



LES FRACTURES DE LA PALETTE HUMERALE CHEZ LE SUJET

AGES PLUS DE 65 ANS : (A propos de 18 cas)

Expérience du service de traumatologie orthopédie A

CHU HASSAN II FES

MEMOIRE PRESENTE PAR

Docteur Tarik BOUZIANI

Né le 16/02/1991 à ERRICH

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE SPECIALITE EN MEDECINE

OPTION : TRAUMATOLOGIE ORTHOPEDIE

Sous la direction du Professeur Kamal LAHRACH

Pr. LAHRACH Kamal
Chirurgien Orthopédiste
Svc Traumatologie - Orthopédie A
C.H.U Hassan II - Fès

Session Juin 2024

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

Sommaire

Sommaire	1
INTRODUCTION	6
MATERIELS ET METHODES	9
I. Matériels :	10
II. Methodes :	11
III. Fiche d'exploitation.....	13
RESULTATS	18
I. Données épidémiologiques :	19
1. Age.....	19
2. Sexe.....	19
3. Répartition selon les types d'activité quotidienne.....	20
4. Etiologies :	20
5. Cote dominant :	21
6. Cote atteint :	21
7. Les tares associées :	22
8. Délais de la consultation :	22
II. Données Cliniques	22
1. Signes fonctionnels	22
2. Signes physiques.....	22
III. Bilan radiologique	24
1. Radiographie standard	24
2. TDM.....	25
IV. Traitement	26
1. Type du traitement.....	26
2. Traitement chirurgical	26
3. Consolidation.....	28
4. Rééducation	30

V. Complications.....	30
1. Infectieuses.....	30
2. Nerveuses	30
3. Raideur du coude	30
4. Cal vicieux	30
5. Pseudarthrose	30
6. Arthrose, Ankylose et instabilité	31
VI. Résultats	31
1. Critères d'évaluation des résultats fonctionnels	31
2. Résultats fonctionnels globaux :.....	33
3. Les résultats radiologiques	34
DISCUSSION	36
RAPPEL ANATOMIQUE	37
I. Introduction.....	37
II. Anatomie descriptive.....	37
III. Anatomie fonctionnelle :	57
ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE	68
I. Âge.....	68
II. Sexe	69
III. Côté atteint.....	69
Etude clinique.....	70
ETUDE ANATOMOPATHOLOGIQUE.....	77
Evolution et complications	109
CONCLUSION.....	115
RESUMES.....	117
ICONOGRAPHIE.....	122
BIBLIOGRAPHIE.....	126

Liste des tableaux :

Tableau 1 : critères inclusion et d'exclusion :

Tableau 2 : Répartition selon l'âge :

Tableau 3 : Les comorbidités de notre population :

Tableau 4 : Répartition en fonction des moyens d'ostéosynthèse

Tableau 5 : Répartition du matériel d'ostéosynthèse en fonction du type anatomopathologique

Tableau 6 : Mayo Clinic Elbow Performance Score

Tableau 7 : Résultats en fonction du type de fracture

Tableau 8 : Répartition de l'âge selon la littérature

Tableau 9 : Répartition du sexe selon la littérature

Tableau 10 : Répartition du coté atteint selon la littérature

Tableau 11 : Répartition de l'étiologie selon la littérature

Tableau 12 : Répartition en fonction du type de fracture selon la littérature

Tableau 13 : répartition des fractures de la palette humérale selon la classification AO

Tableau 14 : montrant une comparaison des chiffres de notre étude avec ceux de la littérature

Liste des figures :

Fig 1 : Répartition selon le sexe

Fig 2: Répartition selon l'activité quotidienne

Fig.3 : Répartition selon l'étiologie

Fig. 4 : Répartition selon le côté dominant

Fig.5 : Répartition selon le côté atteint

Fig.6 : images montrant l'ouverture cutané :

Fig.7 : Répartition anatomopathologique des fractures selon l'AO

Fig.8 : Répartition des voies d'abord :

Fig.9 : les complications post-opératoires

Fig.10 : Résultats en fonction de la douleur

Fig. 11 : Résultat en fonction de L'arc de mobilité

Fig. 12 : Résultat global selon le score de Mayo Clinic

Fig.13 : La complexité géométrique de la palette humérale

Fig. 14 : Vue antérieure A et Profil médial B de la palette humérale

Fig.15 : L'extrémité proximale du radius

Fig. 16 : L'extrémité proximale du cubitus

Fig.17 : les limites antérieures et postérieures de la capsule articulaire

Fig. 18 : ligaments antérieur du coude

Fig. 19 : ligaments postérieur du coude

Fig. 20 : le complexe ligamentaire latéral et médial du coude

Fig. 21 : Vue antérieure du muscle supinateur du coude

Fig. 22 : Vue antérieure des muscles fléchisseurs du coude

Fig. 23 : Vue postérieure des muscles extenseurs du coude

Fig. 24 : Vue antérieure de la vascularisation du coude

Fig. 25 : Distribution typiques et contributions du nerf médian, musculo-cutané, radial, et ulnaire au niveau de la capsule articulaire

Fig. 26 : Représentation de la dynamique du ligament collatéral médial à différentes positions de flexion

Fig. 27 : Illustration montrant les stabilisateurs primaires et secondaires

Fig. 28 : la variation possible du centre de rotation

Fig. 29 : Angle de portée :

Fig.30 : les repères radiologiques du coudes

Fig.31 : schéma représentatif de l'épanchement articulaire radiologiquement

Fig.32 : classifications de Muller et Allgower

Fig.33 : Classification de Riseborough et Radin

Fig.34 : Classification SOFCOT 1979

Fig.35 : Classification de Mehne et Matta

Fig.36 : Classification de Davies et Stanley

Fig.37 : Classification des fractures frontales articulaires selon Dubberley

Figure 38 : Traction continue selon Leveuf et Godard

Fig.39 : Différentes installations possibles

Fig.40 : Incisions cutanées postérieures et extension latérale et médiale

Fig.41 : Voie d'abord trans-tricipitale

Fig.42 : Lambeau en U renversé selon Van Gorder

Fig.43 : « Postero-medial extensile : Bryan-Morrey approach »

Fig.44 : « criss-cross suture »

Fig.45 : Voie paratricipitale

Fig.46 : Ostéotomie trans-olécrânienne en chevron

Fig.47 : TRAP. Photographie opératoire d'un coude gauche

Fig.48 : Voie de Kocher

Fig.49 : Voie de Hotchkiss

Fig. 50 : différentes configurations d'ostéosynthèse

INTRODUCTION

Les fractures de la palette humérale comme étant la solution de la continuité osseuse au-dessous de l'insertion du muscle brachial antérieure est relativement rares (1 à 2 % de l'ensemble des fractures de l'adulte et 30 % des fractures autour du coude)[1,2], et se caractérisent par une répartition bimodale selon l'âge et le sexe, typiquement l'homme jeune (12-19 ans) par un traumatisme violent et la femme âgée (>80 ans) suite d'un traumatisme de basse énergie[3,4].

Les études épidémiologiques révèlent une augmentation constante (x3 d'ici 2030) de l'incidence des fractures distales de l'humérus chez les personnes âgées [5,6], ce qui pose un double défi : la reconstruction anatomique de cette région complexe, souvent comminutive et ostéoporotique, même pour les chirurgiens orthopédistes expérimentés. Outre, le résultat souvent compromis en raison des complications parfois invalidantes liées aux comorbidités et à la mauvaise observance des programmes de rééducation postopératoire.

Bien que dans certains cas, une approche non chirurgicale ou une arthroplastie totale du coude puisse être envisagée, ces options ne conviennent qu'à une minorité de patients, et l'ostéosynthèse interne par plaque demeure généralement le gold standard pour obtenir une fixation stable permettant une mobilisation précoce[7].

Le but de notre étude est de montrer les résultats cliniques, radiologique et thérapeutiques des fractures de la palette humérale chez le sujet âgé >65ans.

Les fractures de la palette humérale chez le sujet plus de 65ans :

Nous présentons l'analyse des résultats cliniques et radiologiques à 41 mois de recul moyen, d'une série rétrospective de 18 cas traités chirurgicalement par plaque au service de traumatologie orthopédie A CHU Hassan II entre janvier 2015 et décembre 2023, en comparaison aux données récentes de la littérature.

MATERIELS ET METHODES

I. Matériels :

Notre travail est sous forme d'étude rétrospective de 18 cas de fractures de l'extrémité distale de l'humérus traitées chirurgicalement et suivie au Service de chirurgie orthopédique et traumatologie (A) CHU Hassan II Fès Maroc sur une période de 9 ans du janvier 2015 jusqu'au décembre 2023.

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<ul style="list-style-type: none">- Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus- Non pathologique- chez des patients de plus de 65 ans	<ul style="list-style-type: none">- Les fractures de palette humérale chez les patients <65 ans- Les fractures à trait frontal- Les fractures traitées orthopédiquement- Dossier médical considéré incomplet

Tableau 1 : critères inclusion et d'exclusion :

- ◆ L'exploitation a été suivie par une étude casuistique traitant la répartition selon l'âge, le sexe et le mécanisme du traumatisme. Ainsi qu'une étude anatomopathologie selon le côté lésionnel, siège et trait de fracture.
- ◆ L'objectif de l'étude est d'évaluer et analyser les résultats fonctionnels ainsi que les complications après un traitement chirurgical conservateur chez les patients de plus de 65ans.

II. METHODES :

Pour mener cette étude, nous avons élaboré une fiche comportant les critères suivants :

- ◆ L'identité, l'âge, le sexe et la profession du patient ;
- ◆ L'étiologie et le mécanisme du traumatisme ;
- ◆ Le côté atteint au cours du traumatisme ;
- ◆ Les critères cliniques à savoir :
 - ◆ Attitude du traumatisé du membre supérieur
 - ◆ Douleur
 - ◆ Impotence fonctionnelle
 - ◆ Déformation
 - ◆ Ouverture cutanée
 - ◆ Atteinte vasculaire
 - ◆ Atteinte nerveuse
- ◆ Les bilans radiologiques réalisés :
 - ◆ Radiographie de face
 - ◆ Radiographie de profil
 - ◆ Autres en fonction du type de fracture
- ◆ Le terrain ostéoporotique a été évalué sur les radiographies préopératoires, par l'étude de la trame osseuse : déminéralisation homogène sans signe d'ostéolyse.
- ◆ Une série d'antécédents est relevée :
 - ◆ Rhumatisme inflammatoire
 - ◆ Arthrose de coude préexistante
 - ◆ Antécédent de fracture ostéoporotique

- ◆ Corticothérapie au long cours
 - ◆ Alcoolisme chronique
 - ◆ Tabagisme non sevré
 - ◆ Pathologie neuropsychiatrique
 - ◆ Autres comorbidités
- ◆ Type de fracture : Dans notre étude, la classification qui a été adoptée est celle de l'AO.
- ◆ Traitement adopté : En dépit des différentes modalités thérapeutiques existantes à savoir le traitement orthopédique, médical et fonctionnel, on s'est focalisé dans notre étude sur les techniques et les modalités du traitement chirurgical conservateur.

III. Fiche d'exploitation

- Nom et prénom :
- Age : Sexe : M / F
- Adresse
- Date d'entrée : Date de sortie :
- Profession :
- Côté dominant : Droit / Gauche
- Autonomie : Oui / Non
- Motif de consultation :
- o Signes fonctionnels :
 - Douleur : Oui / Non
 - Impotence fonctionnelle : Non / Partielle / Totale
 - Paresthésie : Oui / Non
 - Autres :
- Types d'activité quotidienne :
 - o Travail lourd : Oui / Non
 - o Travail modéré : Oui / Non
 - o Travail léger : Oui / Non
 - o Sédentaire : Oui / Non
 - o Semi-grabataire : Oui / Non
 - o Grabataire : Oui / Non
- ATCD :
 - o Comorbidité :
 - HTA
 - Diabète

- Dyslipidémie
- Cardiopathie
- Néphropathie
- Obésité
- o Ostéoporose :
 - Connue lors d'une ostéodensitométrie :
 - Fracture pathologique :
 - o ATCD Fr de la hanche : Oui / Non
 - o ATCD Fr du poignet : Oui / Non
 - HDM :
 - o Etiologies :
 - Chute
 - AVP
 - Agression
 - Autres :
 - o Membre atteint : Droit / Gauche
 - o Contexte :
 - Fracture isolé
 - Lésion associée :
 - Fractures homolatérales
 - Poly Fracturé
 - Poly Traumatisé
 - Fracture ouverte
 - Atteinte nerveuse
 - Atteinte vasculaire

– Examen clinique :

Etat général : GCS / TA / T° / C :

– Examen locomoteur du bras atteint :

o Inspection :

▪ Attitude du malade :

▪ Œdème :

▪ Déformation :

▪ Ouverture cutanée :

▪ Signes inflammatoires :

▪ Lésions vasculaires :

▪ Lésions nerveuses :

o Palpation :

▪ Mobilité du coude : Non / Partielle / Totale

– Examen du membre controlatéral :

– Examen somatique :

– Reste du bilan lésionnel :

– BILAN RADIOLOGIQUE :

o Radio standard : → Classification l'AO :

▪ Fractures extra-articulaires (type A)

o A1 : Fractures épicondyle médial

o A2 : Fractures supra-condylienne simple

o A3 : Fractures supra-condylienne comminutive

▪ Fractures uni condylienne (type B)

o B1 : Fractures du condyle médial

o B2 : Fractures du condyle latéral

- o B3 : Fractures tangentielles
 - Fractures sus et inter condyliennes (type C)
- o C1 : Fracture en «Y» ou en «T»
- o C2 : communiton supra condylienne
- o C3 : communiton articulaire et/ou tassement
- o Scanner :
 - D2 :
 - Coupe sagittale :
 - Coupe transversale :
 - D3 :
 - Traitement :
- o Installation : AG :
- o Voie d'abord :
- o Type d'ostéosynthèse :
- o Etat du cartilage :
- o Geste opératoire :
- o Délais opératoire :
- o Complications per-opératoire :
 - Atteinte du nerf ulnaire :
 - Atteinte du nerf médian :
 - Atteinte du nerf radial :
- o Durée d'immobilisation :
 - Attelle
 - Bandage
- o ATB + Antalgique :

o Autres traitements médicaux :

- Suivi :

o Délais d'hospitalisation :

o Consolidation :

▪ Septique

▪ Aseptique

o Complications postopératoires :

▪ Infection

▪ Pseudarthrose

▪ Démontage :

▪ Fracture de la plaque ou de vis

▪ Migration de vis

▪ Dysesthésie du nerf ulnaire

▪ Cal vicieux

▪ Raideur

▪ Arthrose du coude

▪ Ankylose

▪ Instabilité

RESULTATS

I. Données épidémiologiques :

1. Age

18 patients ont été suivi, la moyenne d'âge globale était de 73,1 ans, avec des extrêmes allant de 65 ans à 89 ans, le tableau 2 résume la répartition des patients par tranche d'âge.

Tranche d'âge	Nombre	Pourcentage
65-69 ans	5	27,77
70-79 ans	10	55,55
80-89 ans	3	16,66

Tableau 2 : Répartition selon l'âge :

2. Sexe

Notre population étudiée est sans éventuelle prédominance de sexe avec 9 hommes (50%) contre 9 femmes (50%).

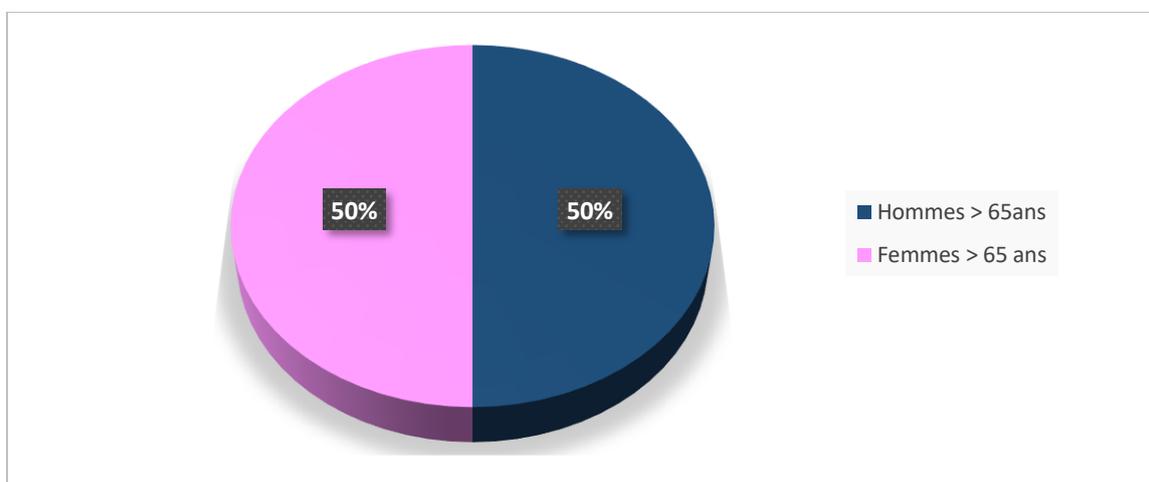


Fig 1 : Répartition selon le sexe

3. Répartition selon les types d'activité quotidienne

On constate une prédominance pour les patients semi-sédentaires soit 38,8% de la population et 27,7% pour les patients sédentaires.

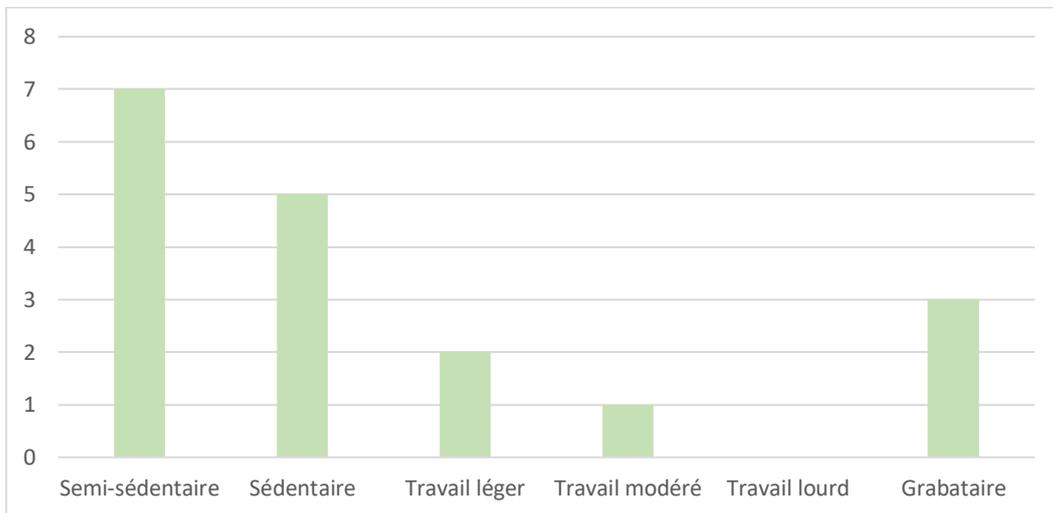


Fig 2: Répartition selon l'activité quotidienne

4. Etiologies :

Les étiologies sont majoritaires marquées par les chutes puis les AVP.

- 10 cas de chute soit 56% ;
- 6 cas par AVP soit 33% ;
- 2 cas par d'autres moyens soit 11%.

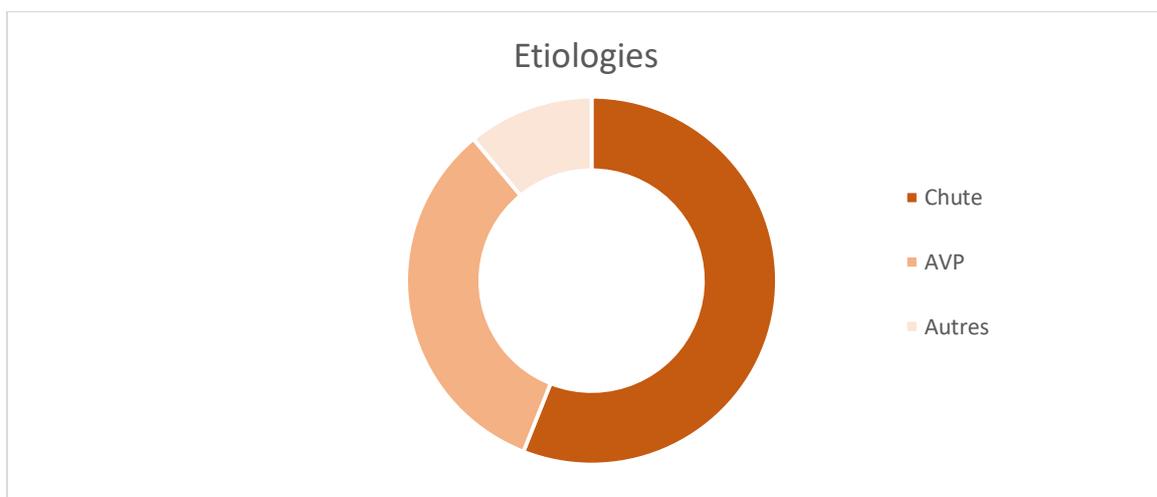


Fig.3 : Répartition selon l'étiologie

5. Cote dominant :

On note que tous les patients de notre série sont droitiers de latéralité.

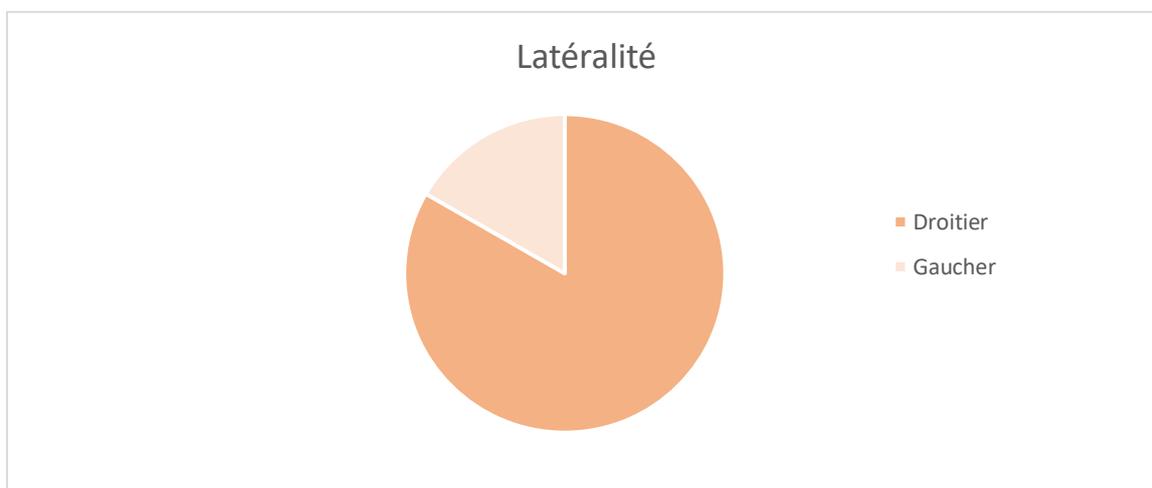


Fig. 4 : Répartition selon le côté dominant

6. Cote atteint :

L'analyse des données montre que le côté dominant est fréquemment plus atteint que le côté non dominant.

- Dans 12 cas, le côté droit est atteint, soit un pourcentage de 67%.
- Dans 6 cas, le côté gauche est atteint, soit un pourcentage de 33%.



Fig.5 : Répartition selon le côté atteint

7. Les tares associées :

Dans notre série, on note que la majorité des patients ont des antécédents de comorbidité de type : HTA, dyslipidémie et obésité, mais surtout l'ostéoporose confirmée.

Diabète	HTA	Dyslipidémie	Cardiopathie	Néphropathie	Ostéoporose	Obésité
9	6	2	4	2	12	9
50%	33 ,3%	11,1%	22 ,2%	11 ,1%	66,6%	50%

Tableau 3 : Les comorbidités de notre population :

8. Délais de la consultation :

Quelques heures pour 67% des patients, alors que 33% des patients ont consulté dans un intervalle de 1J-24J avec notion de traitement traditionnel.

II. Données Cliniques

1. Signes fonctionnels

Le malade se présente dans l'attitude du traumatisé du membre supérieur avec coude en semi-flexion à 90°, douleur et impotence fonctionnelle totale du membre atteint.

2. Signes physiques

2.1. Repère du coude

Sont souvent de recherche difficile à cause de l'infiltration œdémateuse. On retrouve leur effacement dans la majorité des cas.

2.2. Lésions cutanée

L'ouverture cutanée a été retrouvée chez 3 patients (16,6%) et classée stade 2 selon la classification de CAUCHOIX et DUPARC.



Fig.6 : images montrant l'ouverture cutané :

2.3. Lésions vasculaires

Nous n'avons relevé aucun cas dans notre série d'atteinte vasculaire.

2.4. Lésions nerveuses

Nous avons relevé 3 cas dans notre série de paresthésie du territoire du nerf ulnaire, sans atteinte motrice.

2.5. Lésions associées

Elles étaient retrouvées chez 9 patients (50%) :

- Lésions du membre homolatéral

Ces lésions étaient notées chez 6 patients :

- o Fracture de l'avant-bras : 1 cas
- o Fracture du poignet : 2 cas
- o Fracture du métacarpe : 1 cas
- o Poly fracturés : 2 cas

- Lésions à distance

Elles étaient notées chez 3 patients :

o Traumatisme crânio-facial : 1 cas.

o Traumatisme du membre inférieur : 2 cas

III. Bilan radiologique

1. Radiographie standard

La radiographie standard permet, outre de faire le diagnostic, d'éliminer une luxation. Tous nos patients ont bénéficié à leur admission de deux clichés de coude face et profil. D'autres incidences ont été demandées en fonction des lésions associées.

1.1. Trait de la fracture

Souvent trait complexe avec au moins 2 fragments dans 11 cas (61%) alors qu'il était simple dans 7 cas (39%).

1.2. Déplacement

Le jeu musculaire, notamment le triceps contribué au déplacement de la fracture qui était présent chez tous les patients.

1.3. Classification

Parmi toutes les classifications, nous avons opté pour celle de l'AO qui est la plus utilisée dans la littérature. Elle comprend 3 types selon le siège du trait de fracture :

- Type A : fracture extra-articulaire (6 cas) (A2 et A3) ;
- Type B : fracture articulaire partielle (3 cas)
- Type C : fracture sus et inter-condylienne en Y ou en T (9 cas).

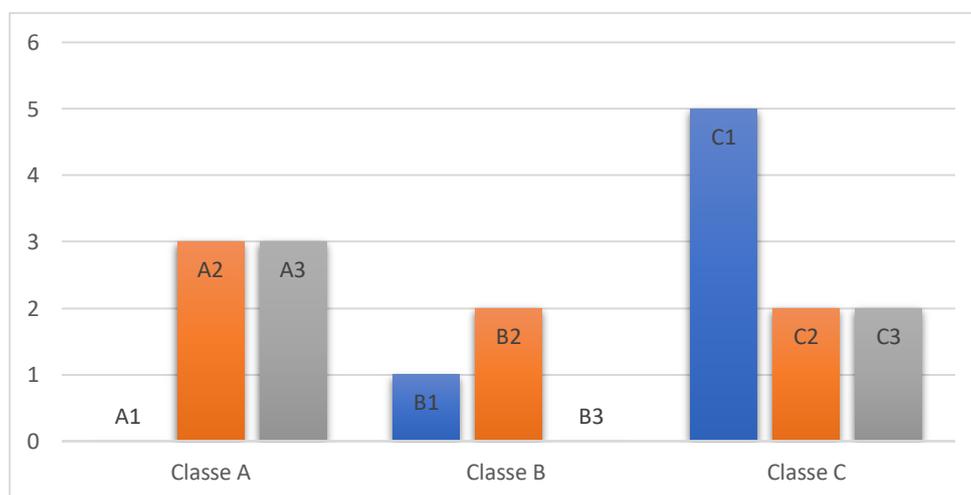


Fig.7 : Répartition anatomopathologique des fractures selon la classification de l'AO

2. TDM

Pour une meilleure analyse approfondie préopératoire des caractéristiques anatomiques de la fracture : étendue, épaisseur et comminution du fragment articulaire, la tomodensitométrie avec reconstruction 3D reste l'examen le plus performant.

Dans notre série, on n'a eu recours à la TDM chez 12 cas.

IV. Traitement

Le délai moyen entre le traumatisme et le traitement chirurgical était estimée de 6 jours avec des extrêmes allant de J0 et J24.

1. Type du traitement

Tous les patients ont bénéficié d'un traitement chirurgical conservateur par plaques. Les plaques utilisées dans l'ostéosynthèse interne sont généralement les plaques LECESTRE et/ou plaques anatomiques pré moulées +/- plaques 1/3 de tube, selon un montage soit à 90° ou 180° après simplification soit par broches temporaires ou vissage définitif.

2. Traitement chirurgical

2.1. Type d'anesthésie

L'anesthésie générale a été réalisée chez tous les patients chez qui l'anesthésie locorégional n'était pas acceptée.

2.2. Installations

L'intervention a été menée en décubitus latéral dans 83% des cas, le bras repose sur un support, l'avant-bras pendant librement à la verticale. Le décubitus dorsal a été appliqué chez 17% de nos opérés.

2.3. Antibioprophylaxie

Systematique chez tous les patients opérés à base d'amoxicilline acide clavulanique.

2.4. Garrots pneumatiques

Le garrot pneumatique est placé systématiquement à la racine du membre.

2.5. Voies d'abord

La voie d'abord postérieure est l'exclusivité dans 83% des cas avec olécranotomie selon la technique de chevron dans 61% des cas.

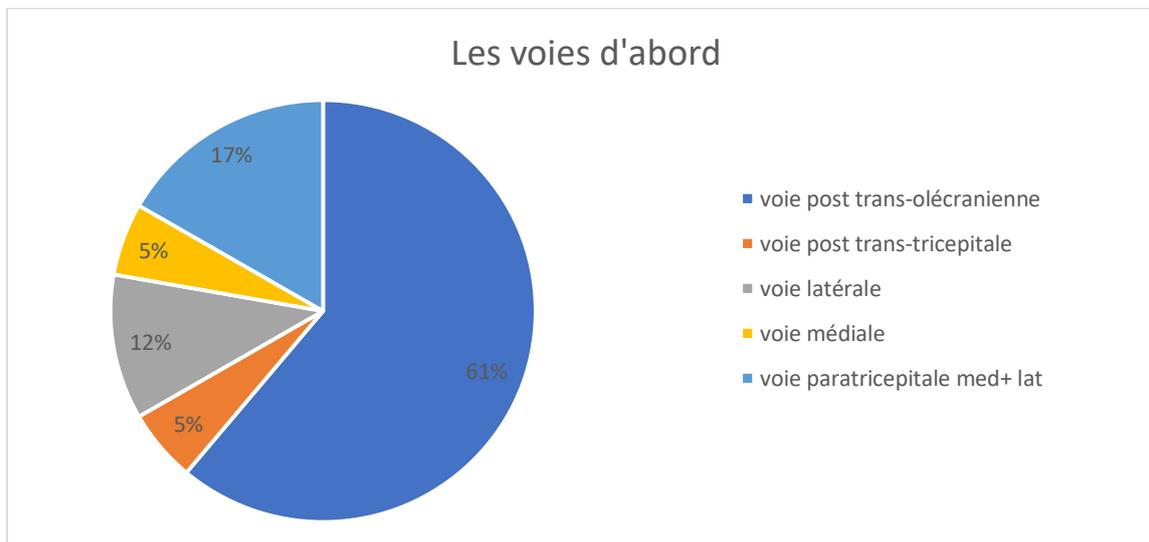


Fig.8 : Répartition des voies d'abord :

2.6. Types d'ostéosynthèse

Sur les 18 cas traités chirurgicalement, le montage se répartit comme suit :

2.6.1. Pour la facture de la palette humérale

Dans 89% des cas on a utilisé double plaque avec 62,5% de montage parallèle vs 37,5 de montage perpendiculaire

Matériel d'ostéosynthèse	Nombre de cas	Pourcentage
Plaque LECESTRE seule	1	5,5%
Plaque LECESTRE + Plaque 1/3	13	72,5%
Plaque LECESTRE + Plaque anatomique pré moulée	3	16,5%
Vissage + Plaque 1/3	1	5,5%
Embroschage seul	1 (traitement d'attente d'une fracture ouverte)	
Fixateur externe	0	0%

Tableau 4 : Répartition en fonction des moyens d'ostéosynthèse

Type de fracture	Type A	Type B	Type C
Plaque LECESTRE seule	1	2	–
Plaque LECESTRE + Plaque 1/3 tube	1	–	4
Plaque LECESTRE + Plaque anatomique pré moulée	–	–	3
Plaque anatomique pré moulée + Plaque 1/3 tube	–	–	3
Plaque LECESTRE + vissage	–	2	–
Vissage + Plaque 1/3 tube	–	1	–
Embroschage seul	–	–	1 cas : Traitement d'attente
Fixateur externe	–	–	–

Tableau 5 : Répartition du matériel d'ostéosynthèse en fonction du type anatomopathologique

2.6.2. Pour l'ostéotomie de l'olécrane

Toutes les ostéotomies étaient par embroschage–haubanage.

2.7. Les suites opératoires

Le drainage et l'antibioprophylaxie étaient systématiques chez tous les patients, en plus d'une immobilisation par une attelle plâtrée brachio-antébrachiale maintenue en moyenne 3 semaines jusqu'à l'atténuation des phénomènes douloureux et inflammatoires.

3. Consolidation

Dans notre population le taux de consolidation très satisfaisant à 89 % soit 16 cas pour les fractures de la palette humérale et 100% de consolidation pour l'olécrane.

4. Rééducation

Une rééducation est débutée progressivement après une immobilisation systématique chez tous nos patients pendant 3 semaines en moyenne vue l'âge avancé et le montage précaire.

Les causes qui peuvent être à l'origine de cette raideur : une immobilisation prolongée, la complexité de la fracture, et la mauvaise observance des programmes de rééducation postopératoire.

V. Complications

1. Infectieuses

Dans notre série nous avons observé 1 cas d'infection superficielle.

2. Nerveuses

1 cas de paresthésie du nerf ulnaire, qui peuvent être expliqué par la neurolyse extensive et le montage parallèle des plaque d'ostéosynthèse.

3. Raideur du coude

Dans notre série on a trouvé 2 cas de raideurs (11%) en rapport d'une immobilisation prolongée ainsi l'absence de rééducation.

4. Cal vicieux

On note dans notre série 2 cas de cal vicieux, surtout chez des patients ayant des fractures comminutives.

5. Pseudarthrose

La présence de 1 cas de pseudarthrose est expliqué par le démontage du matériel d'ostéosynthèse qui n'était pas assez solide sur un terrain d'ostéoporose.

6. Arthrose, Ankylose et instabilité

Nous n'avons noté aucun cas dans notre série.

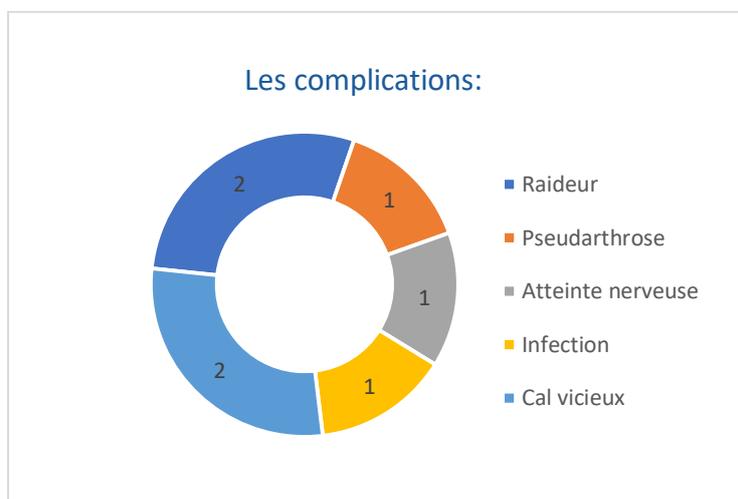


Fig.9 : les complications post-opératoires

VI. Résultats

1. Critères d'évaluation des résultats fonctionnels

Nous avons utilisé comme critère d'évaluation le score fonctionnel MEPS (Mayo Clinic Elbow Performance Score). Il comprend un score pour la douleur (45 points), la mobilité (20 points), la stabilité (10 points), et l'activité quotidienne (25 points).

Fonction	Points (score)
Douleur (45 points)	
Aucune	45
Légère	30
Modérée	15
Sévère	0
Mobilité (20 points)	
Arc de 100 degrés	20
Arc de 50 à 100 degrés	15
Arc < 50 degrés	5
Stabilité (10 points)	
Stable	10
Modérément stable	5
Instable	0
Activité quotidienne (25 points)	
Se peigner	5
Main/bouche	5
Toilette	5
Mettre une chemise	5
Mettre des chaussures	5
Maximum possible	100

Tableau 6 : Mayo Clinic Elbow Performance Score

Basés sur ce système les résultats sont dits excellents (90–100 points), bons (75–89 points), moyens (60–74 points), ou mauvais (<60points).

2. Résultats fonctionnels globaux :

a. Douleur :

L'indolence a été obtenu chez 13 patients soit 72% de la population.

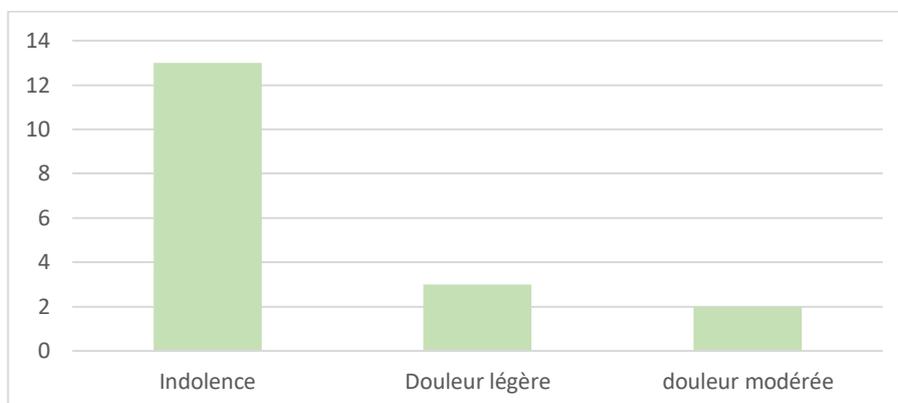


Fig.10 : Résultats en fonction de la douleur

b. Mobilité :

L'arc de mobilité a été favorable chez 14 patients dont 13 patients > 100°.

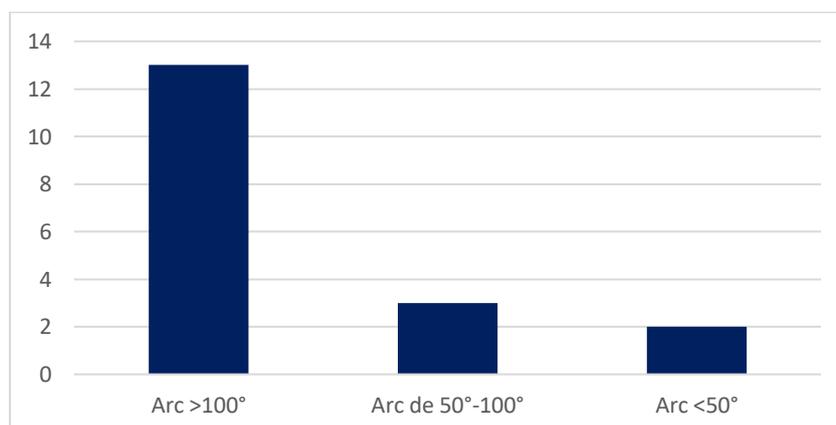


Fig. 11 : Résultat en fonction de L'arc de mobilité

c. La stabilité :

Aucune laxité n'a été retrouvée.

d. La fonction :

Dans notre population, 14 patients ont repris leur activité quotidienne d'une manière symétrique.

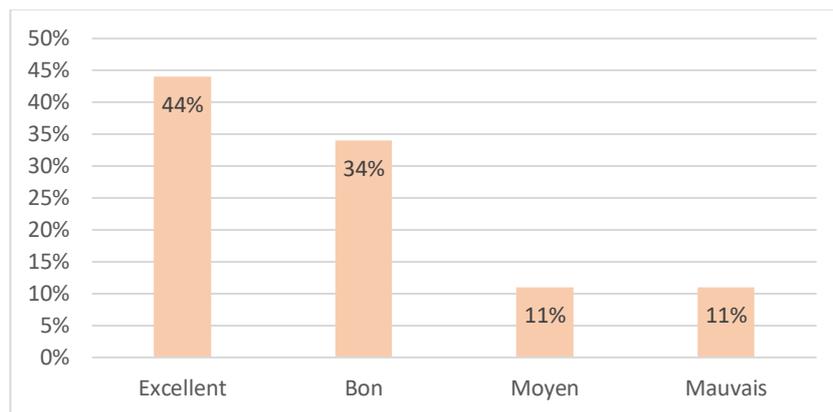


Fig. 12 : Résultat global selon le score de Mayo Clinic

Dans notre série, nous avons obtenu 78% de résultats satisfaisants (excellents et bons) et 22% de résultats moyens et mauvais.

3. Les résultats radiologiques

Les résultats radiologiques montrent un taux de 89% de consolidation obtenue >12 semaines, contre 5.5% de cas de pseudarthrose.

Résultats par type de Fracture	Excellent	Bon	Moyen	Mauvais
A2	1	2		
A3	1			
B1		1		
B2	2		1	
C1		3	3	
C2			2	1
C3				1

Tableau 7 : Résultats en fonction du type de fracture.

Les fractures de la palette humérale chez le sujet plus de 65ans :

Les deux cas de mauvais résultats sont des fractures ouvertes (ouverture stade 2 de Cauchoix et Duparc) et comminutives chose qui retentit sur la réduction chirurgicale et la rééducation précoce.

DISCUSSION

RAPPEL ANATOMIQUE

I.Introduction

Le coude est une articulation superficielle hautement congruente reliant le radius, l'ulna et l'humérus [8,9], ce qui l'expose aux traumatismes mais la rend accessible à l'examen clinique. Cette articulation constitue une voie de passage des éléments vasculo-nerveux de la main résulte de l'équilibre entre contraintes des tissus mous et surfaces articulaires. Grâce à ses deux fonctions essentielles que sont la flexion-extension et la pronation-supination, il complète la sphère de mouvement fournie par l'épaule et permet ainsi à la main d'être positionnée dans une large variété de positions dans l'espace

II.Anatomie descriptive

Le coude est un complexe articulaire composé de trois articulations distinctes ayant la même cavité articulaire [10]:

- L'articulation huméro-ulnaire de type ginglyme qui autorise le mouvement de la flexion- extension
- L'articulation radio -ulnaire de type trochoïde qui participe à la pronosupination.
- L'articulation huméro-radiale de type sphéroïde permettant à la fois des mouvements de flexion -extension et de pronosupination.

A. Ostéologie

1. L'extrémité distale de l'humérus

L'extrémité distale de l'humérus ou palette humérale fait suite à la diaphyse humérale, est triangulaire à la coupe, aplatie d'avant en arrière, déjetée en avant, et son diamètre transversal est environ trois fois plus grand que son diamètre antéro-postérieur. Elle possède trois faces : postérieure, antéro-médiale et antérolatérale. Les 2 dernières divergent pour former les deux piliers mécaniques de l'extrémité distale humérale comprenant chacune une partie articulaire et une partie extra-articulaire et donnent ainsi la forme caractéristique de la palette en fourche à deux branches asymétriques.

Le pilier interne qui est long, étroit et oblique se termine par l'épicondyle médial ou épitrochlée, à l'opposé du pilier externe qui est court, large et vertical et mène à l'épicondyle latéral.

L'épicondyle médial est plus développé et protège dans sa gouttière dorsale, le nerf ulnaire. Il donne insertion aux faisceaux du ligament collatéral médial et à un contingent de muscles fléchisseurs-pronateurs.

L'épicondyle latéral constitue une colonne d'appui pour la cupule radiale et donne insertion à un contingent de muscles extenseurs-supinateurs.

Les deux piliers divergent en formant ainsi une zone de faiblesse centrale pellucide constituée par la fosse olécrânienne en arrière et par les fosses radiale et coronoïdienne en avant.

Entre les deux épicondyles, sommets des piliers, est maintenu le condyle huméral, portion articulaire de l'épiphyse inférieure de l'humérus. Il est composé de deux parties :

Les surfaces articulaires sont :

La trochlée : poulie à 2 joues, latérale et médiale, délimitant une gorge oblique en bas et en dedans ce qui explique le cubitus valgus physiologique. Elle est recouverte de cartilage sur un arc de $300 - 330^\circ$. Son centre de rotation se situe dans le plan sagittal sur une droite colinéaire à l'axe de l'humérus avec une antéversion de $30^\circ-40^\circ$, dans le plan transversal, il passe par une droite qui fait une rotation interne d'environ $5-15^\circ$, et dans le plan frontal, cet axe a environ $6-8^\circ$ de valgus. Elle s'articule avec la grande cavité sigmoïde de l'ulna

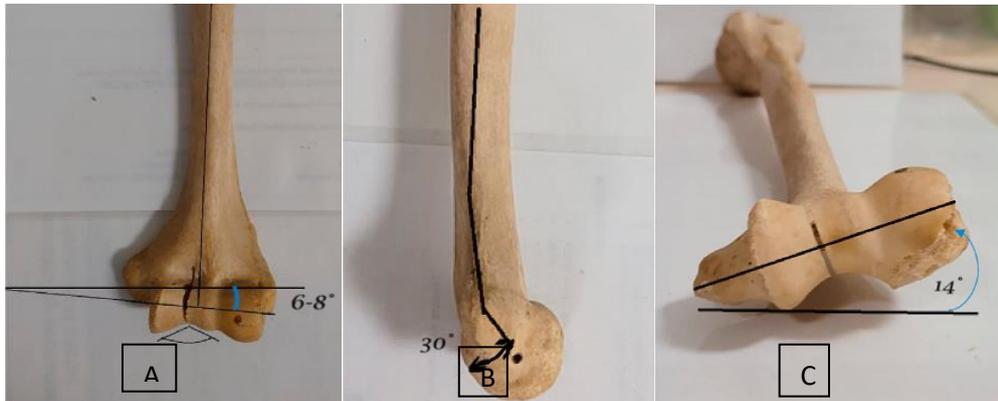


Fig.13 : La complexité géométrique de la palette humérale dans les différents plans : A : valgus physiologique $6-8^\circ$, B : antéversion $30-40^\circ$, C : rotation interne $5-15^\circ$ [11]

Montrant l'apex postérieur, l'humérus distal angulé antérieur sur le plan sagittal avec le capitulum fléchi vers l'avant d'environ $30-40$. Centrer le trou de perçage sur le capitulum est le site d'origine du complexe ligamentaire collatéral latéral.

Montrant l'angulation valgus du segment articulaire par rapport à la diaphyse et l'angle de l'encoche trochléaire (ligne angulaire) qui est en moyenne 142° .

- Le capitulum : C'est une éminence arrondie, 1/3 de sphère, lisse, qui regarde en bas et surtout en avant. Il s'articule avec la cupule du radius.
- La gouttière condylo-trochléenne, ou zone conoïde, est située entre la trochlée et le condyle et se prolonge sur la face postérieure de l'os sous forme d'un sillon rugueux qui borde la saillie formée par la partie postérieure du versant latéral de la trochlée.

Les surfaces extra-articulaires sont :

- 3 fosses :
 - o La fosse coronoïdienne ou sus-trochléenne répond à l'extrémité antérieure du processus coronoïde dans les mouvements de flexion de l'avant-bras sur le bras. L'excavation postérieure appelée cavité ou fosse olécranienne, beaucoup plus profonde que la précédente reçoit l'extrémité proximale de l'olécrane dans les mouvements d'extension de l'avant-bras.
 - o La fosse radiale, ou sus-condylienne, est destinée à recevoir le rebord antérieur de la cupule radiale dans les mouvements de flexion de l'avant-bras. La fosse sus-trochléenne et sus-condylienne sont séparées l'une de l'autre par une crête verticale.
 - o La fosse olécranienne à la face postérieure
- 2 apophyses :
 - o l'épitrochlée ou épicondyle médial qui contient la gouttière épitrochléenne, à sa face postérieure chemine le nerf ulnaire.
 - o l'épicondyle ou épicondyle latéral

Ces 2 apophyses sont des zones très importantes pour l'amarrage des structures musculaires et ligamentaires stabilisatrices du coude.

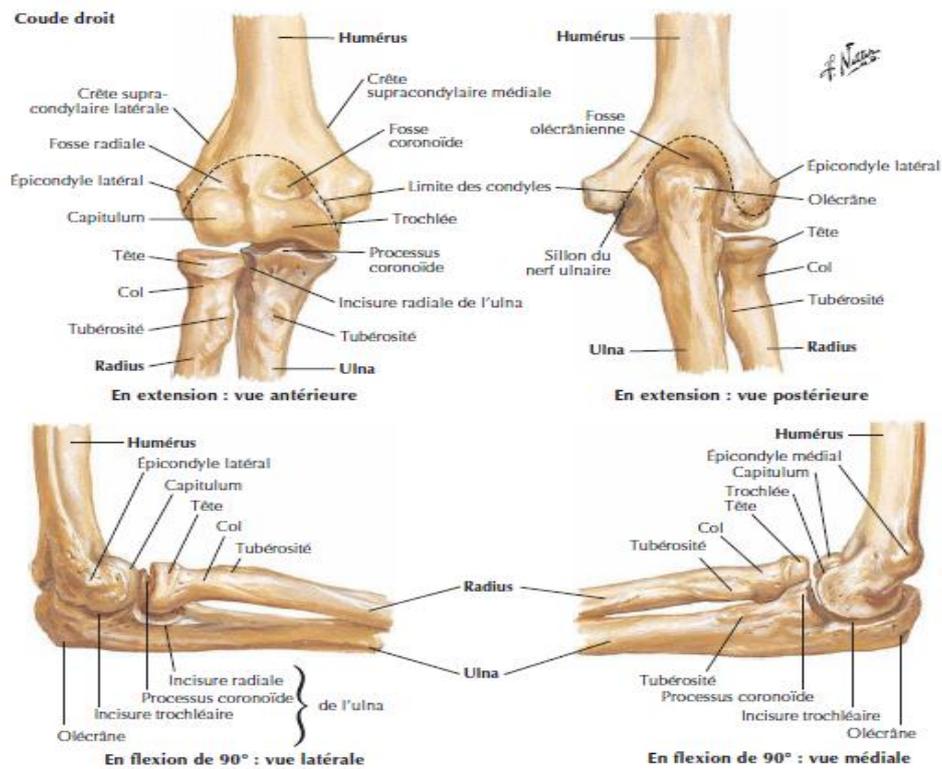


Fig. 14 : Vue antérieure A et Profil médial B de la palette humérale.[12]

2. L'extrémité proximale du radius

Elle se compose de trois parties :

- La tête radiale : une saillie ellipsoïde et conique s'élargissant de proximal à distal, et ovale à grosse extrémité médiale. Son grand axe (de 20 à 23 mm en moyenne) est perpendiculaire à l'incisure ulnaire en rotation neutre, ce qui entraîne dans cette position, une détente du ligament annulaire qui la cravate.

Sa face proximale est régulièrement excavée en cupule et s'articule avec le capitulum. La partie médiale du rebord de la cupule radiale est taillée en biseau et répond au versant trochléen de la gouttière condylo-trochléenne.

La cupule radiale est en continuité avec une 2ème surface articulaire située sur le pourtour de la tête radiale. Cette surface articulaire, haute de 7 à 8 mm à sa partie médiale, se rétrécit de dedans en dehors et répond à la petite cavité sigmoïde de l'ulna.

- Le col : un support cylindrique de la tête, environ 13 mm de long qui réalise un angle de 17° avec l'axe du radius proximal. Il se dirige en bas et en dedans et donne insertion au muscle supinateur.
- La tubérosité bicipitale est une éminence ovoïde, à grand axe vertical, situé à la partie antéro-médiale et à la jonction du col et du corps du radius, et donne insertion au tendon bicipital. A ce niveau s'exercent des forces valgisantes entraînant fréquemment un enfoncement épiphyso-métaphysaire latéral.



Fig.15 : L'extrémité proximale du radius [11]:

3. Le processus coronoïde

Il a la forme d'une pyramide quadrangulaire.

- Le sommet, antérieur, appelé bec du processus coronoïde, est légèrement infléchi en haut.
- La base est implantée sur la face antérieure de l'ulna, au-dessous et en avant de l'olécrane.

- La face supérieure, articulaire, appartient à la grande cavité sigmoïde de l'ulna et s'articule avec la trochlée humérale.
- La face inférieure rugueuse, donne attache, dans sa partie inférieure et interne, au brachial antérieur.
- La face médiale porte le tubercule coronoïdien sur lequel se fixe le faisceau moyen du LCM ou LCU.
- La face latérale donne insertion au chef coronoïdien du rond pronateur et des fléchisseurs communs superficiel et profond des doigts.

Elle porte la petite cavité sigmoïde, surface articulaire elliptique à grand axe antéro-postérieur, concave en dehors, qui s'articule avec le pourtour de la tête radiale. Cette cavité est en continuité par son bord supérieur avec la grande cavité sigmoïde. Le bord postérieur de cette cavité articulaire, saillant, donne insertion au ligament annulaire ainsi qu'au faisceau moyen du ligament collatéral latéral (LCL ou LCR). Elle se continue en bas avec la crête qui borde en arrière la surface sous sigmoïdienne.

4. L'olécrâne



Fig. 16 : L'extrémité proximale du cubitus [11]:

Le cubitus proximal a une anatomie complexe : d'abord une angulation dorsale dans le plan sagittal (PUDA)[11], une angulation en varus dans le plan coronal et une angulation de torsion dans le plan axial.

Restaurer l'anatomie de cette angulation tridimensionnelle complexe du cubitus est important lors de l'ostéosynthèse chirurgicale.

On lui distingue :

- Une face antérieure qui s'articule avec la trochlée. C'est la grande cavité sigmoïde. C'est l'union de la face antérieure de l'olécrane et la face supérieure de la coronoïde. Une rainure transversale sépare ces deux surfaces articulaires. La grande cavité sigmoïde est divisée en deux versants par une crête mousse longitudinale qui correspond à la gorge de la trochlée humérale.
- Une face postérieure, convexe, rugueuse, triangulaire, à sommet inférieur.
- Une base, par laquelle l'olécrane se continue avec la diaphyse ulnaire.
- Une face supérieure ou sommet, rugueuse, qui donne insertion au tendon du triceps, lisse dans sa moitié antérieure. Cette face se prolonge en avant en formant une saillie recourbée, le bec olécranien.
- Enfin, des faces latérales, médiale et latérale donnant insertion aux ligaments collatéraux. Sa face médiale donne insertion au chef olécranien du fléchisseur ulnaire du carpe et à sa partie haute au fléchisseur profond des doigts. Sa face latérale donne attache à l'anconé.

B. Anatomie capsulo-ligamentaire

1. La capsule articulaire

Manchon fibreux, elle s'insère :

- Sur le versant huméral : au pourtour des 3 fosses en avant et en arrière et latéralement aux bords inférieurs des épicondyles médial et latéral,
- Sur le versant ulnaire : sur le bord de la grande cavité sigmoïde et au-dessous de la petite cavité sigmoïde, très près du cartilage.
- Sur le versant radial : autour du col, elle s'arrête à quelques millimètres en dessous de la tête. Cette capsule est interrompue par le ligament annulaire sur les bords duquel elle se fixe. Elle est mince au niveau de la fossette olécranienne, point faible où se font les ruptures dans les arthrites septiques.

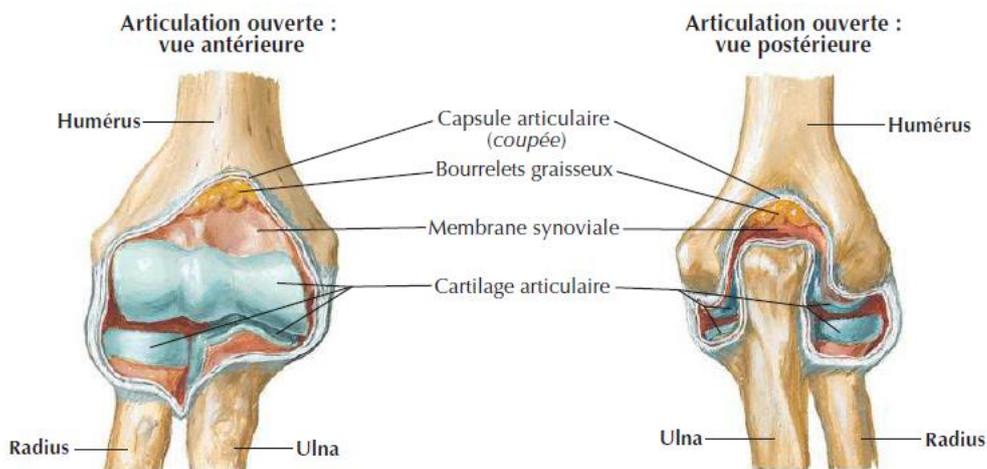


Fig.17 : les limites antérieures et postérieures de la capsule articulaire[12]

2. Le ligament antérieur

En forme d'éventail, il est étendu des fosses antérieures et des faces antérieures de l'épicondyle médial et de l'épicondyle latéral, au latéral du processus coronoïde, en avant de la petite cavité sigmoïde où quelques fibres se perdent sur le ligament annulaire.

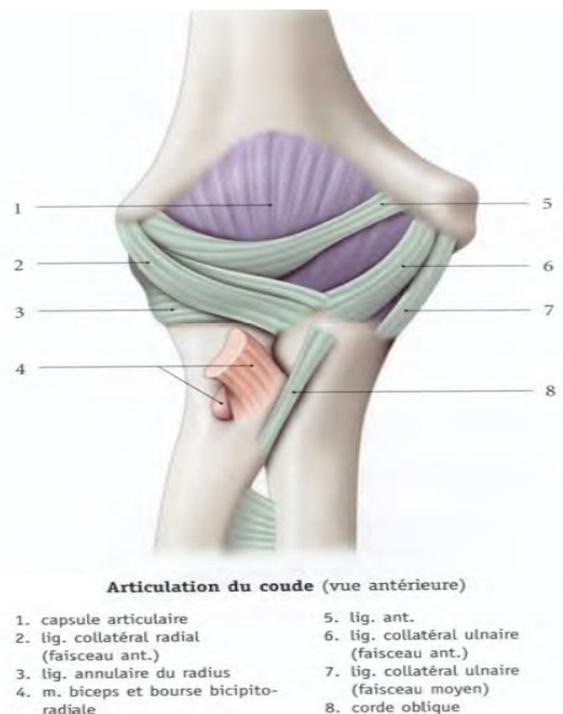


Fig. 18 : ligaments antérieur du coude[10]

3. Le ligament postérieur

Mince, il est mal individualisé et comprend trois sortes de fibres :

- Profondes, verticales, huméro-olécraniennes : elles s'étendent de la partie supérieure de la fosse olécranienne au sommet de l'olécrane.
- Moyennes, transversales, huméro-humérales : elles s'étendent d'un bord à l'autre de la fosse olécranienne, formant un pont fibreux au-dessus de cette fossette.

- Superficielles, obliques, huméro-olécraniennes : elles s'étendent des bords latéraux de la fosse olécranienne aux bords correspondants du sommet de l'olécrane.

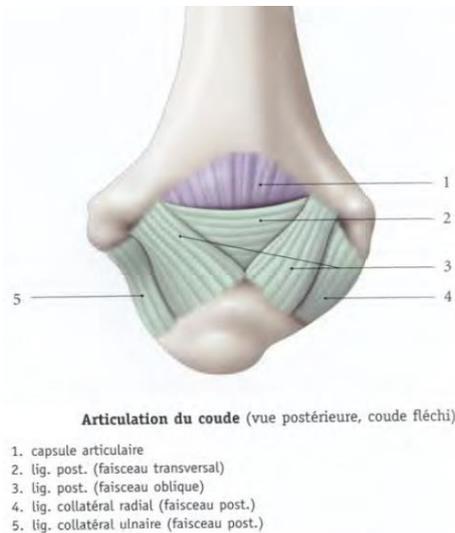


Fig. 19 : ligaments postérieur du coude[10]

4. Le complexe ligamentaire latéral [13,14]

Il est formé du ligament collatéral latéral ou radial (LCL ou LCR), du ligament annulaire et du ligament collatéral latéral accessoire. Le LCR est composé de 3 faisceaux :

- Le faisceau antérieur, appelé également ligament collatéral latéral radial ou encore faisceau radial du ligament collatéral latéral (LRCL) tendu de la partie antéro-inférieure de l'épicondyle latéral au rebord antérieur de la petite cavité sigmoïde, en regard du ligament annulaire, cravatant ainsi la tête du radius.
- Un faisceau moyen huméro-ulnaire ou faisceau ulnaire du ligament collatéral latéral (LUCL) d'origine identique, mais qui se termine sur la crête supinatrice de l'ulna. Ce faisceau passe en arrière de la tête radiale et réalise ainsi avec le faisceau antérieur, une sorte de

boutonnière qui renforce le ligament annulaire.

- Le faisceau postérieur, quadrilatère, représentant un simple épaissement de la capsule, tendu de la face postérieure de l'épicondyle au bord latéral de l'olécrane.

Le ligament collatéral latéral accessoire a été dénommé ainsi de part l'insertion ulnaire discrète de fibres ligamentaires sur le tubercule ulnaire. Au niveau proximal, ses fibres s'insèrent sur la marge inférieure du ligament annulaire. Sa fonction est de stabiliser le ligament annulaire durant le stress en varus.

La corde oblique est une petite et inconstante bande fibreuse formé par le fascia superposé du chef profond du supinateur et s'étendant du bord latéral de la tubérosité ulnaire jusqu'en dessous de la tubérosité radiale. Son rôle fonctionnel est débattu mais il semble impliqué dans les limitations en supination.

5. Le ligament collatéral médial ou ulnaire [13,14]

Le ligament collatéral ulnaire (LCU ou LCM) est composé de 3 faisceaux tendus de l'épicondyle médial à l'extrémité proximale de l'ulna.

- Le faisceau antérieur, oblique, est le plus volumineux et le plus résistant et s'étend de la face inférieure de l'épicondyle médiale à la face médiale du processus coronoïde. Son insertion proximale se situe sur la partie antéro-inférieure de l'épicondyle médial sur une surface d'environ 45,5 mm² et son insertion distale se situe sur le « sublime » tubercule de l'ulna, sur une surface de 127,8 mm², de manière adjacente à l'articulation, à environ 2,8 mm de la berge articulaire.

Les fractures de la palette humérale chez le sujet plus de 65ans :

- Le faisceau postérieur (ligament de Bardinet), plus fin s'étale en éventail depuis la partie inférieure de l'épicondyle médial jusqu'à la portion moyenne de la berge médiale de la cavité semi-lunaire. Il est généralement décrit comme un épaissement de la capsule et forme le plancher du tunnel cubital.
- Entre les 2 se situe le faisceau transverse (ligament de Cooper). Il est composé de fibres horizontales tendu du bord interne de la pointe de l'olécrane à la face médiale de l'apophyse coronoïde. Il passe en pont au-dessus de l'extrémité médiale du sillon transversal sigmoïdien, et forme ainsi un orifice par où sort un peloton adipeux dans la flexion du coude.

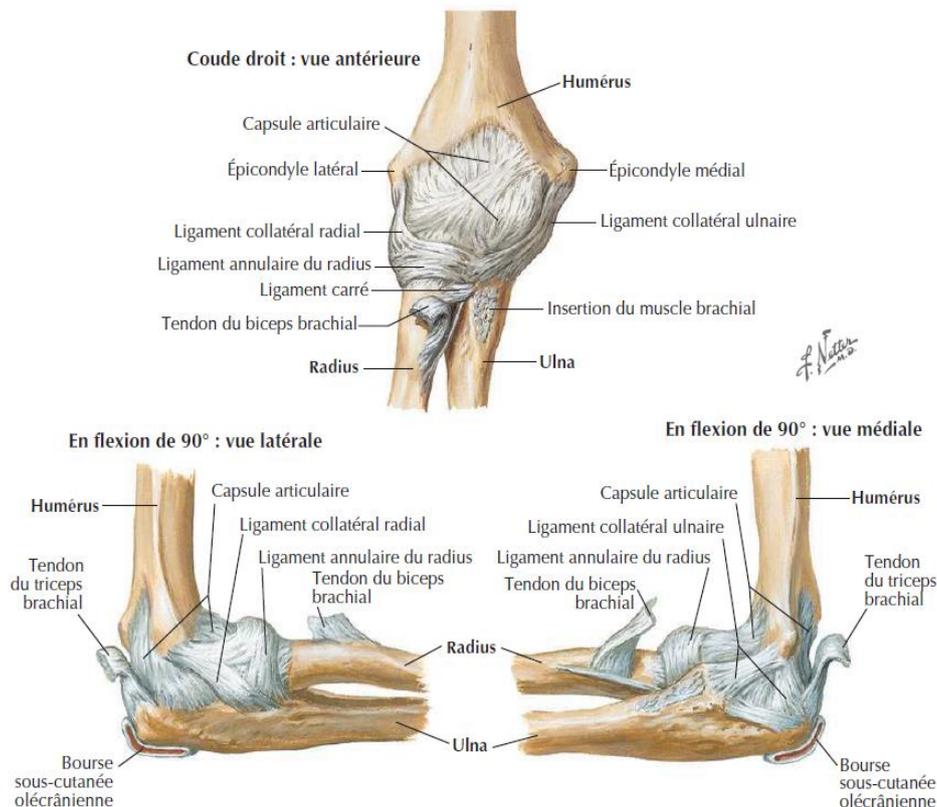


Fig. 20 : le complexe ligamentaire latéral et médial du coude[12]

6. L'articulation radio-ulnaire proximale[13,14]

Le ligament annulaire complète la petite cavité sigmoïde et maintient contre elle la tête du radius, en l'entourant comme un véritable anneau.

Il présente des fibres circulaires propres, s'étendant d'un bord à l'autre de la petite cavité sigmoïde. Il est renforcé par des fibres accessoires provenant du faisceau antérieur du ligament collatéral radial et par des fibres du ligament carré.

Il est revêtu à sa face médiale d'une mince couche de fibrocartilage, correspondant exactement au pourtour de la tête radiale qui pivote à l'intérieur.

Le ligament carré de Denucé : il est tendu du bord inférieur de la petite cavité sigmoïde à la face interne du col du radius au-dessous des insertions de la capsule.

Il est détendu lorsque l'avant-bras est en position neutre.

Il est composé d'un faisceau antérieur et un postérieur. Son rôle est de stabiliser l'articulation radio-ulnaire proximale en supination pour son faisceau antérieur et en pronation pour son faisceau postérieur.

C. Anatomie musculaire et rapports [11,12,14]

1. Muscles fléchisseurs

Au niveau du bras, les muscles sont constitués au plan profond par le muscle brachial antérieur et au plan plus superficiel, par le muscle biceps brachial.

Au niveau de l'avant-bras proximal, ils sont 7 et sont organisés en 3 plans qui sont successivement :

- Le plan superficiel comprenant les muscles brachio-radial (long

supinateur), rond pronateur, fléchisseur radial du carpe, long palmaire et fléchisseur ulnaire du carpe.

- Le plan du muscle fléchisseur superficiel des doigts
- Le plan profond comprenant le muscle supinateur (à travers lequel chemine la branche profonde du nerf radial).

Ces différents muscles déterminent entre eux deux gouttières où cheminent les vaisseaux et les nerfs profonds de la région :

- La gouttière bicipitale médiale : délimitée en médial haut par la partie inférieure du corps musculaire du triceps, en médial bas par le muscle rond pronateur et en latéral le corps musculaire et tendineux du biceps.

o Dans cette gouttière chemine, de latéral en médial, l'artère humérale entourée par deux veines humérales, le nerf médian, et l'anastomose entre l'artère récurrente ulnaire antérieure et l'artère collatérale ulnaire inférieure.

- La gouttière bicipitale latérale : délimitée en latéral par le bord supéro-interne du brachio-radialis et en médial par le bord latéral du tendon du biceps.

o Le contenu de cette gouttière est représenté par le nerf radial qui se divise à ce niveau en 2 branches, superficielle et profonde, l'anastomose entre l'artère récurrente radiale antérieure et l'artère collatérale radiale.

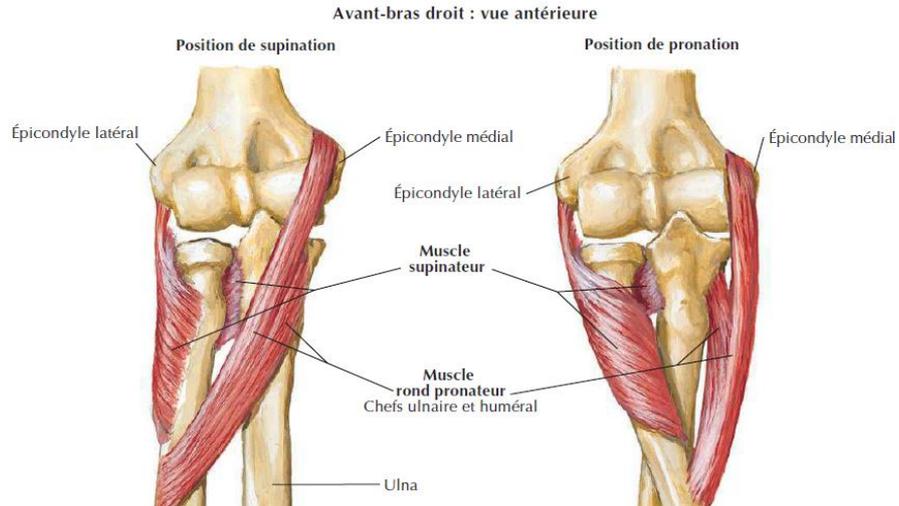


Fig. 21 : Vue antérieure du muscle supinateur du coude (Netter)[12]

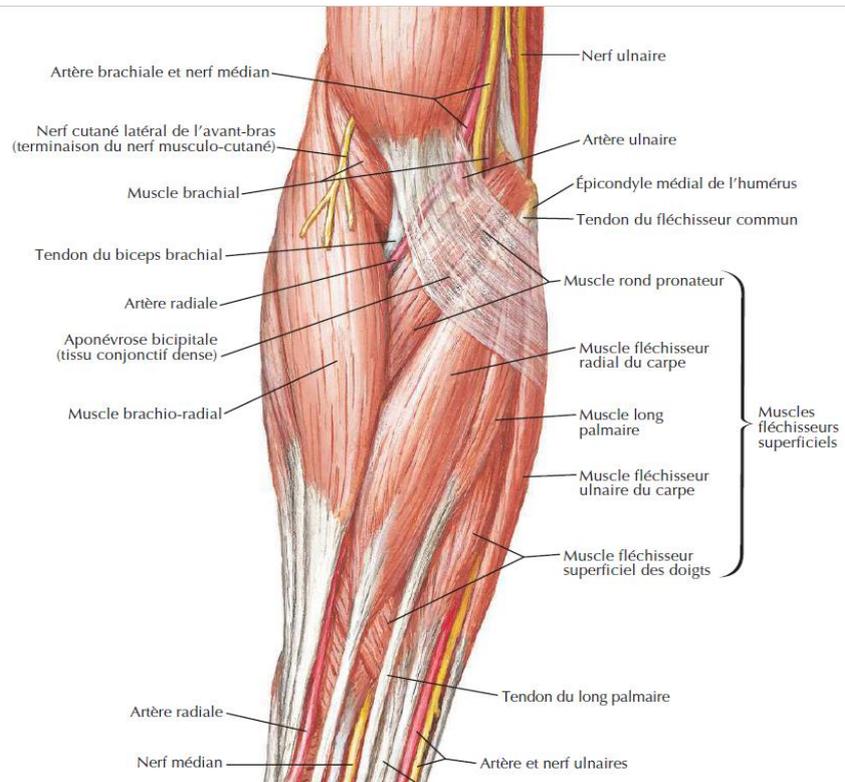


Fig. 22 : Vue antérieure des muscles fléchisseurs du coude (Netter)[12]

2. Les muscles extenseurs

Au niveau du bras, le muscle extenseur est constitué par le muscle triceps brachial. Son tendon distal trouve son insertion sur la partie postérieure et supérieure de l'olécrane.

Au niveau de l'avant-bras proximal, ils sont organisés en un plan superficiel qui comprend les muscles long extenseur radial du carpe, court extenseur radial du carpe, extenseur commun des doigts, extenseur ulnaire du carpe et anconé.

Dans ce plan des extenseurs sont situés également en latéral, la gouttière olécranienne latérale et en médial, la gouttière olécranienne médiale ou épi-trochléo-olécranienne.

- Dans la gouttière olécranienne latérale chemine l'artère interosseuse récurrente s'anastomose avec l'artère collatérale moyenne.
- Dans la gouttière épi-trochléo-olécranienne chemine l'artère récurrente ulnaire postérieure qui s'anastomose avec l'artère collatérale ulnaire supérieure, ainsi que le nerf ulnaire.

C'est l'élément le plus important de la région olécranienne. A ce niveau, il chemine dans un canal ostéo-fibreux dont la partie fibreuse est représentée par l'arcade fibreuse du muscle fléchisseur ulnaire du carpe.

Il est particulièrement vulnérable à ce niveau, ce qui nécessite sa dissection systématique lors de chaque abord chirurgical de la région.

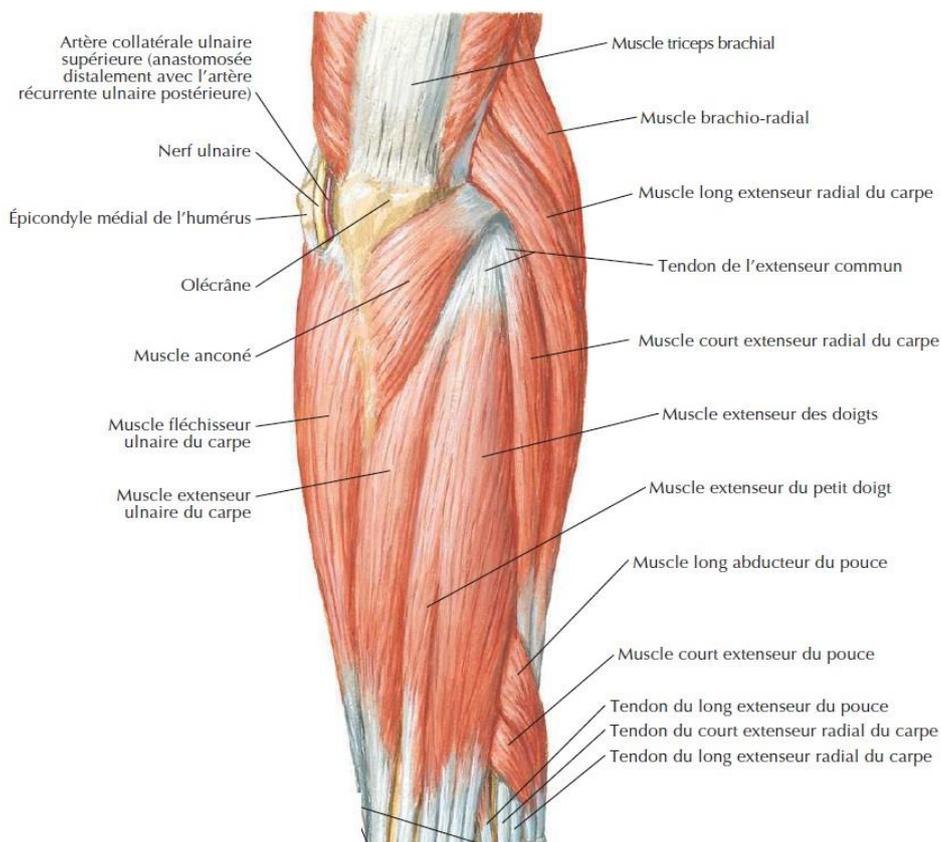


Fig. 23 : Vue postérieure des muscles extenseurs du coude (Netter)[12]

D. Vascularisation [10,12]

Elle est assurée par des cercles anastomotiques péri-épitrochléens et péri-condyliens.

- Le cercle péri-condylien est constitué :
 - o D'une part, par l'anastomose entre l'artère collatérale radiale, branche antérieure de l'artère brachiale/humérale profonde, et l'artère récurrente radiale (antérieure)
 - o D'autre part, par l'anastomose entre l'artère collatérale moyenne, branche postérieure de la brachiale profonde, et l'artère interosseuse récurrente (ou récurrente radiale postérieure), branche de l'artère interosseuse commune.

- Le cercle péri-épirochléen est constitué :
 - o D'une part, par l'anastomose entre l'artère collatérale ulnaire inférieure et l'artère récurrente ulnaire antérieure
 - o D'autre part, par l'anastomose entre l'artère collatérale ulnaire supérieure, et l'artère récurrente ulnaire postérieure.

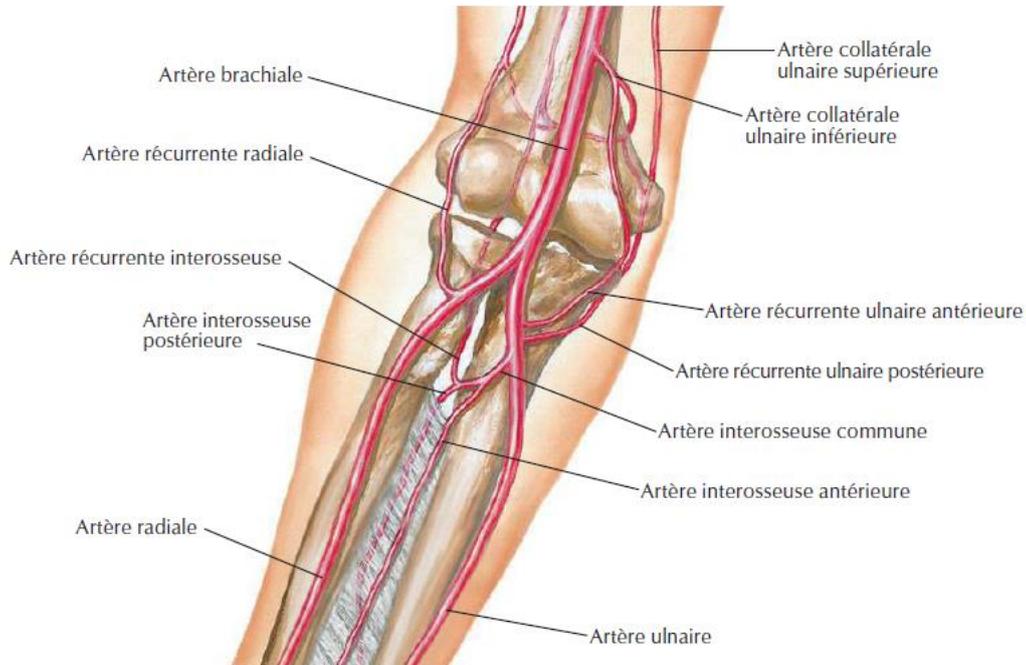


Fig. 24 : Vue antérieure de la vascularisation du coude (Netter)[12]

E. Innervation

La face antérieure du coude est innervée par des rameaux provenant du nerf médian, du nerf radial et du nerf musculo-cutané.

Sa face postérieure est innervée par des branches du nerf ulnaire et accessoirement du nerf radial.

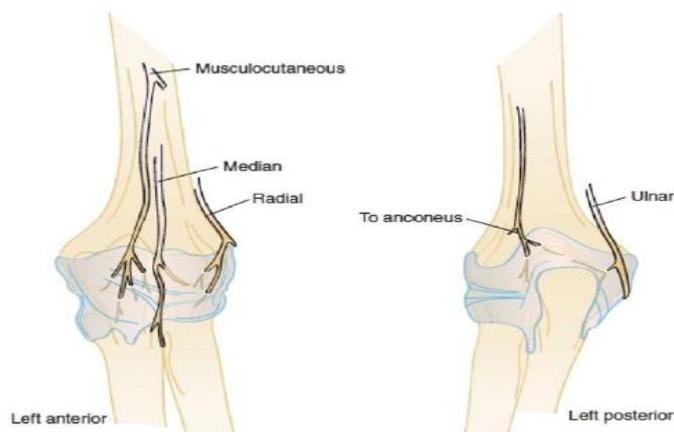


Fig. 25 : Distribution typiques et contributions du nerf médian, musculo-cutané, radial, et ulnaire au niveau de la capsule articulaire (B. F. Morrey)[1 1]

III. Anatomie fonctionnelle :

A. Les stabilisateurs du coude

Il est acquis à présent de catégoriser les structures anatomiques clefs qui stabilisent le coude en stabilisateurs primaires et secondaires.

Les stabilisateurs primaires sont représentés par l'articulation huméro-ulnaire, le complexe ligamentaire collatéral médial et le complexe ligamentaire collatéral latéral. Chacune de ces structures est considérée comme un stabilisateur statique en position fixe et ce précepte est valable également au cours de toute l'amplitude de mouvement du coude.

Les stabilisateurs secondaires sont composés de structures statiques et dynamiques que sont la capsule articulaire, l'articulation radio-condylienne, et la musculature [15].

1. Stabilisateurs primaires

1-1. L'articulation huméro-ulnaire [16-18]

Elle fait partie des plus contraintes articulation du squelette en raison de la forte congruence entre la trochlée humérale et l'incisure trochléaire de l'ulna et cela particulièrement dans les flexions et extensions extrêmes.

En varus, à 90° de flexion, la congruence articulaire assure 75 à 85% de la stabilité, et elle assure 55% de la stabilité en extension.

En extension et à 90° de flexion, le stress en valgus est en premier absorbé par la moitié proximale de la cavité sigmoïde, alors que le stress en varus est en premier absorbé par la portion coronoïdienne de l'articulation.

Le processus coronoïde joue un rôle prépondérant dans la stabilité ulno-humérale. Trois structures s'insèrent sur le processus coronoïde : le faisceau antérieur du LCM, la capsule articulaire antérieure, et le muscle

brachial antérieur.

Une instabilité significative en varus survient après une résection de plus de 50% du processus coronoïde et cela particulièrement dans de faibles degrés de flexion et une résection intéressant plus de 50% de l'olécrane entraîne une instabilité du coude aussi bien rotatoire que latérale.

Une fracture de la facette antéro-médiale de la coronoïde est responsable d'un arrachement du faisceau antérieur du LCM si elle emporte le tubercule ulnaire, cette lésion va s'associer typiquement à une rupture du ligament collatéral latéral ulnaire ainsi que du faisceau postérieur du ligament collatéral médial, créant ainsi une instabilité rotatoire postéro-médiale.

1-2. Les ligaments médiaux

Des 3 faisceaux de ce ligament, le faisceau antérieur est le composant le plus résistant. Il ne s'insère pas exactement au niveau du centre de rotation de l'articulation huméro-ulnaire et donc la tension de ce ligament varie de la flexion à l'extension.

Plusieurs études ont conduit à séparer les 2 bandes antérieur et postérieur du faisceau antérieur. La bande antérieure est sous tension en extension alors que la bande postérieure est sous tension en flexion.

Morrey et Hotchkiss ont montré que ce ligament agit comme stabilisateur primaire de 20 à 120° de flexion apportant ainsi une stabilité en valgus de 78%, par la suite Callaway et al ont détaillé ce travail en montrant que la bande antérieure du faisceau antérieur sert de stabilisateur primaire en valgus à 30°, 60°, et 90° de flexion alors que la bande postérieure sert de stabilisateur primaire à 120° de flexion. Le faisceau postérieur est un

stabilisateur secondaire uniquement à 30° de flexion. [19-22]

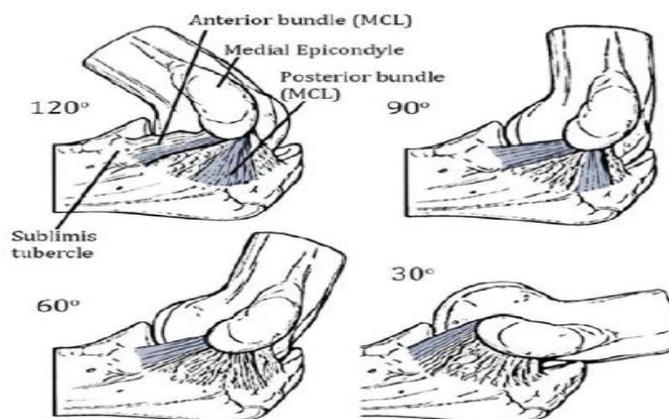


Fig. 26 : Représentation de la dynamique du ligament collatéral médial à différentes positions de flexion (Callaway et al)[23]

1-3. Les ligaments latéraux [14,21,24-27]

Le complexe ligamentaire collatéral latéral ou radial apporte la stabilité en varus et postéro-latérale.

Ce complexe est séparé en 3 parties : le ligament collatéral latéral ulnaire, le ligament collatéral radial, et le ligament annulaire. Un dernier faisceau ligamentaire nommé le ligament collatéral latéral accessoire a la fonction de stabiliser le ligament annulaire pendant le stress en varus. La variabilité anatomique de ces structures latérales est plus importante que pour leurs homologues médiaux.

Le LUCL est le stabilisateur primaire contre l'instabilité rotatoire postéro-latérale (PLRI).

Morrey et al ont démontré que le LCR apporte 14% de la stabilité en varus en extension et 9% en flexion.

McAdams et al ont attribué un rôle significatif au LCR dans la prévention de l'instabilité postéro-latérale.

Morrey et An Le ligament collatéral latéral ulnaire (LUCL) a un rôle

biomécanique est de stabiliser le coude en varus et aussi de freiner la translation postérieure pour prévenir la subluxation de l'articulation radio-condylienne.

Dunning a ainsi démontré que lorsque le ligament annulaire est intact, même si le LRCL ou le LUCL est sectionné, on ne crée pas d'instabilité rotatoire postéro-latérale (PLRI). Le ligament annulaire a donc un rôle de stabilisateur statique primaire.

2. Stabilisateurs secondaires

2-1. L'articulation radio-condylienne

C'est un stabilisateur secondaire lors des contraintes en valgus.

Le centre de rotation de l'articulation radio-condylienne se déplace de la face antérieure du capitulum en flexion à son bord inférieur en extension complète.

Jensen [28] a démontré que 60% des contraintes axiales s'exercent sur l'articulation radio-condylienne pour seulement 40% sur l'articulation huméro-ulnaire.

La stabilité en valgus passe en premier par le ligament collatéral médial, et quand ce ligament est intact la tête radiale n'apporte pas de résistance complémentaire en valgus.

La tête radiale est donc un important stabilisateur secondaire et contribue à 30% dans la résistance au stress en valgus en flexion et en extension. Elle est un point clef de la stabilité en valgus lors de lésions du LCM.[19,29,30]

2-2. La capsule articulaire

Morrey et al ont démontré [31] que la capsule antérieure est un élément stabilisateur significatif en extension (frein à la distraction à 85%) lors du stress en valgus-varus, en revanche ce n'est pas le cas à 90° de flexion.

2-3. La musculature

Morrey et al ont étudié les muscles sur des modèles cadavériques et ont montré que le biceps, le brachialis et le triceps contribue à stabiliser l'articulation par un effet de coaptation de l'articulation huméro-ulnaire, augmentant ainsi la stabilité inhérente à cette articulation congruente. Le brachialis s'insérant par ailleurs sur le processus coronoïde a un effet de frein à la subluxation postérieure.

Davidson et al [32] ont suggéré dans une étude anatomique que le FDS et le FCU contribue tous deux à la stabilité dynamique du coude en valgus, avec l'hypothèse que le FCU apporte la plus grande contribution à cette stabilité de part sa position anatomique située dans le même alignement que le LCM. Cohen et al [33], ont démontré que les principales contraintes secondaires au stress en varus sont les muscles extenseurs avec leurs fascia et septums intermusculaires. De tous les extenseurs, c'est l'ECU qui permet la meilleure résistance contre l'instabilité rotatoire grâce à son trajet.

L'anconeus actif en extension et pronation, apporte une stabilité à l'articulation de part son orientation anatomiquement pour prévenir l'instabilité rotatoire postéro-latérale [34].

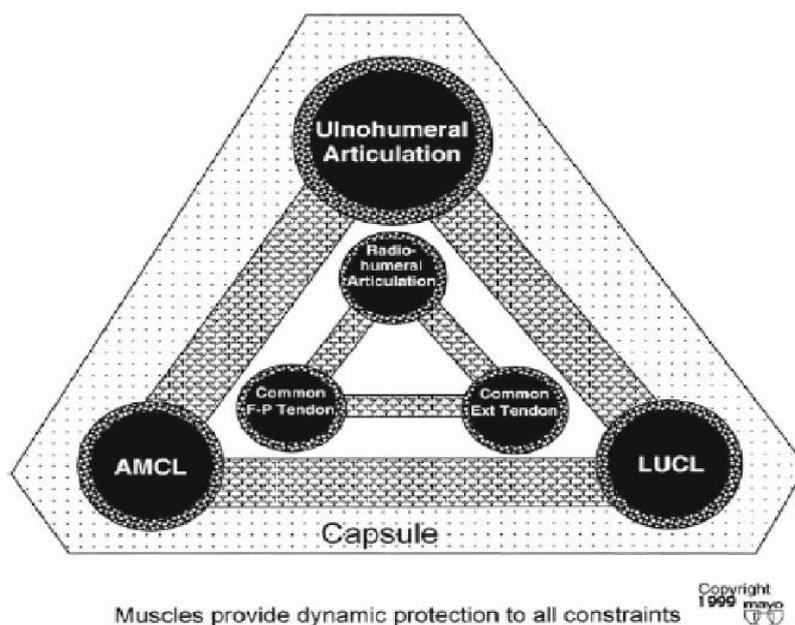


Fig. 27 : Illustration montrant les stabilisateurs primaires et secondaires (The unstable elbow Tashjian 2017) [35]

B. Biomécanique du coude [15,22]

L'articulation huméro-ulnaire agit comme pivot sur lequel l'avant-bras agit comme un levier. Dans ces conditions, les contraintes réparties sur le coude peuvent dépasser jusqu'à 3 fois le poids du corps.

1. Centre de rotation

L'axe de flexion-extension du coude est décrit comme « charnière négligée » car son axe de rotation varie de 3-4° et 2,5 mm lors de flexion à l'extension maximale. Ceci est lié à l'obliquité de l'incisure trochléaire. L'axe de flexion-extension du coude ne peut pas être représenté dans un seul plan de l'espace.

En effet, cet axe dépend de la rotation interne relative de l'humérus distal de 3-8° par rapport à l'axe des épicondyles en vue axiale et du valgus relatif de 4-8° par rapport à l'axe longitudinal diaphysaire de l'humérus dans

le plan frontal. L'ulna proximal a une légère angulation de 4° en valgus par rapport à l'axe diaphysaire. Malgré les différentes investigations réalisées autour de cet axe, la déviation du centre de rotation articulaire est minimale et l'articulation huméro-ulnaire peut être assimilée à une articulation bougeant autour d'un axe unique excepté dans les flexions et extensions maximales. Cet axe de rotation passe par le centre des arcs formés par l'incisure trochléaire et le capitulum.

Le centre de rotation peut donc être identifié sur une vue latérale du coude par la réunion de deux axes dans les plans sagittal et frontal. Dans le plan sagittal, l'axe passe par une ligne colinéaire au bord antérieur de la corticale antérieure de l'humérus distal à la moitié de l'humérus. L'orientation du plan frontal est définie par la corticale postérieure de l'humérus distal, cet axe étant également formé par la projection du centre du capitulum et de la partie antéro-inférieure de l'épicondyle médial.

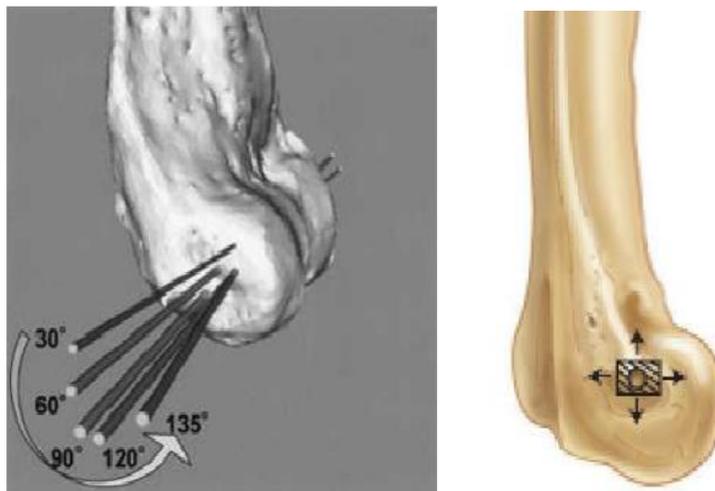


Fig. 28 : la variation possible du centre de rotation [21,22]

2. Rotation de l'avant-bras [36]

L'articulation radio-humérale qui forme la moitié latérale de l'articulation du coude, a un axe commun transverse qui coïncide avec l'axe huméro-ulnaire durant la flexion-extension. Le radius réalise une rotation autour de l'ulna, permettant ainsi à l'avant-bras le mouvement de pronosupination.

Ce mouvement est possible grâce :

- à la forme de « manivelle » du radius associant une courbure pronatrice diaphysaire et contre-courbure supinatrice proximale incluant l'ensemble TR et col du radius.

- Et à la stabilité du cadre antébrachial assuré proximale par la TR et le ligament annulaire, le ligament carré de Dénucé, la membrane interosseuse et distalement les ligaments radio-ulnaires et triangulaire.

En général, l'axe longitudinal de rotation de l'avant-bras est représenté par une droite passant par le bord convexe du radius au niveau de l'articulation radio-ulnaire proximale et à travers la surface articulaire convexe de l'ulna au niveau de l'articulation radio-ulnaire distale.

Cet axe est oblique par rapport à l'axe longitudinal du radius et de l'ulna et le radius ne réalise pas une rotation autour d'un ulna stable. Cette rotation est indépendante de la position du coude. O'Driscoll et Morrey ont démontré que l'avant-bras en supination entraîne une rotation externe axiale de l'ulna et que la pronation entraîne une rotation interne de l'ulna.[36]

3. Le valgus physiologique : [37,38]

On définit le valgus physiologique < carrying angle > par l'angle formé dans le plan frontal entre l'axe du bras et l'axe de l'avant-bras, s'appelle encore

« L'angle de transfert/ de portée » du coude, soit un angle de 10–15° pour les hommes et 15–20° pour les femmes.

La combinaison de cette rotation interne de la palette humérale avec l'angulation en valgus de la trochlée humérale et de l'ulna sur l'axe de flexion extension du coude permet que les objets portés dans la main avec le coude en extension et l'épaule en adduction n'aillent pas heurter le membre inférieur homolatéral et fait en sorte que la main vienne naturellement à la bouche.

Morrey et Chao [38] ont démontré que cet angle varie linéairement avec un valgus maximal en extension complète et cet angle diminuant progressivement en flexion.

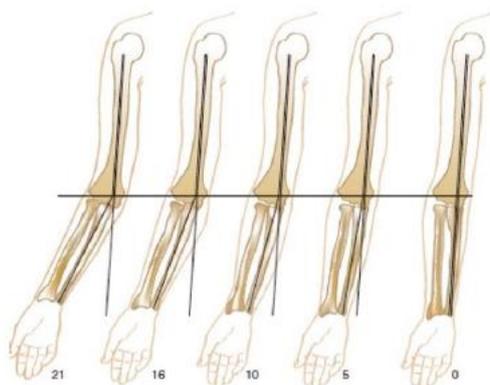


Fig. 29 : Angle de portée : formé par une relation variable entre l'orientation de l'articulation humérale distale par rapport à l'axe diaphysaire huméral et l'angulation en valgus de la grande cavité sigmoïde par rapport à l'axe diaphysaire de l'ulna [37]

4. Mobilités normales et limites [14,39-41]

La mobilité normale du coude est de 0° en extension à 150° de flexion et de 75° de pronation à 85° de supination. Le cartilage de la trochlée offre un arc de 320° alors que la cavité sigmoïde crée un arc de 180°. L'arc de dépression de la tête radiale est d'environ 40° en s'articulant avec le capitulum qui lui offre un angle de 180°. L'impact du processus olécranien sur la fossette olécranienne, la tension des ligaments antérieurs et des muscles fléchisseurs ainsi que le faisceau antérieur du ligament collatéral ulnaire sont décrits comme frein à l'extension.

De même, les groupes musculaires antérieurs associés au tonus du muscle triceps préviennent ainsi une flexion active au-delà de 145°, sans prendre en compte les facteurs limitant passifs comme la tête radiale se positionnant dans la fossette radiale et de la coronoïde dans la fossette coronoïdienne en flexion maximale, ainsi que la tension capsulaire et musculaire du triceps.

Ainsi lorsque l'on enlève les muscles sur un modèle cadavérique, la flexion complète du coude avoisine les 185°, et lorsque l'on coupe les ligaments, cette flexion avoisine les 210°.

Classiquement, il a été suggéré que seulement 30° d'extension et 130° de flexion est nécessaire pour les activités de la vie quotidienne. La perte d'extension est souvent bien tolérée car les patients peuvent se rapprocher de l'objet à atteindre. En revanche, la perte de flexion est beaucoup moins bien tolérée car elle entrave l'alimentation et tous les gestes d'hygiène. Historiquement, il a été suggéré que la perte de supination est plus mal tolérée que la perte de pronation car un déficit en pronation peut être

compensé par une abduction de l'épaule. Cependant, avec l'avènement des claviers, une abduction prolongée de l'épaule peut mener à des tendinopathies de la coiffe des rotateurs. Une étude récente a rapporté que l'utilisation de souris ou claviers peut nécessiter des amplitudes de mouvement plus importantes que celles que nous venons de rapporter.

5. Implication des muscles

La stabilisation dynamique musculaire est controversée. La co-activation des muscles agonistes antagonistes, biceps, brachialis et triceps, permet de centrer l'articulation par un mécanisme de concavité-compression. Les extenseurs du poignet permettent de centrer la tête radiale sur le capitulum. En particulier, le muscle extenseur ulnaire du carpe qui lui joue un rôle important dans la résistance au stress en varus. Les muscles épicondyliens-latéraux jouent donc un rôle dans la stabilisation postéro-latérale.

Le groupe musculaire fléchisseurs-pronateurs participent à la stabilité du coude en valgus.

Des études électromyographiques ont montré que l'anconeus est actif durant toutes les amplitudes de mobilité du coude. C'est un stabilisateur dynamique qui semble avoir un rôle plus important dans la stabilité en varus.

ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus représentent 1 à 2 % [42] de l'ensemble des fractures de l'adulte. L'incidence de ces fractures dans une population de femme de plus de 60 ans est reportée à 25/100 000 par an [43]. La répartition de ces fractures est bimodale avec un pic chez le jeune homme entre 12 et 19 ans et un deuxième pic chez la femme âgée de plus de 80 ans [44]. C'est cette tranche de la population qui nous intéresse ici. Les données épidémiologiques de notre série rejoignent celles de la littérature. En effet, l'étude multicentrique réalisée par la Société d'Orthopédie et de Traumatologie de l'Ouest (S.O.O.) en 2007 trouve un âge moyen de 80 ans et une nette prédominance féminine (80%) [45].

I. Âge

Auteurs	Nombre de cas	Extrême d'âge	Age moyen
Ducrot [46]	46	65-97	80,3
Serrano maeto [47]	26	65-89	76,8
Saragaglia [48]	74	65-95	80
Sofcot [49]	87	65-93	79
Mohamed [50]	27	70-90	78
Notre série	18	65-89	73,1

Tableau 8 : Répartition de l'âge selon la littérature :

On constate que l'âge moyen de notre série est comparable avec les autres séries internationales.

II. Sexe

Auteurs	Nombre de cas	Homme (%)	Femme (%)
Ducrot [46]	46	32,6%	67,4%
Serrano-maeto [47]	26	17%	83%
Saragaglia [48]	74	40%	60%
Clavert [51]	53	21%	79%
Mohamed [50]	27	11%	89%
Notre série	18	50%	50%

Tableau 9 : Répartition du sexe selon la littérature :

III. Côté atteint

Auteurs	Nombre de cas	Droit (%)	Gauche (%)
Ducrot[46]	46	29%	71%
Obert [52]	87	33%	67%
Clavert [51]	53	30%	70%
Notre série	18	50%	50%

Tableau 10 : Répartition du coté atteint selon la littérature :

Etude clinique

1. Mécanisme

1-1 Notion sur l'ostéoporose

L'ostéoporose est définie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme une maladie squelettique systémique progressive caractérisée par une faible masse osseuse et une détérioration micro-architecturale du tissu osseux, avec pour conséquence une augmentation de la masse osseuse fragile et susceptible aux fractures. C'est l'un des principales causes fondamentales de fractures chez les individus plus de 50 ans. [53]

Concernant spécifiquement les fractures de l'extrémité distale de l'humérus, leurs taux auront triplé en 2030 [54]. Une femme sur deux et un homme sur cinq de plus de 50 ans auront une fracture liée à l'ostéoporose au cours de leur vie. Cette évolution s'inscrit dans le cadre global de progression des fractures du sujet âgé [55]. Le coût des fractures ostéoporotiques dans la zone euro représentera 76 milliards d'euros en 2050. Il s'agit donc d'un véritable enjeu de santé publique et le chirurgien orthopédique a un rôle réel à jouer.

Palvanen [56], Dans une étude portant sur les mécanismes de survenue des fractures ostéoporotiques a observé un taux très élevé de simple chute, atteignant 97 %. Nos propres résultats font état d'un taux légèrement inférieur, à 78 %, tandis que seulement 45 % des cas concernés ont présenté soit une fracture entrant dans le cadre des fractures ostéoporotiques, soit une ostéodensitométrie anormale. Ces chiffres soulignent de manière significative le problème que pose l'ostéoporose

Les fractures de la palette humérale chez le sujet plus de 65ans :

1-2. Etiologies

Auteurs	Nombre de cas	Etiologie %		
		Chute	AVP	Autres
Guillaume [57]	61	86,9%	13,1%	-
Doursounian [58]	52	77%	23%	-
Notre série	18	78%	16%	6%

Tableau 11 : Répartition de l'étiologie selon la littérature :

En comparant les données des différentes études, on constate que les chutes restent la cause la plus fréquente des fractures de la palette humérale, ce qui est en accord avec les résultats de notre série.

2- Type de la fracture

Auteurs	Nombre de cas	Type A	Type B	Type C
Clavert [51]	53	24,52%	26,41%	49%
Serrano-maeto [47]	68	11,76%	-	88,23%
Saragaglia [48]	53	16%	8%	47%
Mohamed Moursy [50]	27	22,23%	18,52%	59,25%
Notre série	18	33%	22%	50%

Tableau 12 : Répartition en fonction du type de fracture selon la littérature :

On constate que dans toutes les séries étudiées les fractures sus et inter-condyliennes (type C) sont les plus fréquentes des fractures de la palette humérale, suivies par les fractures supra-condylienne (type A). Aussi, nos résultats sont en accord avec ceux décrits par les différentes séries.

3- Etude clinique

3-1 Interrogatoire

Dans le but de préciser l'horaire du traumatisme, son mécanisme, la nature de l'agent vulnérant, l'heure du dernier repas, les antécédents du patient et les signes fonctionnels.

3-2 Examen loco-régional

- Inspection

L'inspection objective souvent :

- Un gros coude tuméfié par l'œdème ;
- Une déformation des repères : chez la majorité de nos patients, il était impossible de la détecter, le coude étant œdématié ;
- Les lésions cutanées : sous forme d'ecchymoses, hématomes ou des plaies aggravant le pronostic par le risque de survenue d'une ostéoarthrite.

- Palpation

La palpation révèle souvent une douleur à la pression douce du coude, une dépression interfragmentaire si la fracture est déplacée ou une menace de la peau par le fragment proximal. Elle vérifie les repères anatomiques du coude en flexion qui forment dans le cas normal un triangle isocèle de NELATON.

3-3 Lésions des parties molles

Ces lésions peuvent être dues soit au déplacement des fragments osseux soit au traumatisme direct par l'agent traumatisant.

- Lésions cutanées :

L'ouverture cutanée retentit sur le pronostic de ces fractures en les exposant au risque infectieux. La majorité des auteurs notent une grande

fréquence des types I incluant notre série.

- Lésions vasculaires :

L'incidence des lésions vasculaires est difficile à juger dans la littérature internationale. Aucun cas n'a été noté dans notre série. Mais l'examen vasculaire reste systématique en cas de traumatisme du coude, pour rechercher une lésion de l'artère humérale.

- Lésions nerveuses :

L'incidence des lésions nerveuses est difficile à juger dans la littérature.

Les modes de calcul, bien souvent, ne différencient pas les lésions persistantes de celles qui ont régressé. De plus, le moment de survenue du déficit n'est généralement pas précisé. La prévalence moyenne des lésions nerveuses dans les fractures de l'extrémité distale de l'humérus peut être évaluée en compilant les résultats de nombreux articles [59], Elle s'approche de 12,3 % [0-50,9 %] de lésions transitoires et de 5,4 % [0-15 %] de lésions permanentes. Notre série présente des prévalences comparables : 11 % préopératoire, 6.7 % de nouvelles lésions en post-opératoire immédiate soit une incidence globale de 17,7 %. La prévalence de lésions permanentes est comparable à celle dans la littérature.

Le faible nombre de cas ne permet malheureusement pas de tirer des conclusions statistiques. Mais probablement les lésions persistantes sont le résultat de véritable lésion du nerf lors du traumatisme : axonotmésis ou neurotmésis. Les lésions préopératoires du nerf ulnaire doivent peut-être faire l'objet d'une inspection systématique. Les lésions survenues en post-opératoire immédiat récupèrent plus facilement. Elles sont probablement

plus liées à la compression par le garrot pneumatique, la manipulation et la dévascularisation lors de la neurolyse ou lors de la transposition antérieure et correspondent à des cas de neurapraxie. Le deuxième point intéressant est le taux d'atteinte radiale lors du traumatisme. Aucune donnée n'est disponible sur l'incidence des lésions du nerf radial lors du traumatisme. La littérature relate surtout les taux importants de lésions ulnaires.

3-4 Lésions ostéoarticulaires

Les lésions étagées du même membre compliquent souvent le traitement et les suites opératoires, entravant ainsi la rééducation. Elles représentent 16% pour Lahdidi [60], 14% pour Ring [61] et 38% pour Raggabi

Dans notre série, elles représentent 40%. On note que nos résultats rejoignent les séries nationales dans la fréquence élevée de l'association des fractures de la palette humérale à d'autres fractures.

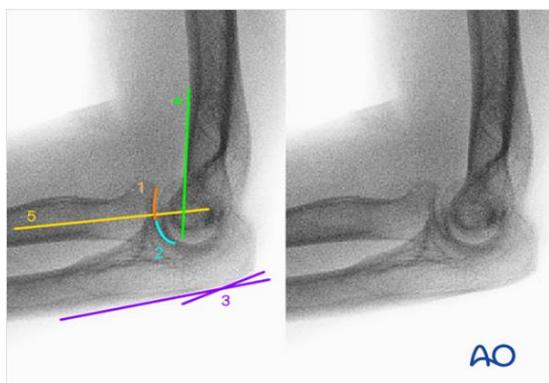
Etude radiologique

Les radiographies seront réalisées sur un membre temporairement immobilisé par une attelle

En première intention, un cliché de radiographie standard avec deux incidences orthogonales (face et profil) sera réalisé. Ce bilan permet déjà de se poser plusieurs questions :

- Existe-t-il un traumatisme évident : fractures, luxation ?
- Les liserés graisseux sont-ils normaux ? Le signe du voile (liseré antérieur) signe une hémarthrose.
- La ligne passant par l'axe du radius et par le capitulum croise-t-elle la tête radiale ?
- La ligne humérale antérieure est-elle normale ? Au moins un tiers du

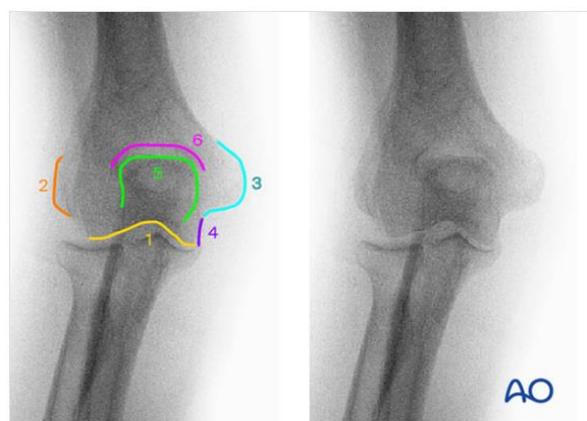
capitulum doit être situé en avant d'une ligne suivant la corticale antérieure de l'humérus.



Anatomical landmarks and lines

The following lines and landmarks are seen:

1. Joint line of radial head
2. Joint line of coronoid process
3. Proximal ulnar dorsal angle (PUDA)
4. The anterior cortex of humerus bisects the circular projection of the trochlea
5. The axis of the proximal radial shaft is aligned with the center of the capitellum



Anatomical landmarks and lines

The following lines and landmarks can be observed:

1. Distal joint line of humerus
2. Lateral epicondyle
3. Medial epicondyle
4. The medial border of the ulnar trochlea
5. Olecranon
6. Olecranon fossa

Fig.30 : les repères radiologiques du coudes

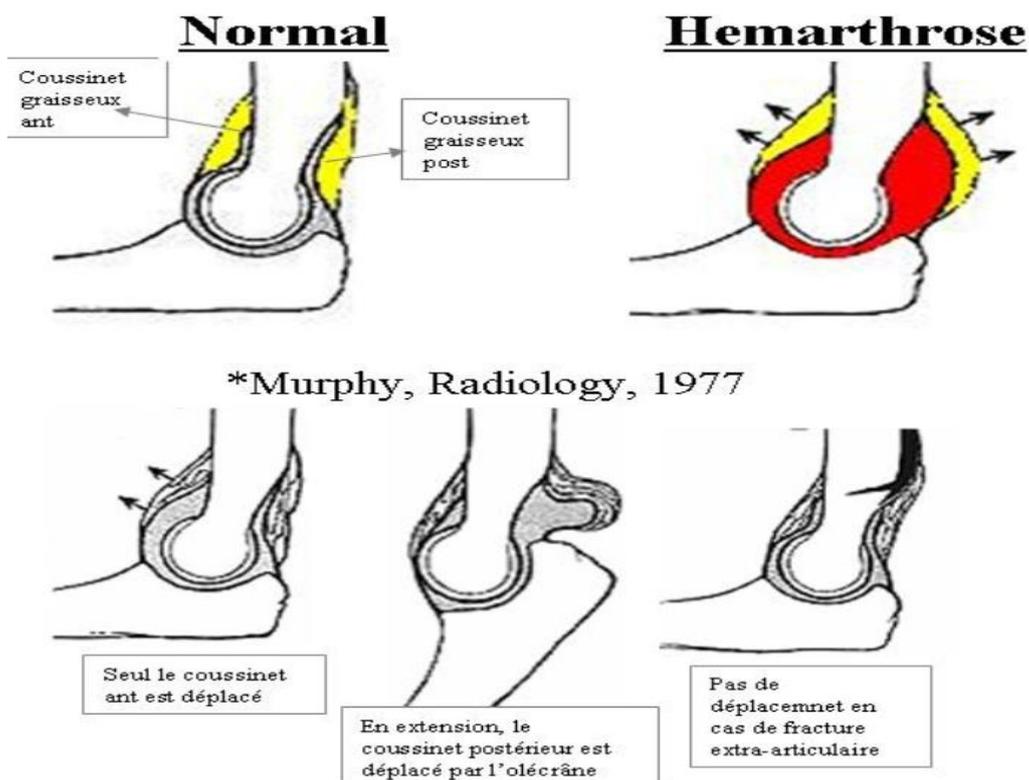


Fig.31 : schéma représentatif de l'épanchement articulaire radiologiquement :

La TDM est utile dans les fractures parcellaires et aussi très distales, en raison de la superposition des divers fragments, qui ne permet pas une analyse exacte de la fracture. Les reconstructions 3D [62] montrent la morphologie et la position des fragments et aident au choix de la voie d'abord. Brouwer [62,63] a comparé le diagnostic fait avec les coupes axiales seules ou associées aux reconstructions 3D dans les fractures parcellaires distales et les fractures totales. La reproductibilité inter-observateur était meilleure avec les reconstructions 3D. Le nombre de fragments articulaires a été constamment supérieur à l'évaluation radiologique dans tous les types de fractures. Pour Doornberg [64], l'utilité des reconstructions 3D est plus limitée, avec une meilleure reproductibilité intra-observateur seulement. Pour Bégué, le bilan TDM avec reconstructions 3D n'a d'intérêt que pour la

planification opératoire du traitement chirurgical des fractures distales de l'humérus quel qu'en soit le type.

ETUDE ANATOMOPATHOLOGIQUE

Plusieurs classifications, dont aucune ne parvient à faire la synthèse des critères anatomiques, pronostiques et thérapeutiques, nous avons opté pour la classification de Müller et Allogower selon l'association d'ostéosynthèse (AO) qui est la plus indiquée actuellement.

1-Classification de l'AO

La classification de l'AO -OTA [65,66] (Arbeitsgemeinschaft für Ostéosynthèse fragen Orthopaedic Trauma Association) distingue trois groupes de fractures A, B, et C. Ces trois types sont eux-mêmes divisés en 3 sous-groupes (1, 2 et 3) selon le trait de fracture et la comminution.

A : Fractures extra-articulaires :

- A1 : fracture épicondyle médial.
- A2 : fracture supra-condylienne simple.
- A3 : fracture supra-condylienne comminutive.

B : Fractures partielles :

- B1 : fracture latérale
- B2 : fracture médiale
- B3 : fracture frontale.

C : Fractures articulaires :

- C1 : fracture condyloaire simple et supra condyloaire simple,
- C2 : fracture condyloaire simple et supra condyloaire complexe
- C3 : fracture condyloaire complexe et supra condyloaire complexe.

Chaque sous-groupe est à nouveau subdivisé ceci permet d'aboutir à 61 types de fractures différentes.

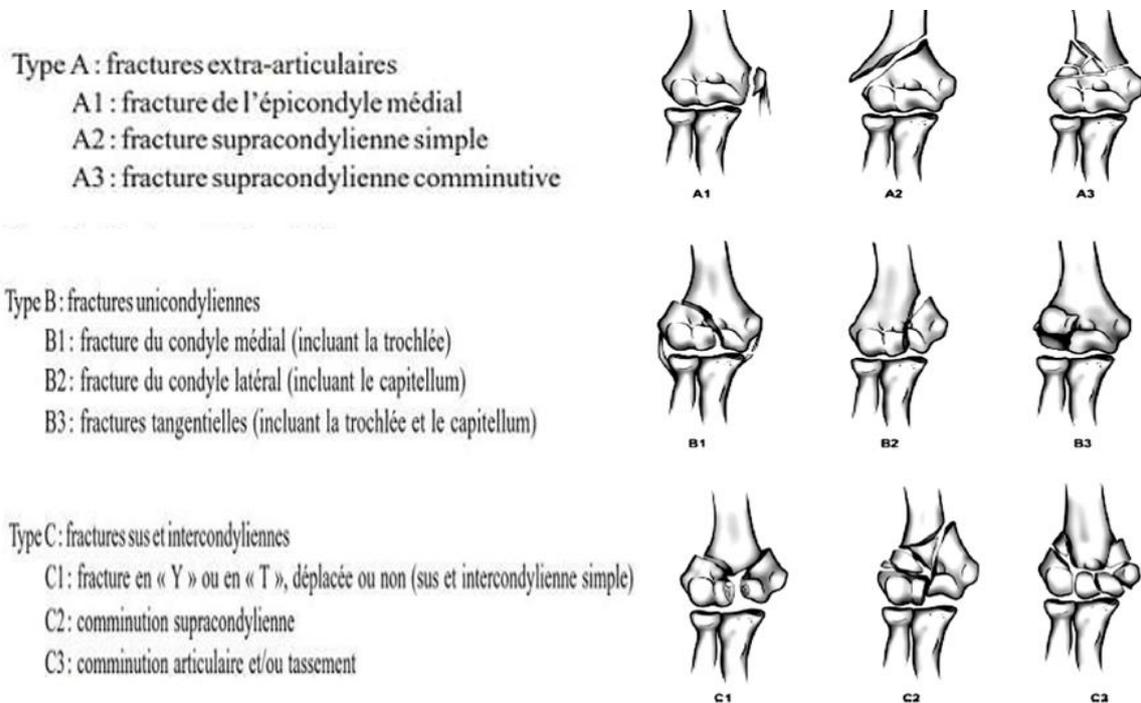


Fig.32 : classifications de Muller et Allgower

2- Autres classifications

2-1 Classification de Riseborough et Radin : (fractures sus et Inter condyliennes). Cette classification s'intéresse aux fractures articulaires inter condyliennes type T [67]. Elle décrit quatre types de fractures :

Type 1 : Fractures avec fragments non déplacés.

Type 2 : Fractures inter condyliennes avec séparation de la trochlée et du capitulum sans composante rotatoire frontale.

Type 3 : Fractures inter condyliennes avec composante rotatoire dans le déplacement des Fragments

Type 4 : Fractures inter condyliennes avec comminution importante de

la surface articulaire et déplacement important des fragments condyliens

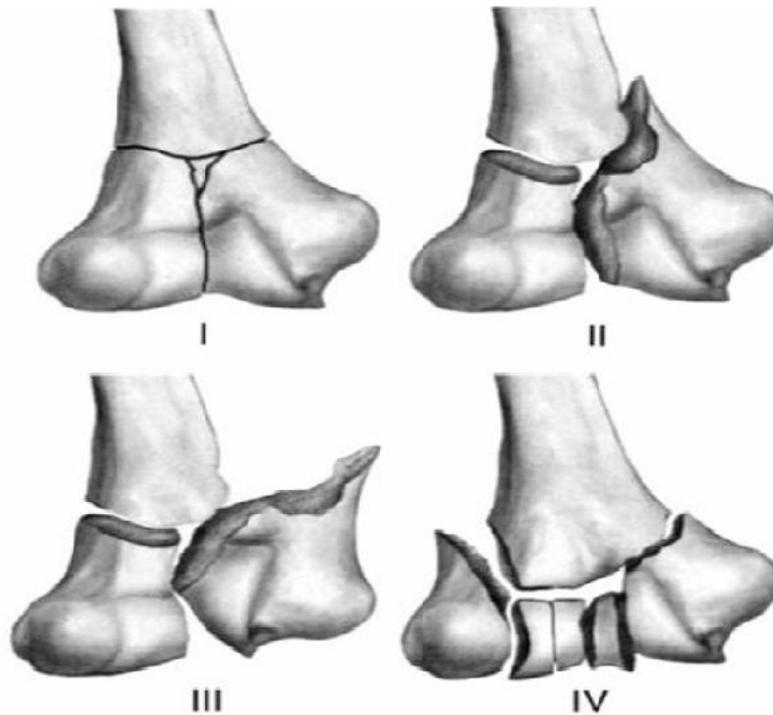


Fig.33 : Classification de Riseborough et Radin

2-2 Classification de la S.O.F.C.O.T de Lecestre (1979) [68,69]

Elles distinguent trois grands groupes :

- ❖ Les fractures totales :
 - ü Fracture supra condylienne.
 - ü Fracture sus et inter condyliennes.
- ❖ Les fractures parcellaires à trait sagittal :
 - ü Fracture sagitto latérale extra articulaire (épicondyle latéral).
 - ü Fracture sagitto-médiale extra articulaire (épicondyle médial).
 - ü Fracture sagitti-latérale articulaire (condyle latéral).
 - ü Fracture sagitto-médiale articulaire (condyle médial).
- ❖ Les fractures parcellaires à trait frontal :
 - ü Fracture du capitulum.

Les fractures de la palette humérale chez le sujet plus de 65ans :

ü Fracture du capitulum et de la zone conoïde emportant la partie latérale de la trochlée (Hahn steinthal).

ü Fracture dia condylienne (Kocher).

Au total, la classification AO des fractures de la palette humérale parait à quelques détails près ; exhaustive ; facilement mémorisable et d'intérêt pronostique.

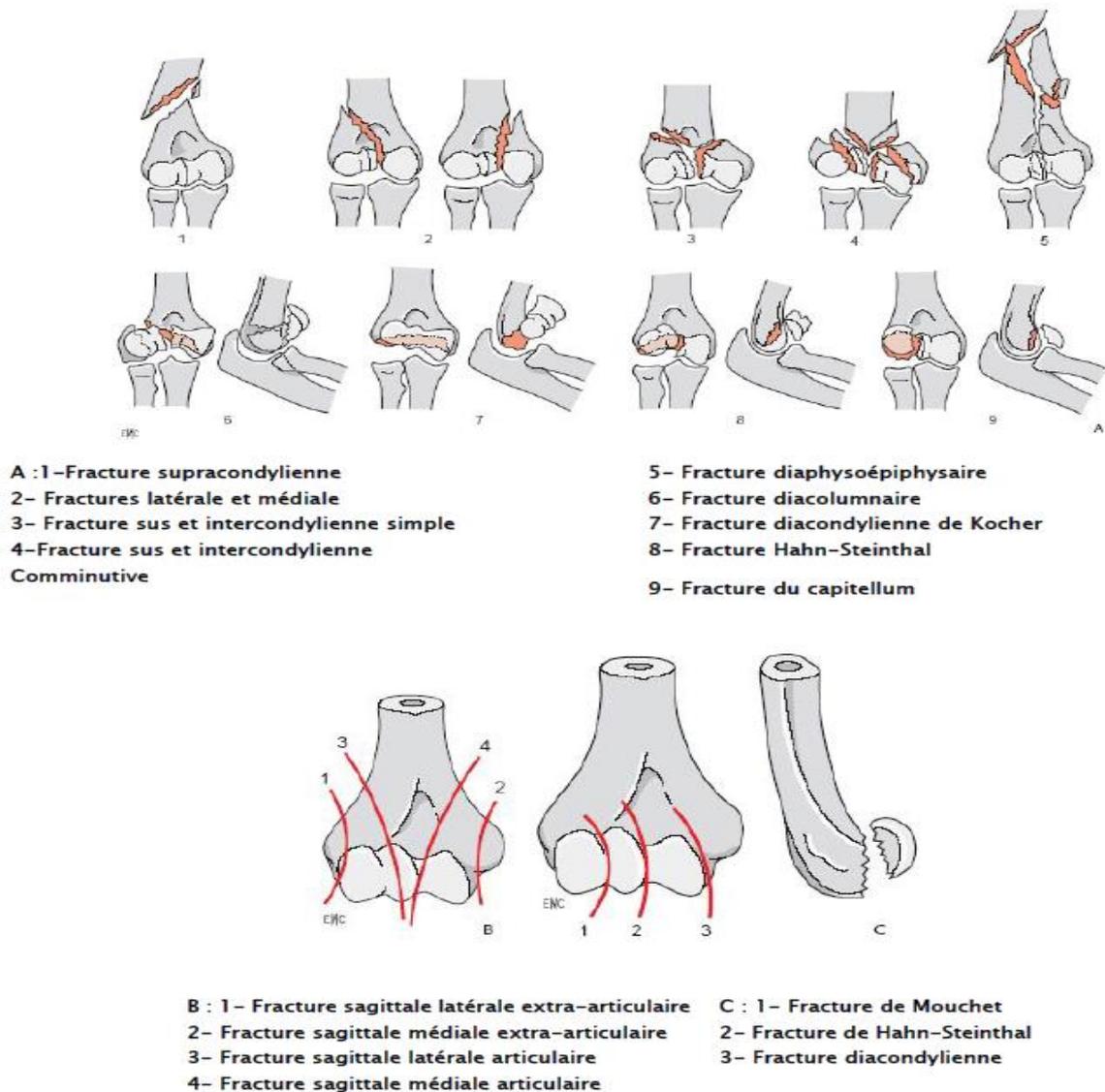


Fig.34 : Classification SOFCOT 1979 :

2-3 Classification de Mehne et Matta (1992)

Cette classification a été rapportée par Jupiter et Mehne [70,71] en se basant sur la visualisation des fractures en peropératoire.

Ils font la distinction entre trois types de fractures : extra-articulaire, extra-articulaire mais intra-capsulaire et intra-articulaire.

La distinction est aussi faite avec la direction du trait : en T, en Y, en H et en lambda avec la hauteur de celui-ci. Cette classification distingue donc 22 types différents, et présente un intérêt majeur car elle facilite la planification opératoire et la réalisation de la fixation interne puisqu'elle prend en compte la hauteur de l'atteinte des colonnes. Mais elle est peu intuitive et surtout elle ne prend pas en compte les fractures dont le trait siège dans plusieurs plans y compris le plan frontal [72]. Ces fractures sont importantes à concevoir car elles présentent une difficulté diagnostique et technique.

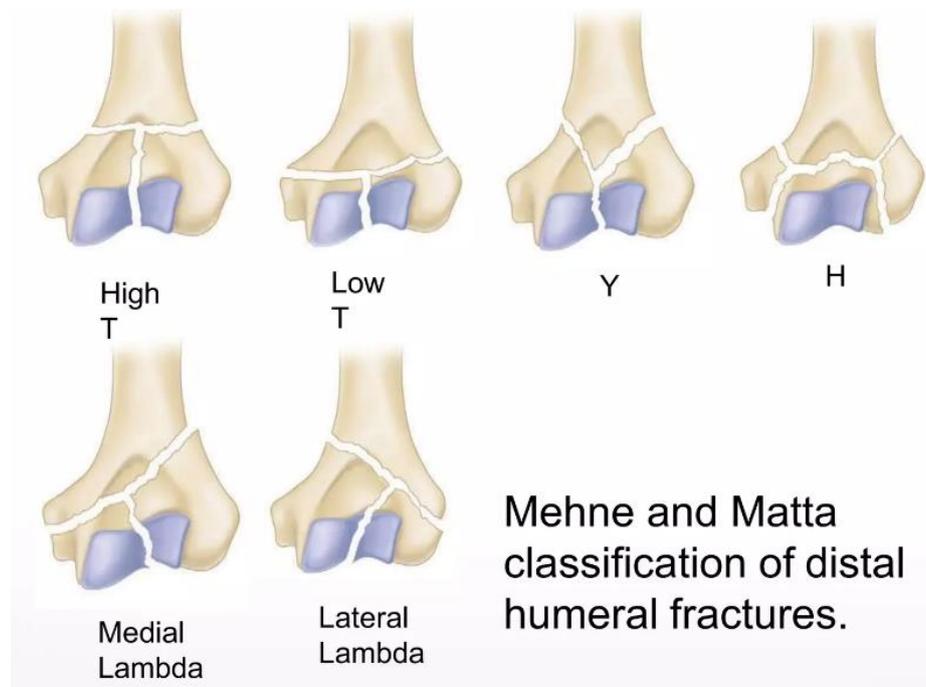


Fig.35 : Classification de Mehne et Matta

2-4 Classification de Davies et Stanley (2006)

Cette classification clinique récente a été mise au point afin de guider le chirurgien dans le choix de l'abord et de la technique opératoire [73].

Les types 1 représentent les fractures extra-articulaires. Les auteurs conseillent de prendre en charge ses fractures par voie postérieure, sans olécrânotomie pour une ostéosynthèse.

Les types 2 sont les fractures à trait intra-articulaire. Le trait est à point de départ métaphysaire et se termine au niveau du capitulum ou de la trochlée. Ce groupe de fractures doit être opéré par voie postérieure avec olécrânotomie et ostéosynthèse selon les auteurs.

Les types 3 sont les fractures à prédominance articulaire dont le trait peut se propager à la métaphyse. Leurs traitements varient selon l'âge, l'arthrose préexistante et l'ostéoporose. Chez le sujet jeune, les auteurs conseillent une ostéosynthèse par voie postérieure avec olécrânotomie et chez les sujets âgées une prothèse totale de coude.

Les fractures de la palette humérale chez le sujet plus de 65ans :

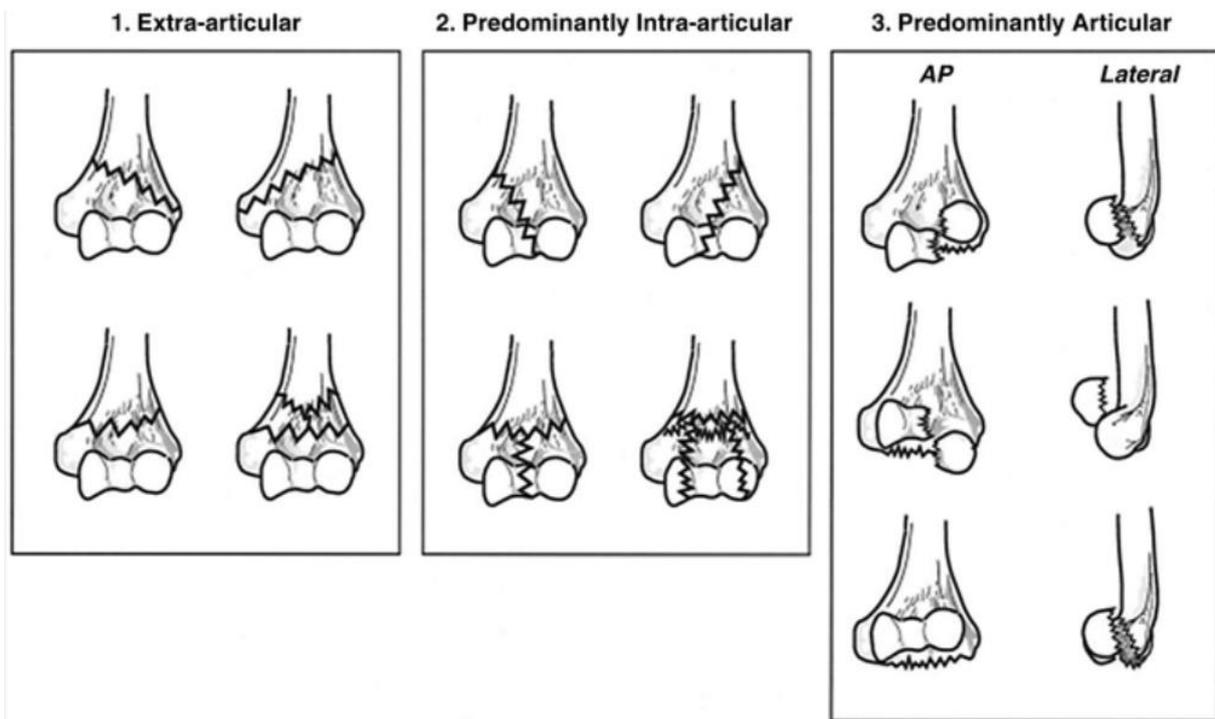


Fig.36 : Classification de Davies et Stanley

2-5 Classification des fractures articulaires frontales de Dubberley (2006) [74,75]

Le type 1 : Correspond aux fractures du capitulum s'étendant plus ou moins à la gorge latérale de la trochlée. Ce sont des fractures de Mouchet et de Hahn-Steinthal dont le pronostic et la thérapeutique varient peu.

Le type 2 : Englobe les fractures du capitulum et de la trochlée en un seul fragment et correspond aux fractures de Kocher.

Le type 3 : Est une fracture du capitulum et de la trochlée pluri fragmentaire, type non décrit dans les autres classifications.

Le type 4 : Ajouté par Shergold, qui présente de multiples lignes de fracture sur les surfaces articulaires du capitule et de la trochlée.

Les sous types A et B sont rajoutés en cas de présence ou non d'une comminution latérale postérieure

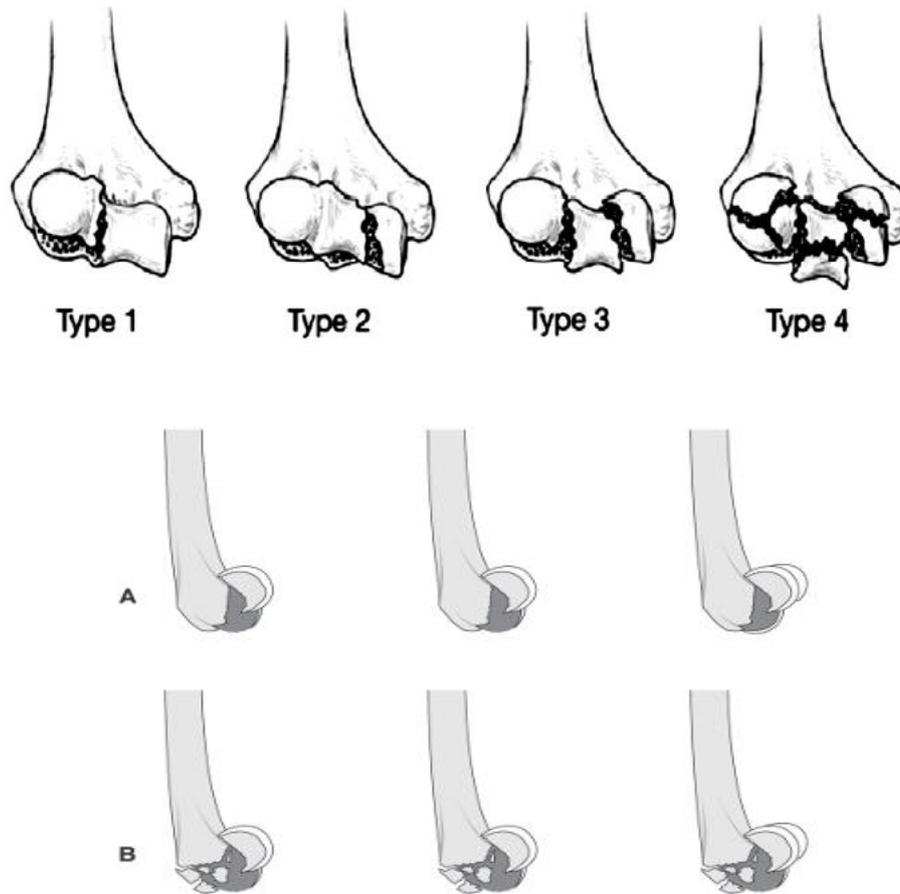


Fig.37 : Classification des fractures frontales articulaires selon Dubberley

[75]

Le polymorphisme des fractures de la palette humérale a suscité de très nombreuses classifications, par contre l'intérêt d'une classification est de pouvoir orienter les thérapeutiques, d'évaluer le pronostique et également de comparer les résultats des différents traitements, ce qui est le cas de AO-OTA que nous avons adopté pour notre série comme la plupart des autres auteurs.

Le tableau ci-dessous résume la répartition des fractures de la palette humérale des autres auteurs selon la classification AO :

Les fractures de la palette humérale chez le sujet plus de 65ans :

Auteurs	Nombre de cas	Type A	Type B	Type C
Clavert [51]	53	24,52%	26,41%	49%
Serrano-maeto [47]	68	11,76%	-	88,23%
Saragaglia [48]	53	16%	8%	47%
Mohamed Moursy [50]	27	22,23%	18,52%	59,25%
Notre série	18	33%	22%	50%

Tableau 13 : répartition des fractures de la palette humérale selon la classification AO :

IV.Traitement

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus représentent l'une des situations les plus complexes à gérer chez les personnes âgées vu la complexité anatomique de l'épiphyse déjà ostéoporotique, la proximité des nerfs (radial et ulnaire) et la grande variété des types de fractures ont historiquement favorisé le recours au traitement orthopédique classique "bag of bones" [76].

Différentes approches ont été proposées, telles que la réduction par manœuvre externe suivie d'une immobilisation plâtrée [77], la réduction par traction trans olécrânienne [78], ou encore l'utilisation de la traction continue [79], certains ont même suggéré une rééducation immédiate pour favoriser le remodelage de la surface articulaire [80].

Cependant, les avancées des techniques d'ostéosynthèse ont fait les preuves d'une certaine supériorité du traitement chirurgical permettant une rééducation précoce ainsi des résultats prometteurs [81,82].

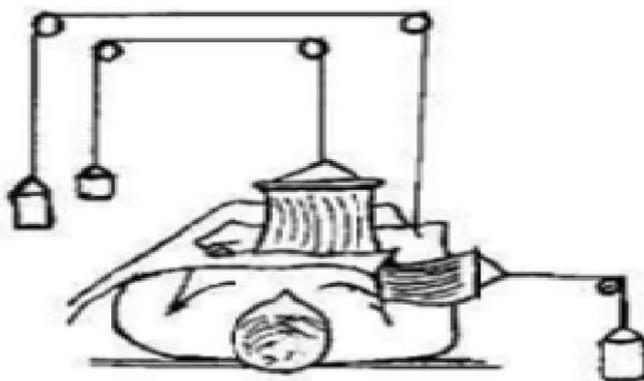


Figure 38 : Traction continue selon Leveuf et Godard : traction du bras au zénith, avant- bras fléchi à 90°, poids entre 2 et 4 kg

1- Traitement orthopédique

Batten et Sudah [83,84] recommandent l'utilisation de méthodes non chirurgicales pour la prise en charge des fractures distales de l'humérus chez les personnes âgées, notamment dans les cas où la demande fonctionnelle est limitée, en raison de leur sécurité et de leur fiabilité, permettant ainsi un retour rapide à la mobilisation et aux activités. De plus, ces méthodes semblent bien tolérées par les patients, conduisant à de bons résultats en termes de douleur et de fonctionnement tout en évitant les risques potentiels d'une intervention chirurgicale.

Cependant, les résultats de ces traitements restent décevants pour Zagorski et al [85], allant de 18 % de patients satisfaits jusqu'à 68 % pour Riseborough et Radin [86], surtout pour les fractures supra-condyliennes d'autant plus pour les fractures sus et intercondylienne [87].

Comme étant élément de l'arsenal thérapeutique, le traitement orthopédique doit rester une alternative thérapeutique à choisir selon terrain

de chaque patient [88]. Notamment pour des fractures non déplacées, patients avec des problèmes médicaux instables, ceux qui ne peuvent pas subir une anesthésie chirurgicale, ou avec démence avancée, accident vasculaire cérébral ou paralysie [89]. Le traitement consiste en une brève période d'immobilisation par plâtre brachio- antébrachio- palmaire, moins de 21 jours, avec le coude à 60°-90° de flexion suivi par un mouvement doux et précoce.

2- Traitement chirurgical

2-1- traitement par ostéosynthèse

2-1-1 Les voies d'abords

2-1-1-1 Voies d'abord postérieures

Nombreuses dans la littérature, elles découlent toutes d'une réflexion vis à vis de l'appareil extenseur et de sa réparation, qui doit incontestablement être dépassé pour accéder à l'articulation. Elles présentent des avantages certains :

- Le respect des nerfs sous cutanés ;
- Une meilleure visualisation des surfaces articulaires ;
- Tous les gestes techniques apparaissent possibles par cette approche chose qui lui vaut la qualification de voie d'abord universelle [90,91]

« THE FRONT DOOR OF THE ELBOW IS THE BACK » : O'DRISCOLL

Les voies d'abord postérieures peuvent être classées en quatre catégories différentes suivant la gestion du triceps :

- Discision du triceps ;
- Décollement et translation du triceps ;

- Contournement du triceps ;
- Ostéotomie de l'olécrane ou ténotomie du triceps

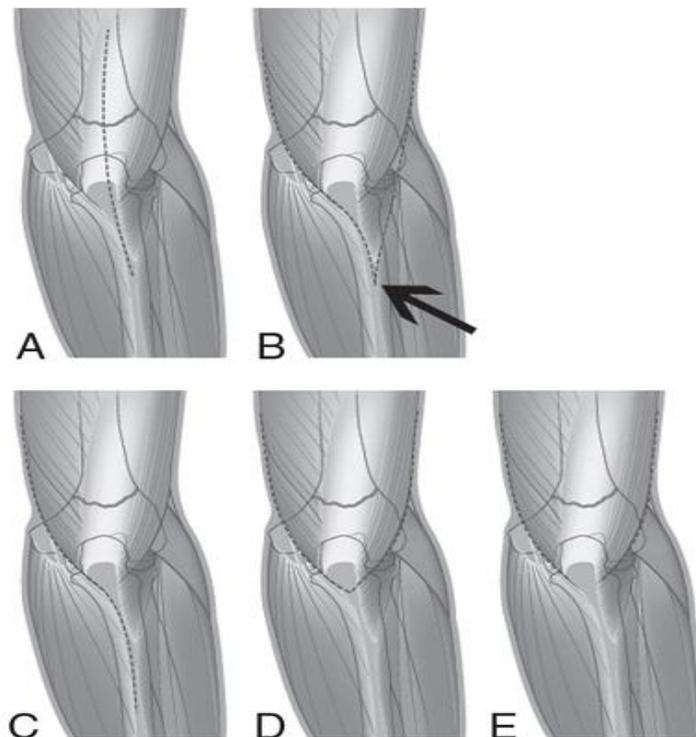


Figure : Gestion de l'appareil extenseur après abord postérieur. A. Abord transtricipital. B. TRAP ou voie de O'Driscoll, → = dessin du relèvement aponévrotique et périosté. C. Voie de BryanMorrey. D. Olécranotomie. E. Paratricipital [92]

2-1-1-1 Installation et incision cutanée

L'installation qui nous paraît être la plus simple est celle en décubitus latéral sur le côté opposé au coude opéré. Le bras, muni d'un garrot pneumatique, repose sur un support concave type « appui bras ». L'avant-bras est laissé pendant et le coude se fléchit spontanément à 90°. Il faut faire attention à ce que l'appui ne gêne en rien la flexion durant l'intervention.

D'autres installations sont possibles. Le décubitus ventral a le

désavantage d'être plus long à installer et requiert une surveillance stricte des points d'appui. Cependant, cette installation permet le clampage de la crête iliaque postérieure dans les cas où un apport osseux s'avère nécessaire. Le décubitus dorsal est aussi possible : un coussin est placé sous la scapula et le bassin, le bras est en adduction, main posée sur la poitrine de l'opéré. Cette installation est recommandée par de nombreux auteurs mais présente selon nous, le désavantage d'un aide opératoire supplémentaire pour maintenir le membre supérieur opéré [92].

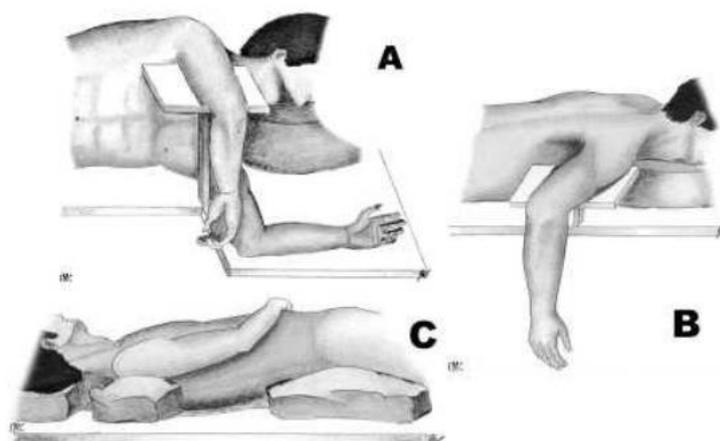


Fig.39 : Différentes installations possibles [92]

A : Décubitus latéral, B : Décubitus ventral, C : Décubitus dorsal.

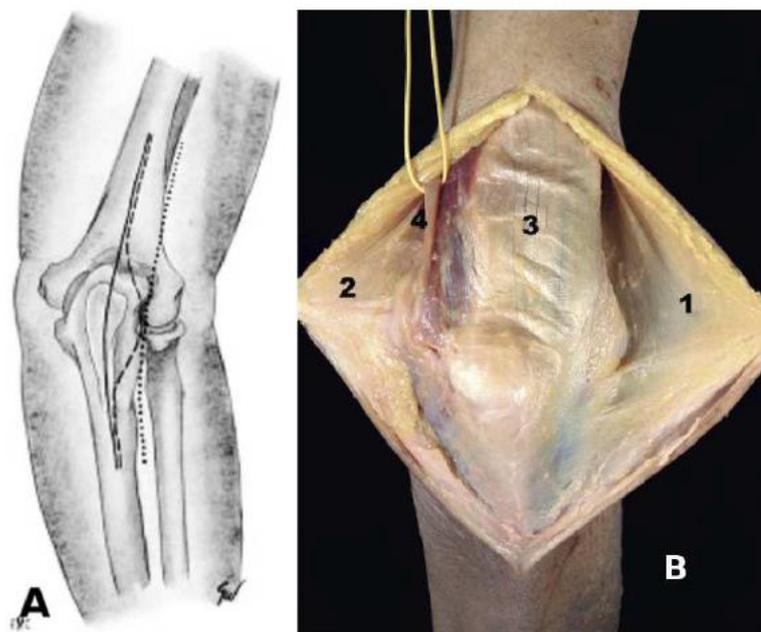


Fig.40 : A [92]: Incisions cutanées postérieures.

B [93]: Extension latérale et médiale.1 : Lambeau fascio-cutané latéral,

2 .Lambeau fascio-cutané médial,3 : Muscle triceps brachial,4 : Nerf ulnaire.

La plupart des incisions cutanées sont longitudinales (Fig.40).

L'incision doit être directe comme préconisée par Langenbeck dès 1872 et doit contourner l'olécrane par sa partie latérale, évitant ainsi des douleurs cicatricielles lorsque le coude est posé sur une table. Cependant Smith [94] propose de contourner l'olécrane par sa partie médiale, permettant ainsi une meilleure cicatrisation.

L'abord doit se faire sur environ 8 cm proximal et 6 cm distal en partant de l'articulation. La dissection se poursuit en profondeur où il est possible de soulever un lambeau fascio cutané médial et latéral contenant les vaisseaux sous cutanés et permettant la protection de l'innervation sous-cutanée. A présent, nous avons un jour suffisant sur le triceps et il est possible de choisir la manière de le traverser.

2-1-1-1-2 Discision du Triceps : Campbell et Gschwend

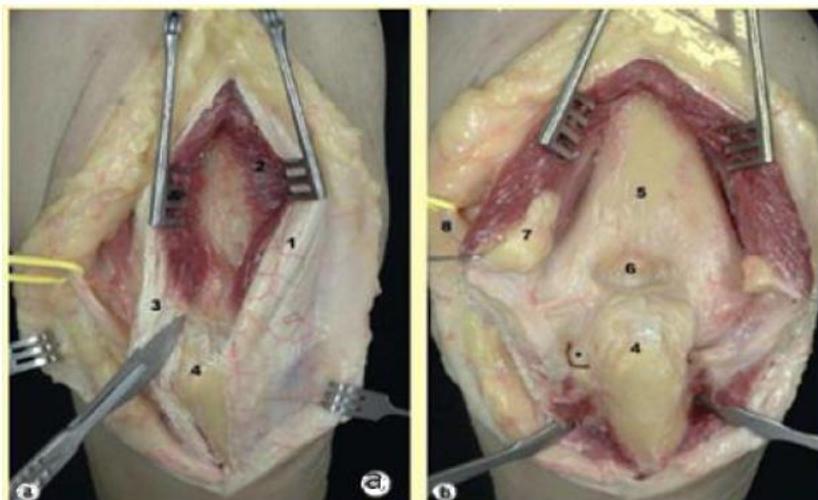


Fig.41 : Voie d'abord trans-tricipitale [95]

a : 1 - l'aponévrose est divisée longitudinalement, 2 - chef médial du triceps, 3 - tendon tricipital, 4 - sommet de l'olécrane.

b : 7 - le coussinet graisseux de la fosse olécrânienne est laissé solidaire du triceps pour limiter le risque d'adhérence.

Campbell [96] a décrit cette voie d'abord en 1932. Celle-ci avait déjà été proposée par Langenbeck en 1864 [97]. Le nerf ulnaire doit être individualisé en premier. Elle consiste à réaliser une incision au centre du tendon et de l'aponévrose tricipitale jusqu'au sommet de l'olécrane. Puis on réalise le décollement sous-périosté du muscle fléchisseur ulnaire du carpe en dedans et des muscles anconé et extenseur ulnaire du carpe recouverts du fascia antébrachial, à la partie latérale de l'ulna. Une modification a été apportée par Gschwend [98] qui recommande la décortication de l'ulna à la scie oscillante ou à l'ostéotome afin de permettre une meilleure cicatrisation (os-os) du tendon tricipital. La discision du triceps peut se poursuivre en proximal avec prudence pour éviter toute lésion du nerf radial.

En fin d'intervention, les deux lambeaux musculo-aponévrotiques sont réinsérés à l'olécrane par des points trans osseux et le tendon tricipital est suturé par des points en X. Un soin tout particulier doit être pris au niveau de la suture au sommet de l'olécrane afin d'éviter toute complication en boutonnière

2-1-1-1-3 Discision du triceps et lambeau aponévrotique en « langue » : Van Gorder

Cette voie d'abord a initialement été décrite par Campbell puis modifiée par

Van Gorder [99] puis Wadsworth [100].

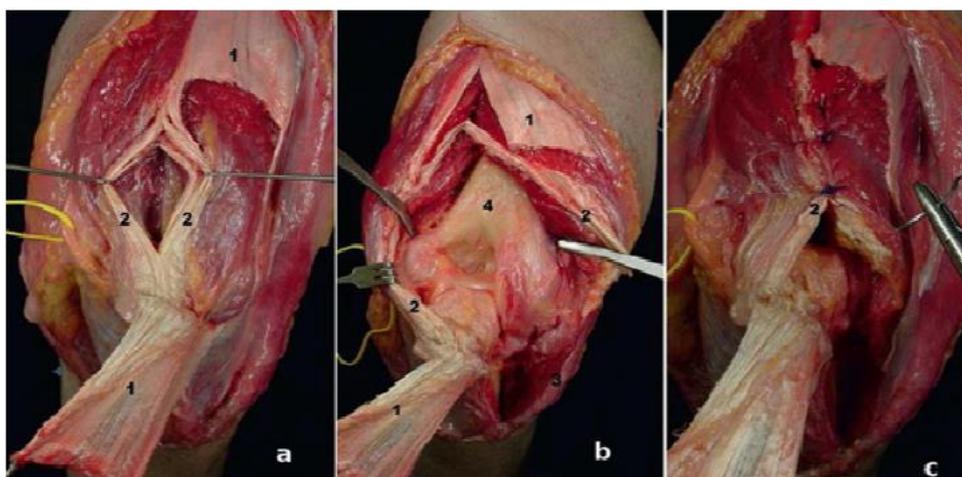


Fig.42: Lambeau en U renversé selon Van Gorder [94]

a : Lambeau aponévrotique en langue, à base olécrânienne ;

b: Partie tendineuse intramusculaire ;

c: Extension distale par le décrochage de l'anconé.

Cette technique a été initialement décrite dans le cadre des luxations chroniques du coude. Le lambeau tricipital permet, par une technique de V-Y, un allongement de l'appareil extenseur. Le fascia et l'aponévrose superficiel du triceps sont incisés en forme de V ou de U sur une dizaine de

centimètres afin de créer un lambeau aponévrotique à base olécrânienne. Le lambeau est levé du corps musculaire. Il est important de conserver les fibres de Sharpey tendu entre la partie postérieure du tendon et le sommet de l'olécrane. Le lambeau est conservé pendant toute l'intervention dans une compresse humide afin d'éviter son dessèchement. La partie tendineuse intramusculaire (zone avasculaire) est visualisée puis incisée longitudinalement permettant l'accès à la partie postérieure de l'articulation (une section en Z peut y être ajoutée en cas de nécessité d'allongement). Le muscle anconé peut ensuite être levé de l'ulna.

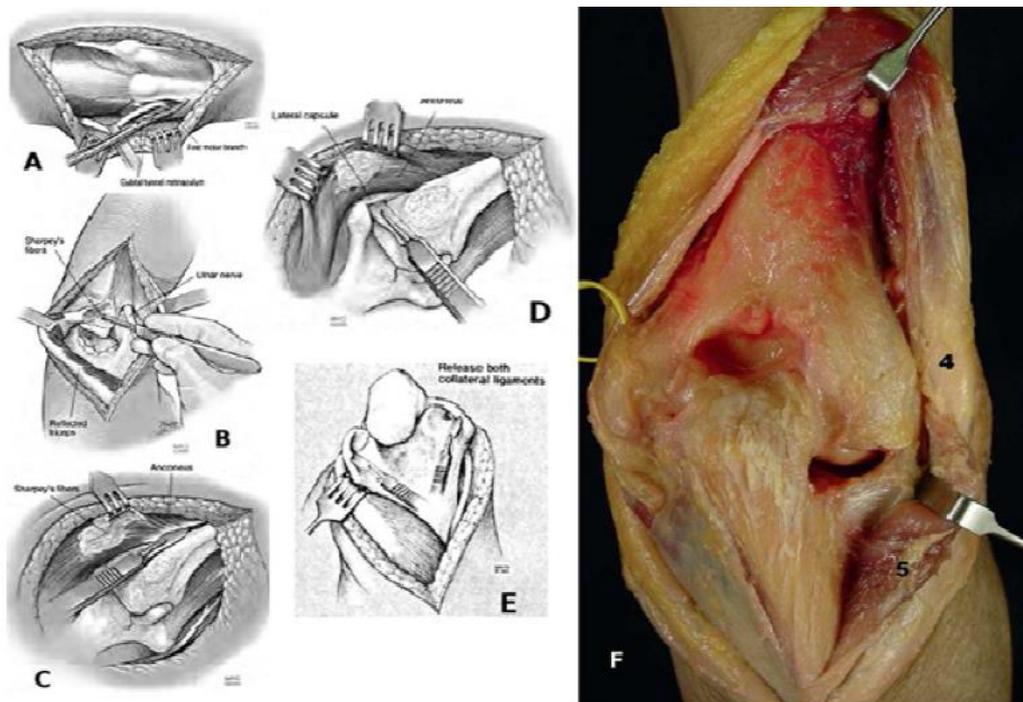


Fig.43 : « Postero-medial extensile : Bryan-Morrey approach » [101]

A : Transposition antérieure du nerf ulnaire ;

B : Repérage du bord médial du triceps ;

C : Le triceps est détaché de la partie postérieure de l'humérus et de l'olécrane ;

D : Libération ligamentaire ;

E : L'appareil extenseur est récliné au niveau de l'épicondyle latéral ;

F : Vue anatomique du tendon tricipitale en continuité avec le muscle anconé.

Cette technique permet de conserver la vascularisation du triceps ainsi que son innervation et celle de l'anconé. La technique originale consistait en une section complète du triceps en U qui entraînait un nombre important d'infection profonde et de rupture tricépitale [94] suite à la dévascularisation du muscle. La réparation est facile. Les deux lambeaux musculaires sont rapprochés, puis le lambeau aponévrotique est suturé avec ou sans allongement.

2-1-1-1-4 Décollement et translation du triceps : voie de Bryan-Morrey

La voie d'abord postéro-médiale de la Mayo décrite par Bryan et Morrey [102] relève le triceps de sa partie médiale à latérale.

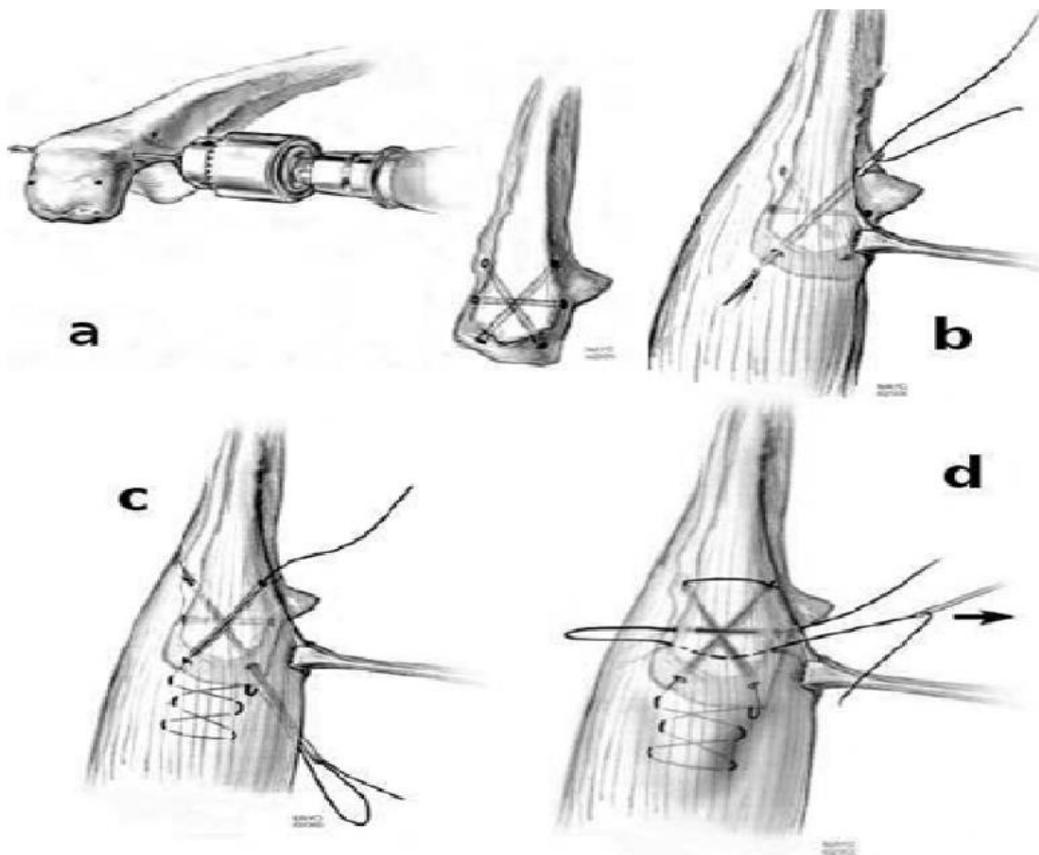


Fig.44 : « criss-cross suture » [101]

L'abord débute à la partie postéro médiale du bras où le nerf ulnaire doit être transposé en avant, après section du septum intermusculaire médial du bras. Le triceps est relevé dans son ensemble de la partie postérieure de l'humérus. Au niveau de l'olécrane, les fibres de Sharpey sont sectionnées par une dissection sous périostée, finissant ainsi la libération du triceps. L'abord se poursuit au niveau de l'ulna où, en restant toujours sous-périostée, la partie latérale de l'ulna est visualisée et le muscle anconé peut être levé de ses attaches ulnaires

Ainsi l'appareil extenseur peut être récliné au niveau de l'épicondyle latéral. La désinsertion ligamentaire donne un jour excellent sur l'articulation. Certains auteurs [103] proposent de lever le triceps avec une lame osseuse olécrânienne créant ainsi un lambeau os-anconé. Cet abord a l'avantage de ne pas désinsérer les attaches latérales entre le triceps et les autres tissus mous, et respecte l'innervation et la vascularisation du triceps. Les auteurs proposent une fermeture qu'ils nomment « criss-cross locked suture » [101]. Trois tunnels de 3 cm de longueur sont réalisés à la mèche au niveau de l'olécrane, dessinant une étoile à six branches. La suture débute par le trou médiodistal, passe à travers le tendon tricipital puis se poursuit dans le second tunnel de proximomédial à distolatéral. Le coude est fléchi à 70° et la suture peut être bloquée. Un deuxième point, transversal à l'olécrane, est réalisé en passant à travers le dernier tunnel.

2-1-1-1-5 Voie paratricipitale : Alonso-Llames

Cette voie d'abord a initialement été décrite par Alonso-Llames en 1972 pour le traitement des fractures supracondyliennes chez l'enfant [94,96]. Cette voie d'abord présente l'avantage de préserver la continuité du

triceps et donc de ne pas nécessiter d'immobilisation de protection post-opératoire. Cependant, la visualisation de l'articulation est moindre ce qui rend le geste opératoire plus compliqué. De plus, les manipulations de l'avant-bras nécessaires à la visualisation articulaire peuvent entraîner une traction excessive sur le nerf ulnaire. Le taux d'hématome post-opératoire serait plus important [104].

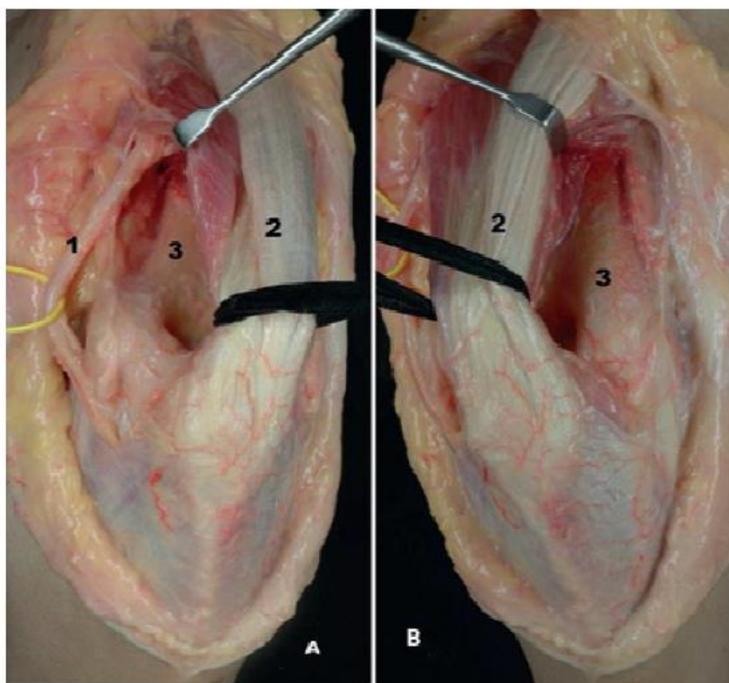


Fig.45 : Voie paratricipitale [94]

A : fenêtre médiale, B : fenêtre latérale.

Les bords médiaux et latéraux du triceps sont identifiés puis incisés jusqu'à leur terminaison olécrânienne, afin de lever le triceps de l'humérus. Le nerf ulnaire est bien sûr repéré et protégé pendant l'intervention.

2-1-1-1-6 Voies transolécrâniennes

La voie transolécrânienne est la voie de référence pour les fractures de l'extrémité distale de l'humérus défendue par de nombreux auteurs [101,105,106]. Elle a initialement été décrite par Mac Ausland en 1915 [107].

Son avantage majeur est l'excellent jour articulaire offert par rapport aux autres voies postérieures. Cependant le taux de complications vient contrebalancer cet avantage.

Le taux de pseudarthrose de l'olécrane est de 30 % et celui de perte de réduction proche de 60 % en utilisant une ostéotomie transverse [108]. Le taux de pseudarthrose diminue entre 5 % et 14 % en utilisant une ostéotomie en chevron [109,110] universellement recommandée à présent.

Je ne décrirai donc ici que la technique d'ostéotomie intra-articulaire en chevron. Les techniques d'ostéotomie extra-articulaire et intra-articulaire transverse doivent être abandonnées.

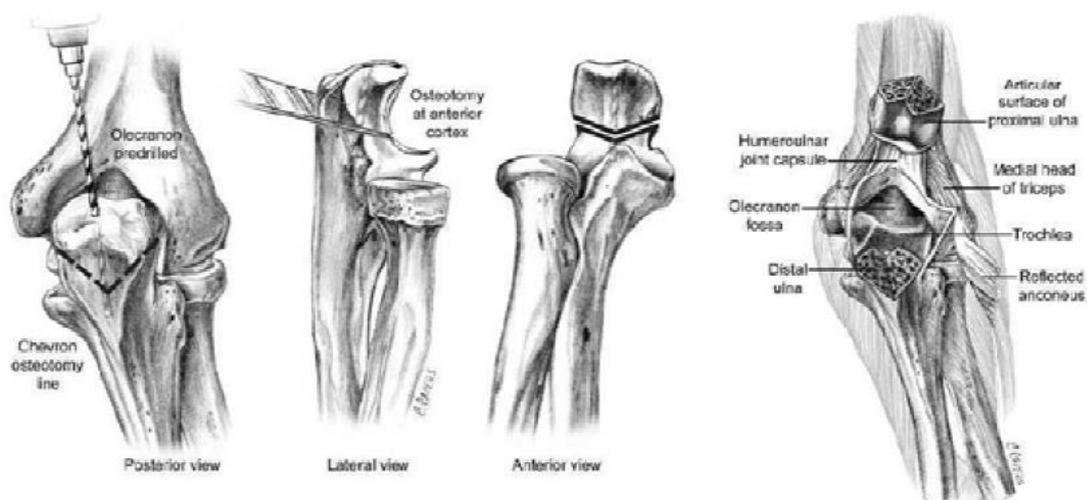


Fig.46 : Ostéotomie trans-olécrânienne en chevron [106]

Techniques :

Le nerf ulnaire est individualisé et protégé tout au long de l'intervention.

Le muscle anconé est désinséré de l'olécrane et l'articulation est distractée afin de repérer la portion acartilagineuse de l'incisure trochléaire. Une ostéotomie en chevron à base distale est réalisée à ce niveau. Le trait est débuté à la scie oscillante et terminé à l'aide d'un ostéotome.

La capsule ainsi que le faisceau postérieur du ligament collatéral ulnaire sont détachés. De cette manière, le tendon tricipital solidaire du fragment olécranien peut être relevé proximale. Initialement, l'ostéotomie olécrânienne était synthésée à l'aide d'une longue vis spongieuse trans olécrânienne ou par un système de brochage et haubanage, suivi d'une immobilisation de trois semaines.

2-1-1-1-7 Voie « TRAP » : Triceps-Reflecting Anconeus Pedicle

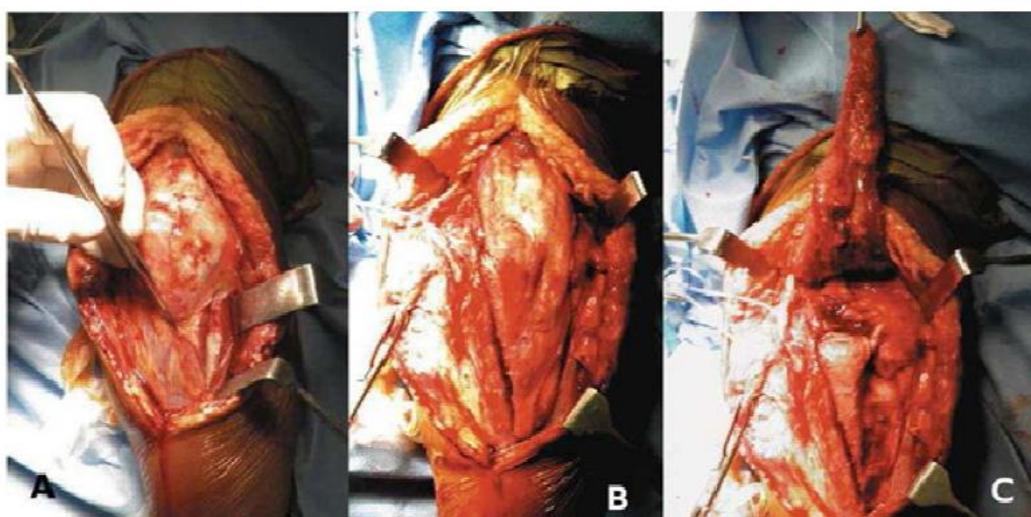


Fig.47 : TRAP. Photographie opératoire d'un coude gauche [111]

A : Visualisation de l'espace entre l'anconé et l'extenseur ulnaire du carpe ;

B : Approche médiale entre le fléchisseur ulnaire du carpe et le périoste ;

C : Levée du lambeau

Cette voie a été décrite par O'Driscoll en 2000 spécifiquement pour le traitement des fractures distales de l'humérus [112] Elle repose sur l'addition d'une voie de Bryan-Morrey et d'une voie de Kocher. L'abord latéral se déroule entre les muscles anconé et extenseur ulnaire du carpe qui sont séparés. Puis le muscle anconé est détaché de la face postérieure et latérale de l'ulna. La dissection se poursuit en proximal en levant le triceps de

l'humérus.

L'abord médial est celui de Bryan-Morrey. Ainsi en rejoignant les incisions, un lambeau comprenant le triceps et l'anconé continuité peut être levé. Le lambeau est gardé dans une compresse humide pendant l'intervention. La réparation se fait selon la technique du « criss-cross suture»

Cet abord est à présent recommandé par de nombreux auteurs [104,111,112] en remplacement des voies trans olécrâniennes. Il permet par ailleurs une rééducation immédiate, gage de bons résultats.

2-1-1-2 Voie d'abord latérale et médiale

Le patient est installé pour ces voies en décubitus dorsal avec table à bras.

Judet associe les deux voies pour traiter les fractures de l'extrémité distale de l'humérus. En effet, l'ouverture de deux fenêtres, antérieure et postérieure, par la voie médiale et latérale, permet d'accéder à l'ensemble des structures du coude sans léser l'appareil extenseur.

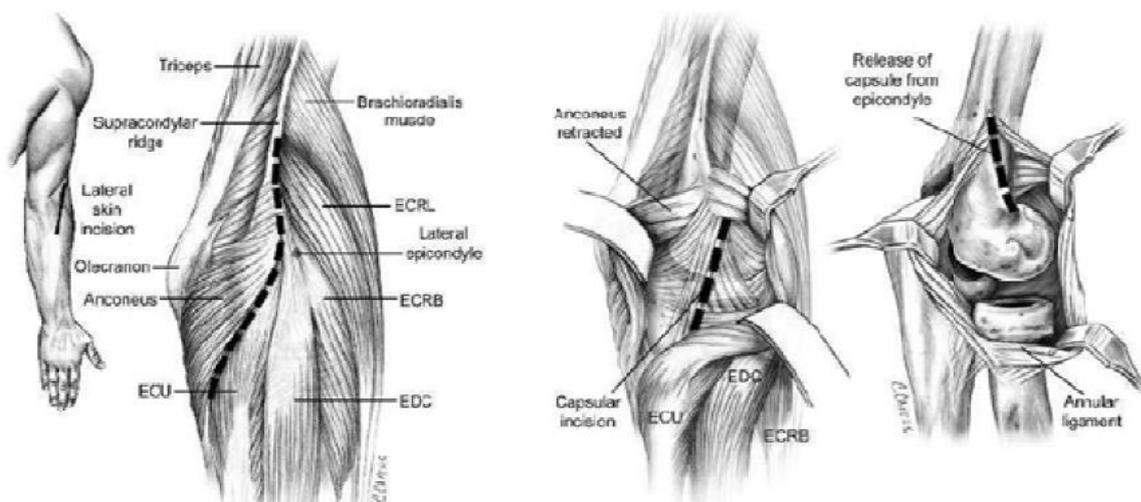


Fig.48 : Voie de Kocher [90]

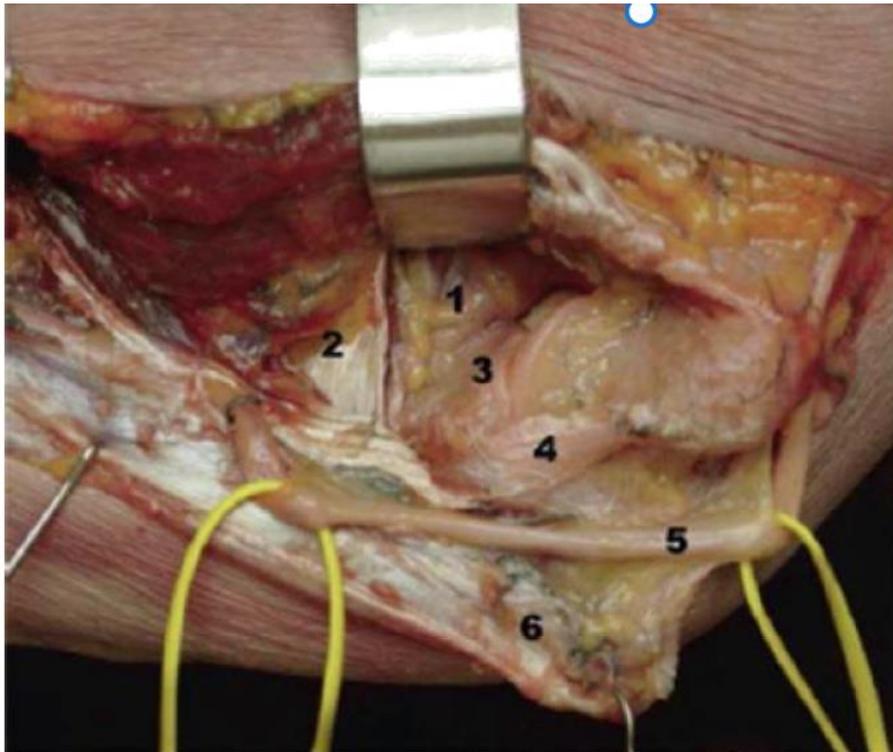


Fig.49 : Voie de Hotchkiss [94]

- (1) Capsule antérieure ; (2) Muscle brachial écartés, visualisation ;**
(3) Du processus coronoïde ; (4) Du ligament collatéral médial ;
(5) Nerf ulnaire ; (6) Muscle fléchisseur ulnaire du carpe

2-2 - Moyens d'ostéosynthèse

Obtenir un coude stable, indolore et fonctionnel (30°-130°) chez une telle population souvent multitarée et ostéoporotique, est un vrai challenger dont l'ostéosynthèse doit répondre à un cahier des charges bien connu :

- Ostéosynthèse avec montage stable et rigide permettant une rééducation immédiate :
- Reconstruction la plus anatomique possible de l'extrémité distale de l'humérus et surtout des surfaces articulaires :

Pour se faire on peut s'aider des moyens suivant :

2.2.1 – Ostéosynthèse par plaques :

- Les plaques anatomiques pré moulées verrouillées :

Actuellement, elles sont les plus utilisées vu sa meilleure stabilité et le fait qu'elle épouse l'anatomie de l'extrémité humérale distale et donc elle aide à la réduction

- Les plaques en Y renforcées ou plaques « Lambda »

Saragaglia [113] était parmi les 1^{er} auteurs à proposer ce système de plaque d'ostéosynthèse vu ces résultats biomécaniques encourageants ainsi la dissection non étendue de la peau permettant d'obtenir un taux faible de complications post-opératoire par rapport aux autres type de montage notamment à 90° et 180°.

- Les plaques pré moulées type Lecestre

Constituent toujours un progrès incontestable. Sa rigidité en forme de gouttière bien adaptée à la morphologie de la colonne externe, est supérieure aux plaques non pré moulées type tiers de tube de l'AO. La disposition des trous et leur forme permettent la reconstruction épiphysaire en un seul temps.

-Les plaques dérivées de tube (1 / 3 tube) leur grand avantage est l'effet de stabilisation de la rotation. Leurs inconvénients sont leur faible épaisseur responsable d'une faible rigidité. Le montage de ces plaques se fait en association avec une autre plaque plus rigide.

Récemment ses plaques ont été utilisées pour la fixation de l'ostéotomie olécraniennne lors d'un abord postérieur du coude, permettant une ostéosynthèse plus stable avec moins de complication par rapport à la fixation avec embrochage haubanage [114].

-Les plaques verrouillées à orifices et têtes de vis filetés qui se solidarissent à la plaque : Le caractère divergent des vis dans les trous verrouillés assure une bonne stabilité du montage et une forte résistance aux forces de flexion, de rotation et des contraintes axiales comme avait montré Korner et al. [115] à partir d'un model expérimental ils ont comparé les plaques verrouillées et non verrouillées dans un montage à 90°. Les plaques verrouillées montrent une supériorité en termes de rigidité et de résistance aux contraintes.

Le type de montage à choisir est un ancien débat entre deux écoles représenté par celle de l'AO (90°) décrite par Müller et Allgöwer et celle de la Mayo Clinic (180°) défendue par O'Driscoll :

Dans la technique AO [116], la reconstruction épiphysaire se fera par un vissage direct, réalisé du capitulum vers la trochlée. On pourra y adjoindre des synthèses par broches, au moins de manière temporaire, dans les fractures complexes. La reconstruction des colonnes et de la jonction épiphyse—diaphyse se fera par deux plaques orthogonales (une médiale anatomique et l'autre postéro-latérale, de reconstruction). L'autre montage, par plaque latérale et plaque postéro médiale, se fait aussi mais fait prendre un risque pour le nerf ulnaire s'il n'est pas transposé.

Dans la technique développée par O'Driscoll [117], une synthèse temporaire première de l'épiphyse est réalisée par broches uniquement. Toute vis isolée est déconseillée. Puis, les deux plaques sont appliquées sur chaque colonne, parallèles l'une à l'autre. La jonction diaphyse épiphyse est faite par mise en compression de la zone supra condylienne, grâce à un davier permettant d'appliquer la compression sur chaque colonne. La

synthèse finale de l'EDH est alors effectuée par un maximum de vis. Ces vis doivent s'entrecroiser et avoir une prise dans la colonne opposée. Elles sont de plus verrouillables dans la plaque. On obtient ainsi une rigidité maximale en réalisant un véritable treillis d'armature solidement arrimé à l'extrémité distale de l'humérus. Il faut préciser que, dans la description de cette technique, il s'agit de vis de diamètre 2,7mm spécifiques.

En 1997 [118], Jacobson trouve dans son étude biomécanique des chiffres en faveur du montage perpendiculaire

D'autres études comme celle de Sang ki lee en 2014 [119] trouve pas de différence significative

Mais le grand nombre des études biomécaniques et cliniques [120-122] sont pour un montage parallèle vu sa plus grande rigidité ainsi sa résistance en axiale et à la torsion

Le principal inconvénient de la fixation parallèle est la large dissection des tissus mous

Hernandez en 2023 [123] à travers son étude qui a concerné 30 fractures de type C3 selon l'AO a recommandé l'utilisation de double plaques anatomiques moulées et verrouillées tenant compte les chiffres de scores fonctionnels très encourageant.

En revanche, pour ce qui est du coût financier des deux systèmes, la balance penche énormément vers les systèmes classiques : le système verrouillé coûte 348 % de plus que le classique.



Fig. 50 : différentes configurations d'ostéosynthèse

2.2.2- Ostéosynthèse par vissage :

Les vis canulés à compression sans tête notamment les vis d'HERBERT largement utilisées surtout dans les fractures parcellaires frontales. Elles ont l'avantage de ne pas être en conflit avec l'articulation et l'ablation de ces vis n'est pas obligatoire dans ce cas. L'utilisation de vis isolées, transversales ou en triangulation, peut donner de bons résultats. Cependant, elle doit en règle, être évitée en raison du manque de rigidité du montage.

2.2.3- Embrochage :

Les broches de Kirschner sont essentiellement destinées souvent à la fixation provisoire des différents fragments (simplification de la fracture) avant une synthèse définitive par plaque. L'inconvénient de l'embranchage est le manque de stabilité du montage et le risque de migration et de

déplacement secondaire. Ce qui fait qu'il n'est pas utilisé que dans certains cas en association avec les autres moyens, vissage ou plaques pour fixer des fragments articulaires de petite taille.

2.2.4-Le fixateur externe

Le traitement par fixateur externe articulé ou non par montage huméro ulnaire ou huméro-radial est possible en fonction du type de fractures et du terrain. Chaudhary [124] recommande l'utilisation de deux fixateurs externes, un médial et un latéral, permettant une consolidation épiphysaire avec conservation de l'alignement huméral.

L'utilisation d'un fixateur mono latéral est possible, à condition de réaliser une distraction dans l'axe de l'humérus. Le montage doit être huméro-ulnaire, avec prise distale dans la partie proximale de l'ulna, c'est à dire dans la région olécraniennne. Le recours au ligamento-taxis permet de réaliser l'alignement, par traction, de l'épiphysse humérale distale [125].

Les résultats à distance du traitement de ces fractures sont constamment moins bons que celui du traitement de leur équivalent fermé, quel que soit le mode de stabilisation choisi [125].

L'utilisation d'un fixateur articulé est envisageable avec verrouillage total initial, et mobilisation secondaire après cicatrisation des parties molles. Le recours à des fixateurs à centre de rotation fixe ne permet pas d'espérer récupérer la totalité de la mobilité articulaire du fait d'un effet came lors des 30 derniers degrés d'extension [125].

2.3-Indications

- Pour les fractures articulaires pures (capitellum, Kocher), Une fixation par un vissage direct antéropostérieur par des vis de type Herbert permettent

de réaliser une ostéosynthèse rigide sans conflit intra-articulaire.

- Pour les fractures supra-condyliennes et inter condyliennes simples, l'utilisation d'une plaque pré moulées est indiquée.
- Les fractures sus et intercondyliennes et les fractures transcondyliennes imposent une ostéosynthèse par 2 plaques par un montage orthogonal classique à 90° ou par le montage parallèle à 180°. Les études biomécaniques comparant le positionnement à 90° et celui à 180° sont nombreuses. La plupart des auteurs en faveur du système parallèle [94,119-121], par contre, Jacobson et al défend la thèse contraire. Shin et al [11], avait mené une étude prospective sur 35 patients et retrouve deux défaillances du matériel (plaque postéro-latérale) contre aucune dans le groupe parallèle mais aucune différence significative sur le résultat final.
- le fixateur externe est réservé aux fracas ouverts, souvent associé à des gestes de couverture par divers lambeaux. Il a toute sa place dans le cadre du damage control, en attente d'un traitement définitif ou en cas de coude instable après ostéosynthèse [126]. Certains auteurs l'utilisent comme complément d'une ostéosynthèse à minima, essentiellement chez le sujet âgé.

3- Les résections osseuses

L'ablation réglée du capitellum était préconisée par de nombreux auteurs du fait de la simplicité des suites opératoires et difficulté d'ostéosynthèse [127,128].

Cependant, les résultats médiocres à moyen terme et le risque d'instabilité

sequellaire du coude en valgus [129] ont fait que les résections d'emblée sont réservées actuellement aux fragments de petites taille et ou comminutifs. La réduction à foyer ouvert donne les meilleurs résultats, à condition d'être anatomique.

Pour Dischino et al [130], elle représente le traitement de choix des fractures diagnostiquées tardivement.

-la résection arthroplastie peut s'envisager dans les fractures intercondyliennes complexes avec comminution articulaire majeure au-dessus de toute possibilité de synthèse.

Trop serrée, la résection expose à une ankylose. Trop large, à un coude ballant, moins bien toléré.

4-Arthroplastie du coude

4.1-Prothèse totale du coude

L'objectif d'un patient âgé fracturé est de pouvoir retrouver rapidement un coude indolore et fonctionnel (arc de fonction de 30°-130°), mais les problèmes de l'âge avancé et du terrain ostéoporotique, des comorbidités, et de la comminution articulaire rendent difficile leur prise en charge. L'utilisation de la prothèse totale du coude pour le traitement de ces fractures a été proposée par Cobb et Morrey en 1997 avec des résultats immédiats satisfaisants [131].

4.2 L'hémi-arthroplastie du coude

L'hémi arthroplastie utilisée doit être anatomique. L'indication de cette prothèse ne se conçoit que si les colonnes sont préservées pour assurer la stabilité de la prothèse ou si les colonnes peuvent être synthétisées. La voie d'abord la plus utilisée est habituellement la voie trans-olécranienne.

Les résultats à court terme sont favorables

Les complications observées sont l'usure de l'olécrane, la pseudarthrose de l'olécrane, l'instabilité prothétique

IV- Traitement fonctionnel

1-Après ostéosynthèse

La rééducation fonctionnelle [132] garde une place fondamentale dans la prise en charge de ce type fracturaire. Elle a pour but de prévenir la raideur et de réintégrer le coude dans le programme moteur du membre supérieur. Ce schéma de rééducation est subdivisé en trois phases :

La première est une immobilisation stricte par attelle postérieure

Brachio-antébrachiale coude fléchi à 90° et en supination, sa durée varie de 1-7 jours et dépend essentiellement de la qualité de l'os, de la solidité supposée du type d'ostéosynthèse et l'importance des phénomènes douloureux.

La seconde phase est une période de mobilisation contrôlée (de j8 à j45). Elle permet d'éviter les adhérences des plans de glissement périarticulaires, générateurs d'une limitation d'amplitude. Jusqu'au 21eme jour l'attelle plâtrée est retirée uniquement au cours des séances de rééducation, puis portée la nuit pendant trois semaines complémentaires.

La mobilisation est douce et lente. Les prises sont proches du centre articulaire pour réduire le bras de levier car la fracture n'étant pas consolidée et pour être « à l'écoute de l'articulation ». L'arc de pronosupination est retrouvé sans difficultés ; en revanche, les derniers degrés d'extension et la flexion complète sont les secteurs déficitaires.

La troisième phase est de récupération fonctionnelle après 45 j et s'étend sur une période de 3 à 6 mois). La fracture étant consolidée. Les techniques passives « plus agressives » peuvent être employées (postures avec poids ou les suspensions).

Le renforcement musculaire s'effectue quand le coude est mobile, indolore et stable.

2- Après arthroplastie

Pour les prothèses totales du coude le protocole varie. En postopératoire, une attelle antérieure est placée pour garder le coude en extension. Le membre est surélevé pendant 48 h, puis le drain de Redon est enlevé et le patient est autorisé à mobiliser son coude en fonction de la douleur. Une simple écharpe est prescrite. Il n'y a pas de rééducation nécessaire [133].

Evolution et complications

I- Evolution

La consolidation se fait habituellement en 45 à 60 jours, mais ce délai est souvent majoré, quel que soit le traitement, en cas de fracture ouverte ou fracture comminutive.

IL ne faut pas retarder la rééducation afin d'éviter la raideur. Tous les auteurs insistent sur la nécessité d'une courte immobilisation et d'une rééducation prolongée en raison de la lenteur de la récupération de la mobilité

II-complications

1-complications immédiates

1-1 l'ouverture cutanée : [134]

L'ouverture cutanée est fréquente avec un nombre non négligeable de stade 2 et 3 du couchoir et Duparc, en particulier lors des fractures supra-condyliennes.

1-2 lésions vasculaires [134] :

Exceptionnelles chez l'adulte, ces lésions concernent l'artère humérale.

1-3 Lésions nerveuses [134] :

Ce sont des accidents directement liées au traumatisme. Elles intéressent surtout le nerf radial selon LECESTRE. Le nerf cubital peut être touché, surtout dans les fractures sus et inter condyliennes. La lésion du nerf médian est exceptionnelle.

1-4 lésions traumatiques étagées

Les lésions étagées du même membre compliquent souvent le traitement et les suites opératoires. Touchant surtout l'olécrane et la diaphyse humérale.

Les luxations du coude, les fractures du condyle externe, l'épi trochlée ou de la tête radiale ont été décrites simultanément avec la fracture de la palette humérale pour certaines séries [135].

2-complications secondaires

2-1 générales ; hématome, douleur, œdème [136] :

Il s'agit des fractures articulaires souvent douloureuses en post-opératoires

Lors du démarrage de la rééducation une recrudescence des douleurs

peut être des phénomènes algo–neuro–dystrophiques peuvent être évoqués lorsque les douleurs sont nocturnes.

L'oedème péri articulaire se prolonge pendant quelques semaines, il peut d'ailleurs s'accroître lors de la mobilisation. Il est pris en charge par des anti–inflammatoires et du glaçage.

2-2 complications infectieuses [137] :

Complication redoutable, favorisée par l'ouverture cutanée, le retard apporté à la stabilisation du foyer, la durée d'intervention et les modalités d'intervention.

Les tableaux sont variés, de la suppuration superficielle jusqu'à l'arthrite massive précoce imposant l'ablation du matériel

2-3 les complications nerveuses [137] :

Les complications neurologiques post–opératoires intéressent en premier lieu le nerf cubital puis radial.

2-4 déplacements secondaires

Est l'apanage du traitement orthopédique en général. Or, le traitement chirurgical peut également se compliquer d'une rupture de matériel d'ostéosynthèse si le montage est insuffisant

3-complications tardives

3-1 raideur du coude

Est la complication la plus redoutable et la plus handicapante. Elle peut être favorisée par des facteurs [138] :

– type de traitement le traitement orthopédique est le plus grand pourvoyeur de raideur en raison de la durée de l'immobilisation plâtrée, une rééducation tardive et insuffisante.

- Type de fracture en particulier les fractures sus et inter condyliennes complexes et les fractures supra-condyliennes avec ouverture cutanée
- Cals vicieux intra-articulaire
- Ossification ectopique imprévisible, prévenues par un traitement anti-inflammatoire associé à un glaçage de l'articulation

3-2 pseudarthrose [139] :

De siège métaphyso-diaphysaire, Liée à un montage peu rigide le plus souvent. Dans les fractures de type C, une reprise chirurgicale avec ostéosynthèse métaphysaire associée à une greffe est alors indiquée

Devant une pseudarthrose, chez le sujet âgé, la prothèse totale du coude peut être discutée

3-3 Cals vicieux [136] :

Ils sont la conséquence d'un défaut de réduction, d'un déplacement secondaire ou d'une lésion ancienne négligée

Les cals vicieuses articulaires telles : les marches d'escalier articulaires sont sources de raideurs articulaires.

Les cals rotatoires, frontales ou sagittales compliquent les fractures supra-condyliennes

3-4 gêne du matériel [136] :

Elle est fréquente sur le pilier médial. En absence de trouble neurologique, le matériel ne doit pas être enlevé avant 1an pour éviter une fracture itérative.

III. Resultats Fonctionnels : [140]

En 2024, François [140] a publié un article de revue qui a analysé une 60 aine d'étude étalée sur 30 aine d'année (1985–2022) concernant le traitement chirurgical des fractures distales de l'humérus chez le sujet âgé, ainsi les résultats fonctionnels et l'évolution sous forme de groupes :

- Groupe d'ostéosynthèse par plaque (ORFI)
- Groupe d'arthroplastie (TEA)
- Groupe comparant ORFI vs TEA

Pour les complications, François a déterminé 5 groupes essentiels :

Cal vicieux et ossification que chacun peut atteindre de 30%–60%, puis atteinte du nerf cubital, échec de fixation et complications cutanées ou infection que chacun peut arriver jusqu'à 7% tout types de traitement confondu. Certainement les complications du groupes de TEA sont moins par rapport au groupes d'ORFI, mais qui sont difficiles à prendre en charge (fracture péri prothétique, descellement...).

Pour les scores fonctionnels, le groupe de TEA présente une légère supériorité par rapport au groupe d'ORFI.

Notre MEPS (78%) est très proche des études d'ORFI de la littérature

Le tableau ci-dessous résume quelques données d'études récentes de chaque groupe.

Les fractures de la palette humérale chez le sujet plus de 65ans :

Auteurs	Nombre de cas	Age	MEPS moyen	Taux de complication
RESULTATS DES ORFI				
Schindelar 2019	766	74	82	17%
Mohamed 2020	27	78	88	55,5%
Lopiz 2021	13	79	83	23%
Kervinen 2022	39	75,9	85	21%
NOTRE SERIE	18	73	78	44%
RESULTATS DES TEA				
Poliacomì 2016	19	74	88	35%
Barco 2017	44	71	91	52%
Strelzow 2021	40	79	90	23%
RESULTATS DES ORFI VS TEA				
Schindelar 2019	1216 (766 vs 450)	74 vs 75	82 vs 88	17% vs 25%
Baik et Al 2020	71 (28 vs 43)	77,8	94 vs 81	46% vs 32%
Lopiz 2021	24 (13 vs 11)	79 vs 82	83 vs 71	23% vs 63%

Tableau 14 : montrant une comparaison des chiffres de notre étude avec ceux de la littérature :

CONCLUSION

Les fractures de la palette humérale chez les sujets plus de 65 ans sont de plus en plus fréquentes, ceci est en rapport avec l'augmentation d'espérance de vie ainsi que la prévalence d'ostéoporose.

Si le diagnostic est actuellement est plus aisé vu l'innovation de l'imagerie (TDM avec reconstruction 2D, 3D...), la prise en charge reste toujours un casse-tête même pour les chirurgiens expérimentés.

Obtenir un coude stable, indolore et fonctionnel (arc de mobilité entre 30°-130°) chez une telle population souvent multi tarées avec une mauvaise observance des programmes de rééducation postopératoire est un vrai challenge

Le traitement orthopédique est abandonné, hormis pour certaines fractures non déplacées, ainsi que chez les patients qui présentent un risque opératoire important et une demande fonctionnelle limitée.

Le traitement conservateur par double plaque est le gold standard universel.

La supériorité du montage parallèle par rapport au montage perpendiculaire prouvée par le nombre élevé des études biomécaniques et cliniques aussi bien l'utilisation des plaques anatomiques pré-moulée et verrouillée permettent d'avoir plus de stabilité du foyer fracturaire et de commencer la rééducation dans les brefs délais.

Les patients doivent en être informés avant l'intervention des éventuelles complications qui peuvent dépasser le un tiers des cas.

L'arthroplastie continue toujours à se développer tout en présentant des scores fonctionnels très encourageants et des taux de complication faibles mais difficile à prendre en charge.

RESUMES

Résumé :

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus chez les personnes âgées sont un challenge en raison de leur complexité fréquente et de l'ostéoporose qui les accompagne. La stabilisation du matériel est cruciale pour permettre une récupération précoce de la mobilité.

Notre objectif est d'évaluer les résultats fonctionnels et les complications du traitement chirurgical conservateur des fractures de l'extrémité distale de l'humérus chez les patients âgés de plus de 65 ans.

Nous avons mené une série rétrospective incluant 18 patients (2005–2023) ayant en moyenne 73.1 ans (âge compris entre 65 ans et 89 ans). Nous avons classé les fractures selon la classification de l'AO et tous les patients ont subi une réduction ouverte suivie d'une ostéosynthèse interne, avec une approche trans-olécranienne dans 61%. La période d'immobilisation moyenne du coude était de 4 semaines pour la plupart des patients. Une évaluation régulière clinique et radiologique a été réalisée, avec un suivi moyen de 41 mois après la chirurgie. Les résultats fonctionnels ont été évalués selon le score de la Mayo Clinic. Nous avons observé que les fractures articulaires étaient les plus fréquentes, avec les résultats fonctionnels les plus défavorables associés à une immobilisation prolongée du coude. Nous avons également rencontré des complications telles que des infections, des pseudarthroses, des démontages de l'ostéosynthèse et des dysesthésies dans le territoire du nerf ulnaire. La raideur du coude était la complication la plus courante, nécessitant dans certains cas une arthrolyse chirurgicale. A la révision, la flexion moyenne du coude était de 100° (60°–

140°) et l'extension de -15° (-45° à 0°). Dix patients soit 55,5% des cas, avaient un arc de flexion du coude moyen supérieur à 100° . Le score de Mayo Clinic moyen était à 78 points. Dans le contexte des patients âgés, les fractures de l'extrémité distale de l'humérus, considérées comme des fractures sur un os porotique, demeurent un défi majeur pour les chirurgiens traumatologues. Bien que l'utilisation de la plaque anatomique à vis verrouillée semble offrir de meilleurs résultats, son coût élevé limite sa disponibilité dans notre pratique quotidienne.

Summary:

Fractures of the distal humerus in the elderly pose a challenge due to their frequent complexity and accompanying osteoporosis. Stabilization of equipment is crucial to allow early recovery of mobility. Our objective is to evaluate the functional results and complications of conservative surgical treatment of distal humerus fractures in patients aged over 65 years. We conducted a retrospective series involving 18 patients (2005–2023) with a mean age of 73.1 years (ranging from 65 to 89 years). Fractures were classified according to the AO classification and all patients underwent open reduction followed by internal fixation, with a trans-olecranon approach in 61% of cases. The average duration of elbow immobilization was 4 weeks for most patients. Regular clinical and radiological evaluations were carried out, with an average follow-up of 41 months postoperatively. Functional outcomes were assessed using the Mayo Clinic score. We observed that joint fractures were the most common, with the worst functional outcomes associated with prolonged elbow immobilization. Complications encountered included infections, nonunions, removal of hardware, and dysesthesias of the ulnar nerve territory. Elbow stiffness was the most common complication, sometimes requiring surgical arthrolysis. At follow-up, the average elbow flexion was 100° (ranging from 60° to 140°) and extension was -15° (ranging from -45° to 0°). Ten patients, representing 55.5% of cases, had an average elbow flexion arc greater than 100°. The average Mayo Clinic score was 78 points. In the context of elderly patients, distal humerus fractures, considered fractures on porous bone, remain a major challenge for traumatologists. Although the use of locking anatomical plates seems to

offer better results, their high cost limits their availability in our daily practice.

ملخص

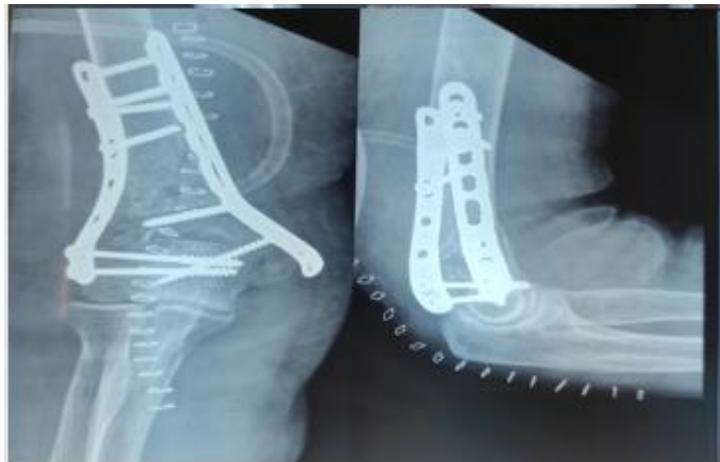
تشكل كسور ريشة العضد البعيدة لدى كبار السن تحديًا نظرًا لتعقيدها المتكرر والهشاشة المرافقة للعظام. يعد استقرار المعدات أمرًا حاسمًا لتمكين الحركة المبكرة للمريض. هدفنا هو تقييم النتائج الوظيفية والمضاعفات للعلاج الجراحي المحافظ لكسور عظم العضد البعيدة لدى المرضى الذين تجاوزوا سن الـ 65 عامًا. أجرينا سلسلة استرجاعية تضمنت 18 مريضًا (2005-2023) يبلغ متوسط أعمارهم 73.1 عامًا) متراوحة بين 65 و 89 عامًا. (تم تصنيف الكسور وفقًا لتصنيف AO وخضع جميع المرضى للتدخل المفتوح تلاه التثبيت الداخلي، بتبعية نهج عبر الزج في 61% من الحالات. كانت متوسط مدة تثبيت المرفق 4 أسابيع بالنسبة لمعظم المرضى. تم إجراء تقييمات سريرية وإشعاعية منتظمة، مع متابعة متوسطة لمدة 41 شهرًا بعد الجراحة. تم تقييم النتائج الوظيفية باستخدام نقاط عيادة مايو. لاحظنا أن كسور المفاصل كانت الأكثر شيوعًا، وكانت أسوأ النتائج الوظيفية مرتبطة بتثبيت المرفق لفترة طويلة. وتضمنت المضاعفات التي مواجهتها الالتهابات وعدم التوحد وإزالة الأجهزة وخلل الحس في منطقة العصب الزندي. كان تصلب المرفق هو المضاعفات الأكثر شيوعًا، وتطلب أحيانًا عملية تحليل مفصل جراحية. في المتابعة، كان متوسط انحناء المرفق 100 درجة) متراوحة بين 60 و 140 درجة (وكان التمديد 15- درجة) متراوحة بين- 45 و 0 درجة. (كان لدى 10 مرضى، ويمثلون 55.5% من الحالات، متوسط قوس انحناء المرفق أكبر من 100 درجة. كان متوسط نقاط مايو كلينيك 78 نقطة. في سياق المرضى المسنين، تظل كسور عظم العضد البعيدة، التي تعتبر كسورًا على العظام المسامية، تحديًا كبيرًا لأطباء الرضوح. على الرغم من أن استخدام الصفائح التشريحية المقفلة يبدو أنه يقدم نتائج أفضل، إلا أن تكلفتها العالية تحد من توفرها في ممارستنا اليومية.

ICONOGRAPHIE

1^{er} cas :



Fracture extra articulaire type A selon la classification de l'AO :



Ostéosynthèse par double plaque parallèle (plaque LECESTRE en externe et plaque anatomique pré moulée verrouillée en interne) :



Résultat très satisfaisant (flexion, extension et pronosupination) avec bonne cicatrisation après 4mois d'évolution :

2ème cas :



Fracture articulaire complexe stade C selon la classification de l'AO

2 Radios standard à gauche et scanner 3D à droite :



Ostéosynthèse par double plaque parallèle avec simplification initiale par
vissage épiphysaire direct et embrochage haubanage finale de
l'olécranotomie :

BIBLIOGRAPHIE

1. Galano GJ, Ahmad CS, Levine WN. Current treatment strategies for bicolunar distal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* janv 2010;18(1):20-30.
2. Sudah SY, Puzzitiello RN, Nasra MH, Moverman MA, Pagani NR, Guss MS, Menendez ME. Nonoperative treatment of distal humerus fractures in the elderly yields satisfactory functional outcomes and low conversion to delayed surgery: a systematic review. *JSES Rev Rep Tech.* 12 nov 2021;2(1):96-102.
3. Lauder A, Richard MJ. Management of distal humerus fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* juill 2020;30(5):745-62.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Lauder A, Richard MJ. Management of distal humerus fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* juill 2020;30(5):745-62.
8. Stein J, Murthi AM. Current concepts in elbow kinematics and biomechanics: Current Opinion in Orthopaedics. août 2005;16(4):276-9.
9. Ennis O, Miller D, Kelly CP. (v) Fractures of the adult elbow. *Current*

- Orthopaedics. avr 2008;22(2):111-31.
10. Kamina P. Précis d'anatomie clinique, tome 1 : Anatomie générale – Organogénèse des membres – Membre supérieur – Membre inférieur. Maloine; 2002. 573 p.
 11. Chin K, Hussain S, Mazis G, Arya A. Clinical anatomy and biomechanics of the elbow. J Clin Orthop Trauma. sept 2021;20:101485.
 12. Atlas Netter d'anatomie humaine | Livre + Compl. | 9782294773693 [Internet]. Elsevier Masson SAS. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.elsevier-masson.fr/atlas-netter-danatomie-humaine-9782294773693.html>
 13. Masson E. Luxations du coude [Internet]. EM-Consulte. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/223634>
 14. Takigawa N, Ryu J, Kish VL, Kinoshita M, Abe M. Functional anatomy of the lateral collateral ligament complex of the elbow: morphology and strain. J Hand Surg Br. mai 2005;30(2):143-7.
 15. Tashjian RZ, éditeur. The Unstable Elbow [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2017 [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-46019-2>
 16. Pollock JW, Brownhill J, Ferreira L, McDonald CP, Johnson J, King G. The effect of anteromedial facet fractures of the coronoid and lateral collateral ligament injury on elbow stability and kinematics. J Bone Joint Surg Am. juin 2009;91(6):1448-58.
 17. Sanchez-Sotelo J, O'Driscoll SW, Morrey BF. Anteromedial fracture of the coronoid process of the ulna. J Shoulder Elbow Surg. 2006;15(5):e5-8.
 18. Hull JR, Owen JR, Fern SE, Wayne JS, Boardman ND. Role of the coronoid

- process in varus osteoarticular stability of the elbow. J Shoulder Elbow Surg. 2005;14(4):441-6.
19. Hotchkiss RN, Weiland AJ. Valgus stability of the elbow. J Orthop Res. 1987;5(3):372-7.
 20. Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2009657/>
 21. Biomechanical evaluation of the medial collateral ligament of the elbow – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9278083/>
 22. Biomechanics of elbow instability: the role of the medial collateral ligament – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7371268/>
 23. Functional anatomy of the elbow joint and three-dimensional quantitative motion analysis of the elbow joint – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/512435/>
 24. Dunning CE, Zarzour ZD, Patterson SD, Johnson JA, King GJ. Ligamentous stabilizers against posterolateral rotatory instability of the elbow. J Bone Joint Surg Am. déc 2001;83(12):1823-8.
 25. Functional anatomy of the ligaments of the elbow – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4064425/>
 26. The effect of arthroscopic sectioning of the lateral ligament complex of the elbow on posterolateral rotatory stability – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15889029/>

27. Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6638246/>
28. Radiohumeral stability to forced translation: an experimental analysis of the bony constraint – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11988728/>
29. Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2009657/>
30. Morrey BF, An KN. Functional anatomy of the ligaments of the elbow. Clin Orthop Relat Res. déc 1985;(201):84-90.
31. Morrey BF, An KN. Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint. Am J Sports Med. 1983;11(5):315-9.
32. Functional anatomy of the flexor pronator muscle group in relation to the medial collateral ligament of the elbow – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7778713/>
33. Cohen MS, Hastings HI. Rotatory Instability of the Elbow. The Anatomy and Role of the Lateral Stabilizers*. JBJS. févr 1997;79(2):225.
34. Ring D, Jupiter JB. Fracture–dislocation of the elbow. J Bone Joint Surg Am. avr 1998;80(4):566-80.
35. Fractures et lésions articulaires traumatiques. Adaptation française d'après le quatrième édition anglaise par le professeur J. Roussel. Volume I. by WATSON–JONES, Sir Reginald.: (1957) | Bouquinerie du Varis [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.abebooks.com/Fractures–l%C3%A9sions–articulaires–>

traumatiques-Adaptation-fran%C3%A7aise/20684763097/bd

36. Posterolateral rotatory instability of the elbow | Bone & Joint [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://boneandjoint.org.uk/Article/10.1302/0301-620X.90B3.19868>
37. Chemama B, Bonnevalle N, Peter O, Mansat P, Bonnevalle P. Terrible triad injury of the elbow: how to improve outcomes? Orthop Traumatol Surg Res. avr 2010;96(2):147-54.
38. Passive motion of the elbow joint – PubMed [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1270470/>
39. An KN, Kwak BM, Chao EY, Morrey BF. Determination of muscle and joint forces: a new technique to solve the indeterminate problem. J Biomech Eng. nov 1984;106(4):364-7.
40. Kapandji – The Physiology of The Joints, Volume 2 – The Lower Limb, 2011 PDF | PDF | Knee | Anatomical Terms Of Motion [Internet]. [cité 12 mai 2024]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/389931933/Kapandji-The-Physiology-of-the-Joints-Volume-2-The-Lower-Limb-2011-pdf>
41. Stein J, Murthi AM. Current concepts in elbow kinematics and biomechanics. Current Opinion in Orthopaedics. août 2005;16(4):276-9.
42. Geometry of the humeroulnar joint – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3171770/>
43. 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.
44. Rose SH, Melton LJ, Morrey BF, Ilstrup DM, Riggs BL. Epidemiologic

- features of humeral fractures. Clin Orthop Relat Res. août 1982;(168):24-30.
45. [Comminuted intra-articular fractures of the distal humerus in elderly patients] – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18513575/>
46. Ducrot G, Ehlinger M, Adam P, Di Marco A, Clavert P, Bonnomet F. Complex fractures of the distal humerus in the elderly: is primary total elbow arthroplasty a valid treatment alternative? A series of 20 cases. Orthop Traumatol Surg Res. févr 2013;99(1):10-20.
47. Lópiz Y. Results after internal fixation of humerus distal fractures in patients aged over 65 years. Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (English Edition) [Internet]. 1 janv 2014 [cité 13 mai 2024]; Disponible sur: https://www.academia.edu/106011369/Results_after_internal_fixation_of_humerus_distal_fractures_in_patients_aged_over_65_years
48. Saragaglia D, Rouchy RC, Mercier N. Fractures of the distal humerus operated on using the Lambda® plate: Report of 75 cases at 9.5 years follow-up. Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research. 1 oct 2013;99(6):707-12.
49. Pidhorz L, Alligand-Perrin P, De Keating E, Fabre T, Mansat P, SoFCOT la. Fracture de l'humérus distal chez le sujet âgé : le traitement conservateur a-t-il toujours sa place ? Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique. 1 déc 2013;99(8):739-44.
50. Distal humerus fracture in patients over 70 years of age: results of open reduction and internal fixation – PubMed [Internet]. [cité 13 mai

- 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33151362/>
51. Outcomes of distal humerus fractures in patients above 65 years of age treated by plate fixation – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24119369/>
52. Distal humerus fractures in patients over 65: Complications – ScienceDirect [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705681300220X?via%3Dihub>
53. Osteoporosis: a lifecourse approach – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24861883/>
54. Secular trends in distal humeral fractures of elderly women: nationwide statistics in Finland between 1970 and 2007 – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19945550/>
55. Singer BR, McLauchlan GJ, Robinson CM, Christie J. Epidemiology of fractures in 15,000 adults: the influence of age and gender. *J Bone Joint Surg Br.* mars 1998;80(2):243-8.
56. Palvanen M, Kannus P, Parkkari J, Pitkälä T, Pasanen M, Vuori I, Järvinen M. The injury mechanisms of osteoporotic upper extremity fractures among older adults: a controlled study of 287 consecutive patients and their 108 controls. *Osteoporos Int.* 2000;11(10):822-31.
57. Masson E. Impact du recours systématique au médecin traitant sur la réalisation d'une densitométrie osseuse et la mise en route d'un traitement après la survenue d'une fracture à bas niveau d'énergie dépistée dès les urgences. Étude prospective monocentrique sur 434 patients suivis six mois [Internet]. EM-Consulte. [cité 13 mai 2024].

Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/856162/references/impact-du-recours-systematique-au-medecin-traitant>

58. Doursounian L, Prevot O, Touzard RC. [Osteosynthesis by tension band wiring of displaced fractures of the olecranon]. *Ann Chir.* 1994;48(2):169-77.
59. Adult distal humeral metaphyseal fractures: epidemiology and results of treatment – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12499966/>
60. Le traitement chirurgical des fractures de la palette humérale chez l'adulte [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.panafrican-med-journal.com/content/article/26/79/full/>
61. Articular fractures of the distal part of the humerus – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12571299/>
62. Brouwer KM, Bolmers A, Ring D. Quantitative 3-dimensional computed tomography measurement of distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* juill 2012;21(7):977-82.
63. Brouwer KM, Bolmers A, Ring D. Quantitative 3-dimensional computed tomography measurement of distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* juill 2012;21(7):977-82.
64. Two and three-dimensional computed tomography for the classification and management of distal humeral fractures. Evaluation of reliability and diagnostic accuracy – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16882904/>

65. Regan WD, Korinek SL, Morrey BF, An KN. Biomechanical study of ligaments around the elbow joint. Clin Orthop Relat Res. oct 1991;(271):170-9.
66. Bégué T. Fractures articulaires de l'extrémité distale de l'humérus. In: Hutten D, éditeur. Conférences D'enseignement 2013 [Internet]. Paris: Elsevier Masson; 2013 [cité 13 mai 2024]. p. 67-77. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9782294735424000061>
67. The ulnar collateral ligament of the human elbow joint. Anatomy, function and biomechanics – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2050566/>
68. Biomechanical evaluation of the medial collateral ligament of the elbow – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9278083/>
69. Safran M, Ahmad CS, Elattrache NS. Ulnar collateral ligament of the elbow. Arthroscopy. nov 2005;21(11):1381-95.
70. Anatomic and histologic studies of lateral collateral ligament complex of the elbow joint – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10633901/>
71. Floris S, Olsen BS, Dalstra M, Sjøbjerg JO, Sneppen O. The medial collateral ligament of the elbow joint: anatomy and kinematics. J Shoulder Elbow Surg. 1998;7(4):345-51.
72. Functional anatomy of the ligaments of the elbow – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4064425/>

73. Søjbjerg JO, Ovesen J, Gundorf CE. The stability of the elbow following excision of the radial head and transection of the annular ligament. An experimental study. Arch Orthop Trauma Surg (1978). 1987;106(4):248-50.
74. Dubberley JH, Faber KJ, Macdermid JC, Patterson SD, King GJW. Outcome after open reduction and internal fixation of capitellar and trochlear fractures. J Bone Joint Surg Am. janv 2006;88(1):46-54.
75. Loisel F, Amar Y, Rochet S, Obert L. Distal humerus fracture in older patients: ORIF vs. total elbow arthroplasty. Orthop Traumatol Surg Res. févr 2024;110(1S):103759.
76. 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.
77. Fractures et lésions articulaires traumatiques. Adaptation française d'après le quatrième édition anglaise par le professeur J. Roussel. Volume I. by WATSON-JONES, Sir Reginald.: (1957) | Bouquinerie du Varis [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.abebooks.com/Fractures-l%C3%A9sions-articulaires-traumatiques-Adaptation-fran%C3%A7aise/20684763097/bd>
78. Intercondylar T fractures of the humerus in the adult. A comparison of operative and non-operative treatment in twenty-nine cases - PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5762707/>
79. Decoulx P, Ducloux M, Hespeel J, Decoulx J. [FRACTURES OF THE LOWER EXTREMITY OF THE HUMERUS IN ADULTS (152 CASES)]. Rev Chir

- Orthop Reparatrice Appar Mot. 1964;50:263-73.
80. 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.
81. [Severe fractures of the lower end of the humerus in adults (author's transl)] – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/156383/>
82. [Distal humeral fracture in adults: functional evaluation and measurement of isometric strength] – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9587620/>
83. 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. 1 janv 2018;28(1):23-7.
84. Sudah SY, Puzzitiello RN, Nasra MH, Moverman MA, Pagani NR, Guss MS, Menendez ME. Nonoperative treatment of distal humerus fractures in the elderly yields satisfactory functional outcomes and low conversion to delayed surgery: a systematic review. JSES Reviews, Reports & Techniques. 1 févr 2022;2(1):96-102.
85. Zagorski JB, Jennings JJ, Burkhalter WE, Uribe JW. Comminuted intraarticular fractures of the distal humeral condyles. Surgical vs. nonsurgical treatment. Clin Orthop Relat Res. janv 1986;(202):197-204.
86. Intercondylar T fractures of the humerus in the adult. A comparison of operative and non-operative treatment in twenty-nine cases – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5762707/>

87. Lecestre P, Dupont JY, Lortat Jacob A, Ramadier JO. [Severe fractures of the lower end of the humerus in adults (author's transl)]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1979;65(1):11-23.
88. [Comminuted intra-articular fractures of the distal humerus in elderly patients] - PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18513575/>
89. Short-Term Complications of Distal Humerus Fractures in Elderly Patients: Open Reduction Internal Fixation Versus Total Elbow Arthroplasty - Andrew J. Lovy, Aakash Keswani, Steven M. Koehler, Jaehon Kim, Michael Hausman, 2016 [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2151458516630030>
90. Cheung EV, Steinmann SP. Surgical approaches to the elbow. J Am Acad Orthop Surg. mai 2009;17(5):325-33.
91. Morrey's The Elbow and Its Disorders - 5th Edition | Elsevier Shop [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://shop.elsevier.com/books/morreys-the-elbow-and-its-disorders/morrey/978-0-323-34169-1>
92. Masson E. Voies d'abord du coude [Internet]. EM-Consulte. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/17897/voies-d-abord-du-coude>
93. Miquel Sales J. Atlas de osteosíntesis fracturas de los huesos largos, vías de acceso quirúrgico. 2a. ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2009. 2 p.
94. Smith FM. Surgery of the elbow,. 2nd Edition. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1972. 340 p.

95. Surgical Approaches to the Elbow | Clinical Gate [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://clinicalgate.com/surgical-approaches-to-the-elbow/>
96. Campbell, W.C. (1932) Incision for Exposure of the Elbow Joint. The American Journal of Surgery, 15, 65–67. – References – Scientific Research Publishing [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1563560>
97. Alonso–Llames M. Bilateral tricipital approach to the elbow. Its application in the osteosynthesis of supracondylar fractures of the humerus in children. Acta Orthop Scand. 1972;43(6):479-90.
98. Gschwend N. Our operative approach to the elbow joint. Arch Orthop Trauma Surg (1978). 1981;98(2):143-6.
99. PROGRESS IN ORTHOPEDIC SURGERY FOR 1940: A REVIEW PREPARED BY AN EDITORIAL BOARD OF THE AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS | JAMA Surgery | JAMA Network [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/article-abstract/545449>
100. Wadsworth TG. A modified posterolateral approach to the elbow and proximal radioulnar joints. Clin Orthop Relat Res. oct 1979;(144):151-3.
101. Morrey's The Elbow and Its Disorders – 5th Edition | Elsevier Shop [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://shop.elsevier.com/books/morreys-the-elbow-and-its-disorders/morrey/978-0-323-34169-1>
102. Bryan RS, Morrey BF. Extensive posterior exposure of the elbow. A triceps–sparing approach. Clin Orthop Relat Res. juin 1982;(166):188-92.

103. The osteo-anconeus flap. An approach for total elbow arthroplasty – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2355029/>
104. Morrey BF, Sanchez-Sotelo J. Approaches for elbow arthroplasty: how to handle the triceps. J Shoulder Elbow Surg. mars 2011;20(2 Suppl):S90–96.
105. One-third tubular-hook-plate osteosynthesis for olecranon osteotomies in distal humerus type-C fractures: a preliminary report of results and complications – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21782172/>
106. (PDF) Anatomy of the elbow joint and surgical approche [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/200151740_Anatomy_of_the_elbow_joint_and_surgical_approche
107. Intercondylar fractures of the humerus. An operative approach – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3968114/>
108. Healing rate of transverse osteotomies of the olecranon used in reconstruction of distal humerus fractures – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8925380/>
109. [Olecranon osteotomy in the treatment of distal humeral fractures in adults: anatomical and functional evaluation of the elbow in 14 cases] – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19231270/>
110. Riseborough EJ, Radin EL. Intercondylar T fractures of the humerus in

- the adult. A comparison of operative and non-operative treatment in twenty-nine cases. *J Bone Joint Surg Am.* janv 1969;51(1):130-41.
111. Critical analysis of triceps-reflecting anconeus pedicle (TRAP) approach for operative management of intra-articular distal humerus fractures | Request PDF [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/257436157_Critical_analysis_of_triceps-reflecting_anconeus_pedicle_TRAP_approach_for_operative_management_of_intra-articular_distal_humerus_fractures
112. The triceps-reflecting anconeus pedicle (TRAP) approach for distal humeral fractures and nonunions – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10629335/>
113. Saragaglia D, Rouchy RC, Mercier N. Fractures of the distal humerus operated on using the Lambda® plate: report of 75 cases at 9.5 years follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res.* oct 2013;99(6):707-12.
114. One-third tubular-hook-plate osteosynthesis for olecranon osteotomies in distal humerus type-C fractures: a preliminary report of results and complications – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21782172/>
115. Korner J, Diederichs G, Arzdorf M, Lill H, Josten C, Schneider E, Linke B. A biomechanical evaluation of methods of distal humerus fracture fixation using locking compression plates versus conventional reconstruction plates. *J Orthop Trauma.* 2004;18(5):286-93.
116. Manuel d'ostéosynthèse: technique AO [Manual der Osteosynthese]. M.E. Müller ... – Maurice Edmond Müller, Martin Allgöwer, Hans

Willenegger – Google Livres [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur:
https://books.google.co.ma/books/about/Manuel_d_ost%C3%A9osynth%C3%A8se.html?hl=fr&id=GMhIQwAACAAJ&redir_esc=y

117. Optimizing stability in distal humeral fracture fixation – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15726080/>

118. Comparison of distal humerus fracture fixation: a biomechanical study – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9434244/>

119. A comparison between orthogonal and parallel plating methods for distal humerus fractures: a prospective randomized trial – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23921559/>

120. Biomechanical comparison of anatomical plating systems for comminuted distal humeral fractures | International Orthopaedics [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00264-017-3444-z>

121. Parallel versus orthogonal plate osteosynthesis of adult distal humerus fractures: a meta-analysis of biomechanical studies – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29679109/>

122. Parallel Plating of Simulated Distal Humerus Fractures Demonstrates Increased Stiffness Relative to Orthogonal Plating With a Distal Humerus Locking Plate System – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26529123/>

123. Helical plating for a re–nonunion and a peri–implant fracture after humeral intramedullary nailing: A report of two cases – PMC [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9486657/>
124. Open intercondylar fractures of the distal humerus: Management using a mini–external fixator construct – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18342548/>
125. Bégué T. Articular fractures of the distal humerus. Orthop Traumatol Surg Res. févr 2014;100(1 Suppl):S55–63.
126. Masson E. Fractures de la palette humérale de l’adulte [Internet]. EM–Consulte. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/938788/fractures-de-la-palette-humerale-de-l-adulte>
127. A modified posterolateral approach to the elbow and proximal radioulnar joints – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/535216/>
128. PROGRESS IN ORTHOPEDIC SURGERY FOR 1940: A REVIEW PREPARED BY AN EDITORIAL BOARD OF THE AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS | JAMA Surgery | JAMA Network [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/article-abstract/545449>
129. Extensive posterior exposure of the elbow. A triceps–sparing approach – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7083671/>
130. The osteo–anconeus flap. An approach for total elbow arthroplasty –

- PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2355029/>
131. Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9199378/>
132. Rééducation de l'appareil locomoteur. Tome 2 | Livre | 9782294715044 [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.elsevier-masson.fr/reeducation-de-lappareil-locomoteur-tome-2-9782294715044.html>
133. Place de la prothèse totale de coude en traumatologie – EM consulte [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/928719/references/place-de-la-prothese-totale-de-coude-en-traumatolo>
134. A clinically applicable fracture classification for distal humeral fractures – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16979057/>
135. Fractures of the distal humerus operated on using the Lambda® plate: report of 75 cases at 9.5 years follow-up – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24029585/>
136. Hannouche D, Bégué T. Functional anatomy of the lateral collateral ligament complex of the elbow. Surg Radiol Anat. 1999;21(3):187-91.
137. Functional anatomy of the lateral collateral ligament complex of the elbow: morphology and strain – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15757766/>
138. Functional anatomy of the ligaments of the elbow – PubMed [Internet].

[cité 13 mai 2024]. Disponible sur:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4064425/>

139. Adult distal humeral metaphyseal fractures: epidemiology and results of treatment – PubMed [Internet]. [cité 13 mai 2024]. Disponible sur:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12499966/>

140. Loisel F, Amar Y, Rochet S, Obert L. Distal humerus fracture in older patients: ORIF vs. total elbow arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res.* févr 2024;110(1S):103759.