



ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
FES



Année 2015

Thèse N° 141/15

**INTÉRÊT DU FIXATEUR EXTERNE RADIO-RADIAL DANS LE TRAITEMENT
DES FRACTURES DE L'EXTREMITÉ INFÉRIEURE DU RADIUS
(A propos de 06 cas)**

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 08/07/2015

PAR

Mme. MOUMEN FATIMA ZAHRA
Née le 24 Mars 1988 à Khénifra

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Fracture - Extrémité inférieure du Radius - Fixation externe radio radial

JURY

M. RACHID KHALID.....	PRESIDENT ET RAPPORTEUR
Professeur de Traumatologie-orthopédie	
M. EL MRINI ABDELMAJID.....	
Professeur de Traumatologie-orthopédie	
M. ZAINOUN BRAHIM.....	
Professeur agrégé de Radiologie	
M. MOUSSAOUI ABDENACER.....	
Professeur agrégé de Chirurgie réparatrice et plastique	
M. ENNOUHI MOHAMED AMINE.....	
Professeur assistant de Chirurgie réparatrice et plastique	

}

JUGES

MEMBRE ASSOCIE

PLAN

ABREVIATION	4
INTRODUCTION	5
MATERIELS ET METHODES :	8
I–Matériels	9
II–Méthodes	9
III– Fiche d’exploitation	10
RESULTATS ET ANALYSE.....	17
I–Etude épidémiologique	18
1–Répartition selon l’âge.....	18
2– Répartition selon le sexe	18
3– Répartition selon le coté atteint	19
4– Répartition selon l’étiologie	20
II–Etude clinique (Tableau D)	21
1–Circonstance de diagnostic.....	21
2–Examen du membre atteint.....	21
III–Etude radiologique (Tableau E.....	23
IV–Traitement	29
1–Traitement symptomatique.....	29
2–Ostéosynthèse fermée par fixateur externe radial	29
V–Résultats	30
1–Recul.....	30
2–Résultats cliniques (Tableau F).....	30
3– Résultats fonctionnels (Tableau G/H)	31
4– Résultats radiologique (Tableau I)	34
5–Consolidation.....	39

6-Ablation du matériel.....	39
7-Complications	39
TABLEAU RECAPITULATIF.....	40
DISCUSSION	42
I-Introduction	43
II-Rappel anatomique.....	44
A-Anatomie descriptive.....	44
1- les articulations du poignet	44
1-1.l'articulation radio-carpienne	44
1-2.l'articulation radio-ulnaire distale.....	46
2-les tendons du poignet.....	51
3-les muscles du poignet	52
4-vascularisation	53
5-Innervation.....	54
B-Anatomie radiologique	56
1-Sur le cliché de face.....	56
2-Sur le cliché de profil.....	57
C-Anatomie fonctionnelle : Biomécanique du poignet.....	58
1-Mobilité du poignet	58
2-Stabilité du poignet : Verrouillage.....	61
III-Etude anatomopathologique : classifications	64
IV-Traitement par fixateur externe	71
1-Biomécanique de la fixation externe	71
2-Différents types de fixateur externe.....	76
3-Indications de la fixation externe.....	81
4- Résultats	85

5- Complications	90
CONCLUSION	92
RESUME	94
BIBLIOGRAPHIE.....	98

ABREVIATION

AINS	: Anti-inflammatoires non stéroïdiens.
AVP	: accident de la voie publique
CIR	: centre instantané de rotation
D	: droit
DI	: douleur
F	: femme
FRD	: fracture du radius distal
G	: gauche
H	: homme
IC	: inclinaison cubitale
IFT	: impotence fonctionnelle totale
Index RUD	: index radio-ulnaire distal
IRM	: imagerie par résonance magnétique
IR	: inclinaison radiale
IV	: intraveineuse
LST	: limitation d'un secteur inutilisable
MCP	: métacarpo-phalangien
PS	: prono-supination
RAS	: rein à signaler
RIC	: raideur incomplète
TFCC	: complexe fibro-cartilagineux triangulaire du carpe.
TDM	: tomodensitométrie

INTRODUCTION

Les fractures de l'extrémité inférieure du radius sont les fractures dont le trait est situé entre l'interligne radio-carpienne et une droite passant à 3 travers de doigts ou 4 cm de cet interligne.

Ces fractures font parties des fracture les plus fréquentes en traumatologie, elles sont classiquement l'apanage de la femme âgée ostéoporotique, mais elles sont devenues fréquentes de nos jours chez le sujet jeune en raison de la recrudescence des accidents de la voie publique [1].

La fracture de l'extrémité inférieure du radius regroupe plusieurs types de lésions dont les modalités thérapeutiques et les répercussions fonctionnelles tardives sont différentes.

L'amélioration de la connaissance de ces lésions fait évoluer le traitement vers la recherche d'une réduction, la plus anatomique possible contenue par les moyens assurant une stabilité suffisante pour permettre une mobilisation précoce du poignet [2, 3,4], afin d'éviter les deux complications les plus fréquentes : le déplacement secondaire et la raideur.

Parmi les moyens de traitement on trouve : le Fixateur externe qui a été utilisé pour le traitement de fractures du radius distal depuis plus de 50 ans. En effet les configurations des fixateurs externes ont subi des modifications considérables au fil du temps, mais le type de la fixation externe n'est pas aussi important que les principes sous-jacents qui fournissent la base pour cette fixation, de plus bien que la fixation par plaque palmaire soit actuellement en vogue, les indications pour la fixation externe demeurent largement inchangés.

Les dessins récents des fixateurs ont également élargi l'utilisation traditionnelle pour inclure les applications non pontantes (fixateur radio radial), permettant une mobilisation précoce du poignet.

Le but de ce travail est de présenter les résultats préliminaires du traitement des fractures instables de l'extrémité inférieure du radius traitées par fixateur externe radio radial à propos de six observations cliniques.

MATERIELS ET METHODES

I-Matériel

Au service d'orthopédie traumatologie de l'Hôpital militaire Moulay Ismail de Meknès, nous avons colligé une série de 06 cas de fracture instables de l'extrémité inférieure du radius, qui ont bénéficié d'un traitement chirurgical par fixateur externe radio radial, sur une période de cinq ans allant du juin 2009 jusqu'au février 2014.

Les objectifs de cette étude s'étaient sur :

- L'étude du traitement par fixateur externe radio radial et ces indications.
- L'évaluation des résultats radiologiques et fonctionnels du traitement chirurgical par fixateur externe radio radial.

II. Méthode

Pour la réalisation de ce travail, nous avons établi une fiche d'exploitation qui a étudié dans une première partie les données statistiques qui renseignent sur le blessé : l'âge, le sexe, le côté atteint et sur le traumatisme : circonstance étiologique et tableau clinique. Dans une deuxième partie les données de l'examen radio-clinique et la technique chirurgicale par fixateur externe radio radial. Dans une dernière partie on étudiera l'évolution de nos patients en fonction des résultats fonctionnels, radiologiques et des complications.

Toutes les fractures ont été classées selon la classification AO (figure2).

Tous les patients ont été opérés selon la même technique chirurgicale sous anesthésie locorégionale, installé en décubitus dorsale, Le matériel utilisé était identique dans tous les cas.

Tous les patients ont été suivis cliniquement et radiologiquement, les résultats fonctionnels du traitement ont été appréciés selon les critères subjectifs (tableau A), et objectifs (tableau B) de Grumillier, alors que les résultats radiologiques ont été appréciés sur des radiographies standards postopératoires en analysant certains paramètres (tableau C).

III– LA FICHE D’EXPLOITATION :

Traumatisé :

- Nom et prénom
- Age
- Sexe
- Profession
- Adresse
- Téléphone
- Statut fonctionnel
- Numéro d’ordre
- Date d’entrée
- Date de sortie
- Antécédents

ATCDs médicaux.

ATCDs chirurgicaux.

ATCDs traumatiques : traumatisme du poignet, autres.

ATCDs toxiques.

Traumatisme :

- Heure du traumatisme.
- Circonstances du traumatisme (AVP ; chute ; accident de travail ; autres).
- Mécanisme: Direct/Indirect (position de la main lors de l’impact).
- Energie : (faible/ moyenne/ haute).
- Lésions associées (polytraumatisé, Polyfracturé, Syndrome canal carpien).

ETUDE CLINIQUE :

- Délai de consultation :
- Coté atteint :
- Signes fonctionnels :
 - > Attitude du traumatisé du membre supérieur.
 - > Douleur.
 - > Impotence fonctionnelle.
 - > Paresthésie.
- Examen clinique :
 - > Membre atteint :
 - > Examen local : Œdèmes.
 - Déformations.
 - Ouverture cutanée.
 - Ecchymose.
 - > Examen locorégionale : Atteintes Vasculo-nerveuses.
 - Examen du coude, de l'épaule et des doigts.
 - > Examen général.

ETUDE RADIOLOGIQUE :

- 1) Radiologie standard:
 - > Cliché de face du poignet.
 - > Cliché de profil du poignet.

Pour classer ces lésions, nous avons adopté la classification AO (figure 2).
- 2) Autre : TDM en cas de besoin (fracture articulaire), IRM

TRAITEMENT :

-Délai préopératoire :

-Opérateur :

-Traitement symptomatique : Immobilisation, Antalgiques, AINS (Per os ou IV).

-Traitement chirurgical : Ostéosynthèse directe fermée par fixateur radioradial.

➤ Installation du patient :

-Les patients ont été placés en décubitus dorsal sur table opératoire ordinaire.

-Un garrot pneumatique placé au niveau de la racine du membre supérieur atteint.

-Le poignet et l'avant-bras à l'extrémité de la table opératoire.

➤ Matériels utilisés :

Le matériel utilisé était identique dans tous les cas : Broches de Kirschner, pince de Halsted, rotule, tige de fixateur de Hoffman, poignet en T, perceuse orthopédique.



Figure 1 : table opératoire pour l'ostéosynthèse fermée par fixateur externe radio radial**

➤ Technique chirurgicale :

Tous les patients ont été opérés selon la même technique chirurgicale. Sous anesthésie locorégionale et en décubitus dorsal un garrot pneumatique est mis à la racine du membre, une première réduction est faite par traction sur l'index et le majeur, aidée par une pression par le pouce sur le fragment distal pour réduire la translation.

Puis, après contrôle par amplificateur de brillance on pratique une incision externe au niveau de la styloïde radiale qui est élargi par pince de Halsted. Par cette incision on met en place 3 ou 4 broches de Kirschner de 2mm dans le fragment distal, elles sont légèrement divergentes pour éviter l'arrachage, en suite 2 ou 3 broches sont mise au niveau de la diaphyse radial.

Le montage est solidarisé par 2 rotules et une tige du fixateur d'Hoffman non serrée. Par une manipulation douce (traction sur les broches distale et orientation du fragment distal à la manière d'un joystick) la réduction parfaite est recherchée et le montage est serré. Les incisions cutanées sont souvent fermées avec un ou deux points de sutures.

Le poignet est suspendu pendant 24 heures au moins pour éviter l'aggravation de l'œdème.

➤ Soins postopératoire :

Dans les suites opératoires une radiographie de contrôle du poignet de face et de profil est réalisée. Tous les poignets ont été immobilisés systématiquement par une attèle plâtrée antalgique pendant 15 jours en moyenne. La mobilisation des doigts et de la main peut débuter souvent dès le 3-4^e jour. L'ablation du matériel d'ostéosynthèse après consolidation est réalisée dans un délai entre la 6^{ème} et la 8^{ème} semaine. Une auto-rééducation a été réalisée chez tous les patients dès l'ablation du plâtre.

RESULTATS :

1) Fonctionnels : nous avons adopté :

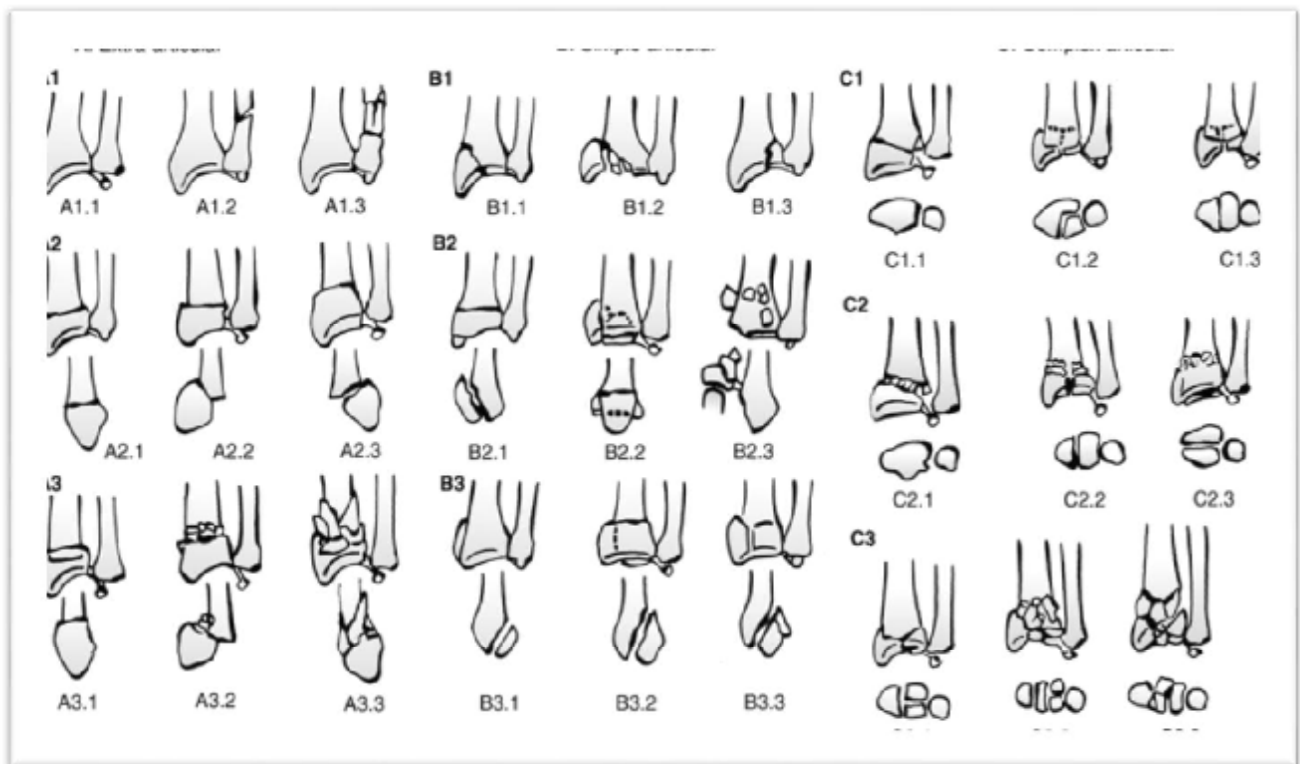
Les critères subjectifs de Grumillier (tableau A), qui reposent sur l'évolution de la douleur, la déformation clinique, la force de la main et l'utilisation de la main, et les critères objectifs (tableau B) qui tient compte de quatre critères : flexion, extension, pronation et supination, inclinaison radial et inclinaison ulnaire. La satisfaction des résultats varient du moyen jusqu'au excellent score.

2) Radiologiques :

Des radiographies standards de face et de profil ont été réalisés chez tous nos patients en postopératoire immédiat pour s'assurer de la bonne réduction de la fracture et plus tardivement aussi pour s'assurait de la bonne consolidation de la fracture en interprétant les paramètres suivant : bascule sagittale, bascule frontale, index radio-ulnaire distal et la marche d'escalier (tableau C).

3) Complications : on recherche aussi les complications types :

- Ouverture cutanée.
- Complications vasculaires.
- Infection de la plaie ou du matériel.
- Déplacement secondaire
- Syndrome neuro-algo-dystrophique.
- Complications Tendineuses : Rupture tendineuse
- cals vicieux

**Figure 2 : Classification AO**

A1 Fracture extra-articulaire du cubitus, radius intact 4. Processus styloïde 5. Métaphysaire simple 6. Métaphysaire pluri fragmentaire A2 fracture extra-articulaire du radius, simple et impactée 4. Sans désaxations 5. Avec déplacement dorsal (Pouteau-Colles) 6. Avec déplacement dorsal (Goyrand-Smith) A3 fracture extra-articulaire du radius pluri fragmentaire 4. Impactée sans désaxations 5. Métaphysaire 6. Métaphyso-diaphysaire	B1 Fracture articulaire partielle du radius, cunéenne 4. Latérale simple 5. Latérale pluri-fragmentaire 6. Médiale B2 Fracture articulaire partielle du radius, marginale dorsale (Barton) 4. Simple 5. Associée à un fragment cunéenne latéral 6. Associée à une luxation radio carpienne dorsale B3 Fracture articulaire partielle du radius, marginale palmaire (Barton inversé, Goyrand Smith II) 3. Simple, à petit fragment 4. Simple, à gros fragment Pluri fragmentaire	C1 Fracture articulaire totale du radius, articulaire simple ou métaphysaire simple 4. A fragment articulaire postéro-médial 5. A trait articulaire sagittal 6. A trait articulaire frontal C2 Fracture articulaire totale du radius, articulaire simple et métaphysaire pluri-fragmentaire 4. A trait articulaire sagittal 5. A trait articulaire frontal 6. Etendue à la diaphyse C3 Fracture articulaire totale du radius, pluri-fragmentaire 4. Métaphysaire simple 5. Métaphysaire pluri-fragmentaire 6. Etendue à la diaphyse
---	--	---

Tableau A : critères subjectifs de Grumillier

Critères Evaluation	Douleur	Déformation clinique	Force de la main	Utilisation de la main
Excellent	Absence	Absence	Normale	Normale
Bon	Intermittente	Pas de déformation	Légèrement diminuée	Normale (geste vie courante)
Moyen	Légère (au cour de certains mouvements)	Légère	Faible	Difficile
Mauvais	Permanente	Evidente	Insuffisante	Impossible

Tableau B : Critères objectifs selon Grumillier

Mouvements Evaluation	Flexion	Extension	PS	IC-IR
Excellent	>50°	>50°	>130°	>30°
Bon	30°-50°	30°-50°	100°-130°	10°-30°
Moyen	15°-30°	10°-30°	70°-100°	<10°
Mauvais	RIC ou LST	RIC ou LST	RIC ou LST	RIC ou LST

IR :inclinaison radiale

IC :inclinaison cubitale

PS :pronosupination

RIC : raideur incomplète.

LST : limitation d'un secteur inutilisable

Tableau C: critères d'évaluation radiologique

Critères Satisfaction	Bascule Frontale	Bascule Sagittale	Index RUD	Marche d'escalier
Excellent	< à 23°	3° à 15°	> à 2mm	Absente
Bon	19° à 22°	2° à 5°	0 à 2mm	Absente
Moyen	15° à 18°	-6 à -10°	0 à 2mm	0 à 2mm
Mauvais	< à 15°	< à -10°	< à -2mm	> à 2mm

Index RUD : index radio-ulnaire distal

RESULTATS

ET ANALYSE

I. Etude épidémiologique :

1. Répartition selon l'âge :

Dans notre série l'âge moyen de nos patients était de 53,5 ans avec des extrêmes allant de 38 à 65 ans.

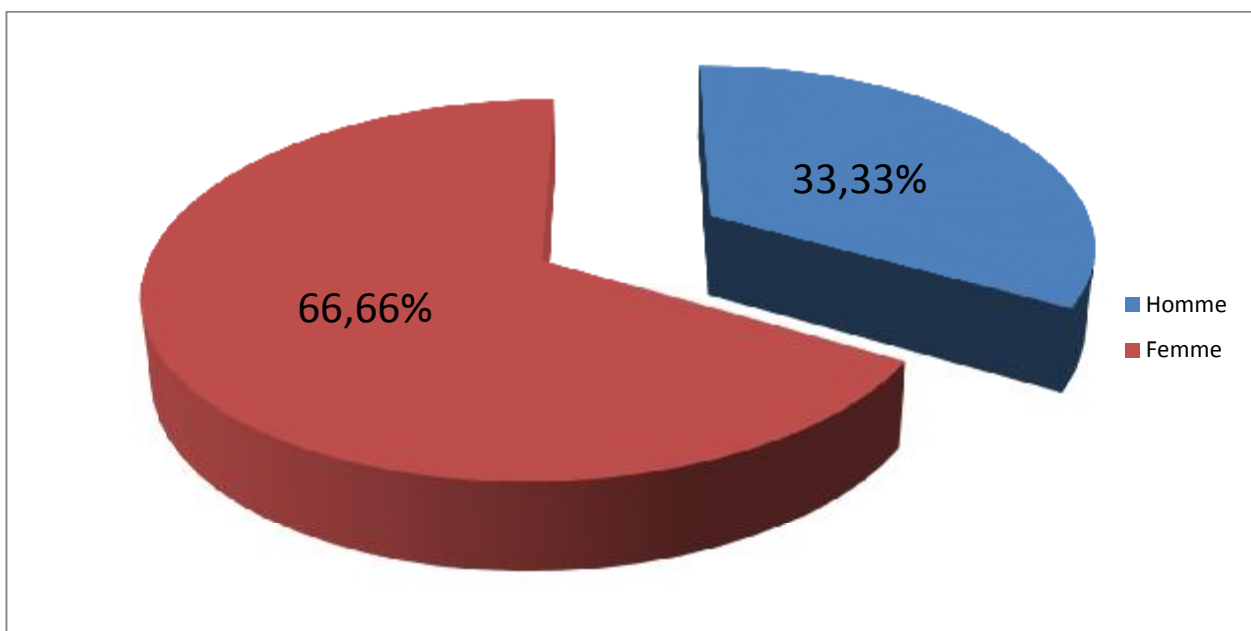
2. Répartition selon le sexe :

L'incidence de l'ostéoporose dans cette pathologie explique la nette prédominance du sexe féminin.

Dans notre série, nos patients ont été répartis en :

- 04 femmes soit 66,66 %.
- 02 hommes soit 33,33 %.

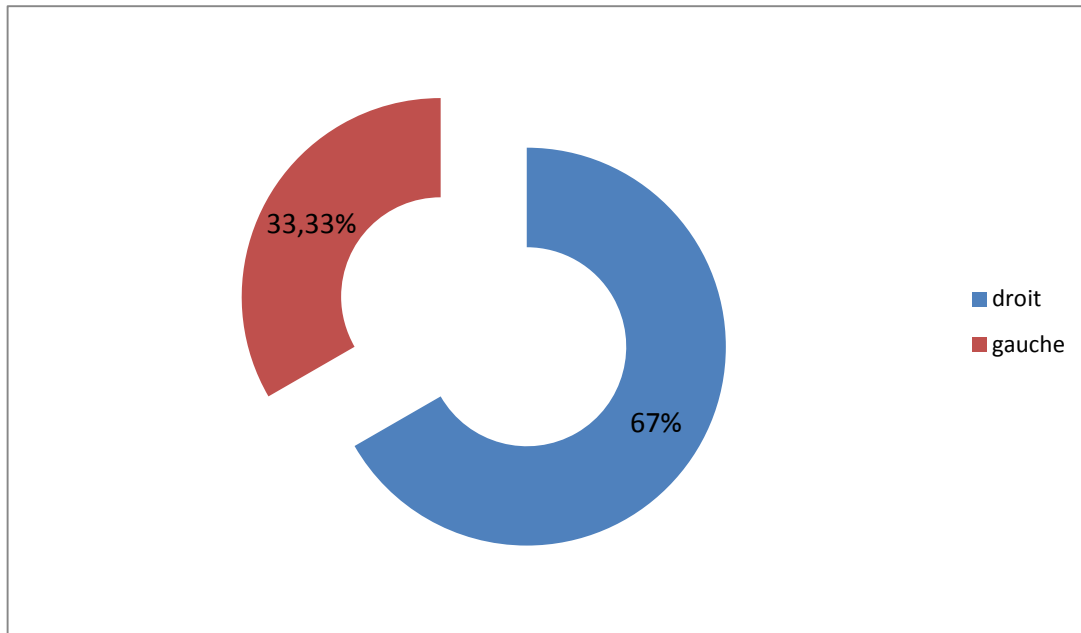
Avec un sexe ratio femme/homme de 2.



Graphique1 : Répartition des malades selon le sexe

3. Répartition selon le côté atteint :

Dans notre série on note une prédominance du côté droit qui présente 67 % de l'ensemble des fractures du radius distal contre 33% pour le côté gauche.

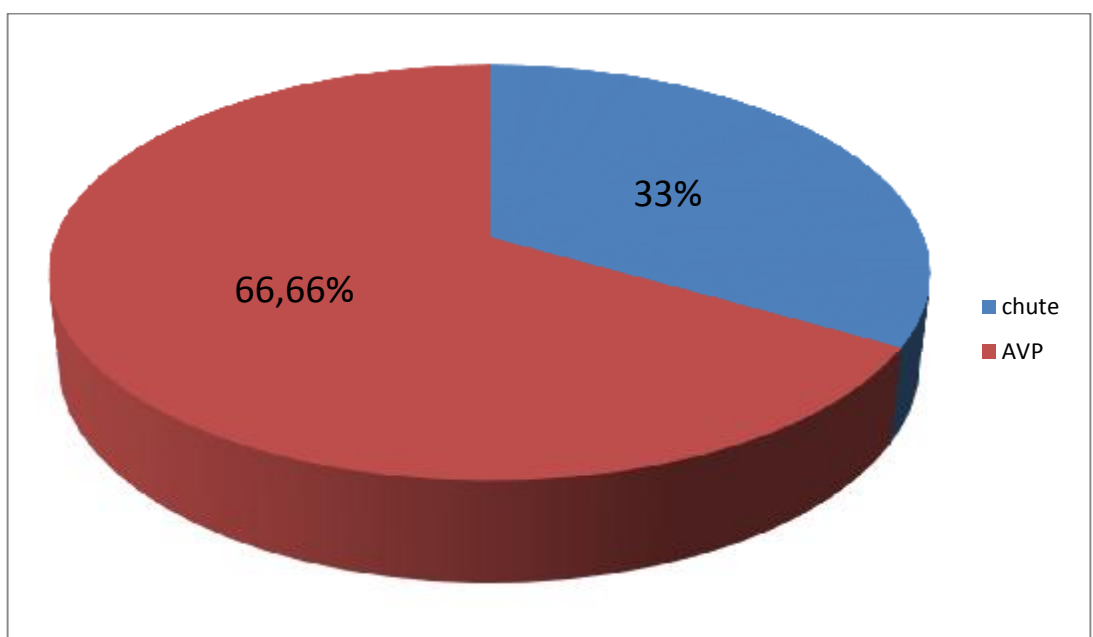


Graphique2 : Répartition des malades selon le côté atteint

4. Répartition selon l'étiologie:

La plupart de ces lésions étaient consécutives à des accidents de la circulation.

Dans notre série 67% de nos blessés étaient victimes d'un accident de la voie publique ,33% de chute simple



Graphique3 : Répartition selon l'étiologie du traumatisme

II. Etude clinique : (tableau D)

1. Circonstances du diagnostic :

Tous nos malades ont été admis dans le cadre des urgences, le but de l'examen initial a été :

- L'élimination d'une lésion majeure mettant en jeu le pronostic vital du malade.
- La réalisation d'un examen locorégional à la recherche d'une complication immédiate, telle qu'une lésion urgente, vasculo-nerveuse notamment qui peut compromettre le pronostic fonctionnel et vital du patient.
- La réalisation d'un examen général à la recherche d'autres lésions associées à distance, afin de dresser les priorités thérapeutiques.

2. Examen clinique du membre atteint :

Après avoir équilibré l'état hémodynamique du patient et éliminer une urgence vitale, l'examen clinique minutieux du membre traumatisé a montré chez tous nos malades:

- Une douleur violente localisée avec œdème au niveau de l'articulation du poignet.
- Une impotence fonctionnelle totale du membre atteint.
- Une attitude vicieuse classique du traumatisé du membre supérieur: Le membre sain portant le membre blessé.

Au titre de cet examen on n'a pas trouvé de complications immédiates : Pas d'ouverture cutanée, pas de complications vasculo-nerveuses, ni lésions ligamentaires.

Tableau D : Données cliniques préopératoires

Patient	Age	Sexe	Coté dominant	Coté atteint	Etiologies	Signes fonctionnels
1	50ans	F	Droit	Droit	AVP	IFT/DI
2	47ans	F	Droit	Gauche	AVP	IFT/DI
3	65ans	F	Droit	Droit	Chute	IFT/DI
4	56ans	F	Gauche	Droit	AVP	IFT/DI
5	38ans	H	Droit	Gauche	AVP	IFT/DI
6	59ans	H	Droit	Droit	Chute	IFT/DI

IFT : Impotence fonctionnelle totale

DI : douleur

AVP : Accident de la voie publique

H : Homme

F : Femme

III. Etude Radiologique : (tableau E)

1. Radiographies standards :

Tous nos patients ont bénéficié d'un bilan radiologique standard fait de radiographies du poignet face et profil.

- Ces clichés permettent de :
 - Poser le diagnostic positif.
 - Préciser le siège et le type du trait de la fracture.
 - Préciser l'importance du déplacement des fragments osseux.
 - Classer la fracture selon la classification AO (figure 2) et ceci pour :
- Faciliter l'étude des lésions osseuses.
- Avoir un langage international commun.
- Codifier une conduite thérapeutique.
- Et dresser un pronostic.
 - Et rechercher les lésions osseuses associées :
- Lésions du même poignet :
 - ⇒ Luxation radio-carpienne dorsale : aucun cas (0%)
 - ⇒ Lésion du ligament scapho-lunaire : aucun cas (0%)
 - ⇒ Fracture du scaphoïde : aucun cas (0%)
- Lésions à distance :
 - ⇒ Fracture de l'extrémité inférieure du radius controlatéral a
Été observée chez un seul cas traité par embrochage intrafocal.

➤ Résultats selon la classification :

D'après la classification AO on a classé les fractures en deux types :

– Fracture type A3 :

A3.2 :02 patients

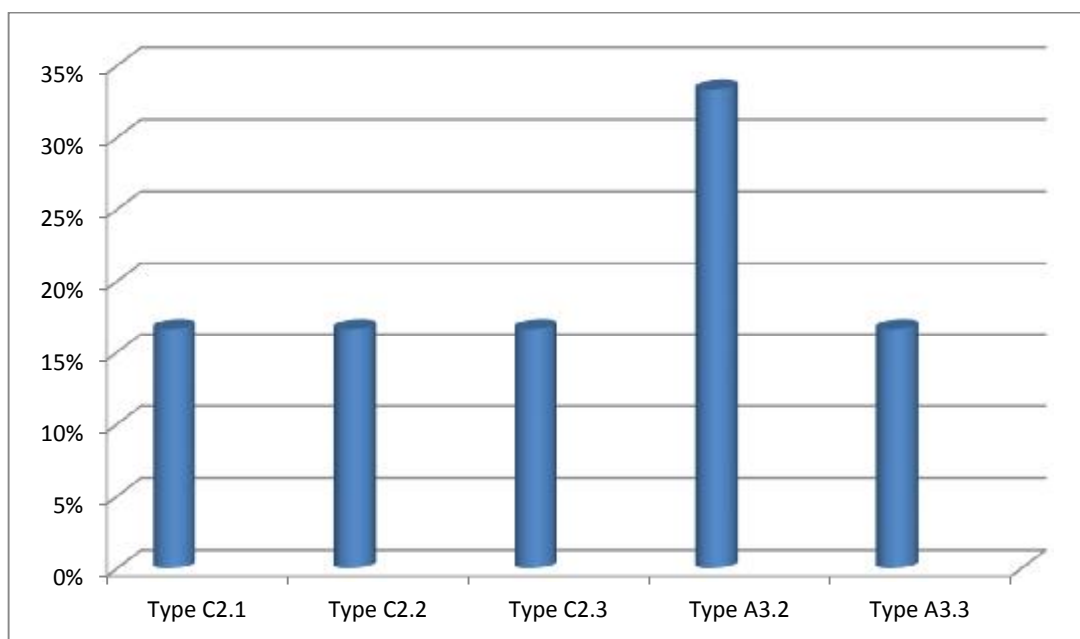
A3.3 :01 patient

– Fracture type C2 :

C2.1 :01 patient

C2.2 :01 patient

C2.3 :01 patient



Graphique4 : Répartition des lésions selon la classification AO

2. Autre:

Aucun patient de notre série n'a bénéficié d'une TDM du poignet.



Figure 3 : fracture du radius distal classée C2.3 (face A/ profil B) (patient6)(*)



Figure 4 : fracture du radius distal classée C2.2 (face A/ profil B) (patient2)(*)



Figure 5 : fracture du radius distal classée A3.2 (face A/ profil B) (patient1)(*)

Tableau E : Données radiologiques préopératoires.

Patients	Bilan radiologique	Classification AO
1	– Fracture extra-articulaire métaphyso-diaphysaire.	Fracture type A3.2
2	– Fracture extra-articulaire métaphysaire radius.	Fracture type C2.2
3	– Fracture articulaire métaphysaire totale simple du radius. – Trait articulaire frontal	Fracture type A3.3
4	– Fracture extra-articulaire, métaphysaire	Fracture type A3.2
5	– Fracture articulaire métaphysaire totale simple. – trait articulaire sagittal	Fracture type C2.1
6	– Fracture articulaire métaphysaire totale simple, étendu à la diaphyse	Fracture type C2.3

IV. Traitement :

1. Traitement symptomatique :

Tous nos patients et avant leur prise en charge chirurgicalement, ont bénéficié d'une immobilisation du membre atteint et d'un traitement médical à base d'antalgique, ou AINS si pas de contre indication (Per os ou IV).

2. Ostéosynthèse fermée par fixateur externe radio radial

- Patient en décubitus dorsal + sous anesthésie locorégionale + garrot pneumatique à la racine du membre supérieur atteint
- Réduction par manœuvres externes sous contrôle par amplificateur de brillance.
- Mise en place des broches de Kirschner sur le radius de part et d'autre du foyer de fracture. En épiphysaire en met 3 à 4 broches d'une manière divergente, et en diaphysaire en met 2 à 3 broches parallèlement au foyer de la fracture (Perpendiculaire à la diaphyse radiale). Puis on va faire le montage du fixateur qui va compléter la réduction.
- Les incisions cutanées sont souvent fermées avec un ou deux points de suture. Le poignet est suspendu pendant 24 heures au moins pour éviter l'aggravation de l'œdème.
- Enfin d'intervention, une mobilisation du poignet en position neutre par une manchette plâtrée antalgique est effectuée.
- Dans les suites opératoires la mobilité des doigts était possible en immédiat, Tous les patients ont été mis sous antalgique et antibiothérapie. Une éducation des patients a été faite pour l'auto-surveillance. La rééducation fonctionnelle est débutée après ablation du matériel.

V. Résultats :

1. Le recul :

Le délai moyen de révision après la chirurgie était de 6 mois (de 4 à 12 mois).

2. Résultats Cliniques :

Dans notre étude on a six patients, ayant des âges qui varient entre 38 ans et 65 ans (moyenne de 53,5 ans) ; parmi eux on a eu quatre femmes et deux hommes avec un sexe ratio femme/homme de 2 qui indique la haute incidence des fractures du radius distale chez les femmes ménopausées due à l'ostéoporose. Les AVP fut le mode le plus courant de ces blessures trouver chez quatre patients, avec une participation prédominante du côté droit chez 04 de nos patients (66,66%).

Tableau F : Résultats clinique de notre série

Résultat		Nombre	Percentage
Sexe	Femme	04	66,66%
	Homme	02	33,32%
Côté atteint	Droit	04	66,66%
	Gauche	02	33,33%
L'étiologie	Chute	02	33,33%
	AVP	04	66,66%

3. Résultats fonctionnels:

L'évaluation fonctionnelle des patients après traitement chirurgical par fixateur externe radio radial, a été faite par les critères subjectifs et objectifs de Grumillier.

➤ Critères subjectifs :

Elles reposent sur l'évolution de la douleur, la déformation clinique la force de la main et l'utilisation de la main. Les résultats fonctionnels selon ces critères subjectifs varient entre moyen et excellent.

- Moyen chez un seul patient (16,66%)
- Bon chez deux patients (33,32%)
- Excellent chez trois patients (50%)

Tableau G: résultats selon les critères subjectifs de Grumillier

critères Patients	Douleur	Déformation clinique	Force de la main	Utilisation de la main	Satisfaction
1	Absence	Pas de déformation	Normale	Normale	Excellent
2	Absence	Pas de déformation	Normale	Normale	Excellent
3	Légère	Légère	Faible	Difficile	Moyen
4	Absence	Pas de déformation	Légèrement diminué	Normale	Bon
5	Absence	Absente	Légèrement diminuer	Normale	Bon
6	Absence	Absente	Normale	Normale	Excellent

➤ Critères objectifs de Grumillier :

Les résultats fonctionnels selon les critères de Grumillier varient entre moyen et excellent.

- Moyen chez un seul patient (16,66%)
- Bon chez trois patients (50%)
- Excellent chez deux patients (33,32%)

Tableau H : Résultats selon les critères objectifs de Grumillier

Mouvement Patients	Flexion	Extension	IC-IR	PS	Satisfaction
1	45°	40°	120°	25°	Bon
2	60°	65°	125°	35°	Excellent
3	20°	25°	90°	8°	Moyen
4	40°	45°	125°	20°	Bon
5	45°	38°	120°	25°	Bon
6	70°	65°	140°	45°	Excellent



Figure6: Résultat fonctionnel (flexion/extension) du traitement d'une fracture du radius distal par fixateur externe radio radial(*)

4. Résultats radiologiques :

Pour le contrôle radiologique on s'est basé sur des radiographies standards du poignet, clichés de face et profil en per-opératoire et des radiographies standards réalisées en postopératoire immédiat. On se basant sur certains paramètres (tableau C)

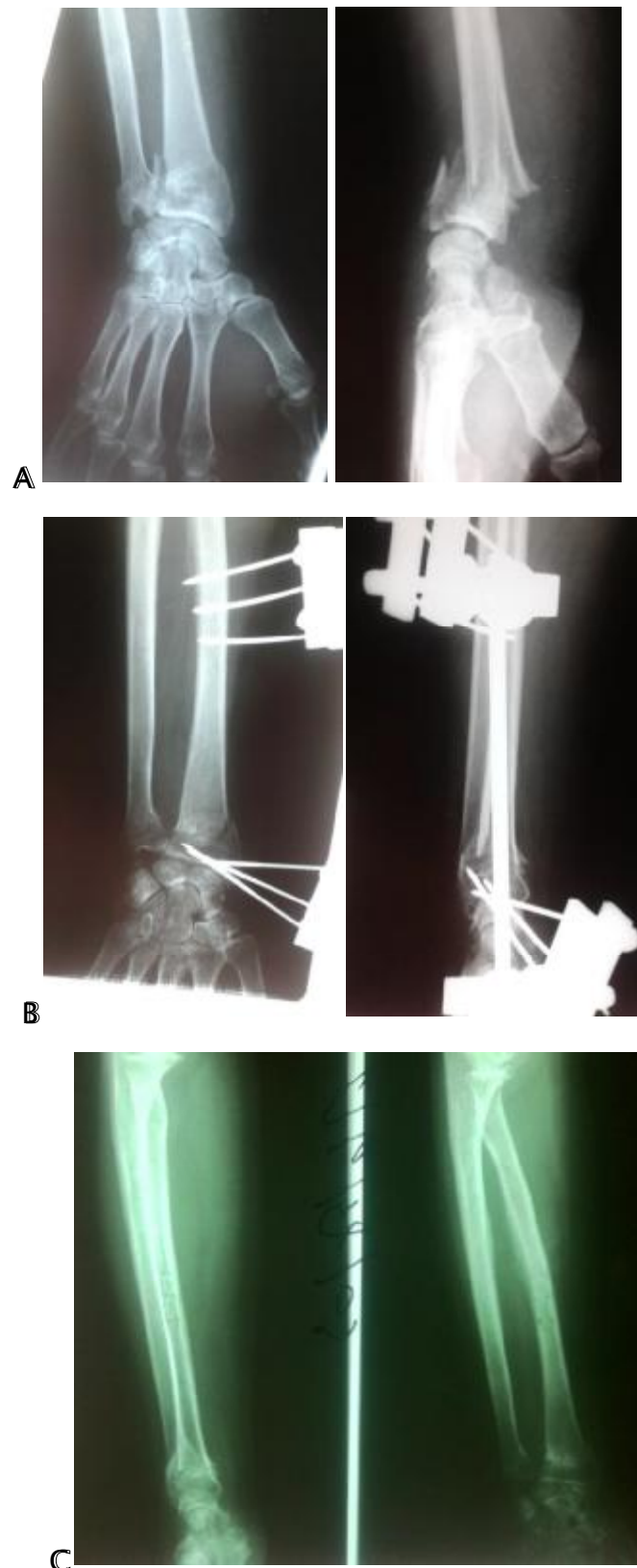
- Sur le cliché de face : 3 paramètres ont été analysés
 - L'angle d'inclinaison radiale (basculé frontale): variait entre 16° et 22° avec une moyenne de 19 °.
 - L'index radio-ulnaire distal : variait entre 0mm et 2mm avec une moyenne de 1mm dans notre série.
 - La présence de marche d'escalier chez un seul patient $\geq 2\text{mm}$
- Sur le cliché de profil : 2 paramètres ont été analysés
 - L'angle d'inclinaison radiale (basculé sagittale) : variait entre 0° et 6°, sa valeur moyenne est de 3°.

Tableau I : Résultats radiologiques postopératoires

Patients	Bascule Frontale	Bascule sagittale	Index radio Ulnaire	Marche d'escalier	Satisfaction
1	19°	3°	1mm	Absente	Bon
2	25°	10°	2mm	Absente	Excellent
3	16°	2°	1mm	≥2mm	Moyen
4	20°	5°	2mm	Absente	Bon
5	18°	2°	2mm	Absente	Bon
6	24°	12°	3mm	Absente	Excellent



Figure 7 : Radiographies standards du poignet gauche face et profil : Fracture C2.3 du radius (A) traitée par fixateur externe radio radial (B) et contrôle après ablation du fixateur (C). (Patient6).



**Figure 8: Radiographies standards du poignet gauche face et profil :
Fracture C2.2 du radius (A) traitée par fixateur externe radio radial (B) et contrôle
après ablation du fixateur (C). (Patient2).**



Figure 9: Radiographies standards du poignet droit face et profil :
Fracture A3.2 du radius (A) traitée par fixateur externe radio radial (B) et contrôle après ablation du fixateur(C). (Patient1).

5. Consolidation :

Le délai de la consolidation chez nos patients variait entre 45 et 60 jours avec une moyenne de 50 Jours.

6. Ablation de matériel :

L'ablation du matériel a été faite chez nos malades après consolidation entre la 6ème et la 8ème semaine.

7. Complications :

Dans notre série un seul patient a présenté une infection autour du site des broches, qu'on a traité par antibiothérapie et soins locaux. Aucune Algodystrophie, ou déplacement secondaire n'ont été détectées dans notre série.

TABLEAU RECAPITULATIF

Patient	Age Sexe	Coté dominat	Coté atteint	Etiologie	Type de fracture	Recul (mois)	Satisfaction des Critères Grumillier		Satisfaction Critères radiologiques	Complications
							Subjectif	Objectif		
1	50/F	D	D	AVP	A3.2	12	Excellent	Bon	Bon	RAS
2	47/F	D	G	AVP	C2.2	5	Excellent	Excellent	Excellent	RAS
3	65/F	D	D	Chute	A3.3	4	Moyen	Moyen	Moyen	Infection du site des broches
4	56/F	G	D	AVP	A3.2	5	Bon	Bon	Bon	RAS
5	38/H	D	G	AVP	C2.1	4	Excellent	Excellent	Excellent	RAS
6	59/H	D	D	Chute	C2.3	6	Bon	Bon	Bon	RAS

DISCUSSION

I-Introduction :

Les fractures complexes de l'extrémité distale du radius sont un véritable challenge thérapeutique. Le but du traitement est d'avoir la meilleure reconstruction anatomique possible, de restaurer la mobilité le plus précocement possible et d'assurer la fonction la plus totale possible sans douleur.

Ces fractures ont été longtemps l'apanage du sujet âgé; chez ces personnes, elles surviennent à la suite d'un traumatisme peu violent et par conséquent les complications immédiates sont exceptionnelles. L'ostéoporose est indiscutablement un facteur intervenant dans la genèse de ce type de lésions. Par ailleurs, la laxité ligamentaire physiologique chez les personnes âgées influence les résultats. Chez le sujet jeune, ces fractures sont secondaires à des mécanismes de haute énergie et se voient rarement de façon isolée. Cette population active, à prédominance masculine et dont les besoins fonctionnels sont élevés, impliquent une prise en charge rigoureuse.

En termes de traitement, chirurgical des fractures instables de l'extrémité inférieure du radius de plusieurs options existent, allant de la réduction à foyer fermée avec embrochage ; avec ou sans fixation externe, aux différentes techniques d'ostéosynthèse à foyer ouvert et mise en place d'une fixation interne(ORIF) postérieure ou antérieure avec ou sans vis verrouillées, au fixateur externe pontant ou non le poignet.

Parmi les nombreuses méthodes bien établies pour le traitement des fractures du radius distal, les différentes formes de fixation externes sont avérées efficaces. Cette méthode permet la réduction appropriée et son maintien pendant toute la période du traitement. Elle en résulte des bons résultats anatomiques après la consolidation, elle est associée à une excellente restauration de la fonction du membre traumatisé.

II-Rappel anatomique :

A- Anatomie descriptive

Le poignet est le segment du squelette du membre supérieur intermédiaire entre l'avant bras et la main. Il répond à l'articulation radio -carpienne, et radio -ulnaire inférieure ; il est délimité par deux lignes circulaires, la limite supérieure passant au-dessus de la tête de l'ulna et la limite inférieure par une ligne passant immédiatement au-dessous du tubercule du scaphoïde et de l'extrémité inférieure du pisiforme ; Le poignet se divise en une région antérieure, une région postérieure et l'articulation du poignet [8]. La stabilité du poignet est assurée par un système ligamentaire complexe. Taleisnik [9] distingue les ligaments extrinsèques tendus entre le carpe et le radius ou les métacarpiens, des ligaments intrinsèques qui unissent entre eux les os du carpe.

1-Les articulations du poignet :

1-1.Articulation radio-carpienne :

L'articulation radio -carpienne est une condylienne, elle comprend d'une part la cavité glénoïde anti-brachiale formée dans ces 2/3 externes par l'extrémité inférieure du radius et dans son 1/3 interne par le ligament triangulaire, et d'autre part le condyle carpien formé par les surfaces articulaires supérieures du scaphoïde, du semi-lunaire et du pyramidal.

-Les éléments osseux :

➤ Extrémité inférieure du radius:

La surface articulaire du radius est triangulaire, avec comme sommet du triangle la styloïde radiale. Il s'incline dans la direction palmaire et avec une inclinaison ulnaire radiale de 23 ° (plage 13-30 °), une longueur radiale de 12 mm, et une inclinaison palmaire moyenne de 12° [10]. La surface dorsale du radius distal est convexe et irrégulière, et il est couvert par les compartiments de six extenseurs dorsaux. Le

tubercule de Lister agit comme un point d'appui pour le tendon extenseur du pouce, qui se trouve dans une rainure sur le côté cubital du tubercule. Le côté palmaire du radius distal, qui est couvert par le carré pronateur, est plat et il fait une courbe lisse qui est concave de proximal en distal.

➤ Les os du carpe: Le carpe est constitué de 7 os recouverts en grande partie de cartilage et unis entre eux par des ligaments interosseux ou intrinsèques. Les ligaments extrinsèques (capsulaires) assurent la cohérence entre le carpe et les deux os de l'avant-bras. Les os du carpe sont regroupés en deux rangées :

- La première rangée mobile constituée du scaphoïde, du lunatum, du triquetrum et du pisiforme qui a une géométrie variable selon les mouvements du carpe. Les déplacements de ces os est très précis guidés par leurs formes propres et l'action des ligaments interosseux.
- La seconde rangée, regroupe : trapèze, trapézoïde, capitale, et hamatum est peu mobile et constitue une sorte de rail au déplacement de la première rangée.

-Les moyens d'union :

➤ La capsule : commune aux articulations radio carpienne et radio cubitale inférieures, elle s'insère en haut, sur les bords marginaux de l'extrémité inférieure du radius et sur les bords du ligament triangulaire. En bas, elle est fixe à la limite de surfaces cartilagineuses du condyle carpien.

➤ Les ligaments :

- Le ligament latéral externe : s'insère en haut sur le sommet de la styloïde radiale et descend verticalement, puis se fixe sur la face externe et sur le tubercule du scaphoïde.
- Le ligament latéral interne : s'insère en haut sur le sommet et la face interne de la styloïde cubitale.

- Les ligaments antérieurs ou palmaires, et dorsaux ou postérieurs ont tous une insertion distale sur un ou plusieurs os du carpe.

1-2.L'articulation radio-ulnaire distale :

Elle unit les épiphyses distales du radius et de l'ulna. C'est une articulation synoviale de type trochoïde, son intégrité est indispensable pour une biomécanique normale des 2 os de l'avant-bras et pour constituer un « auvent anti brachial » stable destiné à s'articuler avec le carpe. En association avec le complexe fibrocartilagineux triangulaire, l'articulation radio ulnaire distale fournit un système de suspension pour la partie la plus ulnaire du carpe et autorise la transmission des forces axiales au travers du poignet.

-Les éléments osseux :

➤ **Extrémité inférieure du cubitus** (tête du cubitus) : elle a la forme d'un segment de sphère et elle couverte par le ligament triangulaire du poignet. La partie antérieure et externe s'articule avec le radius, au niveau de l'incisure ulnaire. L'apophyse styloïde de l'ulna est située en postéro-interne.

➤ **Extrémité inférieure du radius:** De forme triangulaire à sommet externe, latéral et à base médiale. Sa surface articulaire est concave vers le bas et elle est également appelée glène radiale. Sa surface externe se prolonge par le processus styloïde radial. Sa face inférieure présente deux surfaces articulaire: une surface externe pour le scaphoïde et une surface interne pour le semi-lunaire. Sa face interne présente une surface articulaire pour la tête du cubitus.

-Les moyens d'union :

➤ La capsule :

Mince et très lâche, insérée à la limite des surfaces osseuses et sur les bords du ligament triangulaire, elle se poursuit en bas avec la capsule de l'articulation radio-carpienne.

- Les ligaments sont au nombre de trois :
 - Un ligament interosseux qui joue à la fois, un rôle de ligament et de surface articulaire : le ligament triangulaire
 - Les ligaments radio-cubitaux postérieurs et antérieurs : ils unissent le radius et le cubitus, de disposition symétrique et constituent de simples épaissements de la capsule.
- Le complexe fibro-cartilagineux triangulaire du carpe (TFCC)

Sa description varie en fonction des auteurs. Il est constitué par le fibrocartilage triangulaire du carpe et ses renforcements ligamentaires radio-ulnaires distaux antérieurs et postérieurs. [11] (Figure 10)

1. ligaments radio -ulnaires distaux antérieurs et postérieurs.
2. Fibrocartilage triangulaire.
3. Ligaments ulno-carpiens (ulno-lunaire et ulno -triquetral).
- 4) Ménisque homologue.

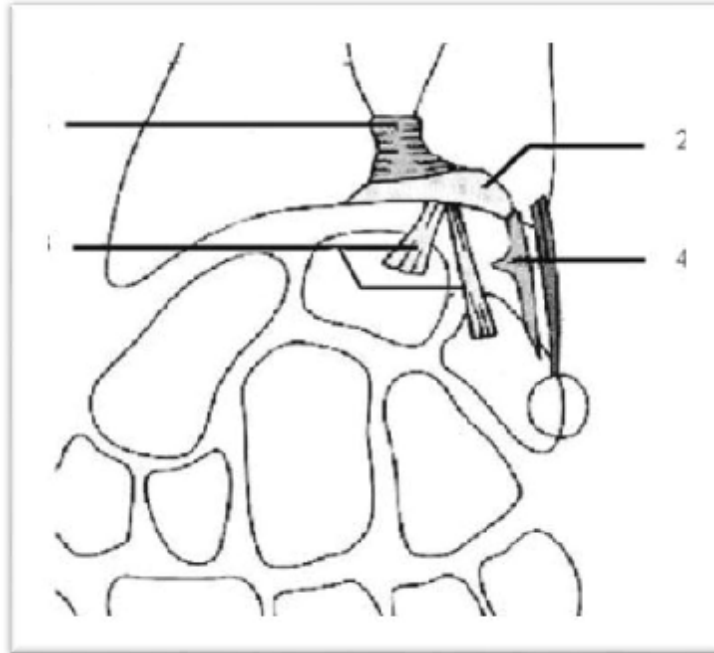


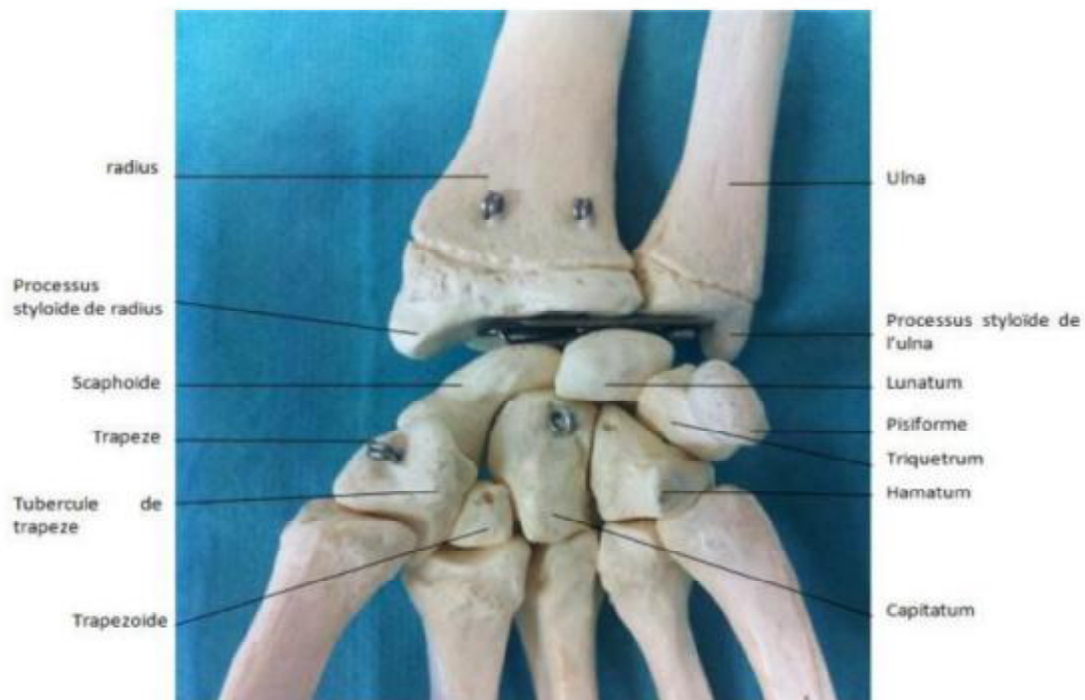
Figure10 : Le complexe fibrocartilagineux triangulaire du carpe (TFCC)
(Redessiné d'après Zeitoun et Dumontier, Arthrographie et arthro -scanner du
poignet, Masson éditeur)

1-3. L'articulation médio-carpienne : Elle est formée de deux parties :

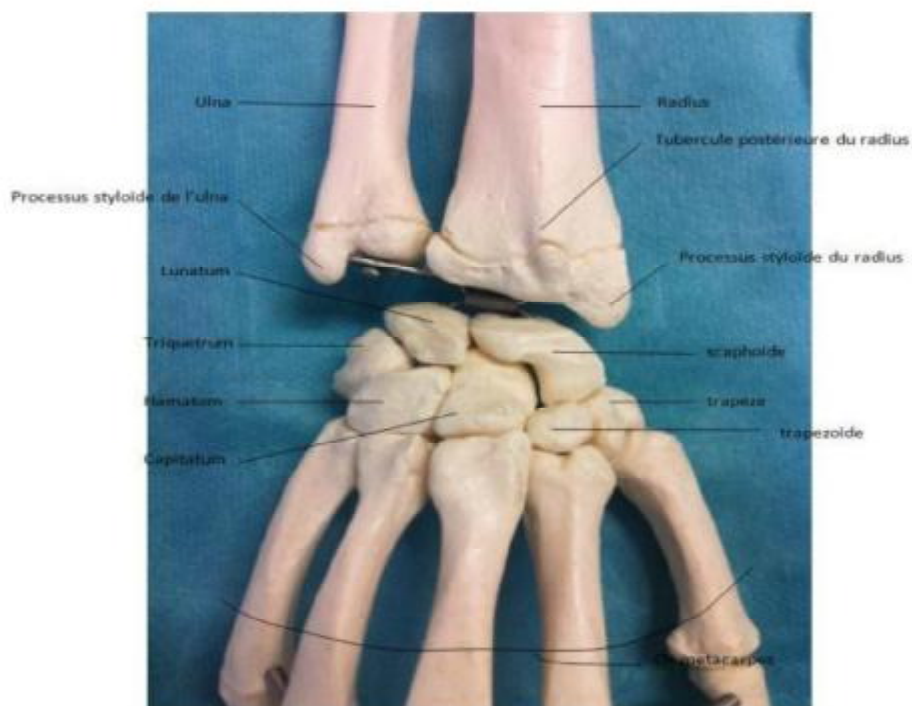
Une partie latérale, constituée des facettes planes du trapèze et du scaphoïde.

Il s'agit d'une arthrodie.

Une partie médiale, formée par la surface convexe en tout sens de la tête du grand os et de l'os crochu répondant à la concavité des trois os de la première rangée. C'est une condylienne.



**Figure 11 : Vue antérieure du squelette du poignet (Laboratoire d'Anatomie
CHU Hassan II FES) (***)**



**Figure 12 : Vue postérieure du squelette du poignet (Laboratoire d'Anatomie
CHU Hassan II FES) (**)**

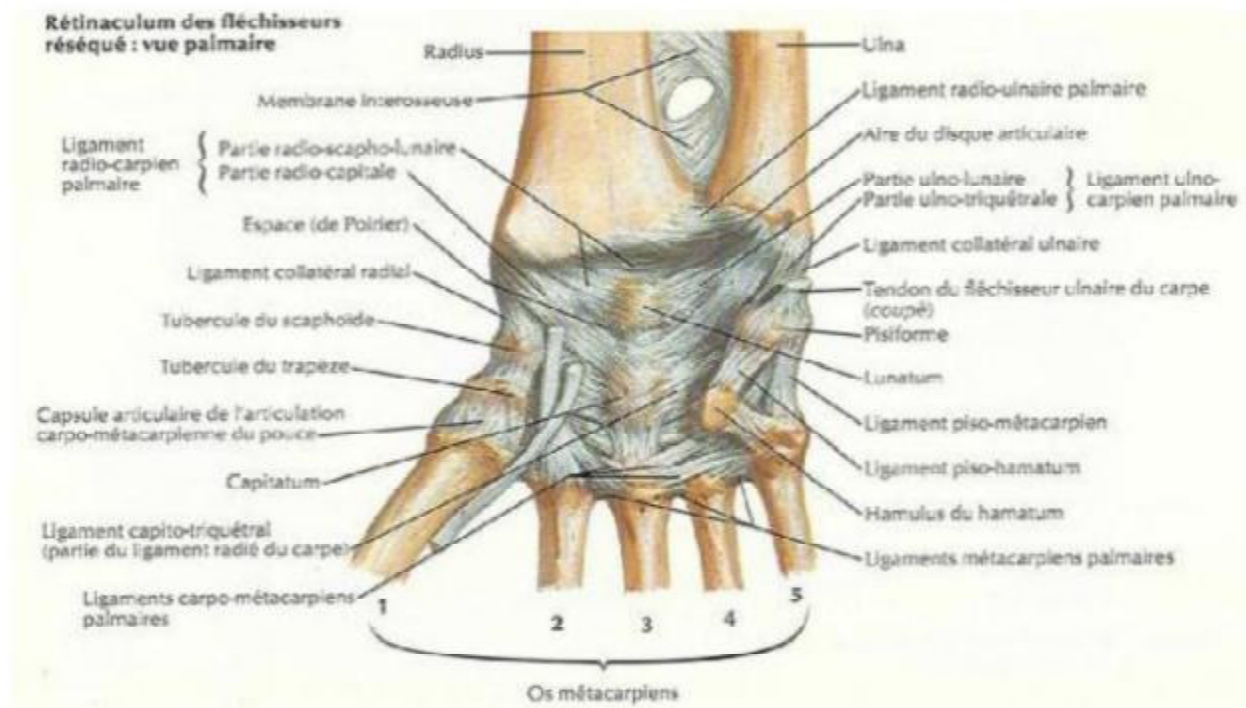


Figure13 : vue antérieure de l'articulation du poignet (ligaments)

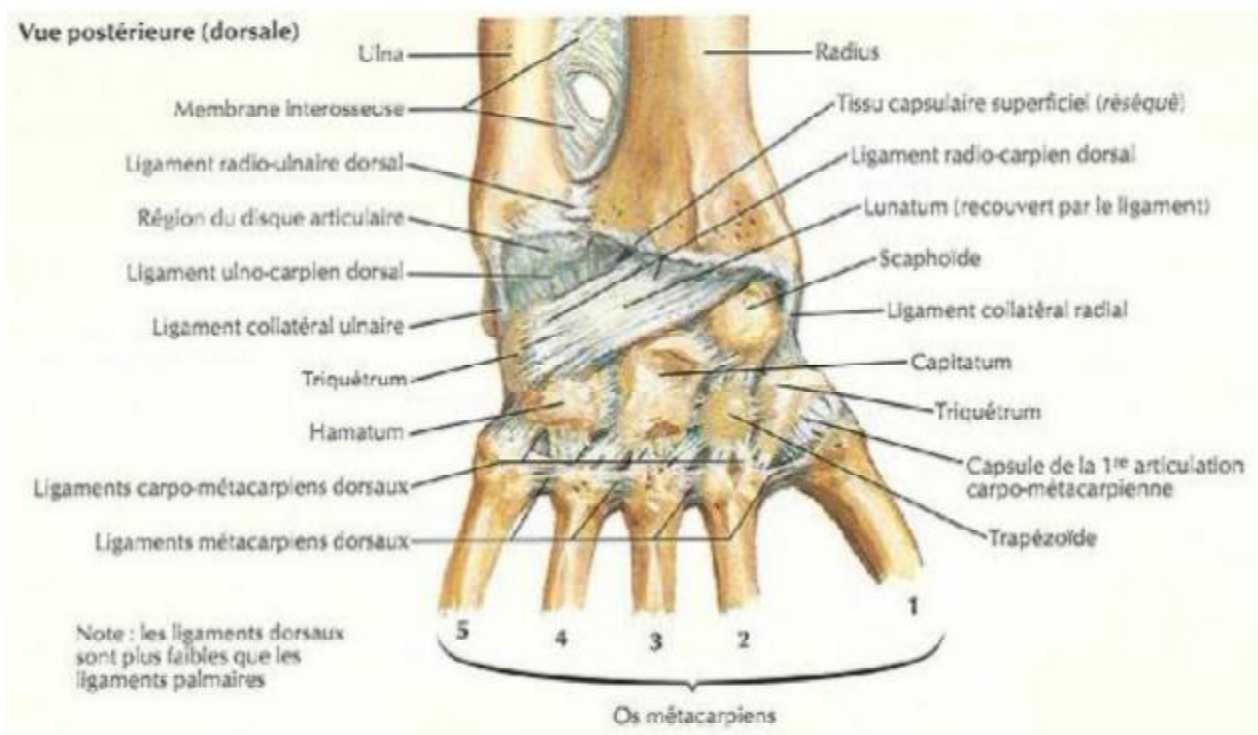


Figure14 : vue postérieure de l'articulation du poignet (ligaments)

2-les Tendons du poignet:

Les tendons qui circulent dans la main sont la terminaison de muscles extrinsèques qui sont situés dans l'avant bras, et de muscles intrinsèques situés dans la main elle-même.

- En avant ou en palmaire se trouvent les **tendons fléchisseurs** des doigts et du poignet qui passent pour la plupart dans un canal à la face antérieure du poignet : **le canal carpien**.
 - Le cubital antérieur (le fléchisseur ulnaire du carpe) en dedans
 - Le grand et le petit palmaire (le fléchisseur radial du carpe) au milieu Et le long supinateur (le brachio-radial) en dehors
 - Les tendons du muscle fléchisseur long des doigts et le tendon du muscle long fléchisseur du pouce.
- En arrière ou en dorsal se trouvent les **tendons extenseurs** des doigts et du poignet. Sont disposés de dedans en dehors dans l'ordre suivant :
 - Le cubital postérieur (l'extenseur ulnaire du carpe)
 - L'extenseur propre du cinquième doigt
 - L'extenseur commun des doigts
 - L'extenseur propre de l'index
 - Le long extenseur du pouce
 - Les tendons des muscles radiaux
 - Le court extenseur du pouce
 - Le long abducteur du pouce

3-les Muscles du poignet:

Les muscles du poignet sont répartis en deux groupes :

- Les muscles propres du poignet : Ce sont les muscles de l'avant-bras, ils se terminent sur la base des métacarpiens (ou le carpe pour le fléchisseur ulnaire du carpe) et n'allant pas jusqu'aux doigts. Ils sont répartis :
 - En dedans : le fléchisseur ulnaire du carpe en avant et l'extenseur ulnaire du carpe en arrière.
 - En dehors : le fléchisseur radial du carpe en avant et les long et court extenseurs radiaux du carpe en arrière. Le long abducteur du pouce.
 - En latéral : Le long palmaire est antérieur et médian.
- Les muscles longs des doigts : Ce sont les muscles dont les tendons ont une action au niveau des doigts et qui transitent par le poignet, y assurant un rôle annexe. Ce sont les fléchisseurs superficiels et profonds des doigts, le long fléchisseur du pouce, les extenseurs des doigts et ceux propres de l'index et du Vème.

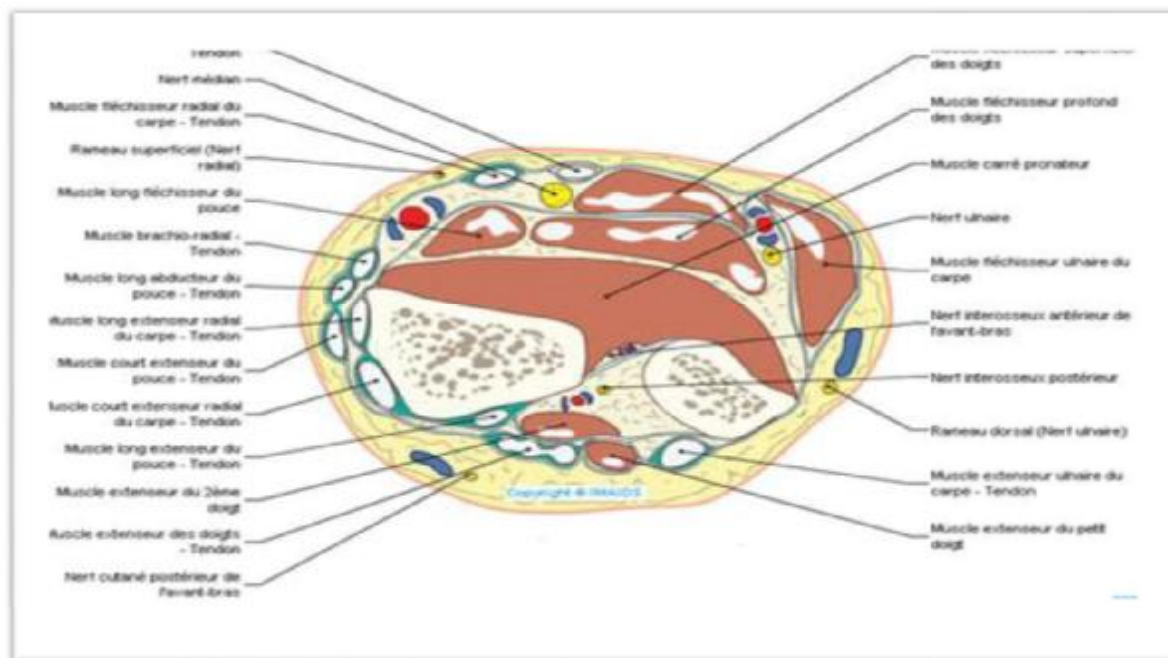


Figure 15 : Coupe transversale de la partie distale de l'avant bras [12]

4- vascularisation :

MESTDAGH [13] a montré que la vascularisation artérielle du carpe ne dépendait pas exclusivement des artères radiales et ulnaires et de l'arcade palmaire profonde, et il a insisté sur l'importance du système interosseux :

- A la face palmaire, l'artère interosseuse antérieure s'unit, en amont de l'interligne radio-carpien à une fine branche de l'artère radiale pour former une arcade grêle : l'arcade transverse antérieure du carpe.
- A la face dorsale, les artères interosseuses postérieures et antérieures (cette dernière après avoir franchi la membrane interosseuse) se rejoignent et s'unissent à l'arcade dorsale du carpe [14, 15].
- L'artère radiale pénètre dans la région en contournant la face externe de l'articulation radio-carpienne; puis elle traverse obliquement le fond de la tabatière anatomique, où elle repose sur le trapèze, croise la face profonde du tendon du long extenseur du pouce et gagne le premier espace interosseux. L'artère radiale donne dans la tabatière anatomique l'artère dorsale du pouce et l'artère dorsale du carpe qui forme, en s'anastomosant avec une branche analogue de la cubitale, l'arcade dorsale du carpe.

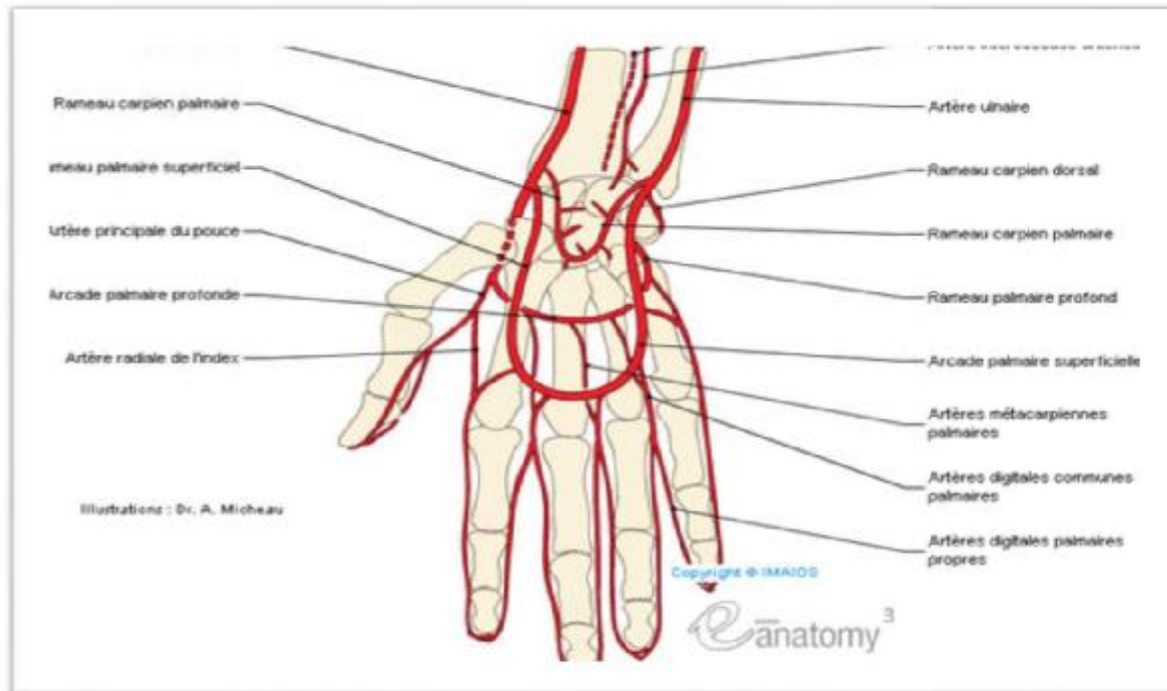


Figure 16: Anastomose distale entre l'artère radiale et l'artère cubitale

5- Innervation :

L'innervation du poignet est de tronculaire. Elle est complexe sous le contrôle des branches issues du plexus brachial. Au niveau de la main, la motricité et la sensibilité sont sous la dépendance de 3 nerfs : radial, médian et ulnaire.

En fait l'innervation est assurée :

- Pour l'articulation radio-cubitale inférieure, par le nerf interosseux antérieur, branche du nerf médian, et par le nerf interosseux postérieur, branche du radial.
- Pour l'articulation radio-carpienne l'innervation est assurée par le médian en avant, la branche profonde du cubital en avant et en dedans, la branche cutanée dorsale du cubital en arrière et en dedans, le nerf interosseux postérieur, branche du radial en arrière et en dehors.

- le nerf médian descend d'abord en regard de l'interstice qui sépare le tendon du grand palmaire de celui du petit palmaire; il passe ensuite sous le ligament annulaire. De même qu'à la partie inférieure de l'avant-bras, le médian est en avant du tendon superficiel de l'index et en dehors du tendon du médus.

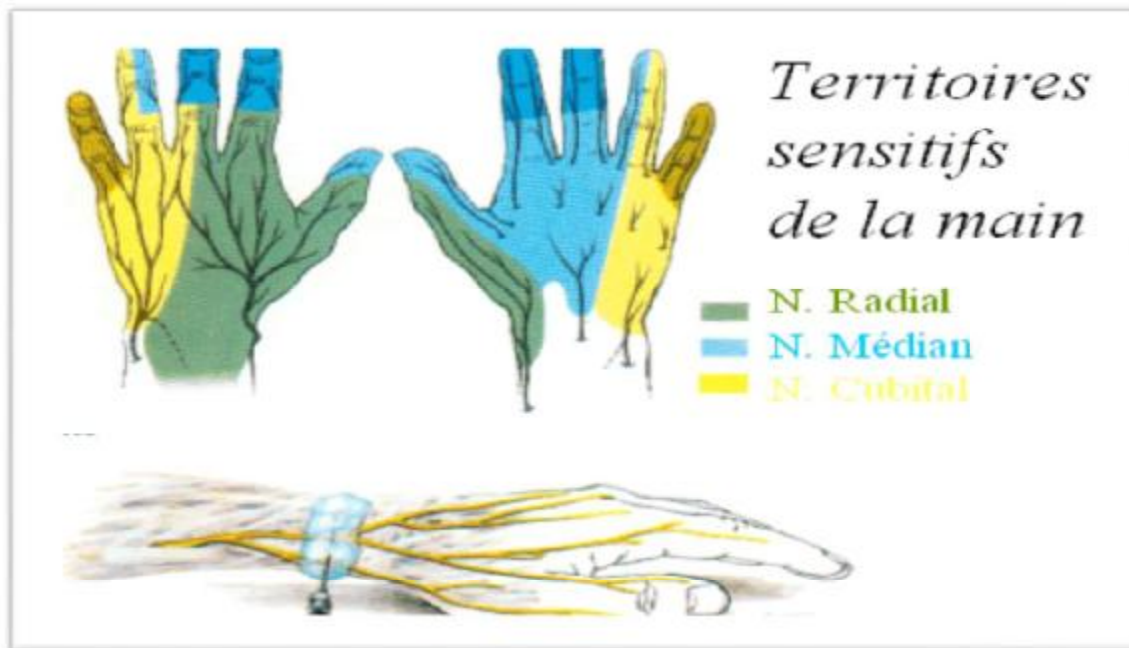


Figure 17 : Territoires sensitifs de la main et du poignet

B-Anatomie radiologique :

Elle est capitale pour objectiver le déplacement de la fracture et comprendre les critères de réduction. Deux clichés effectués dans un plan orthogonal (face et profil) sont nécessaires et suffisants.

1-Sur le cliché de face : (figure 18)

- L'index radio-ulnaire distal : représente la différence entre l'axe du radius passant par l'extrémité distale du radius et la parallèle à cette ligne passant par l'extrémité distale de l'ulna. Sa valeur moyenne est de -0,6mm. [16]
- L'inclinaison de la pente radiale dite « Bascule frontale » : c'est l'angle compris entre une droite perpendiculaire au grand axe du radius et la ligne unissant la pointe de la styloïde radiale à l'extrémité médiale de la surface articulaire du radius. Sa valeur est variable, elle est de 23,6° en moyenne. [17] Sa valeur varie entre 20° à 25°.



Figure 18 : Sur une vue de face du poignet, l'inclinaison frontale de la glène radiale (1) est en moyenne de 25° et l'index radio-ulnaire inférieur de 2mm (2)

2-Sur le cliché de profil : (figure 19)

L'inclinaison de la pente radiale de profil (pente sagittale) : C'est l'angle compris entre une perpendiculaire à l'axe du radius et une droite unissant ses berges antérieures et postérieures. Sa valeur moyenne est de 11,6° mais elle est variable [16].



Figure 19 : Sur une vue de profil du poignet, l'inclinaison sagittale de la glène radiale est en moyenne de 10°

C-Anatomie fonctionnelle :

1. Mobilité :

La mobilité du poignet repose sur la mobilité du carpe. L'étude des mouvements du poignet permet de visualiser : La première rangée du carpe, qui est mobile, et se situe entre le squelette antébrachiale et la deuxième rangée du carpe ; cette dernière rangée, est fixe, solidaire des métacarpiens. A partir de la position de repos, le poignet se dispose de deux degrés de mobilité et les mouvements s'effectuent autour de deux axes :

- L'axe transversal conditionne les mouvements de flexion-extension (Figure 20)
 - La flexion : la face palmaire de la main se rapproche de la face antérieure de l'avant bras. Son amplitude se mesure à partir de la position de référence, le poignet en rectitude et la face dorsale de la main située dans le prolongement de la face postérieure de l'avant-bras.
 - L'extension : la face dorsale de la main se rapproche de la face postérieure de l'avant bras.
 - ⇒ chacune proche de 90° (85°)
- L'axe antéropostérieur conditionne les mouvements d'abduction et d'adduction (Figure 21) :
 - L'adduction (inclinaison ulnaire) : la main se rapproche de l'axe du corps et son bord ulnaire forme avec le bord interne de l'avant bras un angle obtus ouvert en dedans. Son amplitude se mesure à partir de la position de référence, l'axe de l'avant bras passant par la 3ème colonne. L'amplitude de ces mouvements sera, cependant, influencée par le degré de relâchement des ligaments du carpe.
 - ⇒ elle est de 45°.

- L'abduction (inclinaison radiale) : la main s'éloigne de l'axe du corps et son bord radial forme avec le bord externe de l'avant bras un angle obtus et ouvert en dehors.

⇒ Son amplitude ne dépasse pas 15°

Mais il existe également un degré de liberté partagé avec le coude : La pronosupination (Figure 22) : C'est un type de mouvement qu'autorise le poignet en faisant intervenir l'articulation radio-ulnaire inférieure. Mais ce mouvement ne peut se produire qu'avec la participation de l'articulation radio-ulnaire supérieure. Elle intéresse donc les deux os de l'avant-bras. [18]

C'est un mouvement de rotation de l'avant bras autour de son axe longitudinal. Elle est étudiée le coude fléchi à 90° et collé au corps. Elle se décompose en :

- Supination : la paume de la main est dirigée vers le haut et le pouce en dehors. L'amplitude est de 90°.
- Pronation : la paume de la main « regarde » vers le bas, le pouce en dedans. L'amplitude est de 85°.

Au cours de ce mouvement, il n'existe pas un seul centre de rotation (au sens large de centre de mouvement), mais de nombreux axes de rotation. Chaque point particulier correspondant au centre de mouvement entre deux positions successives est appelé « centre instantané de rotation » (CIR). La combinaison, à divers degrés, de ces mouvements va permettre au poignet un large secteur de mobilité.

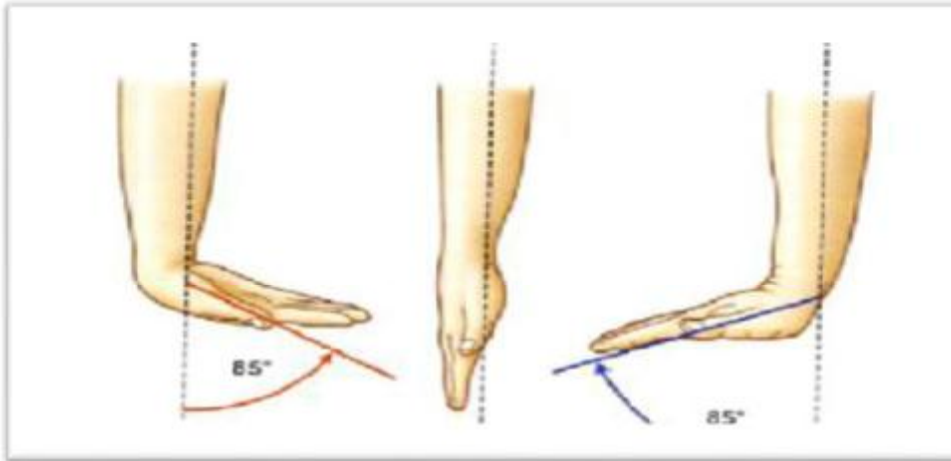


Figure 20 : Amplitude des mouvements du poignet dans l'axe transversal [17]

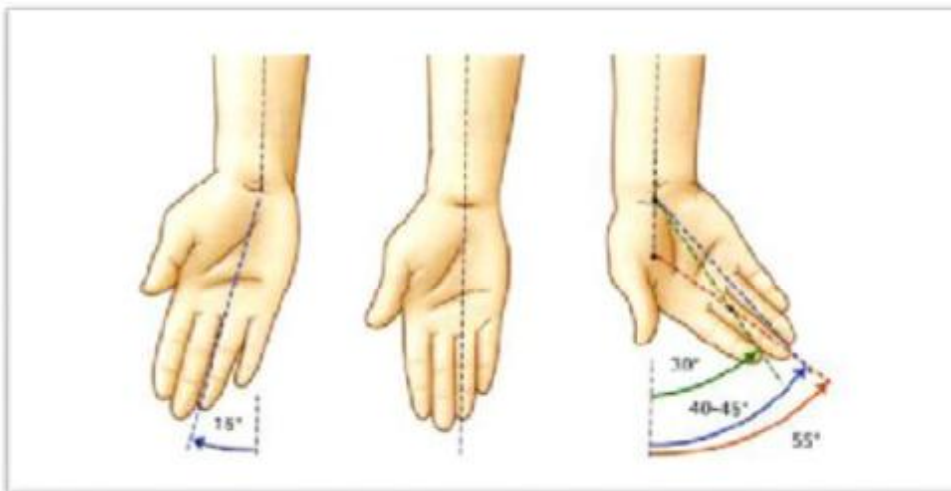


Figure 21 : Amplitude des mouvements du poignet dans l'axe Antéropostérieur [17]



Figure 22 : Mouvements de l'articulation radio-ulnaire distale au cours de la pronosupination [17]

2. Stabilité du poignet : Verrouillage

Le poignet est un support mobile pour la main mais il doit aussi être un support stable. La stabilité de ce support est obtenue par l'emboîtement réciproque des surfaces articulaires et par l'ensemble des structures péri-articulaires. C'est cette stabilisation du poignet que nous désignons par le terme de « verrouillage ».

Ce verrouillage est primordial lors des mouvements de prono-supination. En effet, les quatre principaux muscles prono-supination (carré pronateur, rond pronateur, brachio-radial le long biceps) ont leurs insertion distale située au-dessus de l'interligne radio-carpien. Les mouvements de prono-supination sont donc transmis de l'avant bras à la main par l'intermédiaire du poignet. Le poignet se comporte alors comme un embrayage : il existe, en effet, entre le radius distal et la base des métacarpiens une rotation longitudinale qui varie en fonction de la force de serrage et du couple de prono supinateur exerce distalement. [19]

Ainsi dans le cadre des fractures du radius distal, cette notion est importante car toute marche d'escalier au niveau de la glène radiale va diminuer la congruence entre le radius et le condyle carpien. Lors des mouvements de prono-supination, si le verrouillage réduit la rotation longitudinale entre le radius et le condyle carpien, cette rotation n'est jamais nulle. Ainsi se crée-t-il des forces de cisaillement dans le plan du cartilage, forces particulièrement arthrogènes.



Figure23 : La rotation longitudinale entre radius et condyle carpien est à l'origine de contraintes en cisaillement parallèles au plan du cartilage. Tout défaut de réduction transforme la glène radiale en « râpe» pour le condyle carpien. [20]

- Stabilité de l'articulation radio–carpienne : se fait dans deux plans :

Au niveau du plan frontal : La glène antébrachiale regarde en bas et en dedans, formant avec l'horizontale un angle de 25 à 30°. Sous la pression des forces musculaires longitudinales, le carpe en rectitude a donc tendance à glisser en haut et en dedans, créant ainsi une instabilité. La position neutre est atteinte donc en adduction (30°), avec un recentrage du condyle carpien sous la glène par le hauban musculaire. Or, cette position en légère adduction est la position naturelle du poignet, la position de fonction, qui coïncide donc avec sa stabilité maximale.

Au niveau du plan sagittal : La glène orientée en bas et en avant de 10 à 15° crée une tendance naturelle à l'instabilité. En rectitude, la tension des ligaments postérieurs et antérieurs est équilibrée : le condyle est stabilisé sous la glène. Par contre en extension, la tendance à l'échappée du condyle carpien est renforcée. La face profonde des ligaments antérieurs comprime alors le lunatum et le grand os, en

haut et en arrière, provoquant ainsi le recentrage et la stabilisation du condyle carpien, et réalisant une tension ligamentaire et une compression articulaire maximale.

➤ La stabilité de la radio-ulnaire distale :

Les articulations radio ulnaires proximales et distales sont coaxiales et ne peuvent fonctionner l'une sans l'autre. La position de stabilité maximale répond à la posture intermédiaire de pronosupination: la congruence des surfaces est optimale ainsi que les tensions ligamentaires (complexe triangulaire et membrane interosseuse).

Par contre, les positions extrêmes de pronation et de supination représentent des positions d'instabilité (congruence et tension ligamentaire minimales). Le complexe triangulaire et la membrane interosseuse jouent donc un rôle capital dans la coaptation de l'articulation radio ulnaire distale.

III–Etude anatomopathologique :

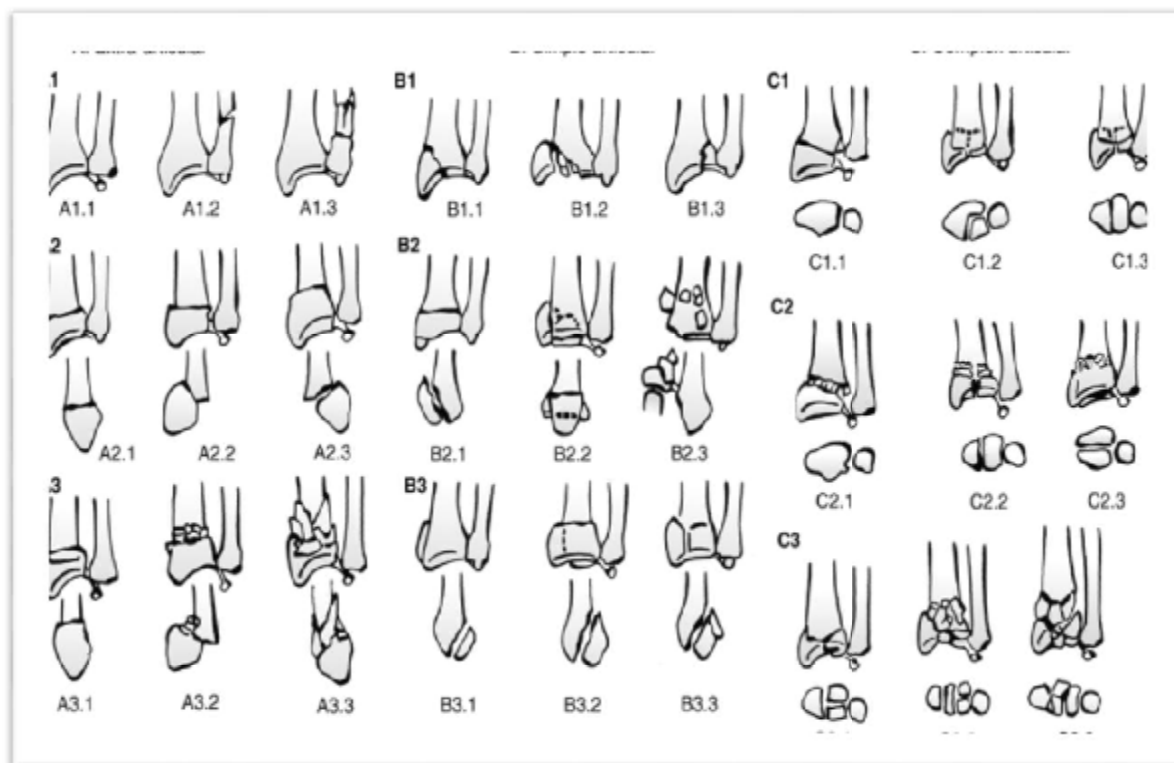
Le principe de toute classification est d'obtenir une meilleure évaluation et compréhension de la fracture .L'intérêt est par conséquent thérapeutique, mais également pronostic permettant d'évaluer les facteurs de gravité et le devenir potentiel. Une classification des FRD se doit prendre en compte les différents facteurs pronostiques de la fracture et de permettre un traitement adapté à la lésion [21, 22, 23].Elle doit être le plus reproductible possible pour permettre un classement homogène et des comparaisons [23].

Il existe une grande diversité des fractures de l'extrémité inférieure du radius, de gravité très variable. Certaines sont facilement identifiables. D'autres, longtemps qualifiés de complexes ou de comminutives, posent encore des problèmes diagnostiques difficiles à résoudre. Ainsi,les FRD sont difficiles à classer et il n'y a toujours pas de consensus pour la description de ces fractures [24, 22].

Classification de l'AO [5]

Etablie par Muller et Nazarian, elle comporte 27 sous-groupes classés selon une échelle de gravité.

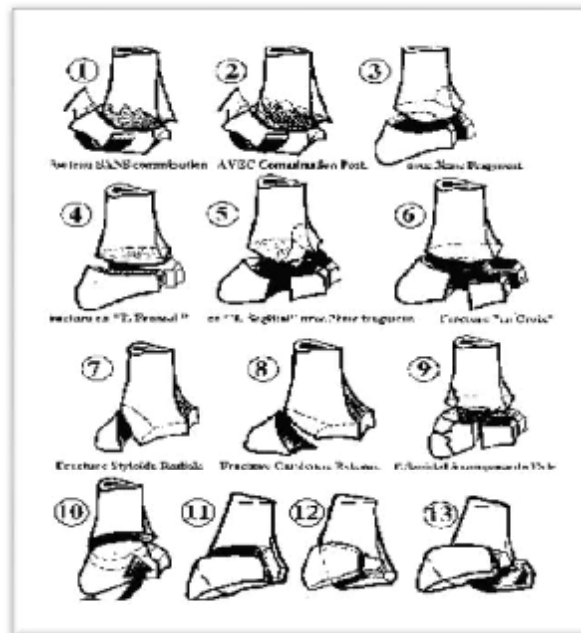
Trois groupes sont nommés par une lettre A, B ou C selon que la fracture est extra articulaire ou articulaire partielle ou complète, suivie par un chiffre qui caractérise le siège du trait de fracture allant du simple au complexe. [25]



A1 Fracture extra-articulaire du cubitus, radius intact 4. Processus styloïde 5. Métaphysaire simple 6. Métaphysaire plurifragmentaire A2 fracture extra-articulaire du radius, simple et impactée 4. Sans désaxation 5. Avec déplacement dorsal (Pouteau-Colles) 6. Avec déplacement dorsal (Goyrand-Smith) A3 fracture extra-articulaire du radius plurifragmentaire 4. Impactée sans désaxation 5. Métaphysaire 6. Métaphysio-diaphysaire	B1 Fracture articulaire partielle du radius, cunéenne 4. Latérale simple 5. Latérale pluri-fragmentaire 6. Médiale B2 Fracture articulaire partielle du radius, marginale dorsale (Barton) 4. Simple 5. Associée à un fragment cunéen latéral 6. Associée à une luxation radio carpienne dorsale B3 Fracture articulaire partielle du radius, marginale palmaire (Barton inversé, Goyrand Smith II) 3. Simple, à petit fragment 4. Simple, à gros fragment Pluri fragmentaire	C1 Fracture articulaire totale du radius, articulaire simple ou métaphysaire simple 4. A fragment articulaire postéro-médial 5. A trait articulaire sagittal 6. A trait articulaire frontal C2 Fracture articulaire totale du radius, articulaire simple et métaphysaire pluri-fragmentaire 4. A trait articulaire sagittal 5. A trait articulaire frontal 6. Etendue à la diaphyse C3 Fracture articulaire totale du radius, pluri-fragmentaire 4. Métaphysaire simple 5. Métaphysaire pluri-fragmentaire 6. Etendue à la diaphyse
--	--	---

Classification Castaing [26]

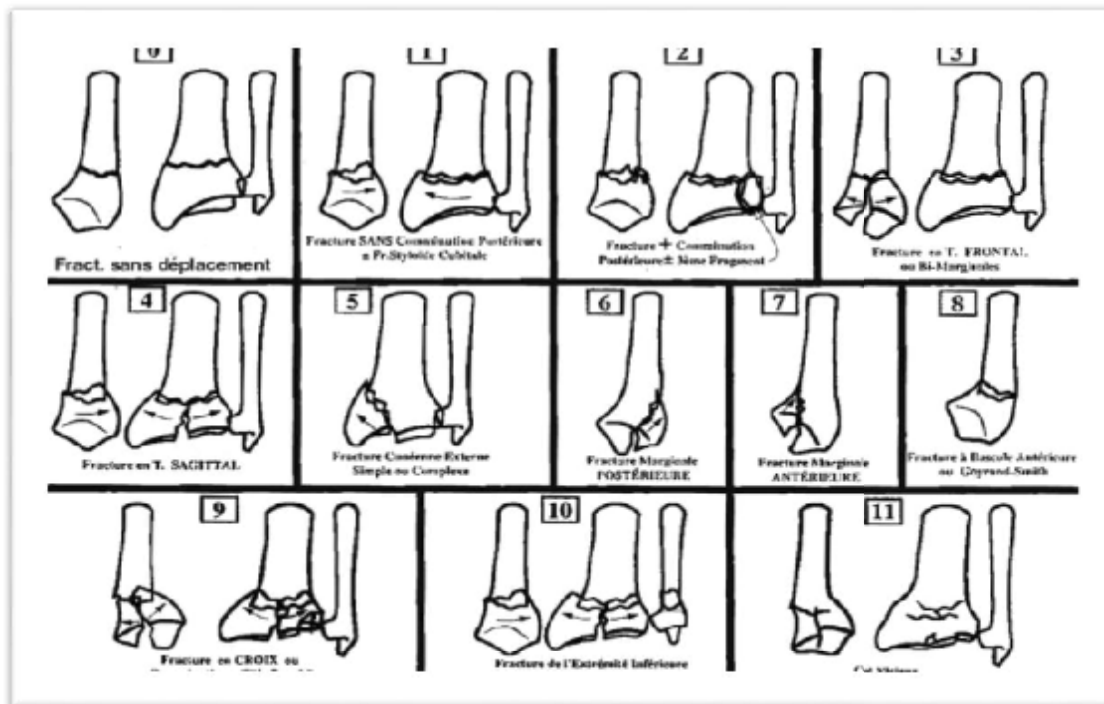
C'est la première qui a marqué une étape dans l'étude de ces fractures, elle repartie ces fractures en deux grands groupes suivant le mécanisme en compression-extension ou en compression flexion.



- ❖ 1 : Fracture de Pouteau-Colles, simple, par compression extension, sans comminution postérieure
- ❖ 2 : Fracture de Pouteau-Colles, simple, avec comminution postérieure
- ❖ 3 : Fracture de Pouteau-Colles, avec 3ème fragment postéro-interne
- ❖ 4 : Fracture en « T frontal » avec refend dans le plan frontal
- ❖ 5 : Fracture en « T sagittal » avec refend dans le plan sagittal, ici avec un 3ème fragment
- ❖ 6 : Fracture « en croix », avec double refend dans les plans frontaux et sagittaux
- ❖ 7 : Fracture de la styloïde radiale
- ❖ 8 : Fracture cunéenne externe
- ❖ 9 : Fracture en « T sagittal », avec composante externe
- ❖ 10 : Fracture de Goyrand-Smith par compression-flexion
- ❖ 11 : Fracture marginale antérieure simple dite de Letenneur, par compression-flexion
- ❖ 12 : Fracture marginale antérieure complexe, avec refend sagittal
- ❖ 13 : Fracture bi-marginale

Classification de KAPANDJI : [27]

Cette classification reprend de façon simplifiée les principaux types fracturaire décrits par Castaing et inclut de manière supplémentaire les fractures associées de l'extrémité inférieure de l'ulna

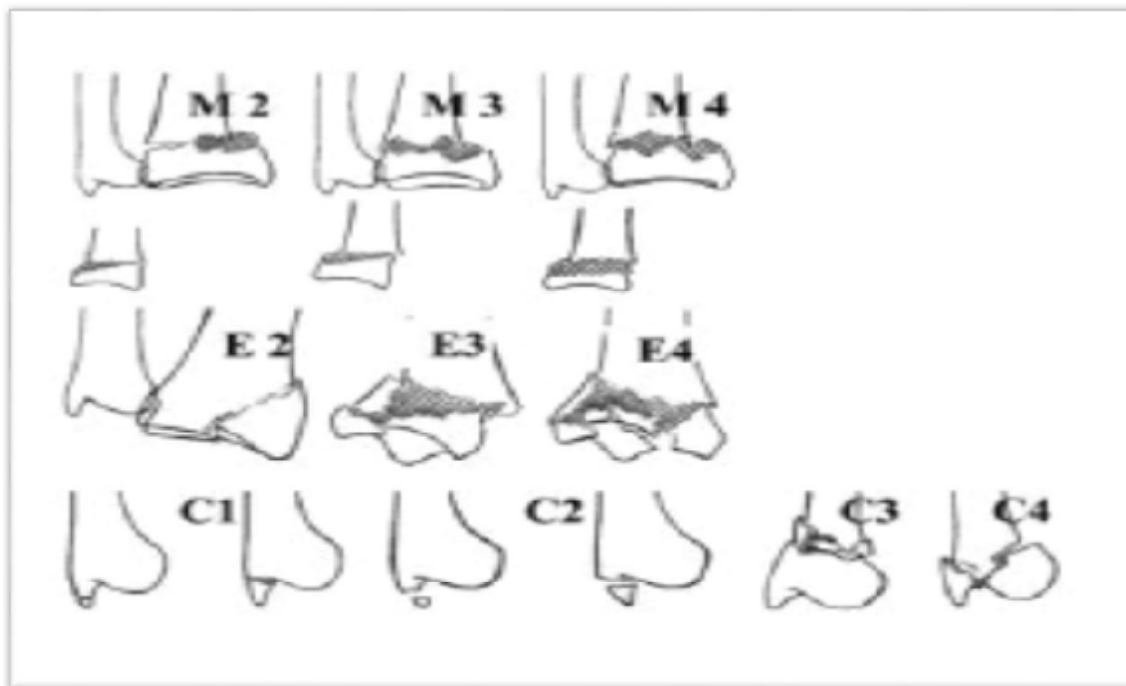


- ❖ 0 : Fracture de l'EIR sans aucun déplacement ni autre association
- ❖ 1 : Fracture simple à un seul fragment déplacement postérieur sans comminution postérieure
- ❖ 2 : Fracture simple avec comminution postérieure et éventuel 3ème fragment postéro-interne
- ❖ 3 : Fracture à deux fragments distaux avec refend frontal dite « en T frontal » ou « bi-marginale »
- ❖ 4 : Fracture à deux fragments distaux avec refend sagittal dite « en T sagittal »
- ❖ 5 : Fracture « cunéenne externe » simple ou complexe
- ❖ 6 : Fracture marginale postérieure

- ❖ 7 : Fracture–luxation marginale antérieure dite de « Leteneur »
- ❖ 8 : Fracture sus articulaire à déplacement antérieur dite « Goyrand–Smith
- ❖ 9 : Fracture en double T sagittal et frontal dite « en croix » et fracture comminutive avec éventuellement un enfoncement de la fossette lunarienne « Die Punch »
- ❖ 10 : Fracture de l'extrémité inférieure des deux os de l'avant-bras, styloïde ulnaire exclue
- ❖ 11 : Fracture sur cal vicieu

Classification MEU [28]:

Proposée par Laulan [28] , dénommée ainsi car elle consiste en la description de trois paramètres permettant de savoir si la fracture est « grave » ou non, chaque paramètre ayant été validé comme lié au pronostic. L'atteinte de la métaphyse (comminution), de l'épiphyse (fracture articulaire) et de l'ulna est différente dans chaque fracture, mais chacune est une association de ces trois paramètres.



- ❖ Analyse de la composante métaphysaire (présence d'une comminution et/ou impaction cortico-spongieuse au niveau de la métaphyse)

M0 : trait métaphysaire absent.

M1 : trait métaphysaire simple, sans comminution.

M2 : trait métaphysaire déplacé avec comminution localisée, la comminution est inférieure à l'hémi-circonférence (écaille postéro-externe).

M3 : trait métaphysaire avec comminution d'au moins une hémi-circonférence (toute la corticale postérieure avec respect de l'hémi-circonférence opposée (console antéro-médiale autorisant une réduction) ;

M4 : trait métaphysaire avec comminution circonférentielle, l'instabilité après réduction est multidirectionnelle.

On affecte au paramètre M l'indice « prime » si le trait métaphysaire aboutit, de façon certaine, dans l'articulation RUD.

- ❖ Analyse de la composante épiphysaire de la fracture (présence de traits articulaires avec ou sans déplacement) :

E0 : trait articulaire Absent

E1 : trait(s) articulaire(s) non déplacé(s) ;

E2 : fragment(s) articulaire(s) déplacé(s) par cisaillement. Il n'existe pas de composante d'enfoncement sous-chondral. Le déplacement n'intéresse qu'une partie de la surface articulaire avec un ou deux fragments épiphysaires (fracture cunéenne externe, marginale antérieure simples, etc.) ;

E3 : fragment(s) articulaire(s) déplacé(s) par compression localisée, il existe un enfoncement sous-chondral localisé à une partie de la surface articulaire qui peut concerner jusqu'à trois fragments ;

E4 : fragments articulaires déplacés par compression étendue, l'enfoncement sous-chondral concerne la quasi-totalité de la surface articulaire avec un aspect d'éclatement. La petite taille des fragments empêche leur réduction et ou leur fixation.

- ❖ Analyse du trait ulnaire (U ou C), en fonction de sa localisation et de son déplacement :

C0 : absence de trait de fracture ulnaire cubital ;

C1 : fracture de la styloïde ulnaire non déplacée (distale ou proximale) ;

C2 : fracture de la styloïde ulnaire déplacée (distale ou proximale) ;

C3 : fracture ulnaire métaphyso-diaphysaire ($\pm$ styloïde) ; C4 : fracture ulnaire métaphyso-épiphysaire ($\pm$ styloïde).

IV–Traitement par fixation externe :

La fixation externe des fractures du radius distal peut se faire par deux principaux types de fixateurs externes : Les fixateurs externes non pontant et ceux pontant l'articulation du poignet. La technique de pontage couvre l'articulation radio–carpienne, alors que La technique non pontant le poignet couvre la fracture du radius distal mais ne couvrent pas l'articulation radio–carpienne, et donc permettent la mobilité à cette articulation. Si le pontage du foyer est obligatoire, il n'en est pas le cas de celui de l'articulation radio–carpienne. Chaque type de fractures devra donc faire l'objet d'une planification préopératoire.

1–Biomécanique et principes de la fixation externe :

Kapandji [29] a décrit le mécanisme d'action des fixateurs externes comme : « Une traction continue et dosée « pontant » le foyer de fracture et réalignant les fragments par l'intermédiaire des ligaments et de leur connexions avec les parties molles ». Ainsi lors de la traction longitudinale appliquée au carpe, la tension est transmise principalement par les ligaments radio–scapho–capitale, et les ligaments radio–lunaires longues pour restaurer la longueur radiale. De même, la pronation du carpe peut indirectement corriger la déformation en supination du fragment distal. La réduction fermée d'une fracture du radius distal déplacé se fait via ligamentotaxis à la fois pour obtenir et maintenir une réduction des fragments de la fracture. La traction longitudinale seule est souvent suffisante pour corriger la longueur radiale, mais peut échouer pour corriger l'inclinaison palmaire ou inclinaison radiale. [30] Dans ce cadre, ligamentotaxis multi–planaires peuvent être nécessaires. [31]

Ligamentotaxis a un certain nombre de limites lorsqu'il est appliqué au traitement des fractures déplacées intra–articulaires du radius distal. Les ligaments présentent un comportement viscoélastique, [32] il y a une perte progressive de la

force de distraction initiale appliquée à l'emplacement de la fracture par relaxation.

[33] L'amélioration immédiate de la hauteur radiale, de l'inclinaison dorsale, et l'inclinaison palmaire est significativement diminuée au moment de l'ablation du fixateur externe. [34] La traction ne peut pas corriger l'inclinaison dorsale du fragment distal de la fracture; C'est parce que les ligaments palmaires sont plus courtes. [35] Cette traction, peut réellement augmenter l'inclinaison dorsale si elle est excessive. [30]

Une force dorsale dirigée est toujours nécessaire pour rétablir l'angulation palmaire normale, ceci est habituellement réalisé en appliquant une pression manuelle du pouce sur la face dorsale du fragment distal.



Figure24 : Radiographie d'un fixateur externe pontant le poignet. [36]

Avec une fracture intra articulaire, le Ligamentotaxis réduit le fragment de la styloïde radiale, mais pour les raisons ci-dessus, il ne réduit pas un fragment du semi-lunaire enfoncé. [37] Quand il y a un clivage sagittal du fragment médial, la traction fait tourner le fragment palmaire médial, ce qui nécessite souvent une réduction à ciel ouvert. La fixation externe ne peut pas contrôler la translation radiale ; par conséquent, il ne peut pas être utilisé avec une articulation radio-ulnaire distale instable. La fixation externe est considérée comme une fixation élastique. [38] Les effets biomécaniques de la fixation externe pour les fractures du radius distal n'ont pas été étudiés car, l'ampleur et la direction des charges physiologiques sur le radius distal étaient dynamiques et inconnus, même pour un poignet normal. [39]

Les travaux récents de Rikli et al, ont apporté un nouvel éclairage sur ce point. [40] En utilisant in vivo et sous anesthésie locale, un nouveau dispositif de mesure de la pression sensorielle capacitive, qui mesure les pressions dynamiques intra-articulaires (articulation radio-ulno-carpienne) chez un volontaire sain. Avec l'avant-bras en rotation neutre, les forces allaient de 107 N avec la flexion du poignet à 197 N avec l'extension du poignet. Les plus fortes forces, jusqu'à 245 N ont été observées avec poignet en inclinaison radiale et l'avant-bras en supination. On peut supposer donc que tout implant ou fixateur externe devrait être assez fort pour neutraliser ces charges, de manière à permettre le mouvement actif du poignet. La rigidité de la construction du fixateur externe favorise la biologie de la consolidation de la fracture. Une construction plus rigide contribue à l'ossification primaire, alors une construction qui permet plus de mouvement au niveau des interfaces de rupture conduit à la formation de cal et à l'ossification secondaire. [40]

Rikli et al, ont également identifié deux centres de transmission de force.

Le premier centre était en face du pôle du scaphoïde, ce qui représenterait la colonne radiale. Le deuxième centre, ce qui représenterait la colonne intermédiaire

du poignet, qui prendrait une quantité considérable de la charge, serait en face de semi-lunaire, et il s'étend du côté ulnaire sur le complexe fibrocartilagineux triangulaire (TFCC).

La force du fixateur externe dépend de la rigidité des barres de liaison, et des rotules. De nombreuses barres de fixateurs externes sont de 0,5 à 1,0 cm de diamètre, bien que les barres radio-transparentes fabriquées à partir de polyétheréthércétones, la résine Ultem, ou fibre de carbone pourraient être plus grandes.

L'augmentation du diamètre des barres augmente la rigidité par un facteur quatre. Les fixateurs uni-planaires sont très populaires, mais la rigidité de l'assemblage peut être augmentée par l'addition d'une deuxième barre parallèle. En effet placer la barre plus près de la peau, augmente également la stabilité contre des charges de flexion en réduisant le bras de levier de l'axe de l'articulation neutre.

La plupart des fixateurs externes du radius distal utilisent des demi-broches filetées de 3,0 ou 4,0 mm. Les tiges filetées modernes sont caractérisées par un grand diamètre central et un diamètre base-fil plus petit. Quand on fait entrer les broches, à l'interface de l'os, le grand diamètre de la broche résiste aux forces de flexion à proximité, tandis que le petit diamètre résiste aux forces d'arrachement au niveau du cortex. Une broche insérée au niveau de la cortical avec un filetage court fournira la meilleure fixation broche-os.

Théoriquement, un sous - forage du trou d'épingle de 0,1 mm offre une meilleure fixation de l'axe avec le moins de risque de la résorption osseuse et relâchement de la broche.

Afin d'obtenir une fixation stable, et de réduire la force du déplacement du bras de levier, les broches doivent être insérer à proximité du site de la fracture. Une broche est donc insérée à proximité du site de la fracture, tandis que la seconde est placée aussi loin que possible. [41] L'augmentation de la rigidité du fixateur externe

n'augmente pas sensiblement la rigidité de la fixation des fragments individuels de la fracture [42] Il existe un certain nombre de moyens, toutefois, dans lequel on peut augmenter la stabilité de la construction. Après la restauration de la longueur radiale et l'alignement par le fixateur externe, la fixation percutanée grâce à des broche peut verrouiller la styloïde radiale et soutenir le fragment de la fosse semi-lunaire. [43]

Une broche au niveau de la styloïde radiale est fixée au cadre du fixateur externe AO empêche une perte de longueur radiale et conduit à une meilleure gamme de mouvement du poignet. L'addition d'une broche dorsale attachée à une barre latérale corrige facilement l'inclinaison dorsale trouvée dans beaucoup de fractures du radius distal. [44,45] La combinaison d'un fixateur externe associé à des broches de Kirschner de 1,6 mm (0,62 in) est égale à la force d'une plaque dorsale AO de 3,5 mm [46].

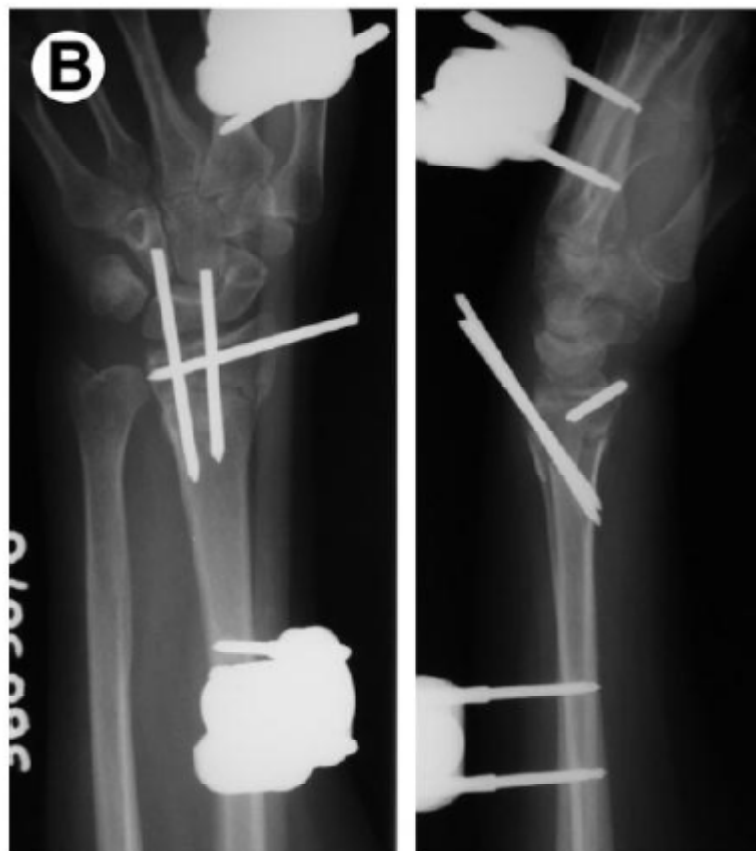


Figure 25: Association d'une fixation externe et d'un embrochage [47]

2-Les différents types de fixation externe du poignet :

Fixateur externe radio radial : Dans cette méthode les fiches du fixateur externe sont exclusivement placées sur le radius, en épiphysaire et en diaphysaire de part et d'autre du foyer de fracture. Les fiches distales sont utilisées comme « joystick » pour réduire la fracture.

Dans la fixation externe radio radiale, les fiches du fixateur externe sont exclusivement placées sur le radius, en épiphysaire et en diaphysaire de part et d'autre du foyer de fracture. Les fiches distales sont utilisées comme « joystick » pour réduire la fracture. Ce mode de fixation externe a montré sa supériorité par rapport au fixateur qui pontait l'articulation radio-carpienne, et qui nécessite un ligamentotaxis qui n'est pas toujours efficace dans les fractures articulaires ou à bascule antérieure. Ainsi, le fixateur externe radoradial apporte des résultats intéressants sur la réduction radiologique de la fracture, mais aussi dans la récupération des mobilités articulaires du poignet et de la force. La morbidité d'une telle technique ne semble pas plus importante par rapport aux autres techniques usuelles, mais la limite de la fixation radio radiale reste bien sur la possibilité d'un bon tenue des broches distales, si non on passe à la fixation pontant le poignet.

Ce mode de fixation externe a montré sa supériorité par rapport au fixateur qui pontait l'articulation radio-carpienne et dont le fonctionnement nécessite un ligamentotaxis efficace, ce qui n'est pas toujours le cas dans les fractures articulaires ou à bascule antérieure. Ainsi, le fixateur externe radoradial apporte des résultats intéressants sur la réduction radiologique de la fracture, mais aussi dans la récupération des mobilités articulaires du poignet et de la force. La morbidité d'une telle technique ne semble pas plus importante par rapport aux autres techniques usuelles. Le fixateur externe non pontant l'articulation radio-carpienne trouve son indication d'utilisation aussi bien dans les fractures intra-articulaire, que dans les fractures extra-articulaires lorsqu'il existe un risque élevé d'effondrement et selon certaines indications.

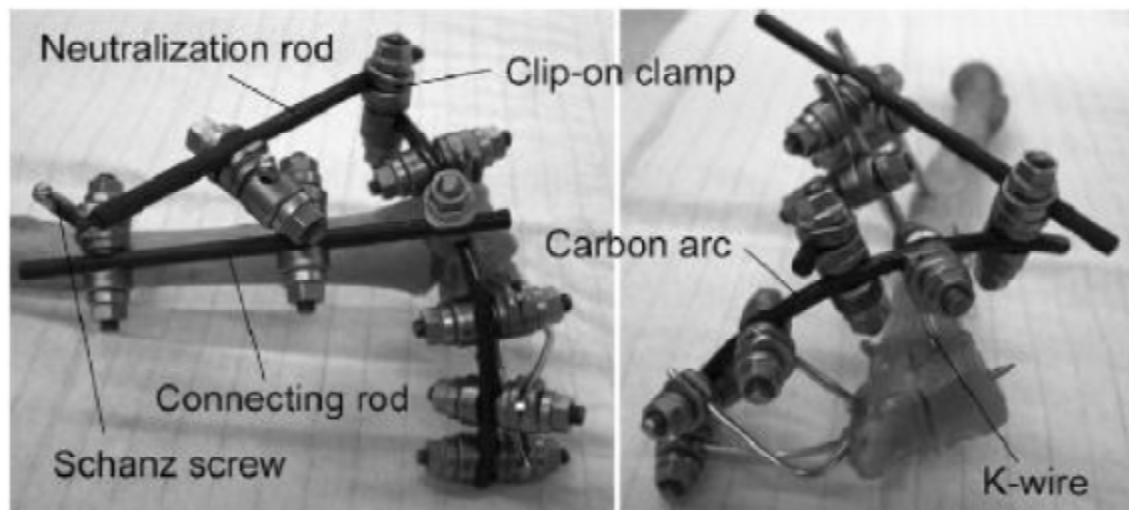


Figure26 : Exemple de Fixateur radio radial donnant une stabilisation Tridimensionnelle [48]



Figure27 : Système CPX avec ses broches qui se croisent au niveau de l'extrémité inférieure du radius [49]



Figure28 : Fixateur externe radio radial avec des fiches postérieures [50]

Le fixateur externe pontant l'articulation radio-carpienne : Dans ce mode de fixation les fiches proximales sont placées sur la diaphyse du radius et les fiches distales sont situées sur le 2e métacarpien de sorte que le fixateur « pont » l'articulation radio-carpienne. Ce type de montage a montré sa supériorité sur le traitement orthopédique des fractures du radius distal déplacées, mais la rigidité de ce système est bien moins efficace en comparaison avec les autres fixations chirurgicales. Cette méthode de fixation est surtout utilisée en complément d'ostéosynthèse avec des broches ou même des plaques.

Son mode de fonctionnement nécessite un ligamentotaxis efficace des ligaments radio-carpiens, ce qui n'est pas toujours le cas pour les fractures articulaires. L'ajout d'une 5e fiche de fixateur externe au niveau du fragment distal du radius apporterait davantage de solidité au montage afin d'éviter les pertes de correction postopératoire ainsi que les pertes de hauteur. Aussi rencontrons-nous davantage de complications avec ce type de montage telles des pseudarthroses, des raideurs postopératoires, des irritations des branches sensitives du nerf radial et des infections des fiches. Le fixateur externe de pontant peut être utilisé de deux façons, soit d'une manière temporaire, ou il peut être utilisé pour la gestion définitive de la fracture du radius distal selon certaines indications.



Figure29 : Fixateur externe pontant le poignet avec des fiches au niveau du radius et d'autres sur le deuxième métacarpien [51]

3-Indication de la fixation externe :

Le fixateur externe non pontant l'articulation radio-carpienne trouve son indication d'utilisation aussi bien dans les fractures intra-articulaire, que dans les fractures extra-articulaires lorsqu'il existe un risque élevé de déplacement secondaire.

a-Fracture extra-articulaire :

Lafontaine et al ont identifié un certain nombre de facteurs de risque qui ont été associés avec le déplacement secondaire malgré une réduction initiale satisfaisante. Ceux-ci comprenaient la présence d'une inclinaison dorsale de 20°, une comminution, la participation intra-articulaire, une fracture ulnaire associée, et l'âge supérieur à 60 ans. Si 3 ou plus de ces facteurs étaient présents, il y a un risque élevé de déplacement secondaire de la fracture [52] ; En effet, quand il ya un déplacement significatif, il existe un risque élevé de déplacement secondaire, même si la réduction initiale est satisfaisante. Trumble recommande la fixation interne et / ou externe supplémentaire chez les patients jeunes pour des fractures avec 2 mm de raccourcissement radial et 15 ° d'inclinaison dorsale avec une réduction à foyer fermée, surtout s'il y a une fragmentation de deux ou plusieurs corticales. [53]

La fixation externe non pontant est contre indiquée lorsque le fragment distal est trop petit pour le placement des broches. Au moins 1 cm du cortex palmaire doit être intact, pour la mise en place de la broche. Cette technique est non applicable en cas de déplacement ou de cisaillement palmaire de la fracture, et chez les enfants avec fractures épiphysaires ouvertes. [54]

Le retrait de fiche en raison de la rupture du fragment distal peut se produire si le fragment distal est trop petit ou en cas d'ostéopénie ou s'il y a une sur-réduction. Dans ce cas, la fixation externe radio radial peut être convertie en une fixation pontant le poignet. Une réduction incomplète est également possible, en particulier avec cals vicieux au début d'installation.

b-Fracture intra articulaire :

La réduction précoce du poignet suite à des fractures intra-articulaires fournit un certain nombre d'avantages, y compris la diminution de la rigidité, la stimulation de la réparation du cartilage, [55] et une diminution de l'ostéopénie des fragments distaux. [56] Afin d'accomplir ceci avec une fixation externe non pontant le poignet, le produit d'assemblage doit être capable de résister à la force générée pendant le mouvement passif et actif du poignet. La fixation externe radio radiale est idéalement adaptée pour le traitement des fractures intra-articulaires du radius distal avec 2 ou 3 fragments, à condition qu'il y est une bonne densité osseuse et une articulation radio-ulnaire distale stable. Son utilisation à la suite d'une réduction arthroscopiquement assistée et en utilisant les fils K, protège et permet le mouvement du poignet, bien que fixation pontant est justifiée en présence de comminution articulaire marquée.

Les fractures marginales palmaires et dorsales sont exclues et doivent être traités avec fixation interne les fractures avec une vaste comminution métaphysaire / diaphysaire exigent une fixation interne supplémentaire.

Les complications immédiates consistent en une atteinte des branches du nerf radial ou des branches cutanées superficielles dorsales du nerf ulnaire. Une perte de fixation en raison du placement des broches ou en cas d'interférence avec les tendons extenseurs. L'utilisation de nombreux cadres de fixateurs externes standards, et leur application d'une manière non pontant peut entraîner un conflit articulaire. L'effondrement après le retrait du fixateur peut se produire en cas d'ostéopénie, qui nécessite souvent un soutien sub chondral au-delà des six semaines d'application du fixateur externe. En raison de ce risque, une fixation interne adjuvant avec des plaques de verrouillage est recommandée chez les patients âgés et ostéopéniques. [57]

Le fixateur externe pontant le poignet peut être utilisé de deux façons, soit d'une manière temporaire, ou définitive.

Selon Bindra [58] la fixation externe temporaire pontant le poignet trouve son indication en cas de prise en charge initiale des fractures ouvertes graves avec une importante perte de tissus mous, en attente, pour permettre la réanimation rapide d'un polytraumatisé, ou En attente du transfert du patient à un centre de référence tertiaire pour la gestion de la fracture définitive. Alors que la fixation externe définitive est indiquée en cas des fractures extra-articulaires instables du radius distal, une fracture intra-articulaire avec 2 ou 3 fragments sans déplacement, et en cas de fixation interne et externe combinée.

La fixation externe pontant le poignet ne doit pas être utilisé comme seule méthode de stabilisation dans les situations suivantes ; telles qu'une translocation ulnaire en raison d'une articulation radio-ulnaire distale instable, fractures intra-articulaires avec déplacement antérieure, si perturbation des ligaments du carpe / dislocations radio-carpiennes palmaires, ou en cas d'une fracture métacarpienne avec comminution métaphysaire combinée de l'index et du médus excluent l'utilisation de cette technique en raison de l'interférence avec la broche distale et le site du placement.

Le relâchement du fixateur externe avec la perte de réduction peut être évité en contrôlant périodiquement le serrage des connexions et le fixateur. L'échec initial de la fixation est rare, mais beaucoup de fixateurs externe disponibles sont conçus pour un usage particulier en raison de l'échec de verrouillage des rotules, ou bien lié à la qualité de la matière de fabrication du fixateur. Les complications liées au site d'insertion des broches incluent l'infection, le relâchement et l'interférence avec les tendons extenseurs. Le risque d'une atteinte des branches superficielles du nerf

radial, l'ouverture au niveau du site d'insertion des broches. Les mauvais résultats associés à la fixation externe sont le plus souvent liées à la sur-distraction.

Une étude biomécanique documente l'effet de la distraction du poignet sur le mouvement de l'articulation méta-carpo-phalangienne (MCP), le degré et la durée de la distraction en corrélation avec la rigidité ultérieure du poignet. [59] La flexion, la distraction, et le verrouillage ulnaire du fixateur externe peut encourager les contractures de pronation. Une distraction de plus de 5mm fait augmenter la charge requise pour le fléchisseur superficiel des doigts et cela peut générer la flexion de l'articulation MCP pour le majeur, l'annulaire, et les petits doigts. Pour l'index, cependant, jusqu'à 2 mm de distraction du poignet l'augmente de façon significative la charge requise pour la flexion à l'articulation MCP. [60] La distraction augmente également la pression au niveau du canal carpien, [61] ce qui peut prédisposer au syndrome du canal carpien aigue. Beaucoup de cas de raideur des doigts sont attribués aux troubles sympathiques, sont une conséquence de la traction prolongée et excessive, qui peut être prévenue et évité en limitant la durée et le degré de la traction.

4-Résultats :

Dans la littérature, plusieurs études ont comparé les résultats fonctionnels et radiologiques de différents groupes des patients présentant des fractures de l'extrémité inférieure du radius traitées par fixateur externe pontant ou non pontant l'articulation du poignet.

Nous avons identifié quatre essais randomisés contrôlés et deux études rétrospectives comparant la fixation externe pontant ou non l'articulation du radio-carpienne. Nous rapportons dans le tableau suivant les caractéristiques des différents groupes et leurs résultats.

Krukhaug et coll. [62] ont fait une étude comparative, d'une série de 75 cas de fracture extra-articulaires instables du radius distal avec au moins 1 cm intacte du cortex palmaire dans le fragment distal, où il y avait 38 fractures de type A3 dans le groupe pontant et 37 fractures de type A3 dans le groupe non pontant. Ils ont rapporté qu'il n'y avait pas de différence significative pour les mesures radiographiques, le score de la douleur, les résultats fonctionnels ou les complications entre les deux groupes. Le score de validité de cette étude était de 19 points

En 2003 et dans une étude comparative entre fixateur externe pontant ou non pontant le poignet **Krishnan et al.** [63] ont étudié une série de 60 patients qui présente des fractures intra-articulaires fractures du radius distal avec comminution. L'étude montre qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les groupes pour la douleur, la force de préhension, les mesures radiographiques ou les complications. Il n'y avait aucune différence significative dans l'amélioration de la gamme des mouvements du poignet, à l'exception de la flexion dans le groupe de fixation non pontant à 52 semaines (50° vs. 60°).

Les scores du groupe non pontant étaient significativement plus élevés dans la première période après le traitement. Le score de validité de cette étude était de 15 sur 33 points.

Une comparaison de la fixation externe pontant et non pontant le poignet faite en 1998 par McQueen. [64], et sur une série de 60 cas de fractures intra-articulaires instables du radius distal, rapporte des résultats significativement meilleurs dans le groupe non pontant à l'égard de la réduction des angulation dorsale, raccourcissement radial la flexion et la force de préhension à toutes les périodes. Il n'y avait pas de différence significative dans les scores de douleur ou de l'incidence des complications même s'il y avait une cal vicieuse de 47% dans le groupe pontant. Le score de validité de cette étude était de 18 sur 33 points.

Sur une série de 38 patients avec fracture intra et extra-articulaire instable aigue du radius distal Atroshi et al. [65] en 2006, ont montré que les scores DASH se sont améliorés dans les deux groupes et presque retourné à son niveau avant le traumatisme, même si il n'y avait pas des différences statistiquement significatives.

Le groupe pontant avait une aggravation significative de la SF- 12 du départ, à 10 semaines, bien que cette différence n'ait pas été observée à tout autre point de temps. Il n'y avait pas de différences significatives entre les groupes pour la douleur, la satisfaction des patients, mouvements du poignet, la force de préhension ou de complications. Évaluation radiographique n'a pas montré de différences significatives, sauf que le groupe non pontant maintient une meilleure longueur radiale à 1 an (ulnaire (UV) : 2.7 (groupe pontant 2.6) mm vs. groupe non pontant 1.0 (2,3) mm)

Uchikura et al. [66] ont fait une étude rétrospective pour comparer la fixation externe pontant et non pontant le poignet, dans 84 adultes atteints de fractures instables du radius distal. L'évaluation subjective était bonne ou excellente pour 100 % dans le groupe non pontant et 90,5 % dans le groupe de la pontant. Il y avait de petites différences dans les mesures radiographiques et la gamme de mouvements du poignet, mais une plus grande force de préhension et moins de changements arthritiques dans le groupe non pontant.

Hayes et coll. [67] Dans leur étude rétrospective, ils ont comparé le fixateur externe pontant ou non le poignet, avec des données disponibles pour 588 patients sur 641, présentant des fractures intra-et extra-articulaires du radius distal.

L'analyse suggère des résultats radiologiques mieux dans le groupe non pontant par rapport à la restauration de l'inclinaison palmaire et l'alignement carpien avec beaucoup moins de cals vicieux dans le groupe non pontant.

La fixation non pontant a été associée à un risque significativement plus élevé d'infection de la piste de broche (27 % vs. 13 %) avec d'autres complications se produisent de façon similaire entre les groupes.

Dans notre série, tous les malades ont bénéficié de la même technique chirurgicale. Pour évaluer les résultats fonctionnels après le traitement d'une fracture instable de l'extrémité inférieure du radius par fixateur externe radio radial, nous avons adopté les critères subjectifs (figure 3) qui reposent sur l'évolution de la douleur, la déformation clinique, la force de la main et l'utilisation de la main et les critères objectifs de Grumillier (figure 4) qui tient compte de quatre critères : flexion, extension, pronation et supination, inclinaison radial et inclinaison ulnaire.

Alors que les résultats radiologiques ont été évalués sur des radiographies standards du poignet de face et de profil et en analysant les paramètres suivant :

bascule sagittale, bascule frontale, index radio-ulnaire distal et la marche d'escalier (figure4).

Après un recul moyen de 04 mois, cinq de nos patients ont des poignets indolores, un seul patient rapporte des douleurs occasionnelles dans les suites de mouvements forcés. Les mouvements actifs du poignet étaient presque normaux, et nos patients ont pu reprendre leurs activités. Nous avons eu dans notre série des résultats très satisfaisants, on a rapporté 83,32% de bons et d'excellents résultats aussi bien fonctionnels, que radiologiques.

On n'a pas eu de complications type algodystrophie ou déplacement secondaire, un seul cas d'infection du site des broches a été observé.

	Type d'étude	Nombre de patient	Age Moyen (ans)	Recul (mois)	Type de fracture		Critères d'inclusion	Ablation du matériel (sem.)	Conclusion	Score de validité
					GNP	GP				
McQueen [64] 1998	ECR	60	61 (31-85)	12	A(21) C(9)	A(25) C(5)	Fracture instable, intra et extra articulaire.	6	Meilleurs résultats fonctionnels et radiologique dans le GNP.	18/33
Krishnan et al [63] 2003	ECR	60	56 (18-83)	-	A3(2) C1(3) C2(6) C3(19)	A3(1) B2(1) C1(5) C2(4) C3(19)	Fracture intra-articulaire.	6	Pas de différence entre les deux groupes à 52sem	15/33
Atroshi et al [65] 2006	ECR	38	71	13	A2/3(11) C2/3(8)	A2/3(8) C2/3(11)	Femme > 50ans Homme > 60ans Fracture instable intra et extra-articulaire	6	Pas de différence entre les groupes à 52 sem. Sauf moins de raccourcissement radial chez le GNP.	-
Krukhaug et al [62]	ECR	75	62 (20-92)	12	A3(38)	A(37)	Fracture instable extra-articulaire	6	Pas de différence ni radiologique, ni fonctionnel.	19/33
Hayes et al [67]	Rétrospective	641	-	-	A3(193) C2(105) C3(12)	A3(31) C2(61) C3(100)	Fracture instable extra-articulaire.	-	Le risque d'une cal vicieuse, et d'un raccourcissement radial est réduit chez le GNP.	-
Uchikura et al [66]	rétrospective	84	-	-	A2(8) A3(1) C1(8) C2(12) C3(13)	A2(3) A3(4) C1(8) C2(5) C3(22)	Fracture instable intra et extra-articulaire.	-	Meilleurs résultats fonctionnels et radiologiques chez le GNP	-

5-Complications :

1. Complications nerveuses :

Les complications nerveuses post-fracturaires sont classiquement rares, et elles sont plus fréquemment observées en postopératoire [Alnot [68], Kozin et Wood [69], Les nerfs atteints sont par ordre de fréquence :

- Nerf médian : L'atteinte du nerf médian est probablement plus fréquente qu'on ne le pense. Selon Kozin et Wood [69], la fréquence de son atteinte varie de 0,2 à 79 %.
- Branche sensitive du nerf radial : cette atteinte semble corrélée au type de traitement chirurgical. En effet, dans la littérature, lorsqu'un traitement orthopédique est réalisé, son taux de survenue est quasi nul [Camelot et Lemoine [70], Piriou et Judet [71]. Lorsqu'il s'agit d'un traitement par brochage (broches de Kirschner ou fiches de fixateur externe) son taux est plus élevé du fait de la localisation du point d'introduction des broches sur la zone d'émergence du nerf radial [Kozin et Wood [69], Kuntz et Draoui [72]. Cependant le nombre de lésions varie de 5 à 65 % selon les études, et le type d'atteinte pris en compte (hypoesthésie transitoire, névrome) [Kozin et Wood [69], Kuntz et Draoui [72], Kirchner et al.
- Nerf ulnaire : ces atteintes sont rares dans la littérature [Cooney et al. [73], Kuntz et Draoui [72],

2. Complications tendineuses

Le taux de ruptures tendineuses postopératoires dans la littérature n'est pas négligeable [Kozin et Wood [69], Cooney et al. [73]. Le traitement orthopédique est connu pour favoriser ce type de complication du fait de multiples facteurs mécaniques et biologiques [Kozin et Wood [69]. Le tendon le plus souvent atteint est le long extenseur du pouce dans les différentes publications, Lenoble et Dumontier [74], Desmanet [75].

3. Algodystrophie

L'Algodystrophie est une complication classique des fractures du radius distal. Son taux est très variable selon les études allant de 0 à 60,7 % du fait de la variabilité de son diagnostic clinique, Kozin et Wood [69], Lenoble et Dumontier [74], Epinette et al. [76]. La fréquence moyenne de littérature se situe autour de 15 %. L'apparition de l'Algodystrophie n'est pas liée à l'importance du traumatisme initial [Foucher et Erhard [77].

4. Complications liées au matériel

Les complications infectieuses postopératoires des fractures du radius distal sont rares quel que soit le traitement chirurgical utilisé. Dans la littérature, le traitement par embrochage est l'ostéosynthèse la plus fréquemment responsable d'infection. Celles-ci sont dans la plupart des cas superficielles et cèdent à l'ablation des broches [Kuntz et Draoui [76], Desmanet [75], Lemoine [78]. Par contre, elles sont le plus souvent profondes [Kerboull et al. [79]. Les autres complications (fracture de métacarpien, migration de broche) sont rarement discutées dans la littérature.

CONCLUSION

Les fractures de l'extrémité distale du radius font partie des fractures les plus fréquentes en traumatologie. Leur fréquence en perpétuelle augmentation ainsi que l'augmentation croissante de la durée de vie, en font un problème de société. Elles sont l'apanage du sujet âgé ostéoporotique mais aussi du sujet jeune. Elles nécessitent une réduction anatomique parfaite pour maintenir la congruence articulaire, seule garante d'un résultat fonctionnel satisfaisant.

Les aspects épidémiologiques et cliniques de nos malades confirment les notions classiques de la pathologie : prédominance chez le sexe féminin, l'origine post-traumatique...

L'examen clinique retrouve les symptômes standards de la maladie, attitude du traumatisé du membre supérieur, La radiographie standard du poignet vient confirmer et compléter le bilan lésionnel et permettre une classification de ces fracture.

Au terme de notre travail, après analyse des résultats cliniques et radiologiques de nos six cas de fractures du radius distal traitée par technique du fixateur externe radio radial, à un recul de 04 mois nous concluons que le traitement par fixateur externe radio radial donne des résultats cliniques et radiologiques satisfaisants.

La fixation externe non pontant le poignet réalise une meilleure réduction des fractures instables de l'extrémité distales du radius ; Elle restaure l'alignement carpien, réalise une meilleure force de préhension, et la gamme de mouvement est significativement augmenté, en particulier dans la première période de réadaptation.

La prévention des accidents de la circulation reste le meilleur moyen pour diminuer l'incidence des fractures de l'extrémité inférieure du radius et pour éviter leurs répercussions socioprofessionnelles.

RESUME

RESUME

Le but de cette étude était à la fois, de présenter la technique chirurgicale du fixateur externe radio radial et les résultats fonctionnels et radiologique de cette technique.

Notre travail consiste en une étude rétrospective de 6 fractures instables de l'extrémité inférieure du radius colligées et traitées chirurgicalement par technique du fixateur externe radio radial au sein du service de traumatologie-orthopédie de l'hôpital militaire Moulay Ismail de Meknès entre Janvier 2009 et décembre 2014.

Cette étude a intéressé 2 hommes et 4 femmes dont l'âge moyen est de 53,5 ans (entre 38 ans et 65 ans). Les étiologies étaient dominées par les AVP dans 66,66% des cas, les chutes dans 33,33% des cas. Le côté atteint était droit chez quatre patients et gauche chez deux patients. Le diagnostic a été posé en urgence chez tous les patients sur des radiographies de poignet face et profil.

Les patients ont été revus en consultation entre 4 et 12 mois, pour évaluation fonctionnel et radiologique. Chaque patient était évalué par les critères de Grumillier, et une radiographie du poignet de face et de profil était également réalisée.

Les résultats fonctionnels et radiologiques étaient très satisfaisants. Nous avons eu 83,32% d'excellents et de bons résultats. Un seul patient soit 16,66%, a présenté une infection du site des broches, par contre on n'a pas eu d'algodystrophie, ni de déplacement secondaire.

ABSTRACT

The purpose of this study was both to present the surgical technique of radial radio external fixator and functional and radiological results of this technique.

We have, for this, a retrospective randomized study. 06 patients have an unstable fracture of the lower end of the radius treated surgically by technique pure radial external fixator in the traumatology-orthopedic department of the Meknes Moulay Ismail Military Hospital over a period of six years from January 2009 to décembre2014.

The average age was 53.5 years, with a female predominance of 66.66%. The patients were operated and reviewed in consultation between 2 and 6 months. Each patient was assessed by the Green O'brien score criteria Grumillier, and an X-ray of the front and side wrist was also performed.

The diagnosis was made by plain radiographs of the wrist and evaluated according to the AO classification, the type A3.2 was found in two cases (33.33%).

All patients were operated by the same surgical technique, with satisfactory clinical and radiological results.

We had 66.66% excellent and good, a good average of 82.5 for the score of Green and O'Brien. 16.66% of patients had an infection, no dystrophy, or secondary displacement.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقديم التقنية الجراحية بواسطة المتبث الخارجي الكعبري، وكذلك النتائج الوظيفية و الإشعاعية لهذه التقنية.

ان عملنا عبارة عن دراسة استيعادية حول 06 مرضى لديهم كسر غير مستقر في الطرف الأدنى لعظم الكعبرة، عولجوا جراحيا بتقنية المتبث الخارجي الكعبري بمصلحة جراحة العظام والمفاصل العظمية بالمستشفى

العسكري مولاي إسماعيل بمكناس على مدى خمس سنوات، خلال الفترة الممتدة من يناير 2009 إلى دجنبر 2014.

همت هذه الدراسة أربعة نساء و رجلين حيث متوسط العمر بلغ 53.5 سنة (بين 38 و 65 سنة) كانت الأسباب

المهيمنة ناتجة عن حوادث السير في 66.66 في المئة، السقوط في 33.33 في المئة. الجهة اليمنى كانت مصابة

عند أربعة مرضى واليسرى عند مريضين. تم وضع التشخيص بصفة استعجالية عند كل المرضى بواسطة وقع

إشعاعي وجهي وجانبي للمعصم.

المرضى عادوا لزيارة الطبيب ما بين 4 و 12 أشهر للتقييم السريري للنتيجة الوظيفية و الإشعاعية، كل

مريض تم تقييمه بواسطة وقع إشعاعي وجانبي للمعصم و حسب معايير Grumillier

وكانت النتائج الفنية و الإشعاعية مرضية للغاية. كان لدينا 83.33 % نتائج ممتازة و جيدة، سجلنا حالة

واحدة لالتهاب موقع الدبابيس 16.66 في المئة، لم نسجل أي حالة حثل مؤلم، أو نزوح ثانوي.

BIBLIOGRAPHIE

- ★ Images prise au service et au bloc opératoire traumatolo-orthopédique Hôpital Militaire Moulay Ismail Meknès.
- ★★ Images prises au laboratoire d'anatomie de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Fès. (FMPO)

[1] Mahfoud.M

Traité de traumatologie,

Fractures et luxations des membres

Tome I, membre supérieur, 2006; 233-262.

[2] Bradway JK, Amadio P, CooneyWP. Open reduction and internal fixation of displaced, comminuted intra-articular fractures of the distal end of the radius.

J Bone Joint Surg 1989;71A:839-47.

[3] Fitoussi F, Ip WY, Chow SP. Treatment of displaced intra-articular fractures of the distal end of the radius with plates.

J Bone Joint Surg 1997;79A:1303-12.

[4] Trumble TE, Schmitt SR. Factors affecting functional outcome of displaced intra-articular distal radius fractures.

J Hand Surg 1994;19A:325-40.

[5] Tapio F, Annikka NS, Outi K, Eija P, Timo R Poor interobserver reliability of AO,

classification of fractures of the distal Radius.

From the University Hospital, Oulu, Finland

J Bone Joint Surg [Br] 1998;80-B:670-2.

[6] Moussaid y

Traitement chirurgical des fractures de l'extrémité inférieure du radius.

Thèse n°175,2008.Rabat

- [7] Safsafi A
Fractures de l'extrémité inférieure du radius traitées chirurgicalement.
Thèse n°051 / 14.Fès.
- [8] ALLAIN J.,PANNIER S.,GOUTALLIER D.
Traumatisme de l'avant bras et du poignet. Encycl.Méd.Chir : Appareil locomoteur,2007,[25-200-F-30].
- [9] Taleisnik. The ligaments of the wrist.
J Hand Surg 1976 ; 1 : 110-8.
- [10] Feipel V, Rinnen D, Rooze M. Postero-anterior radiography of the wrist.
Normal database of carpal measurements.
Surg Radiol Anat 1998;20:221-226.
- [11] Palmer AK, Werner FW.
The triangular fibrocartilage complex of the wrist. Anatomy and function.
J Hand Surg 1981 ; 6 : 153-62.
- [12] Antoine Micheau, Denis Hoa E-Anatomy: Atlas d'anatomie du membre supérieur.
Section : anatomie ostéo-articulaire (membres supérieurs et inférieurs)
2009.
- [13] Mayfield J.K Patterns of injury to carpals ligaments : a spectrum.
Clin orthop., 1984; 187: 36-42. 109
- [14] FONTAINE C.,WAVREILLE G.,CHANTELOT C.,PRODHOMME G.
Anatomie chirurgicale de la face dorsale de la main et du poignet.
Chirurgie de la main, 2005,Vol 24,n°2.
- [15] RAOUL TUBIANA,CHRISTOPHER J.M.,ALAIN C.M.
Voies d'abord chirurgicales du membre supérieur. Masson,Jun 2004.

- [16] Medorf R.J
Essential radiographic evaluation for distal radius fractures.
Hand Clin 2005 ; 21-3 :,279-88
- [17] Kapandji.A
Physiologie articulaire, membre supérieur, 5ème édition.
Maloine, Paris 5ème édition, 2007, 146-168
- [18] ROUVIERE HENRI, ANDRE DELMA.
Anatomie humaine, tome 3.
- [19] Roux.JL, Micallef.JP, Rabishong.P, Allieu.Y
Transmission of pronation-supination movements in the wrist
Ann Chir Main 1984;3-4: 317-21, 66-7.
- [20] Marcheix P.S :
Traitement des fractures déplacées de l'extrémité distale du radius à
Bascule postérieure : étude prospective et randomisée sur 110 patients.
Thèse N° XXXXX UNIVERSITÉ DE LIMOGES, 2008.
- [21] Szabo RM.Omminuted distal radius fractures.
Orthop Clin North AM 1992;23:1-6.
- [22] Fernandez DL, Jupiter JB.
Fractures of the distal radius. New York: Springer Verlag; 1996.
- [23] AH. Editorial. Fracture classification systems: do they work and are they
useful?
J Bone Joint Surg Am 1993;75:1743-4.
- [24] Jupiter JB. Fracture of the distal end of the radius.
Current Concepts Review.
J Bone Joint Surg Am 1991;73:461-9.

- [25] TAPIO.F
Poor inter observer reliability of AO classification of fractures of the distal radius
J Bone Joint Surgery Br 1998, 80, B: 672–679.
- [26] Castaing et le club des dix :
Les fractures récentes de l'extrémité inférieure du radius chez l'adulte.
Rapport de la 39ème réunion annuelle de la SOFCOT.
Rev Chir Orthop. 1964,50 ;581–666.
- [27] Kapandji I.A
Ostéosynthèse des fractures récentes de l'extrémité distale du radius.
Conférence d'enseignement de la SOFCOT
Paris, Elsevier, 1994, 46, 19–40.
- [28] Laulan J, Bismuth JP, Clement P, Garaud P (An analytical classification of fractures of the distal radius : The « M.E.U » classification)
Chir Main 2007; 26–6: 293–9.
- [29] Kapandji I.A
Ostéosynthèse des fractures récentes de l'extrémité distale du radius.
Conférence d'enseignement de la SOFCOT Paris, Elsevier, 1994, 46, 19–40
- [30] Bartosh RA, Saldana MJ: Intraarticular fractures of the distal radius: A cadaveric study to determine if ligamentotaxis restores radiopalmar tilt.
J Hand Surg Am 15:18–21, 1990.
- [31] Agee JM: Distal radius fractures.
Multiplanar ligamentotaxis.
Hand Clin 9:577–585, 1993.

- [32] Woo SL, Gomez MA, Akeson WH. The time and historydependent viscoelastic properties of the canine medial collateral ligament. J Biomech Eng 1981;103:293-298.
- [33] Winemaker MJ, Chinchalkar S, Richards RS, et al. Load relaxation and forces with activity in Hoffman external fixators: a clinical study in patients with Colles' fractures. J Hand Surg 1998;23A:926-932.
- [34] Sun JS, Chang CH, Wu CC, Hou SM, Hang YS. Extraarticular deformity in distal radial fractures treated by external fixation. Can J Surg 2001;44:289 -294.
- [35] Bartosh RA, Saldana MJ. Intraarticular fractures of the distal radius: a cadaveric study to determine if ligamentotaxis restores radiopalmar tilt. J Hand Surg 1990;15A:18-21.
- [36] Distal radius fractures-Systematic review. S.M. Milutinovi} et al. ACI Vol. LX
- [37] Sanders RA, Keppel FL, Waldrop JL. External fixation of distal radial fractures: results and complications. J Hand Surg 1991;16A:385-391.
- [38] Juan JA, Prat J, Vera P, et al. Biomechanical consequences of callus development in Hoffmann, Wagner, Orthofix and Ilizarov external fixators. J Biomech 1992;25:995-1006.
- [39] Gesensway D, Putnam MD, Mente PL, Lewis JL. Design and biomechanics of a plate for the distal radius. J Hand Surg [Am] 1995;20:1021-7.

- [40] Rikli DA, Honigmann P, Babst R, et al. Intra-articular pressure measurement in the radioulnocarpal joint using a novelsensor: *in vitro* and *in vivo* results.
J Hand Surg 2007;32A:67-75.
- [41] Behrens F, Johnson WD, Koch TW, Kovacevic N.
Bending stiffness of unilateral and bilateral fixator frames.
Clin Orthop Relat Res 1983;178:103-110.
- [42] Wolfe SW, Austin G, Lorenze M, Swigart CR, Panjabi MM.
A biomechanical comparison of different wrist external fixators with and without K-wire augmentation.
J Hand Surg 1999;24A:516-524.
- [43] Seitz WH Jr, Froimson AI, Leb R, Shapiro JD.
Augmented external fixation of unstable distal radius fractures.
J Hand Surg 1991;16A:1010-1016.
- [44] Markiewicz AD, Gellman H. Five-pin external fixation and early range of motion for distal radius fractures.
Orthop Clin North Am 2001;32:ix,329 -335.
- [45] Braun RM, Gellman H. Dorsal pin placement and external fixation for correction of dorsal tilt in fractures of the distal radius.
J Hand Surg 1994;19A:653-655.
- [46] Dunning CE, Lindsay CS, Bicknell RT, et al.
Supplemental pinning improves the stability of external fixation in distal radius fractures during simulated finger and forearm motion.
J Hand Surg 1999;24A:992-1000.

- [47] The role of external fixation in the treatment of unstable distal radius fractures.
Jonathan Pritt, MD, and Marco Rizzo, MD.
Oper Tech Orthop 19:60–64/2009
- [48] A novel non bridging external fixator construct versus volar angular stable
plating for the fixation of intra-articular fractures of the distal radius–A
biomechanical study.
M. Windolf et al./Injury, Int. J. Care Injured 41 (2010) 204–209.
- [49] DRF TREATED WITH THE CPX SYSTEM, JHS – Vol 34A, April 2009.
- [50] Redicplaced unstable fracture of the distal radius.
M.M. McQueen. Vol. 80–B, No. 4, JULY 1998.
- [51] Traitement des fractures instables de l'extrémité distale du radius par
fixateur externe d'Hoffmann A propos de 68 cas.
J.E DUMEZ, L.E. GAYET, J. AVEDIKIAN, A. MULLER, J. SOYER R PRIES, J.P.
CLARAC
Ann Chir Main (Ann Hand Surg), 1996, 15, n° 2, 80–90.
- [52] Lafontaine M, Delince P, Hardy D, Simons M.
[Instability of fractures of the lower end of the radius: apropos of a series
of 167 cases].
Acta Orthop Belg 1989;55:203–216.
- [53] Trumble TE, Schmitt SR, Vedder NB. Factors affecting functional outcome
of displaced intra-articular distal radius fractures.
J Hand Surg 1994;19A:325–340.
- [54] McQueen MM. Non-spanning external fixation of the distal radius.
Hand Clin 2005;21:375–380.

- [55] Salter RB, Simmonds DF, Malcolm BW, et al. The biological effect of continuous passive motion on the healing of full-thickness defects in articular cartilage.
An experimental investigation in the rabbit.
J Bone Joint Surg 1980;62A:1232-1251.
- [56] Mehta JA, Slavotinek JP, Krishnan J. Local osteopenia associated with management of intra-articular distal radial fractures by insertion of external fixation pins in the distal fragment: prospective study.
J Orthop Surg (Hong Kong) 2002;10:179 -184.
- [57] Dicpinigaitis P, Wolinsky P, Hiebert R, et al. Can external fixation maintain reduction after distal radius fractures?
J Trauma 2004;57:845- 850.
- [58] Bindra RR. Biomechanics and biology of external fixation of distal radius fractures.
Hand Clin 2005;21:363-373.
- [59] Kaempffe FA, Wheeler DR, Peimer CA, et al.
Severe fractures of the distal radius: effect of amount and duration of external fixator distraction on outcome.
J Hand Surg 1993; 18A:33-41.
- [60] Papadonikolakis A, Shen J, Garrett JP, Davis SM, Ruch DS.
The effect of increasing distraction on digital motion after external fixation of the wrist.
J Hand Surg 2005;30A:773-779.
- [61] Baechler MF, Means KR Jr, Parks BG, Nguyen A, Segalman KA.
Carpal canal pressure of the distracted wrist.
J Hand Surg 2004;29A:858-864.

- [62] Krukhaug Y, Ugland S, Lie SA, et al: External fixation of fractures of the distal radius.
Acta Orthop 80:104–108, 2009
- [63] Krishnan J, Wigg AE, Walker RW, Slavotinek J.
Intra-articular fractures of the distal radius: a prospective randomized controlled trial comparing static bridging and dynamic non-bridging external fixation.
J Hand Surg Br 2003;28:417–21.
- [64] McQueen MM. Redisplaced unstable fractures of the distal radius.
A randomized,prospective study of bridging versus non-bridging external fixation.
J Bone Joint Surg Br 1998;80:665–9.
- [65] Atroshi I, Brogren E, Larsson GU, Kloow J, Hofer M, Berggren AM.
Wrist-bridging versus non-bridging external fixation for displaced distal radius fractures: a randomized assessor-blind trial of 38 patients followed for 1 year.
Acta Orthop 2006;77:445–53.
- [66] Uchikura C, Hirano J, Kudo F, et al. Comparative study of nonbridging and bridging external fixators for unstable distal radius fractures.
J Orthop Sci 2004;9(6):560–5.
- [67] Hayes AJ, Duffy PJ, McQueen MM: Bridging and non-bridging external fixation in the treatment of unstable fractures of the distal radius: A retrospective study of 588 patients.
Acta Orthop 79:540–547, 2008

- [68] Alnot JY : Complications nerveuses des fractures du radius distal. In : Les fractures du radius distal, Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, no 67. Expansion Scientifique Française, Paris, 1998, 277–279.
- [69] Kozin SH, Wood MB : Early soft-tissue complications after distal radius fractures. Instr Course Lect, 1993, 42, 89–98.
- [70] Camelot C, Lemoine J : Traitement orthopédique des fractures de l'extrémité inférieure du radius chez l'adulte. In : Les fractures de l'extrémité inférieure des deux os de l'avant bras. Sauramps médical, Montpellier, 1995.
- [71] Piriou P, Judet T : Traitement des fractures du radius distal par ostéosynthèse interne. Distracteur articulaire multiaxial et mobilisation précoce. In : Les fractures du radius distal, Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, no 67. Expansion Scientifique Française, Paris, 1998, 177–185.
- [72] Kuntz F, Draoui M : Les fractures de l'extrémité inférieures du radius : embrochage intra-focal selon la technique de Kapandji. In Les fractures de l'extrémité inférieure des deux os de l'avant-bras. Sauramps médical, Montpellier, 1995, 93–108
- [73] Cooney WPd, Dobyns JH, Linscheid RL : Complications of Colles'fractures. J Bone Joint Surg (Am), 1980, 62, 613–619.

- [74] Lenoble E, Dumontier C : Etude prospective comparative du brochage trans-styloïdien et intra-focal de Kapandji dans les fractures de l'extrémité distale du radius. In : Les fractures du radius distal, Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, no 67. Expansion Scientifique Française, Paris, 1998.
- [75] Desmanet E : L'ostéosynthèse par double embrochage souple du radius, traitement fonctionnel des fractures de l'extrémité inférieure du radius : a propos d'une série de 130 cas. Ann Chir Main, 1989, 8, 193-206.
- [76] Epinette JA, Lehut JM, Cavernaile M, Bouretz JC, Decoux J : Fracture de Pouteau-Colles : double embrochage intrafocal en berceau selon Kapandji. Ann Chir Main, 1982, 1, 71-83.
- [77] Erhard L, Foucher G, : Algodystrophie après fracture du radius distal. In Les fractures du radius distal, Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, no 67. Expansion Scientifique Française, Paris, 1998, 291-306.
- [78] Lemoine J : Traitement par fixateur externe des fractures de l'extrémité inférieure du radius. In : Les fractures de l'extrémité inférieure des deux os de l'avant-bras. Sauramps médical, Montpellier, 1995, 135-148.
- [79] Kerboull L, Charrois O, Vastel L, Ducloyer P, Courpied J, Kerboull M : Ostéosynthèse par plaque des fractures marginales antérieures du radius distal. In : Les fractures du radius distal, Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, no 67. Expansion Scientifique Française, Paris, 1998, 144-149.