Extremitäten bei Kindern und Jugendlichen*. Springer; 1990:22–27. doi:10.1007/978-3-642-75704-4_5

[117] Ouahidi Mohamed. [Treatment of humerus diaphyseal fractures using Hackethal's retrograde centro-medullary bundle nailing: about 54 cases] – PubMed. Accessed November 19, 2021. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30167065/> 72.

[118] Wachtl SW, Marti CB, Hoogewoud HM, Jakob RP, Gautier E. Treatment of proximal humerus fracture using multiple intramedullary flexible nails. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2000;120(3–4):171–175. doi:10.1007/s004020050037

[119] VICHARD P, P B. TRAITEMENT DES FRACTURES DE L'EXTREMITÉ SUPÉRIEURE DE L'HUMÉRUS PAR ENCLOUAGE BIPOLAIRE ASCENDANT AVEC CLOUS ELASTIQUES. *Trait Fract Extrem SUPÉRIEURE HUMÉRUS PAR ENCLOUAGE BIPOLAIRE Ascend AVEC CLOUS ELASTIQUES*. Published online 1978

[120] Chalmers PN, Slikker W III, Mall NA, et al. Reverse total shoulder arthroplasty for acute proximal humeral fracture: comparison to open reduction–internal fixation and hemiarthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:197–204

[121] Anil K. Gupta, MD, MBA, Joshua D. Harris, MD, Brandon J. Erickson, MD, Geoffrey D. Abrams, MD, Benjamin Bruce, MD, Frank McCormick, MD, Gregory P. Nicholson, MD, and Anthony A. Romeo, MD. Surgical Management of Complex Proximal Humerus Fractures—A Systematic Review of 92 Studies Including 4500 Patients.

[122] Repetto I, Alessio–Mazzola M, Cerruti P, Sanguineti F, Formica M, Felli L. Surgical management of complex proximal humeral fractures: pinning, locked plate and arthroplasty: clinical results and functional outcome on retrospective series of patients. *Musculoskelet Surg* 2017;101:153–158

[123] M Holsch , MK Siemes , KA Witt , J. Steinbeck . Résultat à cinq ans après conversion d'une hémiarthroplastie lorsqu'elle est utilisée pour le traitement d'une fracture humérale proximale en une arthroplastie totale inversée de l'épaule. *1 juin 2018;100–B(6):761–766. doi : 10.1302/0301–620X.100B6.BJJ–2017–1280.R1.*

[124] Giardella A, Ascione F, Mocchi M, et al. Reverse total shoulder versus angular stable plate treatment for proximal humeral fractures in over 65 years old patients.

Muscles Ligaments Tendons J 2017;7:271–278

[125] Luciani P, Procaccini R, Rotini M, Pettinari F, Gigante A. Angular stable plate versus reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures in elderly patient.

Musculoskelet Surg 2020;5.

[126] Ockert B, Biermann N, Haasters F, Mutschler W, Braunstein V. [Reverse shoulder arthroplasty for primary fracture treatment: displaced three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly patient]. Unfallchirurg 2013;116:684–690.

[127] Heri Suroto, Brigita De Vega, Fani Deapsari, Tabita Prajasari, Pramono Ari Wibowo ; Steven K. Samijo, Reverse total shoulder arthroplasty (RTSA) versus open reduction and internal fixation (ORIF) for displaced three-part or four-part proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis

[128] Constant CR, Gerber C, Emery RJH, Sjøbjerg JO, Gohlke F, Boileau P. A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. J Shoulder Elbow Surg. 2008;17(2):355–361. doi:10.1016/j.jse.2007.06.022

[129] Angst F, Schwyzer HK, Aeschlimann A, Simmen BR, Goldhahn J. Measures of adult shoulder function: Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (DASH) and Its Short Version (QuickDASH), Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Society Standardized Shoulder. Arthritis Care Res. 2011;63(S11):S174–S188. doi:10.1002/acr.20630

[130] Roy JS, MacDermid JC, Woodhouse LJ. A systematic review of the psychometric properties of the Constant–Murley score. J Shoulder Elbow Surg. 2010;19(1):157–164. doi:10.1016/j.jse.2009.04.008

[131] Cristofari D-J., Cazeneuve J-F. Résultats fonctionnels à long terme des prothèses inversées de l'épaule chez le sujet âgé ; Rev de chirorthop et traumatologie 2011– 97, 567–73.

[132] Wall B., Nové–Josserand L., O'Connor D.P., Edwards T.B., Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty : a review of results according to etiology. J Bone Joint Surg Am, 89(2). 2007. 1476–85.

[133] Djahangiri A., Gerber C. Complications des prothèses totales d'épaule inversées ; Complications afterreversed total shoulderarthroplasty ; Prothèse d'épaule : état actuel ; 439– 446.

[134] Delloye C., Joris D., Colette A., Eudier A. and Dubuc J–E. Complications mécaniques de la prothèse totale inversée de l'épaule. Revue de chirurgieorthopédique 2002, 88 ; 410–414

[135] Klein M., Jushka M., Hinkenjann B., Scherger B., Ostermann P-A. Treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients with the Delta III reverse shoulder prosthesis. J Orthop Trauma, 22(10). 2008. 698–704.

[136] Rio B. Total Evolutive Shoulder System T.E.S.S. Orthopädie&Unfallchirurgie ; Prothèse d'épaule de la 5ème génération. 2014.

[137] Frankle M., Levy C., Pupello D., Siegal S., Saleem A., Mighell M., Vasey M. The reverse shoulder prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency : A minimum two-year follow-up study of sixty patients. J Bone Joint Surg Am, 88(1). 2006. 178–90.

[138] Baulot E. et al. Résultats des prothèses inversées. Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil 93 (6). 2007. 63–92.

[139] Rittmeister M., Kerschbaumer F. Grammont reverse total shoulder arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis and nonreconstructible rotator cuff lesions. J Shoulder Elbow Surg 2001; 10 (1) : 17–22.

[140] Cazeneuve J.F., Hassan Y., Kermad F. and Brunelf A. Arthroplastie inversée de Grammont en traumatologie fraîche gériatrique. Maitrise orthopédique, n° 173, Avril 2008.

[141] Verhofste B., Decock T., Van Tongel A., De Wilde L. Heterotopic ossification after reverse total

shoulder arthroplasty. *Shoulder and Elbow*. 98 (9). 2016.

[142] Sirveaux F., Favard L., Oudet D., Huguet D., Walch G., Mole D. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeralosteoarthritis with massive rupture of the cuff : Results of a multicentre study. *J Bone Joint Surg Br*, 86(3). 2004. 388–95.

[143] Levigne C., Boileau P., Favard L., Garaud P., Mole D., Sirveaux F. and Walch G. Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2008 17(6): 925–35

[144] Cuff D., Pupello D., Virani N., Levy J., Frankle M. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of rotator cuff deficiency. *J Bone Joint Surg Am* 2008 ; 90 : 1244–51.

[145] Soubeyrand M., Moreel P., Dumontier C. Voies d'abord de l'épaule pour implantation prothétique, *Surgical approaches for shoulder prosthesis implantation ; EM* 2006.

[146] Hubert L., Lahogue J.F., Arnaud Hersan A., Antoine Gournay A., Massin P. Prothèse inversée delta en traumatologie de l'épaule : résultats préliminaires communication *sofcot* Novembre 2014 ; 116–117 .