



HAL
open science

Evaluation des résultats à moyen terme des prothèses totales de coude dans les fractures de l'extrémité distale de l'humérus : traitement en aigu versus secondaire, série rétrospective de 28 cas

Manon Colas

► To cite this version:

Manon Colas. Evaluation des résultats à moyen terme des prothèses totales de coude dans les fractures de l'extrémité distale de l'humérus : traitement en aigu versus secondaire, série rétrospective de 28 cas. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03420679

HAL Id: dumas-03420679

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03420679>

Submitted on 9 Nov 2021

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de docteur en médecine. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2 - L 335.1

UNIVERSITÉ DE PARIS

Faculté de Santé

UFR de Médecine

Année 2020

N° 82

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement le : 02/10/2020

Par

Manon Colas

**Evaluation des résultats à moyen terme des prothèses totales de
coude dans les fractures de l'extrémité distale de l'humérus :
traitement en aigu versus secondaire, série rétrospective de 28 cas**

Dirigée par M. Le Docteur Thibault Lafosse

JURY

M. Le Professeur Emmanuel H. Masméjean, PU-PH

Président

M. Le Docteur Thibault Lafosse

Directeur

Mme La Professeure Stéphanie Pannier, PU-PH

Membre du jury

M. Le Professeur Philippe Anract, PU-PH

Membre du jury

Table des matières

ABREVIATIONS	11
LISTE DES FIGURES	12
LISTE DES TABLEAUX	14
INTRODUCTION	15
PARTIE 1 : LA GESTION CHIRURGICALE DE LA FRACTURE DE L'EXTREMITÉ DISTALE DE L'HUMÉRUS	17
I - Fractures de l'extrémité distale de l'humérus	17
1. Epidémiologie	17
2. Classification	17
3. Complications immédiates	19
3.1 <i>Complications cutanées</i>	19
3.2 <i>Complications nerveuses</i>	20
4. Evaluation pré-opératoire	20
4.1 <i>Evaluation clinique</i>	20
4.2 <i>Evaluation radiologique</i>	20
5. Traitement	21
5.1 <i>Traitement conservateur</i>	21
5.2 <i>Réduction et ostéosynthèse</i>	23
5.2.1 Indications	23
5.2.2 Technique chirurgicale	23
A – Voies d'abord	23
a – Voies postérieures	24
b – Voie latérale	26
c – Choix de la voie d'abord	28
B – Montage d'ostéosynthèse	29
a – Stratégie chirurgicale	29
b – Configuration du montage	31
C – Suites post-opératoires	34
5.2.3 Complications	34
A – Infections	34
a – Incident cicatriciel	34
b – Infection profonde	34
B – Complications osseuses	35
a – Pseudarthrose	35
b – Cal vicieux	36
c – Ossifications hétérotopiques	36

C – Complications des parties molles	37
a – Raideur	37
b – Neuropathie ulnaire	38
D – Echec mécanique	38
E – Arthrose post-traumatique	39
5.2.4 Résultats	40
5.3 Prothèse totale de coude	42
II - Prothèse totale de coude en traumatologie	42
1. Historique	42
2. Classification	43
2.1 Prothèses sans charnière ou de resurfaçage	44
2.2 Prothèses avec charnière	45
2.3 Prothèses convertible	46
3. Indications	47
3.1 Fracture de l'extrémité distale de l'humérus chez le sujet âgé	47
3.2 Pseudarthrose	48
3.3 Arthrose post-traumatique	48
4. Technique chirurgicale	49
4.1 Voies d'abord	49
4.1.1 Voies postérieures	49
4.1.2 Choix de la voie d'abord	49
4.2 Technique opératoire	50
4.3 Suites post-opératoires	56
5. Complications	56
5.1 Infections	56
5.1.1 Incident cicatriciel	56
5.1.2 Infection profonde	57
5.2 Complications mécaniques	58
5.2.1 Descellement aseptique	58
5.2.2 Fracture péri-prothétique	60
5.2.3 Faillite mécanique	61
5.3 Complications des parties molles	62
5.3.1 Neuropathie ulnaire	62
5.3.2 Insuffisance du triceps	63
5.4 Instabilité	64
5.5 Résultats	65
III - Revue de la littérature comparant l'ostéosynthèse à la prothèse totale de coude dans le traitement des fractures de l'extrémité distale de l'humérus chez le sujet âgé	70

PARTIE 2 : ETUDE CLINIQUE RETROSPECTIVE	73
I – Matériel et méthodes	73
1. Plan de l'étude	73
2. Technique chirurgicale	73
3. Recueil des données rétrospectives	74
3.1 <i>Caractéristiques des patients</i>	74
3.2 <i>Caractéristiques du traumatisme</i>	74
3.3 <i>Motif de consultation</i>	74
3.4 <i>Intervention chirurgicale</i>	74
4. Recueil des données prospectives	75
4.1. <i>Critère de jugement principal : MEPS</i>	75
4.2. <i>Critères de jugement secondaire</i>	76
4.2.1 Evaluation clinique	76
A – Interrogatoire	76
B – Examen physique	76
4.2.2 Evaluation fonctionnelle	76
A – Score ADL de Katz	76
B – Quick-Dash	77
4.2.3 Evaluation radiologique	79
5. Complications / Réopérations / Révisions prothétiques	79
6. Analyse statistique	79
II – Résultats	80
1. Population	80
2. Résultats fonctionnels	82
2.1 <i>MEPS</i>	82
2.2 <i>ADL de Katz et Quick-Dash</i>	83
3. Résultats cliniques	83
4. Résultats radiologiques	84
5. Complications	85
6. Réopérations et révisions prothétiques	88

III – Discussion	90
1. Comparaison aux résultats des prothèses totales de coude primaires en traumatologie	90
2. Comparaison aux résultats des prothèses totales de coude secondaires en post-traumatique	91
3. Comparaison aux résultats des études comparant prothèse totale de coude primaires et secondaires	93
4. Limites de l'étude	96
 CONCLUSION	97
 BIBLIOGRAPHIE	99

ABREVIATIONS

FEDH : fracture de l'extrémité distale de l'humérus

ORIF : réduction et ostéosynthèse (open reduction – internal fixation)

PTC : prothèse totale de coude

OTA/AO : Orthopaedic Trauma Association/Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

BABP : brachio-antébrachio palmaire

DASH : Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

OES : Oxford elbow score

MEPS : Mayo Elbow Performance Score

TRAP : triceps reflecting anconeus pedicle

ECU : extenseur ulnaire du carpe

FUC : fléchisseur ulnaire du carpe

LCL : ligament collatéral latéral

LCM : ligament collatéral médial

OH : ossifications hétérotopiques

ROM : arc de mobilité (range of motion)

PR : polyarthrite rhumatoïde

PE : polyéthylène

PHD : pseudarthrose humérus distal

ASA : American Society of Anesthesiologist

EVA / VAS : échelle visuelle analogique / visual analog scale

BMRC : British Medical Research Council

ADL : activities of daily living

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : OTA / AO classification des fractures de la partie distale de l'humérus	18
Figure 2 : Classification de Gustilo et Anderson	19
Figure 3 : Fracture de l'extrémité distale de l'humérus de type C	21
Figure 4 : Double voie paratricipitale	24
Figure 5 : Voie en V inversé	25
Figure 6 : Voie transtricipitale de Gschwend	25
Figure 7 : Voie de Bryan-Morrey	25
Figure 8 : Voie TRAP (triceps reflecting anconeus pedicle)	25
Figure 9 : Olécranotomie	26
Figure 10 : Voie latérale per opératoire (A) ; fracture de l'extrémité distale de l'humérus B3 de profil (B) et de face (C)	26
Figure 11 : Reconstruction et fixation provisoire de la surface articulaire par broches de Kirschner	30
Figure 12 : Fixation provisoire de la colonne médiale par plaque	30
Figure 13 : Fixation finale par une plaque médiale et latérale	31
Figure 14 : Schéma (A) et radiographies d'ostéosynthèse de FEDH de face (B) et de profil (C) par montage orthogonale	32
Figure 15 : Schéma (A) et radiographies d'ostéosynthèse de FEDH de face (B) et de profil (C) par montage parallèle	33
Figure 16 : Pseudarthrose supra-condylienne et démontage de la plaque postéro-latérale après ostéosynthèse d'une FEDH de type C1	35
Figure 17 : Radiographie mettant en évidence une ossification antérieure et postérieure après ORIF de l'humérus distal	37
Figure 18 : Arthrose post-traumatique huméro-radiale et huméro-ulnaire associée à un cal vicieux extra-articulaire compliquant l'ostéosynthèse d'une FEDH type C	39
Figure 19 : Prothèse à charnière de Dee (A) ; prothèses sans charnière d'Ewald (B) et de Kudo (C)	43
Figure 20 : Prothèses de resurfaçage Guépar III (A) et Souter-Strathclyde (B)	45
Figure 21 : Prothèses semi-contraintes Coonrad-Morrey (A) et GSB III (B)	46
Figure 22 : Prothèse convertible Latitude, forme sans charnière (A) et avec charnière (B)	47

Figure 23 : Installation en décubitus latéral et tracé de l'incision postérieure	51
Figure 24 : Luxation du coude après désinsertion des ligaments collatéraux de l'humérus	52
Figure 25 : Fraisage du point d'entrée et passage des râpes dans le canal médullaire huméral (A) et ulnaire (B)	53
Figure 26 : Cimentage du canal médullaire de l'ulna (A) et mise en place des implants définitifs (B)	54
Figure 27 : Mise en place de l'axe entre les 2 implants avant d'enfoncer à quoi l'implant huméral	54
Figure 28 : Positionnement du greffon osseux en avant de la corticale antérieure de l'humérus	55
Figure 29 : Descellement aseptique bipolaire de type 2 avec liseré à l'interface os-ciment	58
Figure 30 : Localisation des zones d'ostéolyses sur radiographie de profil	59
Figure 31 : Classification des fractures péri-prothétiques selon la Mayo	60
Figure 32 : Usure du polyéthylène de la charnière à 8 ans d'une PTC	61
Figure 33 : Radiographie de face mettant en évidence une fracture de l'implant ulnaire (A). Vue de face de l'implant ulnaire fracturé (B)	62
Figure 34 : Instabilité résultante d'une usure du polyéthylène et d'une défaillance de l'axe de verrouillage dans une PTC à charnière semi-contrainte	65
Figure 35 : Score de MEPS	75
Figure 36 : Score ADL de Katz	77
Figure 37 : Score Quick DASH	78
Figure 38 : Répartition du score de MEPS au sein des PTC primaires et secondaires	82
Figure 39 : Mobilités actives moyennes après PTC primaires et secondaires	83
Figure 40 : PTC secondaire chez une patiente de 71 ans présentant une pseudarthrose compliquant une fracture de l'extrémité distale de l'humérus AO C1	86
Figure 41 : PTC secondaire chez un patient de 45 ans présentant une arthrose compliquant une fracture de l'extrémité distale de l'humérus AO C1	87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Voies d'abord postérieures de l'humérus distal	27
Tableau 2 : Revue de la littérature sur les résultats après ostéosynthèse dans les fractures de l'humérus distal	41
Tableau 3 : Classification des différents implants de PTC disponibles selon la présence ou l'absence de charnière ou de leur convertibilité	44
Tableau 4 : Zones d'ostéolyses radiologiques en vue latérale autour d'une PTC	59
Tableau 5 : Revue de la littérature des résultats des PTC dans les FEDH	67
Tableau 6 : Revue de la littérature sur les résultats des PTC dans les pseudarthroses de l'humérus distal	69
Tableau 7 : Revue de la littérature comparant les résultats entre ORIF et PTC dans les FEDH	72
Tableau 8 : Démographie des patients avec PTC primaires et secondaires	81
Tableau 9 : Résultats cliniques et fonctionnels PTC primaires versus secondaires	84
Tableau 10 : Complications survenues dans le groupe primaire et secondaire	88
Tableau 11 : Taux de complications, de réopérations et de révisions prothétiques	89
Tableau 12 : Comparaison des résultats de notre étude avec la littérature comparant PTC primaires et secondaires après FEDH	95

INTRODUCTION

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus (FEDH) représentent 1 à 2% des fractures chez l'adulte (1). Elles constituent pourtant un enjeu thérapeutique et économique (2) important du fait de leur prédominance au sein d'une population âgée actuellement en augmentation. L'incidence de ces fractures est attendue tripler d'ici 2030 (3), illustrant tout le défi que représente le choix du traitement le plus adapté devant tenir compte de l'association d'un os ostéoporotique et d'une comminution parfois majeure, afin d'acquérir une reconstruction anatomique, garante de la restauration d'une fonction satisfaisante et du maintien de l'indépendance du sujet âgé.

Gold standard chez les patients jeunes, la réduction à ciel ouvert et l'ostéosynthèse interne (ORIF) a néanmoins trouvé ses limites dans les fractures complexes du sujet âgé, étant en plus associée à un taux de complications parfois élevé compris entre 31 et 44% (4–7). La prothèse totale de coude (PTC) s'affirme désormais comme une alternative fiable à l'ORIF chez le sujet âgé dans les FEDH permettant d'obtenir de bons et d'excellents résultats fonctionnels à court et moyen termes, justifiant son indication croissante en traumatologie (8–11). Cet enthousiasme contraste toutefois avec un taux de complications non négligeable variant de 11 à 45%, prédominé par le descellement aseptique et l'infection, ainsi qu'avec une restriction de port de charge maximale à vie (12–14). L'augmentation des PTC en traumatologie a conduit parallèlement à un taux de révisions prothétiques plus important associé à une hausse des complications (15,16). Malgré une survie de l'implant à long terme considérée comme acceptable, celle-ci demeure inférieure à la longévité des prothèses des autres articulations (12,14,17,18).

La PTC est également indiquée dans les séquelles post-traumatiques, notamment la pseudarthrose et l'arthrose post-traumatique, complexifiant le choix thérapeutique initial. Les résultats restent en revanche plus contrastés, le taux de complications semblant plus élevé (21 à 75%) qu'en cas de PTC primaires (19–21). Le choix thérapeutique entre PTC et ORIF dans les FEDH demeure encore discuté même si les facteurs orientant vers le traitement prothétique de première intention se dessinent aujourd'hui plus précisément. Leur comparaison a retrouvé des résultats fonctionnels similaires à l'exception d'un taux de complications majeures plus élevé après ORIF (22). Peu d'études ont comparé les résultats entre PTC primaires sur fracture et PTC secondaires pour séquelles post-traumatiques (23–25). Des investigations supplémentaires seraient nécessaires pour clarifier la meilleure place de la PTC et agrémenter l'arbre décisionnel

opposant ORIF et PTC dans les FEDH, toutes populations confondues. En effet, en cas de résultats et complications comparables ou en faveur de la PTC secondaire, l'ORIF serait le traitement initial à privilégier, même chez le sujet âgé, tandis que la PTC serait plutôt réservée au traitement des complications à distance après ORIF en tant que procédure de sauvetage.

Le but de notre étude était de comparer à l'échelle de notre centre de polytraumatisés spécialisé dans la chirurgie du membre supérieur, les résultats fonctionnels, cliniques et radiologiques ainsi que le taux de complications entre PTC de première intention et PTC à distance pour séquelles post-traumatiques après ORIF, chez les patients ayant présenté une fracture de l'extrémité distale de l'humérus. Notre hypothèse était que ces divers résultats s'avéraient meilleurs et le taux de complications moindre dans le groupe PTC primaire.

PARTIE 1 : LA GESTION CHIRURGICALE DE LA FRACTURE DE L'EXTREMITÉ DISTALE DE L'HUMERUS

I - Fractures de l'extrémité distale de l'humérus

1. Epidémiologie

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus (FEDH) bien que peu fréquentes, constituent une entité en pleine croissance au sein d'une population vieillissante. Elles représentent 1 à 2 % de l'ensemble des fractures survenant chez l'adulte (1). Leur incidence annuelle avait été estimée à environ 5,7 cas pour 100 000 au cours de l'avant-dernière décennie (26). Une étude épidémiologique conduite en Finlande sur une période de 38 ans a mis en évidence un taux d'incidence annuel quasiment triplé entre 1977 et 1998 (12 à 34/100 000) chez les femmes de 60 ans et plus, bien que celui-ci se soit stabilisé entre 1998 et 2007. Grâce à l'analyse de régression de ces données, l'incidence de ces fractures est estimée tripler en 2030 (52/100 000) (3), illustrant l'enjeu central que représente la prise en charge de ces fractures au sein des sujets âgés.

Les FEDH touchent deux populations distinctes : les sujets jeunes lors de traumatismes à haute énergie, notamment lors des accidents de la voie publique, et les sujets âgés. Dans ce dernier cas, elles prédominent chez la femme (87%), alors plus âgée que l'homme au moment du traumatisme, et plus particulièrement chez la femme de plus de 80 ans. Ces fractures s'intègrent au sein des fractures qualifiées d'ostéoporotiques résultantes d'un mécanisme à faible énergie par chute de sa hauteur à partir de l'âge de 60 ans. Soixante-treize pour cent des patients présentent des antécédents de fractures ostéoporotiques au moment de l'accident. D'autre part, les patients sont majoritairement autonomes à leur domicile avant le traumatisme (86% des cas) (27), justifiant la restauration d'une fonction optimale comme l'objectif central du traitement.

2. Classification

La classification la plus couramment utilisée dans la littérature est celle de l'Orthopaedic Trauma Association/Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (OTA/AO), adoptant la classification décrite initialement par Müller dans son ouvrage en 1990 (28). Elle divise les fractures en 3 groupes selon une analyse radiologique : le groupe A correspondant aux fractures extra-articulaires, le groupe B aux fractures articulaires partielles, et le groupe C aux fractures

articulaires complètes caractérisées par une dissociation entre la diaphyse humérale et la surface articulaire. Chacun des groupes est divisé en sous-groupes de 1 à 3 décrivant soit la localisation de la fracture, le type de trait ou le degré croissant de comminution (*figure 1*). Dans l'étude épidémiologique de Robinson et al. (26), les fractures les plus fréquentes étaient les types A (38,7%) et C (37,2%), les types B ne représentant qu'un quart de l'ensemble des fractures (24,1%). Toutefois, cette répartition diffère lorsque l'on s'intéresse aux FEDH chez le sujet âgé, où les fractures complexes de type C deviennent largement prédominantes (80%) (27).

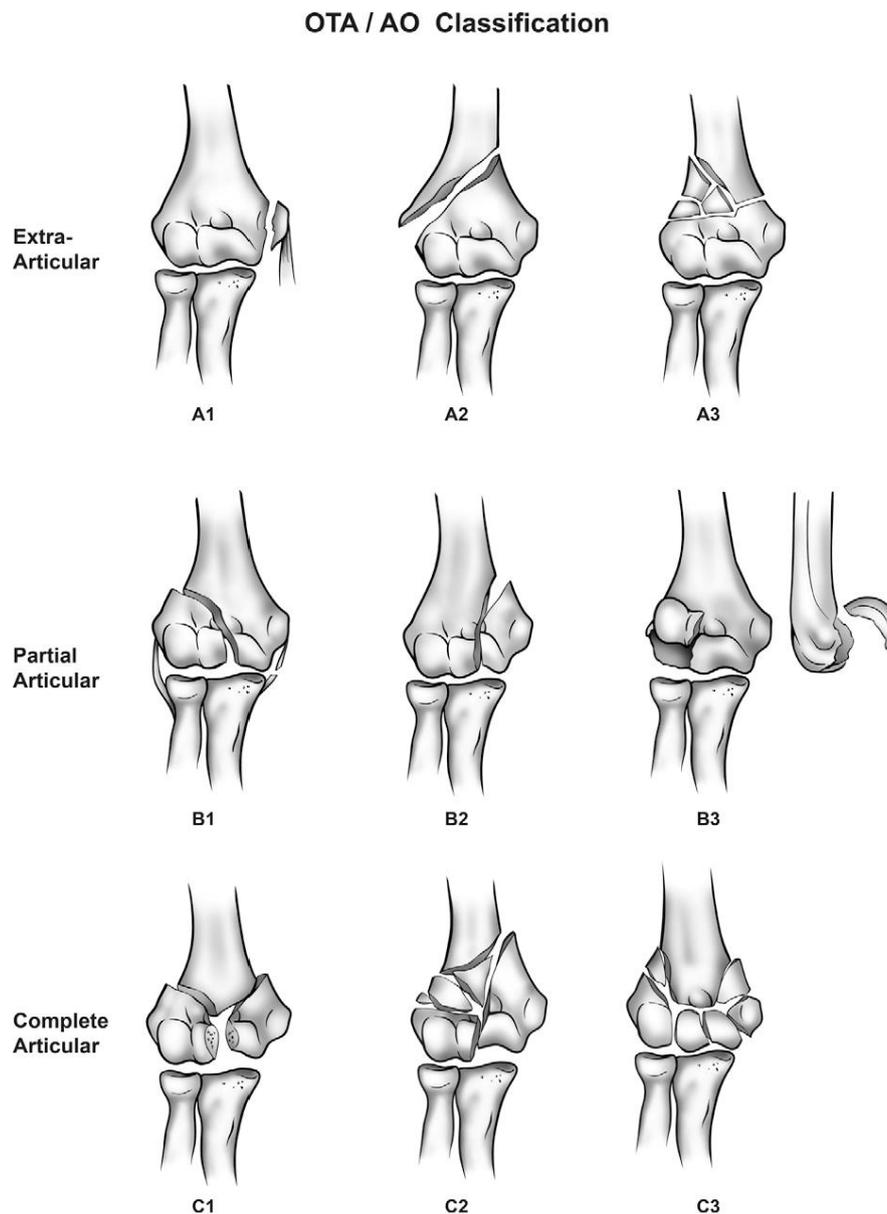


Figure 1 : Classification OTA/AO des fractures de l'humérus distal

3. Complications immédiates

3.1. Complications cutanées

Les FEDH ouvertes correspondent à 2,7% des fractures ouvertes des os longs et dans 85,7% des cas à une fracture de type C selon la classification de l'AO (29). Elles se retrouvent dans les deux populations décrites précédemment. Elles prédominent chez l'homme jeune dont l'âge moyen est de 40,6 ans dans un contexte de traumatisme à haute cinétique, le plus souvent par accident de la voie publique dans près de 43% des cas (29). La femme âgée ostéoporotique représente la seconde catégorie exposée bien que l'ouverture cutanée soit le plus souvent moins sévère en raison de la faible cinétique du traumatisme. Vingt et un virgule quatre pour cent de fractures ouvertes résultent d'une chute de sa hauteur dans cette population (30). L'ouverture cutanée est le plus souvent postérieure et proximale par rapport à l'articulation du fait de la protrusion de la diaphyse humérale au travers du triceps (31).

La classification pré-opératoire de la sévérité de l'ouverture cutanée est essentielle afin de guider la décision thérapeutique. Elle repose sur la classification décrite par Gustilo et Anderson en 1976 (32), révisée en 1984 (33), divisée en 3 groupes de sévérité croissante dont le dernier groupe (type III) est lui-même sous-divisé en 3 sous-groupes (*figure2*).

Type	Description
Type I	Plaie < 1cm sans lésion d'écrasement cutané Lésion de basse énergie
Type II	Plaie 1-10 cm sans lésion d'écrasement des tissus sous-cutanés Lésion de moyenne énergie
Type III	Lésion étendue des tissus sous-cutanés > 10 cm, contamination importante Lésion de haute énergie
III A	Couverture du foyer de fracture adéquate par les tissus sous-cutanés malgré un traumatisme de haute énergie ou une lacération extensive ou un lambeau cutané
III B	Couverture du foyer insuffisante par les tissus sous-cutanés avec effraction périostée
III C	Toute fracture ouverte nécessitant un geste de revascularisation

Figure 2 : Classification de Gustilo et Anderson

3.2. Complications nerveuses

Les lésions nerveuses pré-opératoires liées directement au traumatisme sont difficiles à apprécier car souvent non précisées dans la plupart des études. Lors du symposium de la SOFCOT en 2012, ces lésions représentaient 3,7% (15/410 patients) des cas avec l'atteinte dans 9 cas du nerf ulnaire, dans 6 cas du nerf radial et dans 1 cas du nerf médian (34). Les neuropathies ulnaires pré-opératoires sont plus fréquentes en cas de fracture complexe de type C pouvant atteindre 24,8% des cas (35).

4. Evaluation pré-opératoire

4.1. Evaluation clinique

L'interrogatoire recherchera dans un premier temps une douleur localisée au niveau du coude traumatisé. L'examen clinique consiste à repérer à l'inspection les signes faisant suspecter une FEDH tels qu'un œdème et une déformation du coude. Une attention particulière doit être portée sur l'examen cutané à la recherche d'une ouverture cutanée. Un examen neuro-vasculaire complet doit être réalisé avec testing moteur et sensitif des nerfs ulnaire, médian et radial. Enfin, un examen de l'épaule et du poignet ipsilatéraux recherche une lésion associée présente dans 17% des cas (36), particulièrement chez le sujet âgé ostéoporotique.

4.2. Evaluation radiologique

Le diagnostic repose sur la réalisation de radiographies du coude de face et de profil mais celles-ci restent le plus souvent difficiles à interpréter avec précision en cas de fracture complexe comminutive. Les radiographies en traction sont peu à peu abandonnées, bien qu'utiles à la compréhension de la fracture, car réalisables seulement sous anesthésie.

L'examen clé désormais pour compléter le bilan en cas de comminution et d'atteinte articulaire est le scanner avec reconstruction 3D (*figure 3*). Il aide à la classification et s'avère essentiel à la planification opératoire (37). Il permet de mettre en évidence la localisation précise de la fracture, la localisation et le degré de la comminution, d'évaluer la congruence articulaire et de préciser l'atteinte des différentes colonnes (38). Doornberg et al. ont montré que l'utilisation du scanner avec reconstruction 3D en complément de la reconstruction 2D et des radiographies, améliore la fiabilité inter et intra-observateurs pour la classification AO des fractures distales de l'humérus ainsi que la fiabilité intra-observateur concernant la décision thérapeutique (39).

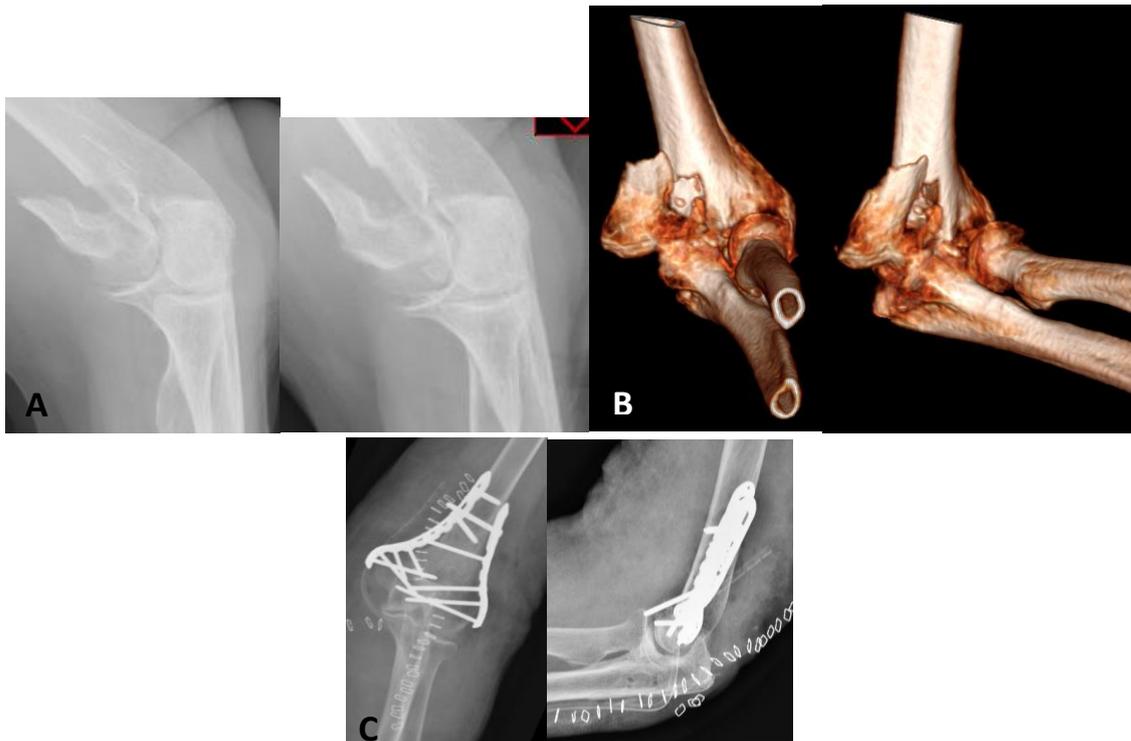


Figure 3 : Fracture de l'extrémité distale de l'humérus de type C. Radiographies de ¾ pré-opératoire (A), scanner coupes 3D de face et ¾ (B), radiographies de face et profil après ostéosynthèse

5. Traitement

Différents types de traitements sont désormais proposés pour la prise en charge des FEDH. Tous répondent à un objectif commun qui est l'obtention d'un coude indolore, stable et fonctionnel. La décision du choix thérapeutique repose sur un consensus entre patient et chirurgien. Il est adapté à l'âge et aux comorbidités du patient, après évaluation de ses attentes fonctionnelles et information sur les avantages et inconvénients de chacun des traitements.

5.1. Traitement conservateur

Le traitement conservateur correspond majoritairement à un traitement fonctionnel. Le coude est immobilisé à visée antalgique par une attelle de type brachio-antébrachio palmaire (BABP) en flexion de coude à 60° pendant une courte durée, en général moins de 21 jours. Une mobilisation progressive par rééducation précoce est ensuite débutée. L'autre option se réfère à un traitement orthopédique consistant en une immobilisation du coude soit par plâtre BABP soit par coude au corps pour une durée d'environ 6 à 8 semaines selon l'évolution radiologique.

Ce traitement reste exceptionnel et s'applique à une minorité de patients attentivement sélectionnés.

Son indication concerne (40,41) :

- les fractures peu ou pas déplacées
- les patients âgés fragiles présentant de lourdes comorbidités et ne pouvant endurer une anesthésie générale
- les patients présentant une démence avancée
- les patients présentant une fonction du membre supérieur traumatisé préalablement limitée (paralysies séquellaires post-AVC).
- les patients refusant une prise en charge chirurgicale.

Le principal risque réside dans le fait que l'association d'une immobilisation moins contraignante à une rééducation précoce peut amener à un déplacement secondaire de la fracture, entraînant une incongruence articulaire responsable à plus long terme de douleur et raideur avec un faible résultat fonctionnel.

Bien que plusieurs études dans le passé aient attribué de mauvais résultats au traitement conservateur (42–44), d'autres études récentes ont contribué à le qualifier de traitement satisfaisant pour les catégories de patients éligibles du fait de bons résultats fonctionnels et de l'absence d'apparition de complications sévères. Aitken et al. (45) ont évalué 40 patients d'âge moyen de 73,5 ans avec faible demande fonctionnelle après traitement conservateur. Ils décrivent l'amélioration du score de Broberg et Morrey de 42 à 6 semaines à 67 à 3 mois. Quarante-cinq pour cent des patients survivants (n=20) avaient un arc de mobilité fonctionnel à 4 ans avec un DASH moyen de 38 points. Huit patients sur 20 n'ont pas consolidé et étaient en pseudarthrose. Cependant, aucune différence n'a été observée en terme de résultats fonctionnels entre les patients en pseudarthrose et ceux consolidés, résultats considérés comme modestes dans les 2 cas. Le taux cumulatif de consolidation, estimé à l'aide de la méthode de Kaplan-Meier, était de 53% à 1 an et de 73% à 5 ans. Batten et al. (46) analysant rétrospectivement 14 patients de plus de 65 ans traités par traitement conservateur, retrouvent respectivement que 93% et 79% des patients ne présentent pas de douleur au repos et à l'activité. Le score moyen fonctionnel de l'OES (Oxford Elbow score) était de 46, révélant une fonction quasi normale. Soixante et onze pour cent des patients étaient asymptomatiques avec un score OES maximal à 48. Aucune complication n'avait été retrouvée. Enfin Pidhorz et al. (47) observant 56 patients de plus de 65 ans, répartis au sein d'une cohorte rétrospective et d'une autre prospective après traitement conservateur, ont montré pour les deux séries un score de Katz quasiment inchangé avant et après traitement, un score de MEPS qualifié de bon ou excellent dans presque 80% des cas dans chacune des deux séries et un arc de mobilité à 94° et 81° respectivement pour la série rétrospective et prospective.

La principale complication retrouvée était la consolidation en cal vicieux avec 70% de cal vicieux extra-articulaire. Le cal vicieux intra-articulaire représentait 65% des cas en rétrospectif et 17% des cas en prospectif. La pseudarthrose ne représentait que 5,3% sur l'ensemble des deux séries. Enfin, 50% des patients de la série rétrospective développaient de l'arthrose à un stade avancé.

Le traitement conservateur bien qu'exceptionnel demeure toujours une option thérapeutique pour certaines catégories de patients soigneusement sélectionnées. Il permet le maintien de l'indépendance chez les sujets âgés et l'obtention de résultats cliniques satisfaisants en l'absence de complications sévères rapportées, tout en préservant des complications liées au risque chirurgical. Cependant, le taux variable de pseudarthrose et de cal vicieux fait envisager le traitement chirurgical pour tout autre population âgée aux comorbidités moins sévères.

5.2. Réduction et ostéosynthèse

La réduction à ciel ouvert et l'ostéosynthèse interne (ORIF) demeurent le gold standard pour la prise en charge des FEDH. Le but du traitement est l'obtention de la restauration de l'anatomie par une fixation stable à l'aide d'un montage suffisamment rigide afin de permettre une mobilisation précoce et de préserver l'indépendance chez le sujet âgé.

5.2.1. Indications

L'ORIF doit être proposée en cas de FEDH extra-articulaire ou intra-articulaire, même en cas de déplacement minime, à l'ensemble des patients, jeunes et plus âgés, dont les comorbidités ne contre-indiquent pas la chirurgie. En effet, deux études ont montré chez le sujet âgé que le traitement conservateur engendrait plus souvent un résultat qualifié d'inacceptable (RR= risque relatif à 2,8) et un taux significativement plus élevé de pseudarthrose (RR=5,8) et de retard de consolidation (RR=4,4) par rapport au traitement chirurgical (26,37). La sévérité de la comminution et une qualité osseuse médiocre chez ces patients peuvent toutefois amener à un changement de stratégie thérapeutique per-opératoire.

5.2.2. Technique chirurgicale

A – Voies d'abord

Les voies d'abord permettant l'exposition de l'extrémité distale de l'humérus sont nombreuses. Les plus utilisées en traumatologie sont les voies postérieures, majoritairement communes à l'ORIF et à la PTC, et plus rarement les voies latérales en cas de fracture dans le plan frontal.

a - Voies postérieures

Les voies d'abord postérieures peuvent être divisées en deux catégories suivant la prise en charge de l'appareil extenseur :

- celles maintenant une continuité de l'appareil extenseur et l'intégrité de son insertion ulnaire (triceps on approach) : double voie paratricipitale (triceps sparing) (*figure 4*)

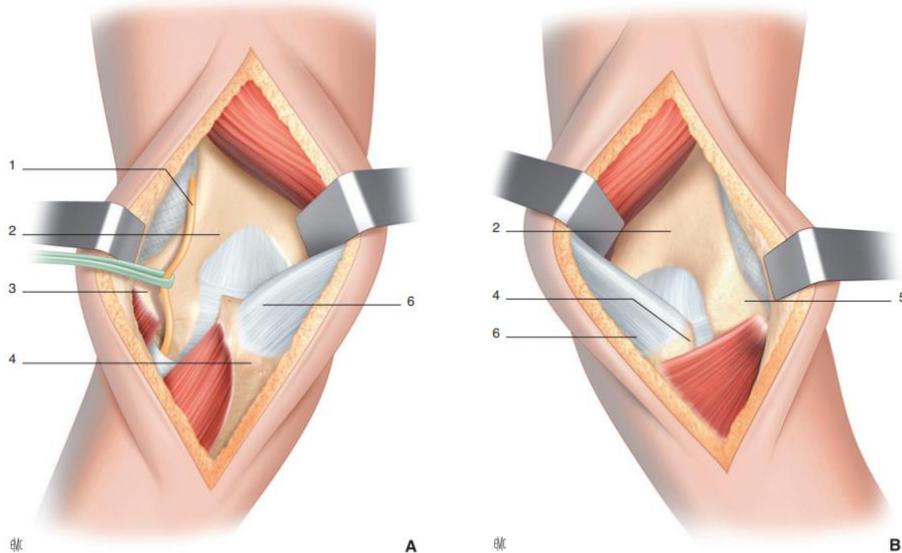


Figure 4 : Double voie paratricipitale. Fenêtre médiale (A) et latérale (B). 1. Nerf ulnaire ; 2. Humérus ; 3. Epicondyle médial ; 4. Olécrane ; 5. Epicondyle latéral ; 6. Triceps

- celles entraînant une interruption de l'appareil extenseur : (triceps off approach)
 - o par division intra musculo-tendineuse :
 - ténotomie du triceps : voie en V inversé (*figure 5*)
 - division longitudinale transtricipitale : voie de Gschwend (triceps splitting) (*figure 6*)
 - o permettant la préservation de l'unité musculo-tendineuse :
 - décollement sous-périosté ou ostéopériosté de son enthèse au niveau de l'olécrane (triceps reflecting) : de médial à latéral par la voie de Bryan-Morrey (*figure 7*) ou en élévation par la voie « triceps reflecting anconeus pedicle (TRAP) » (*figure 8*), voie de Kocher modifiée, extensile Mayo Approach
 - ostéotomie olécranienne (*figure 9*)

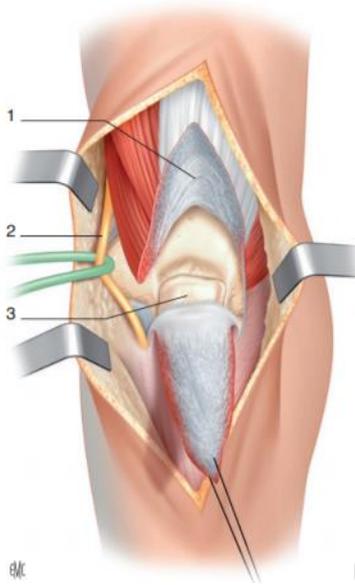


Figure 5 : Voie en V inversé.
 1. Triceps ; 2. Nerf ulnaire ;
 3. Olécrane

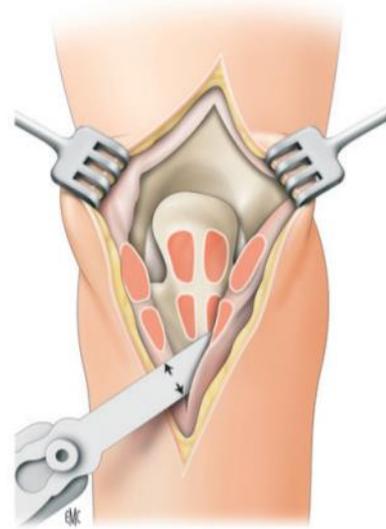


Figure 6 : Voie transtricipitale de Gschwend

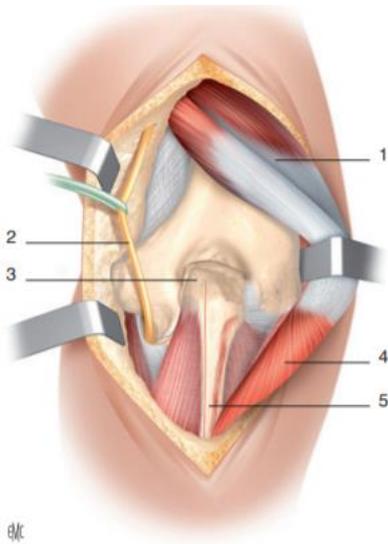


Figure 7 : Voie de Bryan-Morrey.
 1. Triceps ; 2. Nerf ulnaire ; 3.Olécrane ;
 4. Anconé ; 5. Crête ulnaire

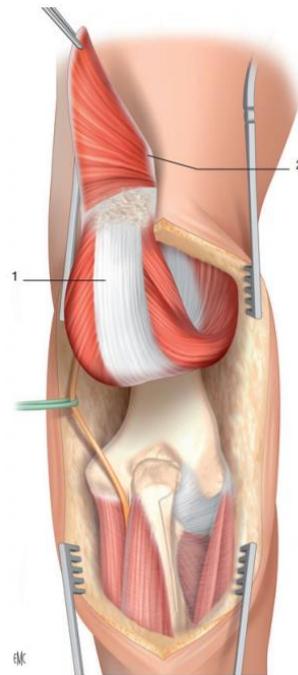


Figure 8 : Voie TRAP (triceps reflecting anconeus pedicle)
 1. Triceps ; 2. Anconé

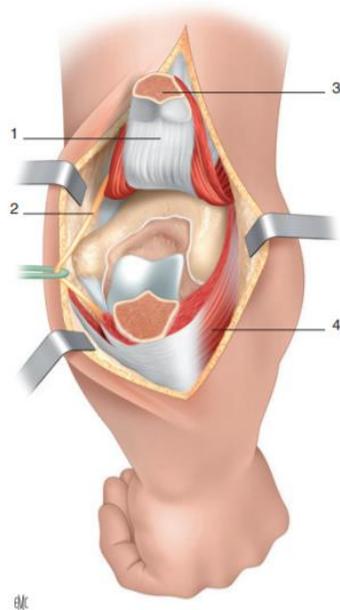


Figure 9 : Olécranotomie. 1. Triceps ; 2. Nerf ulnaire ; 3. Olécrane ; 4. Anconé

Les voies d'abord communes les plus fréquentes à la PTC et à l'ostéosynthèse sont détaillées dans le *tableau 1*.

b - Voie latérale

La réalisation d'une voie latérale limitée à la colonne peut être nécessaire en cas de FEDH dans le plan frontal (type B3 de la classification de l'AO) afin de visualiser la partie antérieure de la surface articulaire (*figure 10*). L'incision s'effectue au niveau de l'intervalle entre l'extenseur ulnaire du carpe (ECU) et l'anconé permettant d'accéder à l'articulation radio-capitellaire, en maintenant le bras en pronation dans le but de protéger le nerf interosseux postérieur.



Figure 10 : Voie latérale per opératoire (A) ; fracture de l'extrémité distale de l'humérus B3 de profil (B) et de face (C)

Tableau 1 : Voies d'abord postérieures de l'humérus distal

Type	Voies d'abord	Description	Avantages	Inconvénients
TRICEPS OFF <i>triceps splitting</i>	Ténotomie en V inversé (voie Campbell - Van Gorder)	Section exclusive du tendon en V inversé sur 10 cm Division longitudinale du corps charnu dans le sens des fibres Désinsertion de l'anconé de l'ulna	Plastie allongement du triceps en VY si raideur (flexion pré-op < 100°) Conservation insertion triceps sur l'olécrane : maintien de la force	Faiblesse triceps Arc de mobilité diminué Rééducation différée
	Division longitudinale transtricipitale (voie de Gschwend)	Division longitudinale du triceps jusqu'à l'olécrane Désinsertion triceps de l'olécrane à l'ostéotome Détachement sous-périosté du FUC en médial et de l'anconé et ECU en latéral à l'ostéotome	Voie intéressante pour reprise PTC : à distance des éléments nerveux	Superposition incisions superficielle et profonde Désinsertion du triceps
TRICEPS OFF <i>triceps reflecting</i>	Détachement sous périosté • Latéral à médial (voie de Kocher élargie)	Désinsertion bord latéral du triceps du septum inter - musculaire +/- désinsertion LCL de l'épicondyle Incision entre ECU et anconé Désinsertion sous-périostée anconé de l'ulna	Respect innervation triceps et anconé	Section LCL Risque de léser le nerf ulnaire à la fin du détachement Vision restreinte en médial Risque de léser le nerf radial si étendue proximal > 8 cm
	• Latéral à médial (voie de Kocher élargie modifiée Mayo)	Etapes initiales identiques Désinsertion partie proximale de l'anconé de l'ulna Désinsertion triceps de l'olécrane Désinsertion LCL +/- LCM pour une exposition plus complète	Respect innervation triceps et anconé	Section LCL +/- LCM Désinsertion du triceps Vision restreinte en médial
	• Médial à latéral en continuité avec l'anconé (voie de Bryan-Morrey)	Dissection nerf ulnaire Détachement bord médial du triceps Désinsertion triceps de l'olécrane et anconé de l'ulna Désinsertion huméral LCL et LCM	Vision étendue humérus et ulna	Section LCL et LCM Désinsertion du triceps Limitation rééducation en extension active contre résistance 6 semaines
TRICEPS ON <i>triceps sparing</i>	Double voie paratricipitale	Séparation du triceps des septums intermusculaires médial et latéral Désinsertion sous-périostée ulnaire du LCM et du FUC Désinsertion humérale 1/3 de la masse des épicondyles médiaux Désinsertion humérale du LCL et 1/3 de la masse des épicondyles latéraux Préparation ulna : fenêtre médiale/ préparation humérus : fenêtre latérale	Recommandée pour prothèse à charnière Pas de désinsertion du triceps Maintien de la force du triceps Rééducation précoce	Inadaptée pour prothèse à glissement Visualisation plus étroite de l'ulna

ECU : extenseur ulnaire du carpe ; FUC : fléchisseur ulnaire du carpe ; PTC : prothèse totale de coude ; LCL : ligament collatéral latéral ; LCM : ligament collatéral médial

c - Choix de la voie d'abord

Le choix de la voie d'abord dépend à la fois de la complexité de la fracture, des habitudes de l'opérateur et de la prise en considération des avantages et inconvénients inhérents à chacune. L'objectif étant une reconstruction la plus anatomique possible, la visualisation de la surface articulaire est la clé de l'exposition en cas de fracture articulaire. L'étude anatomique de Wilkinson et al. (48) a montré que 57% de la surface articulaire était visualisée en cas d'olécranotomie contre respectivement 35% et 46% en cas de voie transtricipitale longitudinale et d'une voie paratricipitale. Aucune différence en terme de résultats fonctionnels n'a été démontrée entre olécranotomie et voie transtricipitale longitudinale dans le traitement des FEDH fermées intra-articulaires en comparant le DASH score, le Short-Form 36 et la force musculaire (49).

Les voies paratricipitale et transtricipitale longitudinale permettent d'éviter les complications liées à l'olécranotomie que sont la pseudarthrose, la raideur et la gêne du matériel d'ostéosynthèse entraînant un taux d'ablation de matériel d'ostéosynthèse approchant 30% (50). Une récente méta-analyse incluant 11 articles comparant les voies de Bryan-Morrey ou transtricipitale longitudinale à l'olécranotomie n'a pas montré de différences en terme de résultats fonctionnels et de taux de complications (51). Le risque d'échec de cicatrisation du triceps dans les voies interrompant sa continuité peut conduire à un défaut d'extension. Illical et al. comparant les mobilités, la force musculaire et le DASH score chez 39 patients opérés d'une FEDH extra-articulaire, soit par voie paratricipitale, soit par voie transtricipitale longitudinale, ont montré une diminution significative de la force du triceps et des mobilités dans le groupe transtricipitale longitudinale (52). Cependant, en cas de fracture ouverte supra-condylienne, la voie transtricipitale longitudinale a démontré une amélioration significative des résultats fonctionnels du DASH et du MEPS en comparaison à l'olécranotomie, expliquée par le fait que la rupture du triceps secondaire à l'extériorisation de la diaphyse peut être incorporée au sein de la voie d'abord, évitant une interruption supplémentaire du triceps en cas d'olécranotomie (53).

En résumé, l'olécranotomie est plus propice au traitement des fractures intra-articulaires complexes (type C de la classification de l'AO) du fait d'une meilleure exposition de la surface articulaire mais est à risque de pseudarthrose. Les autres voies postérieures, notamment la voie paratricipitale, sont préférées pour les fractures extra-articulaires (type A) ou intra-articulaires partielles (type B) puisque l'exposition est plus limitée, n'entravant pas la conversion en olécranotomie ou la réalisation d'une PTC si nécessaire. Elles présentent néanmoins un risque d'échec de cicatrisation du triceps en cas d'interruption de l'appareil extenseur.

B – Montage d'ostéosynthèse

a - Stratégie chirurgicale

➤ Installation

Le patient peut être installé en décubitus dorsal ou en latéral, en fonction de la disponibilité d'un aide pour la manipulation du bras et de la voie d'abord effectuée. Un garrot peut être placé à la racine du membre.

➤ Prise en charge du nerf ulnaire

La première étape en cas de voie d'abord postérieure consiste à repérer et protéger le nerf ulnaire en le mettant sur lac tout au long de l'intervention. La conduite à tenir en fin d'intervention concernant sa transposition antérieure ou non reste controversée. Certains auteurs préconisent la transposition antérieure afin de prévenir le contact du nerf ulnaire sur la plaque médiale ou en cas de tension excessive (54,55). La récente méta-analyse de Shearin et al. étudiant 366 FEDH opérées avec et sans transposition antérieure du nerf ulnaire, retrouve cependant un taux global de neuropathie ulnaire post-opératoire de 19% avec une incidence plus élevée dans le groupe transposition (23,5%) que dans le groupe in situ (15,3%) concluant à l'échec de prévention des neuropathies ulnaires post-opératoires par transposition per-opératoire (56).

➤ Reconstruction de la surface articulaire (*figure 11*)

Après avoir obtenu une exposition suffisante permettant d'analyser l'ensemble des différents fragments, la première étape consiste en une simplification de la fracture complexe originelle. La surface articulaire est reconstruite pas à pas à l'aide d'une ostéosynthèse provisoire par broches de Kirschner ne dépassant pas l'os sous-chondral afin de ne pas gêner le positionnement ultérieur des deux plaques, ou par vis canulées. En cas de comminution importante, la reconstruction de la moitié antérieure de la surface articulaire et de la trochlée s'avère primordiale.

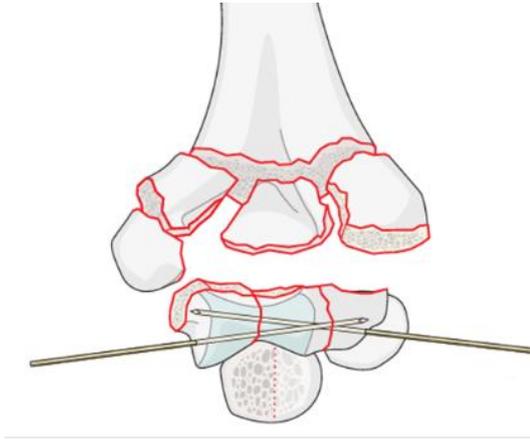


Figure 11 : Reconstruction et fixation provisoire de la surface articulaire par broches de Kirschner

➤ Réduction provisoire (figure 12)

La seconde étape consiste à réduire provisoirement la surface articulaire sur chacune des colonnes en mettant en place selon la configuration choisie la plaque médiale et la plaque postéro-latérale ou latérale. Leur placement doit permettre la mise en place de 3 vis proximales par rapport au trait de fracture métaphysaire. La taille des deux plaques doit être différente afin d'éviter un surplus de contrainte pouvant entraîner une fracture au-dessus du matériel d'ostéosynthèse.

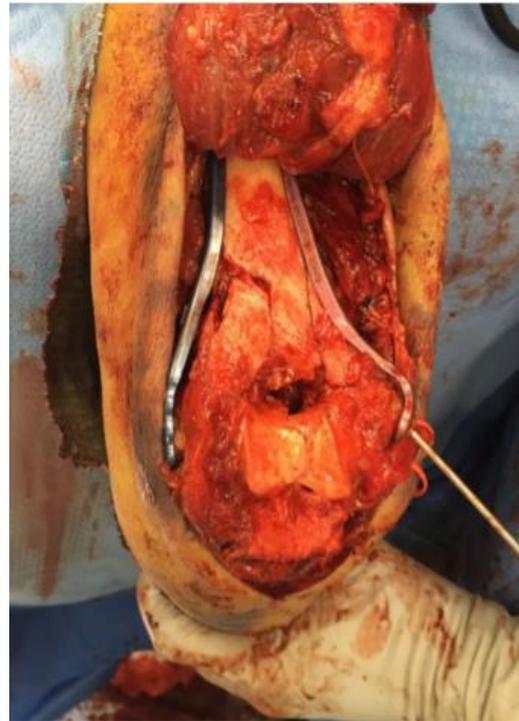


Figure 12 : Fixation provisoire de la colonne médiale par plaque

➤ Fixation finale (*figure 13*)

La fixation articulaire distale est réalisée en première à l'aide des vis distales médiales et latérales des plaques afin d'obtenir une fixation stable des fragments articulaires et un ancrage rigide des plaques. La fixation proximale des plaques est ensuite effectuée, comportant au minimum 3 vis en appliquant un maximum de compression. La fixation peut être au final complétée par des vis intermédiaires selon les cas.

Figure 13 : Fixation finale par une plaque médiale et latérale



b - Configuration du montage

➤ Matériel d'ostéosynthèse

La littérature est désormais unanime sur la supériorité de l'ostéosynthèse par deux plaques en comparaison à d'autres méthodes (57,58). Plusieurs types de plaques peuvent être utilisées bien que les plaques verrouillées anatomiques soient devenues prépondérantes de par leur plus grande stabilité mécanique, notamment en cas d'ostéoporose (59). Les plaques de reconstruction pelvienne de 3,5 mm comme les plaques à compression dynamique de contact limité (LC-DCP) présentent une rigidité suffisante pour réaliser le montage bicolonne. En revanche les plaques tiers de tube, trop fragiles, sont à fort risque de fracture de matériel (38).

➤ Montage orthogonal 90° (figure 14)

La technique classique en montage orthogonal décrite par l'AO consiste dans un premier temps à obtenir une réduction de la surface articulaire à l'aide d'une ou deux vis en compression dans le plan frontal. La fixation définitive des colonnes se fait par deux plaques placées respectivement en postéro-latéral sur la colonne latérale et en médial sur la colonne médiale, permettant d'obtenir un angle d'environ 90° entre les deux plaques.

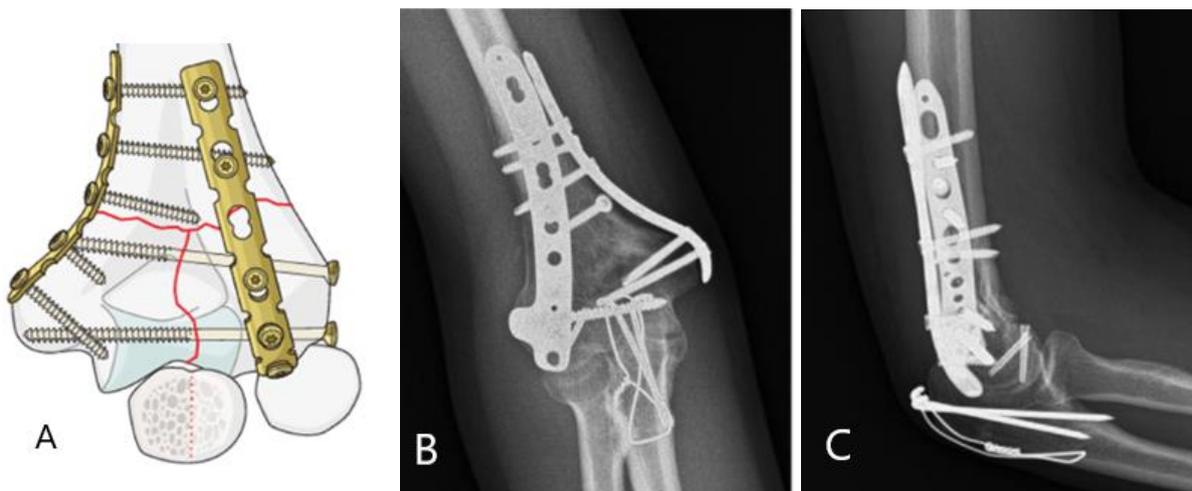


Figure 14 : Schéma (A) et radiographies d'ostéosynthèse de FEDH de face (B) et de profil (C) par montage orthogonal

➤ Montage parallèle 180° (figure 15)

Le montage parallèle a été développé et promu par ses défenseurs comme étant un montage plus stable et donc plus adapté aux fractures complexes intra-articulaires. La réduction de la surface articulaire initiale s'effectue à l'aide de broches de Kirschner. La fixation des colonnes comprend une plaque médiale et une plaque latérale placée à 180°, fixées distalement par 4 à 6 vis de longueur suffisante. O'Driscoll a décrit 8 principes clés à respecter pour la réalisation d'un montage parallèle optimal (60).

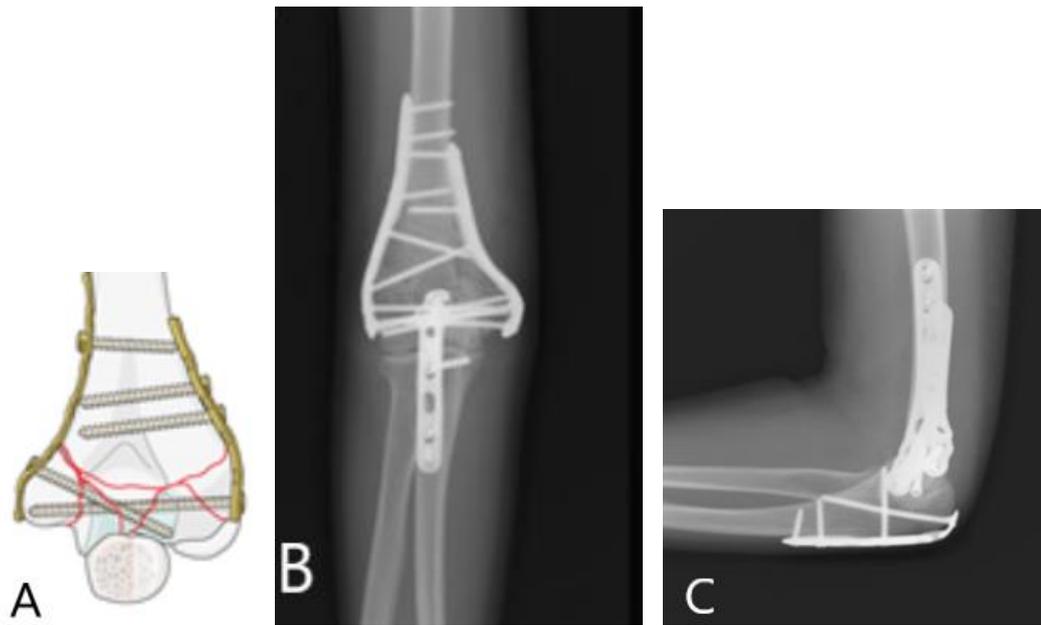


Figure 15 : Schéma (A) et radiographies d'ostéosynthèse de FEDH de face (B) et de profil (C) par montage parallèle

➤ Résultats de la littérature

Bien que l'ostéosynthèse par plaque requiert l'unanimité, le débat se poursuit quant à la meilleure configuration du montage. Les études biomécaniques sont plutôt en faveur d'un montage parallèle permettant l'obtention d'une meilleure stabilité avec un système verrouillé (61), notamment lorsqu'il existe une discontinuité corticale (62). Les études évaluant les résultats fonctionnels et le taux de complications ne retrouvent cependant aucune différence statistiquement significative entre les 2 types de montage (63,64). Une méta-analyse récente a comparé 6 études contrôlées randomisées incluant 284 patients opérés soit par un montage parallèle (n=129) soit par un montage orthogonal (n=155). La seule différence significative mise en évidence soulignait un taux de complications plus important dans le groupe avec montage orthogonal (odd-ratio : OR=2,59; IC 95% [1.03 ; 6.53], $p=0.04$). Aucune différence n'a été retrouvée concernant le temps opératoire, le délai de consolidation, le score de MEPS, l'arc de mobilité et le taux d'obtention de bons ou excellents résultats (65).

C – Suites post-opératoires

Elles ne sont pas uniformes et peuvent varier selon l'opérateur ou le centre. Une attelle BABP est le plus souvent mise en place à visée antalgique et peut être prolongée jusqu'à l'obtention d'une cicatrisation complète (15 à 21 jours). Une mobilisation précoce passive immédiate est débutée, indispensable pour permettre un résultat fonctionnel satisfaisant. Aucune restriction de port de charge n'est nécessaire à long terme.

5.2.3. Complications

Le taux global de complications après ORIF varie de 35% (66) à 44% (34) spécifiquement chez les sujets âgés de plus de 65 ans, à plus haut risque d'échec.

A – Infections

a – Incident cicatriciel

Les incidents cicatriciels sont favorisés par la fine enveloppe de tissus mous à la face postérieure du coude, l'œdème post-opératoire et les forces de cisaillement induites par une rééducation précoce (67). Une ouverture cutanée Gustillo III et l'ostéosynthèse par plaque de l'ulna en cas d'olécranotomie, constituent des facteurs de risque majeurs (68). Le taux global de ces incidents cicatriciels dans la littérature est variable, de 2,4% (69) à 11,1% (7), avec parfois la survenue d'incidents cicatriciels majeurs obligeant à une réintervention pour lambeau de couverture cutanée (68,70,71). Un débridement préservant le matériel d'ostéosynthèse associé à une antibiothérapie ciblée permettent la cicatrisation dans la majorité des cas. En l'absence d'amélioration malgré la répétition du traitement précédent, une ablation du matériel d'ostéosynthèse doit être envisagée.

b – Infection profonde

Elle doit être suspectée devant tout écoulement cicatriciel, retard de consolidation ou pseudarthrose. Le taux d'infections profondes varie dans la littérature de 0 à 9% (72). Leur prise en charge requiert une reprise chirurgicale inéluctable et dépend du caractère précoce ou tardif de survenue de l'infection, inhérent à l'évaluation du statut de consolidation de la fracture. En cas d'infection précoce donc en l'absence de consolidation de la fracture, la reprise consiste à effectuer des prélèvements à visée bactériologique afin d'identifier le germe responsable et à réaliser un débridement et un lavage de l'ensemble des tissus infectés, associée à une

antibiothérapie adaptée jusqu'à l'obtention de la consolidation. Lorsque la consolidation est acquise ou en cas d'infection tardive, on associe aux gestes précédents l'ablation du matériel d'ostéosynthèse.

B – Complications osseuses

a - Pseudarthrose (figure 16)

La pseudarthrose reste une complication peu fréquente dont le taux d'incidence rapporté dans la littérature n'excède pas 10% (73). L'étude anatomique de Kimball et al. (74) a mis en évidence plusieurs zones peu vascularisées au niveau du coude au sein desquelles il n'existe pas d'anastomose entre les vaisseaux, appelées « watershed zone » dont fait partie la zone située entre colonne latérale, médiale et diaphyse humérale ainsi que la trochlée, pouvant expliquer la localisation le plus souvent à la jonction diaphyso-métaphysaire de la pseudarthrose.

La prise en charge repose sur une reprise chirurgicale à adapter à l'âge et à l'activité du patient. Chez les jeunes patients, le traitement consiste en une cure de pseudarthrose associant autogreffe osseuse et ostéosynthèse par double plaques, complétée si besoin par une arthrolyse du coude permettant de bons résultats fonctionnels (75) et un taux élevé de consolidation (76). Certains cas plus complexes peuvent requérir une allogreffe structurale de fibula ou une ostéosynthèse par fixateur externe. La prothèse totale de coude est désormais un traitement alternatif indiqué chez les sujets âgés ou en cas de perte osseuse importante chez les sujets plus jeunes (77).

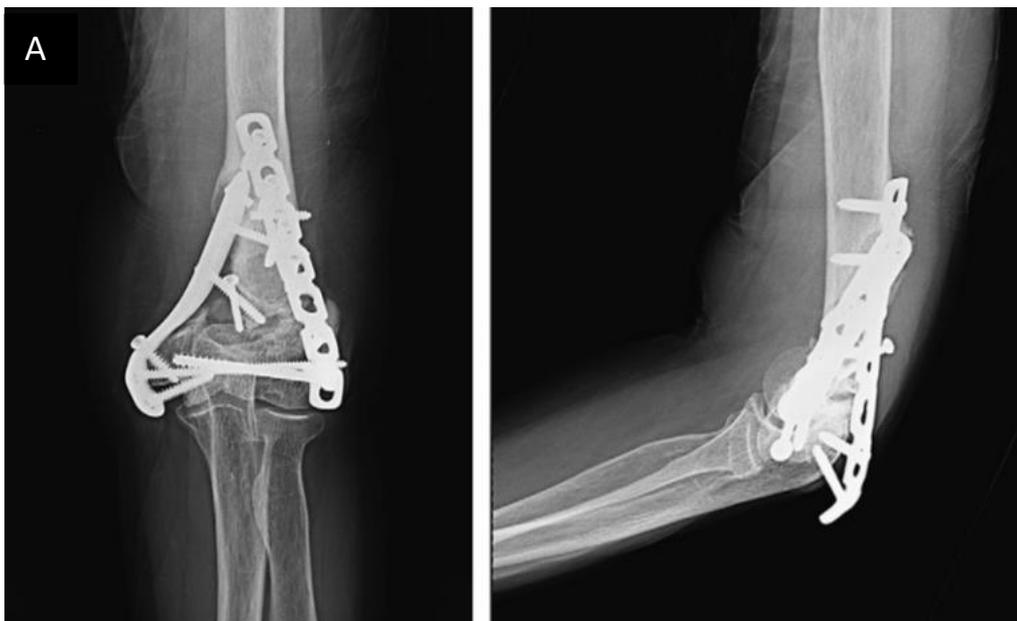




Figure 16 : Pseudarthrose supra-condylienne et démontage de la plaque postéro-latérale après ostéosynthèse d'une fracture de l'extrémité distale de l'humérus de type C1 (A). Consolidation acquise après greffe osseuse et fixation par un nouveau montage parallèle (B).

b - Cal vicieux

L'absence de réduction anatomique peut conduire à la consolidation de la fracture en cal vicieux extra ou intra-articulaire selon le type de fracture initiale. Une ostéotomie correctrice adaptée (extra ou intra-articulaire) peut être proposée chez le sujet jeune. Une attention particulière doit être portée sur les indications d'ostéotomie intra-articulaire car il s'agit d'un geste très invasif. Les indications se limitent à une altération modérée ou sévère de la fonction, à la présence de douleur ou au stade débutant d'une arthrose secondaire post-traumatique. Là encore, la prothèse totale de coude constitue une alternative intéressante pour les patients plus âgés qui sont à haut risque d'échec d'ORIF (78).

c - Ossifications hétérotopiques (figure 17)

Les ossifications hétérotopiques (OH) sont fréquentes après ORIF. La prévalence des OH symptomatiques est estimée à 8,6% (37). L'incidence est très variable au sein de la littérature, allant de 0 à 49% (67,72). Certains facteurs tels que les lésions cérébrales, une ORIF réalisée tardivement, l'utilisation de greffe ou substituts osseux et une immobilisation post-opératoire prolongée ont été significativement associées à l'apparition d'OH (79).

La plupart de ces OH sont asymptomatiques, n'entraînant pas de déficit fonctionnel. En cas de retentissement fonctionnel, défini comme une perte d'extension associée à un arc de mobilité < 100°, représentant environ 8% des cas, un traitement chirurgical s'envisage dans les 6 à 9 mois suivant le traumatisme. Le traitement consiste à effectuer par une incision postérieure, l'excision de l'ensemble des OH et d'y associer une capsulectomie, et un débridement des fossettes olécranienne, coronoïde et radiale (72).

Plusieurs études se sont intéressées à évaluer le bénéfice d'un traitement prophylactique, notamment des anti-inflammatoires non stéroïdiens associés ou non à une radiothérapie, mais n'ont pas permis de prouver leur efficacité (64,80). En revanche, un taux non négligeable de pseudarthrose a été mis en évidence lors de ces traitements renforçant le débat sur leur indication (64).



Figure 17 : Radiographie mettant en évidence une ossification antérieure et postérieure après ORIF de l'humérus distal

C – Complications des parties molles

a - Raideur

La raideur de coude consécutive à toute ORIF se définit par une diminution de l'arc de mobilité prédominant sur la perte d'extension. Elle est favorisée par des facteurs intrinsèques que sont les complications osseuses (pseudarthrose/cal vicieux), l'incongruence articulaire, la fibrose et les adhésions capsulaires, les OH, la formation du cal, et des facteurs extrinsèques tels qu'un matériel d'ostéosynthèse encombrant et une immobilisation post-opératoire prolongée (38,81).

Environ 1/3 des patients opérés d'une FEDH par ORIF présenteront des difficultés à récupérer un arc de mobilité fonctionnel (82).

Si la raideur persiste malgré une rééducation bien conduite, un traitement chirurgical est à envisager. Un geste d'arthrolyse est proposé, réalisé selon son importance par arthroscopie ou à ciel ouvert. L'arthrolyse à ciel ouvert a montré de meilleurs résultats lorsque la raideur post-traumatique du coude était secondaire aux OH plutôt qu'à une rétraction capsulaire isolée (83).

b - Neuropathie ulnaire

Cette complication peut apparaître en per-opératoire ou en post-opératoire immédiat ou à distance de l'ORIF, se traduisant par des symptômes sensitifs et parfois moteurs associés. Malgré le repérage en per-opératoire et la protection du nerf ulnaire lors de toute voie d'abord postérieure, c'est un élément vulnérable au cours des différentes étapes de l'ORIF susceptible de lésion par étirement, écrasement ou section partielle. Une atteinte du nerf ulnaire en post-opératoire est favorisée par une immobilisation trop étroite et une rééducation inadaptée ainsi que par un matériel d'ostéosynthèse en contiguïté trop encombrant pouvant entraîner une irritation du nerf lors des mouvements (84).

La prise en charge en cas de neuropathie ulnaire post-opératoire repose sur un traitement chirurgical consistant à effectuer une neurolyse étendue puis une transposition antérieure du nerf ulnaire. McKee et al. ont étudié lors de la révision après échec d'ORIF de FEDH, les résultats de la neurolyse et transposition antérieure du nerf ulnaire chez 20 patients présentant une neuropathie post-opératoire. Ils ont retrouvé 1 excellent et 16 bons résultats, la récupération des muscles intrinsèques et un taux de satisfaction des patients élevé (85). Bien que dans la littérature subsiste la controverse concernant le bénéfice d'effectuer la transposition en première intention, dans le même temps que l'ORIF en l'absence de symptômes pré-opératoires, la possibilité de réaliser ce geste à distance n'entraîne pas une perte de chance et permet l'obtention de bons résultats en cas de neuropathie post-opératoires séquellaires.

D - Echec mécanique

La rigueur qu'exige la reconstruction anatomique des fractures les plus complexes, constitue la pierre angulaire contre la survenue de toute défaillance mécanique. Un échec mécanique du montage est observé dans 7 à 27% des cas (67). Au-delà des caractéristiques mécaniques intrinsèques du matériel d'ostéosynthèse (plaques et vis), plusieurs facteurs peuvent entraîner l'apparition d'un échec mécanique plus ou moins précoce : l'ostéopénie ou

l'ostéoporose, le caractère complexe de la fracture, une perte osseuse et une rééducation post-opératoire inadaptée (86). Malgré l'amélioration de l'ancrage de l'ostéosynthèse au sein d'un os ostéoporotique par l'utilisation de plaques verrouillées préformées, l'obtention d'une fixation de qualité suffisante demeure incertaine et peut conduire au changement d'indication per-opératoire en faveur d'une prothèse totale de coude chez les sujet de plus de 65 ans.

E – Arthrose post-traumatique (*figure 18*)

L'arthrose secondaire post-traumatique résulte d'une réduction imparfaite de la surface articulaire provoquant une incongruence articulaire. Elle se montre plus élevée dans les FEDH articulaires que dans les fractures isolées de tête radiale ou de l'olécrane. A long terme, elle peut représenter jusqu'à 80% des cas après FEDH, dont 74% présentent une arthrose légère à modérée (87). Toute la difficulté du traitement réside dans la prise en charge d'une population souvent jeune et active en plus d'une population plus âgée. Les options restent limitées avec des résultats pas toujours satisfaisants.

Le traitement repose sur l'évaluation de la sévérité de la douleur et de la raideur, l'âge et l'activité du patient. L'arthroplastie avec interposition doit être proposée chez les patients les plus jeunes en cas d'arthrose avancée avec raideur sévère. En raison des résultats modestes et des complications à type d'instabilité et de faiblesse musculaire, la prothèse totale de coude doit être retardée au maximum et considérée comme traitement de sauvetage du fait de la durée de vie limitée de l'implant. En revanche, chez le sujet âgé, elle constitue un traitement alternatif fiable (88). Enfin, en cas de douleur et de raideur majeures, une arthrodèse peut être envisagée chez le patient jeune ou en cas d'infection à haut risque de réactivation, permettant une amélioration de la douleur et une restauration de la force, à cependant opposer à de faibles résultats fonctionnels (89).



Figure 18 : Arthrose post-traumatique huméro-radiale et huméro-ulnaire associée à un cal vicieux extra-articulaire compliquant l'ostéosynthèse d'une FEDH type C

5.2.4. Résultats

Malgré la richesse de la littérature à propos des résultats fonctionnels après ORIF des FEDH, celle-ci présente une hétérogénéité ne permettant pas des recommandations unanimes. Le design rétrospectif et non contrôlé de l'ensemble des études, la variété des types de fractures et de montages d'ostéosynthèse inclus, la différence de l'âge à partir duquel le sujet est considéré âgé ainsi que la disparité des critères d'évaluation utilisés, reflètent toute la difficulté à comparer de manière fiable ces résultats. C'est pourquoi l'appartenance à un centre de référence et l'expérience du chirurgien retrouvent tout leur sens dans l'évaluation du choix thérapeutique.

L'ORIF est défini comme le gold standard chez les patients jeunes permettant des résultats satisfaisants dans 80 à 90% des cas, avec un score moyen de MEPS considéré comme bon et un arc de mobilité d'au moins 100°. Les taux de complications et de réopérations restent cependant élevés pouvant atteindre respectivement 44% et 36% (*tableau 2*). Les résultats se sont améliorés chez le sujet âgé parallèlement à l'évolution du type de matériel d'ostéosynthèse et à sa configuration, jusqu'à même obtenir 100% de résultats satisfaisants (90). Le taux de consolidation est supérieur à 90% dans la plupart des cas. Le MEPS est bon voire même excellent, avec un score moyen de 83%, et l'arc de mobilité moyen est de 95° d'après notre revue de la littérature, alors même que les taux de complications et de réopérations ne semblent pas plus élevés que ceux des sujets plus jeunes. Varecka et al. retrouvent dans leur revue de la littérature un MEPS moyen équivalent, avec cependant un meilleur arc moyen de mobilité à 102° (91). Proust et al. retrouvaient une perte d'autonomie à la fin du suivi chez 10 patients sur 34 tandis que Shannon et al. rapportaient que 100% des patients avaient conservé leur indépendance (90,92).

Cependant, il faut interpréter ces résultats avec prudence car les taux de complications et de réopérations restent non négligeables, variant respectivement de 7,6% à 56% et de 6% à 36%. Les complications les plus fréquemment retrouvées sont l'infection et l'incident cicatriciel, la pseudarthrose, les neuropathies ulnaires, les ossifications hétérotopiques, la raideur et l'arthrose post-traumatique radiologique. Les complications propres à l'olécranonotomie correspondent à la pseudarthrose et à la gêne de matériel, responsables de la majorité des reprises dans certains cas (6,93).

Les facteurs de mauvais pronostic identifiés dans la littérature sont l'âge, le type de fracture et la présence d'ostéoporose, multipliant par 4 le risque d'échec d'ORIF (69). Le caractère ouvert de la fracture et la présence d'ossifications hétérotopiques entraînant une limitation de la mobilité sont également considérés comme facteurs compromettant le pronostic (5).

Tableau 2 : Revue de la littérature sur les résultats après ostéosynthèse dans les fractures de l'humérus distal

Etude	n	Age (a)	Follow-up	Type fracture	MEPS	ROM	Résultats satisfaisants	DASH/Quick-DASH	Taux de consolidation	Complications	Réopérations
Mckee et al. (2000) (4)	25	47	37 m	25 C3.1	-	108	-	20 / -	96%	11 (44%)	6 (24%)
Sanchez-Sotelo et al. (2007) (5)	32	58	2a	3A3/5C2/26C3	85	99	84%	-	94%	14 (41%)	9 (26,4%)
Proust et al. (2007) (92)	34	77,6	35 m	8 C1/10 C2/ 18 C3	73,3	80	58%	-	75%	19 (56%)	2 (6%)
Theivendran et al. (2010) (6)	16	43	35 m	4A/12C	72,3	103	80%	46,1/ -	100%	5 (31%)	3 (19%)
Huang et al. (2011) (94)	14	78,1	51 m	7C1/5C2/2C3	83	92	64%	34,7 / -	100%	5 (35,7%)	1 (7%)
Clavert et al. (SOFCOT) 2013 (69)											
étude prospective	53	77,2	10,6 m	13A/14B/26C	87,9	95,9	85%	-	97%	8 (15%)	5 (9%)
étude rétrospective	289	77,6	34,8 m	62A/46B/181C	84	98	80%	-	95%	7,60%	18,10%
Schmidt-Horlohé (2013) (95)	39	50	14 m	1C1/8C2/31C3	85	105	92%	22,5 / -	92%	17 (43%)	14 (36%)
Kural et al. (2017) (93)	24	47	28 m	9C3.1/11C3.2/4C3.3	83,3	104	91%	21,9 / -	100%	3 (12,5%)	2 (8,3%)
Biz et al. (2017) (7)	36	80,3	56 m	24 B1-C2/12 C3	78,9	109	72%	- /28,4	83%	12 (36,1%)	4 (16,7%)
Shannon et la. (2018) (90)	16	78	4 a	3 C3.1/4 C3.2/9 C3.3	91	97	100%	- / 19	100%	2 (13%)	3 (18%)

MEPS : Mayo Elbow Performance Score ; **ROM** (range of motion) : arc de mobilité flexion-extension

a : ans ; **m** : mois

5.3. Prothèse totale de coude

Le traitement des FEDH par prothèse totale de coude sera détaillé dans la seconde sous-partie.

II - Prothèse totale de coude en traumatologie

1. Historique

Les prémices de l'ère moderne prothétique sont apparus dans la seconde moitié du XXème siècle, avec la prothèse totale à charnière rigide métallique imaginée par Dee en 1970 dans ses travaux sur la polyarthrite rhumatoïde (PR), qui sera le premier implant scellé (*figure 19A*). L'évolution et l'amélioration des modèles de prothèses se façonnent autour de l'unique indication qu'est l'arthropathie inflammatoire dans la PR jusque dans les années 1980. Divers modèles de prothèses à charnière rigide (1^{ère} génération), c'est-à-dire ne permettant qu'un degré de liberté en flexion-extension, sont conçus avec une charnière d'abord métal-métal puis métal-polyéthylène. Cependant, devant la constatation d'un fort taux d'échec secondaire au descellement et à l'infection, le taux de reprise atteignait 22 à 30% (96). L'amélioration de la compréhension de l'anatomie et de la biomécanique du coude a conduit à la création de prothèses à charnière semi-contrainte d'abord de 2^{ème} génération, permettant deux degrés de liberté en flexion-extension et en varus-valgus, à charnière métal-polyéthylène puis de 3^{ème} génération permettant trois degrés de liberté ajoutant une composante rotatoire dans l'articulation prothétique.

Parallèlement, devant les nombreux échecs des premières prothèses à charnière attribués au descellement au niveau de l'interface os-ciment et à l'usure de la charnière, Ewald puis Kudo (97) développent le concept des prothèses non charnière à glissement avec l'objectif de recréer le plus anatomiquement possible les surfaces articulaires et de diminuer le risque de descellement mécanique (*figure 19B et C*). Ces prothèses nécessitent l'intégrité du système capsulo-ligamentaire et musculaire. Les modèles ont évolué au cours des dernières décennies avec la conception d'une trochlée désormais pleine et d'un ancrage centro-médullaire.

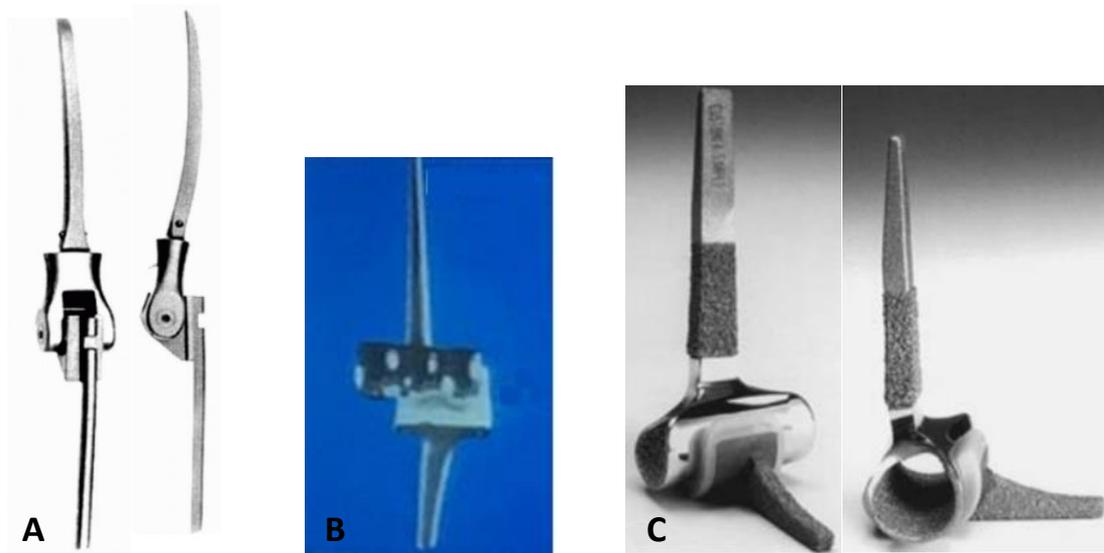


Figure 19 : Prothèse à charnière de Dee (A) ; prothèses sans charnière d'Ewald (B) et de Kudo (C)

A partir des années 1990 se dessine le développement des PTC en traumatologie. Les bons résultats obtenus dans le traitement de l'arthropathie de la PR par PTC, a conduit à élargir l'indication de la PTC dans un premier temps dans les séquelles post-traumatiques. Figgie rapporte la première série de PTC dans les pseudarthroses d'humérus distal en 1989 qui laisse entrevoir des résultats encourageants (98). Morrey poursuit cette dynamique en publiant en 1991 l'obtention de bons résultats dans le traitement de l'arthrose post-traumatique (99). Plus tardivement, Cobb et Morrey décrivent pour la première fois en 1997 l'utilisation de la PTC dans les FEDH du sujet âgé, suivi par Kamini et Morrey, rapportant des résultats favorables (100,101).

L'amélioration du traitement médical de la PR a inversé la tendance des indications des PTC. Si la PR était l'indication incontestée des PTC il y a quelques décennies, désormais les indications en traumatologie aiguë ou séquellaire prédominent, représentant plus de 2/3 des PTC réalisées (102).

2. Classification (97,103)

De nombreux modèles de PTC sont désormais disponibles et offrent une large gamme de choix thérapeutiques en fonction de leurs caractéristiques anatomiques, de leur mode d'ancrage et de la présence ou non d'un système articulaire. Les PTC peuvent être ainsi classées en prothèses sans charnière, avec charnière et convertibles (*tableau 3*). En traumatologie, les prothèses à charnière semi-contrainte, le modèle de la Coonrad-Morrey en tête, détiennent le monopole car

elles permettent une meilleure stabilité. Les prothèses sans charnière, minoritaires, peuvent également être utilisées en aigu à condition que l'une des colonnes soit préservée afin d'obtenir une stabilité suffisante.

Tableau 3 : Classification des différents implants de prothèse totale de coude disponibles selon la présence ou l'absence de charnière ou de leur convertibilité

Linked	Unlinked	Linkable
Coonrad-Morrey	Capitellocondylar	Acclaim
Discovery	iBP	Latitude
GSB III	Kudo	
Norway	Norway	
Pritchard Mark II	Pritchard II (ERS)	
Pritchard-Walker	Sorbie	
	Souter-Strathclyde	

2.1. Prothèses sans charnière ou de resurfaçage

La stabilité de ces prothèses dépend de l'intégrité des stabilisateurs statiques correspondant au système capsulo-ligamentaire et des stabilisateurs dynamiques musculaires péri-articulaires. Ces conditions limitent leur utilisation dans les séquelles post-traumatiques du fait le plus souvent de la mauvaise intégrité de ces tissus. On peut les classer en quatre sous-groupes.

➤ Prothèses de resurfaçage avec ancrage condylien pur

Elles étaient caractérisées par un ancrage exclusivement condylien de l'implant huméral qui s'articulait avec un implant ulnaire de forme variable. Elles remplaçaient la surface articulaire détruite sans véritable coupe osseuse préalable. Leur utilisation a été abandonnée en raison du fort taux de complications par descellement et instabilité.

➤ Prothèses de resurfaçage avec ancrage centromédullaire

La fixation centromédullaire peut s'effectuer avec ou sans ciment et a permis d'augmenter la stabilité des implants et de diminuer le risque de descellement. L'implant huméral s'assemble à l'implant ulnaire avec ou sans métal-back. Elles possèdent un angle de valgus variable (entre 5° et 20°) de la pièce humérale afin de recréer le valgus physiologique. Différentes hauteurs de

l'implant ulnaire sont disponibles pour surseoir au déséquilibre tensionnel des structures capsulo-ligamentaires.

- Prothèses de resurfaçage à trochlée pleine et ancrage centromédullaire (*figure 20*)

Le dessin de l'implant huméral à trochlée pleine permet une reproduction plus fidèle de l'anatomie et comporte des expansions (latérales pour la Guépar III ou métaphysaires pour la Souter-Strathclyde) permettant d'augmenter la stabilité et la résistance aux contraintes antéro-postérieures et rotatoires. Son ancrage peut être épiphyso-métaphysaire (Souter-Strathclyde) ou centromédullaire (Guépar). Il s'articule avec l'implant ulnaire avec ou sans métal-back via un insert en polyéthylène.

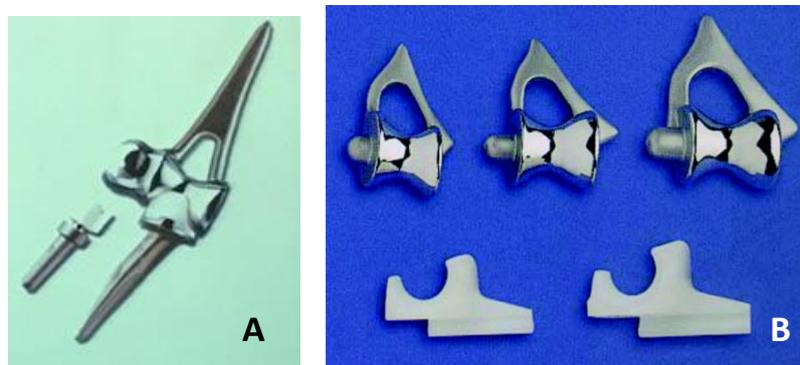


Figure 20 : Prothèses de resurfaçage Guépar III (A) et Souter-Strathclyde (B)

- Prothèses totales avec implant radial

L'ajout d'un implant radial ne fait pas l'unanimité car bien qu'il permette une amélioration sur le plan de la stabilité, il augmente les contraintes au pourtour de l'implant huméral, les rendant responsables d'un taux de descellement plus important.

2.2. Prothèses avec charnière

- Prothèses à charnière contrainte

Ces prothèses développées dans les années 1970 avec l'essor des travaux de Dee, n'offraient qu'un degré de liberté, autorisant uniquement les mouvements de flexion-extension. Elles sont actuellement abandonnées du fait d'un taux élevé de descellement notamment au niveau de l'implant huméral.

➤ Prothèses à charnière semi-contrainte (*figure 21*)

Elles sont constituées d'une charnière lâche ou flottante reliant les implants huméral et ulnaire en métal-polyéthylène, autorisant différents degrés de liberté en fonction du modèle. Les prothèses semi-contraintes à deux degrés de liberté permettent des mouvements de flexion-extension et quelques degrés de varus-valgus. Les prothèses à trois degrés de liberté autorisent en plus une mobilité rotatoire de 5° à 8° diminuant les contraintes au niveau de l'ancrage centromédullaire huméral et ulnaire. Parmi celles-ci, on distingue les prothèses avec ou sans ailerons. La présence d'ailerons au niveau de l'implant huméral (ailerons latéraux de la GSB III et aileron antérieur de la Coonrad-Morrey) s'oppose aux contraintes antéro-postérieures et à la rotation axiale de la tige humérale. L'usure des paliers en polyéthylène représente la faiblesse à long terme de ce type de prothèses, mais leurs avantages biomécaniques en font à ce jour les prothèses les plus utilisées au monde.

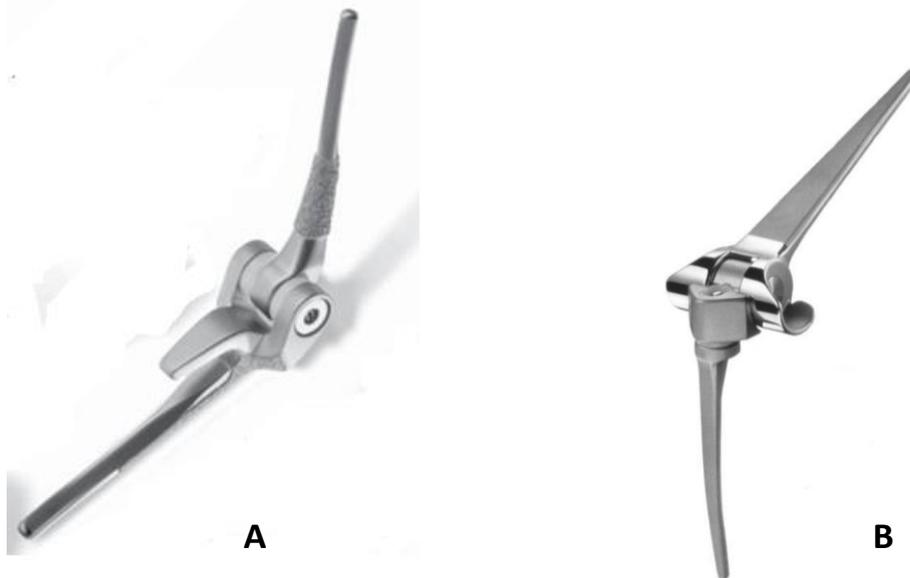


Figure 21: Prothèses semi-contraintes Coonrad-Morrey (A) et GSB III (B)

2.3. Prothèses convertibles

Ces prothèses possèdent une modularité des différents implants permettant de passer d'un modèle sans charnière à un modèle avec charnière et de s'adapter en fonction des constats per-opératoires effectués (*figure 22*). Il s'agit d'un compromis intéressant entre prothèse sans et avec charnière.

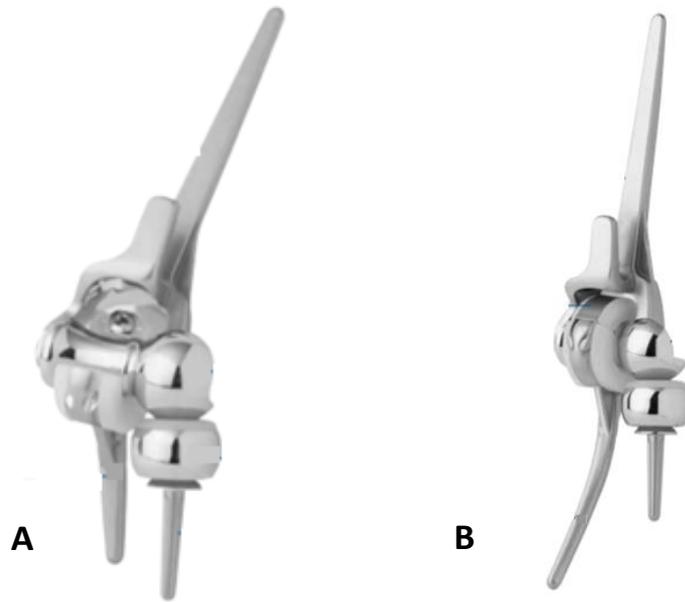


Figure 22 : Prothèse convertible Latitude, forme sans charnière (A) et avec charnière (B)

3. Indications

Bien que l'indication la plus courante s'applique aux FEDH du sujet âgé en traumatologie aiguë, les séquelles fréquentes post-traumatiques après ORIF telles que la pseudarthrose et l'arthrose post-traumatique, étayent désormais le panel des possibilités thérapeutiques par PTC.

3.1. Fracture de l'extrémité distale du sujet âgé

Les complications par faillite mécanique après ORIF chez le sujet âgé ont fait reconsidérer la stratégie thérapeutique à adopter en intégrant la possibilité de conversion en aigu en PTC. Cela s'est traduit par une augmentation de 2,6% du nombre de PTC effectuées pour FEDH entre 2002 et 2012 aux Etats-Unis (11). Les indications découlent des facteurs de risque d'échec de l'ORIF dans cette catégorie de population qui doit être sélectionnée avec attention car non dénuée de risques de complications. Actuellement, elles concernent : (38,104,105)

- les sujets âgés de plus de 65 ans avec faible demande fonctionnelle et ostéoporotiques (faible qualité osseuse)
- présentant une FEDH comminutive articulaire avec perte osseuse variable
- chez lesquels une ostéosynthèse ne peut être envisagée.

Les indications peuvent être élargies aux patients présentant préalablement à la fracture, une arthropathie inflammatoire ou dégénérative.

3.2. Pseudarthrose

La pseudarthrose de l'humérus distal peut compliquer une FEDH après traitement fonctionnel ou ORIF. Les conditions locales peu favorables du fait d'un stock osseux limité, d'une fibrose des tissus péri-articulaires, de lésions associées du cartilage et d'une vascularisation précaire des fragments osseux, en font un véritable défi pour obtenir sa consolidation. Elle reste une complication pour laquelle l'escalade du choix thérapeutique doit être soigneusement prise en considération du fait d'un taux de complications élevé des différentes options (immobilisation, ORIF avec autogreffe, arthroplastie de résection, allogreffe ou arthrodèse). L'un des avantages de l'indication de la PTC dans ce contexte, est l'absence du risque de non consolidation du fait de la coupe osseuse humérale et de la mise en place le plus souvent d'une charnière semi-contrainte.

Sanchez Sotelo et al. ont résumé les indications de PTC pour la pseudarthrose : (106)

- sujet âgé avec une faible demande fonctionnelle
- pseudarthrose distale avec un stock osseux très compromis pour les sujets plus jeunes
- patient présentant une arthropathie dégénérative ou inflammatoire préexistante.

3.3. Arthrose post-traumatique

La singularité de l'arthrose post-traumatique réside dans son développement au sein d'une population plus jeune, contrairement aux indications précédentes. Ce facteur traduit toute la complexité de la prise en charge de cette complication post-traumatique qui doit intégrer l'attente d'une activité et d'une demande fonctionnelle plus élevée. Les options thérapeutiques restent limitées entre le débridement à ciel ouvert ou arthroscopique, l'arthrodèse pourvoyeuse d'une perte de fonction et l'arthroplastie d'interposition dont le taux de succès reste inconstant, inadaptée aux métiers physiques. L'avènement des PTC charnières semi-contraintes a enrichi ces alternatives en obtenant des résultats fiables et plutôt satisfaisants. Les indications doivent toutefois restées maîtrisées, s'appliquant : (107)

- aux patients de plus de 60 ans présentant un stade avancé d'arthrose huméro-ulnaire avec ou sans instabilité associée
- aux patients âgés de moins de 60 ans, seulement en cas d'échec des autres possibilités thérapeutiques (débridement, arthroplastie d'interposition) ou si ces autres traitements ne peuvent être envisagés.

4. Technique chirurgicale

4.1. Voies d'abord

4.1.1. Voies postérieures

Les voies d'abord postérieures sont les voies de prédilection pour la réalisation d'une PTC (cf *tableau 1*). Quelques spécificités sont à prendre en compte dans ce cadre.

Contrairement à son usage fréquent lors de l'ostéosynthèse des FEDH articulaires, l'olécranotomie n'est pas retenue pour la pose de PTC (108). L'intégrité de l'ulna doit être conservée afin de permettre l'implantation et la fixation du composant ulnaire.

La gestion de l'équilibre ligamentaire est essentielle en cas de prothèse sans charnière car les ligaments collatéraux médial et latéral participent à la stabilité primaire de l'articulation en tant que stabilisateurs statiques. Leur réparation se révèle indispensable si la voie d'abord effectuée a nécessité leur désinsertion humérale ou plus rarement ulnaire, afin de prévenir une éventuelle instabilité prothétique.

Enfin, le point clé des voies d'abord interrompant l'insertion olécranienne du triceps réside dans la qualité de réparation de l'appareil extenseur. Cette réparation conditionne la récupération de la force du triceps et des mobilités ultérieures garantes d'un résultat fonctionnel satisfaisant. Elle s'effectue le plus souvent par une suture transosseuse au travers de tunnels osseux au niveau de l'olécrane à l'aide d'un fil solide non résorbable, en portant une attention particulière sur la réparation au sommet de l'olécrane, clé de voûte de la cicatrisation du tendon.

4.1.2. Choix de la voie d'abord

Le choix de la voie d'abord est plurifactoriel. Il tient compte de la nature de la pathologie à traiter, du type d'implant et des habitudes et aisances du chirurgien. Bien que la littérature à propos des voies d'abord dans les PTC se soit enrichie ces dernières années, elle n'a pas permis d'aboutir à un consensus unanime quant à leurs pratiques. Elle fait plutôt apparaître une prédisposition évoluant conjointement avec l'essor des indications de PTC en traumatologie et séquelles post-traumatiques.

La voie d'abord théorique d'une PTC doit comprendre une exposition suffisante pour permettre la bonne orientation des implants et un faible risque de lésion nerveuse tout en préservant la fonction du triceps afin d'obtenir un arc de mobilité fonctionnel.

La méta-analyse de Booker et al. (109) regroupe l'étude de 56 publications décrivant les voies d'abord concernant les PTC. Ils retrouvent après calcul de la surface articulaire humérale moyenne exposée en fonction de la voie d'abord, que celle-ci est plus importante par la voie en V inversé (75%), que respectivement par la voie de Gschwend (36%), de triceps reflecting (40%) et la double voie paratricipitale (26%). Ils ne retrouvent pas d'études similaires concernant l'exposition de la surface articulaire de l'ulna ou la comparaison entre les différentes voies d'abord et le bon positionnement des implants. Ils rapportent en revanche que le positionnement de l'implant ulnaire semble plus difficile et plus technique lors de la réalisation d'une voie type triceps-on.

Concernant l'évaluation des mobilités, celles-ci sont plus importantes en cas de voie triceps-on que triceps-off. Alors qu'ils décrivent un taux d'insuffisance du triceps variant de 2 à 3% dans la littérature pour les voies triceps-off, ils rapportent un taux de 0% à propos des voies triceps-on et une meilleure récupération de la force du triceps en post-opératoire (26% contre 6% pour les autres voies). Enfin, le nerf ulnaire étant particulièrement à risque dans les voies postérieures, le taux global de complications après PTC atteint 2 à 3,2%. Ils n'exposent qu'une étude regroupant 83 patients, qui compare les complications du nerf ulnaire en fonction de la voie d'abord, retrouvant un taux de complications post-opératoire de paralysie du nerf ulnaire supérieur en cas de voie triceps-on (2,7%, 1/37) par rapport à la voie triceps-off (2,2%, 1/46) (110).

La voie triceps-on semble actuellement préférée en traumatologie, notamment lors des arthroplasties de coude secondaire à une FEDH. Ne permettant qu'une exposition articulaire plus limitée, pouvant complexifier le positionnement idéal des implants, elle offre cependant de meilleures mobilités du fait de la préservation de l'intégrité du triceps. Les voies triceps-off constituent des alternatives intéressantes en cas de nécessité d'exposition articulaire plus large mais entraînent une faiblesse du triceps pouvant altérer les résultats fonctionnels escomptés.

4.2. Technique opératoire (111)

➤ Anesthésie et installation

L'intervention se déroule sous anesthésie générale associée ou non à une anesthésie loco-régionale, qui peut être effectuée en pré-opératoire ou en post-opératoire immédiat. Le patient est installé soit en décubitus latéral, le bras reposant sur un appui-bras, soit en décubitus dorsal,

le bras reposant sur le thorax par l'intermédiaire d'un billot, en fonction de la préférence du chirurgien. Un garrot est placé à la racine du membre.

➤ Incision cutanée (*figure 23*)

L'incision cutanée postérieure est centrée le plus souvent en dehors de l'épicondyle médiale et en dedans de l'olécrane, s'étendant sur environ 15 cm. La voie d'abord postérieure choisie est ensuite réalisée.

Figure 23 : Installation en décubitus latéral et tracé de l'incision postérieure



➤ Gestion du nerf ulnaire

Le repérage et la protection du nerf ulnaire sont essentiels lors de la réalisation d'une voie d'abord postérieure. Deux attitudes per-opératoires primaires sont envisageables concernant le nerf ulnaire : la neurolyse *in situ* ou la transposition antérieure sous-cutanée. Comme développé plus loin dans les complications, la littérature à ce jour ne permet pas de conclure à la supériorité d'une pratique par rapport à l'autre, le choix étant laissé à l'appréciation de l'opérateur, même si actuellement la transposition antérieure semble prédominer.

➤ Luxation de l'articulation (*figure 24*)

La luxation du coude n'est possible qu'en désinsérant l'un ou les deux ligaments collatéraux de leur insertion épicondylieenne en fonction de la voie d'abord choisie et du type de prothèse (charnière ou de resurfaçage). En cas de prothèse de resurfaçage, la réinsertion en fin d'intervention de ces ligaments s'avère indispensable à l'obtention de la stabilité de la prothèse. La synovectomie et la résection des ostéophytes, notamment médiaux afin d'éviter un conflit avec

le nerf ulnaire, et antérieures au niveau de la coronoïde afin de prévenir un conflit avec le futur implant huméral, sont pratiquées.

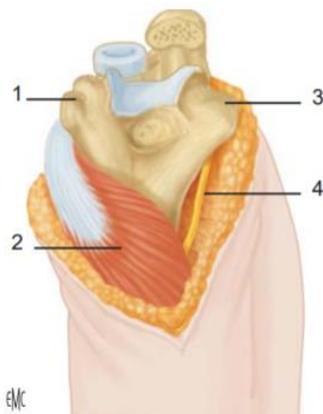


Figure 24 : Luxation du coude après désinsertion des ligaments collatéraux de l'humérus

1. Désinsertion du ligament collatéral latéral ;
2. Triceps ;
3. Désinsertion du ligament collatéral médial ;
4. Nerf ulnaire

➤ Préparation osseuse et implants d'essai

Les préparations humérale et ulnaire doivent être adaptées au modèle de la prothèse choisie, nous détaillerons seulement les généralités communes.

La plupart du temps, la préparation humérale s'effectue en premier lieu. Elle débute en traumatologie par l'excision des fragments articulaires ou pseudarthrosés afin de procéder à une recoupe, ne nécessitant pas forcément un guide de coupe. L'axe diaphysaire est repéré après avoir fraisé le toit de la fossette olécranienne pour permettre le passage des râpes de taille croissante (*figure 25A*). Une attention particulière doit être portée sur l'intégrité des condyles au cours de ces étapes afin de ne pas entraîner de fractures per-opératoires, relativement fréquentes.

La préparation ulnaire peut nécessiter une résection de la pointe de l'olécrane afin de permettre un accès au canal médullaire. Le canal est identifié après fraisage du point d'entrée en tenant compte de l'inclinaison anatomique de la partie proximale de l'ulna et de l'axe diaphysaire. Les râpes de taille croissante sont introduites (*figure 25B*). Si le canal médullaire reste trop étroit, il est possible d'utiliser des alésoirs souples au niveau de la partie proximale de l'ulna.

Une fois les implants d'essai mis en place, la réduction est effectuée et le testing évalue la stabilité des implants, la cinétique articulaire et les mobilités obtenues.

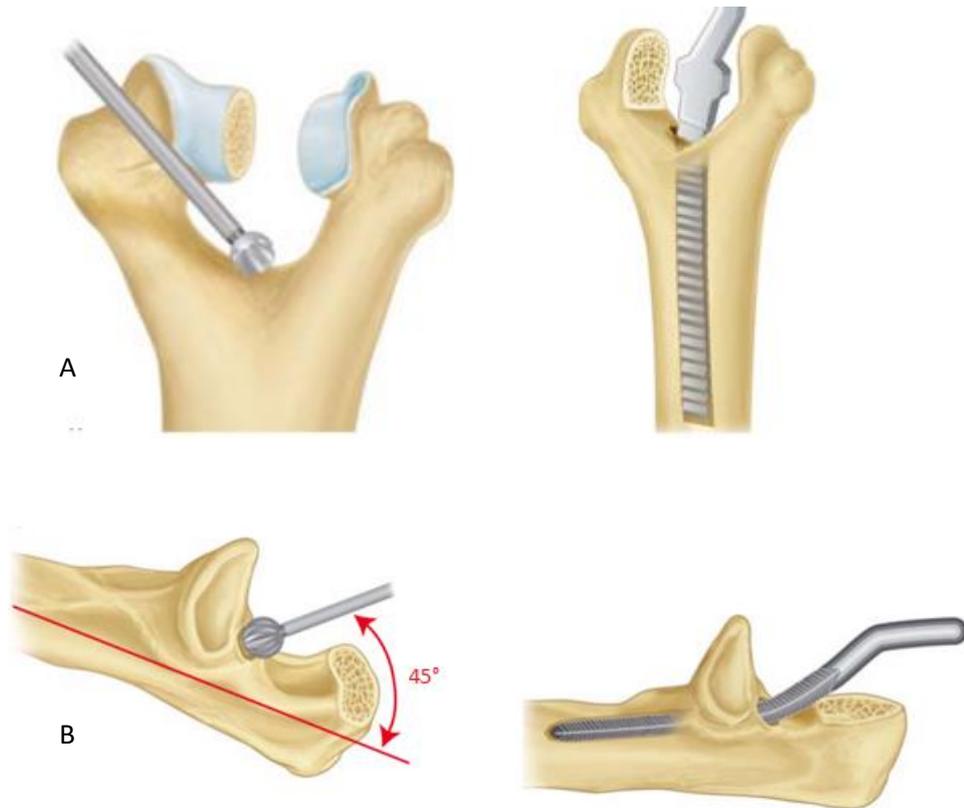


Figure 25: Fraisage du point d'entrée et passage des râpes dans le canal médullaire huméral (A) et ulnaire (B)

➤ Mise en place des implants définitifs (*figure 26*)

L'insertion des implants définitifs nécessite une technique de cimentage bien maîtrisée. Les canaux médullaires huméral et ulnaire sont lavés au sérum physiologique sous pression. L'utilisation d'un obturateur intramédullaire est recommandé mais non obligatoire. Le ciment polyméthylmétacrylate aux antibiotiques est injecté à la fois dans l'ulna et l'humérus à l'aide d'un pistolet afin d'obtenir un scellement homogène. Les implants définitifs sont ensuite mis en place. En cas de prothèse charnière, les implants sont reliés entre eux à l'aide de l'axe métallique qui est verrouillé soit par un mécanisme autobloquant soit par un plot (*figure 27*). A noter que des implants à tige longue peuvent être nécessaires en primaire dans les indications de traumatologie en cas d'extension de la FEDH à la partie métaphyso-diaphysaire pour l'humérus ou en cas de fracture étendue de l'ulna associée.

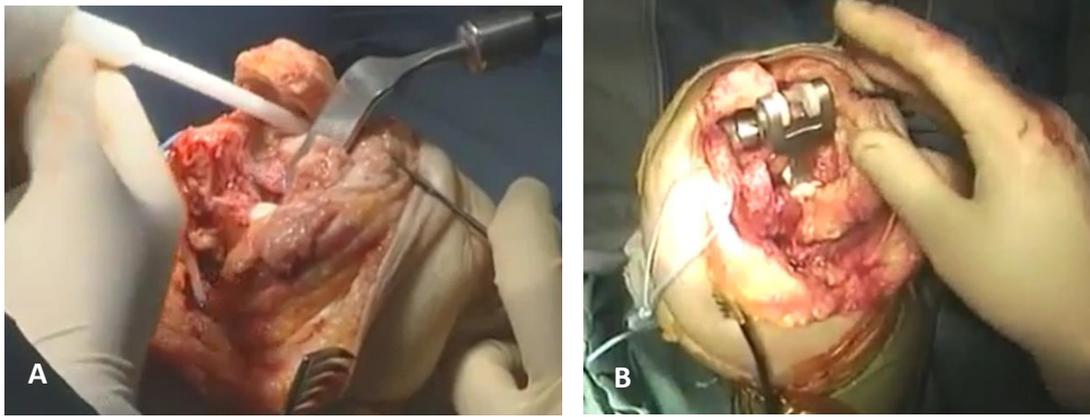


Figure 26 : Cimentage du canal médullaire de l'ulna (A) et mise en place des implants définitifs (B) (prothèse Coonrad-Morrey)

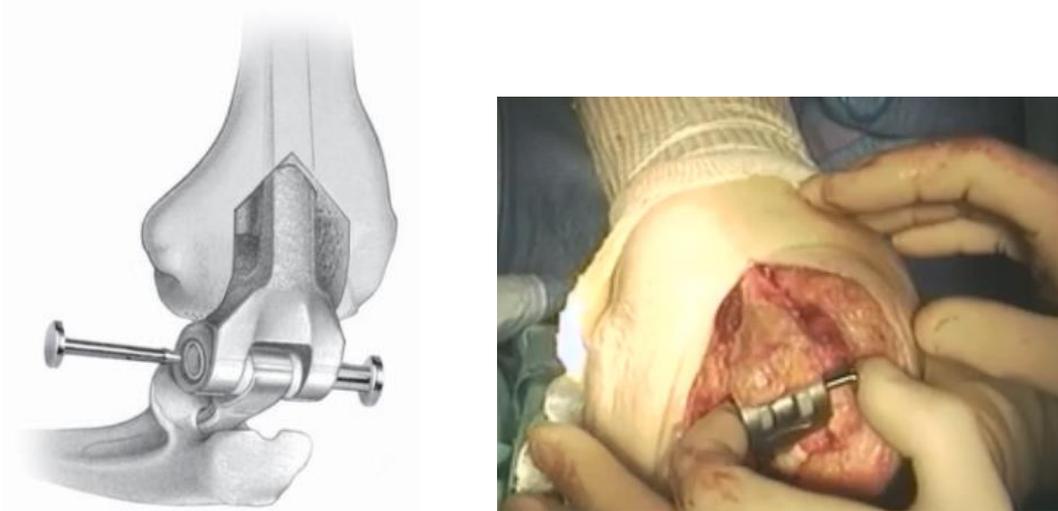


Figure 27 : Mise en place de l'axe entre les 2 implants avant d'enfoncer à quoi l'implant huméral (prothèse Coonrad-Morrey)

- Gestes associés
 - Greffon huméral (figure 28)

La mise en place d'un greffon osseux huméral est nécessaire en cas de prothèse à charnière avec aileron antérieur. Il provient le plus souvent de la coupe trochléenne ou de la résection de la tête radiale. Il est placé entre l'aileron antérieur et la diaphyse humérale après avoir bien exposé la corticale antérieure de l'humérus.

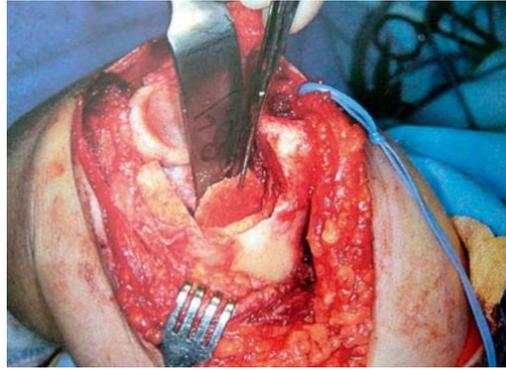
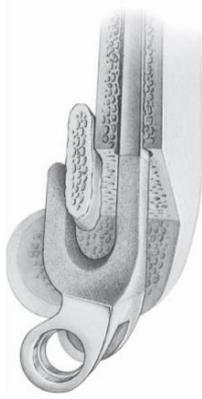


Figure 28 : Positionnement du greffon osseux en avant de la corticale antérieure de l'humérus

- Gestes lors de la limitation de l'arc de mobilité

En cas d'extension limitée, il faut d'abord éliminer un conflit entre la pointe de l'olécrane et la prothèse. Une libération capsulaire antérieure pouvant être associée à un positionnement plus proximal de l'implant huméral permettra l'obtention d'une meilleure extension.

Lorsque la flexion est limitée, une libération capsulaire postérieure pourra être effectuée ainsi qu'une résection de la partie antérieure de la coronoïde en cas de conflit entre celle-ci et la prothèse.

- Gestion de la tête radiale

La tête radiale constitue un stabilisateur secondaire dans les mouvements de valgus et de rotation. Si sa résection s'avère nécessaire dans les prothèses de resurfaçage avec implant radial, permettant une meilleure redistribution des contraintes, la conduite à tenir entre résection ou conservation de la tête radiale n'est pas réellement définie concernant les prothèses à charnière. La littérature ne possède que très peu de données à ce sujet. Lingerfelter et al. étudiant la prise en charge de la tête radiale lors de la réalisation de prothèses semi-contraintes parmi 381 patients atteints d'une polyarthrite rhumatoïde et 328 patients présentant des séquelles post-traumatiques, ont montré que dans 70% des cas tous groupes confondus, celle-ci pouvait être conservée, dont dans 56% des cas chez les patients rhumatoïdes. Ils réservent l'indication d'une résection ou d'un débridement de la tête radiale seulement aux cas d'articulation radio-ulnaire proximale symptomatique (patient rhumatoïde) ou lors d'une déformation de la tête radiale entraînant une limitation de l'arc de mobilité (en post-traumatique). L'un des avantages en faveur

de la conservation de la tête radiale serait la possibilité ultérieure de l'utiliser en tant que greffe osseuse lors des reprises (112).

4.3. Suites post-opératoires

Elles consistent en une immobilisation par attelle BABP antérieure, dont la durée est variable selon le type de prothèse. Les prothèses de resurfaçage sont le plus souvent immobilisées pendant 15 jours afin de protéger la réinsertion des ligaments collatéraux et de diminuer le risque d'instabilité tandis que cette durée est moindre pour les prothèses à charnière. La surélévation du bras, essentielle pendant les premiers jours post-opératoires, permet de minimiser l'œdème et de protéger la cicatrice. La mobilisation et la rééducation restent prudentes jusqu'à l'obtention de la cicatrisation cutanée et de l'appareil extenseur s'il a été interrompu. Le patient est informé sur les restrictions de port de charge limité à environ 1 kg lors de mouvements répétitifs et à 2,5 kg pour un mouvement isolé, dans le but de ralentir l'usure du polyéthylène (111).

5. Complications

Le taux de complications global des PTC a diminué avec l'amélioration des implants. S'élevant jusqu'à 80% il y a plus de 10 ans, il est désormais compris entre 11% et 45% conduisant à un taux de révision prothétique d'environ 12% (13,14).

5.1. Infections

5.1.1. Incident cicatriciel

Les incidents cicatriciels restent peu fréquents mais peuvent avoir de lourdes conséquences sur les résultats fonctionnels post-opératoires. Leur incidence varie de 5,5% (113) à 9% (114) dans la littérature, regroupant l'ensemble des complications suivantes survenant dans les 30 jours post-opératoires : hématome, déhiscence cicatricielle, nécrose des berges cicatricielles et retard de cicatrisation. Le retard de cicatrisation puis l'hématome représentent les complications les plus fréquentes.

Plusieurs facteurs peuvent favoriser leur apparition. La faible enveloppe de tissus mous au pourtour du coude en fait une articulation superficielle particulièrement vulnérable à ce type d'incidents. L'état cutané est préalablement fragilisé en traumatologie par le traumatisme lui-même (hématome, ouverture cutanée) ou par la répétition des interventions en cas de séquelles post-traumatiques, notamment chez des patients le plus souvent âgés et polymorbides. L'évolution redoutée reste la transformation d'un incident cicatriciel à caractère septique en

infection profonde, survenant dans 23% des cas et concernant plutôt les patients rhumatoïdes (113).

Le traitement dépend de la localisation et de la surface de l'incident cicatriciel. Une suture sans tension peut être envisagée dans les cas les plus favorables. Une greffe de peau peut être réalisée lorsque l'incident se situe en proximal de la pointe de l'olécrane mais elle présente un haut risque d'entraîner une raideur du fait de l'immobilisation prolongée requise. Les lambeaux de couverture fascio-cutanés (antébrachial radial) ou musculaires (grand dorsal, anconé ou antéro-latéral de cuisse) sont à envisager en cas de défaut et d'espace mort plus importants.

5.1.2. Infection profonde

L'infection profonde consécutive à la mise en place d'une PTC reste la complication redoutée, la plaçant au rang de second motif des reprises de PTC. On retrouve les mêmes facteurs prédisposant qu'en cas d'incident cicatriciel à savoir la situation superficielle de l'articulation du coude et bien souvent la répétition de chirurgies ayant fragilisé les tissus mous. Bien que le taux d'infections ait diminué avec l'utilisation du ciment imprégné aux antibiotiques, celui-ci varie actuellement entre 3% et 8% (115,116). Les germes les plus fréquemment incriminés sont le *staphylococcus epidermidis*, responsable de formes plus graves, et le *staphylococcus aureus* (16,115,116). Les symptômes sont le plus souvent frustrés et le diagnostic demande une vigilance particulière au praticien. Les signes cliniques et biologiques habituels en faveur d'une infection (fièvre, œdème, inflammation et hyperleucocytose) ne sont présents que dans moins de 50% des cas (117).

Le traitement dépend du caractère aigu ou chronique de survenue de l'infection. Lorsque l'infection se déclare moins d'un mois après la pose de la PTC, une réintervention est effectuée sans changement des implants, consistant en un débridement, lavage et changement si nécessaire du polyéthylène suivi d'une antibiothérapie au long cours. En cas d'infection chronique, une reprise en un ou deux temps, ou une résection arthroplastique de sauvetage en dernier recours sont possibles. A ce jour, la reprise en deux temps reste le gold standard avec la réalisation lors du premier temps de l'ablation des implants, d'un débridement extensif afin de diminuer l'inoculum bactérien et de la mise en place d'un spacer en ciment permettant le maintien de la conformation des tissus mous, sous couverture d'une antibiothérapie au long cours. Le deuxième temps consiste après assèchement de l'inoculum, en la pose d'une nouvelle PTC à distance (en moyenne à 5 mois) (118). Une récente méta-analyse regroupant 8 publications comparant le taux

de réinfections et de complications non liées à l'infection entre révision en un ou deux temps, a montré que ces taux étaient inférieurs pour la reprise en un temps, bien que les mobilités et le MEPS s'avéraient supérieurs en cas de reprise en deux temps. Les auteurs n'avancent cependant pas de conclusion au regard des données insuffisantes actuellement disponibles. Ils suggèrent que la reprise en un temps s'avère tout au moins aussi efficace que la reprise en deux temps dans le traitement des infections profondes mais que davantage de données sont nécessaires pour le démontrer (118).

5.2. Complications mécaniques

5.2.1. Descellement aseptique

Le descellement aseptique correspond à la complication à long terme et au motif de reprise les plus fréquents (*figure 29*). Malgré sa forte diminution avec l'avènement des prothèses à charnière semi-contrainte et de resurfaçage, le taux avec retentissement clinique reste de 7% à 15% dans la littérature (114,115). Il résulte dans la plupart des cas d'une technique de cimentation inadéquate entraînant une faillite primaire de l'interface os-ciment, ou du mauvais positionnement des implants pouvant conduire à l'usure du polyéthylène constituant des débris, provoquant ainsi une ostéolyse responsable de la faillite secondaire de l'interface os-ciment. L'implant ulnaire est le plus à risque de descellement aseptique (119). Cheung et al. ont notamment décrit que le descellement de cet implant pouvait résulter d'un conflit entre une structure ulnaire antérieure (processus coronoïdien, ciment, ossifications) et l'aileron antérieur huméral en flexion passive maximale, en créant une force de distraction entre l'ulna et le composant ulnaire (120).



Figure 29 : Descellement aseptique bipolaire de type 2 avec liseré à l'interface os-ciment

Le taux de descellement aseptique diffère selon le modèle de prothèse mais plusieurs études ont montré qu'il était moins important dans le cas des prothèses avec charnière (13,114,121). Le descellement radiologique est évalué sur des radiographies standards de face et de profil permettant de quantifier la surface et l'épaisseur du liseré au niveau de l'interface os-ciment et de localiser les zones d'ostéolyses (tableau 4 ; figure 30).

Tableau 4 : Zones d'ostéolyses radiologiques en vue latérale autour d'une PTC

Zones d'ostéolyses radiologiques en vue latérale autour d'une PTC	
Zone	Région
Humérus	
1	Métaphyse antérieure
2	Diaphyse antérieure
3	Proximale par rapport à la pointe de la tige humérale
4	Diaphyse postérieure
5	Métaphyse postérieure
Ulna	
1	Cortex antérieur
2	Distale par rapport à la pointe de la tige ulnaire
3	Cortex postérieur



Figure 30 : Localisation des zones d'ostéolyses sur radiographie de profil

En cas de retentissement clinique se traduisant le plus souvent par des symptômes douloureux ou d'instabilité, une reprise de la PTC est envisagée. L'ablation de l'ensemble du ciment se révèle une étape essentielle pouvant faire appel à différentes méthodes (ciseaux d'ostéotomie flexible, appareil à ultrason, fraises, curettes) (116). L'utilisation d'implants à tige longue peut être nécessaire. Enfin, une greffe osseuse en cas de perte osseuse importante doit être réalisée, associée ou non à une allogreffe structurale humérale en cas de faiblesse des corticales afin d'améliorer le stock osseux pour la fixation. Le taux de complications après révision prothétique peut atteindre 50%, et 15% des cas nécessiteront une seconde révision pour descellement aseptique itératif ou fracture péri-prothétique (115).

5.2.2. Fracture péri-prothétique

Les fractures péri-prothétiques peuvent survenir en per et post-opératoire lors de la mise en place d'une PTC primaire ou lors d'une reprise. Leur incidence globale varie de 5% à 29% en cas de PTC primaires (115). Les fractures des condyles huméraux représentent les fractures les plus fréquentes, notamment en per-opératoire (1,2%) (14). Les fractures diaphysaires se produisent majoritairement lors des reprises (115). La méta-analyse de Prick et al. évaluant 9 308 PTC n'a pas montré de différence dans leur survenue entre prothèse à charnière et de resurfaçage, et classe les fractures péri-prothétiques en troisième position des complications nécessitant une reprise de PTC, derrière le descellement aseptique et les infections profondes (121). La cause la plus commune est la survenue d'un traumatisme associé à une fragilité osseuse préexistante se traduisant par des signes radiologiques de descellement aseptique ou d'ostéolyse.

Leur traitement, guidé par la classification de la Mayo (122,123), peut devenir un véritable défi en raison le plus souvent d'un stock osseux ulnaire et/ou huméral insuffisant. La classification tient compte : (*figure 31*)

- de la localisation de la fracture
- de la qualité de fixation de l'implant
- du recours ou non à une technique de reconstruction osseuse en cas de stock osseux insuffisant.

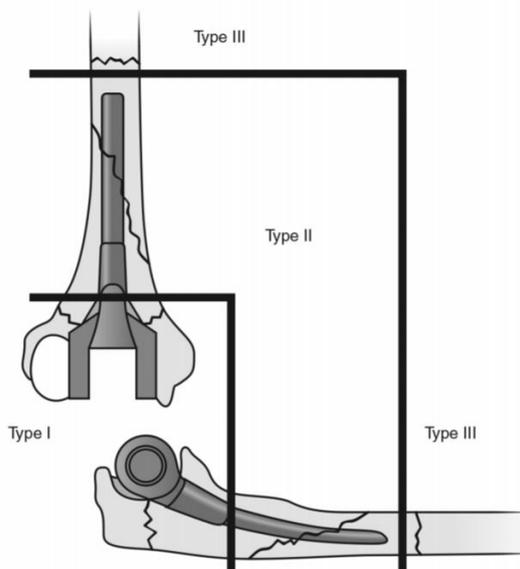


Figure 31 : Classification des fractures péri-prothétiques selon la Mayo

Type 1 : fracture des condyles huméraux et de l'olécrane

Type 2 : fracture diaphysaire au niveau de la tige humérale ou ulnaire

Type 3 : fracture au-delà de la tige prothétique

Lorsqu'une reprise est nécessaire en cas de descellement associé de l'implant concerné par la fracture péri-prothétique, une planification pré-opératoire est indispensable. Elle permet

d'établir le plan d'action en déterminant le type de prothèse et le type d'implant (le plus souvent à tige longue pour ponter la fracture) nécessaires, la technique de reconstruction osseuse et le matériel d'ostéosynthèse requis. Le plus souvent une greffe osseuse impactée est effectuée lorsque les corticales sont continues mais fines, alors qu'une greffe structurale est envisagée en cas de défaut cortical. L'amélioration du stock osseux est le plus souvent observée avec une intégration de la greffe dans plus de 80% des cas (123). Le matériel d'ostéosynthèse permet la fixation de la fracture ou de l'allogreffe structurale en fonction du type de fracture et peut être variable (plaques, cerclage ou vis).

5.2.3. Faillite mécanique

L'usure du polyéthylène (PE) (*figure 32*) représente une complication sévère à long terme se rencontrant majoritairement avec les prothèses charnières, dont le taux très variable dans la littérature peut atteindre 15% (116). La prévalence de cette usure prédomine au niveau de l'implant ulnaire. Elle constitue l'un des facteurs limitants de la survie des PTC chez le sujet jeune actif (111). Toute la gravité de cette complication réside dans la formation de débris responsables d'une ostéolyse péri-articulaire risquant d'engendrer un descellement aseptique, une fracture péri-prothétique ou une fracture des implants (119). Lorsque cette usure a un retentissement clinique, elle nécessite une reprise pour changement isolé du PE dans 1% à 6% des cas avec un délai moyen de 7,9 ans entre la pose primaire de la PTC et la reprise (124,125).



Figure 32 : Usure du polyéthylène de la charnière à 8 ans d'une prothèse totale de coude

Les fractures des composants huméral et ulnaire (*figure 33*) surviennent plus rarement, avec un taux rapporté dans la littérature entre 1% et 5%, et sont associées dans 100% des cas à

une perte osseuse évidente, résultante d'une ostéolyse péri-articulaire secondaire à l'usure du PE dans les prothèses charnières. Elles correspondent à des fractures de fatigue suite à un stress au niveau ou proche de la jonction entre la zone au sein de laquelle la tige est correctement fixée et la zone ostéolytique ne permettant plus le support nécessaire au maintien de la fixation de la tige (126).



*Figure 33 : Radiographie de face mettant en évidence une fracture de l'implant ulnaire (A).
Vue de face de l'implant ulnaire fracturé (B).*

Le désassemblage des implants peut se rencontrer dans les prothèses charnières. Il résulte soit d'une défaillance ou de la fracture de l'axe de verrouillage métallique de la charnière, soit de la dissociation des implants eux-mêmes (114).

5.3. Complications des parties molles

5.3.1. Neuropathie ulnaire

La neuropathie ulnaire est une complication bien connue après réalisation d'une PTC, dont la forme sévère peut atteindre environ 5% des cas (114).

La prise en charge du nerf ulnaire en per-opératoire au cours d'une PTC, comme pour l'ORIF, reste pour le moment non systématisée. Même si la transposition antérieure sous-cutanée

est souvent effectuée, Voloshin et al. n'ont pas retrouvé de différence concernant le taux de complications post-opératoires entre transposition antérieure et neurolyse *in situ* (2 +/- 3,3% versus 3,2+/-3,1%) (13). Dach et al. conseillent de réaliser la transposition d'emblée lorsque la flexion pré-opératoire est inférieure à 100° afin d'éviter les neuropathies post-opératoires (127). La transposition antérieure à distance en cas de symptômes persistants, permet une meilleure récupération en l'absence de transposition préalable accordant une place tout aussi justifiée à la neurolyse *in situ* primaire (128).

5.3.2. Insuffisance du triceps

La préservation du tendon tricipital est essentielle lors de la réalisation d'une PTC car il constitue une barrière de protection contre les incidents cicatriciels et les infections profondes. L'insuffisance du triceps peut correspondre à une rupture complète ou partielle du tendon ou à une avulsion depuis son insertion olécranienne. Elle peut être secondaire à une rupture d'origine traumatique ou à un échec de réinsertion du tendon, notamment dans le cas d'un tendon de faible qualité. Ce risque est d'autant plus majoré que les interventions se sont multipliées avant ou après la réalisation de la PTC. La prévalence de cette complication après PTC varie de 1% à 29% dans la littérature (129).

Les voies d'abord ont évolué dans le but de maintenir la continuité de l'appareil extenseur, garant de résultats fonctionnels satisfaisants. Aucune différence n'a cependant été retrouvée entre les 3 voies d'abord les plus communément utilisées que sont le triceps reflecting, triceps splitting et le V inversé (13).

Le traitement en cas d'insuffisance du triceps requiert une, voire plusieurs réinterventions chirurgicales. Plusieurs facteurs tels que la qualité tendineuse, le degré de rétraction musculaire et la qualité osseuse de l'olécrane doivent être pris en compte afin de proposer l'option thérapeutique la mieux adaptée (129). Une réinsertion du tendon sur l'olécrane peut être proposée lorsque la qualité tendineuse le permet et en l'absence de rétraction musculaire. Lorsque la qualité du tissu tendineux s'avère insuffisante ou que la rétraction est trop importante, un lambeau musculaire d'anconé est réalisé. Une allogreffe de tendon d'Achille pouvant être associée ou non à une greffe osseuse de calcanéum pour surseoir à un olécrane fragile, est envisagée lorsque le défaut tricipital se montre important ou lorsque l'anconé n'est pas d'assez bonne qualité pour envisager un lambeau. Ces traitements permettent la disparition de la douleur et la récupération d'une extension contre résistance (129).

5.4. Instabilité

L'instabilité constitue l'une des complications majeures attribuée aux prothèses de resurfaçage, pouvant conduire à l'altération des capacités fonctionnelles et à l'accélération de la survenue d'un descellement aseptique. Le taux de luxation est de 5% et celui d'instabilité (regroupant luxation et subluxation) d'environ 15% (111,114). L'instabilité est classée en fonction de son délai de survenue par rapport à la pose de la PTC en immédiate, aiguë (< 6 semaines) et chronique (> 6 semaines), résultante de causes distinctes. En post-opératoire immédiat, l'instabilité provient d'une complication anesthésique ou du mauvais positionnement des implants ; en aigu, la rupture du tendon tricipital ou celle des ligaments collatéraux sont impliqués, tandis qu'en chronique, un traumatisme, l'usure du polyéthylène et le mauvais positionnement des implants peuvent en être responsables.

Le traitement diffère en fonction du type d'instabilité : (130)

- en aigu (jusqu'à 3 semaines post-opératoires) : une réduction par manœuvres externes et une immobilisation plâtrée sont réalisées.
- en chronique ou en cas d'instabilité récidivante, plusieurs options sont envisageables :
 - en cas de positionnement correct des implants, une réparation des tissus mous (ligaments collatéraux et triceps) ou une reconstruction ligamentaire par auto ou allogreffe en cas de mauvaise qualité des tissus primaires, associée ou non à l'ajout d'un implant de tête radiale, sont possibles.
 - en cas de mal positionnement des implants, une reprise est nécessaire pour réviser les implants.
 - lorsque l'instabilité est de cause plurifactorielle (perte osseuse, insuffisance des tissus mous et malposition des implants), la reprise est indispensable pour la mise en place d'une prothèse à charnière.

Bien que rare, l'instabilité peut se retrouver dans le cas de prothèses à charnière du fait d'un déséquilibre des contraintes entraînant l'usure du polyéthylène et la faillite mécanique de la charnière (*figure 34*). Il en résulte l'apparition d'une ostéolyse provoquant l'instabilité (13,130).



Figure 34 : Instabilité résultante d'une usure du polyéthylène et d'une défaillance de l'axe de verrouillage dans une prothèse totale de coude à charnière semi-contrainte

6. Résultats

La méta-analyse de Welsink et al. permet un aperçu de l'ensemble des données disponibles actuelles concernant les résultats des PTC à travers l'analyse de 73 études et 9 379 PTC, toutes indications et design confondus. Seules respectivement 8,7% et 2,9% des PTC étaient secondaires à une FEDH ou une arthrose post-traumatique. Les prothèses les plus utilisées en traumatologie étaient la Coonrad-Morrey (Zimmer) (28%) et la Discovery (Biomet) (29%). Le taux de survie globale (toutes indications confondues) des implants était de 79,2% à 11,1 ans. Cliniquement, le taux global de PTC sans douleur résiduelle était de 60% et les mobilités moyennes de 129° en flexion, de -30° en extension, de 71° en pronation et de 66° en supination. D'un point de vue fonctionnel, le MEPS global allait de 80,5 à 94,1 points. Enfin, le taux global de complications variait de 11 à 38% comprenant en première position le descellement aseptique (7%) puis l'infection (3%) et la neuropathie ulnaire (3%). Le taux global de révisions prothétiques s'élevait quant à lui, à 14,4% à 7,1 ans (14).

Cependant, ces résultats doivent être interprétés avec prudence du fait de l'hétérogénéité du type d'études incluses (souvent de faible niveau de preuve) et de l'absence de nombreuses

données dans certaines études. De plus, les indications de PTC en traumatologie étant minoritaires, nous avons effectué une revue de la littérature plus spécifique à cette catégorie.

Les prothèses semi-contraintes en traumatologie fraîche indiquées dans les fractures complexes du sujet âgé, ont montré des résultats satisfaisants à moyen terme. Ces résultats sont résumés dans le *tableau 5*. Le MEPS obtenu est bon ou excellent dans l'ensemble des séries avec un MEPS moyen de 90,1 points et l'arc de mobilité en flexion/extension est supérieur à 100°, seuil nécessaire à la réalisation des activités de la vie quotidienne (131), dans la plupart des études (5/8) avec une moyenne de 98,3°. Ces résultats concordent avec ceux retrouvés par Varecka et al. dans leur analyse de la littérature avec un MEPS moyen à 87,1 points et un arc de mobilité moyen de 99,3° (91). Les taux globaux de complications et de révisions prothétiques varient respectivement de 0 à 35% et de 0 à 10,5%, correspondant à des taux moyens de 16,8% et de 3%. Les complications les plus fréquentes sont l'apparition d'un liseré radiologique à l'interface os-ciment (17%) et le descellement aseptique (4,7%) (91).

Les résultats à long terme restent en revanche controversés et peu étudiés dans la littérature. Kamineni et al. retrouve un taux de complications de 29% et de reprises prothétiques de 23% en évaluant 49 PTC pour FEDH avec un recul moyen de 7 ans (2 – 15 ans) (9). Le taux de reprises est plus important que celui retrouvé dans les études à moyen terme. Une étude plus récente analysant les complications à long terme et la survie de l'implant chez 25 patients avec PTC après FEDH avec un recul moyen de 7,6 ans, montre à contrario un taux modéré de complications de 12% et un faible taux de révisions (4%) en prenant en compte un taux de mortalité élevé de 60%, sans dysfonctionnement rapporté de l'implant chez ces patients (132). Les auteurs en déduisent un taux de survie de l'implant à 12,6 ans satisfaisant en accord avec les taux élevés de survie de l'implant à 10 ans de 92% à 98% retrouvés dans d'autres études (133,134).

Tableau 5 : Revue de la littérature des résultats des PTC dans les FEDH

Etude	n	Age(a)	Classification AO	Follow-up	MEPS	ROM(°)	Complications	Reprises
Cobb et al. (1997) (135)	21	72	-	3,5 a	95	105	5 (24%)	1 (5%)
Hildebrand et al. (2000) (136)	7	66,8	-	46 m	78	107	-	-
Gambirasio et al. (2001) (8)	10	84	2B/8C	18 m	94	102	0	0
Garcia et al. (2002) (137)	16	73	2A/2B/11C	3a	93	101	2 (12%)	0
Kamineni et al. (2004) (9)	49	69	6A/5B/38C	7a	93	107	14 (29%)	10 (23%)
Lee et al. (2006) (138)	7	73	4A/1B/2C	2a	94	89	1 (14%)	0
SOFCOT 2013 (10)	87	79	9A/8B/70C	3a	86	96	20 (23%)	8 (9%)
Pooley et al. (2015) (139)	11	76	11C	3,5 a	7 E/4 B	-	0	0
Prasad et al. (2016) (140)	19	68	3A/5B/10C	156 m	90	80	5 (26%)	2 (10,5%)
Pogliacomini et al. (2016) (141)	20	74,1	20C	60 m	88,7	-	7 (35%)	0
Barco et al. (2017) (133)	44	70,7	-	> 10 a	90,5	99,1	19 (43%)	12 (27%)
Dehghan et al. (2019) (132)	25	78	25C	7,6 a	-	-	3 (12%)	1 (4%)

MEPS : Mayo Elbow Performance score ;

ROM : range of motion (arc de mobilité flexion-extension)

a : ans ; **m** : mois

E : excellent ; **B** : bon

Concernant les séquelles post-traumatiques à distance, les PTC après arthrose post-traumatique permettent l'obtention de bons et d'excellents résultats fonctionnels ainsi qu'un arc de mobilité satisfaisant (16,142,143). Schneeberger et al. rapportent 73% de résultats satisfaisants (142) et une mise à jour des données de la Mayo Clinic, 68% de bons ou excellents résultats (111). Ces données contrastent cependant avec un haut risque de complications, notamment chez le sujet de moins de 60 ans, variant de 23% à 43% et avec un taux de reprises prothétiques compris entre 22 et 28% (16,111,142). Les complications mécaniques prédominent plutôt à moyen et long termes avec une survie de la prothèse à 15 ans de 73,7% (111) tandis que les infections surviennent plutôt précocement (144). Comparativement aux données de PTC pour polyarthrite rhumatoïde, les résultats fonctionnels sont moins satisfaisants, les complications plus fréquentes et la survie de l'implant moins longue (16).

Les PTC dans les pseudarthroses de l'humérus distal (PHD) conduisent à l'obtention de résultats satisfaisants à moyen et long termes dans 80,7% des cas d'après notre revue de la littérature (tableau 6). Le score moyen de MEPS est bon ou excellent dans l'ensemble des séries, avec une moyenne égale à 83,8 points. L'arc moyen de mobilité était supérieur à 100° dans 6

études sur 7, avec une moyenne de 111,2°. Le soulagement de la douleur ou une douleur résiduelle légère étaient retrouvés dans 77,2% des cas. Si l'on ne comptabilise pas les liserés radiologiques dans les complications, le taux global de complications est compris entre 18% et 33% à moyen terme et entre 21% et 43% à long terme. Les complications les plus fréquentes retrouvées étaient l'apparition ou la progression d'un liseré radiologique (16,3%), les neuropathies ulnaires (7,4%) suivies des descellements aseptiques (7%) et des incidents cicatriciels (7%). Le taux de reprises prothétiques est plus important à long terme variant de 21 à 25% qu'à moyen terme (0 à 17%). Le taux global de survie de l'implant était de 96% à 2 ans, 82% à 5 ans et de 65% à 10 et 15 ans (19). Ces résultats à long terme doivent être interprétés avec prudence, les données disponibles dans la littérature à ce jour étant restreintes. Ces taux sont superposables avec les taux de complications et de reprises prothétiques retrouvés en cas d'arthrose post-traumatique.

Une pseudarthrose septique constitue une contre-indication à la réalisation d'une PTC. Le traitement par PTC doit être réservé aux sujets âgés en l'absence d'antécédents d'infection. En cas d'infection antérieure post-opératoire ou de risques infectieux élevés du fait d'une mauvaise qualité des tissus mous, l'ORIF est préférée après contrôle de l'infection (145).

Deux problématiques émanent de ces indications en post-traumatique et sont à prendre en considération. La première concerne le risque d'échec mécanique plus élevé chez le sujet plus jeune du fait d'une activité nécessitant une demande fonctionnelle plus importante. La seconde résulte du manque de données disponibles à long terme concernant la survie de l'implant, malgré quelques rares taux de survie retrouvés pouvant être considérés à ce jour comme encourageants (19,111).

Au total, la PTC en traumatologie fraîche et séquellaire se défend honorablement. Elle constitue un choix thérapeutique fiable dans la population âgée permettant une récupération fonctionnelle satisfaisante, contrebalancée toutefois, par un taux de complications et de révisions prothétiques non négligeable, justifiant une sélection attentive de la population cible, particulièrement chez les sujets les plus jeunes et lors d'antécédents d'infections antérieures post-opératoires dans les cas séquellaires

Tableau 6 : Revue de la littérature sur les résultats des PTC dans les pseudarthroses de l'humérus distal

Etude	n	Age (a)	Follow-up	Durée de la PHD (m)	Nb procédures précédentes	MEPS	ROM (°)	Douleur modérée ou absente	Résultats satisfaisants (MEPS bon ou excellent)	Complications	Reprises	Survie implant
Figgie et al. (1989) (98)	14	65	5 a	-	1-4	84	-	-	8 (57%)	3 (21%)	3 (21%)	-
Morrey et al. (1995) (146)	39	67,4	50,4 m	21	1,6	92	111	31/34 (91%)	31/36 (86%)	7 (18%)	5 (13%)	-
Cil et al. (2008) (19)	91	65	6,5 a	45	2	81	113	67 (74%)	72 (78%)	40/92 (43%)	23/92 (25%)	96% à 2 ans 82% à 5 ans 65% à 10 et 15 ans
LaPorte et al. (2008) (21)	12	61	63 m	28	2	80	117	7 (58%)	11 (92%)	9 (75%)	2 (17%)	-
Espiga et al. (2011) (145)	6	80	40 m	22	-	82	110	5 (83%)	4 (67%)	2 (33%)	0	-
Baksi et al. (2011) (147)	20	58	55,5 m	14	-	17E/2B	105	-	19 (95%)	6 (30%)	1 (5%)	-
Pogliacomi et al. (2015) (148)	20	71,9	65,3 m	27,4	-	12E/6B	> 100 : 14 50 - 100 : 5 < 50 : 1	16 (80%)	18 (90%)	6 (30%)	2 (10%)	-

PHD : pseudarthrose ; **MEPS** : Mayo Elbow Performance Score ; **ROM** (range of motion) : arc de mobilité en flexion-extension

a : ans ; **m** : mois

III – Revue de la littérature comparant l’ostéosynthèse à la prothèse totale de coude dans le traitement des fractures de l’extrémité distale de l’humérus chez le sujet âgé

Comme exposé précédemment, le choix thérapeutique pour les FEDH complexes du sujet âgé reste discuté bien que la définition des caractéristiques en faveur de l’un ou l’autre des traitements s’affirme plus distinctement. Les auteurs préconisant l’ORIF avancent l’absence de survenue de complications propres à la PTC, notamment le descellement aseptique, et de restriction de port de charge ainsi que l’amélioration des résultats fonctionnels pouvant atteindre jusqu’à 100% de résultats satisfaisants (90). Les auteurs en faveur de la PTC nuancent ces arguments par l’existence d’un taux de complications plus important en cas d’ORIF.

Les premières études comparant les résultats fonctionnels à court et moyen termes au travers du MEPS et du DASH score entre ORIF et PTC dans les FEDH chez le sujet âgé, étaient en faveur de la PTC. Frankle et al. évaluant chez 24 patientes de plus de 65 ans les résultats entre ORIF (n=12) et PTC (n=12) après FEDH avec un suivi moyen de 57 mois, retrouvaient 100% de bons ou excellents résultats basés sur le MEPS dans le groupe PTC avec un MEPS moyen de 95 points contre 66,7% dans le groupe ORIF avec un MEPS moyen de 87,7 points. L’arc de mobilité moyen en flexion/extension était supérieur dans le groupe PTC (113° versus 100°). Malgré un nombre de complications quasiment équivalent, le taux de réopérations était supérieur dans le groupe ORIF (33% versus 25%) (149). McKee et al. ont conduit la seule étude comparative prospective contrôlée randomisée à ce jour entre ORIF et PTC après FEDH complexe chez le sujet âgé de plus de 65 ans. Le MEPS moyen tout au long des 2 ans de suivi et le DASH score à 6 semaines et 6 mois étaient statistiquement supérieurs dans le groupe PTC. L’arc de mobilité était également plus important dans le groupe PTC (107° versus 95°). Le taux de complications et le taux de réopérations étaient supérieurs dans le groupe ORIF, respectivement de 53% versus 16% et de 27% versus 12% (150).

Ces premiers résultats ont été tempérés par des études ultérieures qui n’ont pas démontré de différences significatives concernant les résultats fonctionnels entre ORIF et PTC après FEDH chez le sujet âgé (22,151–154) (*tableau 7*). L’évolution du matériel d’ostéosynthèse, notamment la généralisation de l’utilisation de plaques verrouillées anatomiques pour l’ORIF, a contribué à l’amélioration des résultats après ostéosynthèse. Cependant, la méta-analyse de Githens et al. évaluant 27 études regroupant 292 ORIF et 271 PTC avec un âge et un suivi moyens de 73,7 ans et de 45,9 mois, retrouvait un taux de complications majeures plus important en cas d’ORIF malgré un taux global de complications plus élevé dans le groupe PTC (37,6% versus 34,2%) (151). Ellwein

et al. comparant ORIF (n=11) et PTC (n=8) chez 19 patients d'âge moyen de 73 ans avec un suivi moyen de 25 mois, ont mis en évidence un risque relatif d'avoir une complication majeure 4,4 (IC 95% [0,65 ; 29,30]) fois plus élevé en cas d'ORIF, réservant l'indication de la PTC chez le sujet âgé de plus de 60 ans en cas de fracture non ostéosynthésable (22). Dans l'étude la plus importante évaluant les PTC dans les FEDH chez les plus de 65 ans, Mansat et al. proposent une définition du candidat idéal à l'obtention de bons résultats en cas de PTC. Il s'agit d'un patient âgé de 80 ans, aux antécédents d'arthropathie inflammatoire et d'ostéoporose, autonome et sans comorbidité, présentant une FEDH comminutive (10).

Enfin, le système de santé actuel devant s'adapter à une politique budgétaire de plus en plus contraignante, il est intéressant de comparer le rapport coût-efficacité entre ORIF et PTC dans les FEDH, bien que le choix premier entre les deux traitements ne doit pas être effectué en fonction de ce critère. Il apparaît que dans les FEDH traitées en aigu chez les patients de plus de 60 ans aux Etats-Unis, le coût de la PTC est légèrement moins élevé que l'ORIF (19 407\$ versus 20 669\$) avec une meilleure efficacité (8,17 versus 7,72). Le facteur affectant le plus l'efficacité de la PTC était la restriction de port de charges lourdes. Il n'a pas été démontré d'âge seuil pour lequel une stratégie s'avérait supérieure à l'autre malgré un taux de réopérations plus important après ORIF. Au total, le ratio coût-efficacité s'établissait en faveur de la PTC pour cette population âgée (155).

Tableau 7 : Revue de la littérature comparant les résultats entre ORIF et PTC dans les FEDH

Etude	n	Age moyen (a)	Follow-up (m)	Type fracture	MEPS	ROM (°)	DASH	Résultats satisfaisants (%) MEPS bon ou excellent	Complications	Réopérations
Frankle et al. (2003) (149)	24		57	24 C						
ORIF	12	73,6		4C2/8C3	87,7	100	-	66,70%	5	4 (33%)
PTC	12	72,3		4C1/8 C2 ou C3	95	113	-	100%	6	3 (25%)
McKee et al. (2009) (150)	42		24	42C						
ORIF	15	77			73	95	38	-	8 (53%)	4 (27%)
PTC	25	78			86	107	34	-	4 (16%)	3 (12%)
Egol et al. (2011) (154)	20									
ORIF	11	76	13	3B/8C	85	98	32,1	37%	5 (45%)	2 (18%)
PTC	9	79	15	9 C3	79	92	30,2	44%	6 (67%)	1 (11%)
Githens et al. (2014) (151)	563									
ORIF	292	75,1	43		87,5	100	35,2	-	100 (34,2%)	9,40%
PTC	271	73,7	45,9		90	101	38,5	-	102 (37,6%)	5,70%
Ellwein et al. (2014) (22)	29	61	25	3C1/7C2/19C3						
ORIF	20				85	99	34	90%	7 (63,6%)	6 (55%)
PTC	9				94	111	24	89%	2 (25%)	1 (13%)
Schindelar et al. (2019) (152)	1216									
ORIF	766	73,7	43,5	-	82,8	103	23,2	-	17%	4%
PTC	450	75,8	39,3	-	88,3	100,7	29,8	-	25%	10%

ORIF : réduction et ostéosynthèse ; **PTC** : prothèse totale de coude ; **MEPS** : Mayo Elbow Performance Score ; **ROM** (range of motion) : arc de mobilité
a : ans ; **m** : mois

PARTIE 2 : ETUDE CLINIQUE RETROSPECTIVE

I – Matériel et méthodes

1. Plan de l'étude

Une étude monocentrique avec analyse prospective de données rétrospectives a été réalisée dans notre centre de 2004 à juillet 2018. Nous avons identifié 40 patients opérés d'une PTC à partir d'une base de données électronique obtenue à partir du codage des actes médicaux (CCAM). Les patients ayant présenté une FEDH traitée en aigu ou pour séquelles post-traumatiques par PTC, avec un recul d'au moins 2 ans, étaient inclus et divisés en deux groupes. Le premier correspondait au groupe « PTC primaire » pour lequel la PTC avait été réalisée en aigu après le traumatisme. Le second groupe appelé « PTC secondaire » comprenait les patients pour lesquels la PTC avait été réalisée à distance du traumatisme, dans le cadre de complications survenant après ostéosynthèse première. Six patients ont été exclus en raison de l'indication non traumatique de la PTC (polyarthrite rhumatoïde, arthrose primaire, arthrite infectieuse, polyarthrite juvénile). Au total, trente-quatre patients remplissaient les critères d'inclusion.

2. Technique chirurgicale

Chacune des interventions a été réalisée par l'un des membres de notre équipe de chirurgie du membre supérieur (10 chirurgiens au total). Différents types d'implants ont été utilisés mais tous étaient des modèles à charnière semi-contrainte cimentés. L'installation s'effectuait en décubitus latéral et la chirurgie se déroulait sous garrot pneumatique. Une antibioprophylaxie pré-opératoire était effectuée selon le protocole de l'établissement. Une voie d'abord postérieure était réalisée, le choix du type de voie postérieure pouvant varier selon les habitudes du chirurgien et la complexité du cas. Le nerf ulnaire était repéré dans tous les cas, mais pas transposé en systématique. Les suites post-opératoires consistaient en une immobilisation par attelle BABP (2 à 6 semaines) et en un protocole de rééducation précoce, adapté au respect ou non de l'intégrité de l'appareil extenseur. Un port de charge maximal de 2,5 kg était autorisé pour tous les patients.

3. Recueil des données rétrospectives

L'ensemble des données rétrospectives a été recueilli à partir du dossier médical des patients inclus.

3.1. Caractéristiques des patients

L'âge, le sexe, le côté dominant ainsi que l'existence ou non d'un tabagisme actif ou sevré étaient relevés. Les comorbidités, corrélées au score ASA (American Society of Anesthesiologists), ont été également rapportées.

3.2. Caractéristiques du traumatisme

Les détails du traumatisme initial ont été précisés. La cinétique du traumatisme était caractérisée de haute cinétique dans les accidents de la voie publique (le plus souvent patients polytraumatisés) ou de faible cinétique après chute de sa hauteur. Le caractère ouvert ou fermé de la fracture initiale était noté. La radiographie de la fracture initiale était recherchée afin de pouvoir classer le type de fracture au sein de la classification AO de l'humérus distal. Lorsque les patients consultaient dans les suites d'une complication après réalisation d'une ostéosynthèse primaire, il était notifié si l'ostéosynthèse avait été réalisée dans notre centre ou dans un centre extérieur, le type d'ostéosynthèse, la date de sa réalisation et les complications post-opératoires éventuellement survenues ainsi que leur traitement.

3.3. Motif de consultation

Pour le groupe PTC secondaire, le motif de consultation était spécifié entre douleur et/ou raideur. Le type de complication secondaire à l'ostéosynthèse primaire était précisée (pseudarthrose, arthrose secondaire post-traumatique, cal vicieux, instabilité).

3.4. Intervention chirurgicale

Les données concernant l'intervention chirurgicale et les suites opératoires ont été obtenues à partir du compte rendu opératoire et des notes des consultations post-opératoires. La date de la chirurgie, le nom de l'opérateur, la voie d'abord effectuée, le type de prothèse et la réalisation ou non d'une transposition du nerf ulnaire associée, étaient rapportés. Les suites post-opératoires concernant la durée et le type d'immobilisation ainsi que le protocole de rééducation étaient détaillés. La date de survenue, l'étiologie et les traitements des complications post-opératoires immédiates ou à distance s'il en existait, étaient notifiés.

4. Recueil des données prospectives

Chaque patient a été contacté et invité à effectuer une consultation de suivi dans notre centre entre décembre 2019 et Mars 2020. Le recueil de données était réalisé par le même interne, observateur indépendant. Au cours de cette consultation, une évaluation clinique, fonctionnelle et radiologique était pratiquée. Le critère de jugement principal était le Mayo Elbow Performance Score (MEPS).

4.1. Critère de jugement principal : MEPS

Le Mayo Elbow Performance Score (*figure 35*) est largement utilisé dans la littérature pour évaluer la fonction du coude dans diverses pathologies. Décrit par Morrey en 1993, il associe une évaluation objective en mesurant l'arc de mobilité et la stabilité en varus-valgus du coude, et une évaluation subjective au travers de la douleur et de la réalisation de certaines activités de la vie quotidienne. La douleur représente la variable la plus cotée. La totalité du score peut varier de 0 à 100 points distinguant 4 catégories de résultats :

- Excellent > 90 points
- Bon entre 75-89 points
- Moyen entre 60-74 points
- Pauvre < 60 points

Ce score a été démontré comme étant un instrument fiable pour l'évaluation fonctionnelle répétée du coude (156).

Figure 35 : Score de MEPS

TABLE 5.2 Mayo Elbow Performance Score	
Function	Points Definition (Points)
Pain	45
None	45
Mild	30
Moderate	15
Severe	0
Motion	20
Arc >100 degrees	20
Arc <50 degrees	5
Stability	10
Stable	10
Moderate instability	5
Gross instability	0
Function	25
Comb hair	5
Feed	5
Perform hygiene	5
Don shirt	5
Don shoe	5
Total	100

Classification: excellent, >90; good, 75–89; fair, 60–74; poor, <60.

4.2. Critères de jugement secondaire

4.2.1. Evaluation clinique

A - Interrogatoire

L'interrogatoire consistait à mesurer la douleur via l'Echelle Visuelle Analogique (EVA), échelle d'auto-évaluation permettant de quantifier la douleur entre 0 et 10, 0 étant l'absence de douleur et 10 la douleur maximale.

Il était également recherché l'apparition d'une complication survenue entre la dernière consultation disponible dans le dossier et la présente, et si une réintervention au niveau du coude opéré avait été réalisée.

B - Examen physique

L'examen physique mesurait les amplitudes articulaires actives du coude en flexion, extension, pronation et supination à l'aide d'un goniomètre. La force de préhension était évaluée en flexion à 90° et en rotation neutre du coude à l'aide d'un dynamomètre hydraulique (JAMAR) de façon bilatérale et comparative, et le résultat était exprimé en différence de force (kg) par rapport au côté sain. Un testing musculaire du biceps (flexion du coude) et du triceps (extension du coude) était effectué en utilisant l'échelle du British Medical Research Council (BMRC) de 0 à 5. Enfin, des signes de laxité frontale en varus-valgus étaient recherchés en positionnant le coude en légère flexion. Les résultats étaient reportés dans le MEPS (Mayo Elbow Performance Score) distinguant un coude stable (absence de laxité), une instabilité modérée ($<10^\circ$ de laxité en varus-valgus) et une instabilité importante ($>10^\circ$ de laxité en varus-valgus).

4.2.2. Evaluation fonctionnelle

L'évaluation fonctionnelle était complétée par 2 autres scores en plus du MEPS : le score ADL (activities of daily living) de Katz et le score Quick-Dash.

A - Score ADL de Katz (*figure 36*)

Le score ADL a été décrit en 1963 par Katz et consiste à évaluer la dépendance au travers de 6 items de la vie quotidienne chez le sujet âgé : la toilette, l'habillage, l'utilisation des toilettes, la locomotion, la continence et la prise des repas. Chaque item est coté 1 si le patient réalise l'activité seul (indépendant), 0,5 s'il nécessite une aide partielle (dépendance partielle) et 0 s'il a besoin d'une aide totale (dépendant). La totalité du score varie de 0 à 6 points, 6 correspondant à une complète indépendance.

Items	Valeurs
Hygiène corporelle	
Autonomie	1
Aide partielle	0,5
Dépendant	0
Habillage	
Autonomie pour le choix des vêtements et l'habillage	1
Autonomie pour le choix des vêtements et l'habillage, mais besoin d'aide pour se chausser	0,5
Dépendant	0
Aller aux toilettes	
Autonomie pour aller aux toilettes, se déshabiller et se rhabiller ensuite	1
Doit être accompagné ou a besoin d'aide pour se déshabiller ou se rhabiller	0,5
Ne peut aller aux toilettes seul	0
Locomotion	
Autonomie	1
A besoin d'aide	0,5
Grabataire	0
Continence	
Continent	1
Incontinence occasionnelle	0,5
Incontinent	0
Repas	
Mange seul	1
Aide pour couper la viande ou peler les fruits	0,5
Dépendant	0
Score total/6

Figure 36 : Score ADL de Katz

B - Quick-Dash (figure 37)

Le Quick-Dash est un questionnaire d'auto-évaluation permettant d'évaluer le retentissement fonctionnel d'une pathologie des membres supérieurs. Il correspond à une version simplifiée du score DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand), lui-même établi en 1994 par l'American Academy of Orthopedic Surgeons et l'Institute for Work & Health, comportant 30 items et validé après traduction dans plusieurs pays (157,158). Dans le but de réduire la redondance de certains items du score DASH, le Quick-Dash ne contient que 11 items le rendant plus accessible. Son utilisation dans la pathologie du membre supérieur est désormais largement reconnue et validée, avec l'avantage de pouvoir évaluer chacune des régions du membre

supérieur (159–161). Il se divise en une première partie évaluant les symptômes et l'incapacité, et en une seconde partie optionnelle concernant les activités au travail, sportives ou musicales ciblant les travailleurs manuels et physiques. Le score n'est valide que si l'on obtient au moins 10 réponses sur les 11 items. Un calcul permet d'obtenir un score final variant de 0 à 100. Plus le score est élevé, plus l'incapacité est importante.



Questionnaire QUICK DASH

Veillez évaluer vos possibilités d'effectuer les activités suivantes au cours des 7 derniers jours en entourant le chiffres placé sous la réponse appropriée.

	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)	1	2	3	4	5
Porter des sacs de provisions ou une mallette	1	2	3	4	5
Se laver le dos	1	2	3	4	5
Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule, du bras ou de la main (bricolage, tennis, golf etc.)	1	2	3	4	5

	Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Extrêmement
Pendant les 7 derniers jours , à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins	1	2	3	4	5

	Pas du tout limité	Légèrement limité	Moyennement limité	Très limité	Incapable
Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main ?	1	2	3	4	5

	Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
Veillez évaluer la sévérité des symptômes suivants durant les 7 derniers jours . (entourez une réponse sur chacune des lignes)					
Douleur de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras, ou de la main	1	2	3	4	5

	Pas du tout perturbé	Un peu perturbé	Moyennement perturbé	Très perturbé	Tellement perturbé que je ne peux pas dormir
Pendant les 7 derniers jours , votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5

Le score du Quick DASH n'est pas valable s'il y a plus d'une réponse manquante

Figure 37 : Questionnaire d'auto-évaluation du Quick-DASH

4.2.3. Evaluation radiologique

La radiographie du coude opéré était réalisée dans le même temps que la consultation de contrôle si les patients avaient donné leur accord. En cas de refus, la dernière radiographie effectuée était prise en compte si elle datait de moins de 2 ans et si aucune complication n'était survenue depuis. L'évaluation radiologique reposait sur des radiographies du coude opéré de face et de profil les plus récentes, comparées aux radiographies post-opératoire immédiates. L'existence de signes de descellement, la présence d'ossifications et d'une fracture péri-prothétique étaient analysés.

L'analyse du descellement reposait sur la classification utilisée par Morrey et al. (162) distinguant 5 types de liseré entre l'interface os/ciment :

- type 0 : liseré < 1mm et correspondant à < 50% de l'interface
- type 1 : liseré = 1mm et correspondant à < 50% de l'interface
- type 2 : liseré > 1mm et correspondant à > 50% de l'interface
- type 3 : liseré > 2mm au pourtour de la totalité de l'interface
- type 4 : descellement majeur

La localisation des ossifications ainsi que l'existence d'une ankylose partielle ou totale étaient précisées.

5. Complications / Réopérations / Révisions prothétiques

Les complications étaient classées en complications majeures ou mineures, selon si elles conduisaient à une réopération ou non. On qualifiait de réopération toute nouvelle procédure chirurgicale au niveau du coude précédemment fracturé quelle qu'en soit la cause, et de révision prothétique, toute intervention consistant en un changement total ou partiel de la PTC.

6. Analyse statistique

Les variables quantitatives ont été comparées par un test de Student pour données non appariées. Les variables qualitatives ont été comparées par un test de Fisher. Une régression linéaire simple a été utilisée pour déterminer les variables associées au score de MEPS, puis une régression linéaire multiple a été réalisée pour étudier la différence du score de MEPS entre les deux groupes en ajustant ces variables. Toutes les analyses ont été effectuées par le programme R version 3.6.1 (R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche). Une p-value < 0,05 était considérée comme statistiquement significative.

II – Résultats

1. Population

Parmi les 34 patients qui répondaient aux critères d'inclusion, un patient vivant à l'étranger n'a pu effectuer de consultation de suivi, et les données disponibles étaient insuffisantes pour l'inclure dans l'analyse, un patient a été perdu de vue et n'a pu être recontacté et 4 patients étaient décédés d'une cause indépendante. Au total, 28 patients ont pu être analysés avec une moyenne d'âge de 70,3 ans (41 – 90) et un suivi moyen de 52,7 mois (21-143).

Le groupe PTC primaire comprenait 12 patients d'âge moyen de 81,1 ans ($\pm 6,33$) (70 – 90). Le sexe ratio était de 1 homme pour 11 femmes. L'intervention concernait le côté dominant dans 5 cas (41,6%). L'ensemble des radiographies pré-opératoires était disponible permettant d'individualiser 3 fractures de type B (2 B3 et 1 B2) et 9 fractures de type C (6 C1, 2 C2 et 1 C3).

Le groupe de PTC secondaire comprenait 16 patients d'âge moyen de 62,2 ans ($\pm 10,04$) (41 – 77). Le sexe ratio était de 7 hommes pour 9 femmes. L'intervention concernait le côté dominant dans 9 cas (56,2%). Seulement 13 radiographies pré-opératoires ont pu être récupérées et ont permis de distinguer 6 fractures de type B (1 B1, 3 B2 et 2 B3) et 7 de type C (3 C1 et 4 C2). Le délai moyen entre le traumatisme et la chirurgie était de 59 mois (± 94) (5 – 342). La douleur s'inscrivait comme le motif de consultation prédominant, retrouvé dans 12 cas (75%) et était associée à une raideur dans 4 cas (25%). Les séquelles post-traumatiques à distance de l'ostéosynthèse représentaient dans 4 cas une pseudarthrose (25%), dans 1 cas une pseudarthrose associée à un démontage du matériel d'ostéosynthèse (6%), dans 1 cas un cal vicieux (6%) et dans 10 cas une arthrose post-traumatique (63%) associée à une instabilité pour l'un d'entre eux. L'ostéosynthèse primaire avait été réalisée dans 14 cas (88%) dans un centre extérieur et dans 2 cas (12%) dans notre centre.

Tous groupes confondus, le traumatisme initial résultait dans 24 cas (85,7%) d'une faible cinétique secondaire à une chute de sa hauteur et dans 4 cas (14,3%) d'une haute cinétique (polytraumatisés). Quatre patients ont présenté une fracture ouverte de l'extrémité distale de l'humérus (1 patient dans le groupe PTC primaire et 3 patients dans le groupe PTC secondaire). Les patients étaient plus jeunes dans le groupe PTC secondaire et étaient plus fréquemment fumeurs actifs (n=7, 43,75% contre 0%).

Concernant la procédure per-opératoire, différents implants et voies d'abord ont été réalisés. Les prothèses les plus utilisées étaient la Coonrad Morrey (Zimmer) (n=12, 43%) et la Latitude (Tornier) (n=10, 36%) mais leur proportion différait en fonction des groupes. La prothèse

Latitude était la plus utilisée dans le groupe PTC primaire alors que la Coonrad Morrey était la plus utilisée dans le groupe PTC secondaire. Les prothèses Nexel (Zimmer Biomet) (n=5) et Discovery (Zimmer Biomet) (n=1) étaient minoritaires. Les voies d'abord postérieures en V tricipital inversé (n=15, 54%) et de Gschwend (n=9, 32%) étaient les plus pratiquées, suivies des voies postéromédiales (n=3, 11%) et postérolatérales (n=1, 4%), mais encore une fois dans des proportions différentes selon les groupes. Le groupe PTC primaire présentait en majorité une voie d'abord de Gschwend tandis que dans le groupe PTC secondaire, il s'agissait de la voie en V tricipital inversé. Le nerf ulnaire avait été transposé antérieurement dans 1 cas de PTC primaire (8,3 %) et dans 5 cas de PTC secondaire (31,3%). Les caractéristiques de la population sont présentées dans le *tableau 8*.

Tableau 8 : Démographie des patients avec PTC primaires et secondaires

Caractéristiques	Total	PTC primaires	PTC secondaires
Patients (no)	28	12	16
Age moyen (années)	70,3 ± 12,77 (41-90)	81,1 ± 6,33 (70-90)	62,2 ± 10,04 (41-77)
Suivi moyen (mois)	52,7 ± 36,71 (21-143)	38,3 ± 10,47 (21-58)	63,5 ± 45,33 (21-143)
Homme/femme	8:20	1:11	7:9
Score ASA			
1	2	1	1
2	18	7	11
3	8	4	4
Fumeur	12	1	11
Classification AO			
A	0	0	0
B	9	3	5
C	16	9	7
Voies d'abord			
V inversé	15	4	11
Gschwend	9	7	2
Postéromédiale	3	0	3
Postérolatérale	1	1	0
Modèles de prothèse			
Coonrad-Morrey	12	4	8
Latitude	10	7	3
Nexel	5	1	4
Discovery	1	0	1

PTC : prothèse totale de coude

2. Résultats fonctionnels

2.1. MEPS

Le suivi moyen dans le groupe PTC primaire était de 38,3 mois ($\pm 10,5$) (21 – 58). Le MEPS moyen était de 82 ($\pm 7,5$) (70 – 90). Il était excellent chez 4 patients (33,3%), bon chez 6 patients (50%) et moyen chez 2 patients (16,7%) représentant de bons ou excellents résultats dans 83,3% des cas (*figure 38*). Les résultats moyens étaient retrouvés chez une patiente dépendante présentant une démence vasculaire sévère, et chez une patiente amputée en métacarpo-phalangien à la main droite et en trans-radial à l'avant-bras gauche dans les suites d'un traumatisme ancien précédant la fracture, limitant leurs fonctions dans les activités de la vie quotidienne.

Le suivi moyen dans le groupe PTC secondaire était de 63,5 mois ($\pm 45,3$) (21 – 143). Le MEPS moyen était de 71 ($\pm 17,3$) (25 – 90). Il était excellent chez 2 patients (12,5%), bon chez 8 patients (50%), moyen chez 4 patients (25%) et pauvre chez 2 patients (12,5%) représentant de bons ou excellents résultats dans 62,5% des cas (*figure 38*). Les résultats pauvres étaient retrouvés chez une patiente polymorbide (antécédents de diabète et séquelles d'épilepsie et de 2 accidents vasculaires cérébraux) ayant présenté la FEDH dans le cadre d'un polytraumatisme compliqué d'un syndrome dépressif sévère, et chez un patient ayant présenté une raideur avec ossifications symptomatiques puis une infection ayant nécessité 4 réopérations dont une révision prothétique en un temps. Les résultats moyens concernaient un patient qui avait dû être réopéré à la suite d'une faillite mécanique de la charnière et 3 patients n'ayant présenté aucune complication.

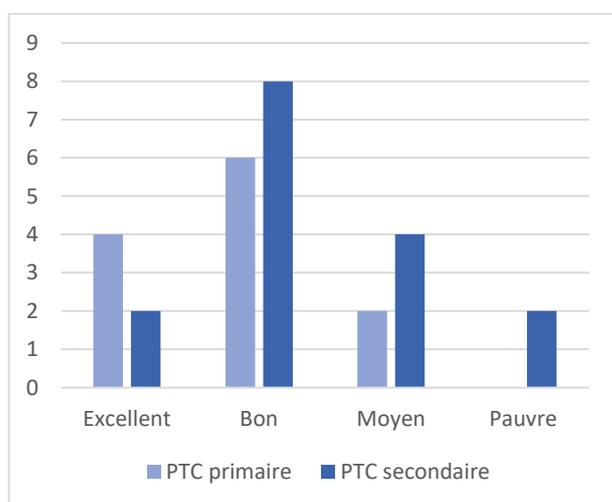


Figure 38 : Répartition du score de MEPS au sein des PTC primaires et secondaires

La comparaison du MEPS moyen entre les groupes a montré une différence statistiquement significative en faveur du groupe PTC primaire (82 (\pm 7,52) versus 71 (\pm 17,34), $p=0,032^*$) (*tableau 9*). Cependant après ajustement sur l'âge et le sexe, on ne retrouve plus de différence significative ($p=0,066$).

2.2. ADL de Katz et Quick-Dash

Le score de Katz (4,58 (\pm 1,52) pour les PTC primaires versus 5,40 (\pm 0,96) pour les PTC secondaires, ($p=0,11$) et le score de Quick-Dash (31,75 (\pm 21,30) pour les PTC primaires versus 46,44 (\pm 23,66) pour les PTC secondaires, ($p=0,102$) ne présentaient pas de différence statistiquement significative entre les 2 groupes (*tableau 9*).

3. Résultats cliniques

L'échelle visuelle analogique moyenne de la douleur (0,91 (\pm 1,56) pour les PTC primaires versus 2,43 (\pm 2,45) pour les PTC secondaires, $p=0,056$) et les arcs de mobilité en flexion/extension (85° (\pm 31) pour les PTC primaires versus 77° (\pm 29) pour les PTC secondaires, $p=0,49$) et en pronosupination (145° (\pm 17) pour les PTC primaires versus 130° (\pm 43) pour les PTC secondaires, $p=0,21$) (*figure 39*), ne différaient pas statistiquement entre les groupes. En revanche, la différence de force de préhension par rapport au côté sain était plus importante (0,49 (\pm 4,6) versus 6,56 (\pm 7,27), $p=0,019^*$) dans le groupe PTC secondaire tandis que la force musculaire du biceps (5 (\pm 0) versus 4,75 (\pm 0,44), $p=0,041^*$) et du triceps (5 (\pm 0) versus 4,13 (\pm 0,96), $p=0,002^*$) était supérieure dans le groupe PTC primaire. Dans le groupe PTC primaire, 6 coudes présentaient une laxité modérée (50%) tandis que dans le groupe PTC secondaire, 4 coudes présentaient une laxité modérée (25%) et 1 une laxité majeure (6,25%) ($p=0,24$) chez un patient présentant un descellement radiologique huméro-ulnaire de type 3 chez lequel une révision prothétique n'avait pas été envisagée du fait de l'absence de plainte du patient et d'un résultat fonctionnel moyen.

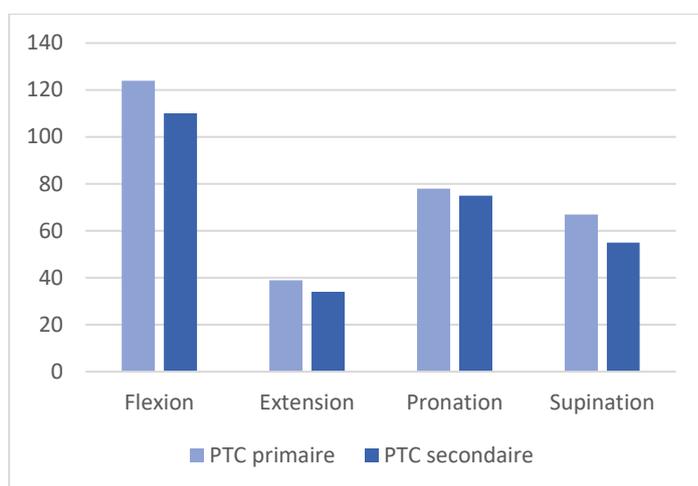


Figure 39 : Mobilités actives moyennes après PTC primaires et secondaires

Tableau 9 : Résultats cliniques et fonctionnels PTC primaires versus secondaires

	PTC primaires	PTC secondaires	p-value
MEPS	82 ± 7,52 (70-90)	71 ± 17,34 (25-90)	0,032*
Bons et excellents résultats basé sur le MEPS (%)	83,3% (n=10)	62,5% (n=10)	1
Katz	4,5 ± 1,52 (1,5-6)	5 ± 0,95 (2,5-6)	0,11
Quick-Dash	32 ± 21,3 (2-61)	46 ± 23,66 (0-75)	0,102
VAS	1 ± 1,56 (0-5)	2 ± 2,45 (0-7)	0,056
Arc de mobilité			
Ulnohumeral (°)	85 ± 31	77 ± 29	0,49
Pronosupination (°)	145 ± 17	130 ± 43	0,21
Flexion (°)	124 ± 18,48 (80-140)	110 ± 29,35 (20-140)	0,151
Extension (°)	39 ± 19,28 (10-70)	34 ± 16,38 (10-60)	0,42
Pronation (°)	78 ± 6,03 (60-80)	75 ± 21,6 (0-90)	0,58
Supination (°)	67 ± 16,18 (30-80)	55 ± 29,43 (20-90)	0,17
Différence de force de préhension (kg)	0,49 ± 4,6	6,6 ± 7,3	0,019*
Force triceps (échelle BMC)	5 ± 0	4 ± 0,96 (3-5)	0,002*
Force biceps (échelle BMC)	5 ± 0	4,75 ± 0,44 (4-5)	0,041*

* statistiquement significatif (p<0,05)

PTC : prothèse totale de coude ; **MEPS** : Mayo Elbow Performance Score

VAS : Visual analog scale ; **BMC** : British Medical Council

4. Résultats radiologiques

Le suivi moyen radiologique pour l'ensemble de la population était de 33 mois (\pm 38) (15 – 143). Au total, 22 patients ne présentaient pas de signes de descellement radiologique (type 0) lors du dernier suivi (78,6%). Les radiographies du groupe PTC primaire ont montré un liseré progressif de type 1 au niveau du composant ulnaire chez un patient (8,3%) et un liseré de type 1 au niveau du composant huméral chez un autre patient (8,3%). Dans le groupe PTC secondaire, un liseré progressif de type 1 du composant ulnaire était retrouvé chez 5 patients (31,3%) dont un associé à un liseré de type 1 huméral, et un liseré de type 3 huméral et ulnaire était présent chez un patient (6,3%) ($p=0,87$). Aucune fracture péri-prothétique n'avait été mise en évidence.

La présence d'ossifications hétérotopiques ne différait pas de manière statistiquement significative entre les groupes ($n=7$, 58,33% pour les PTC primaires versus $n=7$, 43,74% pour les PTC secondaires, $p=0,70$). La localisation la plus fréquente était postérolatérale (28,57%) dans le groupe PTC primaire et antérieure (42,86%) pour le groupe PTC secondaire. Une ankylose huméro-ulnaire, et une huméro-radiale, ont respectivement été mises en évidence radiologiquement chez une patiente du groupe primaire ayant un arc de mobilité en flexion/extension de 10° malgré un MEPS bon, et chez un patient du groupe secondaire ayant un arc de mobilité en flexion/extension de 0° et en pronosupination de 10°, associé à un score de MEPS pauvre.

5. Complications

Douze patients sur 28 se sont compliqués (42,8%) : un patient dans le groupe PTC primaire (8,33%) et 11 patients dans le groupe PTC secondaire (68,75%). Parmi ces 11 patients, 4 (25%) présentaient plus d'une complication.

Dans le groupe primaire, une patiente a présenté une raideur en flexion/extension n'ayant pas nécessité de réopération.

Dans le groupe secondaire, une insuffisance du triceps a été retrouvée isolément chez 4 patients et associée à d'autres complications chez 2 patients. Un patient a présenté une instabilité importante qui n'a pas été suivie d'une révision prothétique. Une fracture per-opératoire du condyle médial s'est produite chez une patiente et une faillite de la charnière mécanique de la prothèse chez un patient. Quatre patients ont été multicompliqués : la première patiente a présenté un incident cicatriciel puis un descellement du composant huméral (*figure 40*). La seconde patiente a présenté une fracture péri-prothétique humérale compliquée d'un démontage

du matériel d'ostéosynthèse puis d'un descellement précoce de la tige humérale après révision prothétique, et enfin une neurapraxie du nerf radial. Une raideur avec ossifications symptomatiques ainsi qu'une infection profonde s'est produite chez le troisième patient (*figure 41*). Une neuropathie ulnaire persistante malgré la transposition du nerf ulnaire lors de la réalisation de la PTC ainsi qu'une fracture per-opératoire du condyle latéral ont été mis en évidence chez la dernière patiente.



Figure 40 : Prothèse totale de coude secondaire chez une patiente de 71 ans présentant une pseudarthrose compliquant une fracture de l'extrémité distale de l'humérus AO C1.

Pseudarthrose humérus distal (A) ; Prothèse totale de coude en post-opératoire immédiat (B) ; Descellement aseptique de l'implant huméral à 6 mois (C) ; Radiographies (D) et mobilités actives (E) à 1 an de la révision prothétique avec allogreffe humérale.



Figure 41 : Prothèse totale de coude secondaire chez un patient de 45 ans présentant une arthrose compliquant une fracture de l'extrémité distale de l'humérus AO C1.

Arthrose post-traumatique (A) ; Prothèse totale de coude en post-opératoire immédiat (B) ; Radiographies post-opératoires immédiates après révision prothétique pour infection (C) ; Radiographies (D) et ankylose (E) à 4 ans de la révision prothétique.

Le taux de complications était significativement plus élevé dans le groupe PTC secondaire ($p=0,002^*$) (*tableau 11*). Au total, 22 complications ont été rapportées dont 14 mineures et 8 majeures (*tableau 10*).

Complications	PTC primaires	PTC secondaires
Complications majeures	0	8
Descellement aseptique	0	2
Infection	0	1
Fracture péri-prothétique	0	1
Démontage		
ostéosynthèse fracture péri-prothétique	0	1
Usure charnière	0	1
Raideur et OH	0	1
Neurapraxie nerf radial	0	1
Complications mineures	1	13
Incident cicatriciel	0	1
Fracture per-opératoire	0	3
Ulna	0	1
Condyle huméral	0	2
Raideur	1	1
Instabilité importante	0	1
Neuropathie nerf ulnaire	0	1
Insuffisance du triceps	0	6
Nombre total	1	21

Tableau 10 : Complications survenues dans les groupes primaire et secondaire

PTC : prothèse totale de coude

OH : ossifications hétérotopiques

6. Réopérations et révisions prothétiques

Quatre patients du groupe PTC secondaire ont eu au moins une réopération (25%) et une révision prothétique (25%) après complication majeure. Le délai moyen de réopération et de révision prothétique était respectivement de 41 mois (± 47) (6 – 109) et 44 mois (± 47) (6 – 109). Un patient présentait une raideur avec ossifications symptomatiques conduisant à une arthrolyse, compliquée d'une infection profonde pour laquelle deux lavages ont précédé le changement de PTC en un temps (*figure 41*). Un descellement huméral a entraîné une révision prothétique chez une patiente (*figure 40*). Une fracture péri-prothétique humérale secondaire à une chute s'est produite chez une patiente, ostéosynthésée par plaque et cerclages. Un démontage précoce du

matériel d'ostéosynthèse a nécessité une première révision prothétique, suivie d'un descellement huméral aseptique précoce ayant requis une seconde révision prothétique pour changement de l'implant huméral. Une neurapraxie radiale s'est produite à la suite de la dernière révision prothétique ayant nécessité une neurolyse qui a permis la récupération complète à 3 mois post-neurolyse. Enfin, un patient a présenté une faillite mécanique de la charnière ayant nécessité son changement. Parmi l'ensemble des révisions prothétiques, deux ont nécessité une allogreffe humérale.

Malgré l'absence de réopérations et de révisions prothétiques dans le groupe PTC primaire, en comparaison à un nombre total de 10 réopérations et 5 révisions prothétiques dans le groupe PTC secondaire, aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée entre les groupes ($p=0,073$) (tableau 11).

Tableau 11 : Taux de complications, de réopérations et de révisions prothétiques

	PTC primaires	PTC secondaires	p-value
Complications			
Complications totales (N°)	1	21	0,002*
Majeures	0	8	
Mineures	1	13	
Patients présentant au moins une complication (N°, (%))	1 (8,3%)	11 (68,7%)	0,002*
Patients avec > 1 complication (N°)	0	4	
Réopérations			
Réopérations totales (N°)	0	10	0,073
Patients réopérés (N°, (%))	0	4 (25%)	0,11
Révisions prothétiques			
Révisions prothétiques totales (N°)	0	5	0,073
Patients avec révisions prothétiques (N°)	0	4 (25%)	0,11

PTC : prothèse totale de coude

* statistiquement significatif ($p<0,05$)

III – Discussion

Notre étude a montré de meilleurs résultats fonctionnels et cliniques dans le groupe PTC primaire, basés sur le MEPS, la différence de force de préhension par rapport au côté sain et la force musculaire du biceps et du triceps. La présence d'un descellement radiologique et d'ossifications hétérotopiques ne différait pas entre les groupes. Le taux de complications, prédominé par le descellement aseptique au sein des complications majeures, était statistiquement plus élevé dans le groupe PTC secondaire. En revanche, malgré la survenue exclusive dans le groupe PTC secondaire de réopérations et de révisions prothétiques, aucune différence statistiquement significative n'a été mise en évidence entre les groupes.

1. Comparaison aux résultats des PTC primaires en traumatologie

Notre population, prédominée par les femmes âgées (âge moyen de 70 ans) et le type C de FEDH selon l'AO, est superposable à celle des autres études évaluant les résultats de la PTC dans les FEDH en aigu (cf. *tableau 5*, partie 1).

Cobb et Morrey ont été les premiers à décrire la PTC comme une option thérapeutique fiable dans les FEDH chez le sujet âgé (135). La mise à jour de cette série fut décrite par Kamineni et al. en 2004 comprenant 49 patients (âge moyen de 69 ans) avec un suivi moyen de 7 ans. Le MEPS moyen était excellent avec 93 points, l'arc de mobilité en flexion/extension de 107°, et 81% des patients étaient indolores (9). Mansat et al. ont conduit la plus large série évaluant les résultats des PTC chez 87 patients âgés de plus de 65 ans pour FEDH avec un suivi moyen de 37,5 mois. Le MEPS moyen était bon avec 86 points, l'arc de mobilité en flexion/extension de 96°, le score de Quick-Dash de 24 points, le score de Katz de 5,3 et la force en flexion et extension du coude était normale respectivement chez 53% et 41% des patients (10). Nos résultats fonctionnels et cliniques sont en accord avec ces précédentes études bien que les moyennes des différentes variables tendent à être légèrement inférieures. Concernant nos résultats radiologiques, le taux d'ossification dans le groupe primaire de 58% est en accord avec les taux très éparses retrouvés dans la littérature (de 10% à 96%), du fait de l'hétérogénéité dans le report et la classification utilisée au sein de ces diverses études (9,10,163,164). La prédominance de leur localisation en antérieur et en postérolatéral s'accorde avec les résultats précédemment rapportés par Hastings et al. (165).

Les résultats satisfaisants à court et moyen termes des PTC en aigu ont conduit à multiplier leur utilisation dans le contexte de la traumatologie (11,16). Comme vu précédemment dans la

revue de la littérature (cf *tableau 7*, partie 1), plusieurs études ont montré de meilleurs résultats à court terme en faveur de la PTC en comparaison à l'ORIF (149,150). Toutefois, la prudence doit tout de même prendre en compte un taux de complications et de révisions prothétiques parfois élevés (9,10,133,140). Cependant, seulement une complication mineure (8,33%) s'est produite dans le groupe PTC primaire dans notre étude, contrastant avec d'autres séries. Il s'agissait d'une raideur majeure entraînant une limitation importante de l'arc de mobilité à 10°, se traduisant radiologiquement par une ankylose huméro-ulnaire et huméro-radiale.

La série de Mansat et al. retrouvait un taux de complications de 23% avec 5 hématomes, 2 syndromes douloureux régionaux complexes, 1 nécrose cutanée préolécranienne, 7 complications neurologiques, 1 infection, 1 fracture d'un composant huméral, 1 fracture péri-prothétique, 2 raideurs et 2 descellements aseptiques. Le taux de révisions prothétiques atteignait 9% (10). A plus long terme, malgré des résultats plutôt satisfaisants, les complications semblent parallèlement s'accroître et le taux de révisions prothétiques devenir plus important. Kamineni et al. décrivaient un taux de complications de 29% et un taux de révisions prothétiques de 23% (9). Prasad et al. ont rapporté chez 37 PTC non-rhumatoïde après FEDH à 10 ans de suivi, seulement 19 patients survivants. Parmi cette population, le taux de complications était de 16% (3/19) et le taux de révisions prothétiques de 11% (2/19) mais pouvait atteindre jusqu'à 32% (6/19) si l'usure de la charnière et les liserés radiologiques étaient comptabilisés en tant que complications (140). Barco et al. ont revu 44 patients suivis pendant un minimum de 10 ans après PTC en aigu pour FEDH. Presque soixante pour cent des patients sont décédés avant le suivi final. Cependant, le taux de complications atteignait 34% (15/44) et le taux de révisions prothétiques 18% (8/44), restant élevés. Les reprises résultaient dans 3 cas d'infections profondes, dans un cas d'un descellement de l'implant ulnaire associé à une fracture périprothétique de l'olécrane, dans 2 cas de descellement des composants ulnaires et dans 2 cas d'une fracture des implants ulnaires (133).

2. Comparaison aux résultats des PTC secondaires en post-traumatique

Dans notre étude, les indications les plus fréquentes conduisant à la réalisation de PTC secondaires étaient la pseudarthrose et l'arthrose post-traumatique dans un délai moyen de 59 mois par rapport au traumatisme.

Depuis que Figgie et al. (98) ont décrit l'utilisation de la PTC en tant que procédure de sauvetage après échec de l'ORIF dans les FEDH, plusieurs études ont confirmé cette option dans le traitement des séquelles post-traumatiques après ORIF, comme la pseudarthrose (19,146,148)

et l'arthrose post-traumatique (99,142). Bien que la PTC entraîne une amélioration de la douleur, de la fonction et de la mobilité, ces résultats tendent à être inférieurs et le risque d'échec et de complication supérieur par rapport aux PTC en aigu.

Cil et al. ont mené à ce jour l'étude la plus vaste évaluant 91 patients (92 coudes) d'âge moyen de 65 ans opérés d'une PTC Coonrad-Morrey pour pseudarthrose compliquant une FEDH avec un recul de 6,5 ans. Soixante-quatorze pour cent des patients avaient une douleur légère ou absente. Le MEPS était de 81 points avec 78% de résultats satisfaisants, l'arc de mobilité moyen en flexion/extension de 113°, contrastant avec un haut taux de complications global (43%), parmi lesquelles le descellement aseptique était l'échec mécanique le plus fréquent, suivi des incidents cicatriciels. Le taux de révisions prothétiques était de 25%, prédominé dans la totalité des cas par le descellement aseptique, notamment chez les sujets les plus jeunes (19). Pogliacomini et al., bien qu'analysant 20 patients d'âge moyen plus élevé (71,9 ans) avec un recul de 65,3 mois, effectuent les mêmes constats. Malgré l'obtention d'un taux de résultats fonctionnels satisfaisants de 90% basés sur le MEPS, d'un arc de mobilité en flexion/extension > 100° pour la majorité des patients (14/20) et la disparition de la douleur dans 80% des cas, le taux de complications reste important (30%) avec un taux de révisions prothétiques de 10% suite à une infection profonde et un descellement aseptique (148).

Scheeberger et al. ont trouvé chez 41 patients d'âge moyen de 57 ans présentant de l'arthrose post-traumatique traitée par PTC semi-contraintes Coonrad Morrey à 5 ans de suivi, 83% de bons ou excellents résultats basés sur le MEPS et un arc de mobilité moyen en flexion/extension de 104°. Onze complications (11/41, 27%) ont conduit à une réopération dans 9 cas (9/41, 22%), le plus fréquemment dans les suites d'un échec mécanique incluant 5 fractures du composant ulnaire et 2 usures de polyéthylène (142).

Nos résultats cliniques et fonctionnels retrouvent un MEPS et un arc de mobilité en flexion/extension inférieurs à ceux retrouvés dans les séries précédentes (cf. *tableau 6*, partie 1). Le taux de complications dans le groupe PTC secondaire était très élevé (11/16, 66,75%) en comparaison avec les taux de ces mêmes séries. Cependant, le taux de révisions prothétiques était en revanche similaire (4/16, 25%), expliqué par le fait que les complications mineures prédominaient.

Notre étude concorde avec la littérature en retrouvant des résultats inférieurs et un taux de complications supérieur dans les PTC secondaires par rapport aux PTC primaires.

L'inclusion de cas plus complexes (polytraumatisés, fractures ouvertes), un tabagisme plus fréquent et un âge inférieur à 60 ans lors de la chirurgie chez 7 patients ont pu participer à

l'obtention de moins bons résultats dans le groupe secondaire. Une attention particulière doit être portée à cette jeune catégorie de population, en particulier en cas d'arthrose post-traumatique, puisqu'une demande fonctionnelle plus élevée et une observation moindre peuvent conduire à un taux de complications et de révisions prothétiques supérieur (166). De plus, l'existence de deux interventions ou plus, précédant la mise en place de la PTC et un antécédent d'infection, rencontrés chez 4 patients dans le groupe secondaire, ont déjà été reconnus comme des facteurs de risque augmentant le risque d'échec de la prothèse (19,145). Un suivi plus long (63,5 mois) au sein du groupe secondaire a pu contribuer également à davantage mettre en évidence la survenue de complications. Comme rapporté dans de précédentes études, le descellement aseptique était la plus fréquente des complications conduisant à une révision prothétique (12,116,167). Parmi les complications mineures, l'insuffisance du triceps a été retrouvée après réalisation d'une voie d'abord interrompant l'appareil extenseur (n=2 Gschwend, n=4 V inversé) comme déjà décrit dans la littérature (129,168). Enfin, le fait que l'existence d'un descellement radiologique de type 3 associé à une laxité importante chez un patient du groupe secondaire âgé de moins de 60 ans lors de la chirurgie, n'ait pas été incluse dans l'analyse statistique comme complication majeure puisque le patient était satisfait du résultat clinique, reste discutable.

3. Comparaison aux résultats des études comparant PTC primaires et secondaires

Nos résultats ont jusqu'ici été discutés indépendamment entre PTC primaires et PTC secondaires, en s'appuyant sur des séries distinctes sans analyse statistique comparant les deux indications. Seulement 3 précédentes études comparant les PTC en aigu et à distance dans les FEDH ont été rapportées à notre connaissance. Les résultats de ces études sont résumés dans le *tableau 12*.

En 2008, Prasad et al. furent les premiers à évaluer rétrospectivement 32 patients avec un suivi moyen de 56 mois opérés d'une PTC Coonrad-Morrey en aigu ou à distance, excluant l'arthrose post-traumatique. L'âge moyen était respectivement de 78 ans dans le groupe aigu et 73 ans dans le groupe à distance. Aucune différence statistiquement significative n'avait été retrouvée entre les 2 groupes concernant le MEPS (85 en aigu versus 80 à distance), l'arc de mobilité en flexion/extension (92,7° en aigu versus 88° à distance), la douleur, la stabilité, les lésions radiologiques, le taux de complications (2/15, 13,3% en aigu versus 5/17, 29,4% à distance) et la survie de l'implant (93% à 88 mois en aigu versus 76% à 84 mois à distance) (23). Logli et al. comparant les PTC primaires (âge moyen 74 ans, suivi 52 mois) et secondaires (âge moyen 60 ans,

suivi 66 mois), ont trouvé récemment les mêmes résultats avec une population plus importante (88 patients) en terme de résultats cliniques (arc de flexion/extension 95° en primaire versus 112° en secondaire) et fonctionnels (MEPS 85 en primaire versus 81 en secondaire) même lorsqu'ils ont exclu l'arthrose post-traumatique de leur analyse statistique. Le taux global de complications était de 42% dont 36% de complications majeures prédominées par le descellement aseptique et les infections, sans différence significative entre les 2 groupes (11/22,50% en primaire versus 26/66, 39% en secondaire). Le taux de réopérations (34/88, 40%) ne différait pas également entre les groupes (24). Au contraire, Ellwein et al. évaluant 23 patients (âge moyen de 66 ans) avec une PTC Latitude répartis en groupe primaire et secondaire (après échec d'ORIF ou traitement fonctionnel) avec un suivi moyen de 28 mois, ont mis en évidence de meilleurs résultats cliniques (arc flexion/extension 111° en primaire versus 96° en secondaire) et fonctionnels (MEPS 94 en primaire versus 79 en secondaire ; DASH score 24 en primaire versus 48 en secondaire, $p=0,007^*$) en faveur des PTC primaires, avec un DASH score significativement meilleur. Aucune différence n'a été démontrée à propos du taux de complications majeures dans les 2 groupes (1/9 versus 4/15, $p=0,47$) (25).

Notre série est en accord avec cette dernière étude, montrant de meilleurs résultats fonctionnels et cliniques pour les PTC primaires, ainsi qu'un taux de complications inférieur n'ayant entraîné aucune révision prothétique.

L'arthrose post-traumatique était le motif le plus fréquent ($n=10$) de PTC dans le groupe secondaire de notre étude. Dans les séries de Prasad (23) et Logli (24), la première a exclu cette catégorie de la population étudiée et la seconde a effectué une analyse statistique en sous-groupe excluant également cette population. Tous deux argumentaient que cette complication n'était pas spécifique à l'ORIF et que sa survenue ne devait pas justifier de ne pas tenter l'ORIF en première intention. Nous avons choisi de ne pas effectuer d'analyse en sous-groupe excluant cette complication car l'échantillon de population aurait été insuffisant pour effectuer les analyses statistiques.

Le score de MEPS dans le groupe primaire de notre étude est bon (82 points) concordant avec les résultats des études de Prasad et Logli (23,24), malgré un âge moyen de la population plus élevé (81 ans). En revanche, le score de MEPS dans le groupe secondaire est moyen (71 points) contrairement à des scores considérés comme bons dans les 3 études précédentes (23–25). Les arcs moyens de mobilité en flexion/extension retrouvés dans les 2 groupes de notre étude, diffèrent des résultats retrouvés précédemment de par leur infériorité.

Tableau 12 : Comparaison des résultats de notre étude avec la littérature comparant PTC primaires et secondaires après FEDH

Etudes	n	Age moyen (a)	Follow-up	Type fracture	MEPS	ROM (F-E /P-S) (°)	DASH/ Quick-Dash	Résultats satisfaisants (%) (MEPS bon ou excellent)	Complications	Réopérations	Révisions prothétiques
Prasad et al. (2008) (23)	32		56,1 m						7/32 (21,9%)	-	3/32 (9,3%)
<i>PTC en aigu</i>	15	78	52,4 m	2A3/4B3/9C3	85	92,7 / 150		73,30%	2/15 (13,3%)		
<i>PTC à distance</i>	17	73	57 m	6A3/6B3/5C3	80	88 / 140		64,70%	5/17 (29,4%)		
Logli et al. (2019) (24)	88									34/88 (40%)	-
<i>PTC primaire</i>	22	74	4,4 a	5%A3/27%B3/68%C3	85	95 / 157		77,20%	11/22 (50%)		
<i>PTC secondaire</i>	66	60	5,5 a	9%A3/15%B3/41%C3	81	112 / 153		75,70%	39/66 (26%)		
Ellwein et al. (2019) (25)	23	66	28 m								
<i>PTC primaire</i>	9	70	22 m	9C	94	111 / -	24 / -	-	4/9 (44,4%)	2/9 (22,2%)	0
<i>PTC secondaire</i>	14	63	32 m	1A/2B/11C	79	96 / -	48 / -	-	9/14 (64,2%)	4/14 (28,6%)	2/14 (14,3%)
Notre étude	28	70	52,7 m								
<i>PTC primaire</i>	12	81	38,3 m	3B/9C	82	85 / 145	- / 32	83,30%	1/12 (8,3%)	0	0
<i>PTC secondaire</i>	16	62	63,5 m	5B/7C	71	77 / 130	- / 46	62,50%	11/16 (68,7%)	4/16 (25%)	4/16 (25%)

PTC : prothèse totale de coude ; **MEPS** : Mayo Elbow Performance Score ; **ROM** (range of motion) : arc de mobilité

F-E : flexion -extension ; **P-S** : prono-supination ; **a** : ans ; **m** : mois

Nos résultats radiologiques sont superposables à ceux de Prasad et Ellwein (23,25) retrouvant la prédominance du descellement au niveau de l'implant ulnaire, concordant avec la littérature (119) et un liseré de type 1 à l'interface os/ciment le plus fréquemment.

Contrairement aux 3 études précédentes (23–25), notre étude est la seule à avoir mis en évidence une différence significative du taux de complications entre les groupes, plus élevé en cas de PTC secondaires.

4. Limites de l'étude

Les limites de notre étude comprennent le caractère rétrospectif monocentrique, un faible échantillon de population, des groupes non comparables et des protocoles per et post-opératoires hétérogènes.

Le caractère rétrospectif conduit inévitablement à des pertes de données et l'inclusion monocentrique au sein d'un centre de polytraumatisés spécialisé en membre supérieur, sélectionne une population avec des cas plus complexes à risque de survenue de complications plus élevée, rendant les résultats plus difficilement généralisables.

La faible taille de notre échantillon a dû entraîner un manque de puissance de l'étude n'ayant pas permis de mettre en évidence une différence statistique significative entre les groupes pour certains critères de jugement comme l'EVA ($p=0,056$) et le nombre de réopérations et de révisions prothétiques ($p=0,073$). Un suivi plus long, un âge moyen plus jeune et un tabagisme plus fréquent dans le groupe secondaire font que les 2 groupes n'étaient pas comparables concernant ces données démographiques et peuvent expliquer que le MEPS devienne non significatif après analyse multivariée ajustée. Il semble cependant difficile d'obtenir deux groupes comparables sur l'âge moyen étant donné que les séquelles post-traumatiques surviennent majoritairement dans une population plus jeune. Enfin, le nombre important de chirurgiens impliqués dont l'expérience est inégale, la variété des modèles d'implant utilisé et des différentes voies d'abord, ainsi que l'hétérogénéité des protocoles post-opératoires différaient entre les groupes.

CONCLUSION

Les progrès dans le traitement médical de la polyarthrite rhumatoïde ont bouleversé la chirurgie prothétique du coude, permettant de placer désormais en tête de ses indications, la traumatologie et les séquelles post-traumatiques après FEDH, le plus souvent chez le sujet âgé. Une meilleure compréhension de la biomécanique du coude et des matériaux, l'amélioration du type de matériel d'ostéosynthèse et du design des PTC ont façonné ces dernières décennies les différentes options thérapeutiques actuellement à disposition dans ces fractures complexes. Malgré l'apport de l'imagerie scannographique avec reconstruction 3D qui a permis une compréhension et une analyse plus précises des caractéristiques de ces fractures, le choix entre ORIF et PTC repose avant tout sur une évaluation rigoureuse de la demande fonctionnelle et de l'autonomie du patient. La décision du traitement le plus adapté dans cette population majoritairement âgée, dont l'espérance de vie augmente, doit unir une fonction satisfaisante avec un faible risque de complication. L'arbre décisionnel reste à ce jour avec des zones d'ombre, les détenteurs de chacune des options argumentant leur choix par l'obtention de résultats fonctionnels satisfaisants et d'un taux de complications qui semble peu différer. De plus, la généralisation de la PTC pour le traitement des séquelles post-traumatiques après échec d'ORIF, interroge quant à la meilleure indication de PTC entre aigu ou secondaire, enrichissant le débat sur la prise en charge thérapeutique initiale des FEDH.

Les résultats de notre étude encouragent préférentiellement la réalisation de PTC chez une population soigneusement sélectionnée, dans le traitement aigu des FEDH complexes du sujet âgé, chez lequel l'ORIF peut aboutir à des complications parfois dramatiques. De meilleurs résultats fonctionnels et cliniques, ainsi qu'un taux de complications moindre ont été mis en évidence au sein de cette population à faible demande fonctionnelle en comparaison aux PTC secondaires. Parmi l'arsenal thérapeutique proposé pour les séquelles post-traumatiques après échec d'ORIF, la PTC doit être considérée comme l'ultime option de sauvetage, en particulier chez les sujets plus jeunes, en raison de la survenue de possibles complications dévastatrices menant tôt ou tard à une révision prothétique, demeurant le plus souvent techniquement délicate. D'autres études seraient nécessaires pour confirmer ces résultats concernant une population plus importante avec des groupes et des protocoles per et post-opératoires homogènes.

S'il est principalement admis qu'une procédure primaire procure de meilleurs résultats et est associée à un taux de complications moindre qu'en cas de reprises, qu'en est-il des procédures secondaires ? Des études supplémentaires comparant les résultats cliniques,

fonctionnels et le taux de complications entre révision après PTC primaire et PTC secondaire pourraient ajouter une perspective intéressante en vue d'argumenter davantage le choix initial entre ORIF et PTC en cas de FEDH complexe chez le sujet âgé.

BIBLIOGRAPHIE

1. Morrey BF. Fractures of the distal humerus: role of elbow replacement. *Orthop Clin North Am.* janv 2000;31(1):145-54.
2. Goodman AD, Johnson JP, Kleiner JE, Gil JA, Daniels AH. The expanding use of total elbow arthroplasty for distal humerus fractures: a retrospective database analysis of 56,379 inpatients from 2002-2014. *Phys Sportsmed.* 2018;46(4):492-8.
3. Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Secular trends in distal humeral fractures of elderly women: nationwide statistics in Finland between 1970 and 2007. *Bone.* mai 2010;46(5):1355-8.
4. McKee MD, Wilson TL, Winston L, Schemitsch EH, Richards RR. Functional outcome following surgical treatment of intra-articular distal humeral fractures through a posterior approach. *J Bone Joint Surg Am.* déc 2000;82(12):1701-7.
5. Sanchez-Sotelo J, Torchia ME, O'Driscoll SW. Complex distal humeral fractures: internal fixation with a principle-based parallel-plate technique. *J Bone Joint Surg Am.* mai 2007;89(5):961-9.
6. Theivendran K, Duggan PJ, Deshmukh SC. Surgical treatment of complex distal humeral fractures: functional outcome after internal fixation using precontoured anatomic plates. *J Shoulder Elbow Surg.* juin 2010;19(4):524-32.
7. Biz C, Sperotto SP, Maschio N, Borella M, Iacobellis C, Ruggieri P. The challenging surgical treatment of closed distal humerus fractures in elderly and octogenarian patients: radiographic and functional outcomes with a minimum follow-up of 24 months. *Arch Orthop Trauma Surg.* oct 2017;137(10):1371-83.
8. Gambirasio R, Riand N, Stern R, Hoffmeyer P. Total elbow replacement for complex fractures of the distal humerus. An option for the elderly patient. *J Bone Joint Surg Br.* sept 2001;83(7):974-8.
9. Kamineni S, Morrey BF. Distal humeral fractures treated with noncustom total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Am.* mai 2004;86(5):940-7.
10. Mansat P, Nouaille Degorce H, Bonnevalle N, Demezou H, Fabre T, SOFCOT. Total elbow arthroplasty for acute distal humeral fractures in patients over 65 years old - results of a multicenter study in 87 patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* nov 2013;99(7):779-84.
11. Rajae SS, Lin CA, Moon CN. Primary total elbow arthroplasty for distal humeral fractures in elderly patients: a nationwide analysis. *J Shoulder Elbow Surg.* nov 2016;25(11):1854-60.
12. Toulemonde J, Ancelin D, Azoulay V, Bonnevalle N, Rongièrès M, Mansat P. Complications and revisions after semi-constrained total elbow arthroplasty: a mono-centre analysis of one hundred cases. *Int Orthop.* janv 2016;40(1):73-80.
13. Voloshin I, Schippert DW, Kakar S, Kaye EK, Morrey BF. Complications of total elbow replacement: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.* janv 2011;20(1):158-68.
14. Welsink CL, Lambers KTA, van Deurzen DFP, Eygendaal D, van den Bekerom MPJ. Total Elbow Arthroplasty: A Systematic Review. *JBJS Rev.* 2017;5(7):e4.
15. Krukhaug Y, Hallan G, Dybvik E, Lie SA, Furnes ON. A survivorship study of 838 total elbow replacements: a report from the Norwegian Arthroplasty Register 1994-2016. *J Shoulder Elbow Surg.* févr 2018;27(2):260-9.

16. Zhang D, Chen N. Total Elbow Arthroplasty. *J Hand Surg Am.* juin 2019;44(6):487-95.
17. Bacle G, Nové-Josserand L, Garaud P, Walch G. Long-Term Outcomes of Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Follow-up of a Previous Study. *J Bone Joint Surg Am.* 15 mars 2017;99(6):454-61.
18. Mabry TM, Prpa B, Haidukewych GJ, Harmsen WS, Berry DJ. Long-term results of total hip arthroplasty for femoral neck fracture nonunion. *J Bone Joint Surg Am.* oct 2004;86(10):2263-7.
19. Cil A, Veillette CJH, Sanchez-Sotelo J, Morrey BF. Linked elbow replacement: a salvage procedure for distal humeral nonunion. *J Bone Joint Surg Am.* sept 2008;90(9):1939-50.
20. Mighell MA, Virani NA, Frankle MA, Pupello DR. 2. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* mars 2007;16(2):e52.
21. LaPorte DM, Murphy MS, Moore JR. Distal humerus nonunion after failed internal fixation: reconstruction with total elbow arthroplasty. *Am J Orthop.* oct 2008;37(10):531-4.
22. Ellwein A, Lill H, Voigt C, Wirtz P, Jensen G, Katthagen JC. Arthroplasty compared to internal fixation by locking plate osteosynthesis in comminuted fractures of the distal humerus. *Int Orthop.* avr 2015;39(4):747-54.
23. Prasad N, Dent C. Outcome of total elbow replacement for distal humeral fractures in the elderly: a comparison of primary surgery and surgery after failed internal fixation or conservative treatment. *J Bone Joint Surg Br.* mars 2008;90(3):343-8.
24. Logli AL, Shannon SF, Boe CC, Morrey ME, O'Driscoll SW, Sanchez-Sotelo J. Total Elbow Arthroplasty for Distal Humerus Fractures Provided Similar Outcomes When Performed as a Primary Procedure or After Failed Internal Fixation. *J Orthop Trauma.* févr 2020;34(2):95-101.
25. Ellwein A, Lill H, Smith T, Voigt C, Imrecke J, Katthagen JC. Primary vs. secondary total elbow arthroplasty for distal humerus fractures: Clinical results of a retrospective case-control study. *Obere Extremität.* déc 2019;14(4):256-62.
26. Robinson CM, Hill RMF, Jacobs N, Dall G, Court-Brown CM. Adult distal humeral metaphyseal fractures: epidemiology and results of treatment. *J Orthop Trauma.* janv 2003;17(1):38-47.
27. Charissoux J-L, Vergnenegre G, Pelissier M, Fabre T, Mansat P, SOFCOT. Epidemiology of distal humerus fractures in the elderly. *Orthop Traumatol Surg Res.* nov 2013;99(7):765-9.
28. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. *The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones.* Springer Science & Business Media; 2012. 235 p.
29. Court-Brown CM, Rimmer S, Prakash U, McQueen MM. The epidemiology of open long bone fractures. *Injury.* sept 1998;29(7):529-34.
30. Min W, Anwar A, Ding BC, Tejwani NC. Open distal humerus fractures--review of the literature. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2010;68(4):257-61.
31. McKee MD, Kim J, Kebaish K, Stephen DJ, Kreder HJ, Schemitsch EH. Functional outcome after open supracondylar fractures of the humerus. The effect of the surgical approach. *J Bone Joint Surg Br.* juill 2000;82(5):646-51.
32. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am.* juin 1976;58(4):453-8.

33. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma.* août 1984;24(8):742-6.
34. Obert L, Ferrier M, Jacquot A, Mansat P, Sirveaux F, Clavert P, et al. Distal humerus fractures in patients over 65: complications. *Orthop Traumatol Surg Res.* déc 2013;99(8):909-13.
35. Ruan H-J, Liu J-J, Fan C-Y, Jiang J, Zeng B-F. Incidence, management, and prognosis of early ulnar nerve dysfunction in type C fractures of distal humerus. *J Trauma.* déc 2009;67(6):1397-401.
36. Gofton WT, Macdermid JC, Patterson SD, Faber KJ, King GJW. Functional outcome of AO type C distal humeral fractures. *J Hand Surg Am.* mars 2003;28(2):294-308.
37. Nauth A, McKee MD, Ristevski B, Hall J, Schemitsch EH. Distal humeral fractures in adults. *J Bone Joint Surg Am.* 6 avr 2011;93(7):686-700.
38. Galano GJ, Ahmad CS, Levine WN. Current treatment strategies for bicolumnar distal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* janv 2010;18(1):20-30.
39. Doornberg J, Lindenhovius A, Kloen P, van Dijk CN, Zurakowski D, Ring D. Two and three-dimensional computed tomography for the classification and management of distal humeral fractures. Evaluation of reliability and diagnostic accuracy. *J Bone Joint Surg Am.* août 2006;88(8):1795-801.
40. Desloges W, Faber KJ, King GJW, Athwal GS. Functional outcomes of distal humeral fractures managed nonoperatively in medically unwell and lower-demand elderly patients. *J Shoulder Elbow Surg.* août 2015;24(8):1187-96.
41. Mehlhoff TL, Bennett JB. Distal humeral fractures: fixation versus arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* mars 2011;20(2 Suppl):S97-106.
42. Evans EM. Supracondylar-Y fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Br.* août 1953;35-B(3):371-5.
43. Bickel WE, Perry RE. Comminuted fractures of the distal humerus. *JAMA.* 18 mai 1963;184:553-7.
44. Brown RF, Morgan RG. Intercondylar T-shaped fractures of the humerus. Results in ten cases treated by early mobilisation. *J Bone Joint Surg Br.* août 1971;53(3):425-8.
45. Aitken SA, Jenkins PJ, Rymaszewski L. Revisiting the « bag of bones »: functional outcome after the conservative management of a fracture of the distal humerus. *Bone Joint J.* août 2015;97-B(8):1132-8.
46. Batten TJ, Sin-Hidge C, Brinsden MD, Guyver PM. Non-operative management of distal humerus fractures in the elderly: a review of functional outcomes. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* janv 2018;28(1):23-7.
47. Pidhorz L, Alligand-Perrin P, De Keating E, Fabre T, Mansat P, Société française de chirurgie orthopédique et traumatologie (SoFCOT). Distal humerus fracture in the elderly: does conservative treatment still have a role? *Orthop Traumatol Surg Res.* déc 2013;99(8):903-7.
48. Wilkinson JM, Stanley D. Posterior surgical approaches to the elbow: a comparative anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg.* août 2001;10(4):380-2.

49. McKee MD, Wilson TL, Winston L, Schemitsch EH, Richards RR. Functional outcome following surgical treatment of intra-articular distal humeral fractures through a posterior approach. *J Bone Joint Surg Am.* déc 2000;82(12):1701-7.
50. Coles CP, Barei DP, Nork SE, Taitsman LA, Hanel DP, Bradford Henley M. The olecranon osteotomy: a six-year experience in the treatment of intraarticular fractures of the distal humerus. *J Orthop Trauma.* mars 2006;20(3):164-71.
51. Sharma S, John R, Dhillon MS, Kishore K. Surgical approaches for open reduction and internal fixation of intra-articular distal humerus fractures in adults: A systematic review and meta-analysis. *Injury.* août 2018;49(8):1381-91.
52. Illical EM, Farrell DJ, Siska PA, Evans AR, Gruen GS, Tarkin IS. Comparison of outcomes after triceps split versus sparing surgery for extra-articular distal humerus fractures. *Injury.* oct 2014;45(10):1545-8.
53. McKee MD, Kim J, Kebaish K, Stephen DJ, Kreder HJ, Schemitsch EH. Functional outcome after open supracondylar fractures of the humerus. The effect of the surgical approach. *J Bone Joint Surg Br.* juill 2000;82(5):646-51.
54. Sanchez-Sotelo J. Distal humeral fractures: role of internal fixation and elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 21 mars 2012;94(6):555-68.
55. Worden A, Ilyas AM. Ulnar neuropathy following distal humerus fracture fixation. *Orthop Clin North Am.* oct 2012;43(4):509-14.
56. Shearin JW, Chapman TR, Miller A, Ilyas AM. Ulnar Nerve Management with Distal Humerus Fracture Fixation: A Meta-Analysis. *Hand Clin.* 2018;34(1):97-103.
57. Helfet DL, Hotchkiss RN. Internal fixation of the distal humerus: a biomechanical comparison of methods. *J Orthop Trauma.* 1990;4(3):260-4.
58. Self J, Viegas SF, Buford WL, Patterson RM. A comparison of double-plate fixation methods for complex distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* févr 1995;4(1 Pt 1):10-6.
59. Korner J, Lill H, Müller LP, Rommens PM, Schneider E, Linke B. The LCP-concept in the operative treatment of distal humerus fractures--biological, biomechanical and surgical aspects. *Injury.* nov 2003;34 Suppl 2:B20-30.
60. O'Driscoll SW. Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg.* févr 2005;14(1 Suppl S):186S-194S.
61. Stoffel K, Cunneen S, Morgan R, Nicholls R, Stachowiak G. Comparative stability of perpendicular versus parallel double-locking plating systems in osteoporotic comminuted distal humerus fractures. *J Orthop Res.* juin 2008;26(6):778-84.
62. Schemitsch EH, Tencer AF, Henley MB. Biomechanical evaluation of methods of internal fixation of the distal humerus. *J Orthop Trauma.* déc 1994;8(6):468-75.
63. Lee SK, Kim KJ, Park KH, Choy WS. A comparison between orthogonal and parallel plating methods for distal humerus fractures: a prospective randomized trial. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* oct 2014;24(7):1123-31.

64. Shin S-J, Sohn H-S, Do N-H. A clinical comparison of two different double plating methods for intraarticular distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* janv 2010;19(1):2-9.
65. Li BB, Lin F, Cai LH, Chen Y, Lin ZJ. [Meta analysis of parallel versus perpendicular double plating for distal humerus fracture of type C in adults]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 1 août 2017;55(8):626-31.
66. Beazley JC, Baraza N, Jordan R, Modi CS. Distal Humeral Fractures-Current Concepts. *TOORTHJ.* 30 nov 2017;11(1):1353-63.
67. Savvidou OD, Zampeli F, Koutsouradis P, Chloros GD, Kaspiris A, Sourmelis S, et al. Complications of open reduction and internal fixation of distal humerus fractures. *EFORT Open Rev.* oct 2018;3(10):558-67.
68. Lawrence TM, Ahmadi S, Morrey BF, Sánchez-Sotelo J. Wound complications after distal humerus fracture fixation: incidence, risk factors, and outcome. *J Shoulder Elbow Surg.* févr 2014;23(2):258-64.
69. Clavert P, Ducrot G, Sirveaux F, Fabre T, Mansat P, SOFCOT. Outcomes of distal humerus fractures in patients above 65 years of age treated by plate fixation. *Orthop Traumatol Surg Res.* nov 2013;99(7):771-7.
70. Athwal GS, Hoxie SC, Rispoli DM, Steinmann SP. Precontoured parallel plate fixation of AO/OTA type C distal humerus fractures. *J Orthop Trauma.* sept 2009;23(8):575-80.
71. Sanchez-Sotelo J, Torchia ME, O'Driscoll SW. Complex distal humeral fractures: internal fixation with a principle-based parallel-plate technique. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* mars 2008;90 Suppl 2 Pt 1:31-46.
72. Lauder A, Richard MJ. Management of distal humerus fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol* [Internet]. 21 janv 2020 [cité 17 mars 2020]; Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/s00590-020-02626-1>
73. Mighell MA, Stephens B, Stone GP, Cottrell BJ. Distal Humerus Fractures: Open Reduction Internal Fixation. *Hand Clin.* nov 2015;31(4):591-604.
74. Kimball JP, Glowczewskie F, Wright TW. Intraosseous blood supply to the distal humerus. *J Hand Surg Am.* juin 2007;32(5):642-6.
75. Ring D, Gulotta L, Jupiter JB. Unstable nonunions of the distal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am.* juin 2003;85(6):1040-6.
76. Helfet DL, Kloen P, Anand N, Rosen HS. Open reduction and internal fixation of delayed unions and nonunions of fractures of the distal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am.* janv 2003;85(1):33-40.
77. Morrey BF, Adams RA. Semiconstrained elbow replacement for distal humeral nonunion. *J Bone Joint Surg Br.* janv 1995;77(1):67-72.
78. Athwal GS, Goetz TJ, Pollock JW, Faber KJ. Prosthetic replacement for distal humerus fractures. *Orthop Clin North Am.* avr 2008;39(2):201-12, vi.
79. Bauer AS, Lawson BK, Bliss RL, Dyer GSM. Risk factors for posttraumatic heterotopic ossification of the elbow: case-control study. *J Hand Surg Am.* juill 2012;37(7):1422-1429.e1-6.

80. Liu J, Ruan H, Wang J, Fan C, Zeng B. Double-column fixation for type C fractures of the distal humerus in the elderly. *J Shoulder Elbow Surg.* août 2009;18(4):646-51.
81. Green A. Postoperative management after open reduction and internal fixation of distal humeral fractures. *Instr Course Lect.* 2009;58:535-9.
82. McCarty LP, Ring D, Jupiter JB. Management of distal humerus fractures. *Am J Orthop.* sept 2005;34(9):430-8.
83. Lindenhovius ALC, Linzel DS, Doornberg JN, Ring DC, Jupiter JB. Comparison of elbow contracture release in elbows with and without heterotopic ossification restricting motion. *J Shoulder Elbow Surg.* oct 2007;16(5):621-5.
84. Savvidou OD, Zampeli F, Koutsouradis P, Chloros GD, Kaspiris A, Sourmelis S, et al. Complications of open reduction and internal fixation of distal humerus fractures. *EFORT Open Rev.* oct 2018;3(10):558-67.
85. McKee MD, Jupiter JB, Bosse G, Goodman L. Outcome of ulnar neurolysis during post-traumatic reconstruction of the elbow. *J Bone Joint Surg Br.* janv 1998;80(1):100-5.
86. Obert L, Ferrier M, Jacquot A, Mansat P, Sirveaux F, Clavert P, et al. Distal humerus fractures in patients over 65: complications. *Orthop Traumatol Surg Res.* déc 2013;99(8):909-13.
87. Doornberg JN, van Duijn PJ, Linzel D, Ring DC, Zurakowski D, Marti RK, et al. Surgical treatment of intra-articular fractures of the distal part of the humerus. Functional outcome after twelve to thirty years. *J Bone Joint Surg Am.* juill 2007;89(7):1524-32.
88. Chammas M. Post-traumatic osteoarthritis of the elbow. *Orthop Traumatol Surg Res.* févr 2014;100(1 Suppl):S15-24.
89. Morrey BF, Schneeberger AG. Total elbow arthroplasty for posttraumatic arthrosis. *Instr Course Lect.* 2009;58:495-504.
90. Shannon SF, Wagner ER, Houdek MT, Mascarenhas D, Pensy RA, Eglseder WA. Osteosynthesis of AO/OTA 13-C3 distal humeral fractures in patients older than 70 years. *J Shoulder Elbow Surg.* févr 2018;27(2):291-7.
91. Varecka TF, Myeroff C. Distal Humerus Fractures in the Elderly Population. *J Am Acad Orthop Surg.* oct 2017;25(10):673-83.
92. Proust J, Oksman A, Charissoux J-L, Mabit C, Arnaud J-P. [Intra-articular fracture of the distal humerus: outcome after osteosynthesis in patients over 60]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* déc 2007;93(8):798-806.
93. Kural C, Ercin E, Erkilinc M, Karaali E, Bilgili MG, Altun S. Bicolumnar 90-90 plating of AO 13C type fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2017;51(2):128-32.
94. Huang JI, Paczas M, Hoyer HA, Vallier HA. Functional outcome after open reduction internal fixation of intra-articular fractures of the distal humerus in the elderly. *J Orthop Trauma.* mai 2011;25(5):259-65.
95. Schmidt-Horlohé KH, Bonk A, Wilde P, Becker L, Hoffmann R. Promising results after the treatment of simple and complex distal humerus type C fractures by angular-stable double-plate osteosynthesis. *Orthop Traumatol Surg Res.* sept 2013;99(5):531-41.

96. Elbow Arthroplasty: Historical Perspective and Emerging Concepts [Internet]. Clinical Gate. 2015 [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: <https://clinicalgate.com/elbow-arthroplasty-historical-perspective-and-emerging-concepts/>
97. Rongières M. Histoire des arthroplasties totales de coude. In : Allieu Y, Masméjean E, editors. Prothèses de coude (Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°77). Paris : Expansion Scientifique Française ; 2001. p. 55-58
98. Figgie MP, Inglis AE, Mow CS, Figgie HE. Salvage of non-union of supracondylar fracture of the humerus by total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* août 1989;71(7):1058-65.
99. Morrey BF, Adams RA, Bryan RS. Total replacement for post-traumatic arthritis of the elbow. *J Bone Joint Surg Br.* juill 1991;73(4):607-12.
100. Cobb TK, Morrey BF. Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg Am.* juin 1997;79(6):826-32.
101. Kamineni S, Morrey BF. Distal humeral fractures treated with noncustom total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Am.* mai 2004;86(5):940-7.
102. Gay DM, Lyman S, Do H, Hotchkiss RN, Marx RG, Daluiski A. Indications and reoperation rates for total elbow arthroplasty: an analysis of trends in New York State. *J Bone Joint Surg Am.* 18 janv 2012;94(2):110-7.
103. Mansat P, Bonnevalle N. Prothèse totale du coude de première intention. *EMC - Techniques chirurgicales - Orthopédie - Traumatologie.* janv 2010;5(4):1-17.
104. Mansat P, Bonnevalle N, Rongières M, Bonnevalle P, Bone, Joint Trauma Study Group (GETRAUM). The role of total elbow arthroplasty in traumatology. *Orthop Traumatol Surg Res.* oct 2014;100(6 Suppl):S293-298.
105. Strauss EJ, Alaia M, Egol KA. Management of distal humeral fractures in the elderly. *Injury.* sept 2007;38 Suppl 3:S10-16.
106. Sanchez-Sotelo J, Morrey BF. Linked elbow replacement: a salvage procedure for distal humeral nonunion. *Surgical technique. J Bone Joint Surg Am.* 1 oct 2009;91 Suppl 2:200-12.
107. Schneeberger AG, Morrey BF. Total Elbow Arthroplasty for Post-traumatic Arthrosis. In: Celli A, Celli L, Morrey BF, éditeurs. *Treatment of Elbow Lesions: New Aspects in Diagnosis and Surgical Techniques* [Internet]. Milano: Springer Milan; 2008 [cité 1 avr 2020]. p. 263-71. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-88-470-0591-4_25
108. Sreenivasan R, Singh P, Thomas S, Jain A, Singh H, Agarwal S. A muscle sparing posterior approach to the elbow joint for total elbow arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2017;25(1):2309499016684997.
109. Booker SJ, Smith CD. Triceps on approach for total elbow arthroplasty: worth preserving? A review of approaches for total elbow arthroplasty. *Shoulder Elbow.* avr 2017;9(2):105-11.
110. Dachs RP, Fleming MA, Chivers DA, Carrara HR, Du Plessis J-P, Vrettos BC, et al. Total elbow arthroplasty: outcomes after triceps-detaching and triceps-sparing approaches. *J Shoulder Elbow Surg.* mars 2015;24(3):339-47.
111. Sanchez-Sotelo J. Total elbow arthroplasty. *Open Orthop J.* 16 mars 2011;5:115-23.

112. Lingenfelter EJ, Adams RA, Morrey B. Management of the radial head and linked total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* juin 2011;20(4):625-30.
113. Jeon I-H, Morrey BF, Anakwenze OA, Tran NV. Incidence and implications of early postoperative wound complications after total elbow arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* sept 2011;20(6):857-65.
114. Little CP, Graham AJ, Carr AJ. Total elbow arthroplasty: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE IN THE ENGLISH LANGUAGE UNTIL THE END OF 2003. *The Journal of Bone and Joint Surgery British volume.* avr 2005;87-B(4):437-44.
115. Kim JM, Mudgal CS, Konopka JF, Jupiter JB. Complications of total elbow arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* juin 2011;19(6):328-39.
116. Ramirez MA, Cheung EV, Murthi AM. Revision Total Elbow Arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* août 2017;25(8):e166-74.
117. Wolfe SW, Figgie MP, Inglis AE, Bohn WW, Ranawat CS. Management of infection about total elbow prostheses. *J Bone Joint Surg Am.* févr 1990;72(2):198-212.
118. Kunutsor SK, Beswick AD, Whitehouse MR, Blom AW. One- and two-stage surgical revision of infected elbow prostheses following total joint replacement: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 22 oct 2019;20(1):467.
119. Goldberg SH, Urban RM, Jacobs JJ, King GJW, O'Driscoll SW, Cohen MS. Modes of wear after semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* mars 2008;90(3):609-19.
120. Cheung EV, O'Driscoll SW. Total Elbow Prosthesis Loosening Caused by Ulnar Component Pistoning: *The Journal of Bone & Joint Surgery.* juin 2007;89(6):1269-74.
121. Prkic A, Welsink C, The B, van den Bekerom MPJ, Eygendaal D. Why does total elbow arthroplasty fail today? A systematic review of recent literature. *Arch Orthop Trauma Surg.* juin 2017;137(6):761-9.
122. O'Driscoll SW, Morrey BF. Periprosthetic fractures about the elbow. *Orthop Clin North Am.* avr 1999;30(2):319-25.
123. Sanchez-Sotelo J, O'Driscoll S, Morrey BF. Periprosthetic humeral fractures after total elbow arthroplasty: treatment with implant revision and strut allograft augmentation. *J Bone Joint Surg Am.* sept 2002;84(9):1642-50.
124. Lee BP, Adams RA, Morrey BF. Polyethylene wear after total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* mai 2005;87(5):1080-7.
125. Figgie MP, Su EP, Kahn B, Lipman J. Locking mechanism failure in semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* févr 2006;15(1):88-93.
126. Lee H, Vaichinger AM, O'Driscoll SW. Component fracture after total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* août 2019;28(8):1449-56.
127. Dachs RP, Vrettos BC, A. Chivers D, Du Plessis J-P, Roche SJ. Outcomes After Ulnar Nerve In Situ Release During Total Elbow Arthroplasty. *The Journal of Hand Surgery.* sept 2015;40(9):1832-7.

128. Rispoli DM, Athwal GS, Morrey BF. Neurolysis of the ulnar nerve for neuropathy following total elbow replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery British volume*. oct 2008;90-B(10):1348-51.
129. Celli A, Arash A, Adams RA, Morrey BF. Triceps Insufficiency Following Total Elbow Arthroplasty: *The Journal of Bone & Joint Surgery*. sept 2005;87(9):1957-64.
130. O'Driscoll SW, King GJ. Treatment of instability after total elbow arthroplasty. *Orthop Clin North Am*. oct 2001;32(4):679-95, ix.
131. Morrey BF, Askew LJ, Chao EY. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am*. juill 1981;63(6):872-7.
132. Dehghan N, Furey M, Schemitsch L, Ristevski B, Goetz T, Schemitsch EH, et al. Long-term outcomes of total elbow arthroplasty for distal humeral fracture: results from a prior randomized clinical trial. *J Shoulder Elbow Surg*. nov 2019;28(11):2198-204.
133. Barco R, Streubel PN, Morrey BF, Sanchez-Sotelo J. Total Elbow Arthroplasty for Distal Humeral Fractures: A Ten-Year-Minimum Follow-up Study. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*. sept 2017;99A(18):1524-31.
134. Jenkins PJ, Watts AC, Norwood T, Duckworth AD, Rymaszewski LA, McEachan JE. Total elbow replacement: outcome of 1,146 arthroplasties from the Scottish Arthroplasty Project. *Acta Orthop*. avr 2013;84(2):119-23.
135. Cobb TK, Morrey BF. Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg Am*. juin 1997;79(6):826-32.
136. Hildebrand KA, Patterson SD, Regan WD, MacDermid JC, King GJ. Functional outcome of semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. oct 2000;82(10):1379-86.
137. Garcia JA, Mykula R, Stanley D. Complex fractures of the distal humerus in the elderly. The role of total elbow replacement as primary treatment. *J Bone Joint Surg Br*. août 2002;84(6):812-6.
138. Lee KT, Lai CH, Singh S. Results of total elbow arthroplasty in the treatment of distal humerus fractures in elderly Asian patients. *J Trauma*. oct 2006;61(4):889-92.
139. Pooley J, Salvador Carreno J. Total elbow joint replacement for fractures in the elderly--Functional and radiological outcomes. *Injury*. nov 2015;46 Suppl 5:S37-42.
140. Prasad N, Ali A, Stanley D. Total elbow arthroplasty for non-rheumatoid patients with a fracture of the distal humerus: a minimum ten-year follow-up. *Bone Joint J*. mars 2016;98-B(3):381-6.
141. Pogliacomi F, Schiavi P, Defilippo M, Corradi M, Vaianti E, Ceccarelli F, et al. Total elbow arthroplasty following complex fractures of the distal humerus: results in patients over 65 years of age. *Acta Bio Medica Atenei Parmensis*. 13 sept 2016;87(2):148-55.
142. Schneeberger AG, Adams R, Morrey BF. Semiconstrained total elbow replacement for the treatment of post-traumatic osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am*. août 1997;79(8):1211-22.
143. Throckmorton T, Zarkadas P, Sanchez-Sotelo J, Morrey B. Failure patterns after linked semiconstrained total elbow arthroplasty for posttraumatic arthritis. *J Bone Joint Surg Am*. juin 2010;92(6):1432-41.

144. Choo A, Ramsey ML. Total elbow arthroplasty: current options. *J Am Acad Orthop Surg.* juill 2013;21(7):427-37.
145. Espiga X, Antuña SA, Ferreres A. Linked total elbow arthroplasty as treatment of distal humerus nonunions in patients older than 70 years. *Acta Orthop Belg.* juin 2011;77(3):304-10.
146. Morrey B, Adams R. Semiconstrained elbow replacement for distal humeral nonunion. *The Journal of Bone and Joint Surgery British volume.* janv 1995;77-B(1):67-72.
147. Baksi DP, Pal AK, Baksi D. Prosthetic replacement of elbow for intercondylar fractures (recent or ununited) of humerus in the elderly. *Int Orthop.* août 2011;35(8):1171-7.
148. Pogliacomi F, Aliani D, Cavaciocchi M, Corradi M, Ceccarelli F, Rotini R. Total elbow arthroplasty in distal humeral nonunion: clinical and radiographic evaluation after a minimum follow-up of three years. *J Shoulder Elbow Surg.* déc 2015;24(12):1998-2007.
149. Frankle MA, Herscovici D, DiPasquale TG, Vasey MB, Sanders RW. A comparison of open reduction and internal fixation and primary total elbow arthroplasty in the treatment of intraarticular distal humerus fractures in women older than age 65. *J Orthop Trauma.* août 2003;17(7):473-80.
150. McKee MD, Veillette CJH, Hall JA, Schemitsch EH, Wild LM, McCormack R, et al. A multicenter, prospective, randomized, controlled trial of open reduction--internal fixation versus total elbow arthroplasty for displaced intra-articular distal humeral fractures in elderly patients. *J Shoulder Elbow Surg.* févr 2009;18(1):3-12.
151. Githens M, Yao J, Sox AHS, Bishop J. Open Reduction and Internal Fixation Versus Total Elbow Arthroplasty for the Treatment of Geriatric Distal Humerus Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Orthop Trauma.* août 2014;28(8):481-8.
152. Schindelar LE, Rondon AJ, Ilyas AM. Total Elbow Arthroplasty Versus Open Reduction and Internal Fixation for the Management of Distal Humerus Fractures in the Elderly. *Orthopedics.* 1 janv 2019;42(1):22-7.
153. Medvedev G, Wang C, Amdur R, Neviasser R, Neviasser A. Operative Distal Humerus Fractures in Older Patients: Predictors for Early Complications Based on a National Database. *HSS J.* oct 2017;13(3):212-6.
154. Egol KA, Tsai P, Vazques O, Tejwani NC. Comparison of functional outcomes of total elbow arthroplasty vs plate fixation for distal humerus fractures in osteoporotic elbows. *Am J Orthop.* févr 2011;40(2):67-71.
155. Federer AE, Mather RC, Ramsey ML, Garrigues GE. Cost-effectiveness analysis of total elbow arthroplasty versus open reduction-internal fixation for distal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* janv 2019;28(1):102-11.
156. Cusick MC, Bonnaig NS, Azar FM, Mauck BM, Smith RA, Throckmorton TW. Accuracy and Reliability of the Mayo Elbow Performance Score. *The Journal of Hand Surgery.* juin 2014;39(6):1146-50.
157. Gummesson C, Atroshi I, Ekdahl C. The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and measuring self-rated health change after surgery. *BMC Musculoskelet Disord.* 16 juin 2003;4:11.

158. Dubert T, Voche P, Dumontier C, Dinh A. Le questionnaire DASH. Adaptation française d'un outil d'évaluation international. *Chirurgie de la Main*. janv 2001;20(4):294-302.
159. Moradi A, Menendez ME, Kachooei AR, Isakov A, Ring D. Update of the Quick DASH Questionnaire to Account for Modern Technology. *Hand (New York, N,Y)*. déc 2016;11(4):403-9.
160. Stepan JG, London DA, Boyer MI, Calfee RP. Accuracy of Patient Recall of Hand and Elbow Disability on the QuickDASH Questionnaire Over a Two-Year Period: *The Journal of Bone & Joint Surgery*. nov 2013;95(22):e176.
161. Gabel CP, Yelland M, Melloh M, Burkett B. A modified QuickDASH-9 provides a valid outcome instrument for upper limb function. *BMC Musculoskelet Disord*. déc 2009;10(1):161.
162. Morrey BF, Bryan RS, Dobyns JH, Linscheid RL. Total elbow arthroplasty. A five-year experience at the Mayo Clinic. *J Bone Joint Surg Am*. sept 1981;63(7):1050-63.
163. Ali A, Shahane S, Stanley D. Total elbow arthroplasty for distal humeral fractures: indications, surgical approach, technical tips, and outcome. *J Shoulder Elbow Surg*. mars 2010;19(2 Suppl):53-8.
164. Robinson PM, MacInnes SJ, Stanley D, Ali AA. Heterotopic ossification following total elbow arthroplasty: a comparison of the incidence following elective and trauma surgery. *Bone Joint J*. 01 2018;100-B(6):767-71.
165. Hastings H, Graham TJ. The classification and treatment of heterotopic ossification about the elbow and forearm. *Hand Clin*. août 1994;10(3):417-37.
166. Siala M, Laumonerie P, Hedjoudje A, Delclaux S, Bonneville N, Mansat P. Outcomes of semiconstrained total elbow arthroplasty performed for arthritis in patients under 55 years old. *J Shoulder Elbow Surg*. avr 2020;29(4):859-66.
167. Kwak J-M, Koh K-H, Jeon I-H. Total Elbow Arthroplasty: Clinical Outcomes, Complications, and Revision Surgery. *Clin Orthop Surg*. déc 2019;11(4):369-79.
168. Kelly EW, Coghlan J, Bell S. Five- to thirteen-year follow-up of the GSB III total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. août 2004;13(4):434-40.

Mid-term outcomes of total elbow arthroplasty for distal humerus fracture : acute versus secondary procedure, a retrospective study of 28 cases.

RESUME EN ANGLAIS :

Background : Total elbow arthroplasty (TEA) is now a reliable alternative acute treatment for complex distal humerus fractures (DHF), especially in the elderly patient. Complications can be treated by secondary TEA. The aim of our study was to compare functional, clinical and radiological outcomes and complication rate between acute TEA (primary TEA) and after post-traumatic sequelae following open reduction and internal fixation (ORIF) (secondary TEA) in DHF. We hypothesized that better results and less complications would be obtained with primary TEA.

Materiel and methods : Twenty-eight patients (mean age 70 years (41 – 90)) treated by TEA after DHF, with a 2 year minimum follow-up were included in this monocentric retrospective study from 2004 to 2018. TEA for non traumatic indications were excluded. Twelve primary TEA with a mean age of 81,1 years (70 – 90) were performed in acute procedure. Sixteen secondary TEA with a mean age of 62,2 years (41 – 77) followed from post-traumatic sequelae after ORIF. We made clinical, functional and radiological evaluations for the two groups. Clinical evaluation criterias were based on active range of motion, VAS, motor testing of biceps and triceps and difference of prehension strength with controlateral side. Functional evaluation criterias used the Mayo Elbow Performance Score (MEPS) as primary outcome, and the Quick-Dash and Katz scores. Radiological evaluation criterias included implant loosening, heterotopic ossifications and peri-prosthetic fractures.

Results : Results were evaluated at a mean follow-up of 53 months (21 – 143). Functional and clinical outcomes were better in primary TEA : MEPS 82 vs 71, $p=0,032^*$; motor strength of biceps 5 vs 4,75, $p=0,041^*$ and triceps 5 vs 4, $p=0,002^*$; difference of prehension strength 0,49 vs 6,6 kg, $p=0,019^*$. One patient in the primary group presented a complication versus 11 patients in the secondary group (8,3% vs 65,7%, $p=0,002^*$). Four patients in the secondary group had a prosthetic revision (0 vs 4, $p=0,11$) after aseptic loosening ($n=2$), infection and hinge mechanical failure.

Conclusion : Primary TEA in DHF treatment have better clinical and functional outcomes and a lower complication rate compared to secondary TEA. Secondary TEA should be considered as the final salvage option after failed ORIF.

Key words : distal humerus fracture, total elbow arthroplasty, post-traumatic sequelae, complications, prosthetic revisions.

Evaluation des résultats à moyen terme des prothèses totales de coude dans les fractures de l'extrémité distale de l'humérus : traitement en aigu versus secondaire, série rétrospective de 28 cas.

RESUME EN FRANÇAIS

Contexte : La prothèse totale de coude (PTC) est désormais une alternative fiable dans le traitement en urgence des fractures complexes de l'extrémité distale de l'humérus (FEDH), en particulier chez le sujet âgé. Les complications peuvent être traitées par une PTC en secondaire. Le but de notre étude était de comparer les résultats fonctionnels, cliniques et radiologiques ainsi que le taux de complications entre PTC en aigu (primaire) et après séquelles post-traumatiques compliquant l'ostéosynthèse (ORIF) (PTC secondaire) dans les FEDH. Notre hypothèse était que de meilleurs résultats et moins de complications seraient obtenus avec les PTC primaires.

Matériel et méthodes : Vingt-huit patients (âge moyen 70 ans (41 – 90)) traités par PTC après FEDH, avec un recul minimum de 2 ans, ont été inclus dans cette étude rétrospective monocentrique de 2004 à 2018. Les indications non traumatiques de PTC étaient exclues. Douze PTC primaires d'âge moyen de 81,1 ans (70 – 90) ont été réalisées en aigu. Seize PTC secondaires d'âge moyen de 62,2 ans (41 – 77) ont été implantées dans les séquelles post-traumatiques après ORIF. Pour ces deux groupes, nous avons fait une évaluation clinique, fonctionnelle et radiologique. Les critères d'évaluation clinique reposaient sur l'arc de mobilité, l'EVA, la force musculaire du biceps et triceps et la différence de force de préhension en comparaison au côté sain. Les critères d'évaluation fonctionnelle correspondaient au Mayo Elbow Performance Score (MEPS), critère de jugement principal, et aux scores de Quick-Dash et de Katz. Les critères d'évaluation radiologique comprenaient le descellement des implants, la présence d'ossifications hétérotopiques et les fractures péri-prothétiques.

Résultats : Les résultats ont été évalués à 53 mois de recul moyen (21 – 143). Les résultats fonctionnels et cliniques étaient meilleurs dans les PTC primaires : score de MEPS 82 vs 71, $p=0,032^*$; force musculaire du biceps 5 vs 4,75, $p=0,041^*$ et du triceps 5 vs 4, $p=0,002^*$; différence de force de préhension 0,49 vs 6,6 kg, $p=0,019^*$. Un patient du groupe primaire a présenté une complication versus 11 patients dans le groupe secondaire (8,3% vs 65,7%, $p=0,002^*$). Quatre patients du groupe secondaire ont eu une révision prothétique (0 vs 4, $p=0,11$) après descellement aseptique ($n=2$), infection et faillite de la charnière.

Conclusion : Les PTC en aigu dans le traitement des FEDH ont de meilleurs résultats cliniques et fonctionnels ainsi qu'un taux de complications inférieur par rapport aux PTC secondaires. Les PTC secondaires restent indiquées comme ultime option de sauvetage en cas d'échec d'ORIF.

Mots clés : fracture de l'extrémité distale de l'humérus, prothèse totale de coude, séquelles post-traumatiques, complications, révisions prothétiques.

Université de Paris
Faculté de Médecine Paris Centre
15, rue de l'Ecole de Médecine
75270 Paris cedex 06