

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



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

Année 2022

Thèse N° 031/22

FRACTURE-LUXATION DU COUDE

(à propos de 25 cas)

THESE

PRESENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 19/01/2022

PAR

Mr.BERRADA Yassine

Né le 09 Avril 1997 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS :

Fracture - Luxation - Coude - Ostéosynthèses - Rééducation

JURY

M. EL MRINI ABDELMAJID	PRÉSIDENT
Professeur de Traumatologie-orthopédie	
M. EL IBRAHIMI ABDELHALIM.....	RAPPORTEUR
Professeur de Traumatologie-orthopédie	
Mme. ATARRAF KARIMA.....	} JUGES
Professeur de Chirurgie pédiatrique	
M. EL IDRISSE MOHAMMED.....	
Professeur Agrégé de Traumatologie-orthopédie	

PLAN

INTRODUCTION	6
MATÉRIELS ET METHODES	8
A. Schéma d'étude.....	9
B. Patients.....	9
I. Critères d'inclusion	9
II. Critères de non inclusion	9
III. Critères d'exclusion	9
C. Variables étudiées	9
RESULTATS	11
A. Épidémiologie	12
I. Age	12
II. Sexe	13
III. Situation socio-économique.....	13
IV. Membre traumatisé	14
B. Étiologie	15
C. Prise en charge	16
I. Diagnostic clinique	16
II. Diagnostic radiologique	17
III. Prise en charge thérapeutique	21
a. Traitement médicamenteux	21
b. Traitement chirurgical	17
c. Rééducation et PEC postopératoire	18
d. Évolution	19
DISCUSSION	28
A. Rappel anatomique du coude	29
I. Ostéologie	29
a. L'extrémité distale de l'humérus.....	29

b. Extrémité supérieure du radius	33
c. Extrémité supérieure de l'ulna	35
II. Éléments de stabilité du coude	35
a. Stabilisateurs statiques	35
1. Articulation huméro–ulnaire	35
2. Articulation huméro–radiale	36
3. Capsule articulaire	36
4. Ligament collatéral médial.....	37
5. Complexe ligamentaire latéral	38
6. Autres moyens d'union.....	39
b. Stabilité dynamique.....	41
III. Vascularisation et innervation du coude	42
a. Vascularisation.....	42
b. Innervation	43
B. Rappel sur la biomécanique du coude.....	44
I. Introduction	44
II. Stabilité latérale du coude.....	53
III. Complexe ligamentaire collatéral latéral	55
IV. Coronoïde	60
V. Tête radiale et capitulum	61
VI. Stabilité médiale du coude.....	64
C. Rappel physiopathologique	70
I. Définition	70
II. Mécanismes des Luxations.....	70
a. Mécanisme en hyperextension	70
b. Mécanisme en valgus–supination–compression axiale	71
c. Mécanisme en varus–supination–compression axiale	71

d. Mécanisme direct antéropostérieur	72
III. Types de fractures associées	73
a. Fracture de l'olécrane	73
b. Fracture de la coronoïde.....	73
c. Fracture de la tête radiale	75
d. La triade terrible	76
e. Fracture de l'épicondyle médial	77
f. Fracture du condyle latéral	78
D. Étude clinique.....	80
I. Conduite à tenir aux urgences	80
a. Diagnostic clinique	80
1. Interrogatoire	80
2. Inspection	81
3. Palpation.....	81
4. Recherche des Complication	81
b. Imagerie	82
c. Réduction de la luxation	84
II. Classification des fractures associées et CAT.....	88
a. Fracture de la tête radiale.....	88
1. Épidémiologie	88
2. Conduite diagnostique	90
3. Classification.....	91
4. Traitement	93
b. Fracture de l'apophyse coronoïde	97
1. Épidémiologie	97
2. Conduite diagnostic	97
3. Classification.....	98

4. Traitement	101
c. Triade terrible	103
d. Fracture de l'olécrane.....	106
1. Fracture transolécranienne	106
2. Fracture de Monteggia	110
e. Fracture de l'épicondyle médial	116
f. Fracture du condyle externe	116
III. Immobilisation et rééducation	117
IV. Suites opératoires et résultats	119
a. Fractures de la tête radiale	119
b. Fracture de la coronoïde	119
c. Triade terrible	119
d. Fracture de l'olécrane.....	120
V. Lésions associées et complications	121
a. Complications immédiates.....	121
b. Complications secondaires	122
c. Complication tardives	122
CONCLUSION	127
RESUME	129
REFERENCES	135

INTRODUCTION

L'articulation du coude est considéré comme une des articulations les plus congruentes et les plus stables du système musculo–squelettique , conférant à l'avant–bras et à la main une grande mobilité dans l'espace.

Pourtant la luxation du coude reste ; chez l'adulte ; la deuxième luxation la plus fréquente après celle de l'épaule avec une incidence de 6 à 13/100000.

La plupart de ces luxations est dite simple, ne s'associe à aucune fracture de l'extrémité proximale de l'avant–bras et montre généralement de très bon résultat après un traitement orthopédique adapté.

Les fracture–luxation du coude représentant 25% de ces luxation, s'avèrent être plus compliquées à prendre en charge de part la complexité des lésions pouvant être associées et du risque important de morbidité pouvant s'en suivre.

Les luxations du coude peuvent s'associer notamment à des fractures de la tête radiale, des fractures de l'olécrane ou encore à des fractures de l'épitrôchlée ou à l'apophyse coronoïde.

L'association la plus fréquemment observée chez l'adulte étant la luxation postéro–latérale associée à une fracture de la tête radiale.

Il est maintenant acquis qu'une prise en charge optimale à la phase aigue visant la reconvalescence de la fracture complexe en une fracture simple permet d'améliorer le pronostic.

La prise en charge doit en outre porter une attention particulière aux lésions associées mettant en jeu la stabilité et le pronostic fonctionnel du coude.

Notre travail est une analyse rétrospective de 25 cas de luxations fractures du coude, colligés entre 2015 et 2021 au Service de Traumatologie B4 Du CHU HASSAN II, dont le but est d'apporter ; à travers une analyse des résultats de la revue de littérature ; une bonne compréhension des mécanismes lésionnels, des différents types de fracture–luxation ainsi que des potentiels problèmes thérapeutiques pouvant être rencontrés.

MATÉRIELS

ET METHODES

I. Schéma d'étude :

Une étude de cohorte rétrospective portant sur 25 cas hospitalisés au service de traumatologie B4 du CHU HASSAN II de Fès entre 2015 et 2021.

II. Patients :

A. Critères d'inclusion :

Tous les patients pris en charge pour une fracture luxation du coude entre 2015 et 2021 ont été inclus au service de traumatologie B4.

B. Critères de non inclusion :

Les patients présentant une luxation simple sans fracture associée du coude n'ont pas été inclus même si une réinsertion ligamentaire était nécessaire secondairement.

C. Critères d'exclusion :

Les critères d'exclusion étaient :

- Les traumatismes délabrants avec perte de substance osseuse, ou amputation
- Les patients au dossier incomplet (notamment sur l'examen clinique)
- Les patients perdus de vue.

III. Variables étudiées :

- Toutes les informations sur le traumatisme ainsi que les informations sur le patient, La date du traumatisme ainsi que l'âge lors de l'accident était noté. Le recul clinique par rapport à la date de dernière revue clinique du patient par son chirurgien était noté. Les renseignements suivants portant sur le traumatisme ont été consignés :

- Le côté atteint

Le mécanisme de luxation : accident de la voie publique (AVP) ; chute d'une hauteur humaine; chute d'une hauteur élevée de plus de 3 mètres luxation récidivante; accident sportif.

- Le sens du déplacement : antérieur ; antéro–médial ; postérieur ; postéro–latéral ; postéro–médial.

- Les antécédents médico–chirurgicaux du patient, notamment le côté dominant et un antécédent de chirurgie du coude traumatisé ont été recueillis.

- Les fractures associés : Les fracture de la tête radiale; fracture de l'olécrane, fracture de l'épicondyle ; fracture du condyle interne ; fracture de l'apophyse coronoïde.

- lésions associées : lésions osseuse diverse ; lésions nerveuse ; lésions vasculaire ; ouverture cutanée.

RESULTATS

I. Épidémiologie :

Durant notre étude au niveau du service de traumatologie B4 du CHU HASSAN II, et après avoir exclus les fichiers introuvables ou incomplets, nous avons pu sélectionner 25 dossiers de patients ayant été hospitalisés dans notre formation suite à une fracture-luxation du coude. Les données épidémiologiques recueillies sont les suivantes :

A. Age :

Les patients étaient âgés de 19 à 68 ans avec une médiane d'âge à 34 ans et une moyenne d'âge à 39 ans.

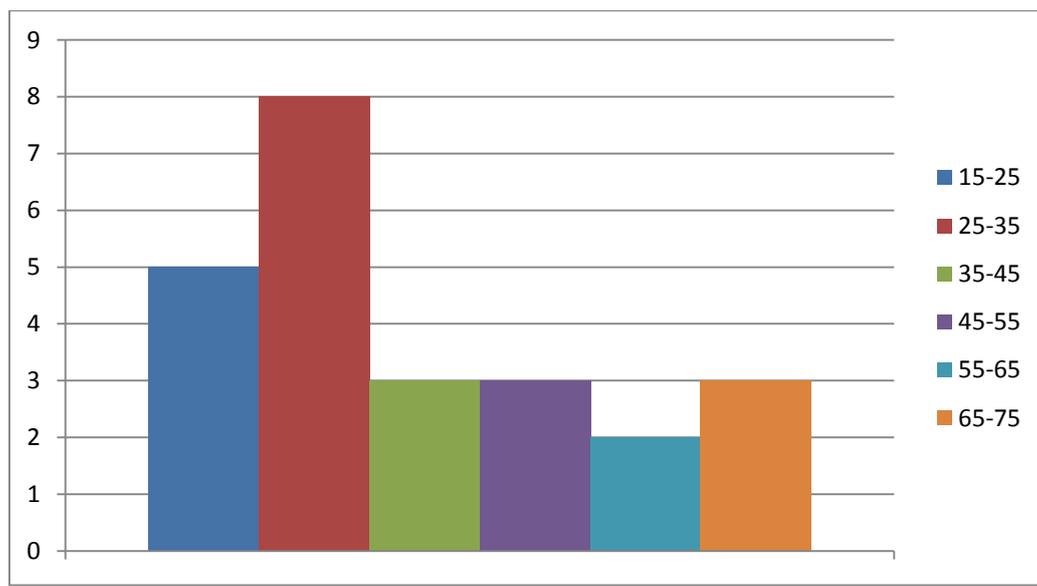


Figure 36 : Graphique décrivant le nombre de cas retrouvés par tranche d'âge.

B. Sexe :

Une nette prédominance masculine a été relevée lors de notre étude avec un sexe–ratio de 1 /5.

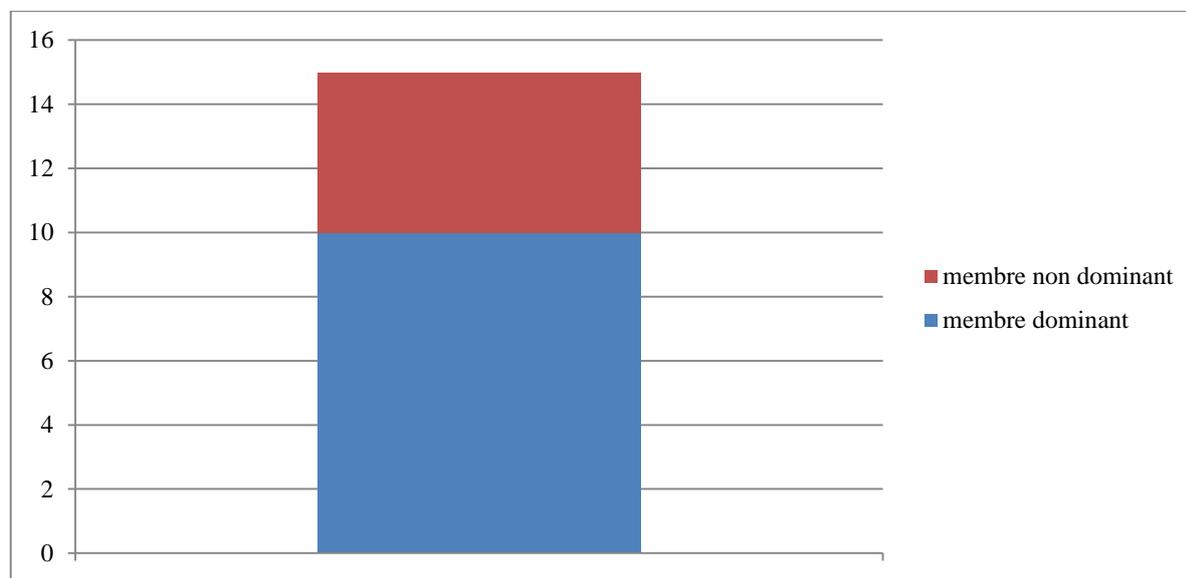


Figure 39 : Graphique montrant la répartition des cas par rapport aux sexes.

3. Situation socio–économique :

La situation socio–économique de la quasi totalité des patients recensés dans notre étude était basse.

4. Membre traumatisé :

Dans la majorité des cas dont les données ont été retrouvées, le membre dominant avait été atteint dans 66.6% des cas.

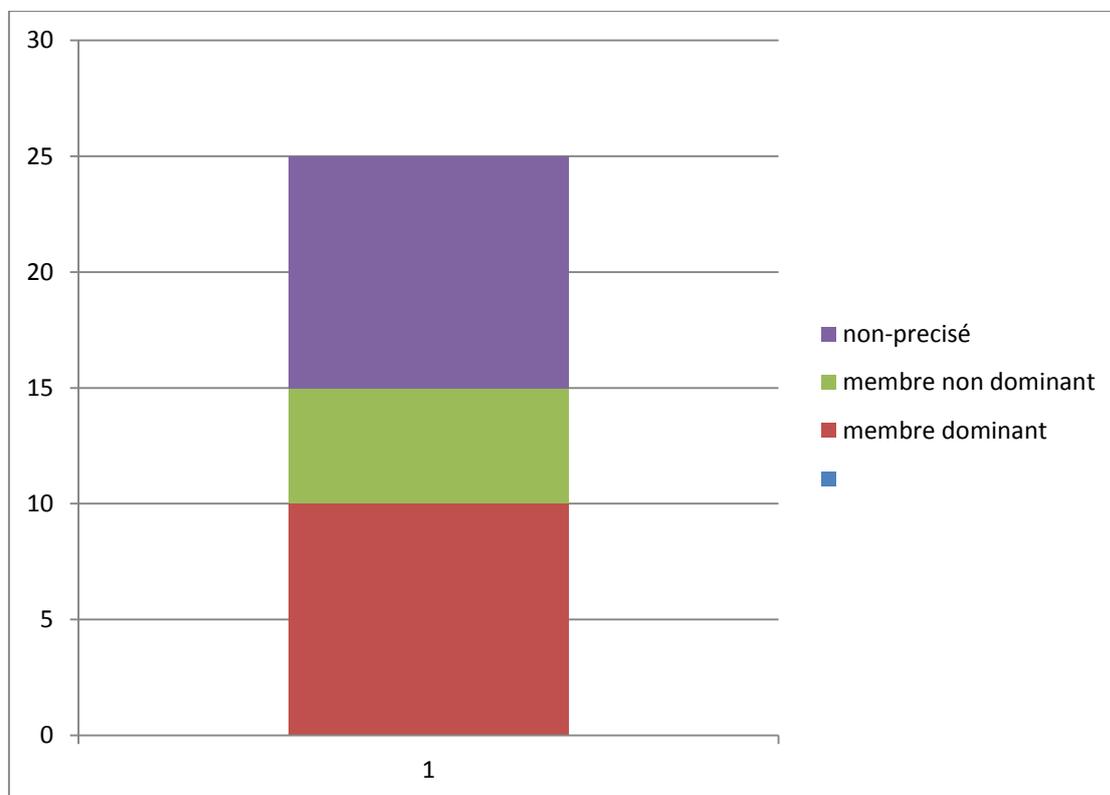


Figure 40 : part des membres dominants atteints

II. Étiologie :

Plusieurs mécanismes lésionnels ont été retrouvés lors de notre étude, la chute de la hauteur humaine reste cependant le mécanisme lésionnel le plus incriminé étant responsable de 40% des fracture-luxations du coude ,suivis des chutes de hauteurs élevées causant 32% des lésions, le reste résultant principalement de traumatismes a hautes intensité dans le cadre d'AVPs 20%, et dans de rare cas d'accidents sportifs 8% .

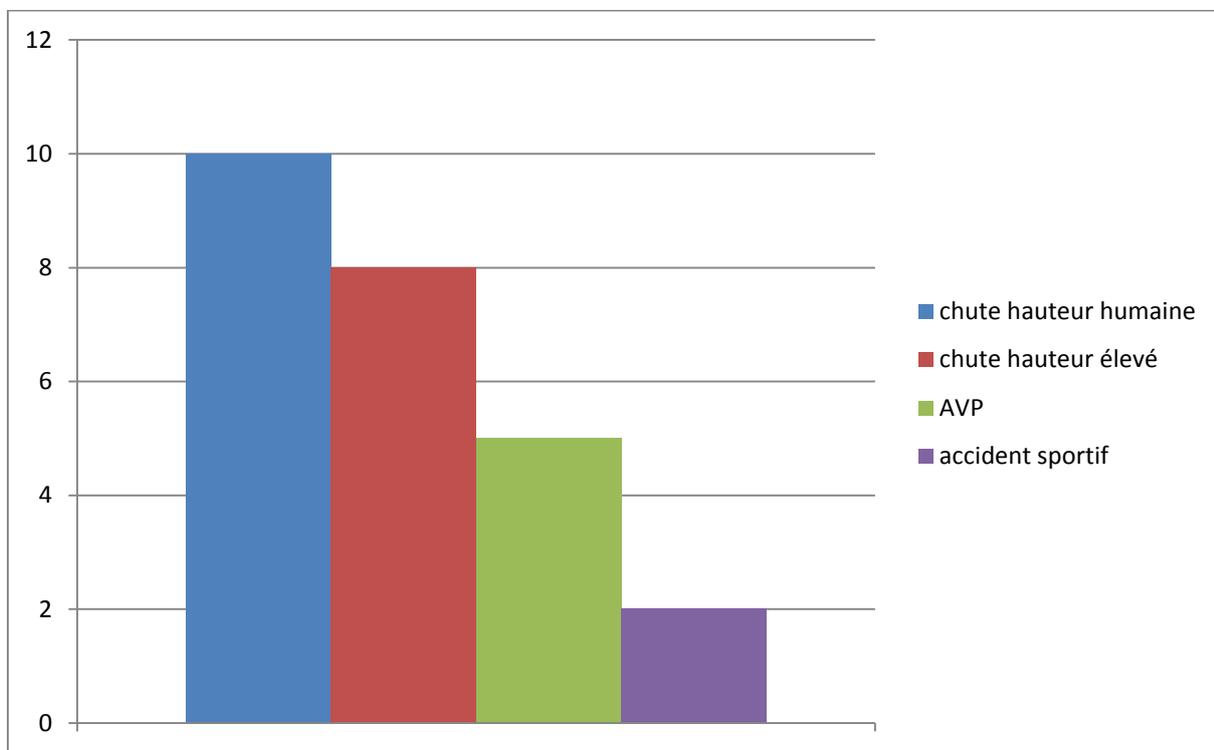


Figure 41 : Graphique montrant le nombre de cas retrouvé par rapport a chaque mécanisme lésionnel.

III. Prise en charge :

La quasi-totalité des patients ont été vus en première approche dans le cadre des urgences puis ont été hospitalisé au service de traumatologie B4 pour complément de prise en charge.

A. Diagnostic clinique :

Après avoir mené un interrogatoire précis a la recherche du mécanisme de la luxation du point d'impact et des potentiels signes cliniques (PCI , vomissement, sensation neurologique ...) : les patients présentaient une douleur accompagnée d'une impotence fonctionnelle ,l'examen clinique avait quant a lui montré la présence d'un coude en semi-flexion à l'inspection ainsi que des ecchymoses cutanées en regard des épicondyles médial et latérale dans certain cas.

À la palpation on retrouvait un coude tuméfié augmenté de volume avec perte des repères anatomiques avec une saillie postérieure de l'olécrane, une cupule radiale superficielle ainsi que le relief de la trochlée en avant.

- Des fractures ouvertes ont été retrouvées dans 12% des cas.
- Des fractures associées (autre localisations que le coude atteint) ont été retrouvées dans 16% des cas.

L'examen vasculaire et neurologique à la recherche de lésions associées notamment d'une atteinte de l'artère humérale ou d'un déficit moteur des fléchisseurs du poignet, des doigts, des muscles intrinsèques de la main, a été le plus souvent normal.

B : Diagnostic radiologique :

Deux incidences orthogonales ; une de face et une de profil ; ont été systématiquement indiquées devant la symptomatologie décrite précédemment et ont pu montrer les différents type de luxations ainsi que les différentes luxations et autres lésions associées.

Les types de luxations les plus souvent retrouvés ont été les luxations postéro–latérales à 64% suivis des luxations postérieure a 24% les luxations antérieures et postéro–médiales ont quant à elles été rares.

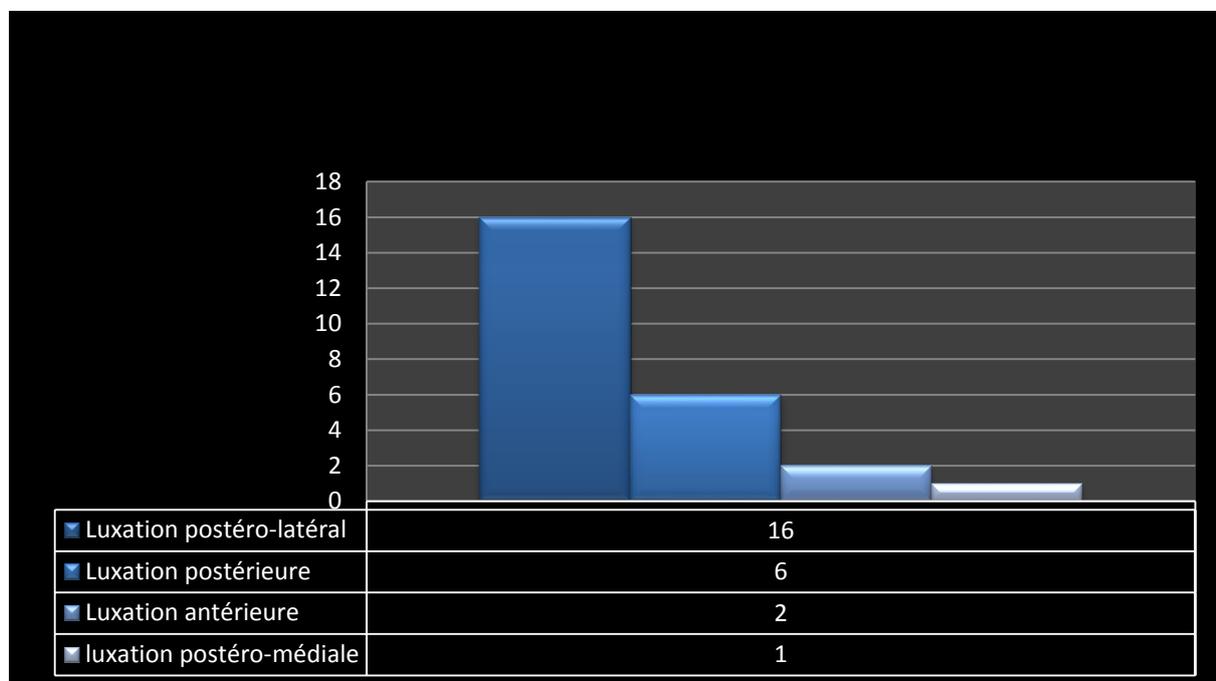


Figure 42 : Graphique montrant le nombre de cas retrouvé par type de luxation.

- les fractures les plus souvent associées ont été les fractures de la tête radiale ayant été retrouvées chez 56% des patients, les fractures de l’olécrane ont été retrouvées chez 28% des patients, les fractures épicondyle/condylienne quant à elles ont été retrouvées chez 16%.

On séparera ci-dessous les Fractures associées en Fracture isolées et fractures combinées

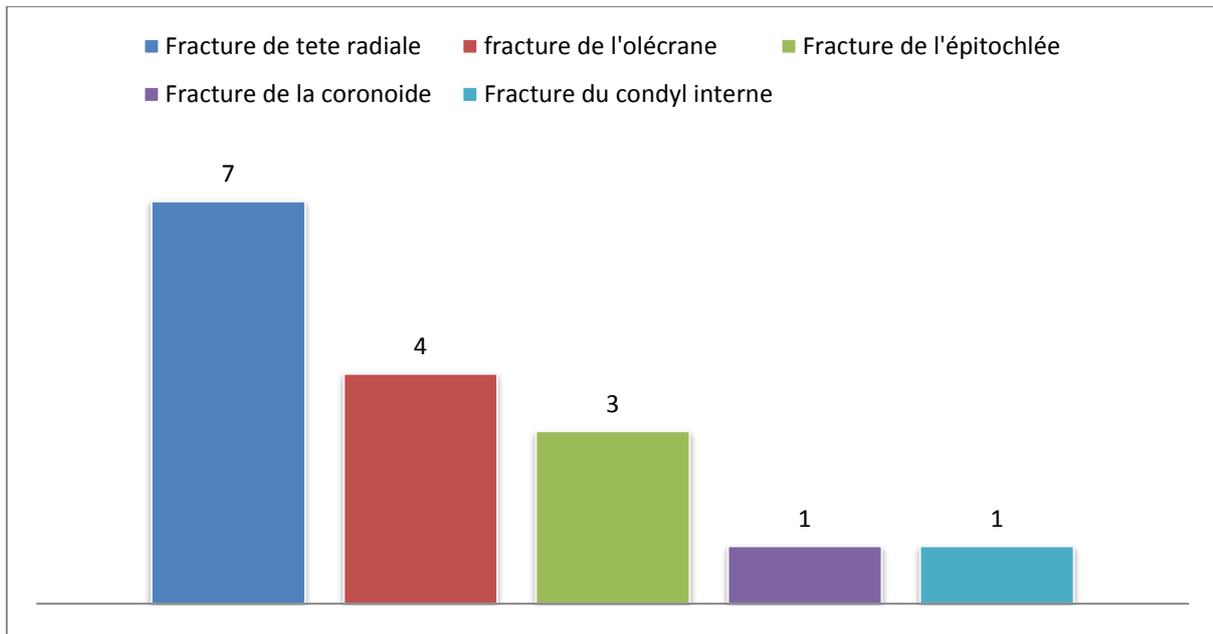


Figure 44 : Graphique montrant les fractures isolées les plus souvent retrouvées.

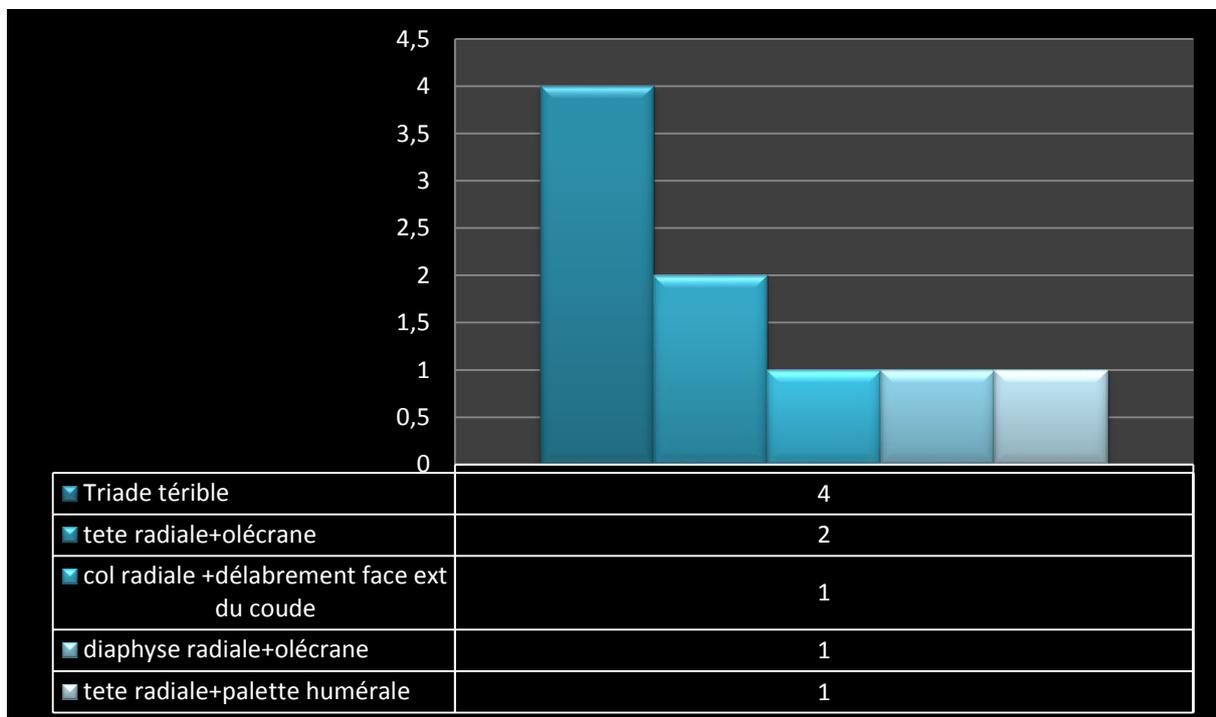


Figure 45 : Graphique montrant les fractures associées les plus fréquentes.



Figure 46 : Radiographie d'un patient présentant une fracture luxation du coude (fracture de la tete radiale) radiographie appartenant a l'iconographie du service de traumatologie B4 du CHU HASSAN 2 de Fès.



Figure 47 : Radiographie standard montrant un patient recu pour dracture de la tete radiale de type 4 de Masson
Radiographie appartenant a l'iconographie du service de traumatologie B4 du CHU HASSAN 2 de Fès.



Tomodensitométrie de la fracture luxation montré dans la figure précédente après réduction de la luxation
TDM appartenant à l'iconographie du service de Traumatologie B4 du CHU HASSAN II de FES

C. Prise en charge thérapeutique :

Une prise en charge rapide et optimale est nécessaire afin d'éviter les complications aiguës et tardives, ainsi les objectifs thérapeutiques ont été tout d'abord de proposer une prise en charge à la phase aiguë dont le but est d'éviter les complications préopératoires notamment les complications nerveuses et vasculaires ainsi que de proposer aux patients un traitement antalgique efficace pour lutter contre la douleur. Un traitement chirurgical

Dont le but est d'éviter les complications au long terme ; notamment la raideur et l'instabilité articulaire ; à travers une reconstruction visant le rétablissement de l'anatomie exacte du coude a été par la suite proposé. Enfin une bonne rééducation restera primordiale pour assurer un bon résultat fonctionnel.

1. Traitement médicamenteux :

Le traitement médicamenteux est surtout proposé comme un traitement symptomatique notamment contre la douleur et l'œdème du coude ou pour éviter de potentielles complications infectieuses notamment devant les fractures ouvertes.

Dans notre études les patients avaient bénéficiés d'un traitement antalgique dans le palier avait été déterminé selon l'intensité de la symptomatologie ainsi que d'un traitement anti-inflammatoire à base d'AINS.

Un traitement antibiotique de large spectre à la phase aiguë puis adapté selon l'antibiogramme ainsi qu'une vaccination antitétanique ont été administrés.

2. Traitement chirurgical :

Après diagnostic et identifications des différentes lésions associées, un traitement chirurgical a été proposé à la totalité des patients de notre série.

Les modalités opératoires, techniques opératoires, Voies d'abord préférées, types d'anesthésie ainsi que le matériel utilisé ; ont été sélectionné selon le type de fractures et lésions associées ainsi que de l'état et des antécédents du patient au moment de l'acte ainsi :

Concernant la modalité d'anesthésie : Dans 56% des cas le choix s'était porté sur une anesthésie locale sous bloc pléxique contre 44% des cas ayant été placés sous anesthésie générale, l'anesthésie locale ayant été favorisée surtout dans les cas de fractures de l'olécrane isolées, les cas de fractures de l'épitrôchlée isolées ou alors les fractures de la coronoïde l'anesthésie générale a été quant à elle favorisé lors des triades terribles ou des fractures de la tête radiale comminutives.

Concernant les voies d'abord :

Pour les fracture de la tête radiale la voie d'abord postéro–externe dite de CADENAT a été choisie dans la majorité des cas, à noter que la voie d'abord externe a aussi été choisie dans quelque cas.

Pour les fracture de l'olécrane : la voie d'abord postérieure a été choisie dans la totalité des cas de notre série.

Pour les fractures de l'épitrôchlée la voie d'abord postéro–interne a été choisie.

Pour les fractures du condyle interne : la voie d'abord interne a été choisie.

Pour les fractures de l'olécrane la voie d'abord antérieure a été favorisée.

Pour les fractures de la tête radiale associées à une fracture de l'olécrane une voie d'abord postérieur légèrement latéralisé en externe a été réalisée.

Concernant les techniques d'ostéosynthèse et les moyens de fixations :

Pour les fractures de la tête radiale la résection de la tête radiale a été réalisé dans 55% des cas, le reste ayant été traité par ostéosynthèse à l'aide de mini-vis ou de mini-plaque.

Pour les fractures de l'épitrôchlée deux cas on été traité par vissage directe et un dernier cas par embrochage par 2 broches.

Pour les fractures de l'olécrane 6 patients ont été traité par la mise en place d'un embrochage–haubanage de l'olécrane, un cas de fracture transolécranienne avec fracture comminutive de l'extrémité proximale du cubitus a été quant à lui traité par simplification de la fracture par embrochage puis MEP d'une plaque DCP en externe et MEP d'une plaque 1/3 tube postérieure.

Un cas d'une fracture du condyle interne a été traité par vissage a l'aide d'une seule vis SPG.

La MEP d'une broche 30 en position de réduction (Coude fléchi a 90° et avant-bras en supination) a été réalisée lors d'un cas de fracture isolée de la coronoïde.

La MEP d'un fixateur externe huméro–cubital de type HOFFMAN monoplan avec le coude à 90° a été réalisée associé a une résection de la tête radiale lors d'un cas d'une fracture comminutive de la tête et col radiale avec délabrement de la face externe du coude.



Radiographie standards de la fracture de type 4 de la tete radiale (figure 49) après réduction et vissage de la fracture.

Radiographie appartenant a l'iconographie du service de Traumatologie B4 du CHU HASSAN II de FES.

3. Rééducation et PEC postopératoire :

Afin d'assurer une bonne stabilité postopératoire de l'articulation tout en encourageant une mobilisation précoce du coude, une Immobilisation de 2 à 3 ; semaines selon le contexte et le type de fracture et des résultats de la réparation chirurgicale ; a été prescrite. Une rééducation de 6 à 8 semaine a également été prescrite à la totalité de nos patients afin de récupérer une bonne mobilité ainsi qu'un coude fonctionnel, cependant cette rééducation n'est été que rarement réalisée vu les conditions socio–économiques basses des patients hospitalisés.

D. Évolution :

Le suivis moyens lors de notre étude a été de 22 mois, l'évolution a quant à elle été estimée a travers le calculs des scores de MEPS et du QUICK DASH, démontrant des résultats favorables dans 80%, cependant le nombre élevé des patients perdus de vue rend difficile l'interprétation de ces données.

Les complications tardives ont été majoritairement dominées par la raideur de l'articulation du coude suivis par l'instabilité de l'articulation surtout dans les cas de patients ayant eut une résection de la tête radiale, ainsi qu'un cas d'ostéome para-articulaire retrouvé.

Mayo Elbow Performance Score

Clinician's name (or ref) _____

Patient's name (or ref) _____

Please answer the following questions.

Section 1 - Pain Intensity

None

Mild

Moderate

Severe

Section 2 - Motion

Arc of motion greater than 100 degrees

Arc of motion between 50 and 100 degrees

Arc of motion less than 50 degrees

Section 3 - Stability

Stable

Moderate Instability

Grossly Unstable

Section 4 - Function (Tick as many as able)

Can comb hair

Can eat

Can perform hygiene

Can don shirt

Can don shoe

The Mayo Elbow Score is

To save this data please print or

Nb: This page cannot be saved due to patient data protection so please print the filled in form before closing the window

Interpreting the Mayo Elbow Performance Score

Score greater than 90 Excellent Score 75-89 Good Score 60-74 Fair Score below 60 Poor

Figure 46 : Score de MEPS

Quick DASH						
Veuillez évaluer vos possibilités d'effectuer les activités suivantes au cours des 7 derniers jours en entourant le chiffre placé sous la réponse appropriée						
	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible	
1.	Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
2.	Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)	1	2	3	4	5
3.	Porter des sacs de provisions ou une mallette	1	2	3	4	5
4.	Se laver le dos	1	2	3	4	5
5.	Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
6.	Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule du bras ou de la main. (bricolage, tennis, golf, etc..)	1	2	3	4	5
		Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Extrêmement
7.	Pendant les 7 derniers jours, à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5
		Pas du tout limité	Légèrement limité	Moyennement limité	Très limité	Incapable
8.	Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main?	1	2	3	4	5
Veuillez évaluer la sévérité des symptômes suivants durant les 7 derniers jours. (entourez une réponse sur chacune des lignes)						
		Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
9.	Douleur de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
10.	Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
		Pas du tout perturbé	Un peu perturbé	Moyennement perturbé	Très perturbé	Tellement perturbé que je ne peux pas dormir
11.	Pendant les 7 derniers jours, votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5
Le score QuickDASH n'est pas valable s'il y a plus d'une réponse manquante.						
Calcul du score du QuickDASH = ([somme des n réponses] - 1) X 25, où n est égal au nombre de réponses.						

Figure 47 : Score du quick Dash

DISCUSSION

I. Rappel anatomique du coude :

L'articulation du coude se compose de trois articulations : les articulations huméro–radiale et huméro–ulnaire, et la radio–ulnaire proximale.

Le mouvement de flexion–extension du coude fait intervenir les deux articulations huméro–radiale et huméro–ulnaire. Le mouvement de pronosupination de l'avant–bras quant à lui fait intervenir les articulations radio–ulnaire proximale et huméro–radiale. Ces trois articulations n'ayant qu'une seule cavité articulaire commune ainsi qu'une seule synoviale et le même appareil ligamentaire, elles font donc anatomiquement partie du même complexe fonctionnel.

On passera rapidement en revue les principaux éléments ostéologiques du coude, ainsi que les principaux éléments stabilisateurs en finissant par un rappel sur la vascularisation et l'innervation de cette région.

A. Ostéologie

1. L'extrémité distale de l'humérus :

L'extrémité inférieure de l'humérus, encore appelée palette humérale, possède un aspect en « fourche », composée de deux piliers se terminant en épicondyle latéral et médial. Les deux piliers soutiennent le massif articulaire composé en dehors du condyle (ou capitellum) s'articulant avec la fossette radiale, et en dedans de la trochlée, en forme de poulie asymétrique dont la gorge s'articule avec l'épiphyse ulnaire proximale. Entre ces deux zones anatomiques, on individualise la gouttière condylo–trochléenne (ou zone conoïde) articulée au bord médial de la fossette radiale. La zone comprise entre les deux piliers de l'humérus est appelée fossette olécrânienne en arrière et fossette conoïdienne en avant. Elle correspond au point faible de l'extrémité distale de l'humérus.

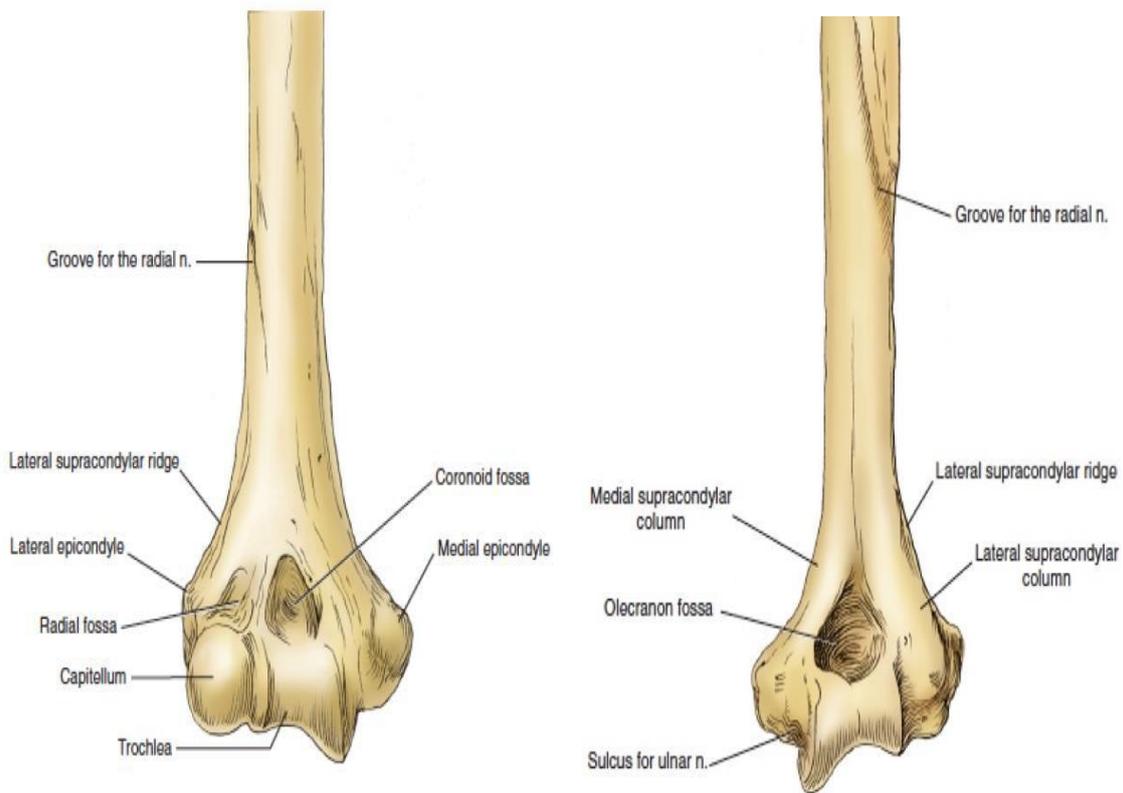


Figure 1 : Vue antérieure et postérieure de l'extrémité inférieure de l'humérus (B.F. Morrey)

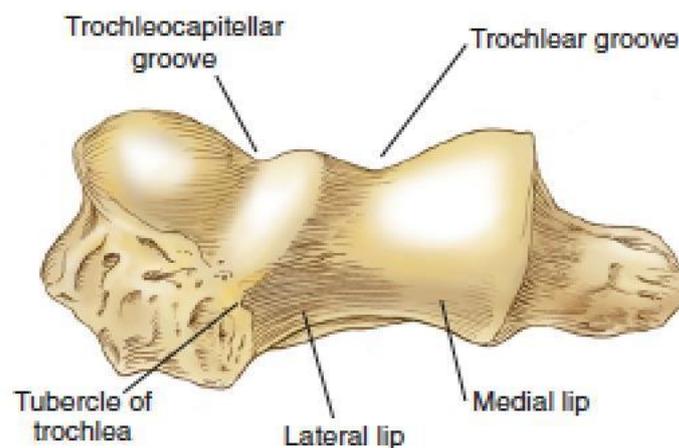


Figure 2 : Vue axiale de l'humérus distal montrant l'incisure trochléo-capitellaire (B.F. Morrey)

Les apophyses latérales : elles sont placées au dessus des extrémités latérales de la surface articulaire, l'**épicondyle médial** encore appelé eptitrochlée située au dessus et en dedans de la trochlée et à l'extrémité inférieure du bord médial du corps huméral et l'**épicondyle latéral** située au dessus et en dehors du condyle huméral et à l'extrémité inférieure du bord latéral du corps huméral



Figure 3 : Vue latérale de l'humérus distal montrant une rotation antérieure de 30° des condyles articulaires (B.F. Morrey)

2. Extrémité supérieure du radius :

L'extrémité supérieure du radius se compose de trois parties : la tête du radius d'une hauteur de 7 à 8 mm s'articulant avec le condyle huméral, le col de forme cylindrique et d'une hauteur de 1 cm et la tubérosité bicipitale ; une éminence ovoïde située sur la partie antéro-médiale du radius qui donne insertion au tendon distal du biceps brachial. La face supérieure de la tête radiale est appelée fossette radiale.

Elle est entièrement recouverte de cartilage qui est en continuité avec celui siégeant sur les 7–8 mm supérieurs du pourtour de la tête du radius (articulation radio-ulnaire proximale). Cette zone est séparée de la diaphyse par le col du radius, dirigée obliquement en bas et en dedans.

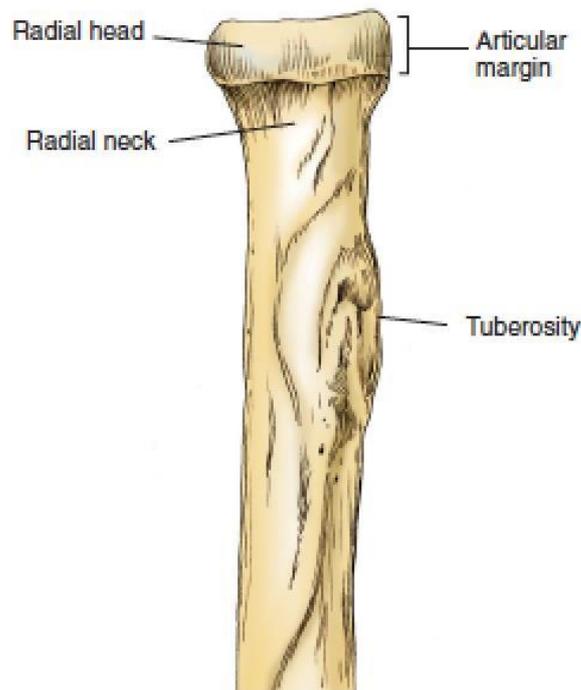


Figure 4 : Vue antérieure de l'extrémité supérieure du radius (B.F. Morrey)

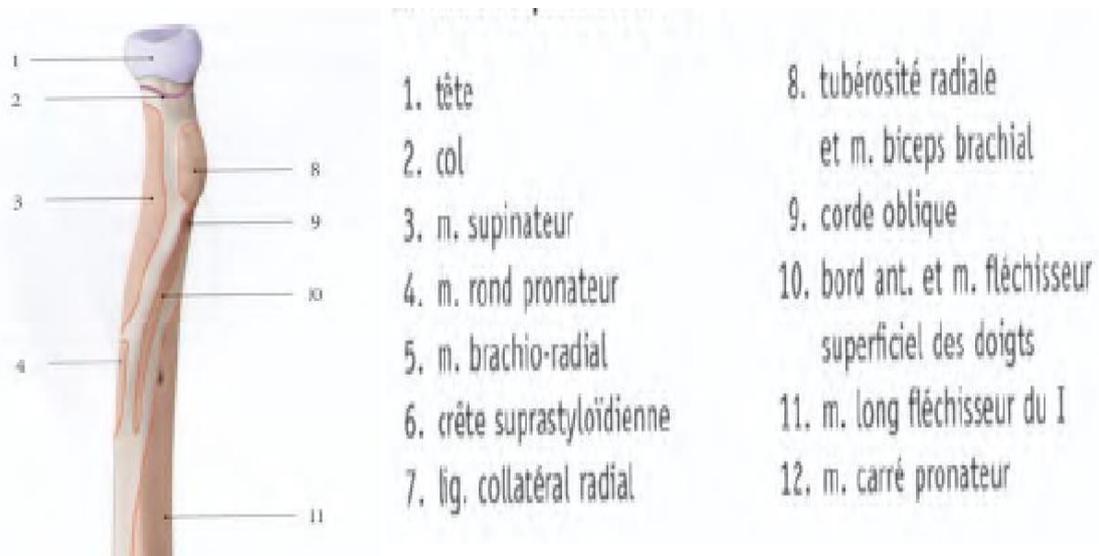


Figure 5 : Vue antérieure de l'extrémité supérieure du radius avec ses insertions ligamentaires et musculaire (Kamina)

3. Extrémité supérieure de l'ulna :

L'extrémité supérieure de l'ulna est constituée par deux apophyses : l'une postérieure et verticale, l'olécrâne, et l'autre antérieure et horizontale, l'apophyse coronoïde ; . Ces deux apophyses supportent la surface articulaire ulnaire de l'articulation huméro-ulnaire : la grande cavité sigmoïde, en forme de crochet. La petite cavité sigmoïde siège sur la face latérale de l'apophyse coronoïde



Figure 6 : Vue antérieure de l'épiphyse proximale de l'ulna avec ses insertions ligamentaires et musculaires (kamina)

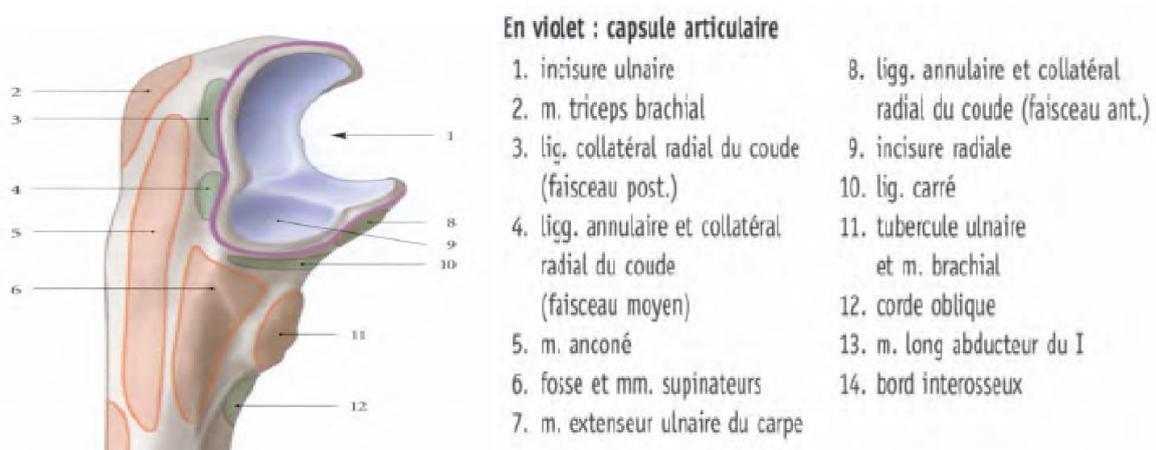


Figure 7 : Vue latérale de l'épiphyse proximale de l'ulna avec ses insertions ligamentaires et musculaires (kamina)

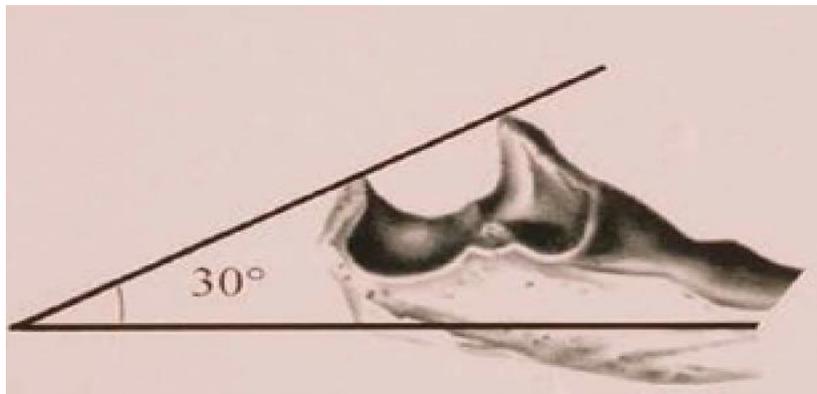


Figure 8 : Angulation de 30° de la grande cavité sigmoïde de l'olécrane (B.F. Morrey)

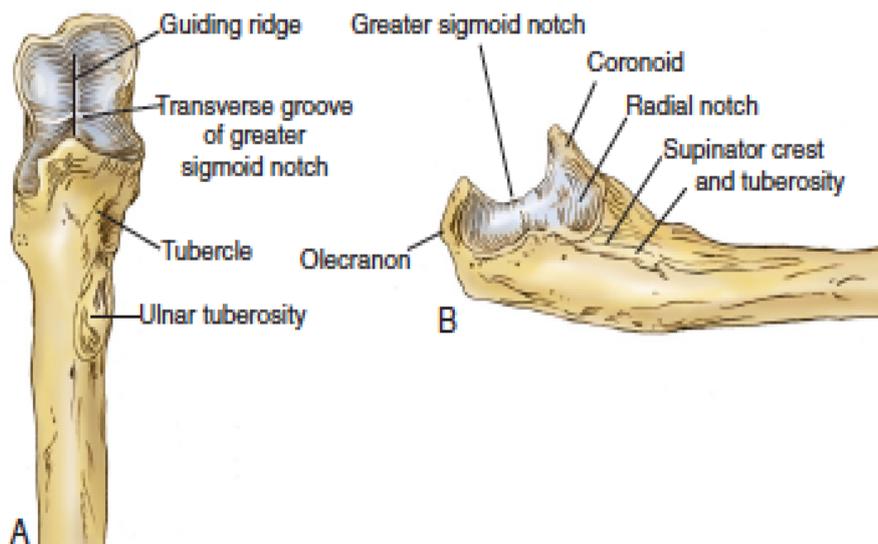


Figure 9 : Vue antérieure A et latérale B de l'ostéologie de l'extrémité supérieure de l'ulna montrant la grande et la petite cavité sigmoïde ainsi que le tubercule et la tubérosité ulnaire (B.F. Morrey)

B. Éléments de stabilité du coude :

Des facteurs dynamiques et des facteurs statiques assurent La stabilité du coude. L'ensemble des structures capsulo–ligamentaires ainsi que des structures articulaire représente les éléments statiques, les muscles péri–articulaire quant à eux représentent les éléments dynamiques.

1. Stabilisateurs statiques :

Elle résulte de la congruence articulaire huméro–ulnaire et huméro–radiale, et de la tension des éléments capsulo–ligamentaires. Les ligaments assurent 50 % de la stabilité en varus–valgus, l'articulation assurant les 50 % restant. C'est uniquement le coude en extension que la totalité de la stabilité est assurée par l'articulation huméro–ulnaire et la capsule antérieure quelque soit l'état des ligaments collatéraux.

[5,6}

a. Articulation huméro–ulnaire :

L'articulation du coude est parmi les plus contraintes du squelette en raison de la forte congruence entre la trochlée humérale et l'incisure trochléaire de l'ulna. Une résection intéressant plus de 50 % de l'olécrane entraîne une instabilité du coude aussi bien rotatoire que latérale. En varus, et à 90° de flexion, la congruence articulaire assure 75 à 85 % de la stabilité. Le processus coronoïde représente également un élément important pour préserver la congruence articulaire. Il s'oppose aux contraintes antéropostérieures au niveau de l'articulation et se comporte comme une butée antérieure s'opposant au déplacement postérieur de l'avant–bras. Au moins 50 % du processus coronoïde doit être présent pour que l'articulation huméro–ulnaire reste stable.[5,6]

b. Articulation huméro–radiale :

La tête radiale intervient dans la résistance à la compression à partir de 90° de flexion. Son rôle dans la résistance en valgus est fortement lié à l'état du complexe ligamentaire collatéral ulnaire. Lorsque la résection de la tête radiale est associée à une section du ligament collatéral ulnaire, le coude devient instable et se subluxe. En cas de lésion du ligament collatéral ulnaire,

la présence de la tête radiale entraîne une résistance suffisante lors du valgus pour prévenir une subluxation. La tête radiale a également un rôle de cale limitant l'ascension du radius par rapport à l'ulna notamment lors des lésions associées de la membrane interosseuse. Sa conservation est importante lors du syndrome d'Essex–Lopresti, qui associe une lésion des ligaments radio–ulnaires distaux et de la membrane interosseuse, pour éviter une déstabilisation de l'articulation radio–ulnaire distale. [6,7]

c. Capsule articulaire :

Le rôle de la capsule antérieure dans la stabilité du coude est prépondérant en extension. La capsule s'oppose à l'effort d'étirement assumant 70 % de la tension des parties molles et ceci d'autant plus que les ligaments collatéraux sont lésés. [8,9]

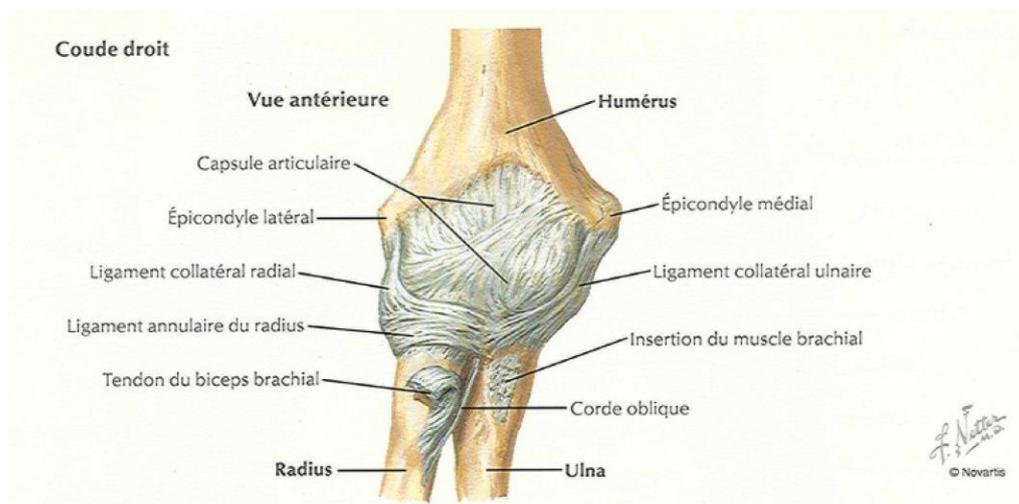


Figure 10 : Vue antérieure des ligaments du coude (Netter)

d. Ligament collatéral médial :

Le ligament collatéral ulnaire (LCU) est composé de trois faisceaux tendus de l'épicondyle médial à l'extrémité proximale de l'ulna. Le faisceau antérieur est le plus volumineux et le plus résistant, et s'étend de la face inférieure de l'épicondyle médial à la face médiale du processus coronoïde.

Le faisceau postérieur, plus fin, s'étale en éventail depuis la face inférieure de l'épicondyle médial jusqu'à la face médiale de l'olécrane. Entre les deux, se situe le faisceau transverse. Le LCU est un élément primordial de la stabilité statique du coude. Son origine ne coïncide pas avec l'axe de flexion du coude expliquant qu'il ait une tension différente en fonction du degré de flexion. Le faisceau antérieur du LCU est en revanche pratiquement isométrique en flexion. C'est l'élément essentiel pour assurer la stabilité en valgus du coude. Il assure près de 78 % de la stabilité antéropostérieure. À 90° de flexion, même en l'absence de la moitié de l'olécrane, le coude reste stable si le LCU est intact. S'il est rompu, l'instabilité antéropostérieure est majeure. Les fractures de la facette antéro-médiale du processus coronoïde intéressent l'insertion de ce faisceau antérieur compromettant la stabilité en valgus du coude.

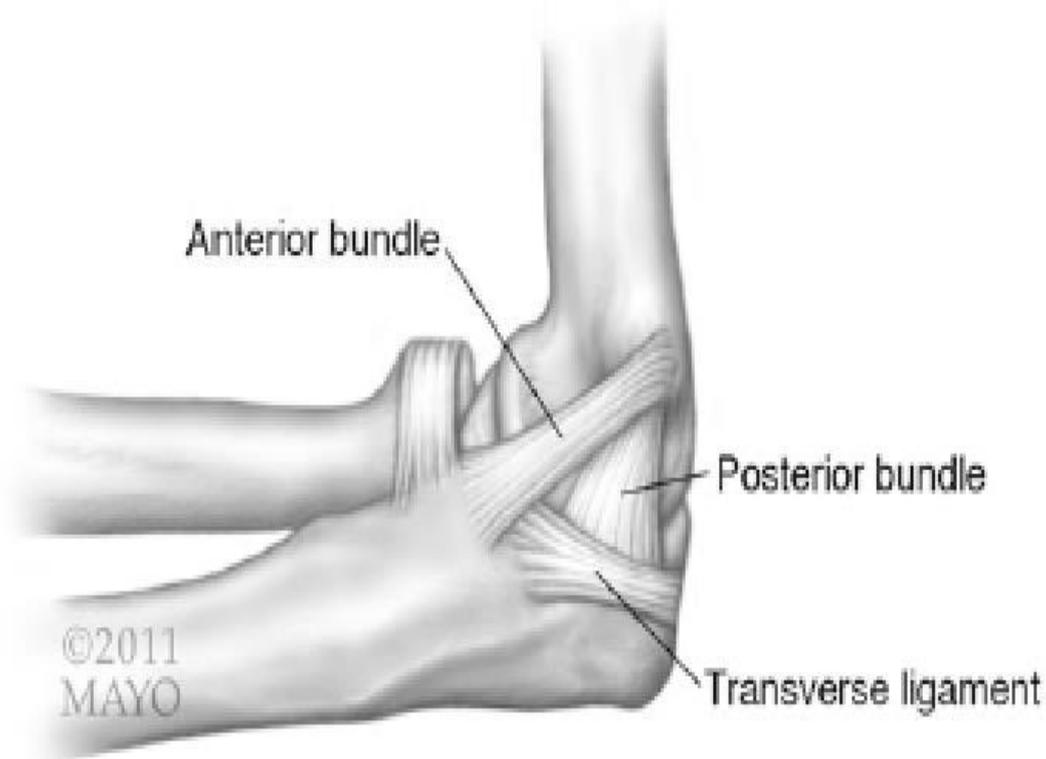


Figure 11 : Vue médiale du complexe ligamentaire collatéral médial du coude (The unstable elbow Tashjian 2017) (3)

e. Complexe ligamentaire latéral :

Le complexe ligamentaire latéral est formé du ligament collatéral radial (LCR) et du ligament annulaire. Le LCR est composé de 3 faisceaux : un faisceau antérieur tendu entre la partie antéro–inférieure de l'épicondyle latéral et le ligament annulaire, un faisceau moyen huméro–ulnaire ou faisceau ulnaire du ligament collatéral radial d'origine identique, mais qui se termine sur la crête supinatrice de l'ulna, et un faisceau postérieur représentant un simple épaissement de la capsule. L'origine du LCR se situe au niveau du centre de flexion–extension du coude, ce qui explique son isométrie tout au long de la flexion du coude. Le faisceau ulnaire du LCR participe à la stabilité latérale de l'articulation huméro–ulnaire, à la stabilité en rotation, et résiste au varus. O'Driscoll a démontré qu'une instabilité rotatoire du coude n'est possible que si le faisceau ulnaire du LCR est sectionné ; une fois celui-ci réparé, l'instabilité disparaît.

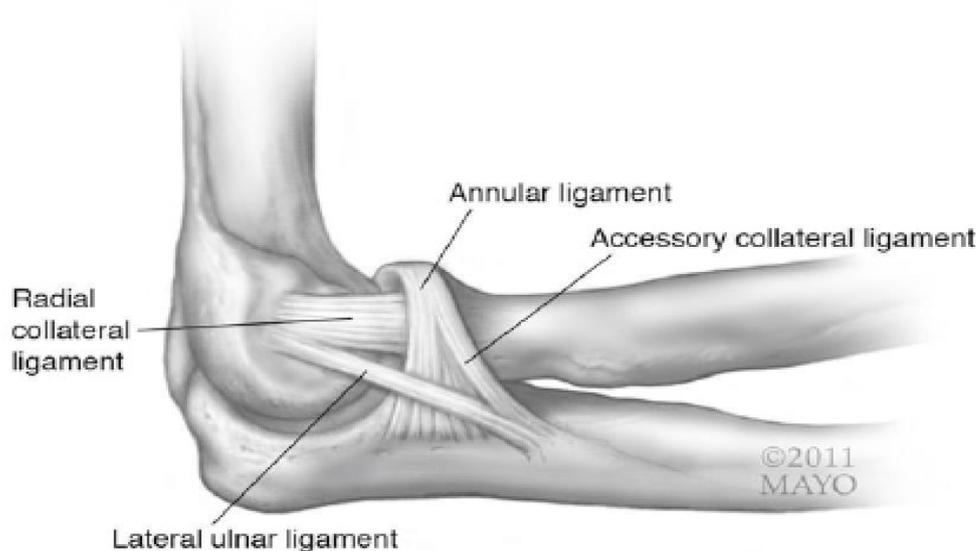


Figure 13 : Vue latérale du coude montrant le complexe ligamentaire latéral du coude (The unstable elbow Tashjian 2017) (3)

f. Autres moyens d'unions

D'autres moyens d'union comme le ligament antérieur, le ligament postérieur, le ligament inférieure ou encore appelé Ligament carré de DENUCE, Le ligament annulaire ainsi que la synoviale sont tout aussi important pour la stabilité de la région du coude et doivent être pris en charge en cas de lésions associé a un traumatisme du coude afin de préserver au mieux la stabilité postopératoire.

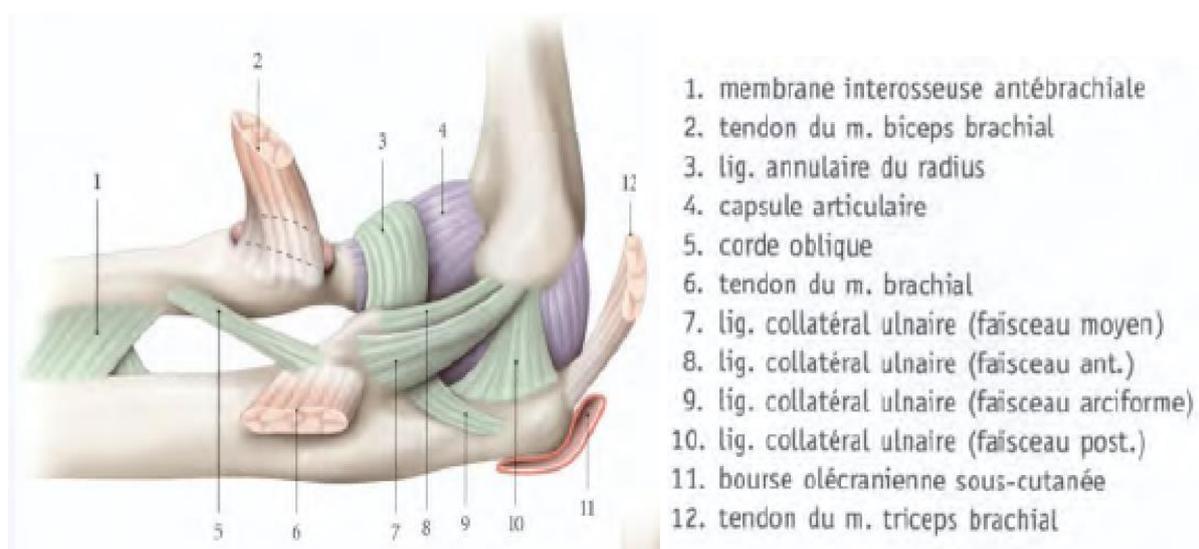


Figure 15 : Vue médiale de l'articulation du coude avec ses insertions ligamentaires et tendineuses (Kamina)

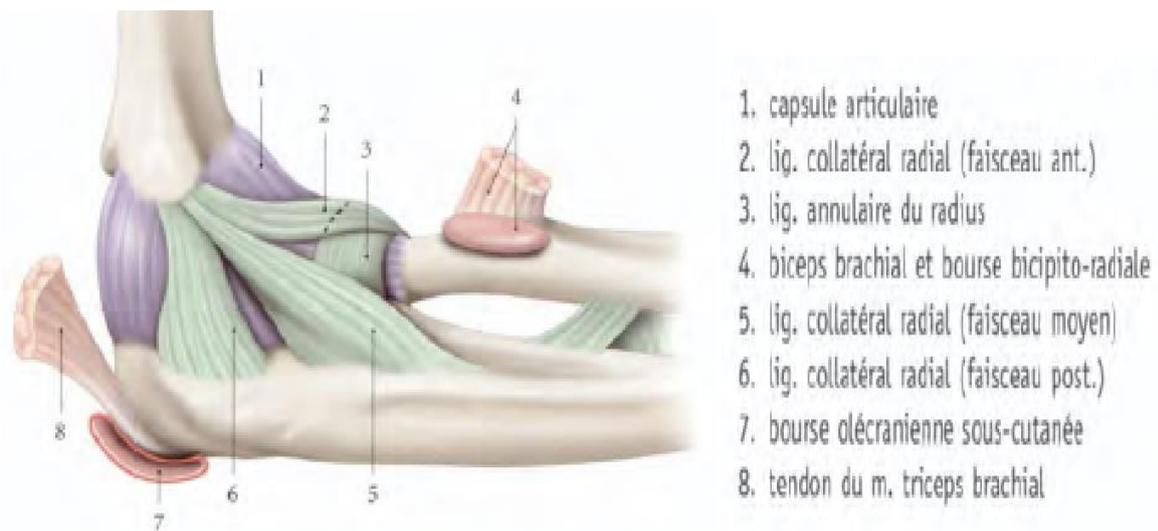


Figure 16 : Vue latérale de l'articulation du coude avec ses insertions ligamentaires et tendineuses (Kamina)

2. Stabilité dynamique :

Il existe peu de données biomécaniques clarifiant le rôle des stabilisateurs dynamiques. Les fléchisseurs du coude (biceps brachial et brachial) et les extenseurs (triceps brachial) assurent la coaptation du coude pour augmenter la congruence de l'articulation huméro-ulnaire. Le groupe des fléchisseurs-pronateurs participe à la stabilisation en valgus du coude. L'anconé pour sa part exerce une action stabilisatrice en varus. Cohen et Hastings ont également montré que les muscles épicondyliens latéraux avec leur fascia et le septum intermusculaire participaient à la stabilité postéro-latérale en s'opposant aux déplacements postérieurs de l'avant-bras

. En synthèse, le concept de stabilité du coude peut se résumer en se rapportant à la théorie des trépieds introduite par Morrey. La stabilité du coude repose sur l'intégrité du trépied principal représentant les éléments principaux de la stabilité du coude : le processus coronoïde, le LCR et le LCU. Lorsqu'un de ces éléments est lésé, il peut être compensé par les éléments du trépied secondaire comprenant la tête radiale, la capsule articulaire et les muscles. [10,11]

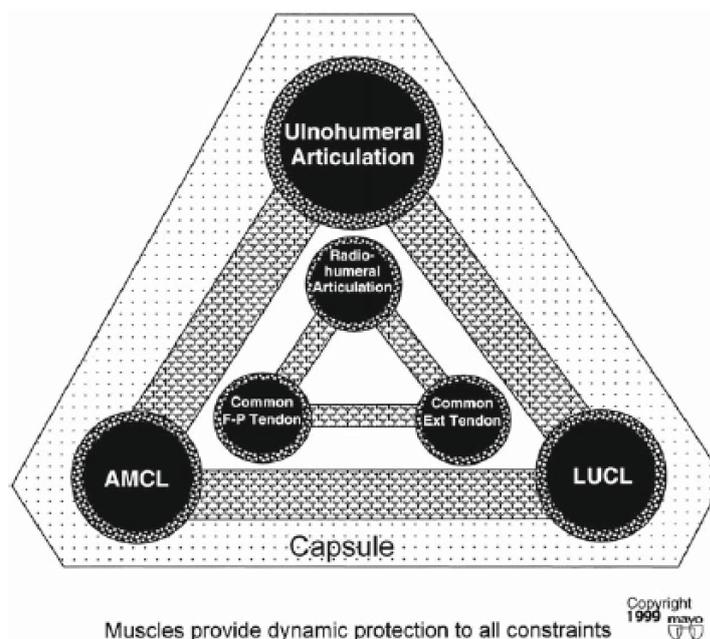


Figure 14 : Illustration montrant les stabilisateurs primaires et secondaires (The unstable Elbow Tashjian 2017) [3]

C. Vascularisation et innervation du coude :

1. Vascularisation :

Elle est assurée par des cercles anastomotiques péri-épitrochléens et péricondyliens :

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

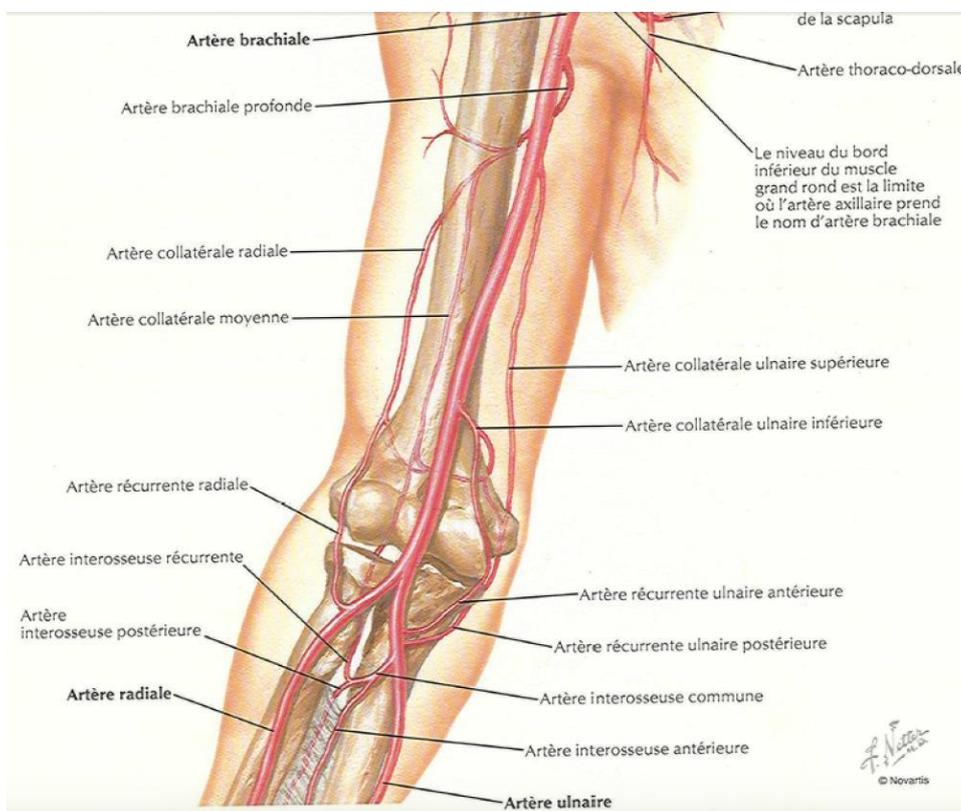


Figure 20 : Vue antérieure de la vascularisation du coude (Netter) [12]

2. 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.

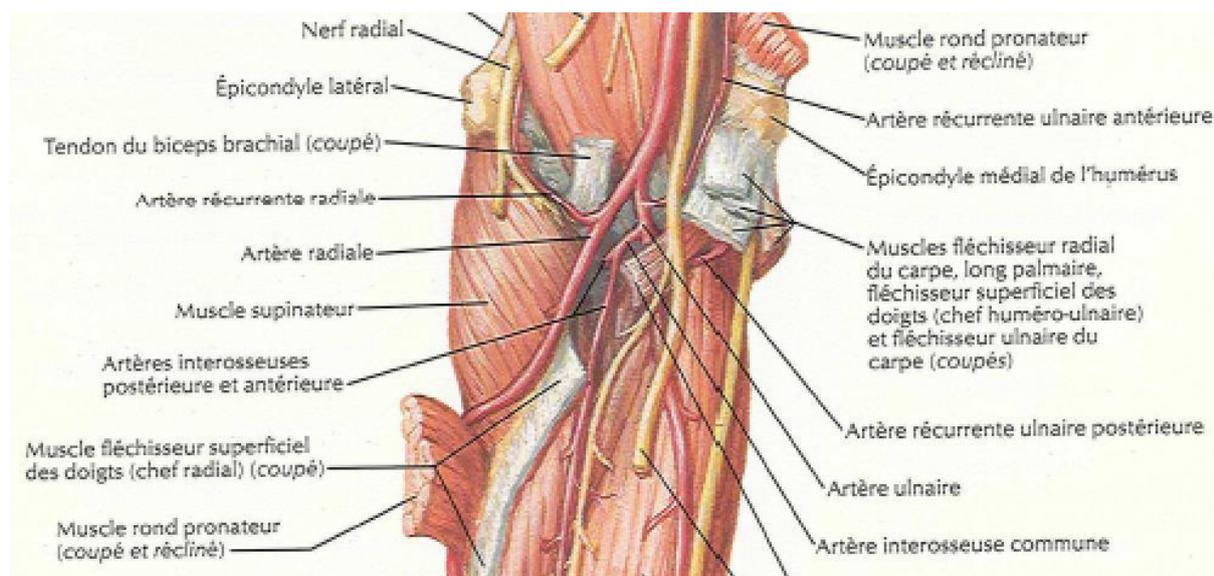


Figure 21 : Vue antérieure d'un coude droit illustrant la branche profonde du nerf radial pénétrant le muscle supinateur (Netter) [12]

II. Etude biomécanique du coude

A. Introduction :

L'articulation du coude est composée de trois articulations qui partagent une capsule articulaire commune : l'articulation ulno-trochléaire, l'articulation radio-humérale et l'articulation radio-ulnaire proximale. Ensemble, ces articulations sont décrites ; par les anglo-saxons ; comme une articulation "trochoginglymoïde" car elles permettent deux degrés de liberté : la flexion et l'extension du coude et la pronation et l'extension de l'avant-bras. Le coude vient donc compléter la sphère de mouvement de l'épaule permettant à la main de se positionner dans une grande variété d'endroits dans l'espace. La raideur et l'instabilité du coude peuvent donc entraîner une perte fonctionnelle importante qui peut menacer la mobilité du patient. L'articulation ulno-trochléaire fournit également un point d'appui contre 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.

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'obliquité en valgus de l'axe de flexion-extension, combinée à l'obliquité des tiges humérales et cubitales, contribue à "l'angle de portée" du coude qui est de 10-15° chez l'homme et de 15-20° chez la femme [4, 13]. La combinaison de la rotation interne et du valgus dans l'axe de flexion/extension garantit que les objets portés

dans la main avec le coude en extension et l'épaule en adduction ne touchent pas la jambe homolatérale et que, en flexion, la main se rapproche naturellement de la bouche.

Un certain nombre de points de repère peuvent être utilisés par fluoroscopie pour localiser l'axe de flexion-extension du coude.

Sur une vue latérale parfaite du coude, cet axe doit se trouver (a) au centre d'un cercle parfait placé sur le capitulum [13, 14], (b) au centre d'un cercle placé sur la trochlée [15], et (c) l'intersection entre l'axe du centre de la tige radiale et la ligne corticale antérieure de l'humérus [16]. La laxité native en varus - valgus de l'articulation a été intégrée dans la conception des articulations de l'arthroplastie totale du coude pour créer des prothèses "semi-contraints", qui ont diminué les taux de descellement aseptique [13, 14].



Figure 22 : Centre de rotation du coude montrant la variation possible de sa position (B. F. Morrey) (4)

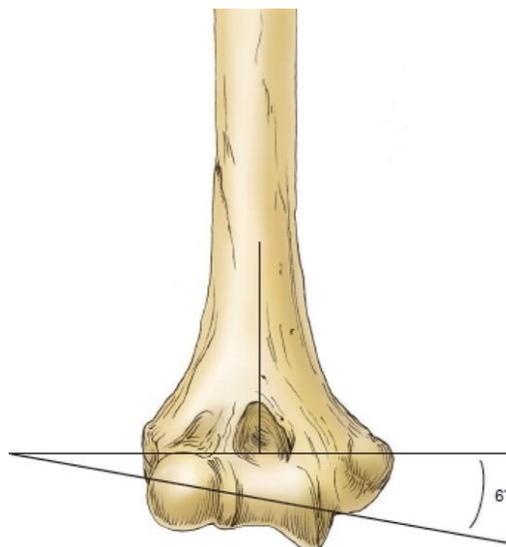


Figure 23 : Valgus relatif de 4 à 8° de l'extrémité articulaire distale de l'humérus (B.F.Morrey) (4)

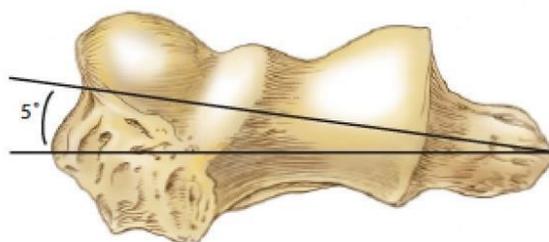


Figure 24 : Vue axiale de l'humérus distal montrant la rotation interne relative de 3 à 8° par rapport à l'axe de l'humérus (B.F. Morrey) (4)

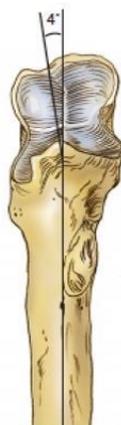


Figure 25 : Angulation en valgus l'articulation par rapport au grand axe diaphysaire de l'ulna proximal (B.F.Morrey) (4)

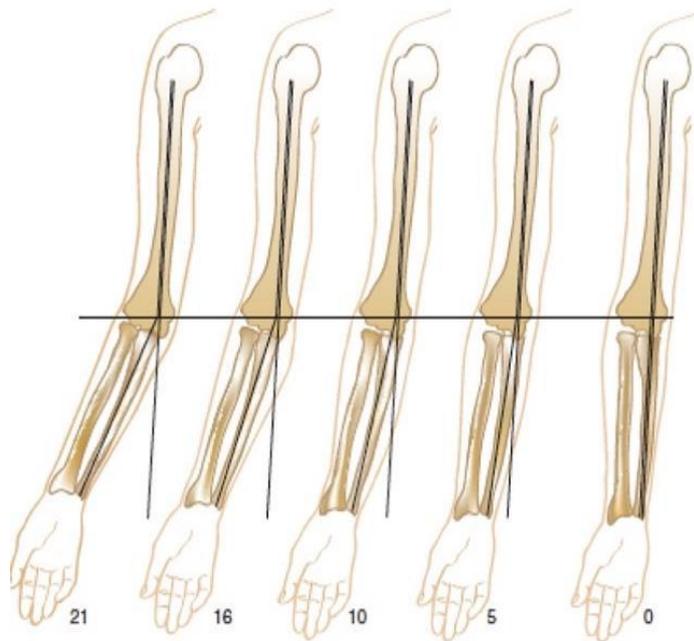


Figure 26 : Angle de portée : formé par une relation variable entre l'orientation de l'articulation humérale distale par rapport à l'axe diaphysaire huméral et l'angulation en valgus de la grande cavité sigmoïde par rapport à l'axe diaphysaire de l'ulna (B.F. Morrey) (4)

Cependant, à part les extrêmes de la flexion et de l'extension, le mouvement de flexion et d'extension du coude peut être considéré comme une simple charnière simple, ce qui permet de placer des fixateurs externes à charnière sans modification significative de la cinématique de l'articulation [15, 17, 18]. Sur le plan clinique, la localisation précise de l'axe de rotation est difficile et nécessite une réduction anatomique et un mouvement cyclique répété avec observation de l'écartement des surfaces articulaires pendant la mise en place du fixateur à charnière. Cette opération doit être effectuée avec une grande précision, car des mal-alignements aussi petits que 5° augmentent les dépenses d'énergie pour la flexion et l'extension [18].

Le mouvement de pronation/supination du coude s'effectue selon un axe longitudinal qui passe par la convexité de la tête radiale au niveau de l'articulation radio-ulnaire proximale. Bien que la rotation de l'avant-bras ait été traditionnellement conceptualisée comme une rotation radiale autour d'un cubitus stable, cet axe de

rotation est oblique par rapport à l'axe du cubitus [4,13]. Ainsi, une certaine rotation axiale du cubitus se produit avec la rotation de l'avant-bras. Dans des études cadavériques, jusqu'à 6° de rotation cubitale se produit avec la rotation de l'avant-bras même si la capsule, les ligaments et les surfaces articulaires sont intacts. [19]

L'amplitude normale de l'articulation du coude est de 0° en extension à 150° en flexion et de 75° en pronation à 85° en supination.

La capacité de l'articulation du coude atteint un maximum de 25 ml à 80° [20], ce qui a été suggéré comme la raison pour laquelle les contractures articulaires sont généralement centrées sur cette position [21].

Classiquement, il a été suggéré que seulement 30° d'extension et de 130° de flexion sont nécessaires pour les activités de la vie quotidienne [22]. La perte d'extension est souvent bien tolérée car les patients peuvent se rapprocher d'objets qu'ils ne peuvent pas atteindre en raison de la perte d'extension, tandis que la perte de flexion est mal tolérée car elle interfère avec l'alimentation et l'hygiène de la tête. Historiquement, il a été suggéré que la perte de supination est moins bien tolérée que la perte de pronation parce que la perte de pronation peut être compensée par l'abduction de l'épaule. Cependant, avec l'avènement des claviers, de nombreux patients privilégient la pronation plutôt que la supination car l'abduction de l'épaule sur une période prolongée entraîne rapidement une fatigue de la coiffe des rotateurs et des douleurs. Une étude récente a démontré que les tâches contemporaines telles que l'utilisation d'une souris ou d'un clavier d'ordinateur peut nécessiter une amplitude de mouvement fonctionnelle supérieure à celle rapportée précédemment [23].

Les surfaces articulaires du coude font partie des plus congruentes de toutes les articulations du corps et contribuent donc de manière significative à la stabilité du coude. En particulier, entre la coronoïde, l'incisure radiale et l'olécrane, le cubitus proximal offre un arc de 180° de cartilage articulaire qui s'articule avec un arc de 320° de cartilage articulaire sur la trochlée de l'humérus distal lors des mouvements de flexion et d'extension.

De nombreuses études cadavériques ont été menées pour déterminer les contributions relatives des surfaces articulaires par rapport aux ligaments collatéraux médiaux et latéraux concernant la stabilité du coude [16,

24–20]. Indépendamment de ces études cadavériques, on sait cliniquement que (1) : en l'absence d'une fracture péri-articulaire, la plupart des luxations du coude peuvent être traitées avec succès par un traitement orthopédique sans récurrence de l'instabilité [25, 26] et que (2) : dans une majorité de dislocations du coude, les deux complexes de ligament collatéral médial et latéral sont complètement déchirés. Dans beaucoup de ces cas, toute la musculature des extenseurs est également avulsée de l'humérus [27]. Ainsi, une congruence articulaire intacte est suffisante pour la stabilité clinique dans la plupart des cas. Ces constatations sont renforcées par une étude cadavérique montrant que la résistance du coude au déplacement, à la torsion et aux forces axiales, tant en flexion qu'en extension a une corrélation linéaire inversée avec l'excision proximale de l'ulna [24].

Les forces musculaires interagissent avec la conformité articulaire pour maintenir la stabilité du coude. La coactivation du groupe agoniste–antagoniste (biceps, brachial et triceps) agit pour centrer les forces articulaires dans l'arc articulaire disponible de l'articulation ulno–trochléaire [28, 29], tandis que l'activation des extenseurs du poignet agit pour centrer la tête radiale sur le capitulum [30, 31].

Les articulations ulno–humérale et huméro–radiale sont stabilisées par un mécanisme de compression en concavité. Après une instabilité secondaire à un traumatisme, les régimes de rééducation du coude seraient donc concentrés sur l'amplitude active en décubitus dorsal, en mettant l'accent sur la coactivation.

L'amplitude de mouvement active en position couchée, en mettant l'accent sur la coactivation [32]. Des études électromyographiques ont montré que l'anconé est actif dans presque tous les mouvements du coude, ce qui a conduit certains auteurs à suggérer que ce muscle pourrait également jouer un rôle de stabilisateur dynamique [4]. La section transversale du triceps est deux fois supérieure à tout autre muscle traversant l'articulation du coude et est plus grand que le biceps et le brachial réunis.

Parmi les fléchisseurs, le brachio–radiale a un bras de levier plus grand que le biceps, qui est également plus grand que le brachial. En général, lorsque le bras de levier d'un muscle augmente, la force musculaire et la force de réaction articulaire augmentent. Ainsi, les muscles dont les insertions sont les plus proches de l'articulation ont des bras de levier plus grands et peuvent produire les plus grandes forces de compression de l'articulation, et donc les plus grandes contributions dynamiques à la stabilité.

Le moment est aussi affecté par la position de l'articulation. En flexion, le moment potentiel global de flexion est égal au moment potentiel d'extension, tandis qu'en extension, le moment potentiel d'extension dépasse le moment potentiel de flexion. Cela peut contribuer à une plus grande propension à l'instabilité du coude en extension par rapport à la flexion [4]. Les moments musculaire sont également affectés par la longueur de l'humérus, la force potentielle produite par le triceps est réduite de 20 % avec un raccourcissement de 1 cm de l'humérus, et de 40 % avec un raccourcissement de 2 cm de l'humérus, et de 60 % avec un raccourcissement de l'humérus de 3 cm [33].

Classiquement, 40 % des charges axiales à travers le coude sont transférées à l'articulation ulno–humérale et 60 % à l'articulation radio–humérale.

Cependant, le transfert de charge est sensible à une variété de facteurs. Des changements dans le positionnement en varus et en valgus du coude peuvent entraîner des changements importants de la force de charge de l'articulation. En valgus, 93 % des charges axiales sont transférées à travers le radius [34].

De plus, la flexion et l'extension modifient la charge, l'articulation radio–humérale étant plus sollicitée en extension complète [35].

Ceci est dû au fait que, dans cette position, les muscles passant à travers l'articulation ulno–trochléaire ont les bras de levier les plus courts [28]. L'intégrité de la membrane interosseuse, en particulier la bande centrale [36], modifie également le transfert de charge, en particulier lorsque quand le coude est en varus [34]. Enfin, la position de rotation de l'avant–bras modifie le transfert de charge, la pronation sollicitant l'articulation ulno–trochléaire et la supination l'articulation radio–humérale [34]. La perte de stabilité du coude peut entraîner un mauvais alignement et une surcharge d'un côté de l'articulation, ce qui peut entraîner une accélération des changements dégénératifs des articulations.

Alors que d'abondantes études biomécaniques cadavériques ont été menées pour tenter de comprendre les facteurs qui contribuent à la stabilité du coude [16, 24–37], ces expériences restent difficiles à réaliser et leurs résultats peuvent être difficiles à généraliser à la bio–cinétique du patient vivant. Tout d'abord, en plus du déplacement, l'instabilité peut se produire avec la rotation dans les trois plans de chacun des trois os. Deuxièmement, les études cadavériques fournissent une simulation incomplète des contributions des stabilisateurs dynamiques. Troisièmement, alors que les premières expériences ont été réalisées à l'aide d'un équipement de test mécanique, les expériences ultérieures avec un équipement de

suivi électromagnétique ont abouti dans plusieurs cas à des conclusions très différentes [38]. Quatrièmement, la position de rotation de l'avant-bras modifie également la laxité et les forces de réaction de l'articulation.

La laxité en varus / valgus est généralement plus importante en cas de pronation de l'avant-bras [39, 40], bien que les tissus mous médiaux soient plus sollicités en pronation et que les tissus mous latéraux soient plus sollicités en supination.

[16, 37, 29, 32, 41]. Enfin, les contributions relatives de chaque structure dépendent de la force de déformation appliquée, avec de nombreuses études ayant appliqué des forces non physiologiques. Par conséquent, même des aspects relativement élémentaires de la biomécanique du coude restent controversés.

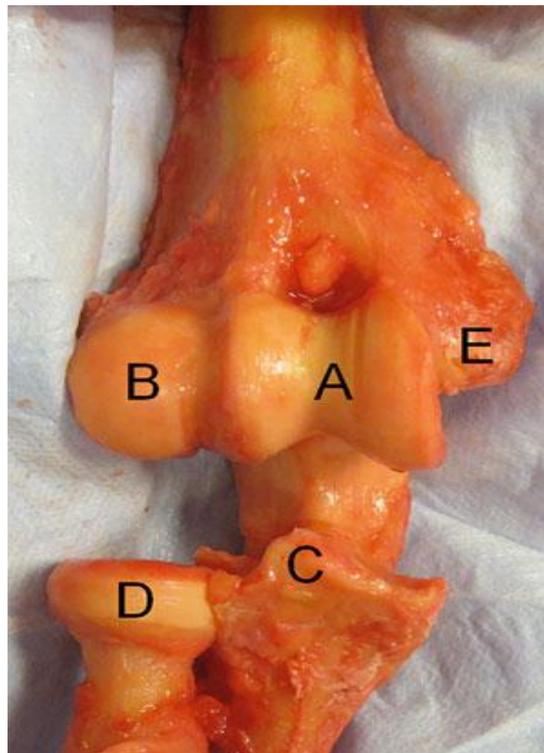


Figure 21 : photographie clinique avec tous les tissus mous retirés du coude démontre la congruence osseuse de l'articulation. (A) Trochlée. (B) Capitulum. (C) Coronoïde. (D) Tête radiale. (E) Épicondyle médial.

The Unstable Elbow (3)

B. Stabilité latérale du coude :

Comme décrit par O'Driscoll et ses collègues, le mécanisme le plus courant de luxation du coude est la rotation de l'avant-bras sur l'humérus en valgus, extension et rotation externe lorsque l'avant-bras se déchire de l'humérus en supination [42]. Au fur et à mesure que ce mouvement progresse, les lésions tissulaires progressent du côté latéral au médial. Le complexe ligamentaire collatéral latéral se déchire d'abord [43], puis les capsules antérieure et postérieure se déchirent, et enfin le ligament collatéral latéral ulnaire se déchire. En fonction de la position du bras et de l'énergie du traumatisme pendant la blessure ainsi que de l'anatomie du patient, la tête radiale et le coronoïde peuvent également être fracturés [44 – 45]. Dans 66 % des cas, il y a des déchirures concomitantes des extenseurs communs et dans 50 % des cas, il y a des déchirures concomitantes de la bande antérieure du ligament collatéral ulnaire. La luxation du coude sans rupture du ligament collatéral ulnaire est théoriquement possible avec rotation autour d'un ligament collatéral ulnaire intact, bien que la luxation clinique sans déchirure du ligament collatéral ulnaire soit rare [42]. Enfin, des preuves vidéo récentes ont suggéré que le valgus pourrait être plus fréquent que le varus en tant que mécanisme de blessure.

Les surfaces articulaires fournissent la majorité de la stabilité face aux contraintes en varus, fournissant 55 % de stabilité en extension et 75 % en flexion [4].

Parmi les tissus mous, le complexe ligamentaire collatéral latéral est le principal stabilisateur de l'articulation ulno–humérale face aux contraintes en varus [16, 19, 46, 41], avec des bandes faciales au sein de la musculature des extenseurs (en particulier l'extenseur ulnaire du carpe, qui a le meilleur avantage mécanique) qui jouent également un rôle de résistance aux contraintes en varus [16]. Cliniquement, l'instabilité latérale résiduelle du coude est mal tolérée car l'abduction de l'épaule place une contrainte en varus à travers le coude et donc beaucoup

d'activités de la vie quotidienne soumettent le coude aux contraintes en varus (Fig. 22). Suivant la même logique, un dispositif de fixation externe appliqué sur le côté latéral du coude pour instabilité résiduelle après la réparation de l'instabilité protège le Complexe ligamentaire collatéral latéral en agissant comme une bande de tension, tout en offrant relativement moins de protection à une réparation ou reconstitution médiale [17].

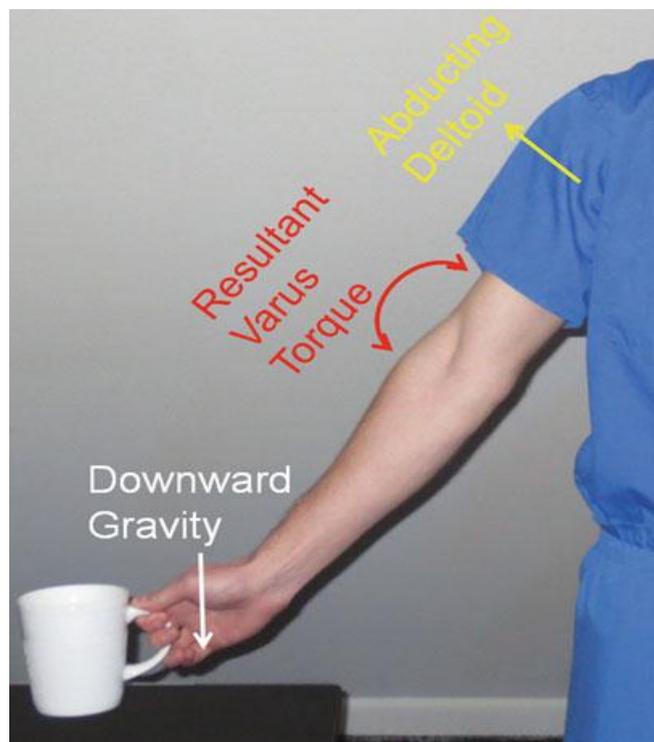


Figure 22 : Photographie clinique montrant comment les activités de la vie quotidienne soumettent le coude à un stress en varus.

Dans cette image, un sujet ramasse une tasse à café sur une table.

Le deltoïde (flèche jaune droite) tire à travers le bras comme un levier contre la gravité sur la tasse (flèche blanche droite) pour créer une contrainte en varus sur le coude (flèche rouge courbée) The Unstable Elbow (3)

C.complexe ligamentaire collatéral latéral :

Le complexe du ligament collatéral latéral est classiquement considéré comme étant composé de trois parties : le ligament collatéral latéral ulnaire, le ligament collatéral radial et le ligament annulaire. (Fig. 23) [16 , 46 , 47]. Ces structures sont anatomiquement discrètes les unes par rapport aux autres et par rapport à la musculature des extenseur sus–jacente à un degré variable. Le ligament collatéral latéral ulnaire et le ligament collatéral radial naissent tous deux antérieur à l'épicondyle latéral, le ligament collatéral radial devient confluent avec les fibres du ligament annulaire, alors que le ligament latéral ulnaire se poursuit jusqu'à la crête supinatrice du cubitus (Fig. 24). Le complexe ligamentaire collatéral latéral a été classiquement décrit naître de l'axe de rotation du coude, avec le ligament collatéral latéral ulnaire qui est isométrique (Fig. 25) [4, 47, 48]. Cependant, ceci reste controversée car une étude de modélisation informatique [49] et une étude cadavérique [50] ont suggéré que le ligament collatéral radial est isométrique tandis que le ligament collatéral ulnaire latéral est tendu en flexion et lâche en extension. Le point isométrique latéralement a été identifié à 2mm en proximal du centre du capitulum [49].

On pense que l'instabilité du coude se produit par étapes; les déchirures isolées du complexe ligamentaire collatéral latéral sont possibles, conduisant à un phénomène de subluxation appelé l'instabilité rotatoire postéro–latérale (Fig. 26) [51, 52] .

L'instabilité rotatoire postéro–latérale est une combinaison de facteurs externes rotation/supination de l'avant–bras sur l'humérus, charge axiale, angulation en valgus et le déplacement postérieur de l'avant–bras sur l'humérus.

Cliniquement, une déchirure du ligament collatéral latéral ulnaire est considérée comme étant la pathologie permettant de définir cette subluxation [48, 52].

Cependant, la configuration en Y du ligament collatéral latéral ulnaire et du ligament collatéral radial peut être structurellement auto-renforcé donc la lésion du ligament collatéral ulnaire latéral seul peut ne pas conduire à une instabilité grave. Des études de cadavres ont montré que la section isolée du ligament collatéral ulnaire latéral ou collatéral radial n'est pas suffisant pour produire une instabilité rotatoire postéro-latérale et nécessite la section des deux structures pour créer l'instabilité [53, 54] .

Néanmoins, l'importance relative de chaque portion du complexe ligamentaire collatéral latéral reste controversée. Olsen et ses collègues ont constaté que la section du ligament annulaire en laissant le ligament collatéral latéral ulnaire intacte augmente l'ouverture en varus de 2–3° à 6–11°, suggérant que le ligament collatéral latéral ulnaire peut ne pas être le principal stabilisateur et que le ligament annulaire, qui était traditionnellement considéré comme étant relativement peu important pour la stabilité, peut être fonctionnellement important [55]. Dans une étude de sectionnement séquentiel, Olsen et ses collègues ont découvert que le ligament collatéral radial était le stabilisateur primaire et que le ligament collatéral ulnaire latéral était un accessoire, tandis que le ligament annulaire n'a joué pratiquement aucun rôle dans la stabilisation latéral du coude [19]. Par conséquent, tous les composants du complexe latéral jouent probablement un rôle dans la stabilité latérale et la réparation de chaque composant maximisera probablement la stabilité.

Anatomiquement, les tissus mous latéraux se déchirent le plus souvent au niveau de l'origine humérale résultant en des déchirures du ligament collatéral radial et ligament collatéral ulnaire latéral. Ainsi, le débat précédent concernant les parties du ligament les plus importantes pour la stabilité peut ne pas être cliniquement important car les deux sont souvent blessés comme une seule unité. (Fig. 27)[16, 46, 27, 41, 43].

Dans les réparations aiguës, la plupart des chirurgiens tentent de prélever des tissus à la fois du ligament collatéral radial et ligament collatéral ulnaire latéral [45, 56]. Dans l'instabilité chronique, la reconstruction du seul ligament collatéral latéral ulnaire conduit à d'excellents résultats fonctionnels et à une restauration fiable de la stabilité [45, 46, 52, 56]. Une étude cadavérique a démontré que la reconstruction de la partie latérale du ligament collatéral ulnaire offre une stabilité équivalente à la reconstruction à la fois du ligament collatéral et ligament collatéral radial [57]. Ainsi, indépendamment de la controverse dans les études cadavériques, le ligament collatéral latéral ulnaire semble être la partie la plus critique du complexe ligamentaire collatéral latéral à reconstruire.

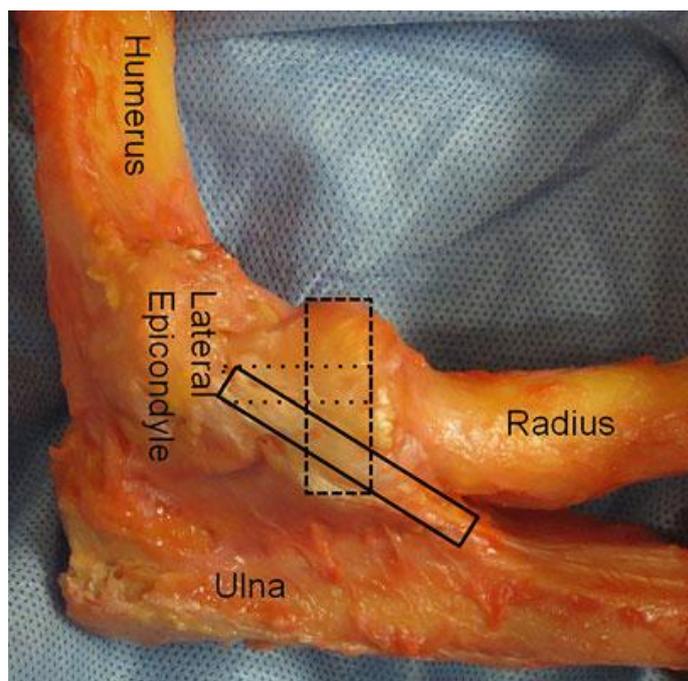


Figure 23 : Photographie clinique d'une dissection cadavérique dans laquelle toutes les structures autres que l'humérus, le radius, ulna, la capsule articulaire et les ligaments ont été enlevés.

Montrant le complexe du ligament collatéral latéral, y compris le ligament collatéral latéral ulnaire (encadré en lignes continues), le ligament annulaire (encadré en lignes tirées) et le ligament collatéral radial (encadrée en lignes pointillées). The Unstable

Elbow (3)

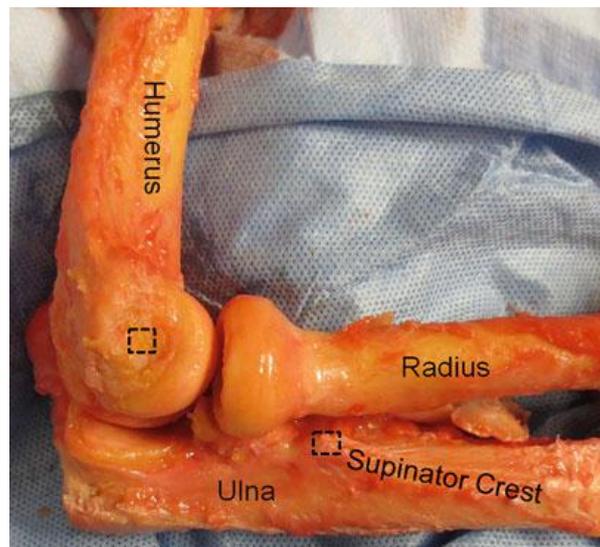


Figure 24: Photographie clinique, sur laquelle le complexe du ligament collatéral latéral a été retiré, montrant les sites d'attache du ligament collatéral latéral ulnaire (cases en pointillés). The Unstable Elbow (3)

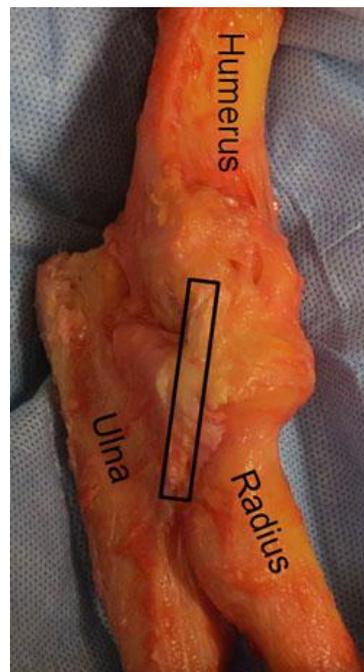


Figure 25 : Photographie clinique montrant que, en extension, le ligament collatéral latéral ulnaire (encadré en lignes continues) peut être vu comme étant presque isométrique The Unstable Elbow (3)

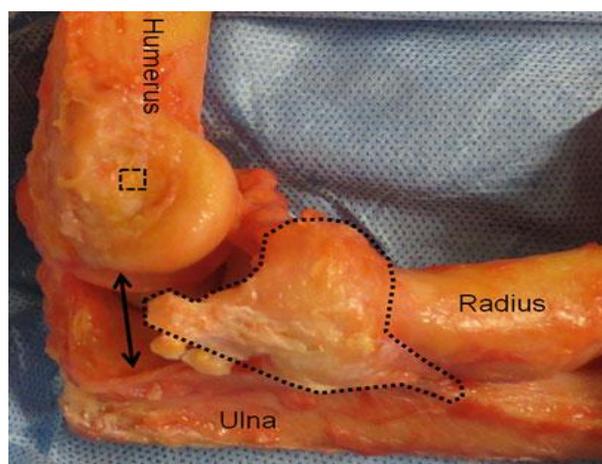


Figure 26 : Photographie clinique montrant qu'après la libération du complexe du ligament collatéral latéral

(En pointillés) de l'attache humérale (délimitée par un encadrée en pointillés), l'articulation ulno-trochléaire s'écarte (flèche noire double sens) avec une contrainte rotatoire.). The Unstable Elbow (3)

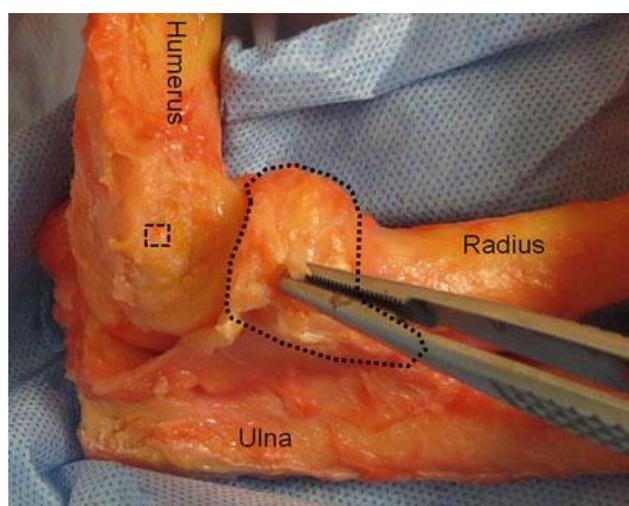


Figure 27 : Photographie clinique démontre la libération de l'attache humérale (encadré en pointillés) du complexe du ligament latéral (délimité par des points et saisi par la pince), qui est l'emplacement anatomique le plus courant pour les déchirures ligamentaires.). The Unstable Elbow (3)

D. Coronoïde :

La coronoïde est un stabilisateur essentiel du coude. Agissant contre la charge axiale, la rotation et le déplacement postérieur de l'ulna. La coronoïde sert également à allonger la surface articulaire de l'incisure radiale, ce qui améliore l'amplitude de mouvement de la flexion/extension . La coronoïde est également relativement exposée aux contraintes de cisaillement et présente donc un risque de fracture. Jusqu'à 60 % de la partie antéro–médiane de la facette antéro–interne de la coronoïde n'est pas soutenue par l'os métaphysaire, ce qui l'expose à un risque de fracture, en particulier lors de luxations rotatives postéro–médianes en varus [44]. Dans une série de luxations du coude traitées par voie chirurgicale, 63 % des patients avaient une fracture de la coronoïde [43].

Tandis que tous les auteurs s'accordent à dire que la coronoïde est un important stabilisateur du coude, la hauteur de la fracture coronoïde varie et la hauteur exacte nécessitant une réparation chirurgicale reste controversée. Une étude a suggéré que la perte d'à peine 25 % de la coronoïde peut entraîner une subluxation de l'articulation ulno–trochléenne en mi–flexion en l'absence de la tête radiale [4].

Une autre étude biomécanique a démontré qu'une fracture de 40 % de la coronoïde augmentait à la fois la laxité en varus et les contraintes en rotation interne [59].

Une étude supplémentaire a montré que l'excision de la tête radiale et l'ablation de 30 % de la coronoïde pouvaient conduire à une luxation même si les complexes ligamentaires médial et latéral sont intacts [60]. Avec une tête radiale intacte, la même étude a montré que l'excision de 50–70 % de la coronoïde était nécessaire pour créer une luxation [60]. Sur la base de ces études, le seuil à partir duquel une réparation chirurgicale de la coronoïde est indiquée reste controversé. Ce seuil est probablement de 40–50 % sur la base des données biomécaniques des fractures isolées, bien qu'il

puisse être aussi faible que 10 à 15 % en fonction des lésions concomitantes et de l'efficacité avec laquelle elles peuvent être traitées [44, 60].

Par conséquent, la fixation de la fracture coronoïde est une partie essentielle du traitement chirurgical de l'instabilité du coude, et doit être considérée comme un élément nécessaire de la plupart des réparations pour maximiser la stabilité [44–45].

Dans les cas d'instabilité avec perte osseuse coronoïde, plusieurs techniques de reconstruction de la coronoïde ont été décrites, notamment l'autogreffe de la tête radiale,

L'autogreffe de l'olécrane, l'autogreffe de la crête iliaque, l'allogreffe de la coronoïde et la reconstruction prothétique, soulignant l'importance de restaurer la coronoïde pour obtenir une bonne stabilité [59].

E. Tête radiale et capitulum :

La tête radiale assure la stabilité latérale par trois mécanismes : (1) en agissant comme un butoir, (2) par le mécanisme de compression en concavité, et (3) en mettant en tension le ligament collatéral latéral ulnaire.

La tête radiale est fréquemment fracturée dans le cadre d'une instabilité du coude et, en général, elle doit être réparée ou reconstruite dans la plupart des cas pour maximiser la stabilité. La résection de la tête radiale augmente la laxité dans plusieurs directions [60].

Dans une série de luxations du coude traitées chirurgicalement, 58 % des patients avaient une fracture concomitante de la tête radiale [43].

De multiples analyses biomécaniques ont démontré l'importance de la tête radiale dans la stabilité du coude. Dans une étude cadavérique, Hotchkiss et ses collègues ont démontré que la tête radiale contribue jusqu'à 30 % à la stabilité en valgus dans le cas d'un ligament collatéral ulnaire intact [61]. Des études cadavériques

ultérieures ont démontré que l'excision isolée de la tête radiale doublait la laxité en valgus du coude [60], et augmente la laxité rotatoire jusqu'à 145 % [62]. La tête radiale est particulièrement importante en association avec une fracture coronéoïde.

Lors d'une étude cadavérique où les deux étaient absentes, une subluxation s'est produite même avec des ligaments parfaitement intacts et le remplacement de la tête radiale pouvait stabiliser le coude [62]. Le mécanisme de l'instabilité rotatoire postéro–latérale a été suggéré comme nécessitant une rotation externe pathologique de l'avant–bras. La tête radiale sert à bloquer une rotation externe excessive, car la tête radiale antérieure doit effectuer une rotation externe suffisante pour libérer le capitulum distal afin d'entraîner une instabilité rotatoire postéro–latérale [63]. Ainsi, même les petits défauts de la tête radiale peuvent jouer un rôle important dans la stabilité s'ils sont mal placés [63]. Le capitulum joue probablement un rôle tout aussi important.

Une étude a montré qu'après l'excision du capitulum, la laxité en valgus augmentait de 3 %. la laxité en valgus a augmenté de 3,1° avec une flexion active du coude en pronation [64]. Néanmoins, d'autres données ne montrent aucun changement dans le déplacement en varus/valgus après l'excision du capitulum en présence de ligaments intacts [65].

En plus de stabiliser le coude en varus et en rotation externe, la tête radiale peut également agir pour mettre en tension le complexe du ligament collatéral latéral, car, après excision de la tête radiale et section du complexe ligamentaire collatéral latéral, la restauration des deux structures est nécessaire afin de restaurer complètement la laxité du coude [66].

Parce que la tête radiale agit comme un obstacle physique à la dislocation, de nombreuses études ont montré que les remplacements monoblocs de la tête radiale fournissent beaucoup plus de stabilité que les composants bipolaires [30, 67].

Dans une étude sur des cadavres ayant des triades terribles traitées chirurgicalement, comparant les composants monoblocs et bipolaires, une force 16 fois plus importante était nécessaire pour disloquer un composant monobloc qu'un composant bipolaire [67]. Une deuxième étude similaire a montré que cet effet était amplifié par l'état du complexe du ligament collatéral latéral et de l'extenseur commun, car la tête radiale bipolaire permet non seulement une translation postérieure, mais elle s'incline ensuite de telle sorte que la force continue sur la tête radiale se résout à contenir le vecteur de force de cisaillement de la luxation [68]. La restauration anatomique de la hauteur de la tête radiale est essentielle à la fois pour restaurer la stabilité et pour éviter une cinétique ulno–trochléaire altérée et une accélération de la chondrose capitulaire [69]. Avec une longueur radiale excessive, le cubitus se déplace en varus et en rotation externe, alors qu'avec une longueur insuffisante, le cubitus se déplace en valgus et en rotation interne [69]. Même les fractures qui n'impliquent qu'une partie de la tête radiale peuvent être affectées par des problèmes similaires.

Dans une étude sur cadavres, Shukla et ses collègues ont démontré que les fractures qui impliquent seulement 30 % de la surface de la tête radiale réduisaient la force de subluxation de 80 %, même si le fragment avait été conservé mais enfoncé de 2 mm ou conservé mais angulé de 30°, probablement en raison de la perte du mécanisme de concavité et de compression [31].

F. Stabilité médiale du coude :

Le ligament collatéral ulnaire est composé de trois parties distinctes : la bande antérieure, la bande postérieure et la bande transversale (Fig. 28) [47,70, 71].

La bande antérieure du ligament collatéral ulnaire a été décrite comme isométrique dans certaines études [70, 47, 50] et hétérométrique dans d'autres (Fig. 29)[72]. La bande postérieure est tendue de 60 à 120° de flexion et peut limiter la flexion du coude [70, 73]. En flexion, la bande antérieure du ligament collatéral ulnaire sert comme principal stabilisateur du coude en valgus (Fig.30). (Fig. 2.10) [70, 27, 38, 69, 75, 76], la tête radiale servant de stabilisateur secondaire [32].En pleine extension, la capsule antérieure et la congruence osseuse assurent la stabilité en valgus du coude [69], et donc cliniquement ce ligament doit être testé en flexion [43]. La bande antérieure du ligament collatéral ulnaire prend naissance sur la face antéro-inférieure de l'épicondyle en position proximale et s'insère sur la tubérosité ulnaire en position distale (Fig. 31).La bande antérieure du ligament collatéral ulnaire a une insertion longue et fine sur la tubérosité ulnaire et la partie adjacente à la surface articulaire est la plus importante biomécaniquement [80].

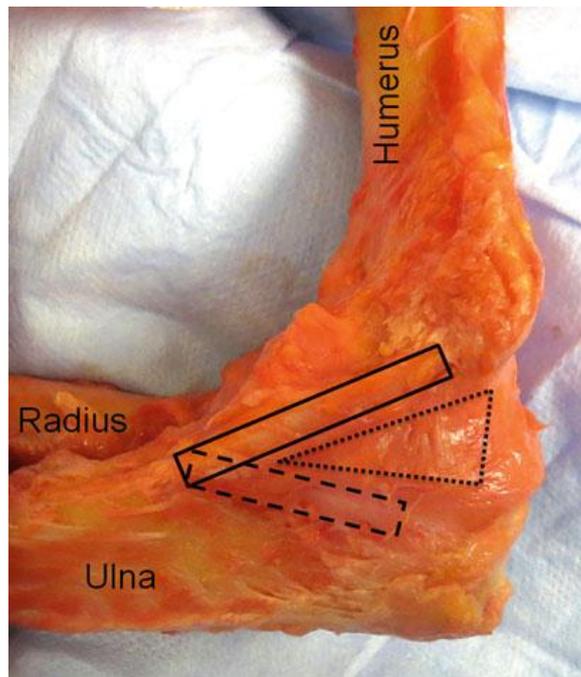


Figure 28 : Photographie clinique montrant le ligament collatéral ulnaire, y compris la bande antérieure (encadré en lignes continues), la bande postérieure (encadré en lignes tirées) et la bande transversale (encadré en pointillés)

The Unstable Elbow (3)



Figure 29 : Photographie clinique montrant que, en extension, la bande antérieure du ligament collatéral ulnaire (encadré en lignes continues) est presque isométrique.

The Unstable Elbow (3)

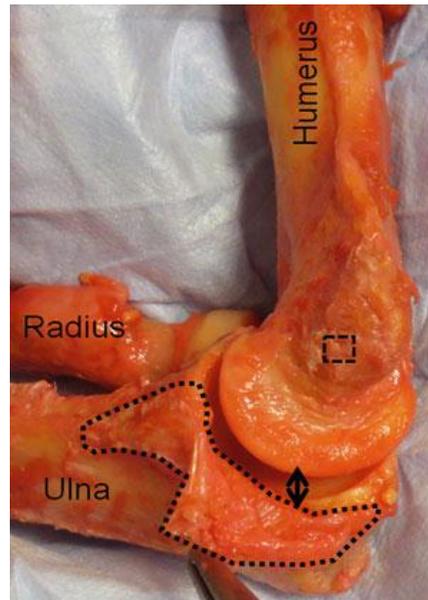


Figure 30 : Photographie clinique démontrant que, après avoir libéré le ligament collatéral ulnaire (souligné en pointillés et saisi par la pince) de l'attache humérale (encadré en pointillés), l'articulation ulno–trochléaire s'écarte (flèche à double sens) pour subir une contrainte en valgus. The Unstable Elbow (3)

Alors que la bande antérieure du ligament collatéral ulnaire est le principal stabilisateur en valgus, la tête radiale est un stabilisateur de valgus secondaire et peut même contribuer jusqu'à 30 % de la stabilité avec une bande antérieure du ligament collatéral médial intacte [81,32, 38, 55, 61, 71, 73]. Ainsi, dans les blessures qui affectent les deux structures, la tête radiale devient un stabilisateur important qui doit être traité chirurgicalement [38, 69]. Si la longueur de la colonne radio–huméral n'est pas rétablie, le ligament collatéral ulnaire peut ne pas guérir à une longueur anatomique, ce qui peut entraîner une instabilité chronique en valgus [38, 69]. Cependant, contrairement à l'instabilité latérale, l'instabilité en valgus du coude peut être obtenue de la même manière avec une arthroplastie monobloc ou bipolaire [38, 40].

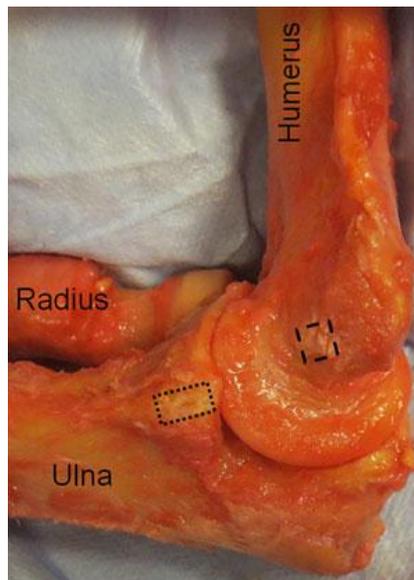


Figure 31 : Photographie clinique, sur laquelle le ligament collatéral ulnaire a été retiré, montrant les sites d'attache huméral (encadré en tirets) et ulnaire (encadré en pointillés) du ligament collatéral ulnaire. The Unstable Elbow (3)

La plupart des cas d'instabilité symptomatique en valgus due à un ligament collatéral ulnaire déficient est rencontrée lors de traumatismes répétitifs chez les sportifs de haut niveau. Le mouvement de lancer au-dessus de la tête est l'un des mouvements humains les plus rapides, avec des vitesses de rotation interne du bras dépassant $7000^{\circ}/s$ [82,81]. Pendant la phase d'armement/accélération précoce, la combinaison du couple de rotation interne exercé sur l'humérus et l'inertie de l'avant-bras, de la main et du ballon exercent une contrainte en valgus sur le coude (Fig. 32). Ce couple de valgus dépasse $64-120\text{ Nm}$ [82, 75,83], ce qui dépasse la capacité de 33 Nm du ligament collatéral ulnaire [50, 76-84]. En conséquence, Les déchirures du ligament collatéral ulnaire ont été fréquemment décrites chez les lanceurs à main gauche, ainsi que chez les lanceurs de javelot, des quaterbacks et d'autres athlètes d'élite [85-86]. Si la déchirure du LCU a été décrite la pour la première fois par Waris en 1946 chez des lanceurs de javelot [86], une reconstruction opératoire pour cette blessure n'a été décrite qu'en 1986 avec la première cohorte de Jobe portant sur 16 lanceurs [87].

Les lanceurs présentant une déchirure complète du ligament collatéral ulnaire sont souvent (42 %) incapables de revenir au niveau qu'ils avaient avant la blessure avec un traitement non opératoire, mais la reconstruction opératoire a des taux de retour supérieurs à 83 % dans de nombreuses séries [85, 88, 89, 90, 91–92]. Parce que le couple de valgus exercé sur le coude lors des lancers à haute vitesse dépasse la charge de rupture du collatéral ulnaire natif.

L'ensemble des fléchisseur–pronateur est connu pour agir comme un important stabilisateur dynamique de la contrainte en valgus.

Cependant, en cas de lésions du ligament collatéral ulnaire, la masse des fléchisseurs et des pronateurs n'augmente pas son activité pour compenser et stabiliser le coude. Au contraire, l'activité du fléchisseur–pronateur est paradoxalement diminuée [93].

De multiples études ont été menées pour comparer diverses techniques de reconstruction du ligament collatéral ulnaire et cela reste un domaine de recherche actif [72, 74, 94–95]. Bien que ces études diffèrent quant à la technique de reconstruction qui offre des caractéristiques biomécaniques optimales, toutes les études s'accordent à dire que toutes les techniques actuelles de reconstruction du ligament collatéral ulnaire sont biomécaniquement inférieures au ligament natif, ce qui a conduit aux périodes de rééducation prolongées nécessaires après cette procédure.

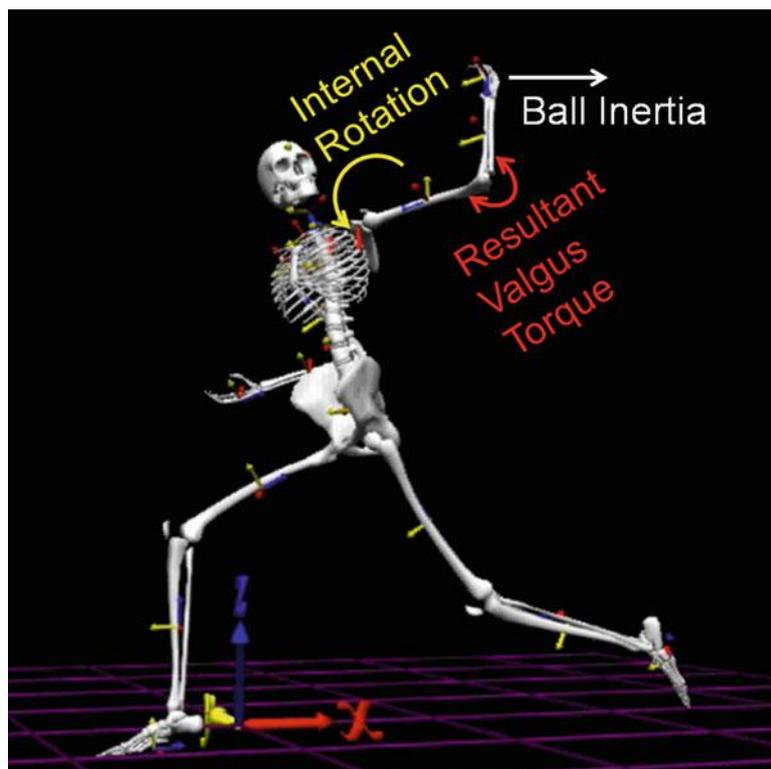


Figure 32 : Schéma d'un lanceur de baseball démontrant que pendant la phase d'accélération, une rapide rotation interne de l'humérus (flèche jaune incurvée), s'oppose à l'inertie de la balle (flèche blanche), pour créer un couple valgus au niveau du coude (flèche rouge courbée). The Unstable Elbow (3)

III. Rappel physiopathologique: [2]

A. Définition :

Les luxations complexes du coude associent aux lésions ligamentaires des fractures de la tête radiale, du processus coronoïde, de l'olécrane ou des épicondyles. Le terme de « terrible triade » utilisé par Hotchkiss pour le coude associe à la luxation du coude des fractures de la tête radiale et du processus coronoïde. Le risque d'instabilité persistante ou d'arthrose semble particulièrement élevé. L'objectif principal, devant ce type de lésions, est la restauration de ces éléments osseux de la stabilité du coude, pour convertir une luxation complexe en une luxation simple [5, 96, 97].

B. Mécanismes des Luxations :

La majorité des luxations du coude surviennent typiquement à la suite d'une chute sur la main, coude en extension ou en légère flexion. En plus du mécanisme direct postéro–antérieur, trois autres mécanismes ont été décrits comme pouvant être à l'origine de la luxation [98].

1. Mécanisme en hyperextension :

L'hyperextension du coude est l'hypothèse classique, avec déchirure du plan capsulo–musculaire antérieur et effet de levier du bec olécranien sur la fossette olécranienne entraînant le processus coronoïde en arrière. La lésion du complexe ligamentaire ulnaire constitue la lésion ligamentaire initiale [99–100]. Cette théorie est basée sur la présence d'une instabilité en valgus systématique après réduction d'une luxation, ou à l'existence de lésions du LCU lors de l'exploration chirurgicale [101].

2. Mécanisme en valgus–supination–compression axiale :

Plusieurs études ont démontré que lors du mouvement luxant il se produit une combinaison de valgus du coude, supination de l'avant-bras, et compression axiale [102, 103]. Cette association induit une atteinte séquentielle des parties molles péri-articulaires qui progresse du compartiment radial vers le compartiment ulnaire du coude. Cette séquence induit une lésion du complexe ligamentaire radial, qui s'étend vers la capsule antérieure et postérieure pour atteindre le compartiment ligamentaire ulnaire [102, 103]. Le stade 1 correspond à une lésion partielle ou totale du complexe collatéral radial (le faisceau ulnaire du LCR est rompu) entraînant une sub–luxation rotatoire postéro–latérale qui peut se réduire spontanément. Le stade 2 correspond à une extension lésionnelle vers la capsule antérieure et la capsule postérieure. Le coude se sublux, le processus coronoïde venant se bloquer sur la trochlée. Dans le stade 3, la poursuite du mécanisme lésionnel atteint le LCU. Au stade 3A, le faisceau postérieur seul est lésé, autorisant une luxation postérieure du coude autour du faisceau antérieur resté intact, selon un mécanisme rotatoire. Au stade 3B, la totalité du LCU est rompue entraînant une instabilité du coude en varus, valgus, et rotatoire postéro–latérale après réduction. En légère flexion (30° à 45°), le coude devient stable. Dans le stade 3C, les insertions tendino–musculaires sont avulsées de l'humérus distal, et le coude reste alors instable, même à 90° de flexion. La luxation du coude est donc le stade terminal de cette progression lésionnelle, de l'instabilité rotatoire postéro–latérale à la luxation postérieure du coude avec ou sans lésion du faisceau antérieur du LCU [103] (Fig. 33)

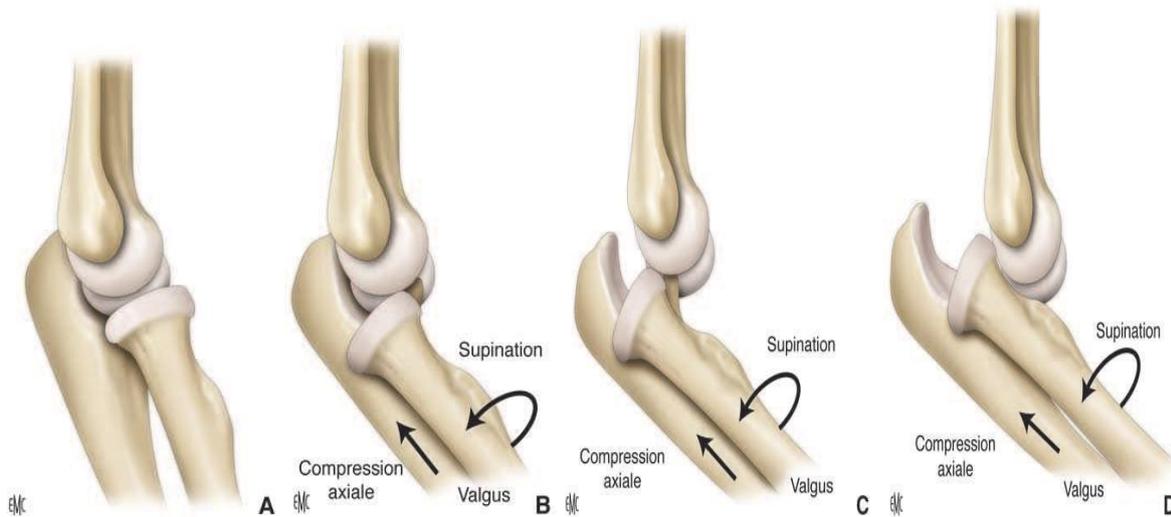


Figure 33 : Les différents stades de l'instabilité du coude.

A. Réduit.

B. Instabilité postérolatérale.

C. Perché.

D. Luxé. [2]

3. Mécanisme en varus-supination-compression axiale :

Dans certains cas, lors d'une chute sur la main, coude en extension ou en légère flexion, un mouvement de varus induit une instabilité rotatoire postéro-médiale entraînant une fracture/ tassement de la facette antéro-médiale du processus coronoïde ou une lésion du LCR ou une fracture de l'olécrane ou une fracture du processus coronoïde à sa base [104].

4. Mécanisme direct antéropostérieur sur l'olécrane :

Enfin, dans quelques cas, un choc direct au niveau de l'extrémité proximale de l'ulna entraîne sa fracture et conduit à la luxation transolécranienne [105-106].

C. Types de fractures associées :

1. Fracture de l'olécrane :

La classification de la Mayo Clinic est basée sur le déplacement, la comminution et la stabilité de ces fractures [5]. Dans le cadre d'une luxation du coude, il s'agit d'une lésion type III associée à une instabilité du coude (luxation transolécranienne) où s'associent les lésions ligamentaires et les lésions osseuses. Le principe du traitement repose sur la stabilisation de l'articulation huméro-ulnaire. Elle est effectuée de préférence par un matériel d'ostéosynthèse rigide, de type plaque DCP 3,5 mm ou système à vis bloquée de type LCP, plutôt qu'un haubanage [117]. La plaque est courbée dans sa partie proximale à 80° et est appliquée à la face postérieure de l'ulna. En présence d'une fracture associée du processus coronoïde, celui-ci est synthésé dans le même temps.

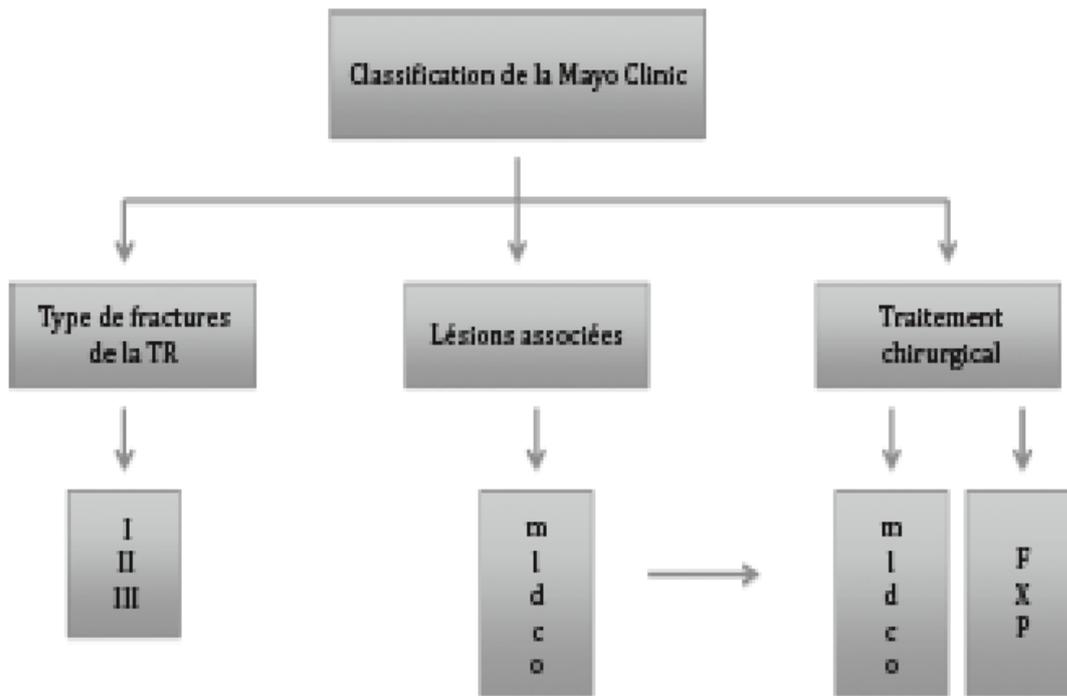


Figure 34 : Classification de la Mayo Clinic

Type I : fracture non déplacée ;

Type II : fracture déplacée (>2mm) ;

Type III : fracture comminutive ;

m : Ligament collatéral médial ; l : Ligament collatéral latéral ; d : Dissociation longitudinale de la radio-ulnaire distale ; c : Fracture de la coronoïde ; o : Fracture de l'olécrane ; F : Fixation ; X : Excision ; p : Remplacement prothétique

2. Fracture de la coronoïde :

Le processus coronoïde est un élément fondamental de la stabilité du coude. Il agit comme une console antérieure, résistant au déplacement postérieur du coude lors de la flexion. À sa base s'insèrent les ligaments latéraux. Regan et Morrey ont classé ces fractures en trois types [118]. Le type I correspond à l'extrémité distale du processus, le type II à une fracture qui intéresse jusqu'à 50 % de la hauteur du processus coronoïde et le type III à une fracture intéressant plus de 50 %. O'Driscoll propose une autre classification, également sur trois types, basée sur l'analyse tomodynamométrique : le type I correspond à une avulsion de la pointe, le type II à une fracture de la facette antéro-médiale et le type III à une fracture de la base. Le type II est important à distinguer car il correspond à une avulsion du faisceau antérieur du LCU et représente une source d'instabilité en valgus [104]. Le traitement des fractures du processus coronoïde va dépendre de la taille du fragment et des lésions associées. Les fractures de petit volume (< 50 %) peuvent être ostéosynthésées, cependant de bons résultats peuvent être obtenus par simple immobilisation [119]. Les fractures de gros volume (\geq 50 %) doivent être ostéosynthésées classiquement par vis, mais une plaque console peut être utile [5, 118]. Lorsque le processus coronoïde n'est pas synthésable en raison d'une comminution trop importante associée à une instabilité sévère du coude, le processus coronoïde peut être reconstruit avec un fragment de tête radiale ou en utilisant la pointe de l'olécrane selon la technique de Moritomo [120]. S'il persiste une instabilité malgré l'ostéosynthèse, le coude doit être neutralisé par l'application d'un fixateur externe articulé [5, 108].

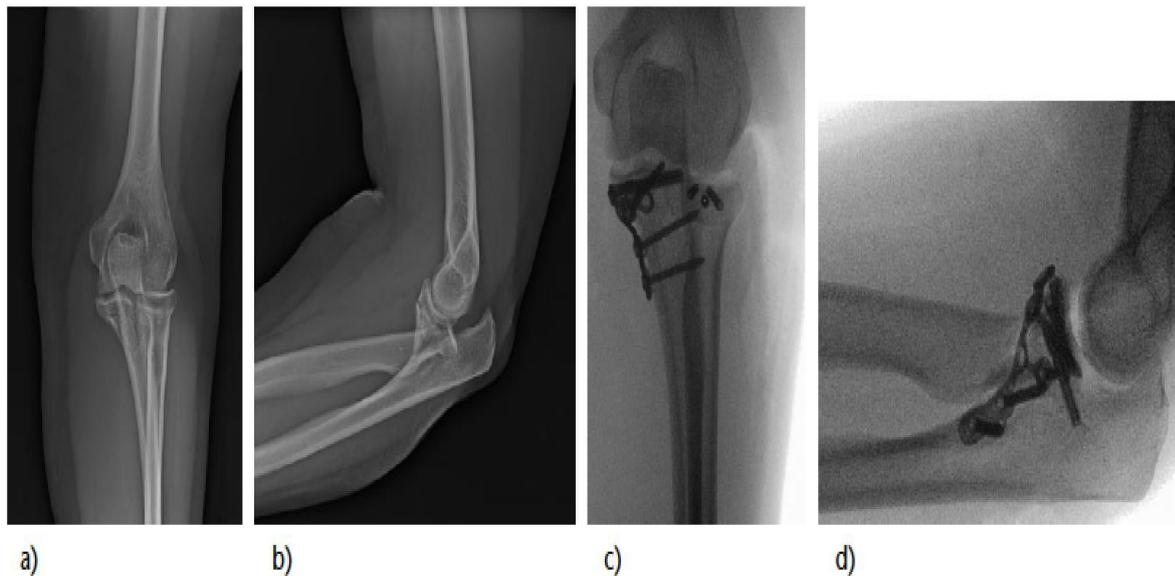


Figure 35 : Exemple de fracture large de la coronoïde nécessitant une exposition médiale pour réduction et fixation par plaque : a) vue préopératoire de face b) vue préopératoire de profil c) vue postopératoire de face d) vue postopératoire de profil (Sanchez-Sotelo J.) [107]

3. Fracture de la tête radiale :

Masson a classé les fractures de la tête radiale en trois types. Le type I correspond à une fracture strictement non déplacée ; le type II, à une fracture déplacée affectant 30 % de la tête radiale ou basculé de plus de 30° ; le type III, à une fracture comminutive. Dans le type IV, la fracture de la tête radiale est associée à une luxation du coude. En présence d'une luxation du coude associée à une fracture non ou peu déplacée de la tête radiale, la conduite à tenir est identique à celle d'une luxation simple du coude. Lorsque la fracture est déplacée et intéresse plus d'un tiers de la tête radiale, elle doit alors être ostéosynthésée [111, 112]. Le traitement des fractures comminutives non synthésables reste un sujet de controverse [5, 113]. Morrey préconisait la résection simple de la tête radiale, suivie d'une mobilisation protégée dans une orthèse pour protéger le LCU [114]. Cependant, en cas d'atteinte du LCU ou de la membrane interosseuse, le risque d'instabilité

résiduelle à la fois frontale et horizontale contre–indique la résection en urgence de la tête radiale sans remplacement. Dans ces circonstances, une prothèse de tête radiale est la solution de choix [112, 115–116].

4. La triade terrible :

Il s'agit de la forme la plus complexe des luxations, car elle associe aux lésions ligamentaires une fracture de la tête radiale et du processus coronoïde. Une luxation complexe du coude doit être considérée comme une triade terrible jusqu'à preuve du contraire, car une méconnaissance de cette forme clinique a des conséquences majeures sur la fonction ultérieure du coude. Un bilan tomodensitométrique doit être la règle après réduction de la luxation pour évaluer les différentes lésions osseuses [109,110]. Le principe du traitement repose sur deux points principaux : restaurer les structures osseuses stabilisatrices (tête radiale et processus coronoïde) et réparer le LCR. La résection isolée de la tête radiale est à proscrire en raison de son mauvais pronostic à court et long terme et un remplacement arthroplastique doit être effectué si la tête radiale n'est pas reconstituable par une ostéosynthèse fiable. Un abord médial semble indiqué en cas d'instabilité persistante en valgus après réparation du LCR ou en cas de volumineux fragment du processus coronoïde à synthésiser. Le fixateur externe n'est indiqué en urgence qu'en cas d'instabilité persistante après reconstruction des éléments osseux et ligamentaires. Il permet de stabiliser l'articulation, de protéger les réparations et autorise une mobilisation précoce [96,97]. Cependant certains auteurs préconisent l'utilisation systématique du fixateur externe, car il permet de maintenir le coude en position de réduction et de débuter une mobilisation précoce dans un secteur protégé tout en protégeant la cicatrisation des structures ligamentaires et la consolidation des différentes fractures [108].

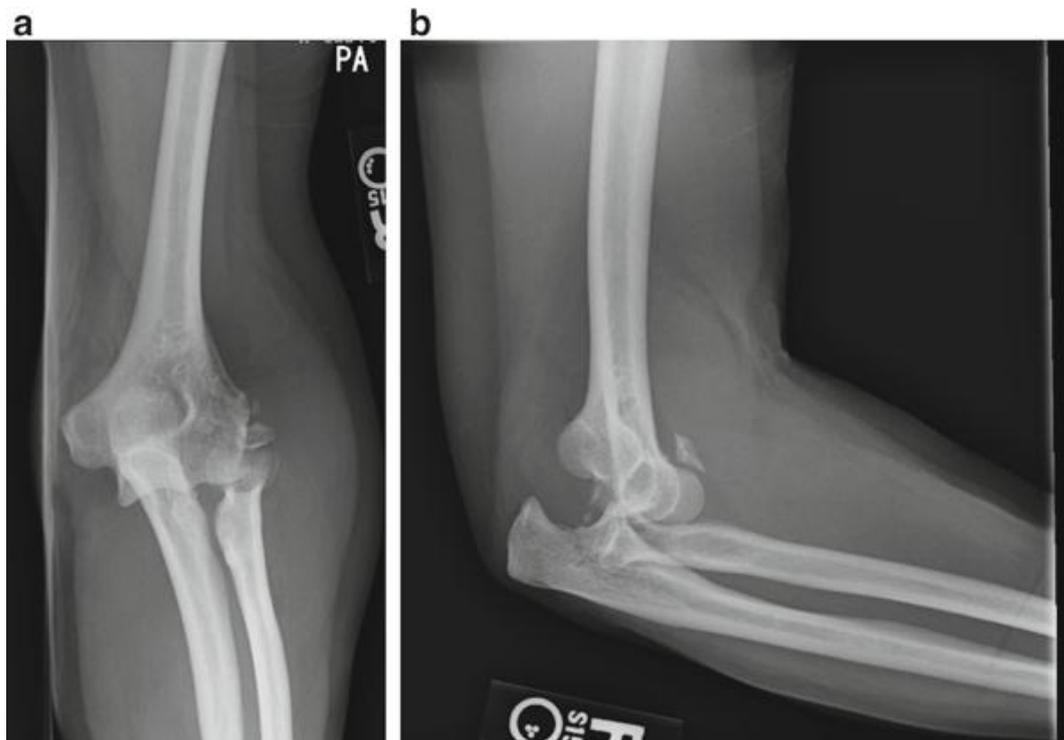


Figure 35 : Radiographie de profil d'un coude droit, montrant les 3 composants d'une triade terrible : La luxation postérieure, la fracture de la tête radiale et la fracture de la coronoïde. The Unstable Elbow (3)

5. Fracture de l'épicondyle médial :

Elle se rencontre rarement chez l'adulte, plus fréquemment chez l'adolescent [3]. Elle est liée au point de faiblesse représentée par le cartilage de croissance non encore fusionné. Le fragment épicondylien peut s'incarcérer dans l'interligne articulaire rendant la luxation incoercible. Le traitement est chirurgical pour réduire et stabiliser ce fragment, zone d'insertion du LCU.

6. Fracture du condyle latéral :

Les avulsions de fragments osseux de l'épicondyle latéral et médial surviennent dans 12% des cas [3].

Ce sont des fractures affectant uniquement la colonne latérale de l'humérus distal. Elles sont relativement rares, surtout lorsqu'elles sont associées à une luxation du coude.

Les lésions ostéochondrales sont bien plus fréquentes et souvent sous diagnostiquées par les radiographies. Elles affectent typiquement des patients jeunes ou d'âge moyen qui doivent être traités par une fixation interne. Chez ces patients avec un capital osseux de bonne qualité, une ostéosynthèse par plaque peut être réalisée sur la colonne fracturée tout en assurant une bonne stabilité. Une exposition par voie latéral peut être réalisée.

IV. Étude clinique :

A. Conduite à tenir aux urgences :

1. Diagnostic clinique :

a. Interrogatoire :

Un interrogatoire rapide mais précis devras être mené s'adressant au patient et son entourage.

Des questions concernant la luxation doivent inclure :

Le mécanisme de luxation :

- choc direct par un objet pesant.
- traumatisme de haute intensité (AVP, choc a grande vitesse ...) écrasement, torsion ou chute

le point d'impact :

- Point d'impact unique ou multiple
- Position du corps et du membre lors de l'impact

Les sensations neurologiques post–traumatiques :

- engourdissement, perte de sensations en essayant de préciser le territoire exact

Les antécédents du patient :

- Ancien traumatisme du même membre ou d'autres membres
- Affections médicales.
- Antécédents chirurgicaux.
- traitement actuellement suivis par le patient.

L'activité professionnelle et sportive.

Côté dominant.

Signes fonctionnels :

- douleur en précisant le siège et l'intensité.
- impotence fonctionnelle.

b. Inspection :

On porte une attention particulière lors de l'inspection au coude qu'on pourra retrouver :

- **En demi-flexion à 60°** avec la main en demi-pronation et le membre soutenu par la main saine.
- **œdématisé** avec un œdème important faisant disparaître les saillies normales du coude.
- **Déformé** en raison du désalignement des axes du membre.
- Par ailleurs des ecchymoses cutanées en regard des épicondyles médial et latéral peuvent signifier des fractures associées ou encore des arrachements ligamentaires

c-Palpation :

La palpation des reliefs osseux retrouve :

- **Un coude augmenté de volume**
- **La saillie postérieure de l'olécrane en crochet**
- **Le relief mousse de la trochlée en avant.**
- **La cupule radiale étant devenue superficielle**
- **Une douleur à la palpation ou à la mobilisation**

d- Complications :

La recherche des complications est primordiale elle concernera surtout la recherche des :

- **Complications vasculaires :**

Les complications sont classiques mais rares [99, 121, 122]. Les lésions artérielles sont présentes dans 5 à 13 % des luxations du coude, d'autant plus qu'elles sont ouvertes [123]. Il peut s'agir d'un spasme de l'artère humérale, d'une compression, plus rarement d'une rupture artérielle qui se traduit par la disparition

des pouls radiaux et ulnaires distaux. Un contrôle du pouls doit donc être systématique avant et après réduction d'une luxation du coude. En cas de disparition d'un pouls, notamment après réduction, une artériographie en urgence doit être effectuée. En présence d'une lésion de l'artère humérale, la réparation est préconisée. Cependant dans la plupart des cas un pontage veineux est nécessaire compte tenu de l'extension lésionnelle [122]. Parfois le tableau est plus frustré, et devant l'existence de douleur à l'extension des doigts, le diagnostic de syndrome de loge doit être évoqué. La prise des pressions intracompartmentale confirme le diagnostic. Une aponévrotomie brachiale et antibrachiale doit être effectuée en urgence.

– **Complications nerveuse :**

Elles restent rares, 5 % des cas en comptant les luxations simples et complexes du coude [124]. Le nerf ulnaire reste le plus exposé lors d'une luxation du coude [121] le plus souvent par mécanisme d'étirement [125]. Cependant des ruptures du nerf ont été décrites [126]. Le nerf médian peut être également atteint en venant s'interposer dans l'articulation rendant la luxation irréductible. En cas de lésion nerveuse, une exploration systématique est justifiée si la réinnervation ne se produit pas, ou si l'électromyogramme retrouve des signes de souffrance neurale. Dans tous les cas, le délai entre le traumatisme et la neurolyse ne doit pas dépasser deux mois [121, 124], pour ne pas compromettre la qualité de la récupération potentielle. Le nerf interosseux antérieur peut être également lésé au cours des luxations du coude [127]. Le diagnostic est souvent retardé car la symptomatologie est motrice pure, entraînant une impossibilité pour effectuer la pince pouce–index. Une incarceration du nerf radial a été rapportée dans les suites d'une luxation postérolatérale du coude [128].

– **Complications cutanées :**

Les ouvertures cutanées lors de luxations du coude qu'elles soient simples ou complexes exposent à des risques infectieux, ainsi qu'à des risques de nécroses cutanées. CAUCHOIX et DUPARC ont classé l'ouverture cutanée en 3 types :

- I Plaie punctiforme ou linéaire, sans décollement ni contusion, suturable sans tension, dont le pronostic rejoint celui des fractures fermées.
- II Plaie à berges contuses ou associée à un décollement ou contusion cutanée, exposant ainsi au risque de nécrose secondaire.
- III Lésion avec perte de substance cutanée ou musculo–aponévrotique, non refermable sans tension, avec fort risque de nécrose.

Modifications par Hutten :

- III A Lésion de type III limitée en surface dont la fermeture peut être assurée par des tissus sains périphériques.
- III B Lésion de type III avec perte de substance importante, dont la cicatrisation est impossible, et doit faire appel à de la chirurgie plastique.

2. Imagerie :

Le bilan radiologique repose sur la réalisation de deux incidences orthogonales (face et profil) du coude. Une incidence oblique de Greenspan [129] peut être ajoutée et permettra de voir l'articulation radio–condylienne, et d'identifier des petits arrachements osseux emportant les insertions ligamentaires. Le bilan radiographique doit s'attacher à rechercher des anomalies au niveau de l'anatomie osseuse et une incongruence articulaire.

Chez les patients ayant un poignet douloureux, on pourra ajouter des incidences orthogonales de l'articulation radio–ulnaire distale, plus ou moins complétée par le côté controlatéral si besoin.

Une fois les fractures associées diagnostiquées, une tomодensitométrie pourra être réalisée avec des reconstructions 3D qui permettront au chirurgien d'établir une planification préopératoire, les voies d'abord chirurgicales et le type de fixation.

Une IRM ne sera jamais demandée en urgence, elle constitue une perte de temps et de chance pour ces patients.

3. Réduction de la luxation :

Dans tous les cas, le traitement doit être effectué en urgence dans les 6 heures suivant le traumatisme.

Il consiste à réduire la luxation, à tester la stabilité de l'articulation et rechercher des complications neuro–vasculaires.

La réduction d'une luxation postérolatérale du coude est accomplie par une manipulation douce, sur un patient anesthésié. Il est occasionnellement possible de réduire la luxation sans anesthésie si la région du coude est insensible à cause du traumatisme, surtout s'il existe un œdème marqué du coude ou si la luxation est peu déplacée, ou encore sous sédation si l'accès au bloc opératoire en urgence n'est pas possible. La prudence suggère cependant de transporter le patient dans une structure adaptée qui pourra apporter au patient une couverture anesthésique.

L'anesthésie générale ou locorégionale est préférable pour une relaxation musculaire et une sédation des douleurs optimums.

La réduction d'une luxation postérieure se fera avant–bras en supination afin d'induire le passage de la coronoïde sous la trochlée et de minimiser l'étirement des structures ligamentaires médiales si elles ne sont pas rompues enfin Un ressaut signera la réduction de la luxation [121].

Après réduction, la palpation du pouls radial est systématique pour dépister une complication vasculaire. Le bilan neurologique périphérique est également effectué dès que le patient est réveillé.

L'évaluation de la stabilité après réduction est un temps fondamental car il conditionne la prise en charge ultérieure. Le coude est mobilisé tout le long de l'arc de flexion–extension, et des mouvements de varus–valgus sont appliqués. Le test en valgus est effectué l'avant-bras en pronation pour ne pas confondre une instabilité postérolatérale avec une instabilité en valgus, la pronation verrouillant le compartiment latéral [130]. En effet dans cette position, la tête radiale se projette à la partie antérieure du condyle latéral et les forces de compression huméro–radiales augmentent, limitant l'instabilité postérieure de la tête radiale. En effet en cas de lésion du LCR, un stress en valgus effectué l'avant-bras en supination, induit une rotation de l'ensemble tête radiale/ulna sous l'humérus aboutissant à une subluxation postérolatérale qui peut passer pour une instabilité en valgus.

En cas de fracture associée pouvant être traitée orthopédiquement (fracture de la tête radiale Mason I ou de la coronoïde O'Driscoll I), la prise en charge de la luxation fera appel au traitement d'une luxation simple avec testing de la stabilité qui permettra de poser l'indication d'une attelle articulée en pronation avec ou sans blocage de l'extension à 30°.

Il est à noter que Shukla a rapporté que des tentatives de réductions répétées peuvent être responsables d'ossifications hétérotopiques [131,132], donc la récurrence d'une luxation doit pousser le chirurgien à traiter chirurgicalement des lésions ligamentaires.

En cas de fracture luxation chirurgicale, il est recommandé de prendre en charge les patients le plus tôt possible, avec un protocole de réparation standard pour assurer les meilleurs suites possibles [133].



Figure 48 : Technique de réduction d'une luxation postérieure en supination (The unstable elbow Tashjian 2017) (3)

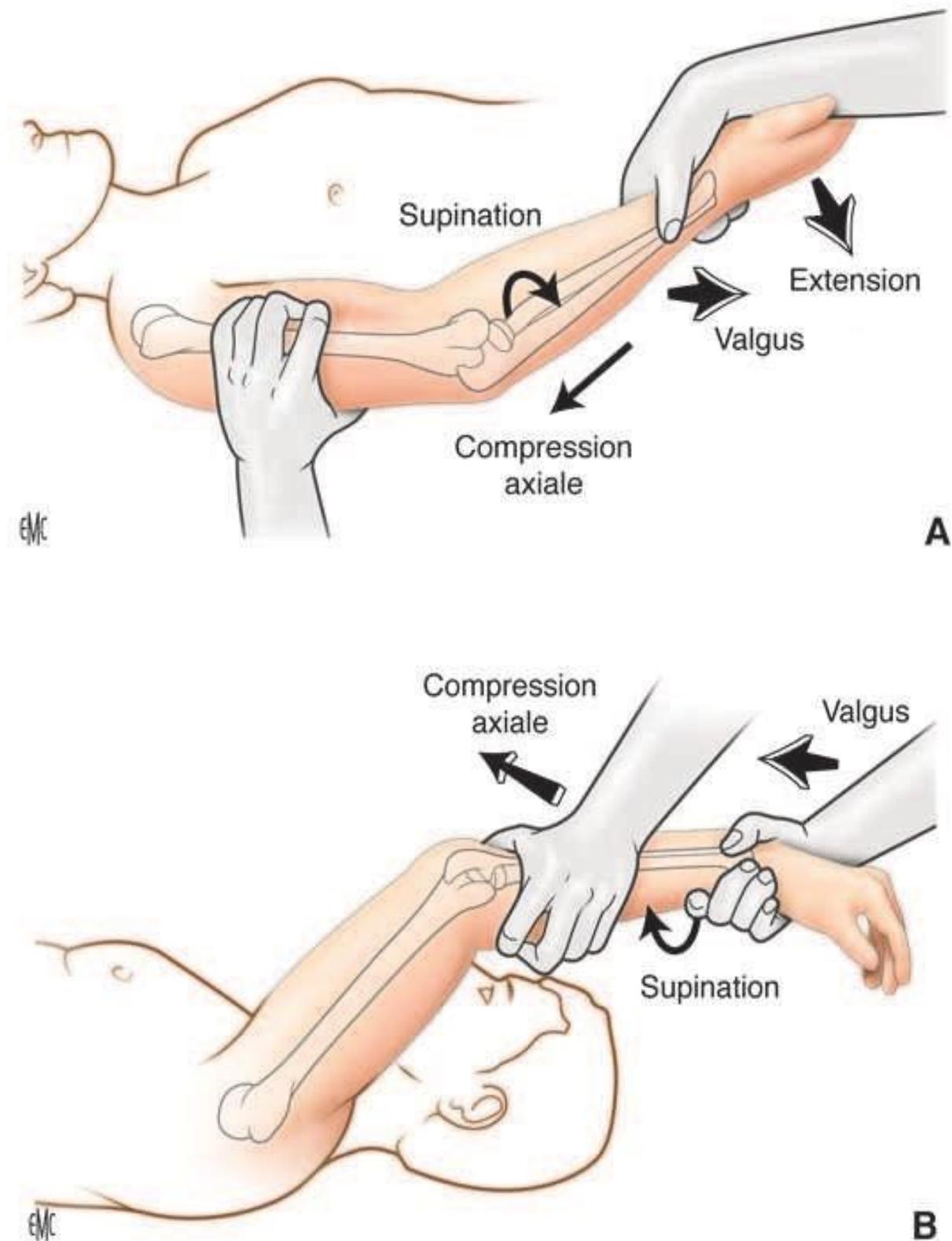


Figure 49 : Test d'appréhension d'O'Driscoll pour mettre en évidence une instabilité postérolatérale du coude (A, B). Subluxation rotatoire. [2]

B. Classification des fractures associées et CAT:

1. Fracture de la tête radiale :

a. Épidémiologie :

Les fractures de la TR représentent environ 1/3 des fractures du coude et 1,7 à 5,4% de toutes les fractures de l'adulte (59). 85% des fractures de la TR surviennent chez des patients âgés entre 20 et 60 ans.

La luxation complète huméro–ulnaire du coude s'associe dans 15 à 30% à une fracture concomitante de la tête radiale. La luxation des deux os de l'avant-bras est postérieure et conjointe. La fracture de la tête radiale est en générale déplacée et/ou comminutive [134]. Les lésions associées osseuses sont fréquentes : avulsion de la coronoïde, fracture du capitulum [135].

Les lésions ligamentaires sont celles rencontrées dans les luxations postérieures pures du coude [27]. Elles portent sur le ligament collatéral médial, rarement rompu en plein corps mais sept fois sur dix avulsées de l'épicondyle médial. Deux notions ont été soulignées par Josefsson : la fréquence de l'avulsion des structures musculaires épicondyliennes et l'atteinte du ligament collatéral latéral. Cette dernière est présente dans près d'un coude sur quatre, et le plus souvent sous l'aspect d'une avulsion apophysaire. McKee a décrit 3 types de rupture du ligament collatéral latéral. Sur la revue de 62 coudes pris en charge chirurgicalement pour fracture luxation ou bien luxation insuffisamment réduite. 100% de ces coudes présentaient une rupture du LCR avec dans 52% des cas une rupture par désinsertion du ligament sur l'épicondyle latéral laissant la zone d'insertion du ligament à nu. Dans 29% des cas, la rupture était retrouvée en plein corps ligamentaire à sa moitié. Et dans 8% des cas la rupture emportait l'insertion osseuse du ligament [136].

En comparaison dans notre étude l'âge des patients ayant eu une luxation du coude associé à une fracture de la tête radiale s'étendait de 27 à 65 ans avec une moyenne d'âge de 44 ans la majorité des patients ayant subis des lésions ligamentaire associées

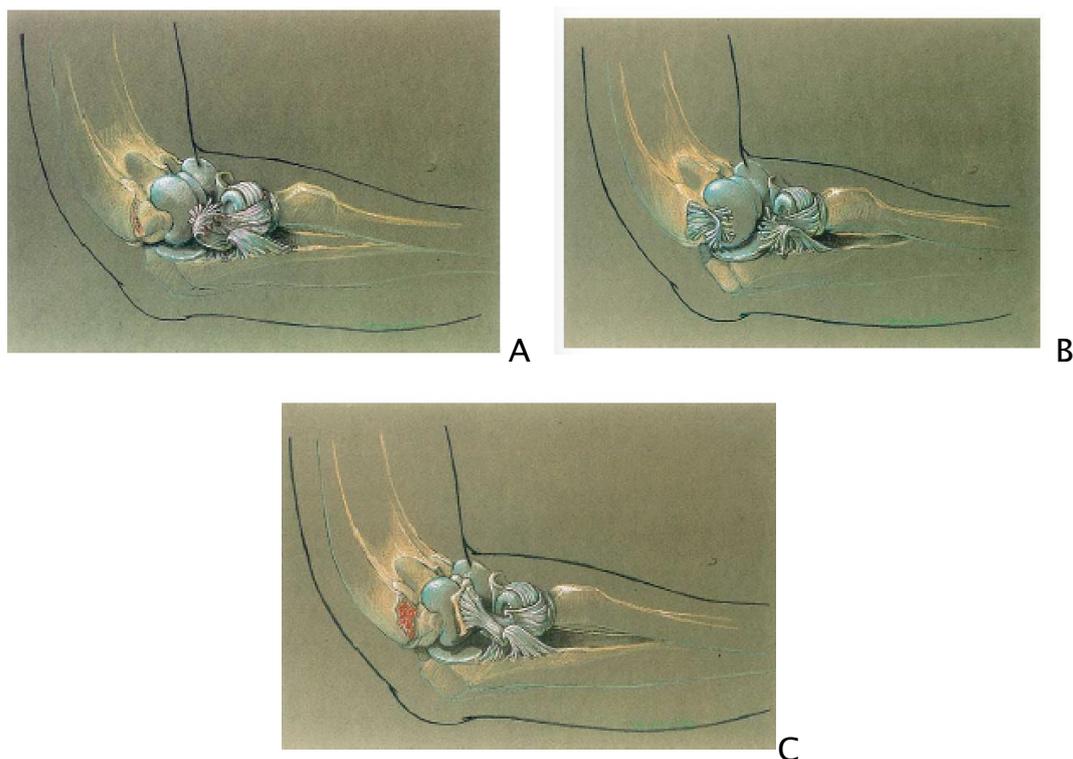


Figure 50 : Vue latérale des différents types de sections du LCR, A Désinsertion proximale au niveau de l'épicondyle latéral laissant une zone d'insertion « dénudée » (52%), B Rupture en plein corps tendineux (29%) et C Arrachement de l'insertion osseuse (8%) . [136]

b. Conduite diagnostique :

Le tableau clinique est celui d'une luxation postérieure du coude avec impotence fonctionnelle absolue et son déplacement caricatural. Le piège est d'omettre le diagnostic de la lésion fracturaire radiale : la superposition de la tête radiale et de la métaphyse ulnaire, conjointement luxées en arrière de l'humérus rend difficile l'analyse radiologique de l'épiphyse radiale proximale, tant sur la face que sur le profil. Dans le même ordre d'idées, l'irréductibilité d'une luxation postérieure du coude doit faire évoquer l'incarcération intra-articulaire d'un fragment céphalique radial.

c. Classifications :

La première qui a fait autorité est celle de Mason décrite en 1954[146]. L'auteur s'appuyant sur une étude de 100 fractures opérées ou non, et revues avec un recul de plus de 2 ans, a proposé une classification en trois types, à visée thérapeutique :

Type I : fissure ou fracture marginale non déplacée

Type II : fracture marginale déplacée, avec séparation ou impaction

Type III : fracture déplacée et comminutive intéressant toute la TR

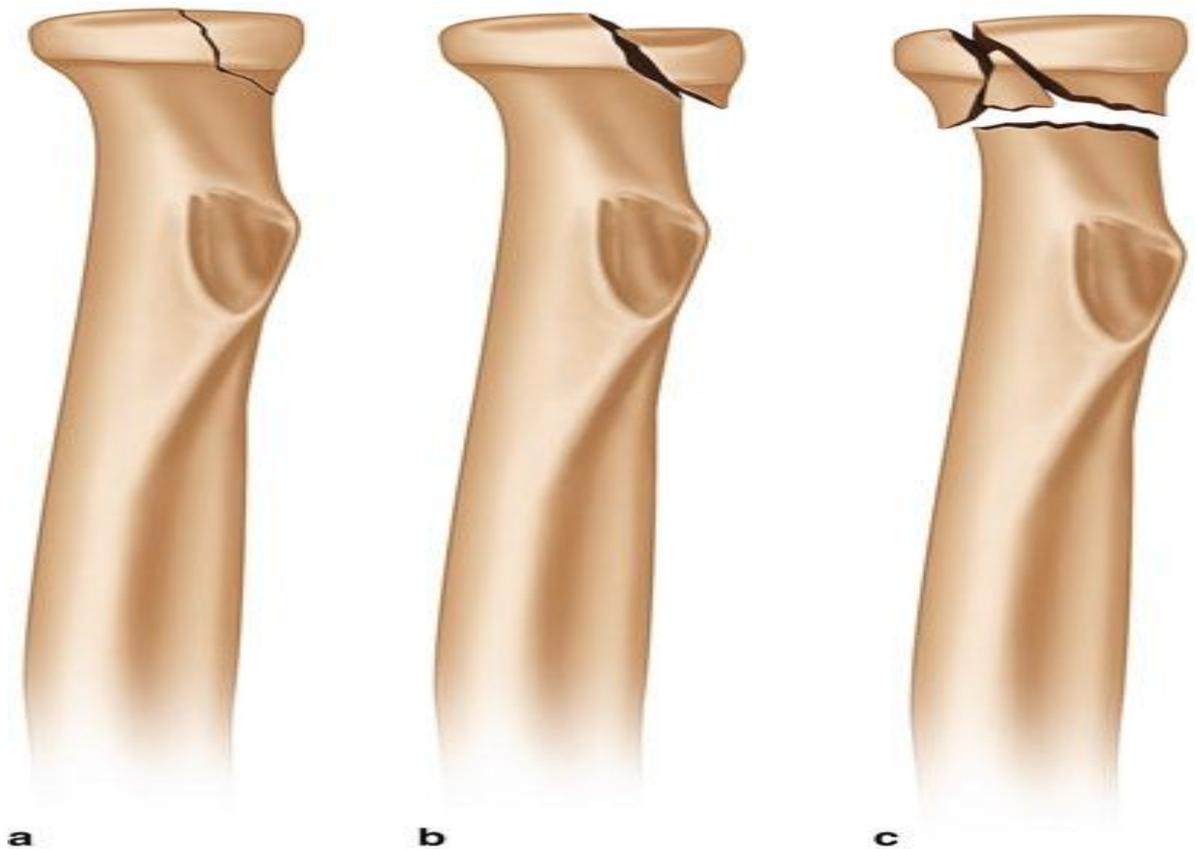


Figure 51 : Classification de Masson [3]

Hotchkiss [147] a modifié la classification de Mason, en y introduisant des critères cliniques. Le type II est défini par une fracture déplacée de la TR ou du col avec blocage mécanique ou incongruence articulaire. Le type III, caractérisé par une comminution, n'est pas accessible à l'ostéosynthèse et nécessite soit une résection, soit une prothèse :

Type 1 : Fracture de la TR ou du col du radius non ou peu déplacée, mobilité en prono-supination seulement, limitée par la douleur et l'œdème, fracture articulaire inférieure à 2mm ou fracture marginale de la TR.

Type 2 : Fracture déplacée de plus de 2mm ou fracture du col du radius angulée, mobilité diminuée mécaniquement ou incongruence articulaire, sans comminution sévère (ostéosynthèse possible).

Type 3 : Fracture comminutive et sévère de la TR ou du col du Radius, jugée non reconstructible sur critères préopératoires ou radiologique, nécessitant excision pour restituer la mobilité.

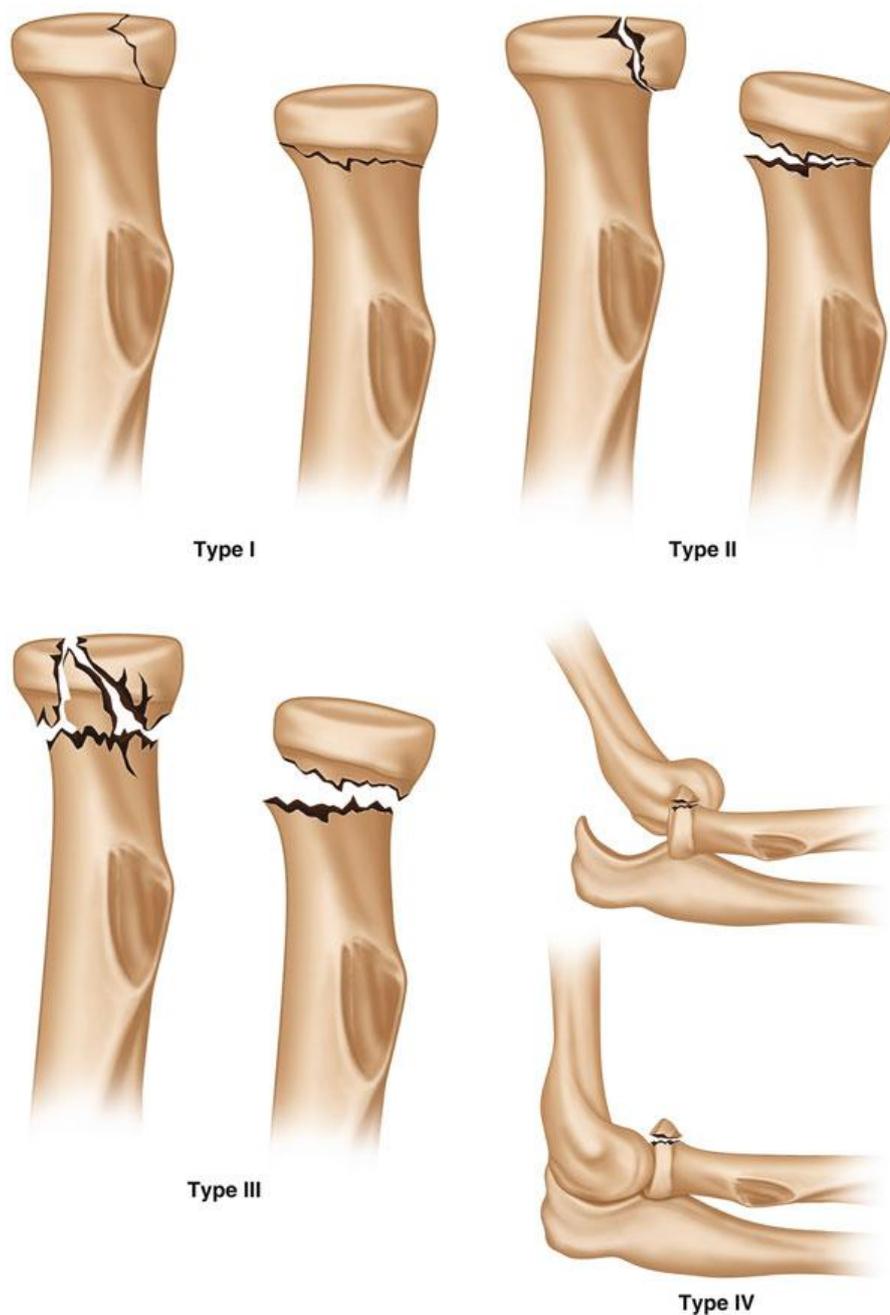


Figure 52 : Modifications de Hotchkiss. [3]

La principale faiblesse de ces deux classifications réside dans l'absence de prise en compte des lésions associées pourtant présentes dans près de 80% des fractures multi fragmentaires Type III. Dans ce sens là la classification de Mayo Clinic (déjà décrite auparavant) est intéressante et exhaustive puisque qu'elle reprend la description de la fracture de TR de Mason et lui associe une lettre correspondant à une lésion associée, représentée par une majuscule si elle est traitée.

d. Traitement :

L'indication chirurgicale ainsi que le type de traitement préconisé dépendra du type de la fracture de la tête radiale ainsi qu'aux lésions associées, il convient ainsi de bien explorer et classifier ces lésions.

Les fractures de Type I relèveront d'un traitement fonctionnel, Les Type II d'une réduction et d'une ostéosynthèse stable et les prothèses radiale seront discutées pour les fractures de la tête radial de type III, une résection de la tête radiale lors de fractures comminutives sera généralement évitée à cause du risque d'engourdissement et de subluxation du coude qu'elle entraîne. Ainsi :

-Pour le type I, si le coude est stable entre 45/50° d'extension, alors il sera immobilisé dans une attelle bloquée à 60° de flexion pendant 2 semaines puis une mobilisation dans tous les secteurs de mobilité sera réalisée sans protection.

-Pour le type II, on procède à une réduction à ciel ouvert avec une ostéosynthèse interne, si les deux plans ligamentaires médial et latéral sont atteints, alors on procède au traitement de la fracture puis la réparation du plan ligamentaire latéral sera systématique car nous savons que son non réparation est source d'instabilité chronique. Si après ostéosynthèse de la TR et réparation du LUCL, le coude reste toujours instable, alors on pourra procéder à la réparation du LCM. Une instabilité persistante conduira le chirurgien à mettre en place un fixateur externe dynamique en distraction.

–Pour le Type III, La prothèse de TR se discutera dans les fractures non ou difficilement accessibles à une réduction anatomique avec ostéosynthèse stable permettant une mobilisation précoce de l'articulation. Elle est une alternative à une ostéosynthèse difficile ou à la résection arthroplastique.

Bien que Morrey préconisait la résection simple de la TR, suivie d'une immobilisation protégée dans une orthèse pour protéger le LCU, la tendance s'est depuis inversée et on tend actuellement à considérer la résection simple comme erreur lors des Fractures de type III multi fragmentaires. En effet les Fractures multi fragmentaires ne sont que très rarement isolées, et s'associent dans 80% des cas à des lésions ligamentaires ou articulaires [137]. De ce fait en cas d'association de la fracture multi segmentaire à une atteinte du LCU ou de la membrane interosseuse, la résection arthroplastique ne sera pas recommandée vu le risque d'instabilité résiduelle. En effet il a été démontré qu'une résection arthroplastique lors d'une fracture multi segmentaire de Type III, exposait à une migration proximale dans 50% des cas, d'une déviation en valgus du coude dans 30% des cas ainsi qu'à moyen terme à une arthrose huméro–ulnaire secondaire dans 50% des cas [138].

On préférera dans ces cas une arthroplastie prothétique comme alternative immédiate à l'ostéosynthèse stable, lorsque celle-ci est impossible.

L'abord chirurgical est latéral, le patient en décubitus dorsal. La voie d'abord est centrée sur l'interligne et traverse le cône musculaire des épicondyliens latéraux entre le court fléchisseur dorsal du carpe et l'extenseur commun des doigts, ou plus postérieur, entre l'Anconé et l'extenseur ulnaire du carpe. Une fois la fracture exposée, la fracture est réduite et fixée temporairement au moyen de broches. Les broches doivent être évitées dans la mesure du possible sauf si l'on a recours à des vis canulées, du fait de l'encombrement et du risque de fragmentation. Elles ne doivent pas non plus être utilisées en tant que fixation permanente car elles ne permettent

pas une mobilisation précoce. Le système de fixation interne doit être rigide et l'ostéosynthèse pourra être réalisée au moyen de vis ou plaques vissées. Il existe une « safe zone » pour le positionnement du matériel qui correspond approximativement à 100°, centrée à l'équateur avec l'avant-bras en position neutre.

Pour le matériel d'ostéosynthèse Hotchkiss recommande l'utilisation de sets de fixation interne mini-fragment avec des plaques de reconstruction, incluant les plaques pour la reconstruction des condyles du laboratoire Synthes, un set mini-fragment et un set mini-vis de Herbert du laboratoire Zimmer ; les tailles allant de 1,5 à 2,7 mm. Il est également possible d'utiliser des vis canulées petits fragments. Si la fracture est limitée à la tête alors l'ostéosynthèse pourra être faite avec des mini-vis placées sous le cartilage chondral. Le traditionnel méchage et vissage avec des vis surdimensionnées par rapport au méchage n'est pas recommandé, notamment pour les fragments maintenus en compression après fixation primaire et par rapport au risque de fragmentation. Si la fracture s'étend au col du radius, alors on pourra avoir recours à des plaques. Une fixation par vissage en « low-profile » est également recommandée. Cette technique qui consiste à utiliser des vis canulées 2,7 mm placées de la berge latérale de la TR obliquement à travers la fracture jusqu'au

corps du radius pour engager le cortex opposé est indiquée dans les fractures axiales stables avec peu ou pas de comminution [139].

Concernant les prothèses de la tête radiale et les différents types d'implants :

– Les implants en silicone doivent être à présent évités. Ces implants en Silastic™ de Swanson sont considérés par certains comme des « espaceurs » par la souplesse de ce matériau ce qui ne lui permet pas d'assurer un rôle de stabilisateur en valgus en cas de rupture du LCU (70). Enfin, beaucoup de

« siliconite » et fractures d'implants ont été rapportées et font que cet implant est actuellement non recommandé [140].

–Les implants métalliques sont variés mais il est difficile d'affirmer la supériorité d'un type de prothèse par rapport à un autre. On peut les classer en 3 critères principaux :

- La mobilité intra–prothétique (les prothèses bipolaires) La modularité
- La fixation de la tige : cimenté versus non cimenté versus libre dans le canal médullaire.

Les prothèses bipolaires présentent l'avantage d'améliorer la congruence radio–ulnaire proximale par autositionnement de la cupule [141]. Elles procurent un moindre stabilité que les prothèses monoblocs sans que cela ait été démontré cliniquement [142]. Par ailleurs des désassemblages de la cupule par rapport à la tige ont été rapportés du fait d'une rétentivité intra prothétique insuffisante, en cas d'instabilité résiduelle du coude [143].

La modularité prothétique a quant à elle un double intérêt : elle permet d'effectuer un choix optimisé de la taille de la tête prothétique et un ajustement de la hauteur de la tête et du col en fonction de la hauteur de résection, ce qui est un point technique essentiel.

Dans notre étude et concernant la prise en charge des luxations associées à une fracture de la tête radiale la prise en charge chirurgicale a été décidée en tenant compte du contexte et optais pour une résection de la tête radiale dans 55% des cas surtout dans les cas concernant les fractures comminutives le reste des cas à été traité par ostéosynthèse à l'aide de mini plaque ou de mini–vis, par ailleurs aucune arthroplastie du coude n'a été réalisée.

2. Fracture de l'apophyse coronoïde : [3]

a. Épidémiologie :

Le processus coronoïde est un frein à la translation postérieure et stabilise la trochlée humérale. Quelques rares fractures de la coronoïde sont secondaires à une avulsion de l'insertion du muscle brachial antérieur lors d'une violente contraction. La plupart se rencontrent après une luxation traumatique du coude. Elles correspondent à 10% des luxations du coude [148]. Ce type de fracture est moins fréquent et peut facilement ne pas être vu sur les radiographies. Les contraintes appliquées au moment du traumatisme s'exercent en rotation postéro-médiale de l'avant-bras par rapport à l'humérus combinées à des contraintes excessives en varus. La trochlée médiale fracture la portion médiale de la coronoïde avec un déplacement distal et un certain degré d'impaction et de comminution.

Morrey a expérimentalement évalué à 50% le volume d'apophyse coronoïde intacte pour éviter toute instabilité du coude. Ceci peut être simplement apprécié par un cliché de profil du coude : normalement, l'axe de la diaphyse ulnaire et la ligne qui joint la pointe de la coronoïde au sommet de l'olécrane forment un angle de 30° ; lorsque cette même ligne, tracée à partir du foyer de fracture coronoïdienne devient parallèle, cela signifie que plus de la moitié du volume de cette apophyse est avulsée.

b. Conduite diagnostique :

Le tableau clinique est celui d'une luxation traumatique du coude. Le bilan radiologique préopératoire et surtout post-réductionnel impose la recherche des ces fractures souvent décelées qu'après réduction. On peut ainsi apprécier sa taille et son déplacement.

c. Classifications : [3]

La première classification pour les fractures de la coronoïde a été proposée par **Regan et Morrey** [149]. Ils classent les fractures en fonction du volume de coronoïde atteint selon trois types :

- Type I : seule la pointe de la coronoïde est fracturée, les fragments sont de petite taille et correspondent à une lésion de passage lors de la translation antérieure de l'épiphyse humérale ; la trochlée « décapite » le processus coronoïde.
- Type II : la moitié du volume de la coronoïde est fracturée selon un trait parallèle au grand axe de l'ulna. Une fois la luxation réduite, l'absence de butée antérieure que représente la coronoïde crée un facteur d'instabilité supplémentaire.
- Type III : il existe une fracture de la base d'implantation de la coronoïde et elle associe à la gravité précédente, celle d'une fracture articulaire puisque le tiers de la grande cavité sigmoïde ulnaire est intéressé.
 - o A : non comminutive
 - o B : comminutive

O'Driscoll et al ont par la suite ; grâce à l'avènement des scanner et à l'analyse radiologique des fracture ; établis une nouvelle classification, plus récente, qui prend en compte le mécanisme de la lésion et apporte donc des informations sur les traumatismes osseux et des tissus mous associés et qui permet de guider la thérapeutique :

- Type I : une fracture transverse de la pointe de la coronoïde, elle incluse l'insertion de la capsule antérieure. Le type I est divisé en 2 sous-types :
 - ✚ Sous-type 1 : La fracture emporte moins de 2 mm d'os

- ✚ Sous-type 2 : La fracture emporte plus de 2 mm de la pointe de la coronoïde.(souvent retrouvé dans les triades terribles)
- Type II : une fracture de la facette antéro–médiale divisé en 3 sous types :
 - ✚ Sous-type 1 : La fracture est localisée entre la pointe et le tubercule ulnaire. Sa limite latérale se situe au bord médial de la pointe et sa limite médiale se situe à la moitié antérieure du cortex du tubercule ulnaire.
 - ✚ Sous-type 2 : La ligne fracturaire s’étend latéralement et inclus la pointe de la coronoïde
 - ✚ Sous-type 3 : Sa définition est d’emporter le tubercule ulnaire en entier et par conséquent ce sous-type fracturaire intéresse l’insertion du faisceau antérieur du LCM
- Type III : une fracture de la base de la coronoïde divisé en 2 sous-types :
 - ✚ Sous-type 1 : Le pavé osseux est typiquement fragmenté et la fracture s’étend dans l’articulation radio–ulnaire proximale. Elles sont donc fréquemment associées à des fractures de la tête radiale.
 - ✚ Sous-type 2 : C’est une fracture de la base de la coronoïde transolécraniennne.

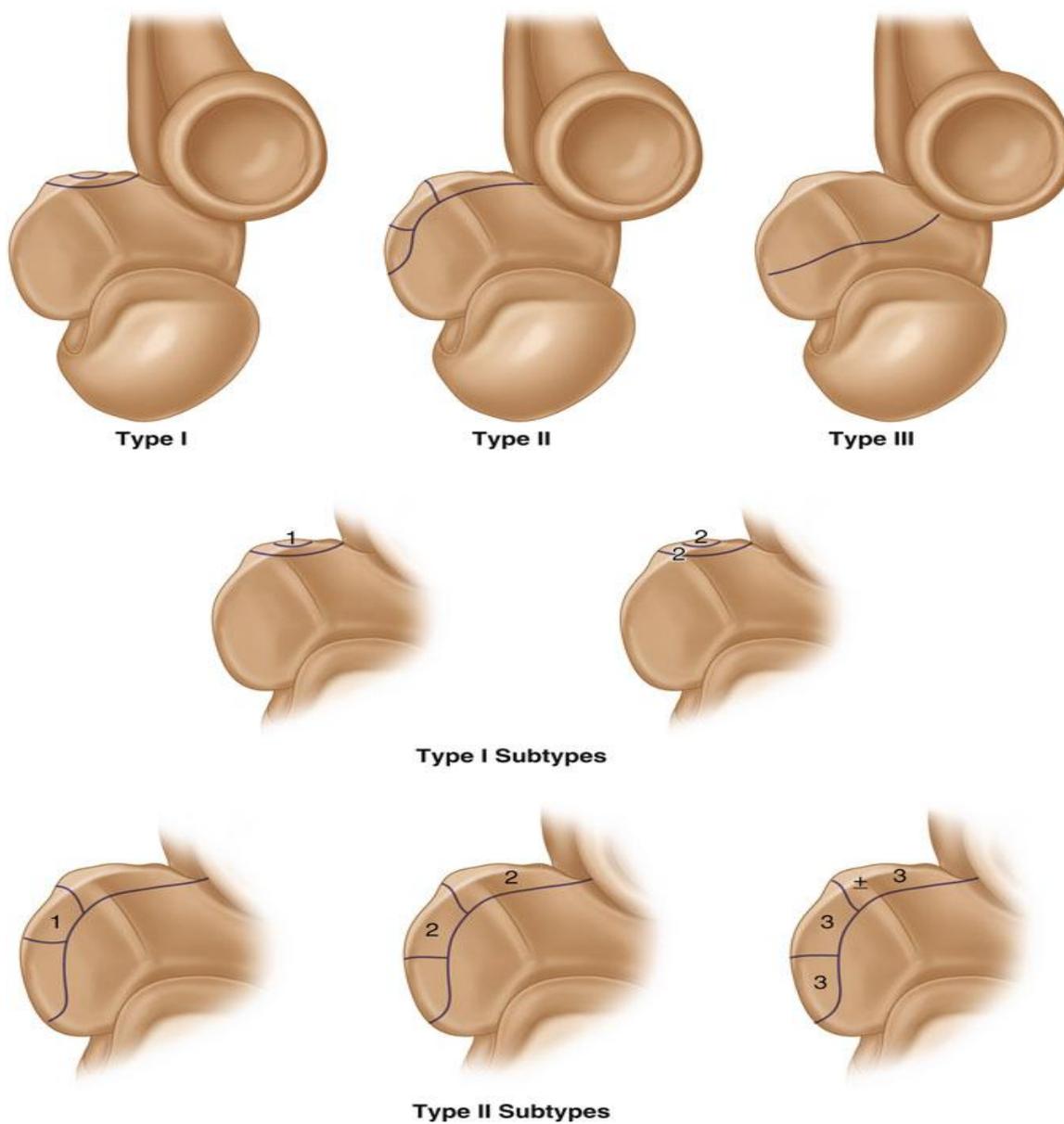


Figure 53 :Classification d'O'Driscoll des fractures de la coronoïde

d. Traitement :

Le raisonnement pourra se faire et est à l'heure actuelle encore souvent réalisé à partir de la classification de Regan et Morrey :

Type I : La Prise en charge d'une fracture de Type I, et sous réserve d'une stabilité post-réductionnelle complète, ne modifie pas la prise en charge habituelle de la luxation : immobilisation de 2 à 3 semaines, coude 90°, en pronosupination neutre, suivie d'une rééducation active. Une orthèse articulée laissant libre la pronosupination est ici aussi une excellente option.

Type II : le coude doit être testé après réduction. Si l'instabilité n'autorise pas une rééducation précoce, le fragment coronoïde doit être fixé [144,145].

Type III : le coude est instable, souvent incoercible avec reproduction de la luxation après réduction, parfois irréductible par interposition du fragment. Dans ces cas, l'ostéosynthèse est indispensable. Cette ostéosynthèse est au mieux réalisée par voie interne avec vissage d'avant en arrière. Si le fragment est très volumineux, un vissage d'arrière en avant (en rappel) peut être envisagé.

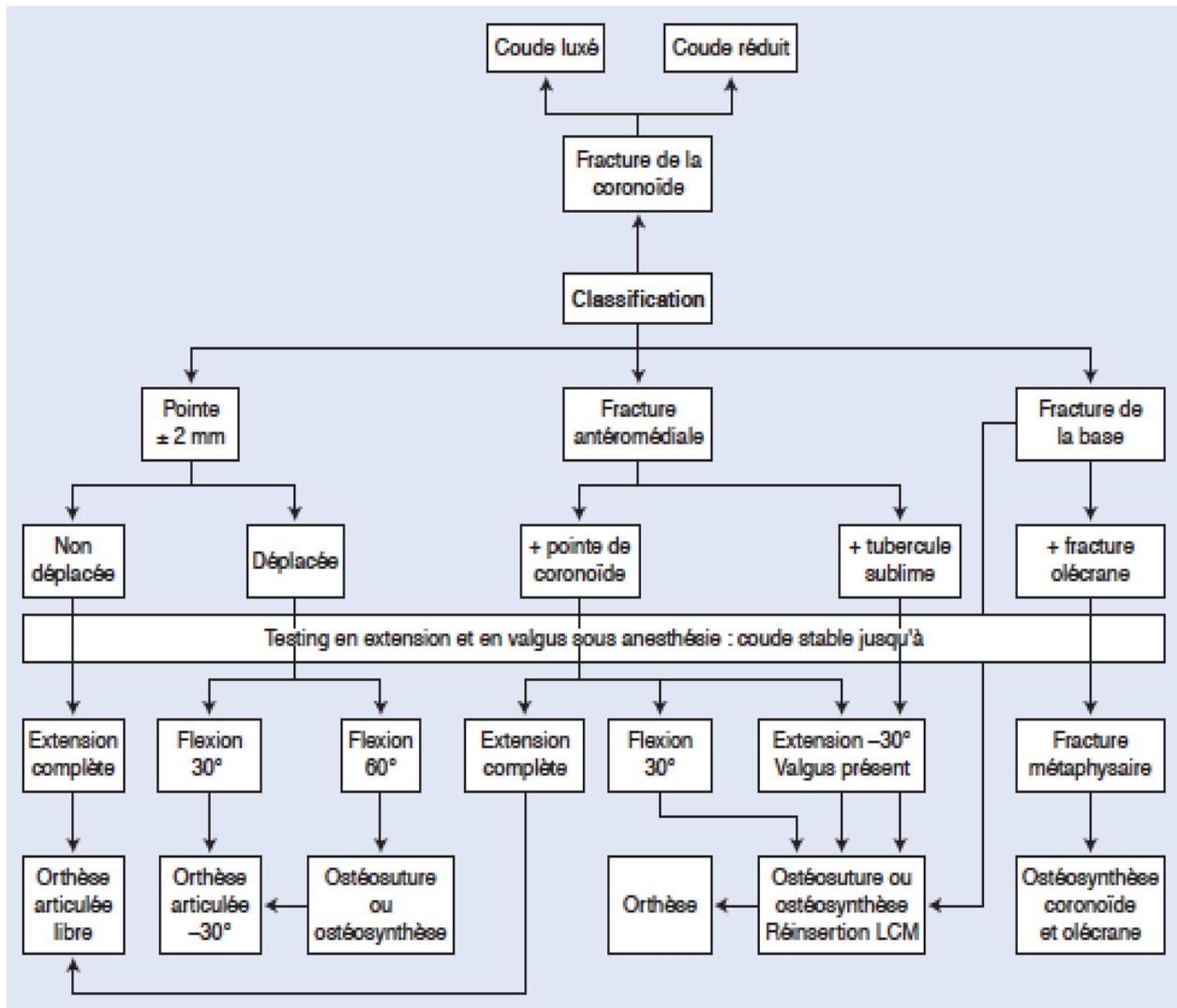


Figure 54 : Arbre décisionnel pour la prise en charge des fractures du processus coronoïde [Tournier]

3 : Triade terrible :

Il s'agit de la forme la plus complexe des luxations, car elle associe aux lésions ligamentaires une fracture de la tête radiale et du processus coronoïde. Une luxation complexe du coude doit être considérée comme une triade terrible jusqu'à preuve du contraire, car une méconnaissance de cette forme clinique a des conséquences majeures sur la fonction ultérieure du coude.

Un bilan tomodensitométrique doit être la règle après réduction de la luxation pour évaluer les différentes lésions osseuses [109,110].



Figure 55 : Reconstruction scannographique 3D d'un coude droit présentant une triade terrible avec vue Latérale A et vue médiale B. the Unstable Elbow [3]

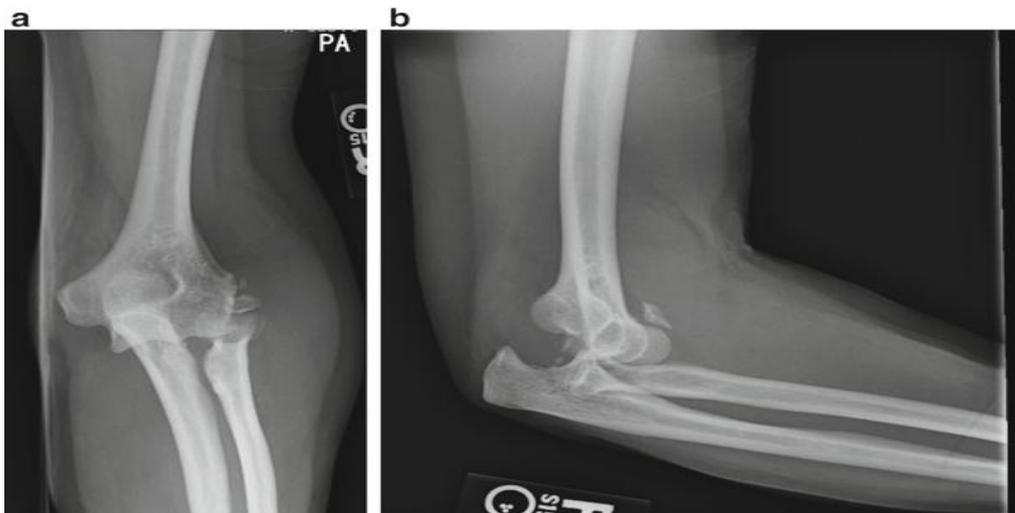


Figure 56 : Radiographies d'un coude présentant une triade terrible. The unstable elbow [3]

Le principe du traitement repose sur deux points principaux : restaurer les structures osseuses stabilisatrices (tête radiale et processus coronoïde) et réparer le LCR. La résection isolée de la tête radiale est à proscrire en raison de son mauvais pronostic à court et long terme et un remplacement arthroplastique doit être effectué si la tête radiale n'est pas reconstituée par une ostéosynthèse fiable. Un abord médial semble indiqué en cas d'instabilité persistante en valgus après réparation du LCR ou en cas de volumineux fragment du processus coronoïde à synthésier. Le fixateur externe n'est indiqué en urgence qu'en cas d'instabilité persistante après reconstruction des éléments osseux et ligamentaires. Il permet de stabiliser l'articulation, de protéger les réparations et autorise une mobilisation précoce [96,97]. Cependant certains auteurs préconisent l'utilisation systématique du fixateur externe, car il permet de maintenir le coude en position de réduction et de débiter une mobilisation précoce dans un secteur protégé tout en protégeant la cicatrisation des structures ligamentaires et la consolidation des différentes fractures [108].



Figure 57 : Luxation complexe du coude associée à une fracture de la tête radiale Mason II et une fracture du processus coronoïde type II (A, B). Après réduction, une ostéosynthèse de la tête radiale a été effectuée par voie latérale avec retension du complexe ligamentaire latéral, et le processus coronoïde a été ostéosynthésée par voie médiale (C). Une mobilisation protégée a été débutée dès le 10^e jour postopératoire. Avec un an de recul, l'arc de mobilité s'étend de 10° de déficit d'extension pour une flexion atteignant 140°, la pronosupination étant normale (D). [2]

4. Les fractures de l'olécrane :

Les fractures de l'olécrane associées à une subluxation de la TR et/ou de la coronoïde sont typiquement des traumatismes complexes multi-fragmentaires.

Elles sont divisées en 2 grands types :

-Les fractures luxations antérieures font souvent références aux fractures luxations trans-olécraniennes de part le mécanisme avec un déplacement antérieur de l'avant-bras, entraînant ainsi la trochlée à travers le processus olécranien.

-Les fractures luxations postérieures de l'olécrane qui sont elles plus similaires aux fractures Bado II de Monteggia où il existe un déplacement postérieur de la TR avec un sommet fracturaire de l'ulna postérieur.

a. Fractures transolécraniennes :

Concernant les fracture trans-olécraniennes on remarque deux pics de fréquence le premier chez le sujet jeune lors de traumatisme à haute intensité et le deuxième chez le sujet âgé ostéoporotique au cours de traumatisme a faible énergie ,ces fractures résultent de l'application de contraintes axiales sur la partie postérieure de l'avant-bras alors que le coude est en position de semi-flexion et sont rarement associées aux fracture de la tête radiale [150].

La Fractures transolécraniennes correspond au Type III de la classification de Morrey des fractures de l'olécrane [151]. (Figure 58)

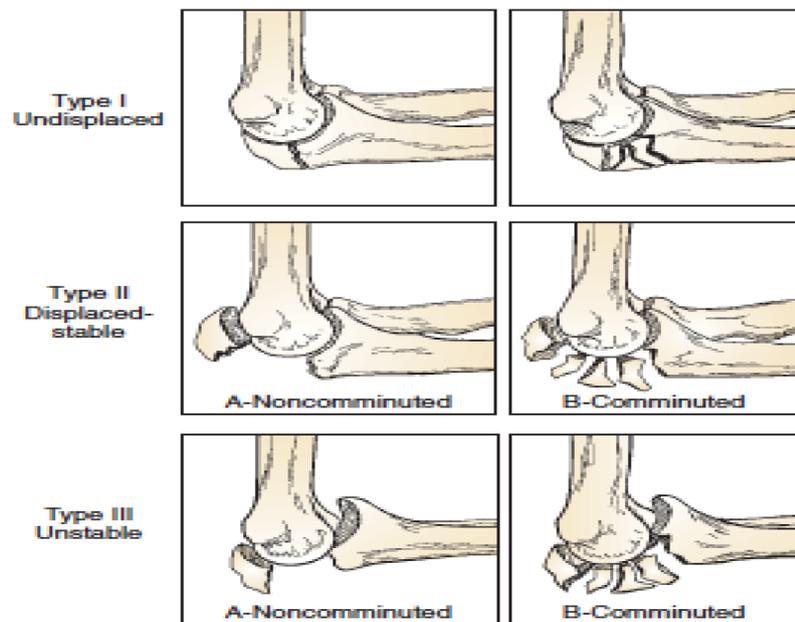


Figure 58 : Classification de Morrey des fracture de l'olécrane. (B.F. Morrey)

Les Fractures transolécraniennes sont de principe instable et nécessiteront le plus souvent un traitement chirurgical à base d'ostéosynthèse avec un abord classiquement postérieur. Le but de l'ostéosynthèse est de rétablir l'anatomie articulaire et l'alignement de l'ulna physiologique afin d'obtenir une ostéosynthèse stable qui permettra une mobilisation précoce.

L'ostéosynthèse est réalisée de préférence avec un matériel d'ostéosynthèse rigide, de type plaque DCP 3.5 mm ou système à vis bloquée de type LCP, plutôt qu'un haubanage [134] tant pour les fractures simples que pour les fractures comminutives. La plaque est courbée dans sa partie proximale à 80° et appliquée à la face postérieure de l'ulna. En présence d'une fracture associée de la coronoïde, celle-ci est synthésée dans le même temps. Des vis de petites tailles 1.5, 2.0 ou 2.4 mm peuvent être ajoutés comme fixation inter-fragmentaires. De même, des petites plaques 2.0 peuvent être ajoutées en cas de fracture associée de la partie antéro-médiale de la coronoïde. Rochet et Obert rapportent 67% d'excellents et bons résultats et un score de Morrey de 82 sur

18 patients avec une ostéosynthèse de l'ulna proximal par deux plaques tiers de tubes [152].

Une réduction temporaire par broches doit être réalisée puis la réduction de la TR pourra être confirmée, ce qui autorisera la mise en place de la plaque d'ostéosynthèse. La fixation de la plaque doit débuter par des broches en proximale et se poursuivre par un vissage dans le trou oblong. 3 vis minimum doivent être positionnées en dessous du trait de fracture. Après contrôle scopique, la stabilité du coude est testée et toute lésion ligamentaire associée doit être réparée [3].

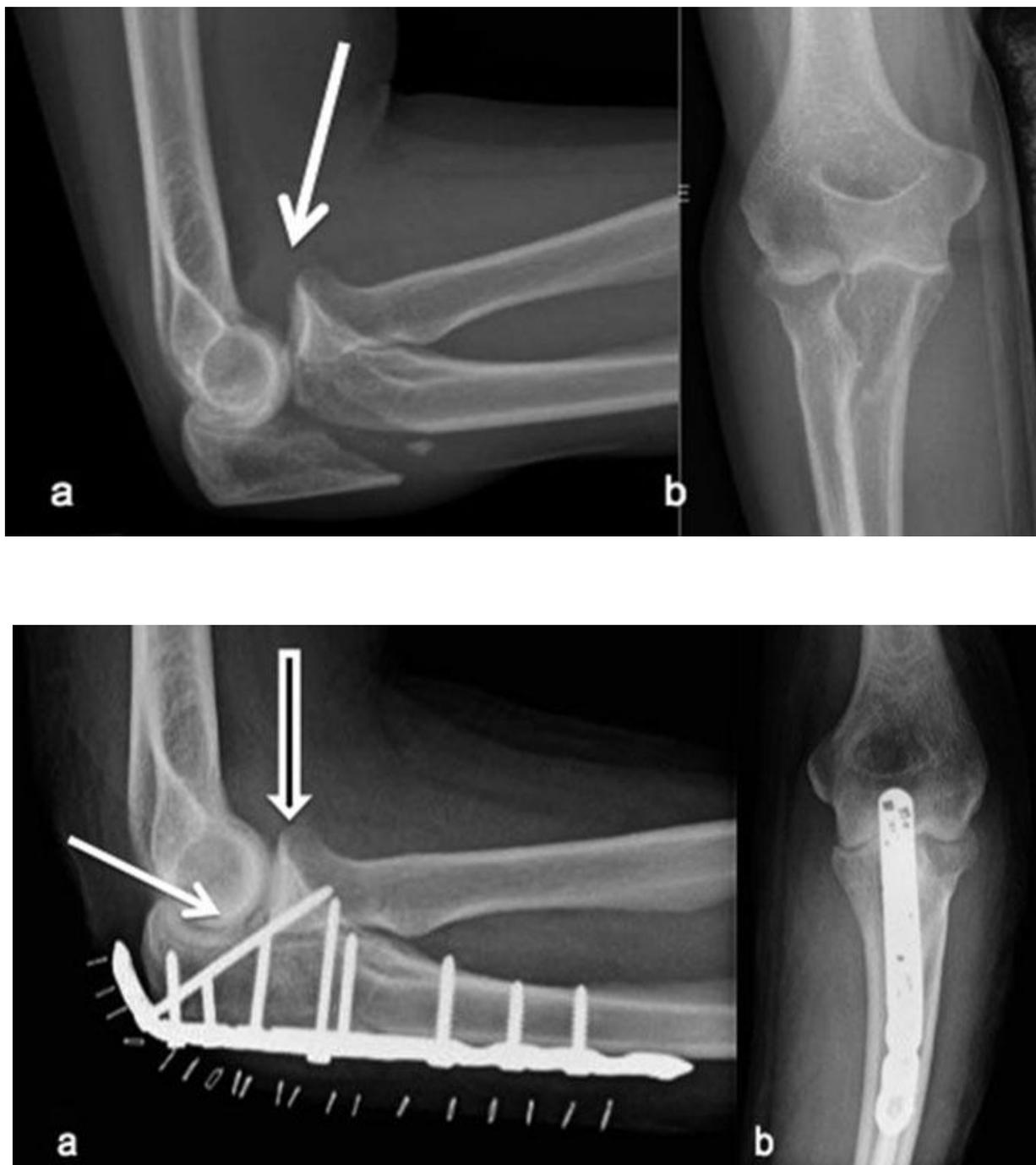


Figure 59 : Radiographies face et profil d'une fracture transolécranienne simple avant et après l'ostéosynthèse.

The unstable Elbow [3]

b. Fracture de Monteggia : [3]

Décrites par Monteggia en 1814 lors de l'étude de deux cas cliniques de fracture de la diaphyse du tiers proximal de l'ulna associé à une luxation antérieure de la TR, description reprise par Bado en 1967. Les fractures de Monteggia surviennent lors de mécanismes variés allant de la chute de sa hauteur, plus classiquement pour les femmes d'âge moyen avec de l'ostéoporose, à des traumatismes à haute énergie comme des accidents de la voie publique (AVP) pour le sujet jeune.

Elles ont été classifiées par Bado ayant étendu la définition de Monteggia en y incluant les fractures de la tête radiale associées.

La classification de Bado des Fractures de Monteggia comprend 4 Types [153] :

- Type I : C'est la lésion de Monteggia telle que décrite au 19ème siècle avec une luxation antérieure de la TR avec une fracture de l'ulna et une angulation de la pointe fracturaire antérieure.
- Type II : C'est une luxation postérieure ou postérolatérale de la TR avec une angulation postérieure de la pointe fracturaire de l'ulna.
- Type III : C'est une luxation antérolatérale de la TR associée à une fracture de la métaphyse proximale de l'ulna.
- Type IV : C'est une luxation antérieure de la TR associée à une fracture de la métaphyse proximale du radius.

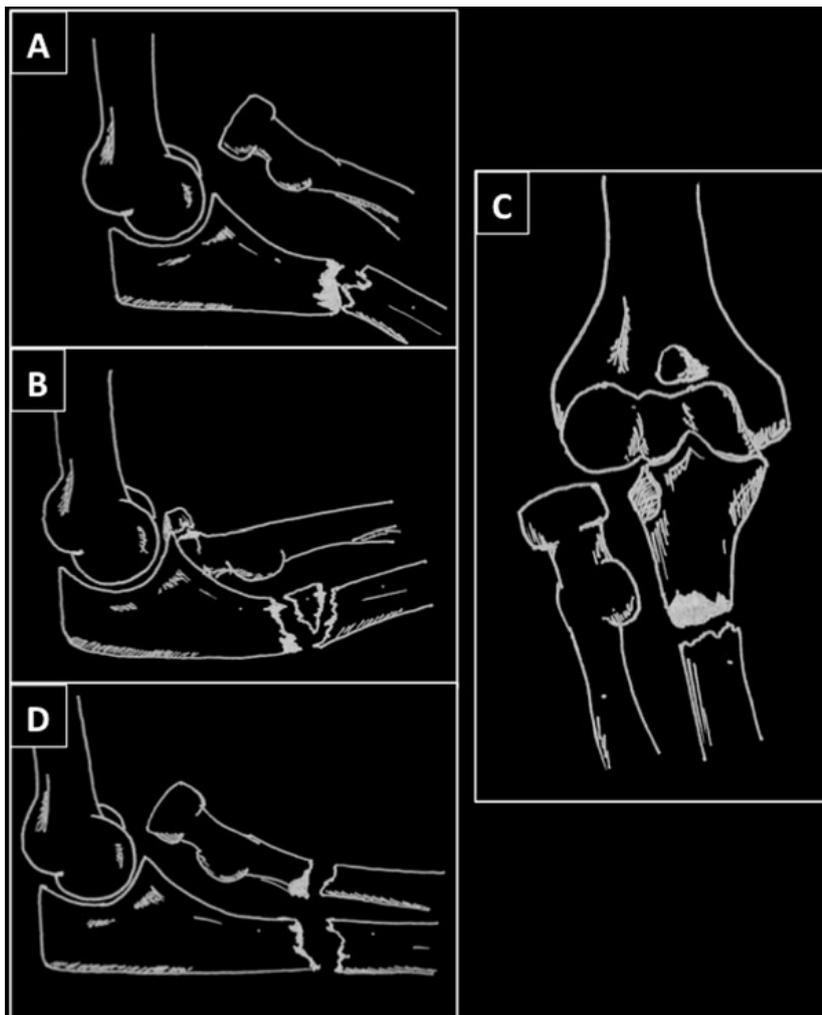


Figure 60 : Classification de Bado des fractures de Monteggia. The unstable elbow

[3]

Jupiter et al ont par la suite subdivisé les fractures de Monteggia postérieur ; le Type II de Bado ; afin de décrire les Fractures de l'ulna par rapport a la coronoïde [154] :

- Sous-type IIA : Il représente une fracture de l'ulna au niveau de la coronoïde avec une perturbation de la grande cavité sigmoïde.
- Sous-type IIB : Il représente une fracture de l'ulna distale par rapport à la coronoïde, qui s'étend à la métaphyse ulnaire avec préservation de la grande cavité sigmoïde.
- Sous-type IIC : Il correspond à une lésion de la diaphyse de l'ulna.
- Sous-type IID : Il correspond à une lésion comminutive de l'ulna proximal partant de la diaphyse à la grande cavité sigmoïde.

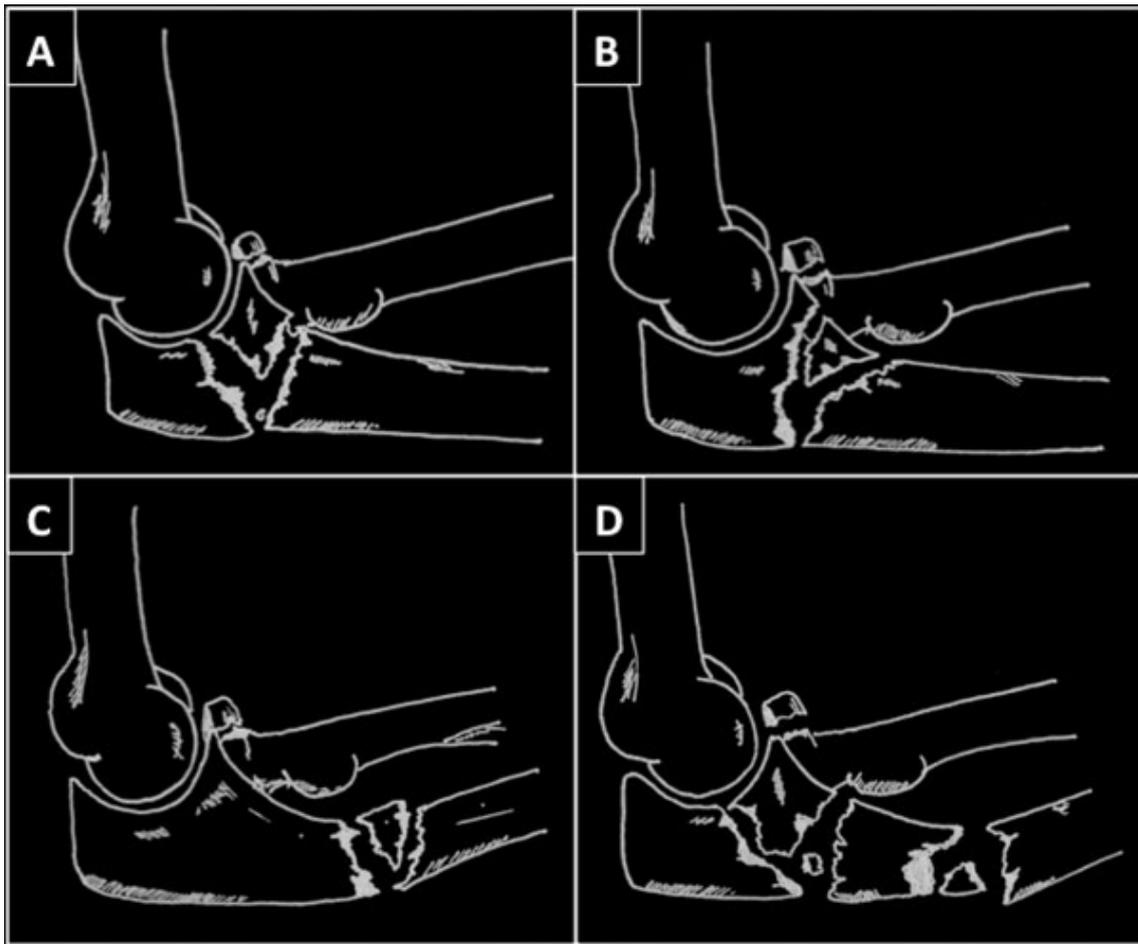


Figure 61 : Sous Classification de Jupiter des fractures de Monteggia postérieures .
The unstable elbow [3]

Les objectifs du traitement comprennent (1) une articulation stable du coude, y compris l'articulation radio-humérale et l'articulation ulno-humérale, et (2) une fixation interne stable de la fracture de l'ulna pour permettre une amplitude de mouvement précoce. L'algorithme de traitement peut être décomposé selon les composantes individuelles du type de la blessure. La luxation de la tête radiale est souvent réduite indirectement lorsque la longueur et l'alignement du cubitus ont été rétablis. Lorsque la fracture cubitale est au niveau de la coronoïde, il est impératif d'incorporer le fragment de fracture de la coronoïde dans le dispositif de fixation et de procéder à une reconstruction anatomique de l'incisure trochléaire.

L'abord chirurgical sera postérieur, ce qui permettra des approches directes latérales et médiales du coude si nécessaire.

Une plaque DCP (Dynamique Compression Plate) 3.5mm peut être utilisée et positionnée au bord médial ou latéral de l'ulna. Cependant, les fractures proximales intéressant la métaphyse ou encore le processus olécranien seront mieux stabilisées avec une plaque postérieure recourbées au niveau de l'olécrane. Ces plaques offrent une ostéosynthèse de meilleure qualité grâce au positionnement de vis proximales orthogonales au plan du foyer de fracture [150,155].

Pour les fractures postérieures de Monteggia, il existe fréquemment un fragment antérieur oblique de l'ulna qu'il convient de réduire et de stabiliser afin de lutter contre la tendance de la fracture à créer une angulation postérieure récurrente.

Dans les fractures postérieures de Monteggia de type IIA et IID intéressant le processus coronoïde et l'articulation huméro-ulnaire, la réduction et la fixation stable de la coronoïde est impérative pour obtenir une articulation stable. L'exposition du foyer de fracture coronoïdien se fera par la voie d'abord postérieure au travers du foyer de fracture. Plus rarement un abord médial de l'olécrane pourra être réalisé après avoir « splitté » les masses musculaires des groupe fléchisseurs pronateurs ou encore latéralement si la comminution de la TR rend nécessaire son remplacement prothétique. En général, les fragments coronoïdiens sont accessibles à une fixation par vis ou bien des sutures transosseuses directement de postérieur en antérieur ou parfois de manière antéropostérieure.

Si une fixation par plaque est nécessaire sur la coronoïde, le nerf ulnaire devra être contrôlé tout au long de l'exposition et repéré pendant l'ostéosynthèse.

Les fractures complexes de l'ulna avec atteinte de la grande cavité sigmoïde ou de la coronoïde peuvent être fixées de proximal en distal ou bien de distal en proximal. Ring et al décrivent une technique dans laquelle le fragment proximal olécranien est temporairement stabilisé à la trochlée par des broches de Kirchner de 16/10ème. En utilisant la trochlée comme modèle de réduction de la grande cavité sigmoïde, l'interligne articulaire peut être ainsi reconstruit. Ces auteurs rapportent également l'utilisation de fixateurs externes en distraction temporaire pour aider à récupérer la longueur et l'alignement de l'ulna [150].

En alternative, pour les fractures très comminutives de la diaphyse de l'ulna, la fixation peut être réalisée de distal vers proximal avec l'utilisation de vis et/ou de mini-plaques. L'utilisation provisoire de broches de Kirchner pourra également aider le chirurgien à stabiliser la réduction la plus appropriée avant la fixation définitive.

La réduction de l'incisure trochléaire est également un point capital et le but principal pour la reconstruction de cette dernière est de restaurer le bon alignement entre le processus olécranien et le processus coronoïdien. La coronoïde pourra être vissée en rappel après réduction à l'aide d'un davier à pointe. Là encore une fixation stable est l'objectif afin de permettre une rééducation précoce et éviter l'enraidissement.

Pour les fractures extrêmement comminutives, l'utilisation de fixateurs externes statiques pour une période de 4 à 6 semaines est recommandée [156]



Figure 62 : Radiographie face et profil d'une fracture postérieure de Monteggia avant et après ostéosynthèse. The Unstable elbow [3]

5. Fracture de l'épicondyle médial :[3]

Elle se rencontre rarement chez l'adulte, plus fréquemment chez l'adolescent. Elle est liée au point de faiblesse représentée par le cartilage de croissance non encore fusionné. Le fragment épicondylien peut s'incarcérer dans l'interligne articulaire rendant la luxation incoercible. Le traitement est chirurgical pour réduire et stabiliser ce fragment, zone d'insertion du LCU.

Le matériel utilisé pourra être des vis canulées plutôt positionnées en divergence.

6. Fracture du condyle externe :

Les avulsions de fragments osseux de l'épicondyle latéral et médial surviennent dans 12% des cas [3].

Ces fractures sont des fractures qui affectent uniquement la colonne latérale de l'humérus distal. Elles sont relativement rares, surtout lorsqu'elles sont associées à une luxation du coude. Les lésions ostéochondrales quant à elles sont bien plus fréquentes et souvent sous diagnostiquées par les radiographies. Elles affectent typiquement des patients jeunes ou d'âge moyen qui doivent être traités par une fixation interne.

On peut proposer un traitement orthopédique pour les fractures peu déplacées (inférieur à 2 mm) par plâtre avec le coude en flexion de 90°.

Tous les autres cas doivent être traités chirurgicalement. L'abord du condyle externe se fait par voie latérale. La réduction de la fracture est effectuée sous contrôle visuel direct. La fracture étant articulaire, une réduction anatomique est indispensable. La fixation peut être assurée par deux broches de Kirschner. La réduction et la fixation sont contrôlées par des clichés radiographiques de face et de profil. Les broches de Kirschner sont, soit recourbées et coupées de sorte qu'elles puissent être enlevées en consultation, soit enfouies sous la peau et enlevées sous anesthésie générale

C. Immobilisation et rééducation :

L'objectif est double ; à la fois éviter l'instabilité et éviter la perte en mobilité pour ce et à côté de la physiothérapie anti-œdémateuse et antalgique sera prescrit au patient une immobilisation stricte du coude, celle-ci est idéalement comprise entre 2 et 3 semaines. En effet des études ont démontré qu'en dépassant 3 semaines et donc en cas d'immobilisation prolongée à la suite d'une instabilité aiguë comme dans le cas d'une fracture–luxation du coude ; Les résultats sont souvent insatisfaisants [157]. Tout le défi concernant la prise en charge des instabilités aiguës du coude ; surtout dans le cas des triades terribles ; réside dans le fait de trouver le parfait équilibre entre une immobilisation suffisante sans quoi le patient sera exposé au risque d'instabilité qui peut assez rapidement apparaître lors des tentatives de mouvement, et une immobilisation prolongée qui elle sera responsable de raideur et perte en mobilité. Par ailleurs il est maintenant connu notamment à travers des études comme celle de Ring et al qu'une immobilisation plâtrée n'est pas une garantie d'une réduction concentrique de l'articulation du coude [97]. Des études plus anciennes avaient démontré la prévalence élevée de la raideur et de l'arthrose lors de l'immobilisation prolongée de l'articulation suite à une instabilité aiguë du coude, à noter que la stratégie de prise en charge lors de ces études là ne reposait pas sur les réparations osseuses et les réparations des tissus mous [158, 159, 160]

Le recrutement précoce à travers la mobilisation active de la masse musculaire – dont le rôle tant que stabilisateur secondaire est maintenant bien connu – peut améliorer la stabilité de l'articulation après une réparation chirurgicale, en effet des auteurs comme Push et McKee suggèrent dans le cas de triades terribles des exercices de mobilisation actifs et actifs assistés en extension et en flexion, et ce dès le 1^{er} et le second jour postopératoire, les mobilisations en flexion ou en extension se feront en gardant l'avant-bras en pronation tandis que le coude devra rester à 90°

pour les exercices de prono–supinations . Pendant les 4 premières semaines postopératoires les 30 derniers degrés d'extension seront interdits, le patient ne devra pas dépasser les 30 ou 60 degrés d'extension selon l'évaluation de la stabilité de l'articulation post rééducation. L'extension complète ne sera quant à elle généralement pas recommandée jusqu'à la 6^{ème} semaine en attendant la cicatrisation, par contre une mobilisation complète et précoce de l'épaule et du poignet est vivement recommandée.

Toujours afin de renforcer le rôle stabilisateur des muscles péri–articulaire ; un programme de renforcement musculaire pour par la suite être proposé notamment à partir du 3^{ème} mois en postopératoire [2].

Ces mêmes principes de rééducation s'appliquent pour toute autre fracture–luxation du coude :

- Une immobilisation de l'articulation pendant les 2 premières semaines afin d'éviter l'instabilité.
- Une mobilisation précoce active et active assistée précoce en évitant l'extension complète et les contraintes en valgus et varus avant la cicatrisation et la consolidation osseuse.
- Un programme de renforcement musculaire à débiter à partir du 3^{ème} mois postopératoire.

D. Suites opératoires et résultats :

1. fractures de la tête radiale :

La nécrose avasculaire est une des complications attendues; lors d'une ostéosynthèse de la tête radiale dans le cadre d'une fracture luxation; en cas de réduction à ciel ouvert associé à une fixation interne, les fragments osseux étant généralement mal vascularisés, cependant ces fragments finissent par consolider généralement et les nécroses tardives ne sont pas fréquentes . On remarque toute fois des retards de consolidation surtout lors des fractures du col. La nécrose avasculaire ou bien une fixation inadéquate de la fracture peuvent mener à des pseudarthroses.

2. Fractures de la coronoïde :

Des arthroses prématurées peuvent être observées surtout chez les patients ayant présentés des fractures luxations antéro–médiales de la coronoïde insuffisamment traitées ou méconnues.

Lors d'une étude menée par Doornberg et Ring portant sur 18 cas ayants été traités pour une fracture de la facette antéro–médiales de la coronoïde dont 7 par un traitement orthopédique et 11 par voie chirurgicale, et avec un suivis moyen de 26 mois :

6 patients ont consolidé avec un défaut de réduction et un déplacement en varus dont 4 des 7 patients traités orthopédiquement et 2 patients ayants présenté un déplacement secondaire [161].

3. Triade terrible :

Malgré les résultats peu encourageants des premières études, des études plus récentes ont démontré qu'avec un traitement adapté, les suites opératoires sont favorables [133,162, 163].

4. Fracture de l'olécrane :

Malgré tout le défi que représente la prise en charge des fractures complexes de l'olécrane, la littérature rapporte toute de même des résultats encourageant lorsqu'une réduction anatomique et stable est obtenue :

La revue de littérature de Wong [156] a rapporté des suites considérés comme bons voir excellents ; selon l'échelle de Broberg et Morrey ; chez 70 à 80% des patients malgré un taux de reprise élevé.

Lors d'une étude menée par Ring et al ; 17 patients présentant des fractures trans-olécraniennes ont été traité par des plaques tiers de tubes pour les fracture luxations simpleet par des plaques DPC 3.5 pour les fractures luxations complexe. Un taux d'échec élevé a été retrouvé pour les fractures luxations traitées par les plaques tiers de tubes. Un taux d'échec élevé de 50% a également été relevé pour la technique du brochage/haubanage, cette technique n'a donc pas d'indication dans ce Type de traumatismes.

E. Lésions associées et complications :

1. Complications Immédiates :

Les lésions nerveuses accompagnent à peu près 20% des luxations, le nerf le plus souvent atteint étant le **nerf ulnaire** en général suite à un étirement en valgus [164]. L'atteinte du nerf médian et aussi possible, pouvant se manifester par une paresthésie transitoire ou –moins souvent– par un déficit permanent, ce dernier signe doit faire suspecter l'incarcération du nerf dans l'articulation.

Les lésions vasculaires sont retrouvées plus rarement par rapport aux lésions nerveuses et peuvent survenir conjointement avec celles-ci.

Un tableau d'ischémie aigue du membre supérieure à base de douleur, pâleur, froideur (poïkilothermie), paresthésie, paralysie, et absence de pouls (6P) devra faire réaliser un écho–doppler voir une artériographie afin de confirmer le diagnostic.

Ce tableau peut soit être en rapport avec une compression de l'artère humérale et le pouls réapparaîtra donc après la réduction de la luxation, soit être en rapport avec une rupture de l'artère humérale et dans ce cas des solutions thérapeutiques allant de la suture de l'artère au pontage artériel en utilisant la veine saphène ou céphalique comme greffon pourront être discuté selon les cas .A noté qu'une ischémie peut s'installer secondairement après quelques jours en rapport avec une thrombose secondaire d'une lésion intimale.

Une atteinte veineuse peut tout aussi être associée et sera généralement retrouvé sans un tableau de thrombose veineuse profonde du membre supérieure.

Par ailleurs l'incarcération d'un fragment osseux à l'intérieur de l'articulation lors d'une fracture luxation du coude peut mener à une **articulation incoercible** ou une **articulation irréductible** dans ces cas la le traitement sera généralement chirurgical.

2. Complications secondaires :

Après un traitement chirurgical à base d'ostéosynthèse, et de part la position assez proche de la tête radiale ou de l'olécrane par rapport au plan sous cutané, **une prédominance du matériel d'ostéosynthèse** peut être observé et devenir gênant le matériel pouvant être palpable et pouvant créer un conflit par rapport au zones d'appuis. Il ne sera pourtant généralement pas envisager d'enlever de matériel d'ostéosynthèse qu'à partir de 4 à 6 semaines pour la tête radiale et 1 an pour l'olécrane [147].

Un syndrome de Volkmann peut être secondaire à une immobilisation plâtrée trop serrée suite a la compression des muscles de l'avant bras pouvant entraîner une rétraction ischémique des muscles avec une déformation caractéristique de la main en pronation et flexion des doigts. Le diagnostic devra être suspecté si le patient se plaint de douleur intense dans les heures suivant la mise en place du plâtre accompagnée d'une hypoesthésie et d'œdème des doigts.

Une ostéosynthèse défectueuse peut entraîner une **pseudarthrose** tandis qu'une incarceration osseuse dans l'articulation du coude n'ayant pas été diagnostiqué ou ayant été négligé pourra entraîner une **récidive de la luxation du coude**.

3. Complications tardives :

Une instabilité de l'articulation du coude doit être identifiée et traité à temps pour éviter des luxations récidivantes du coude.

Le type d'instabilité le plus fréquemment retrouvé **est l'instabilité rotatoire postérolatérale**. La survenue d'une douleur latérale du coude, d'une sensation de ressaut, une sensation de sub–luxation et d'une gêne fonctionnelle lors de l'extension complète ou presque du coude chez un patient ayant un antécédent de luxation simple ou compliquée du coude doit faire évoquer le diagnostic d'une instabilité

rotatoire postérolatérale et doit faire réaliser des tests fonctionnels afin de l'objectiver comme notamment Le pivot shift test décrit par O'Driscoll (fig.63). A noté que chez près de 50% des patients cette instabilité rotatoire reste asymptomatique.

L'instabilité rotatoire postérolatérale du coude est souvent due à une réparation insuffisante du Ligament collatéral latéral, des études ont dans ce sens démontrer que même lors des luxations simples ayant été traité par réduction fermé, le tiers des patients présentera des signes d'instabilité au long terme [157].

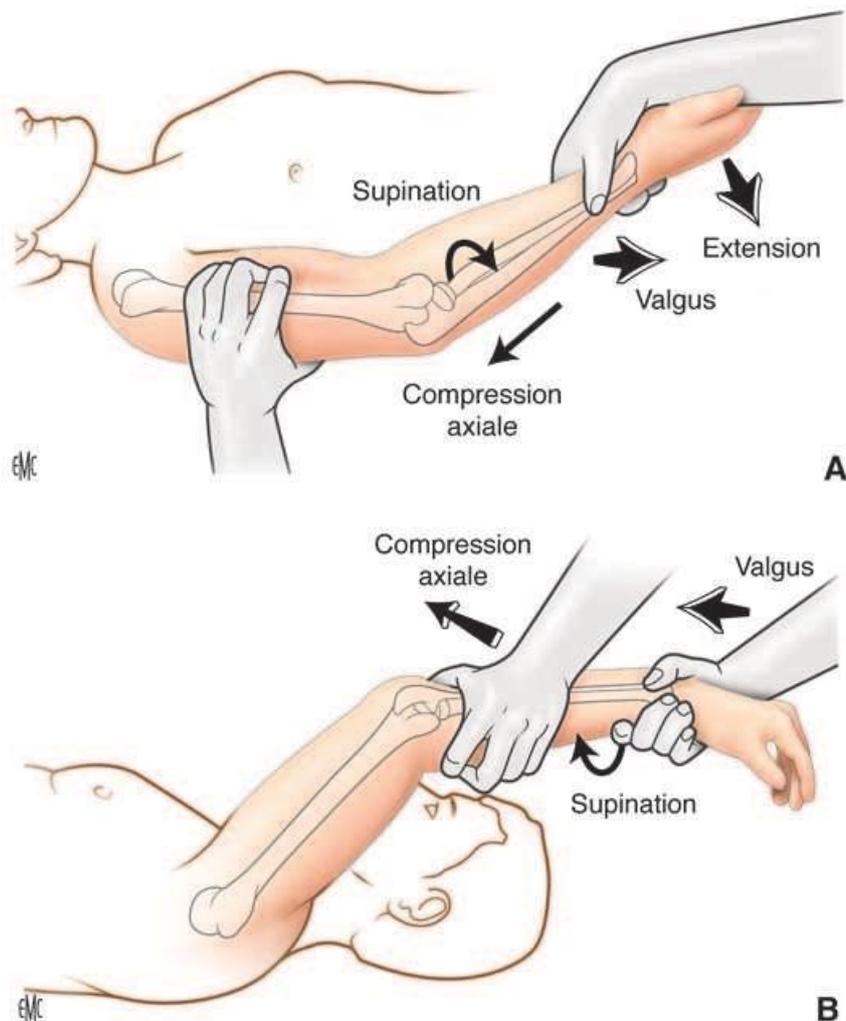


Figure 63 : Test d'appréhension d'O'Driscoll pour mettre en évidence une instabilité postérolatérale du coude (A, B). Subluxation rotatoire. [2]

L'instabilité médiale du coude est plus rare et est le plus souvent retrouvé chez les sportifs en particulier pour les sports de lancer.

La présence d'une douleur médiales en valgus, une douleur aigue obligeant le patient à mettre fin aux efforts en valgus ou un ressaut médial brutal doit faire suspecter le diagnostic et réaliser des tests fonctionnels afin d'objectiver l'instabilité médiale. Cette instabilité est généralement due a une atteinte aigue ou chronique du ligament collatéral ulnaire qui entrainera l'instabilité en valgus engendrant le déplacement de l'avant bras excessif par rapport a l'humérus. Dans ce sens des tests dynamiques visant à objectiver l'atteinte du LCU doivent être utilisés notamment le milking test (fig. 64) proposé par Veltri et al. Le traitement sera généralement conservateur à base de repos du coude et arrêt des activités sportivesliées, une physiothérapie et une rééducation en plus du traitement médicale à base d'AINS pour une durée de 3 mois au minimum. Pour les sportifs de haut niveau souhaitant reprendre l'activité sportive un traitement chirurgical à base de réinsertion du LCU quand c'est possible ou d'une reconstruction ligamentaire pourra être proposé.

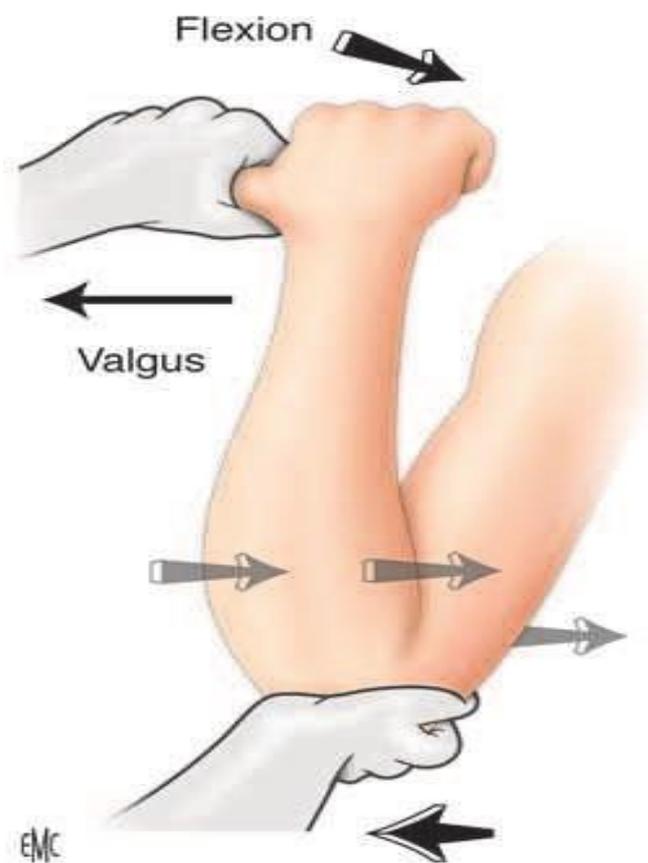


Figure 64 : Le milking test est réalisé sur un coude en hyper flexion, en induisant une contrainte valgus en attrapant le pouce du patient tout en fléchissant le coude.

{2}

Les fractures luxations complexes peuvent entraîner des lésions chondrales importante qui pourront par la suite évoluer et mener vers l'installation d'une **arthrose** la majorité du temps les lésions prendront plusieurs années avant de devenir préoccupantes.

Une rééducation précoce et concentrique seront nécessaires afin de prévenir **l'épaississement ainsi que la fibrose de la capsule articulaire**, en effet une raideur liée a une perte de mobilité due a une fibrose de la capsule articulaire est une complication fréquente d'autant plus sévère dans les luxation complexes.

Si l'amplitude de mouvement du patient est satisfaisante et comprise en 30° et 130° une thérapie physique pourra être proposée, par contre pour des amplitudes de mouvement inférieur la capsulectomie sera indiqué [165].

Les ostéomes sont des ossifications hétérotopiques qui peuvent être retrouvées entre généralement 4 et 6 semaines après la Fracture–luxation, souvent –dans 75% des cas – retrouvées dans la partie haute de l'articulation. Elles restent généralement sans manifestations cliniques et ne sont responsables d'enraidissement que dans à peu près 5% à cela peut s'ajouter une symptomatologie neurologique dans le cas ou le nerf cubital est victime d'une compression nerveuse par ces ossifications.

Éviter les mobilisations agressives ainsi que procéder à une mobilisation douce peut s'avérer bénéfique en vue d'éviter la formation des ossifications.

Une irradiation à faible dose ou un traitement médical à base d'AINS peut être proposé en tant que traitement prophylaxique aux patients à haut risque.

Un traitement curatif à base d'excision chirurgicale ne sera quant à lui proposé que pour les cas d'ostéome entraînant un enraidissement et une perte de mobilité significative. Afin d'éviter les récives, il est recommandé de n'entreprendre ce traitement curatif qu'en présence des signes de maturations de l'ostéome [166, 167].

CONCLUSION

Les fractures–luxations du coude sont des lésions fréquemment retrouvées lors de traumatismes à haute intensité ou les accidents sportifs chez le sujet jeune, et lors des chutes de hauteurs variées dont la chute de hauteur humaine chez le sujet âgé.

Il s'agit d'une urgence diagnostique et thérapeutique qui menace le pronostic fonctionnel du membre supérieur atteint.

Le diagnostic se basera avant tout sur la clinique et la radiographie classique retrouvant une douleur et impotence fonctionnel et une luxation le plus souvent postéro–latéral ou postérieure associé à une fracture au niveau de la région du coude ainsi qu'à des lésions ligamentaire.

L'utilisation de techniques modernes en urgence comme le scanner avec reconstruction 3D peut être utile pour mieux saisir l'ampleur des lésions ainsi que programmer un geste chirurgical optimal.

Le but primaire de l'intervention étant de transformer une luxation complexe en une luxation simple en essayer de faire une réduction la plus anatomique possible.

La réparation ligamentaire ainsi que l'ostéosynthèse fiable utilisant un matériel adapté sont des éléments cruciaux vis–à–vis du pronostic fonctionnel du patient.

En outre une rééducation précoce et optimale sera nécessaire afin d'éviter la raideur articulaire ainsi que les autre complications a long terme des fracture–luxations.

Une attention particulière devra être prêtée aux patients sportifs désireux de reprendre une activité sportive au haut niveau.

Finalement les fracture–luxations du coude sont toujours restées associées à un pronostic fonctionnel péjoratif cependant de nombreuses études récentes ont démontré qu'une prise en charge rapide et adapté associant la réduction anatomique la réparation ligamentaire ainsi que la rééducation précoce reste le seul garant d'un meilleur pronostic fonctionnel.

RESUMES

Resume

Les fractures–luxations du coude représentent une entité complexe associant ; par définition ; une fracture proximale de l'un des os de l'avant bras à une luxation radio–ulnaire ou radio–ulno–humérale.

La raideur ou l'instabilité du coude pouvant en découler amènent à une perte de fonction significative pour le patient, les fractures–luxations du coude en étant la première cause.

Si il est vrai que ces luxations dites "complexes" ; par opposition au luxations simples n'associant pas de fractures ; sont relativement rares et ne représentent que 25% des luxations du coude elles représentent néanmoins une entité qui pose beaucoup plus de problèmes de prise en charge avec un risque important de morbidité significative au long terme.

Une prise en charge inappropriée peut être responsable d'une instabilité permanente de l'articulation, d'une arthrite post–traumatique ainsi que de douleurs et une raideur du coude.

C'est pour cette raison qu'une bonne compréhension des mécanismes lésionnels ainsi que des différents types de fracture–luxation du coude s'avère nécessaire pour pouvoir prédire les différentes complications potentielles et pouvoir de ce fait proposer la prise en charge la mieux adaptée aux différents cas rencontrés .C'est dans ce cadre–là que nous vous avons présenté ce travail dont le but est a été de proposer une analyse complète des différents cas de fracture–luxation du coude ainsi que des différents mécanismes impliqués et les potentielles complications au court, moyen et long terme ; à travers une étude rétrospective portant sur 25 cas hospitalisés au service de traumatologie B4 du CHU HASSAN 2 entre 2015 et 2021 .

Les patients étaient âgés entre 19 et 68 ans avec une médiane d'âge à 34 ans ,avec une nette prédominance masculine cotée à 1/5 ,le mécanisme de la lésion était la chute de la hauteur humaine à 40% suivi de la chute d'hauteur élevées à 32% le reste résultant principalement de traumatismes à haute intensité dans le cadre d'AVPs ou d'accidents sportifs.

Le tableau clinique ayant été dominé par la douleur accompagné d'une impotence fonctionnelle et perte des repères anatomiques ,le diagnostic a été quant a lui réalisé par la radiographie standard du coude face et profil ayant démontré la présence d'une luxation postéro–latérale à 64% et postérieure à 24% associée à des fractures dominées par les fractures de la tête radiale à 56% dont notamment 4 cas présentant une triade terrible , puis les fractures olécraniennes à 28% (9 cas) et les fractures épicondyle/condylienne à 16%(4 cas) ,le traitement ayant été dans la quasi-majorité des cas chirurgical.

Les complications préopératoires sont majoritairement dominées par les lésions vasculo–nerveuses quant aux complications tardives par la raideur et l'instabilité articulaire. L'évolution quant à elle ; avec un suivi moyen dans notre étude à 22 mois ; a été favorable dans 80% des cas.

Abstract :

Elbow dislocation fractures represent a complex entity, which by definition associates a proximal fracture of one of the bones of the forearm with a radio–ulnar or radio–ulno–humeral dislocation.

The resulting stiffness or instability of the elbow can lead to a significant loss of function for the patient, with elbow dislocation fractures being the primary cause.

While it is true that these so–called 'complex' dislocations, as opposed to simple non–fracture dislocations, are relatively rare and account for only 25% of elbow dislocations, they nevertheless represent an entity that poses many more management problems with a significant risk of significant long–term morbidity.

Inappropriate management can lead to permanent joint instability, post–traumatic arthritis and elbow pain and stiffness.

It is for this reason that a good understanding of the injury mechanisms as well as the different types of elbow dislocation fractures is necessary in order to be able to predict the different potential complications and thus to be able to propose the most appropriate management for the different cases encountered.

It is in this context that we have presented this work, the aim of which was to propose a complete analysis of the different cases of dislocation fractures of the elbow as well as the different mechanisms involved and the potential short, medium and long term complications; through a retrospective study of 25 cases hospitalized in the trauma department B4 of the UHC HASSAN 2 between 2015 and 2021.

The patients were aged between 19 and 68 years with a median age of 34 years, with a clear male predominance rated at 1/5, the mechanism of injury was the fall

from human height at 40% followed by the fall from high heights at 32% the rest resulting mainly from high intensity trauma or sports accidents.

The clinical picture was dominated by pain accompanied by functional impotence and loss of anatomical reference points. The diagnosis was made by standard radiography of the elbow, face and profile, which showed the presence of postero–lateral dislocation in 64% and posterior dislocation in 24%, associated with fractures dominated by fractures of the radial head in 56%, including 4 cases with a terrible triad, then olecranon fractures at 28% (9 cases) and epicondyle/condylar fractures at 16% (4 cases), the treatment having been surgical in almost all cases.

Preoperative complications were mainly dominated by vascular and nerve lesions, while late complications were stiffness and joint instability. As for the evolution, with an average follow–up in our study of 22 months, it was favourable in 80% of cases.

ملخص:

مثل كسور خلع الكوع كياناً معقداً مرتبطاً ؛ بالتعريف ؛ كسر قريب من أحد عظام الساعد مع خلع عظم الزندي أو خلع عظمي عظمي.

يؤدي تصلب أو عدم استقرار الكوع الناتج إلى فقدان كبير لوظيفة المريض ، والسبب الرئيسي هو كسر الكوع. في حين أنه من الصحيح أن هذه الاضطرابات المزعومة "المعقدة" ؛ على عكس الاضطرابات البسيطة التي لا تنطوي على كسور ؛ نادرة نسبياً وتمثل 25٪ فقط من حالات خلع الكوع ، ومع ذلك فهي تمثل كياناً يطرح العديد من المشكلات الإدارية مع وجود مخاطر كبيرة للإصابة بالأمراض على المدى الطويل. يمكن أن تكون الإدارة غير السليمة مسؤولة عن عدم استقرار المفصل الدائم والتهاب المفاصل التالي للرضح وألم وتيبس الكوع.

ولهذا السبب ، فإن الفهم الجيد لآليات الإصابة وكذلك الأنواع المختلفة لكسر و خلع الكوع ضروري حتى تتمكن من التنبؤ بالمضاعفات المحتملة المختلفة ولتكون قادرًا على تقديم العلاج الأنسب لـ حالات مختلفة واجهتها. في هذا السياق قدمنا لكم هذا العمل الذي كان الهدف منه لتوفير تحليل كامل للحالات المختلفة لكسر و خلع الكوع وكذلك الآليات المختلفة المعنية والمضاعفات المحتملة على المدى القصير والمتوسط والطويل ؛ من خلال دراسة بأثر رجعي لـ 25 حالة تم إدخالها إلى المستشفى في قسم الصدمات B4 في مركز الاستشفائي الجامعي حسن 2 بين عامي 2015 و 2021.

تراوحت أعمار المرضى بين 19 و 68 عامًا بمتوسط عمر 34 عامًا ، مع غلبة ذكور واضحة بنسبة 5/1 ، وكانت آلية الإصابة هي انخفاض طول الإنسان إلى 40٪ يليه انخفاض في الطول. زادت النسبة المتبقية إلى 32٪ الناتجة بشكل رئيسي عن الصدمات الشديدة في سياق حوادث الطرق أو الحوادث الرياضية.

بعد أن هيمن الألم على الصورة السريرية المصحوبة بالعجز الوظيفي وفقدان المعالم التشريحية ، تم التشخيص من خلال التصوير الشعاعي القياسي لوجه الكوع والملف الجانبي الذي أظهر وجود خلع خلفي جانبي بنسبة 64 ٪ وخلفي إلى 24 ٪ مرتبط بالكسور يسيطر عليها كسور الرأس الشعاعي بنسبة 56٪ بما في ذلك 4 حالات تمثل ثلوثاً رهيباً ، ثم كسور الزُجّي بنسبة 28٪ (9 حالات) وكسور اللقيمة / اللقيمة عند 16٪ (4 حالات) ، وكان العلاج في غالبية الحالات تقريباً حالات جراحية.

تهيمن المضاعفات السابقة للجراحة في الغالب على تلف العصب الوعائي بينما المضاعفات المتأخرة بسبب تصلب المفاصل وعدم استقرارها. التطور من جانبه. بمتوسط متابعة في دراستنا عند 22 شهرًا ؛ كانت موالية في 80٪ من الحالات.

REFERENCES

- 1–Allain J, Pannier S et Goutallier D. Traumatismes du coude. Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Urgences, 24–100–C–50, Radiodiagnostic – Neuroradiologie–Appareil locomoteur, 31–018–B–10, 2000, 11 p
- 2– Mansat P., Bonneville N. Luxations du coude. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14–042–A–10, 2009
- 3– Tashjian, Robert Z. M.D., O’Driscoll SW, Jupiter JBMD, King GJWMD, Hotchkiss RNMD, Morrey BFMD++. The Unstable Elbow – An Evidence–Based Approach to Evaluation and Management | Robert
- 4–An K–N, Zobitz ME, Morrey BF. Biomechanics of the elbow. In: Morrey BF, editor. The elbow and its disorders. 4th ed. Amsterdam: Elsevier; 2009.
- 5– An KN, Morrey BF, Chao EY. The effect of partial removal of proximal ulna on elbow constraint. Clin Orthop Relat Res 1986;209:270–9.
- 6– Morrey BF, Tanaka S, An KN. Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. Clin Orthop Relat Res 1991;265: 187–95 .
- 7–Sowa DT, Hotchkiss RN, Weiland AJ. Symptomatic proximal translation of the radius following radial head resection. Clin Orthop Relat Res 1995;317:106–13
- 8– Ochi N, Ogura T, Hashizune H, Shigeyama Y, Senda M, Inoue H. Anatomic relation between the medial collateral ligament of the elbow and the humero–ulnar joint axis. J Shoulder Elbow Surg 1999;8:6–10.
- 9– Nielsen KK, Olsen BS. No stabilizing effect of the elbow joint capsule. A kinematic study. Acta Orthop Scand 1999;70:6–8.
- 10–Davidson PA, Pink M, Perry J, Jobe FW. Functional anatomy of the flexor pronator muscle group in relation to the medial collateral ligament of the elbow. Am J Sports Med 1995;23:245–50.
- 11– Cohen MS, Hastings H. Rotatory instability of the elbow. J Bone Joint Surg Am 1997;79:225–33
- 12– Franck Netter – Atlas d’anatomie humaine

- 13–. Morrey BF, Chao EY. Passive motion of the elbow joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58:501–8
14. Schlein AP. Semiconstrained total elbow arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1976; 222–9
- 15–Deland JT, Garg A, Walker PS. Biomechanical basis for elbow hinge–distractor design. *Clin Orthop Relat Res.* 1987; 303–12
- 16–Cohen MS, Hastings H. Rotatory instability of the elbow. The anatomy and role of the lateral stabilizers. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79:225–33
- 17–Sekiya H, Neale PG, O’Driscoll SW, An KN, Morrey BF. An in vitro biomechanical study of a hinged external fixator applied to an unstable elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14:429–32
- 18–Bigazzi P, Biondi M, Corvi A, Pfanner S, Checcucci G, Ceruso M. A new autocentering hinged external fixator of the elbow: a device that stabilizes the elbow axis without use of the articular pin. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24:1197–205.
- 19–Olsen BS, Søjbjerg JO, Nielsen KK, Vaesel MT, Dalstra M, Sneppen O. Posterolateral elbow joint instability: the basic kinematics. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998;7:19–29.
- 20–O’Driscoll SW, Morrey BF, An KN. Intraarticular pressure and capacity of the elbow. *Arthroscopy.* 1990;6:100–3.
- 21–Morrey BF. Post–traumatic contracture of the elbow. Operative treatment, including distraction arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72:601–18
- 22–Morrey BF, Askew LJ, Chao EY. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63:872–7.
- 23–Sardelli M, Tashjian RZ, MacWilliams BA. Functional elbow range of motion for contemporary tasks. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:471–7.

- 24–An KN, Morrey BF, Chao EY. The effect of partial removal of proximal ulna on elbow constraint. *Clin Orthop Relat Res.* 1986; 270–9
- 25–Eyegendaal D, Verdegaal SH, Obermann WR, van Vugt AB, Pöll RG, Rozing PM. Posterolateral dislocation of the elbow joint. Relationship to medial instability. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82:555–60
- 26–Josefsson PO, Gentz CF, Johnell O, Wendeborg B. Surgical versus non–surgical treatment of ligamentous injuries following dislocation of the elbow joint. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69:605–8
- 27–Josefsson PO, Johnell O, Wendeborg B. Ligamentous injuries in dislocations of the elbow joint. *Clin Orthop Relat Res.* 1987; 221–5.
- 28–An KN, Himeno S, Tsumura H, Kawai T, Chao EY. Pressure distribution on articular surfaces: application to joint stability evaluation. *J Biomech.* 1990;23: 1013–20
- 29–Seiber K, Gupta R, McGarry MH, Safran MR, Lee TQ. The role of the elbow musculature, forearm rotation, and elbow flexion in elbow stability: an in vitro study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18:260–8.
- 30–Chanlalit C, Shukla DR, Fitzsimmons JS, Thoreson AR, An K–N, O’Driscoll SW. Radiocapitellar stability: the effect of soft tissue integrity on bipolar versus monopolar radial head prostheses. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20:219–25
- 31–Shukla DR, Fitzsimmons JS, An K–N, O’Driscoll SW. Effect of radial head malunion on radiocapitellar stability. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21:789–94.
- 32–Szekeres M, Chinchalkar SJ, King GJW. Optimizing elbow rehabilitation after instability. *Hand Clin.* 2008;24:27–38.
- 33–Hughes RE, Schneeberger AG, An KN, Morrey BF, O’Driscoll SW. Reduction of triceps muscle force after shortening of the distal humerus: a computational model. *J Shoulder Elbow Surg.* 1997;6:444–8
- 34–Markolf KL, Lamey D, Yang S, Meals R, Hotchkiss R. Radioulnar load–sharing in the forearm. A study in cadavera. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:879–88

- 35–Morrey BF, An KN, Stormont TJ. Force transmission through the radial head. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70:250–6
- 36–Hotchkiss RN, An KN, Sowa DT, Basta S, Weiland AJ. An anatomic and mechanical study of the interosseous membrane of the forearm: pathomechanics of proximal migration of the radius. *J Hand Surg Am.* 1989;14:256–61.
- 37–de Haan J, Schep NWL, Eygendaal D, Kleinrensink G–J, Tuinebreijer WE, den Hartog D. Stability of the elbow joint: relevant anatomy and clinical implications of in vitro biomechanical studies. *Open Orthop J.* 2011;5:168–76.
- 38–. Morrey BF, Tanaka S, An KN. Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. *Clin Orthop Relat Res.* 1991; 187–95
- 39–Pomianowski S, O’Driscoll SW, Neale PG, Park MJ, Morrey BF, An KN. The effect of forearm rotation on laxity and stability of the elbow. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2001;16:401–7.
- 40–Pomianowski S, Morrey BF, Neale PG, Park MJ, O’Driscoll SW, An KN. Contribution of monoblock and bipolar radial head prostheses to valgus stability of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 2001; 83–A:1829–34
- 41–Safran MR, Baillargeon D. Soft–tissue stabilizers of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14:179S–85
- 42:O’Driscoll SW, Morrey BF, Korinek S, An KN. Elbow subluxation and dislocation. A spectrum of instability. *Clin Orthop Relat Res.* 1992; 186–97.
- 43–. McKee MD, Schemitsch EH, Sala MJ, O’Driscoll SW. The pathoanatomy of lateral ligamentous disruption in complex elbow instability. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003;12:391–6.
- 44–Steinmann SP. Coronoid process fracture. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16:519–29.

- 45–Wyrick JD, Dailey SK, Gunzenhaeuser JM, Casstevens EC. Management of complex elbow dislocations: a mechanistic approach. *J Am Acad Orthop Surg.* 2015;23:297–306.
- 46–Cohen MS. Lateral collateral ligament instability of the elbow. *Hand Clin.* 2008;24:69–77.
- 47–Morrey BF, An KN. Functional anatomy of the ligaments of the elbow. *Clin Orthop Relat Res.* 1985; 84–90
- 48–Anakwenze OA, Kancharla VK, Iyengar J, Ahmad CS, Levine WN. Posterolateral rotatory instability of the elbow. *Am J Sports Med.* 2014;42:485–91.
- 49–Moritomo H, Murase T, Arimitsu S, Oka K, Yoshikawa H, Sugamoto K. The in vivo isometric point of the lateral ligament of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2011–7
- 50–Regan WD, Korinek SL, Morrey BF, An KN. Biomechanical study of ligaments around the elbow joint. *Clin Orthop Relat Res.* 1991; 170–9.
- 51–O’Driscoll SW, Spinner RJ, McKee MD, et al. Tardy posterolateral rotatory instability of the elbow due to cubitus varus. *J Bone Joint Surg Am.* 2001; 83–A:1358–69
- 52–. O’Driscoll SW, Bell DF, Morrey BF. Posterolateral rotatory instability of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:440–6
- 53–. Dunning CE, Zarzour ZD, Patterson SD, Johnson JA, King GJ. Ligamentous stabilizers against posterolateral rotatory instability of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83–A:1823–8.
- 54–McAdams TR, Masters GW, Srivastava S. The effect of arthroscopic sectioning of the lateral ligament complex of the elbow on posterolateral rotatory stability. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14:298–301.
- 55–. Olsen BS, Henriksen MG, Sojbjerg JO, Helmig P, Sneppen O. Elbow joint instability: a kinematic model. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;3:143–50.

- 56–Tashjian RZ, Katarincic JA. Complex elbow instability. *J Am Acad Orthop Surg.* 2006;14:278–86.
- 57–Dargel J, Boomkamp E, Wegmann K, Eysel P, Müller LP, Hackl M. Reconstruction of the lateral ulnar collateral ligament of the elbow: a comparative biomechanical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; doi: 10.1007/s00167–015–3627–3
- 58–Murthi AM, Keener JD, Armstrong AD, Getz CL. The recurrent unstable elbow: diagnosis and treatment. *Instr Course Lect.* 2011;60:215–26.
- 59–Gray AB, Alolabi B, Ferreira LM, Athwal GS, King GJW, Johnson JA. The effect of a coronoid prosthesis on restoring stability to the coronoid–deficient elbow: a biomechanical study. *J Hand Surg Am.* 2013;38:1753–61
- 60–Schneeberger AG, Sadowski MM, Jacob HAC. Coronoid process and radial head as posterolateral rotatory stabilizers of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86–A:975–82
- 61–Hotchkiss RN, Weiland AJ. Valgus stability of the elbow. *J Orthop Res.* 1987;5:372–7
- 62–Deutch SR, Jensen SL, Tyrdal S, Olsen BS. Elbow joint stability following experimental osteoligamentous injury and reconstruction. *Journal of Shoulder and reconstruction. J Shoulder Elbow Surg.* 2003;12(5):466–71. doi:10.1016/S1058–2746(03)00062–4
- 63–Deutch SR, Jensen SL, Olsen BS. Elbow joint stability in relation to forced external rotation: an experimental study of the osseous constraint. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003;12(3):287–92. doi:10.1016/ S1058–2746(02)86814–8.
- 64–Sabo MT, Shannon HL, Deluce S, Lalone E, Ferreira LM, Johnson JA, King GJW. Capitellar excision and hemiarthroplasty affects elbow kinematics and stability. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21:1024–1031.e4

- 65–Root CG, Meyers K, Wright T, Hotchkiss R. Capitellum excision: mechanical implications and clinical consequences. *J Orthop Res.* 2014;32: 346–50.
- 66–Jensen SL, Olsen BS, Tyrdal S, Sjøbjerg JO, Sneppen O. Elbow joint laxity after experimental radial head excision and lateral collateral ligament rupture: efficacy of prosthetic replacement and ligament repair. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14:78–84
- 67–Chanlalit C, Shukla DR, Fitzsimmons JS, An K–N, O’Driscoll SW. The biomechanical effect of prosthetic design on radiocapitellar stability in a terrible triad model. *J Orthop Trauma.* 2012;26:539–44
- 68–Moon J–G, Berglund LJ, Zachary D, An K–N, O’Driscoll SW. Radiocapitellar joint stability with bipolar versus monopolar radial head prostheses. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18:779–84
- 69–Van Glabbeek F, Van Riet RP, Baumfeld JA, Neale PG, O’Driscoll SW, Morrey BF, An KN. Detrimental effects of overstuffing or understuffing with a radial head replacement in the medial collateral–ligament deficient elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86–A: 2629–35.
- 70–Fuss FK. The ulnar collateral ligament of the human elbow joint. Anatomy, function and biomechanics. *J Anat.* 1991;175:203–12.
- 71–Schwab GH, Bennett JB, Woods GW, Tullos HS. Biomechanics of elbow instability: the role of the medial collateral ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 1980; 42–52
- 72–Armstrong AD, Dunning CE, Ferreira LM, Faber KJ, Johnson JA, King GJW. A biomechanical comparison of four reconstruction techniques for the medial collateral ligament–deficient elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14:207–15.
- 73–Sjøbjerg JO, Ovesen J, Nielsen S. Experimental elbow instability after transection of the medial collateral ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 1987; 186–90

- 74–Hassan SE, Parks BG, Douoguih WA, Osbahr DC. Effect of distal ulnar collateral ligament tear pattern on contact forces and valgus stability in the posteromedial compartment of the elbow. *Am J Sports Med.* 2015;43:447. doi:10.1177/0363546514557239.
- 75– Feltner ME, Dapena J. Three–dimensional interactions in a two–segment kinetic chain. Part 1; General model. *Int J Sports Biomech.* 1989;5:403–19
- 76–Altchek DW, Hyman J, Williams R, Levinson M, Allen AA, Paletta Jr GA, Dines DM, Botts JD. Management of MCL injuries of the elbow in throwers. *Tech Shoulder Elbow Surg.* 2000;1:73–81.
- 80–Dodson CC, Altchek DW. Ulnar collateral ligament reconstruction revisited: the procedure I use and why. *Sports Health.* 2012;4:433–7
- 81–Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR. Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18:402–8
- 82–Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, Escamilla RF. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med.* 1995; 23:233–9
- 83–Werner SL, Fleisig GS, Dillman CJ, Andrews JR. Biomechanics of the elbow during baseball pitching. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;17:274–8
- 84–Morrey BF, An KN. Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint. *Am J Sports Med.* 1983;11:315–9
- 85–Bowers AL, Dines JS, Dines DM, Altchek DW. Elbow medial ulnar collateral ligament reconstruction: clinical relevance and the docking technique. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19:110–7.
- 86– Waris W. Elbow injuries of javelin–throwers. *Acta Chir Scand.* 1946;93:563–75.
- 87–Jobe FW, Stark H, Lombardo SJ. Reconstruction of the ulnar collateral ligament in athletes. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68:1158–63.

- 88–Conway JE, Jobe FW, Glousman RE, PINK M. Medial instability of the elbow in throwing athletes. Treatment by repair or reconstruction of the ulnar collateral ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74:67–83
- 89–Savoie FH, Morgan C, Yaste J, Hurt J, Field L. Medial ulnar collateral ligament reconstruction using hamstring allograft in overhead throwing athletes. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:1062–6.
- 90–Thompson WH, Jobe FW, Yocum LA, Pink MM. Ulnar collateral ligament reconstruction in athletes: muscle–splitting approach without transposition of the ulnar nerve. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10:152–7.
- 91–Dodson CC, Craig EV, Cordasco FA, Dines DM, Dines JS, DiCarlo E, Brause BD, Warren RF. Propionibacterium acnes infection after shoulder arthroplasty: a diagnostic challenge. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19:303–7
- 92–Kodde IF, Rahusen FTG, Eygendaal D. Long–term results after ulnar collateral ligament reconstruction of the elbow in European athletes with interference screw technique and triceps fascia autograft. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21:1656–63.
- 93–Glousman RE, Barron J, Jobe FW, Perry J, Pink M. An electromyographic analysis of the elbow in normal and injured pitchers with medial collateral ligament insufficiency. *Am J Sports Med.* 1992; 20:311–7.
- 94– Chronister JE, Morris RP, Andersen CR, Buford WL, Bennett JM, Mehlhoff TL. A biomechanical comparison of 2 hybrid techniques for elbow ulnar collateral ligament reconstruction. *J Hand Surg.* 2014;39:2033–40.
- 95–Ruland RT, Hogan CJ, Randall CJ, Richards A, Belkoff SM. Biomechanical comparison of ulnar collateral ligament reconstruction techniques. *Am J Sports Med.* 2008;36:1565–70.

- 96–Pugh DM, Wild LM, Schemitsch EH, King GJ, McKee MD. Standard surgical protocol to treat elbow dislocations with radial head and coronoid fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2004;**86**:1122–30.
- 97–Ring D, Jupiter JB, Zilberfarb J. Posterior dislocation of the elbow with fractures of the radial head and coronoid. *J Bone Joint Surg Am* 2002; **84**:547–51.
- 98–Ring D, Jupiter JB. Fracture–dislocation of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 1998;**80**:566–80.
- 99–Bégué T. Luxations de coude. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14–042–A–10, 1998 : 10.
- 100–Tyrdal S, Olsen BS. Hyperextension of the elbow joint: pathoanatomy and kinematics of ligament injuries. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;**7**: 272–83.
- 101–Eygendaal D, Verdegaal SH, Obermann WR, VanVugt AB, Pöll RG, Rozing PM. Posterolateral dislocation of the elbow joint. *J Bone Joint Surg Am* 2000;**82**:555–60.
- 102–Witvoet J, Tayon B. La luxation récidivante du coude. À propos de 6 cas. *Rev Chir Orthop* 1974;**60**:485–95.
- 103–O’Driscoll SW, Morrey BF, Korinek S, Kai–Nan AD. Elbow subluxation and dislocation. A spectrum of instability. *Clin Orthop Relat Res* 1992;**280**:186–97.
- 104–Sanchez–Sotelo J, O’Driscoll SW, Morrey BF. Medial oblique compression fracture of the coronoid process of the ulna. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;**14**:60–4
- 105–Beaufils P, Audren JL, Lortat–Jacob A, Benoit J, Perreau M, Ramadier JO. Traumatismes complexes de l’extrémité supérieure des deux os de l’avant–bras. *Rev Chir Orthop* 1983;**69**:303–1.
- 106–Marotte JH, Samuel P, Lord G, Blanchard JP, Guillamon JL. La fracture luxation conjointe de l’extrémité supérieure des deux os de l’avantbras. *Rev Chir Orthop* 1982;**68**:103–14

- 107–Sanchez–Sotelo J, O’Driscoll SW, Morrey BF. Anteromedial fracture of the coronoid process of the ulna. *J Shoulder Elbow Surg*. 2006 Sep 1;15(5):e5–8.
- 108–McKee MD, Bowden SH, King GJ, Patterson SD, Jupiter JB, Bamberger HB, et al. Management of recurrent, complex instability of the elbow with a hinged external fixator. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80: 1031–6
- 109–Papandrea RF, Morrey BF, O’Driscoll SW. Reconstruction for persistent instability of the elbow after coronoid fracture–dislocation. *J Shoulder Elbow Surg* 2007;16:68–77 .
- 110–Ring D, Hannouche D, Jupiter JB. Surgical treatment of persistent dislocation or subluxation of the ulnohumeral joint after fracturedislocation of the elbow. *J Hand Surg [Am]* 2004;29:470–80.
- 111– Frankle MA, Koval KJ, Sanders RW, Zuckerman JD. Radial head fractures associated with elbow dislocations treated by immediate stabilization and early motion. *J Shoulder Elbow Surg* 1999;8:355–60.
- 112–King GJ, Evans DC, Kellman JF. Open reduction and internal fixation of radial head fractures. *J Orthop Trauma* 1991;5:21–8
- 113–Rodriguez Merchan EC. Controversies on the treatment of irreducible elbow dislocations with an associated non–salvageable radial head fracture. *J Orthop Trauma* 1995;9:341–4
- 114–Broberg M, Morrey B. Results of treatment of fracture–dislocations of the elbow. *Clin Orthop Relat Res* 1987;216:109–19.
- 115–King GJ, Zarzour ZD, Dunning CE, Patterson SD, Johnson JA. Metallic radial head arthroplastie improves the stability of the medial collateral deficient elbow. *Clin Orthop Relat Res* 1999;368:114–25.
- 116–Alnot JY, Katz V. Hardy P et le GUEPAR. La prothèse de tête radiale GUEPAR dans les fractures récentes et anciennes. À propos d’une série de 22 cas. *Rev Chir Orthop* 2003;89:304–9

- 117–Bonnevialle P. Fractures récentes de l'extrémité proximale des deux os de l'avant-bras de l'adulte. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-043-A-10, 2000 : 13p.
- 118–Regan WD, Morrey BF. Fractures of the coronoid process of the ulna. *J Bone Joint Surg Am* 1989;**71**:1348–54.
- 119–Bousselmane N, Boussouga M, Bouabid S, Galuia F, Taobane H, Moulay I. Les fractures de l'apophyse coronoïde. *Chir Main* 2000;**19**: 286–93
- 120–Moritomo H, Tada K, Yoshida T, Kawatsu N. Reconstruction of the coronoid for chronic dislocation of the elbow. *J Bone Joint Surg Br* 1998;**80**:490–2.
- 121–Casanova G. Luxation du coude chez l'adulte. In: Cahier d'enseignement de la SOFCOT n°34. Paris: Expansion Scientifique Française; 1989. p. 179–98.
- 122–Marcheix B, Chaufour X, Ayel JE, Hollington L, Mansat P, Barret A, et al. Transection of the brachial artery after closed posterior elbow dislocation. *J Vasc Surg* 2005;**42**:1230–2.
- 123–Sparks SR, DeLaRosa J, Bergan JJ, Hoyt DB, Owens EL. Arterial injury in uncomplicated upper extremity dislocations. *Ann Vasc Surg* 2000; **14**:110–3.
- 124–Limb D, Hodgkinson SL, Brown RF. Median nerve palsy after posterolateral elbow dislocation. *J Bone Joint Surg Br* 1994;**76**:987–8.
- 125–Grobler GP. Unusual cause of ulnar nerve palsy. *Clin Orthop Relat Res* 1996;**323**:192–3
- 126–Tuncali D, Yavuz N, Aslan G. Total ulnar nerve transection following elbow dislocation. *Injury Extra* 2005;**36**:319–20.
- 127–Beverly MC, Fearn CB. Anterior interosseous nerve palsy and dislocation of the elbow. *Injury* 1984;**16**:126–8.

- 128– Liu GS, Jupiter JB. Posterolateral rotatory elbow subluxation with intra–articular entrapment of the radial nerve. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 2004;**86**:603–6
- 129–Greenspan A, Norman A. The radial head, capitellum view: useful technique in elbow trauma. *Am J Roentgenol.* 1982 Jun 1;**138**(6):1186–8.
- 130–Cohen MS, Hastings H. Acute elbow dislocation: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg* 1998;**6**:15–23.
- 131–Josefsson PO, Johnell O, Gentz CF. Long–term sequelae of simple dislocation of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 1984 Jul;**66**(6):927–30.
- 132–Shukla DR, Pillai G, McAnany S, Hausman M, Parsons BO. Heterotopic ossification formation after fracture–dislocations of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015 Mar;**24**(3):333–8.
- 133–Pugh DMWM, Wild LMBs, Schemitsch EHM, King GJWM, McKee MDM. Standard Surgical Protocol to Treat Elbow Dislocations with Radial Head and Coronoid Fractures. *J Bone.* 2004 Jun;**86**(6):1122–30.
- 134–Bonnevialle P. Les fractures associées du radius et du cubitus au niveau du coude chez l’adulte.
- 135–Ring DMD, Jupiter JBMD+. Current Concepts Review – Fracture–Dislocation of the Elbow*. [Review]. *J Bone.* 1998 Apr;**80**(4):566–80.
- 136–McKee MDM, Schemitsch EHM, Sala MJM, O’Driscoll SW. The pathoanatomy of lateral ligamentous disruption in complex elbow instability. *J Shoulder.* 2003 Aug;**12**(4):391–6.
- 137–van Riet RP, Morrey BF, O’Driscoll SW, Van Glabbeek F. Associated injuries complicating radial head fractures: a demographic study. *Clin Orthop.* 2005 Dec;**441**:351–5.

- 138–Mikić ZD, Vukadinović SM. Late results in fractures of the radial head treated by excision. *Clin Orthop*. 1983 Dec;(181):220–8.
- 139–Smith AM, Morrey BF, Steinmann SP. Low profile fixation of radial head and neck fractures: surgical technique and clinical experience. *J Orthop Trauma*. 2007 Dec;21(10):718–24.
- 140–Worsing RA, Engber WD, Lange TA. Reactive synovitis from particulate silastic. *J Bone Joint Surg Am*. 1982 Apr;64(4):581–5.
- 141–Yian E, Steens W, Lingenfelter E, Schneeberger AG. Malpositioning of radial head prostheses: an in vitro study. *J Shoulder Elbow Surg*. 2008 Aug;17(4):663–70.
- 142–Chanlalit C. The Biomechanical Effect of Prosthetic Design on Radiocapitellar Stability in a Terrible Triad Model.
- 143–Allavena C, Delclaux S, Bonneville N, Rongières M, Bonneville P, Mansat P. Outcomes of bipolar radial head prosthesis to treat complex radial head fractures in 22 patients with a mean follow-up of 50 months.
- 144–Begue T. Luxations du coude. *Encycl Med Chir (Elsevier, Paris), Appareil locomoteur*, 14-042-A-10, 1998, 10 p.
- 145–Bonneville P. Fractures recentes de l'extremite proximale des deux os de l'avantbras de l'adulte. *Encycl Med Chir (Edition Scientifique et Medicales Elsevier, paris), Appareil locomoteur*, 14-043-A-10, 2000, 13 p.
- 146–Mason ML. Some observations on fractures of the head of the radius with a review of one hundred cases. *Br J Surg*. 1954 Sep 1;42(172):123–32.
- 147–Hotchkiss null. Displaced Fractures of the Radial Head: Internal Fixation or Excision? *J Am Acad Orthop Surg*. 1997 Jan;5(1):1–10.
- 148–Regan W, Morrey B. Fractures of the coronoid process of the ulna. *J Bone Joint Surg Am*. 1989 Oct;71(9):1348–54.
- 149–Regan W, Morrey BF. Classification and treatment of coronoid process fractures. *Orthopedics*. 1992 Jul;15(7):845–8.

- 150–Ring D, Jupiter JB, Sanders RW, Mast J, Simpson NS. Transolecranon Fracture Dislocation of the Elbow. *J Orthop Trauma*. 1997 Nov;11(8):545–50.
- 151–Morrey BF. *Morrey’s The Elbow and Its Disorders – 4th Edition*.
- 152–Rochet S, Obert L, Lepage D, Lemaire B, Leclerc G, Garbuio P. Ostéosynthèse des fractures comminutives de l’ulna proximal par deux plaques.
- 153–Bado JL. The Monteggia lesion. 1967;50:71–86.
- 154–Jupiter JB, Leibovic SJ, Ribbans W, Wilk RM. The posterior Monteggia lesion. *J Orthop Trauma*. 1991;5(4):395–402.
- 155–Ring D, Jupiter JB, Simpson NS. Monteggia fractures in adults. *J Bone Joint Surg Am*. 1998 Dec;80(12):1733–44.
- 156–Wong JC, Getz CL, Abboud JA. Adult Monteggia and Olecranon Fracture Dislocations of the Elbow. *Hand Clin*. 2015 Nov;31(4):565–80.
- 157–Mehlhoff TL, Noble PC, Bennett JB, Tullos HS. Simple dislocation of the elbow in the adult. Results after closed treatment. *J Bone Joint Surg Am*. 1988 Feb;70(2):244–9.
- 158–Hotchkiss RN, Bucholz R, Heckman J, Green D. Fractures and dislocations of the elbow. In: *Rockwood and Green’s fractures in adults*. 4th ed. 1996. p. 929–1024.
- 159–Josefsson PO. *Dislocations of the Elbow and Intraarticular Fractures. : Clinical Orthopaedics and Related Research*.
- 160–O’Driscoll SW, Jupiter JB, King GJ, Hotchkiss RN, Morrey BF. The unstable elbow. *Instr Course Lect*. 2001;50:89–102.
- 161–Doornberg JNM, Ring DC. Fracture of the Anteromedial Facet of the Coronoid Process. *J Bone*. 2006 Oct;88(10):2216–24.
- 162–Antuna S, Barco R. *Essentials In Elbow Surgery – A Comprehensive Approach to* | Samuel Antuna | Springer.

- 163–Forthman C, Henket M, Ring DC. Elbow dislocation with intra–articular fracture: the results of operative treatment without repair of the medial collateral ligament. *J Hand Surg.* 2007 Oct;32(8):1200–9.
- 164– Linscheid RL, Wheeler DK. Elbow dislocations. *JAMA.* 1965 Dec 13;194(11):1171– 6.
- 165–Cohen MS, Hastings H. Acute elbow dislocation: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg.* 1998 Feb;6(1):15–23.
- 166–Modi CS, Lawrence E, Lawrence TM. (iv) Elbow instability. 2012 Oct;26(5):316–27.
- 167–Ahmed I, Mistry J. The management of acute and chronic elbow instability. *Orthop Clin North Am.* 2015 Apr;46(2):271–80.

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



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

أطروحة رقم 22/031

سنة 2022

خلع كسر الكوع (بصدد 25 حالة)

الأطروحة

قدمت و نوقشت علانية يوم 2022/01/19

من طرف

السيد ياسين برادة

المزداد في 1997/04/07 بفاس

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية

كسر - خلع - المرفق - جراحة تثبيت العظام - الترويد

اللجنة

الرئيس السيد عبد المجيد المريني

أستاذ في علم الجروح والتجبير

المشرف السيد عبد الحليم الابراهيمى

أستاذ في علم الجروح والتجبير

الأعضاء { السيدة اطراف كريمة

أستاذة في جراحة الأطفال

..... السيد محمد الإدريسي

أستاذ مبرز في علم الجروح والتجبير