



HAL
open science

Fractures de l'extrémité distale du radius ostéosynthésées par plaque antérieure verrouillée: étude prospective de 81 patients

Stenley Lippmann

► **To cite this version:**

Stenley Lippmann. Fractures de l'extrémité distale du radius ostéosynthésées par plaque antérieure verrouillée: étude prospective de 81 patients. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01366714

HAL Id: dumas-01366714

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01366714>

Submitted on 15 Sep 2016

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

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

UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE

Faculté de Médecine d'Amiens

THESE n° 2016 - 28

**FRACTURES DE L'EXTREMITÉ DISTALE DU RADIUS
OSTEOSYNTHÉSÉES PAR PLAQUE ANTERIEURE
VERROUILLÉE : ÉTUDE PROSPECTIVE DE 81
PATIENTS.**

Présentée et soutenue publiquement le

Lundi 18 Avril 2016

Pour l'obtention du Doctorat en Médecine

(Diplôme d'Etat)

Stenley LIPPMANN

Sous la présidence de Monsieur le Professeur Patrice MERTL,

Membres du jury :

- Monsieur le Professeur Olivier JARDE
- Monsieur le Professeur Eric HAVET
- Monsieur le Professeur Antoine GABRION
- Monsieur le Professeur Richard GOURON

Directeur de thèse :

- Monsieur le Docteur Emmanuel David

Choisissez un travail que vous aimez et vous n'aurez pas à travailler un seul jour de votre vie.

Confucius, *Philosophe* (551 avant J.-C. - 479 avant J.-C.)

À mon Maître, Président du Jury,

Monsieur le Professeur Patrice MERTL

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier
(Chirurgie orthopédique et traumatologie)
Chef du Service d'Orthopédie et traumatologie
Membre associé de l'Académie de chirurgie
Responsable du Pôle Autonomie

Cher Maître, cher Professeur, votre rigueur et votre dextérité chirurgicale, sont un exemple ainsi qu'une source de respect et d'admiration. Votre accessibilité en dehors du bloc l'est tout autant. Je compte sur les six prochains mois pour apprendre encore beaucoup à vos côtés. Vous me faites le très grand honneur de présider cette thèse, et je vous en remercie. Veuillez trouver ici, l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

À mes Maîtres, membres du jury

Monsieur le Professeur Olivier JARDE

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier des droits de la Santé
(Chirurgien orthopédiste)

Membre de l'Académie Nationale de Chirurgie
Membre de l'Académie Nationale de Médecine
Chevalier dans l'Ordre de la Légion d'Honneur
Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

*Cher Maître, cher Professeur, votre bonne
humeur et votre culture générale ont émaillé nos
multiples journées ensemble au bloc.
Vous me faites l'honneur d'accepter de juger ce
travail et je vous en remercie.
Veuillez recevoir l'expression de ma très haute
considération.*

Monsieur le Professeur Eric HAVET

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier
(Chirurgie Orthopédique et Traumatologique)
Anatomie

*Cher Maître, cher Professeur, vos connaissances
théoriques et pratiques dans de multiples
domaines sont pour moi une source d'admiration.
Vous me faites l'honneur de juger ce travail et je
vous en remercie.
Recevez avec celui-ci mon profond respect.*

Monsieur le Professeur Antoine GABRION

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier
(Chirurgie Orthopédique et Traumatologique)

*Cher Maître, cher Professeur, votre précision, le
sens du détail et votre pluridisciplinarité font de
vous un chirurgien hors norme.
Vous me faites l'honneur de juger ce travail et je
vous en remercie.
Veuillez recevoir, à travers celui-ci, l'expression
de ma profonde admiration.*

Monsieur le Professeur Richard GOURON

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier
(Chirurgie infantile)

*Cher Maître, cher Professeur, votre simplicité et
vos qualités chirurgicales m'ont beaucoup
appris. Vous avez su me faire apprécier
l'orthopédie pédiatrique.
Merci d'avoir accepté de juger ce travail.
Veuillez recevoir mes profondes marques de
sympathie.*

A mon Directeur de Thèse,

Monsieur le Docteur Emmanuel DAVID

Praticien Hospitalier
(Chirurgie Orthopédique et Traumatologique)

*Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail de thèse. Il s'agit d'un sujet que tu connais bien puisque tu en as été l'initiateur. Tes nombreux commentaires m'ont montré à quel point tu étais impliqué. Tes corrections toujours justes m'ont permis de faire avancer ma réflexion sur le sujet.
Il me reste encore beaucoup à apprendre à tes côtés au bloc.
J'espère en profiter durant mon prochain semestre.
Reçois à travers ce travail l'expression de ma profonde reconnaissance.*

REMERCIEMENTS

*Je dédie cette thèse à **mon grand-père**. Tu es parti bien trop tôt. Encore tellement de choses à te dire...*

*À **ma Maman** que j'aime plus que tout. Tu as toujours tout fait pour moi. Je ne t'en remercierai jamais assez...*

*À **mon Père** : merci pour tant de choses , je t'aime.*

*À **ma Sœur**, (enfin ton heure de gloire ahah), merci d'être là tout simplement.*

*À **ma Grand mère**, que ferai-je sans toi, tu es indispensable. Le temps passe si vite.*

*À **Marc, Audrey, Kevin et Marianne**.*

*À mes grands parents décédés **Léopold et Simone Lippmann**.*

A tous mes amis :

*À **Nils et Nellie** et toute la famille Hayat : malgré les nombreuses années et la distance notre amitié perdure. Je suis fier de vous avoir. Félicitations pour votre petit qui arrive !!!*

*À **Benjamin et Finkel** et toute la famille Sides : je viens d'apprendre l'arrivée de votre deuxième enfant. la famille s'agrandit. Félicitations.*

*À **Jonathan et Audrey** et toute la famille Maarek : Nos années d'amitié ne se comptent plus sur les doigts d'une main. Félicitations pour votre troisième petite !!!*

*À **Nathan** et toute la famille Sabbah : les meilleures années avec toi.*

À Jérémie et Laetitia et toute la famille Coscas : Bon mon pote on se voit assez souvent pour que tu saches déjà tout. Je te kiff !!!

À Alexis et Elodie et toute la famille Astruc : Tu resteras à tout jamais l'ami parfait, je n'ai rien à ajouter. Je te souhaite un beau mariage, qui ne saurait plus trop tarder maintenant.

À Jonathan et Marie : les circonstances font qu'on se voit de plus en plus et c'est une bonne chose. Biz mon pote.

À Gabriel (dixit Marabou) et Camille : On en a fait du trajet depuis la P1. L'homme canon te salue !!!

À Mikaël : Content de t'avoir.

À Benjamin : Vive l'anapath !!!

À Jonas : Le nancéen qui monte sur Amiens pour assister à une thèse.

À Dan : Après plus de dix ans de perdu de vue on est redevenu comme frère.

À Rubens : Amiens va te plaire.

À Clément : Tant de bons souvenirs d'externe avec toi à Cochin et autres, et ce n'est pas fini.

À Anthony : on a bossé la D4 ensemble et ça ca restera mémorable.

À Emmanuel Rason : Tu as géré mon carton d'invitation d'une main de maître. Je t'en remercie.

À Joseph, Jérémie, Steeve, Gaëlle, Sarah, Anthony, David.

À Philippe, À Odile : la P1 on l'a fait ensemble

À tous mes nombreux co-externes parisiens :

Ron, Jérôme, Olivier, Adrien, Adrien 2, Charles, Buzz, Valentin, Delphine...

À tous les services d'externes où je suis passé : Cochin, Hôtel Dieu, HEGP...

Des souvenirs marqués à jamais.

À mon premier stage d'interne en chirurgie vasculaire et viscérale à Compiègne :

C'est ce premier stage qui m'a fait dire que j'avais bien fait de choisir Amiens.

Au Docteur Perrier : j'ai beaucoup appris à vos côtés.

Au Docteur Loeve : comment décrire les blocs avec vous en dehors du mot incroyable.

Au Docteur Bousfiha : l'art de la chirurgie n'a plus aucun secret pour vous.

À Toute l'équipe du bloc et du service qui m'a fait passer six mois de folie.

À l'équipe d'orthopédie de Creil :

Au Docteur Jacob : j'étais là pour vos derniers six mois. C'était un honneur d'avoir pu travailler avec vous.

À Mario (il faut lire mon petit...) À Bachar, À Willy, À Constantin .

A toute l'équipe d'orthopédie de Compiègne :

Au Docteur Mabesoone , Docteur Roux et Docteur Laimouche : j'ai adoré travailler avec vous. Merci.

A Delince et Bichr : de nombreux très bons souvenirs de bloc avec vous.

A toute l'équipe du SOS mains de Saint Quentin :

J'ai passé une année incroyable dans ce service.

À Mirdad pour tout ce que tu m'as appris et pour m'avoir fait confiance. Tu es un passage indispensable pour la chirurgie orthopédique à Amiens.

Au Docteur Henry, Au Docteur Benaissa : Merci.

À Céline et aux trois petits (voir Mirdad aux fourneaux, restera dans les mémoires).

À toute l'équipe d'IADE ,d'IBODE ...

A toute l'équipe du CH de Versailles :

J'ai passé 6 mois magiques.

Un grand merci à toute l'équipe de choc :

À Camille, Nicolas et jean-sébastien : votre niveau n'aspire qu'à progresser.

Au Docteur Beaufils : J'ai eu la chance d'être interne durant vos six derniers mois de chef de service, je vous remercie de m'avoir accueilli. J'ai encore en mémoire tous les mardis de consultation avec vous (merci j'ai appris bien plus que dans les livres).

Au Docteur Pujol, Docteur Boisrenoult, Docteur Oger, Docteur Desmoineaux et Docteur Wakim : merci

À mes co-internse versaillais qui ont grandement participé à l'ambiance de ce stage :

Thomas-Xavier, Grégory, David, Pierre-Emmanuel et Guillaume.

A mes co-internes amiénois :

À **Massi** : mon pote tu es un mec bien et je suis content qu'on soit devenu amis durant notre internat.

À **Mickael** : Bon comment te décrire, tu sais déjà que tu es génial. Biz mon pote

À **Samy** : Depuis notre premier stage d'internat rien n'a changé.

À **Baptiste**, **Thomas**, **Yassine**, **Elias**, **Corentin**, **Bachar**, **Vittorio**, **Ivan**, **Kader**, **Ouri**, **Azzedine**, **Nassim**, **Thomas**, **Sébastien**, **Marion**, **Claire**, **Claire 2**, **Géraldine**, **Olivier**, **Abdel**, **Romain**, **Lisa**...

A toute l'équipe de pédiatrie :

Au **Professeur Collet**, Au **Docteur Plancq**, À **François Derroussen**, À **Céline** : j'ai adoré travaillé avec vous.

A toute l'équipe du CHU :

À **Benoit Brunschweiler** : De bons moments au bloc avec toi, le septique n'a plus aucun secret pour toi.

À **Jean Francois Lardanchet** : toujours un plaisir de travailler avec toi, à quand la prochaine garde ☺ ?

À **Vladimir Rotari** : J'ai beaucoup appris avec toi, tant sur la gestion des blocs que sur la technique. Tu es redoutable !!!

À **Catherine Maes Claver** : au plaisir de travailler avec toi.

À **Nicolas Lebeau** : Toujours des choses à retenir après avoir fait des blocs avec toi.

À **Cécile**, **Maxime**, **Mathieu**, **Ramy**, **Simon**, **Thomas**, **Charles**, **Xavier**, **David**, **Hugo**.

Et comment ne pas remercier mes 2 Amis **Elie Krief** et **Benjamin Appy-Feddida** qui ont été les investigateurs de ce grand projet avec **Emmanuel David**, à savoir lancer une étude prospective au CHU. Je vous dois énormément pour ce travail de thèse. Le voyage avec les plaques Médartis n'est pas terminé.

Et enfin bien sûr le dernier message revient à **Julia** que j'aime très fort, je sais que tu en as marre de m'entendre parler de cette thèse mais c'est fini...enfin... jusqu'au prochain travail ☺. Je t'aime.

J'en profite également pour remercier toute la famille Joubaud (**Dany**, **Henri**, **Nicolas** et **Rémi**) ainsi que **Marcelle** et **Agostino**.

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION..... | 14 |
| MATERIEL ET METHODE..... | 15 |
| Comité d'éthique : | 15 |
| Patients inclus : | 15 |
| Présentation de l'implant : | 16 |
| Technique opératoire : | 16 |
| Protocole post opératoire : | 17 |
| Critère de jugement principal : | 18 |
| Critères de jugements secondaires : | 18 |
| Méthode statistique : | 19 |
| RESULTATS..... | 20 |
| Résultats radiologiques (critère de jugement principal) : | 21 |
| Evaluation fonctionnelle, et complications (critères secondaires) : | 25 |
| DISCUSSION | 29 |
| Atouts et limites : | 29 |
| Notre Cohorte : | 33 |
| Comparaison des résultats radiologiques et fonctionnels : | 34 |
| Analyse des mauvais résultats radiologiques : | 38 |
| Comparaison des complications : | 42 |
| Quel type d'ostéosynthèse ? Pour quel patient ? | 50 |
| Attitude pratique : | 56 |
| Analyse économique: | 56 |
| CONCLUSION | 58 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 59 |
| ANNEXES | 66 |
| Annexe 1 : Quick DASH | 66 |
| Annexe 2 : PRWE..... | 67 |
| Annexe 3 : Classification AO | 68 |
| Annexe 4 : Classification MEU de Laulan | 69 |
| SUMMARY | 70 |
| RESUME | 71 |

INTRODUCTION

Les fractures de l'extrémité distale du radius sont très fréquentes et en font un problème de santé publique quotidien. Elles représentent 10 à 25% de l'ensemble des fractures ¹. Plus de 10% des femmes caucasiennes auront à affronter ce problème au moins une fois au cours de leur vie ². Avec le vieillissement de la population, une inflation de plus de 50% est prévue en 2030 ³, ce qui fait de la fracture de l'extrémité distale du radius un problème de santé publique majeur. La place reine du traitement orthopédique tout venant il y a quelques années, a évolué vers un traitement chirurgical spécifique adapté au type de fracture: brochage, fixateur externe, plaque dorsale ou plaque antérieure. En effet, 45% des fractures de l'extrémité distale du radius sont instables ¹, et nécessitent une prise en charge chirurgicale, dont les modalités restent cependant à ce jour sans consensus. La plaque antérieure verrouillée qui possède des propriétés biomécaniques bien établies ⁴, connaît une certaine popularité actuellement et serait une alternative fiable. L'objectif de l'ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée serait d'obtenir une réduction anatomique afin de récupérer des résultats fonctionnels satisfaisants et de prévenir l'incongruence articulaire responsable de l'arthrose post-traumatique. Or, le maintien de cette réduction reste le principal problème de leur traitement. Bien qu'elle soit de rigueur pour des fractures articulaires ou extra-articulaires avec déplacement antérieur, son indication est plus discutée pour les fractures extra-articulaires avec déplacement postérieur ou sur un os porotique.

Une étude de cohorte a été mise en oeuvre pour évaluer le résultat clinique et radiologique du traitement par plaque antérieure verrouillée des fractures de l'extrémité distale du radius.

Notre objectif principal est d'analyser le déplacement secondaire radiologique au 3^{ème} mois post-opératoire avec ce type d'ostéosynthèse.

Nos objectifs secondaires sont l'évaluation fonctionnelle, d'une part clinique avec la mesure des amplitudes articulaires du poignet et la mesure de la force de poigne, et d'autre part avec l'utilisation du questionnaire de capacité du membre supérieur QuickDash ⁵ (Annexe 1) et du questionnaire d'auto-évaluation Patient Rated Wrist Evaluation (PRWE) ⁶ (Annexe 2) à 1 ½, 3, 6, et 12 mois ; ainsi que l'évaluation des complications durant toute la période de suivi.

MATERIEL ET METHODE

Il s'agit d'une étude de cohorte prospective monocentrique, effectuée au sein du centre hospitalo-universitaire d'Amiens, menée sur une période de 2 ans (mai 2013 à mai 2015). Nous avons évalué toutes les fractures de l'extrémité distale du radius consécutives nécessitant une ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée.

Comité d'éthique :

Cette étude a obtenu l'aval de la commission d'évaluation éthique des recherches non interventionnelles, et ne nécessitait pas de soumission au Comité de Protection des Personnes car elle rentrait dans le champ des recherches non interventionnelles (Avis N°121/2). Une déclaration à la commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) a été effectuée (Numéro de déclaration : 1657035 v 0).

Patients inclus :

L'inclusion des patients a eu lieu de mai 2013 à mai 2014. Les critères d'inclusion étaient toutes les fractures consécutives de l'extrémité distale du radius, datant de moins de 3 semaines, nécessitant une réduction à ciel ouvert avec ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée. Les patients devaient être majeurs, et avoir été informés au préalable de l'utilisation des données afin de rentrer dans cette étude. Le suivi devait être mené pendant 12 mois. Tous les patients avaient au préalable, rempli et signé de façon manuscrite un consentement. Chaque indication chirurgicale était posée de manière collégiale avec la présence d'au moins un praticien sénior.

Les critères d'exclusion étaient une fracture bilatérale synchrone du radius distal, une fracture ouverte du radius distal, une fracture sur une localisation néoplasique, un patient susceptible de ne pas être suivi au CHU d'Amiens en post-opératoire, une grossesse en cours, une personne majeure faisant l'objet d'une mesure de protection légale ou hors d'état d'exprimer son consentement (sous tutelle ou curatelle) visée à l'article L.1121-8 du Code de la Santé Publique, ou une personne privée de liberté visée à l'article L.1121-6 du Code de la Santé Publique.

Présentation de l'implant :

Le matériel d'ostéosynthèse était une plaque verrouillée antérieure **Adaptive Distal Radius System 2,5**, gamme Aptus Wrist, du laboratoire **Medartis®** (Basel, Suisse) (Figure 1).

Il s'agit d'une plaque en titane à courbure anatomique, au contour biseauté (pour réduire au maximum l'irritation des fléchisseurs) à la surface ultra polie, au profil effilé, avec l'utilisation possible de vis corticales et/ou verrouillées (liaison par friction) avec une angulation variable de 15 degrés. La plaque possède 4 trous pour l'utilisation de broches de fixation temporaire ainsi qu'un trou oblong pour permettre de régler la hauteur de la plaque. Le diamètre des vis corticales et verrouillées est unique, de 2,5 mm de diamètre.



Figure 1 : plaque verrouillée antérieure Medartis®

Technique opératoire :

Au préalable, une anesthésie locorégionale isolée ou associée à une anesthésie générale a été réalisée. Après avoir gonflé un garrot à la racine du membre supérieur, une voie d'abord antérieure de Henry ⁷ était effectuée. Le *pronator quadratus* était incisé en son sein et désinséré du radius pour mettre en évidence la ligne de watershed ⁸ qui se trouve en moyenne de 3 à 5 mm plus distale que la ligne du carré pronateur. La plaque ne devait pas dépasser cette ligne qui marque la limite la plus distale de l'épiphyse, au risque d'être débordante. Le muscle *brachioradialis* était désinséré si nécessaire pour aider la réduction. La réduction du foyer de fracture s'effectuait par manœuvres externes avant la pose de la plaque, ou sur plaque après fixation épiphysaire. Dans certains cas une réduction temporaire était maintenue par des broches. Ces broches ont dans tous les cas été retirées après la pose de la plaque. Les vis épiphysaires

étaient au nombre de 3 minimum et verrouillées. Ce verrouillage en autorisant une prise unicorticale limite le débord postérieur des vis et ainsi la lésion des tendons extenseurs. Toutes les vis diaphysaires étaient bicorticales. Un contrôle à l'amplificateur de brillance de face et de profil confirmait la bonne réduction. Le *pronator quadratus* était suturé, dans la mesure du possible, et un drainage aspiratif était posé (au choix de l'opérateur).

Protocole post opératoire :

Tous les patients étaient immobilisés avec une attelle amovible antébrachio-palmaire pouce libre (photo 1). Cette attelle était maintenue pendant une durée de 4 semaines et retirée uniquement pour réaliser les séances de kinésithérapie. La mobilisation active de l'épaule, du coude et des doigts ainsi que la surélévation du membre opéré étaient encouragées dans le service dès la levée du bloc plexique. Le protocole de kinésithérapie prescrit à tous les patients consistait en une mobilisation passive du poignet dès le quinzième jour, pour débiter une mobilisation active à partir du trentième jour. La reprise de l'activité sportive était autorisée, de façon progressive à partir du deuxième mois post-opératoire. Chaque patient sortait avec un traitement antalgique adapté de palier 1 et/ou 2, et un traitement par Vitamine C 500 mg/j durant 1 mois pour limiter l'apparition d'un syndrome douloureux régional complexe (SDRC) ⁹.



Photo 1 : Attelle amovible de poignet

Critère de jugement principal :

Le critère de jugement principal était la présence ou non d'un déplacement secondaire radiologique à trois mois post-opératoires. Un déplacement secondaire était défini par une modification supérieure à 1 degré entre les clichés, en ce qui concerne la pente radiale frontale et/ou l'inclinaison sagittale de la glène radiale et/ou une modification de 1 mm pour l'index radio-ulnaire.

Ce délai de trois mois était choisi, considérant qu'à cette échéance la consolidation était acquise.

Des critères acceptables de réduction étaient définis par une version dorsale de la glène radiale inférieure à 10 degrés, une inclinaison frontale radiale supérieure à 15 degrés et un index radio ulnaire inférieur à +1mm¹⁰.

Les résultats étaient présentés sur la série complète, et également après appariement sur l'âge (plus ou moins de 60 ans), ainsi que sur la stabilité ou non de la fracture.

Critères de jugements secondaires :

- Le premier critère de jugement secondaire était l'évaluation fonctionnelle : d'une part clinique par la mesure des amplitudes articulaires du poignet (flexion/extension, inclinaisons ulnaire/radiale, pronation/supination) à l'aide d'un goniomètre, et de la force (mesurée en pourcentage par rapport au côté sain) à l'aide d'un dynamomètre de main hydraulique JamarTM (Sammons Preston Rolyan, Bolingbrook, Etats-Unis), à 1 ½, 3, 6 et 12 mois, et d'autre part avec l'utilisation du questionnaire de capacité du membre supérieur QuickDash⁵ (Annexe 1) et du questionnaire d'auto-évaluation Patient Rated Wrist Evaluation (PRWE)⁶ (Annexe 2) à 1 ½, 3, 6, et 12 mois.
- Le second critère de jugement secondaire était l'évaluation des complications durant toute la durée du suivi. Les complications recherchées étaient plus particulièrement : le débord articulaire des vis épiphysaires, un syndrome douloureux régional complexe de type 1 (SDRC 1)¹¹, une infection du site opératoire, une tendinopathie ou une rupture tendineuse (fléchisseur ou extenseur), l'apparition d'un syndrome du canal carpien, et un cal vicieux.

Les fractures étaient répertoriées selon la classification de l'AO¹² (Annexe 3). Toutes les mesures cliniques et radiologiques ont été récoltées par 3 internes de chirurgie orthopédique.

Méthode statistique :

Les variables quantitatives ont été comparées entre deux groupes indépendants à l'aide d'un test non paramétrique de Mann-Whitney et entre deux groupes appariés à l'aide d'un test de Student ou d'un test non paramétrique de Wilcoxon (selon que les données suivent une loi normale ou non). Le coefficient de corrélation de Spearman a été utilisé pour corréler deux variables quantitatives. Une valeur de p inférieure à 0,05 était considérée comme statistiquement significative.

En supposant que 5% des patients opérés par plaques antérieures verrouillées avaient un déplacement secondaire, il faudrait, pour garantir à l'intervalle de confiance à 95% de la proportion estimée, une demi-longueur de 5%, disposer de 70 patients évaluables.

En anticipant environ 10% de patients perdus de vue, 77 patients devaient au minimum être inclus dans cette étude.

Les logiciels utilisés étaient le logiciel SAS version 9.3 (SAS Intitute Inc, Cary, USA) et le logiciel R version 3.1.2.

L'ensemble des statistiques a été effectué par l'équipe de recherche clinique du CHU d'Amiens.

RESULTATS

Au total cent dix patients ont été inclus. Au terme des 12 mois de suivi, 29 patients ont été exclus par manque de données ou perdus de vue, soit 26% de la population initiale. 81 patients (74%) ont donc été suivis, leurs caractéristiques démographiques sont données dans le tableau 1. Chez 35 patients (43% de notre cohorte) le côté dominant correspondait au côté atteint. Parmi nos patients, 43 (53%) avaient une fracture de type A selon la classification AO, 3 (4%) de type B et 35 (43%) de type C.

| Tableau 1 : Caractéristiques démographiques | |
|--|---------------------|
| Nombre de patients inclus | 81 |
| Sexe | |
| Homme | 22 (27%) |
| Femme | 59 (73%) |
| Age (années)* | 63± 17,55 (25 - 94) |
| Côté fracture | |
| Gauche | 44 (54%) |
| Droit | 37 (46%) |
| Classification AO | |
| Type A | |
| A1 | 0 |
| A2 | 22 (27%) |
| A3 | 21 (26%) |
| Type B | |
| B1 | 0 |
| B2 | 1 (1%) |
| B3 | 2 (3%) |
| Type C | |
| C1 | 18(22%) |
| C2 | 14(17%) |
| C3 | 3(4%) |
| * Les données sont présentées avec la moyenne, l'écart-type, et les valeurs extrêmes entre parenthèses | |

Résultats radiologiques (critère de jugement principal) (Figure 2 et 3) :

- *Analyse globale (cf. Tableau 2).*

Nos résultats ont mis en évidence une stabilité de la réduction obtenue pour l'antéversion de la glène (40 déplacements secondaires mais non significatifs ; moyenne : 2,42 ; écart-type : 5,97) et la pente radiale frontale (55 déplacements secondaires mais également non significatifs ; moyenne : 21,62 ; écart-type : 5,45) à 3 mois. En revanche, nous avons noté une détérioration significative de l'index radio ulnaire, avec une augmentation de celui-ci de plus de 1 mm chez 20 patients (25%) à 3 mois.

Tableau 2 : Résultats radiographiques en post-opératoire et à 3 mois de suivi

| | Post-opératoire | À 3 mois | p** |
|---|--------------------|-----------------|--------------|
| Version sagittale glène (°) | 3,1 (-7 ; 26)* | 2,4 (-11 ; 26)* | 0,188 |
| Pente radiale frontale (°) | 21,3 (12 ; 37)* | 21,6 (10 ; 46)* | 0,521 |
| Index radio-ulnaire (mm) | -0,2 (-5,3 ; 3,2)* | 0,14 (-4 ; 3)* | 0,013 |
| * Valeur moyenne et extrême entre parenthèses ** p : degré de signification des différences pour chacun des 3 critères entre le post-opératoire immédiat et au 3 ^{ème} mois | | | |

En reprenant les critères d'acceptabilité de réduction énoncés précédemment (moins de 10 degrés d'angulation dorsale de la glène, plus de 15 degrés d'inclinaison radiale frontale, et un index radio-ulnaire à moins de +1 mm), 63 patients (78%) avaient une réduction jugée acceptable.



Figure 2 : Bilan radiologique d'une fracture extra-articulaire à bascule postérieure de l'extrémité distale du radius chez une patiente de 69 ans



Figure 3 : Contrôle radiologique à 3 mois après ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée

- *Analyse des sous groupes*

26 patients (32%) étaient âgés de moins de 60 ans et 55 (68%) avaient plus de 60 ans. En effectuant une analyse en sous-groupe, selon l'âge des patients, on observait que cette détérioration de l'index radio-ulnaire était uniquement retrouvée de façon significative chez les patients de plus de 60 ans (tableau 3 et 4). Parmi les 45 femmes de plus de 60 ans, 26 (58%) avaient bénéficié d'une ostéodensitométrie au CHU d'Amiens. Onze étaient ostéoporotiques (T-Score $\leq -2,5$) ; onze ostéopéniques ($2,5 < \text{T-Score} \leq -1$) et quatre avaient une densité osseuse normale (T-score > -1). Parmi ces 26 patientes dont le suivi rhumatologique a été effectué au CHU, toutes celles ayant une ostéoporose ou une ostéopénie avaient reçu un traitement médical anti-ostéoporotique. Chez les patientes avec une ostéodensitométrie normale, seules celles ayant d'autres facteurs de risques d'ostéoporose associés étaient traitées.

Tableau 3 : Résultats radiographiques en post-opératoire et à 3 mois de suivi chez les patients de MOINS de 60 ans

| | Post-opératoire | À 3 mois | p** |
|-----------------------------|-----------------|---------------|-------|
| Version sagittale glène (°) | 3,5 (-5 ; 21)* | 4,6 (-2; 20)* | 0,304 |
| Pente radiale frontale (°) | 21,7 (12 ; 36)* | 22 (16 ; 36)* | 0,708 |
| Index radio-ulnaire (mm) | -0,1 (-5 ; 3)* | 0,3 (-4 ; 3)* | 0,141 |

* Valeur moyenne et extrême entre parenthèses
 ** p : degré de signification des différences pour chacun des 3 critères entre le post-opératoire immédiat et au 3^{ème} mois

Tableau 4 : Résultats radiographiques en post-opératoire et à 3 mois de suivi chez les patients de PLUS de 60 ans

| | Post-opératoire | À 3 mois | p** |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Version sagittale glène (°) | 2,6 (-8 ; 26)* | 1,2 (-11; 15)* | 0,055 |
| Pente radiale frontale (°) | 21 (12 ; 37)* | 21,6 (10 ; 46)* | 0,828 |
| Index radio-ulnaire (mm) | -0,3 (-3 ; 3,2)* | 0,1 (-3 ; 3)* | 0,029 |

* Valeur moyenne et extrême entre parenthèses
 ** p : degré de signification des différences pour chacun des 3 critères entre le post-opératoire immédiat et au 3^{ème} mois

En séparant les fractures selon leur degré de stabilité en fonction de la classification AO, 40 (51%) étaient considérées stables (A2 et C1) et 38 (49%) instables (A3, C2, C3). Les caractéristiques démographiques de chacun de ses groupes sont représentées dans le Tableau 5.

| Tableau 5 : Caractéristiques démographiques en fonction de la stabilité fracturaire | | |
|---|--|--|
| | Fracture stable n=40 | Fracture instable n=38 |
| Classification AO | 22 A2 (55%) 18 C1 (45%) | 21 A3 (55%) 14 C2 (37%) 3 C3 (8%) |
| Sexe | | |
| Femme | 32 (80%) | 26 (68%) |
| Homme | 8 (20%) | 12 (32%) |
| Âge | | |
| < 60 Ans | 13 (33%) | 13 (34%) |
| ≥ 60 Ans | 27 (67%) | 25 (66%) |

En effectuant une analyse en sous-groupe, selon que la fracture soit stable ou non, on observait que cette détérioration de l'index radio-ulnaire était uniquement retrouvée de façon significative chez les patients ayant une fracture stable (tableau 6 et 7). Parmi les 22 fractures stables classées A2 seules 3 étaient à déplacement antérieur (13,7%).

| Tableau 6 : Résultats radiographiques en post-opératoire et à 3 mois de suivi chez les patients ayant une fracture STABLE | | | |
|---|-----------------|-----------------|--------------|
| | Post-opératoire | À 3 mois | p** |
| Version sagittale glène (°) | 2,7 (-7 ; 21)* | 2,2 (-10; 20)* | 0,448 |
| Pente radiale frontale (°) | 21,1 (12 ; 33)* | 21,2 (10 ; 33)* | 0,735 |
| Index radio-ulnaire (mm) | -0,3 (-5 ; 3)* | 0,2 (-3 ; 3)* | 0,017 |
| * Valeur moyenne et extrême entre parenthèses ** p : degré de signification des différences pour chacun des 3 critères entre le post-opératoire immédiat et au 3 ^{ème} mois | | | |

Tableau 7 : Résultats radiographiques en post-opératoire et à 3 mois de suivi chez les patients ayant une fracture INSTABLE

| | Post-opératoire | À 3 mois | p** |
|-----------------------------|------------------|----------------|-------|
| Version sagittale glène (°) | 3 (-8 ; 26)* | 2,5 (-11; 15)* | 0,423 |
| Pente radiale frontale (°) | 21,3 (12 ; 37)* | 22,2(14 ; 46)* | 0,288 |
| Index radio-ulnaire (mm) | -0,1 (-4 ; 3,2)* | 0,2 (-4 ; 2)* | 0,150 |

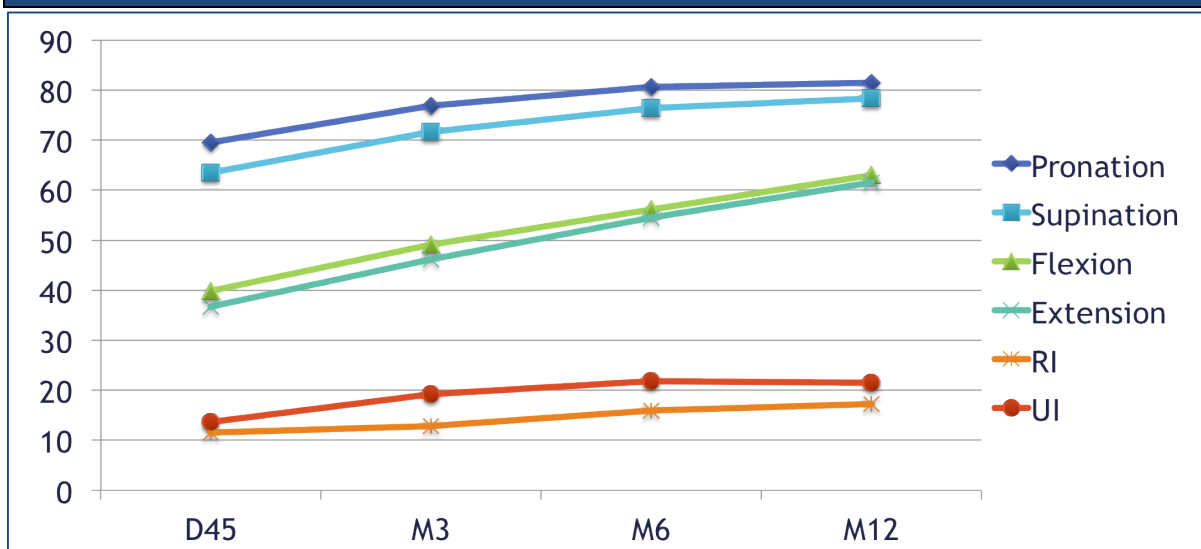
* Valeur moyenne et extrême entre parenthèses
 ** p : degré de signification des différences pour chacun des 3 critères entre le post-opératoire immédiat et au 3^{ème} mois

Evaluation fonctionnelle, et complications (critères secondaires) :

- *Clinique*

L'amélioration des mobilités était continue, et significative entre chaque étape du suivi post-opératoire (figure 4), sauf en ce qui concerne l'amélioration de l'inclinaison ulnaire entre M6 et M12 (p=0,484). A un an les mobilités étaient : flexion 63° (écart type 18,5 (10:90)), extension 61,6° (écart type 19,1 (15:90)), pronation 81,4° (écart type 12,4 (30:90)), supination 78,5° (écart type 16 (10:90)), inclinaison radiale 17,3° (écart type 9,5 (5:65)) et inclinaison ulnaire 21,6° (écart type 8,4 (5:45)).

Figure 4 : Moyennes des mobilités articulaires (degrés) durant la période de suivie

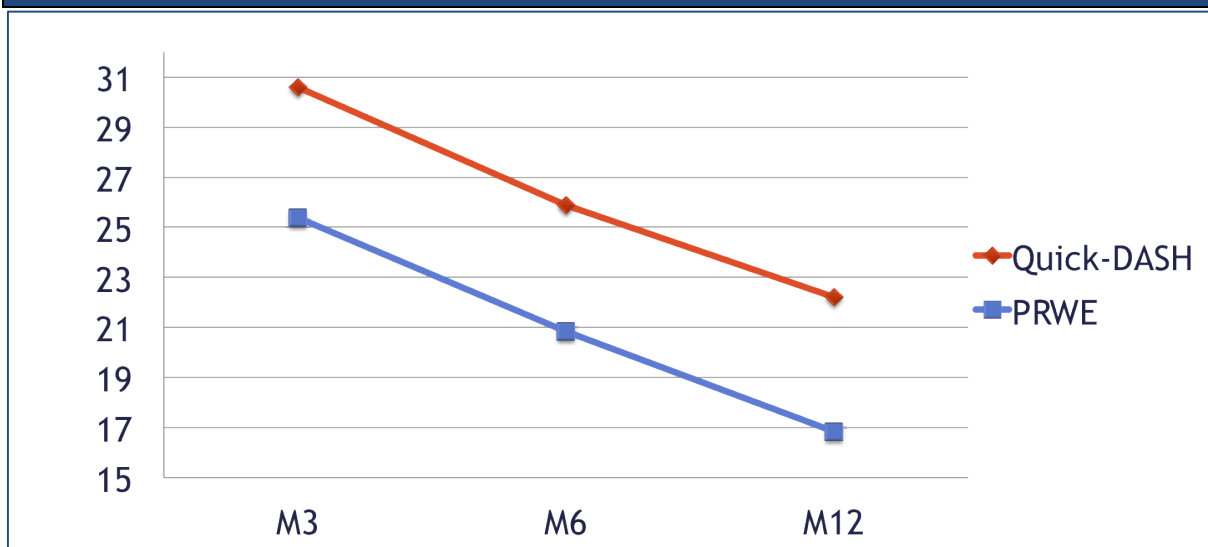


L'amélioration de la force était également continue et significative entre chaque étape du suivi. Elle était en moyenne de 50% (écart type 22 (10:100)) sur le membre opéré par rapport au côté sain au 45^{ème} jour post-opératoire pour atteindre 80,9 % (écart type 24 (18 :125)) sur le membre opéré par rapport au côté sain au 12^{ème} mois post-opératoire.

- *Scores fonctionnels*

Les scores fonctionnels s'amélioraient aussi à chaque étape du suivi de façon significative, avec une amélioration significative entre M3 et M12 (PRWE : $p < 0,0001$ entre M3 et M12 ; Quick-DASH : $p = 0,0003$ entre M3 et M12). À un an, les scores moyens Quick-DASH et PRWE étaient respectivement de 22,2/100 (écart type 22,12 (0:81,8)) et de 16,8/100 (écart type 19,77 (0:80)) (Figure 5).

Figure 5 : Moyennes du Quick-DASH et du PRWE au cours du suivi



PRWE : The Patient-Rated wrist evaluation
DASH : Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

- *Complications*

Au terme du suivi nous avons retrouvé 5 complications (soit 6%) : une vis intra-articulaire (1,2%), un SDRC (1,2%), un pincement radio-carpien (1,2%) une bride cicatricielle (1,2%) et une rupture tendineuse (1,2%).

Une même patiente présentait deux des complications : SDRC et vis intra-articulaire au niveau de la radio-ulnaire distale (Figure 6). Les critères de l'IASP (7), et

radiologiquement une déminéralisation diffuse de toute la région du poignet ont permis de confirmer le SDRC. De plus une scintigraphie avait été réalisée et retrouvait une hyper vascularisation de tout le membre supérieur au temps précoce. La vis articulaire vue à la radiographie a conduit à la réalisation d'un examen tomodensitométrique qui a précisé son débord.



Figure 6 : SDRC et vis intra-articulaire

Le patient qui présentait un pincement radio-carpien (Figure 7) ne présentait aucune douleur à un an, il était par contre gêné par un manque de force et de mobilité en flexion et extension. L'arthroscanner réalisé confirmait une chondropathie radio-scaphoïdienne et radio-lunaire, sans débord de vis retrouvé.



Figure 7 : Arthropathie radio-carpienne

La patiente présentant une bride cicatricielle a nécessité une excision devant l'hyperesthésie persistante malgré une prise en charge adéquate de la douleur.

Chez une patiente enfin, a été diagnostiquée une rupture du *flexor pollicis longus* (confirmée échographiquement) devant une douleur brutale du pouce associée à une perte de flexion complète de l'inter phalangienne survenue un an après l'ostéosynthèse. Cette rupture faisait suite à des douleurs chroniques de la face antérieure du poignet. Celle-ci a nécessité une greffe en un temps avec une bonne récupération fonctionnelle.

DISCUSSION

L'augmentation croissante des fractures de l'extrémité distale du radius et l'essor des plaques verrouillées font de la plaque épiphysaire antérieure du radius un moyen d'ostéosynthèse très populaire actuellement. Les résultats riches de la littérature résumés dans le tableau 7 (page 30) en attestent.

Atouts et limites :

Il s'agit d'une étude prospective menée au sein d'un centre hospitalo-universitaire. Les objectifs déterminés pour cette étude ont été respectés. Le nombre d'inclus conséquent en fait l'une des plus importantes séries prospectives de la littérature avec 81 patients analysés. Tous les patients ont bénéficié d'une même plaque posée selon la même technique, permettant de limiter les biais entraînés par la pose de matériels différents. Ils ont tous été revus de la même manière avec un recul de 12 mois avec un faible taux de complications. Les critères de déplacement radiologique choisis sont parmi les plus stricts de la littérature.

Notre étude présente certaines limites :

- la variabilité des mesures radiologiques inter et intra-observateur. Ces mesures sont par ailleurs très dépendantes de la qualité des clichés radiologiques qui elle-même est dépendante des manipulateurs d'électroradiologie médicale et des possibilités de positionnement du patient. Néanmoins des mesures précises étaient réalisées ne laissant pas la place à une simple estimation visuelle¹³.

- un autre biais possible réside dans la subjectivité de la classification des fractures selon la classification AO laissée à l'appréciation de l'observateur. Une variabilité inter et intra-observateur existe^{14,15}.

- une autre limite réside dans le fait que le geste chirurgical a été réalisé par une équipe de praticiens d'expériences différentes, ce qui peut modifier les résultats.

- le nombre de perdus de vue n'était pas négligeable (26% de la population incluse). La majorité l'a été en fin de suivi, avec dans la plupart des cas une évolution radio-clinique satisfaisante jusqu'au dernier suivi effectué.

Tableau 7 : Résultats des différentes séries par plaques antérieures

| | n | Age* | Femme/ Homme | AO | Recul (mois) | n au dernier recul | Flexion*/ Extension* (degrés) | Pronation*/ Supination* (degrés) | Force (% côté controlatéral) | Antéversion * (degrés) | Pente frontale * (degrés) | IRU* (mm) | DASH * | PRWE * |
|---|-----|------------------|-----------------|---------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|
| Notre série | 81 | 63 (25-94) | 59/22 | 43A 3 B 35 C | 12 | 81 | 63/61 | 81/78 | 81 | 2,4 | 21,6 | + 0,14 | 22 | 17 |
| Earp ⁵⁰ 2015 R♦ | 77 | 56,1 | 67/10 | 77 C3 | | | | | | | | | | |
| Javed ⁵³ 2015 R♦ | 62 | 52,5 (17- 86) | 40/22 | | | | | | | | | | | 16,5 |
| Chen ⁴⁴ 2015 R♦ | 32 | | | | 6 | | | | | 9,76+/-2, 38 | 18,51 +/-2,83 | | | |
| Dario ⁴⁶ 2014 R♦ | 51 | | | | 40,5 (31- 64) | | 73/62 | 83/82 | | | | | | |
| Mignemi ³⁸ 2013 R♦ | 185 | 49 (18-89) | 89/96 | | 3 | | | | | 7 (-13 ; 25) | 22 (2-30) | +0,9 (-5,6 ; 8,2) | | |
| Fowler ¹ 2013 P❖ | 37 | 57 (16- 89) | 26/11 | 5A 2B 30C | 14 (12- 22) | 35 | 82/82 | 84/87 | 96% | 2+/-6 | 21+/-5 | 0+/-1 | 6 | |
| Rhee ⁴⁰ 2013 R♦ | 120 | 64,2 (50-86) | 120/0 | | 6 | | | | | 5,1 | 21,5 | +1,2 | | |
| Giannotti ⁵⁵ 2013 R♦ | 20 | 56,75 (16-82) | 11/9 | | 24 | | 120** | | 50 | 9-14 | 20-24 | 0-3 | | |
| Arora ⁵⁶ 2011 P❖ | 36 | 75,9 (65-88) | 28/8 | 10 A 0 B 26 C | 12 | | 55/59 | 84/85 | 102,4 | 3+/-7,2 | 21,2+/- 2,6 | 0,7+/ -1,8 | 5,7+/- 11,1 | 12,8+/ -23,2 |
| Chirpaz- Cerbat ³⁵ 2011 P❖ | 26 | 47,5 (17-72) | 11/14 | | 30 | 6 | | | 91 | 3 | 22 | +0,3 7 | | |

Tableau 7 (suite)

| | n | Age* | Femme/ Homme | AO | Recul (mois) | n au dernier recul | Flexion*/ Extension* (degrés) | Pronation*/ Supination* (degrés) | Force (% côté controlatéral) | Antéversion * (degrés) | Pente frontale * (degrés) | IRU* (mm) | DASH * | PRWE * |
|---|----|-------------------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------|
| Minegishi ⁵⁷ 2011 R♦ | 15 | 64,4 (34-76) | 12/3 | 1 A 0 B 14 C | 12 | | 59/56 | 86/90 | | 9,7 +/-5 | 20 +/- 4,2 | 0,2+/ - 0,9 | | |
| Khamaisy ⁵¹ 2011 R♦ | 9 | 45,48+/- 17,18 | 17/24 | 1 A 12 B 28 C | | | 14/11 | 13/9 | | 10,04 +/-3,47 | 21,07 +/-2,55 | | 6,6 +/- 2,02 | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 59+ /- 16,45 | 32/18 | 2A 2B 46C | | | 14 :9 | 10 :8 | | 9,36+/-2,21 | 20,04 +/-3,14 | | 6,3+/- 2,3 | |
| Kwan ⁵⁷ 2011 P ❖ | 75 | 51 (13-82) | 34/41 | 18% A 7% B 75% C | 24 | 51 | 51/57 | 80/86 | 83 (9,6-138) | 5 | 18 | | 11,6 | |
| Ward ⁵⁸ 2011 R♦ | 96 | 48,4 (21-88) | 56/36 | 29 A 1 B 66 C | 3 | | | | | 9 | 20 | 0,7 | | |
| Figl ³ 2009 P❖ | 80 | 58,4 (23-88) | 50/30 | 36A 10B 34C | 12 | | 52/54 | 86/87 | 65 | 6(0-18) | 22 (14-36) | | 25 | |
| Gruber ⁴⁶ P❖ 2008 | 55 | 60 (20-92) | 37/18 | 39 C2 16 C3 | 29+/-7 | | 63/66 | 83/82 | 71 (50-102) | 4,3+/-4,7 | 18,4 +/- -3 | | | 7,1 +/- 14,7 |
| Osada ⁴⁷ P❖ 2008 | 49 | 60 (17-86) | 33/16 | 6A 43C | 12 | | 66/75 | 78/88 | 99 | 9 | 22 | 1 | 6 (0- 30) | |
| Pichon ⁴⁹ P❖ 2008 | 18 | | 14/10 | | 16 (12/28) | | >160 ** | >160 **(17 patients) 130** (1 patient) | 95 | -5,45 (-15 ;8) | 23,95 (12-30) | +0,7 8 (0- 3) | 38,4 (5,8- 62,5) | |

Tableau 7 (suite)

| | n | Age* | Femme/ Homme | AO | Recul (mois) | n au dernier recul | Flexion*/ Extension* (degrés) | Pronation*/ Supination* (degrés) | Force (% côté controlatéral) | Antéversion * (degrés) | Pente frontale * (degrés) | IRU* (mm) | DASH * | PRWE * |
|--|----|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|-----------|
| Jedy ³⁷ P ❖2007 | 43 | 55 | 27/15 | 9 A 11 B 23 C | 14 | | | | | | | | | |
| Murakakmi ⁵⁹ 2007 R♦ | 24 | 57 (31-83) | | 7 A 0 B 17C | 5 | | 55/61 | 87/87 | 84 | 8,1 | 20 | 0,4 | 9,9 | |
| Chung ⁶⁰ 2006 P❖ | 87 | 48,9 (18-83) | 50/37 | 35 A 8 B 44 C | 12 | 40 | 58 /60,5 | 78,6/79,6 | 78,7 | 4+ /-3 | 3+/-2 | 0+/-1 | | |
| Rozental ³⁵ 2006 P ❖ | 41 | 53 (17-80) | 26/15 | 18 A 4 B 19 C | 12 | | 52/70 | 73/71 | 94 | 5 | 21 | | 14 (0-74) | |
| Koshimune ⁴² 2005 (22 plaques verrouillés et 30 non verrouillés) | 52 | 68 | 18/4 | 9 A 0 B 13 C | | | 59/71 | 80/78 | | 6,5+/-3,5 | 20,5+/-3 | | | |
| Arora ⁴¹ 2005 | 19 | 61 (49-78) | 17/2 | 5 A 14 C | 6 | | 41/58 | 83/84 | | 3 | 21 | 0,6 | 49 | |
| Prokop ⁶¹ 2004 P | 40 | 49 (17-81) | 18/22 | 2 A 25 C | 12 | | 52/50 | 82/78 | 84 | 5 | 22 | | 12,6 | |
| Orbay ⁶² 2004 R ♦ | 24 | 78,6 (75-94) | 17/6 | 15 A 1 B 8 C | 4,5 | | 55/58 | 80/56 | 77 (67-105) | 5 (0-14) | 20 (12-27) | <1 | 8,28 | |
| Drobtetz ³⁹ 2003 | 50 | 62 (30-89) | 40/9 | 16 A 1 B 33 C | 26 (24-30) | | | | | | | | | |

* : Moyenne ; ** : Arc de mobilité ; ☐ NC = non comminutive ; ⊙ C = comminutive ; ♦ R= Rétrospectif ; ❖ P = Prospectif

Notre Cohorte :

Les fractures de l'extrémité distale du radius font partie des fractures les plus fréquemment rencontrées en traumatologie. L'incidence de ces fractures est en constante augmentation dans les pays industrialisés. Elle devrait atteindre une inflation de plus de 50% en 2030³.

Notre population révèle que cette fracture touche le plus fréquemment la femme âgée, ostéoporotique. En effet 68% de notre population était âgée de plus de 60 ans et 73% étaient des femmes ce qui correspond aux données des autres séries de la littérature (Tableau 7).

De nombreux facteurs de risques sont incriminés, le plus important semble être l'ostéoporose, ce qui fait de cette fracture un excellent marqueur du niveau ostéoporotique du patient¹⁶ et devrait même être, pour certain un élément devant entraîner systématiquement une évaluation osseuse densitométrique puis un éventuel traitement anti-ostéoporotique. Actuellement l'HAS (avis du 21 juin 2006) recommande d'effectuer une ostéodensitométrie dans les suites d'une fracture périphérique sans traumatisme majeur.

Sur un os porotique un traumatisme minime suffit à entraîner sa fracture.

Avant 40 ans, le taux de fracture de l'extrémité distale du radius plus élevé chez l'homme (1,4 fois) finit par s'inverser à partir de 40 ans au profit de la femme avec une augmentation progressive de celui-ci. Cette augmentation chez la femme occidentale est linéaire entre 40 et 70 ans, puis se stabilise^{17,18} pour à nouveau augmenter par la suite. Cette augmentation est d'environ 10 cas pour 10000 habitants tous les 5 ans¹⁹. Entre 70 et 94 ans le taux de fracture de l'extrémité distale du radius est 5,4 fois plus élevé chez la femme par rapport à l'homme¹⁹.

L'incidence de cette fracture en période pré ménopausique est de 10 pour 10 000 habitants par an pour atteindre un pic de 100 pour 10 000 habitants par an après 85 ans¹⁷.

L'ostéoporose semble également jouée un rôle dans les fractures de l'extrémité distale du radius chez l'homme. En effet la diminution de la densité osseuse chez l'homme a été retrouvée de façon significative dans l'augmentation du risque de fracture de l'extrémité distale du radius après un traumatisme à faible cinétique^{16,20}.

L'épiphyse radiale est constituée d'un tissu spongieux de type aréolaire dont les principales travées sont verticales, perpendiculaires à la surface articulaire. L'ostéoporose se manifeste à la fois par une raréfaction des travées et un amincissement cortical. Une densité osseuse basse, une épaisseur corticale diminuée et une microarchitecture anormale demeurent des facteurs de risque locaux identifiés de fracture²¹.

Le risque de fracture est donc augmenté ainsi que la tenue d'une ostéosynthèse qui devient plus difficile²².

La fracture de l'extrémité distale du radius survient souvent dans les suites d'une chute

mécanique chez des personnes ayant une faible masse osseuse, qui sont par ailleurs, relativement en bonne santé²³⁻²⁵. Un antécédent de chute à répétition est un facteur de risque établi^{26,27} ainsi que les antécédents de fractures à partir de l'âge de 45 ans²⁵. Par ailleurs, l'hormonothérapie péri-ménopausique^{25,26,28,29}, l'utilisation de diurétique thiazidique, une consommation alimentaire de calcium augmentée²⁵ et un style de vie sédentaire^{26,27,30-32} ont été présentés dans de nombreuses études pour être associés à une réduction des risques de fractures de l'extrémité distale du radius.

La prévention spécifique de ces fractures du radius distal repose donc sur l'augmentation de la masse osseuse et sur une campagne de prévention des chutes (sensibilisation à une marche lente)²⁵.

Par ailleurs, comme Clayton le montre, il existe une corrélation nette entre la densité minérale osseuse et la gravité des fractures de l'extrémité distale du radius avec la présence, chez les patients ostéoporotiques (T score inférieur à 2,5) d'une augmentation du risque de déplacement secondaire de 17%, de pseudarthrose de 18%, et de cal vicieux de 14%. Cela est également vrai en cas d'ostéopénie avérée (T score entre -2,5 et -1) avec une augmentation du risque de déplacement secondaire de 7%, de pseudarthrose de 8%, et de cal vicieux de 6%³³.

De plus, le risque fracturaire ostéoporotique dans les suites d'une fracture de l'extrémité distale du radius est augmenté. En effet après une fracture de l'extrémité distale du radius chez les patients de plus de 60 ans, le risque de survenue d'une fracture du col fémoral durant la première année est 6 fois plus élevé, et jusqu'à 17 fois plus élevé le premier mois³⁴.

En ce qui concerne le type de fracture, celui-ci n'était pas uniformément réparti dans notre étude. On observait une majorité de fracture extra-articulaire avec et sans comminution (53 % de type A de la classification AO) et de fracture articulaire avec et sans comminution (43% de type C de la classification AO), ce qui semble être également le cas dans la majorité des autres séries de la littérature (tableau7).

Comparaison des résultats radiologiques et fonctionnels :

Nos résultats radiologiques mettaient en évidence une stabilité de la réduction obtenue pour l'antéversion de la glène et la pente radiale frontale à 3 mois. En revanche, nous avons noté une détérioration significative de l'index radio ulnaire chez un quart des patients de notre cohorte.

Nos résultats étaient semblables à ceux présentés par Chirpaz-Cerbat et coll³⁵ dans leur série prospective de 26 fractures de l'extrémité distale du radius ostéosynthésées par plaques antérieures verrouillées. Au dernier recul de 12 mois, leurs résultats radiologiques montraient une stabilité de l'antéversion de la glène radiale ainsi que de la pente radiale aux alentours de 22°. Ils retrouvaient cependant une tendance à la dégradation de l'index radio-ulnaire, qui passait de -1,2 mm en postopératoire immédiat à +0,37 mm à un an. Cette tendance est significative pour Kumar et coll³⁶ qui, pour leurs 30 patients traités par plaques antérieures verrouillées retrouvaient également une détérioration isolée de l'index radio ulnaire (p = 0,04).

D'autres séries retrouvaient des détériorations radiologiques de plusieurs paramètres radiologiques³⁷⁻⁴¹. Jeudy et coll³⁷ notaient, dans l'évaluation de leur série prospective de 41 fractures de l'extrémité distale du radius traitées par plaques antérieures verrouillées, des pertes de réduction, avec une modification de l'index radio-ulnaire supérieure à 1 mm chez 3 patients (7%), et entre 0 et 1 mm chez 9 patients (22%). Ils observaient également des pertes de réduction angulaire pour l'antéversion de la glène et de la pente radiale survenant surtout dans les premières semaines post-opératoires. La plupart sont restées minimales, de l'ordre de quelques degrés et concernaient essentiellement les fractures à déplacement postérieur. Au terme de leur analyse, ils retrouvaient 24 calcs vicieux : 15 calcs vicieux métaphysaires modérés (36,6%) (dont six étaient en rapport avec une perte de la réduction initiale, les 9 autres étant en fait des défauts de réduction) et 8 calcs vicieux articulaires (4 d'entre eux résultaient d'un défaut de réduction et quatre autres d'un déplacement secondaire). Mignemi et coll³⁸ dans une série rétrospective de 185 patients, retrouvaient des résultats radiologiques décevants après ostéosynthèse des fractures de l'extrémité distale du radius. En effet une antéversion jugée comme normale (11 degrés) n'était restaurée que dans 48% des cas à la fin du suivi, une inclinaison radiale frontale normale (22 degrés) dans 43% des cas et un index radio-ulnaire normal (0+/- 2 mm) dans 53 % des cas. De même, Drobetz et coll³⁹ dans leur cohorte prospective de 50 patients retrouvaient seulement une stabilité de la réduction dans 42% des cas au bout de 2 ans avec la modification d'au moins un des 3 critères radiographiques. Rhee et coll⁴⁰ dans une série rétrospective regroupant 120 fractures de l'extrémité distale du radius ostéosynthésées par plaques antérieures verrouillées constataient au terme de leur suivi de 6 mois une dégradation significative de l'antéversion de la glène radiale (p = 0,001) et de l'index radio ulnaire (p < 0,001), tandis que l'inclinaison radiale frontale restait stable (p = 0,100). De plus, cette perte de réduction surviendrait essentiellement dans les 6 premières semaines post-opératoires. C'est ce que semble retrouver Arora et coll⁴¹ dans une série prospective regroupant 19 patients. Ils retrouvaient une perte moyenne d'antéversion de la glène de 1,9 degrés et une perte moyenne de la pente radiale de 1,3 degrés.

À l'inverse de ces résultats un grand nombre d'études signalaient de très bons résultats avec une stabilité radiologique préservée dans tous les secteurs au terme du suivi ^{13,38,41-48}. En particulier, Fowler et coll ¹, dans une série prospective récente de 37 patients, avec une moyenne d'âge de 57 ans, retrouvaient, au terme de ses 14 mois de suivi, l'absence de différence statistiquement significative en ce qui concerne l'antéversion de la glène, la pente radiale et l'indice radio-ulnaire. Pichon et coll ⁴⁹, dans sa série prospective grenobloise réunissant 28 patients qui bénéficiaient d'une plaque antérieure verrouillée, montraient également une stabilité dans le temps des paramètres radiologiques avec un résultat à un an strictement superposable au résultat post-opératoire.

Cette détérioration isolée de l'index radio-ulnaire de notre série, n'était retrouvée de façon significative que chez les patients les plus âgés (plus de 60 ans). La littérature semble elle aussi s'accorder sur le fait qu'au dessus de 60 ans la réduction soit plus difficile à maintenir. C'est le cas d'Orbay et coll ⁴⁵ qui dans leur série prospective de 26 patients de plus de 75 ans notaient une stabilité de l'antéversion de la glène et de la pente radiale mais une détérioration de la hauteur radiale (entre 1 et 2 mm) chez 3 de ses patients.

Par ailleurs, nos résultats ont mis en évidence la stabilité réductionnelle des fractures instables, tout au long du suivi. C'est également ce que les résultats de Earp ⁵⁰ suggèrent. Il a étudié une série rétrospective de 77 fractures instables (toutes C3 selon la classification de l'AO) et confirmait qu'une grande majorité de ces fractures très instables (89,6%) ostéosynthésées par une plaque antérieure verrouillée était stable radiologiquement. C'est aussi le cas de Khmaisly ⁵¹ qui, dans une étude publiée en 2011 ne retrouvait aucune différence significative en terme de résultats radiologiques et fonctionnels en fonction de la présence ou non d'une comminution postérieure.

En opposition à ces résultats, Gruber et coll ⁴⁶ dans leur série prospective regroupant 55 patients ayant une fracture de l'extrémité distale du radius instable (classé C2 et C3 selon la classification de l'AO) ostéosynthésée par plaque antérieure verrouillée retrouvaient une perte moyenne de réduction statistiquement significative de 1,9 +/- 3,3 degrés (p < 0,001) en ce qui concerne l'antéversion de la glène et de 1,4 +/- 2,8 degrés (p < 0,001) pour la pente radiale frontale. Quatre patients avaient une perte de plus de 5 degrés d'inclinaison radiale (7,8%) et 22 patients (43,1%) une perte de plus de 5 degrés pour l'antéversion de la glène.

Sur le plan fonctionnel, qu'il s'agisse des mobilités articulaires ou de la force, la majorité des séries de la littérature révèlent un résultat satisfaisant ^{1,49} (tableau 7). Ces données appuient nos très bons résultats.

L'étude de Pichon et coll⁴⁹ renforce cette idée, avec une observation au dernier recul de sa série prospective de 18 patients d'un arc de mobilité en pronosupination supérieur à 160 degrés chez 95% des patients et d'un arc de mobilité en flexion-extension de plus de 160 degrés chez plus de 88 % de ses patients. Ce que confirme Fowler et coll¹ en 2013, avec d'excellents résultats fonctionnels et une amélioration fonctionnelle (clinique et scores) tout au long du suivi.

D'autres retrouvaient des résultats moins probants tels que Kwan et coll⁴⁵, avec dans leur série prospective de 75 fractures ostéosynthésées par plaques antérieures verrouillées une tendance à l'amélioration des mobilités tout au long du suivi avec une augmentation significative uniquement en ce qui concerne la supination ($p=0,005$) et la déviation ulnaire ($p < 0,05$). Cette amélioration diminuait proportionnellement avec l'augmentation de l'âge des patients.

Certains, enfin tendent à modérer plus fortement ces bons résultats. C'est le cas de Figl et coll³ qui, dans leur série prospective de 80 patients, notaient au terme de leur suivi de 12 mois, une diminution de la flexion/extension de 21 %, de l'inclinaison radiale et ulnaire de 11 %, et de la pronosupination de 7 % par rapport au côté sain. En 2015, une équipe japonaise⁵² a montré que les résultats fonctionnels étaient intimement liés à l'âge des patients, la restitution de l'antéversion de la glène, la présence d'une comminution antérieure et à la douleur. Tandis que la force était diminuée si le côté atteint était le côté non dominant ($p < 0,001$), avec l'augmentation de l'âge ($p < 0,001$), de la comminution ($p < 0,001$) de la bascule postérieure ($p < 0,001$), de la douleur ($p < 0,001$), et lorsque l'index radio-ulnaire était positif ($p < 0,001$).

Analyse des mauvais résultats radiologiques :

Il apparaît légitime de penser qu'une restitution ad integrum de l'anatomie osseuse après une fracture de l'extrémité distale du radius permettrait de restaurer la fonction complète du poignet.

Pour Huard et al⁶³ plus on se rapproche de l'anatomie normale osseuse et meilleurs seront les résultats fonctionnels. En effet dans leur série rétrospective de 62 fractures extra-articulaires de l'extrémité distale du radius à bascule postérieure, ils retrouvaient en moyenne, des scores DASH⁶⁴ et de Herzberg²² meilleurs lorsque l'inclinaison antérieure de la surface radiale était supérieure à 5° avec une différence presque significative pour le score de Herzberg (p = 0,06). Ils retrouvaient 50 % d'excellents résultats au score de Gartland et Werley⁶⁵ lorsque la bascule sagittale était supérieure à 5° contre 30 % lorsqu'elle était inférieure à 5°. En ce qui concerne l'index radio-ulnaire 69% des patients qui avaient un index radio ulnaire entre -2 et 0 mm avaient un score de Gartland et Werley bon et excellent et 76% des patients qui avaient un score de Herzberg à plus de 70 % avaient une variance ulnaire entre -2 et 0 mm. Il semblerait également que l'arc de pronosupination était meilleur lorsque la bascule sagittale était comprise entre 5 et 10°, contrairement à une bascule inférieure à 5°.

Dario⁵⁴ va affiner ces résultats, selon lui l'antéversion de la glène et l'index radio-ulnaire sont les paramètres les plus importants à restaurer pour obtenir de bons résultats fonctionnels. Des modifications des autres paramètres radiologiques sembleraient ne pas affecter le résultat final avec un suivi minimum de 3 ans⁵⁴. C'est ce que montre sa série rétrospective de 51 fractures de l'extrémité distale du radius ostéosynthésées par plaques antérieures verrouillées. Il constatait au terme du suivi chez 43 patients (84%), des mobilités articulaires complètes sans différence statistiquement significative (p > 0.05) par rapport au côté controlatéral (flexion/extension et pronosupination). Les autres patients (16%) qui avaient des mobilités articulaires différentes du côté controlatéral de façon statistiquement significative (p < 0.05) avaient une antéversion de la glène radiale et/ou un index radio ulnaire en dehors des valeurs seuils jugées comme normales (valeurs jugées comme normales : antéversion de la glène entre 7 et 15 degrés ; index radio ulnaire : entre 0,7 et 1,5 mm). Ces 8 patients avaient également des résultats au DASH plus mauvais.

Certains vont encore plus loin, c'est le cas d'Arora ⁵⁶ qui a publié récemment une série randomisée comparative de fractures instables de l'extrémité distale du radius, traitées dans un groupe de façon orthopédique et dans l'autre par plaque antérieure verrouillée. La moyenne d'âge était respectivement dans chacun des groupes de 75,9 et 77,4 ans. Ces résultats, au terme du suivi de 12 mois, ne mettaient pas en évidence de différence statistiquement significative que ce soit sur le plan des mobilités ou des scores fonctionnels entre les 2 groupes. Seule la force de poigne était statistiquement plus élevée dans le groupe des patients traités par plaques par rapport au traitement orthopédique (p=0,02). Cependant on notait d'importantes différences statistiquement significatives en ce qui concerne les paramètres radiologiques en faveur des plaques. La préservation de l'anatomie n'était donc pas, selon lui, nécessaire à une récupération fonctionnelle (en dehors de la force de poigne).

Nos critères d'acceptabilité réductionnelles rappelés précédemment, et énoncés par Porter et coll ¹⁰, étaient repris par plusieurs autres auteurs ^{1,38}. Ceux-ci ne sont pas reconnus unanimement, en particulier la tolérance de 10 degrés de bascule postérieure. C'est le cas de Dario ⁵⁴ qui estime qu'une antéversion de la glène inférieure à 7 degrés peut avoir un retentissement fonctionnel. Cependant il semble qu'aucune valeur acceptable de réduction n'ait été établie formellement de manière scientifique ⁶⁶. En se basant sur les critères radiologiques normaux de l'extrémité distale du radius à savoir : une antéversion de la glène normale de 10 degrés, une pente radiale frontale entre 18 et 30 degrés et un index radio-ulnaire entre 0 et + 2 mm, l'acceptation d'une bascule dorsale maximum de 10 degrés (correspondant à un déplacement postérieur de 20 degrés) peut se discuter. L'acceptation d'une bascule sagittale postérieure inférieure ou égale à 10° (glène à 0°) semble peut être plus raisonnable.

Notre taux de déplacements secondaires élevé peut être en partie expliqué par le fait que nous avons retenu des critères de déplacements secondaires relativement stricts en regard des autres études. Nous avons défini un déplacement secondaire par une modification supérieure à 1 degré entre les clichés, en ce qui concerne la pente radiale frontale et/ou l'inclinaison sagittale de la glène radiale et/ou une modification de 1 mm pour l'index radio-ulnaire. Pour Jeudy et coll ³⁷, seules les variations de plus de 2 mm pour l'index radio-ulnaire et 4 degrés pour les mesures angulaires étaient retenues comme significatives, car selon eux et également d'autres auteurs ^{67,68} des variations inférieures seraient peu susceptibles d'avoir un retentissement clinique. Quant à Rhee et coll ⁴⁰ ils considéraient un déplacement secondaire si un des paramètres radiologiques mesurés au dernier recul n'était pas dans les normes acceptables qu'ils avaient défini auparavant, sans prendre en compte l'évolution

radiologique. Les valeurs qu'ils avaient choisies comme acceptables étaient les suivantes : un raccourcissement radial de moins de 5 mm par rapport au côté controlatéral, une inclinaison radiale frontale $>13^\circ$ une angulation dorsale $< 10^\circ$ et une angulation antérieure $<20^\circ$.

La détérioration significative de l'index radio-ulnaire que nous avons retrouvée dans notre série témoigne d'une impaction métaphysaire radiale secondaire. Celle-ci venant s'ajouter à une impaction métaphysaire primaire non complètement corrigée (surtout pour les fractures C2 et C3 de la classification AO). Rhee⁴⁰ dans sa série rétrospective de 120 patients a mis en évidence que seuls 2 facteurs influençaient l'index radio-ulnaire de façon statistiquement significative : il s'agissait de la densité osseuse mesurée au niveau du fémur proximal ($p = 0,039$) et la mesure de l'espace sous chondral ($p < 0,001$).

Rhee⁴⁰ définit l'espace sous chondral comme un espace radiologique situé entre la vis la plus distale de la plaque du côté ulnaire et l'os sous chondral (Figure 8). En effet selon cette étude plus l'espace sous chondral augmente et /ou plus la densité osseuse (mesurée au niveau du fémur proximal) sont élevés et plus la modification de l'index radio-ulnaire entre le post-opératoire immédiat et à 6 mois est importante.



Figure 8 : définition de l'espace sous chondrale selon Rhee

De même, Drobetz⁶⁹, à partir d'un modèle anatomique de fracture du radius distal ostéosynthésée par plaque palmaire LCP 2,4 montrait que pour maintenir la longueur du radius, il fallait obligatoirement placer les vis le plus près possible de l'os sous chondral. La contre partie à cette situation réside dans le fait que la plaque n'est plus recouverte par le

corps du muscle *pronator quadratus* (Photo 2)³⁵ : ce qui en fait une potentielle menace pour les tendons fléchisseurs⁷⁰.



Photo 2: Plaque LCP 2.4[®] en place sous le *pronator quadratus* sur une préparation anatomique : risque pour les tendons fléchisseurs.

Dans notre étude, la moyenne de l'espace sous chondral mesuré chez les 20 patients pour lesquels nous avons noté une détérioration significative de l'index radio-ulnaire, avec une augmentation de celui-ci de plus de 1 mm à 3 mois était de 4,8 mm (2 à 8 mm). Cette mesure paraît très élevée en regard des résultats de Rhee⁴⁰. Il est donc possible que la détérioration de l'index radio ulnaire que nous avons constatée chez les 20 patients de notre série soit en partie liée au positionnement des vis épiphysaires trop proximales.

Si la théorie de cette impaction métaphysaire semble se confirmer, l'adjonction d'une greffe ou d'un substitut osseux peut se discuter. Il semblerait que l'utilisation d'une greffe ou d'un substitut osseux chez des patients sélectionnés permettrait de limiter l'impaction métaphysaire et donc la dégradation de l'index radio-ulnaire⁷¹. En effet, Goto⁷¹, en 2010 dans une étude comparative randomisée comparait l'ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée isolée à l'ostéosynthèse par plaque associée à une greffe de substitut osseux chez des patients âgés (moyenne d'âge 64,9 ans) avec une comminution métaphysaire. Au terme du suivi (26 semaines et demi en moyenne) il ne retrouvait pas de différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne l'antéversion de la glène ($p= 0,80$) et la pente radiale frontale ($p = 0,70$). En revanche il notait une dégradation statistiquement significative de l'index radio-ulnaire ($p < 0,05$) chez les patients traités par plaque isolée, tandis que dans le groupe des patients chez qui un substitut osseux avait été associé, une stabilité de l'index

radio-ulnaire tout au long du suivi ressortait. Il semblerait que le ciment phosphocalcique injectable soit efficace⁷²⁻⁷⁵ toujours en association avec une ostéosynthèse^{76,77}. Bajammal⁷⁸, dans une méta-analyse retrouvait une supériorité du ciment phosphocalcique sur l'autogreffe osseuse avec une diminution du taux de déplacements secondaires. Obert⁷⁹, suite aux bons résultats fonctionnels d'une série de 39 patients ayant eu une adjonction de ce ciment phosphocalcique injectable associée à une ostéosynthèse, avec de minimes effets indésirables (fuite dans les parties molles ou non prise de la greffe)⁸⁰, conseille d'effectuer un comblement par greffe osseuse ou substitut injectable en cas de défaut osseux métaphyso-épiphysaire important.

Avec toutes ces données, il nous apparaît qu'un complément à l'ostéosynthèse, même pour les fractures jugées stables selon la classification AO, doit être envisagé en fonction des constatations peropératoires. Une ostéodensitométrie réalisée avant la prise en charge chirurgicale pourrait peut être orienter cette prise de décision.

Comparaison des complications :

5 complications (6%) ont été mises en évidence dans notre série. Ce taux apparaît faible en regard des autres séries de la littérature (Tableau 8).

Les lésions tendineuses font partie des complications prédominantes dans les différentes séries de la littérature. Elles touchent principalement le tendon du *flexor pollicis longus*⁷⁰ (Tableau 8), du fait de sa position. Il se situe directement au contact du radius lors de son passage à la face antérieure du poignet. Il n'est protégé de la plaque que par le *pronator quadratus* et uniquement à la partie métaphysaire du radius (Photo 2).

Dans notre cohorte nous n'avions retrouvé qu'une rupture du *flexor pollicis longus* qui avait nécessité une greffe. Au dernier suivi au 4^{ème} mois post-opératoire le pouce présentait une fonction normale.

Cognet⁷⁰ dans l'analyse de ses trois cas de rupture du tendon du *flexor pollicis longus*, retrouve que ce risque est accentué en cas de cal vicieux en bascule postérieure ou lorsqu'un débord de la plaque est remarqué. Pour éviter cet écueil, il propose l'ablation systématique des plaques antérieures en cas de réduction imparfaite ou de déplacement secondaire. Pour l'instant, aucune attitude consensuelle sur le sujet n'est établie. Le faible taux de rupture que nous avons retrouvé est peut être lié au délai de suivi insuffisant. En effet notre seul cas de

rupture est survenu au douzième mois de suivi. Cependant les 3 ruptures analysées par Cognet⁷⁰ sont survenues précocement (avant le septième mois post opératoire) .

Nous sommes convaincus que le bon positionnement de la plaque et son dessin effilé permettent de diminuer le taux de ténosynovite du *flexor pollicis longus*. Et face à une ténosynovite décrite ou retrouvée à l'examen clinique l'ablation de matériel doit être envisagée sans attendre.

Les limites extrêmes et distales du radius caractérisées par Nelson en 2005 avec deux lignes , la ligne de Watershed et la ligne du carré pronateur (Figure 8)⁸, sont importantes à mettre en évidence pour éviter les erreurs de pose à l'origine des complications précédemment citées. La ligne du *pronator quadratus* marque la limite la plus proximale de l'épiphyse et permet à l'opérateur de visualiser la courbure du radius spécifique de chaque patient. La plaque ne devrait jamais dépasser cette ligne de profil, au risque d'un conflit avec les tendons fléchisseurs du pouce et des doigts. Quant à la ligne de Watershed qui est plus distale que la ligne du *pronator quadratus*, (elle peut parfois être située à la même hauteur qu'elle) marque la limite la plus distale de l'épiphyse. Une petite bande de 3 à 5 mm sépare les deux lignes (Figure 9). L'implant ne doit jamais dépasser cette ligne, au risque d'être dans l'articulation⁸¹.

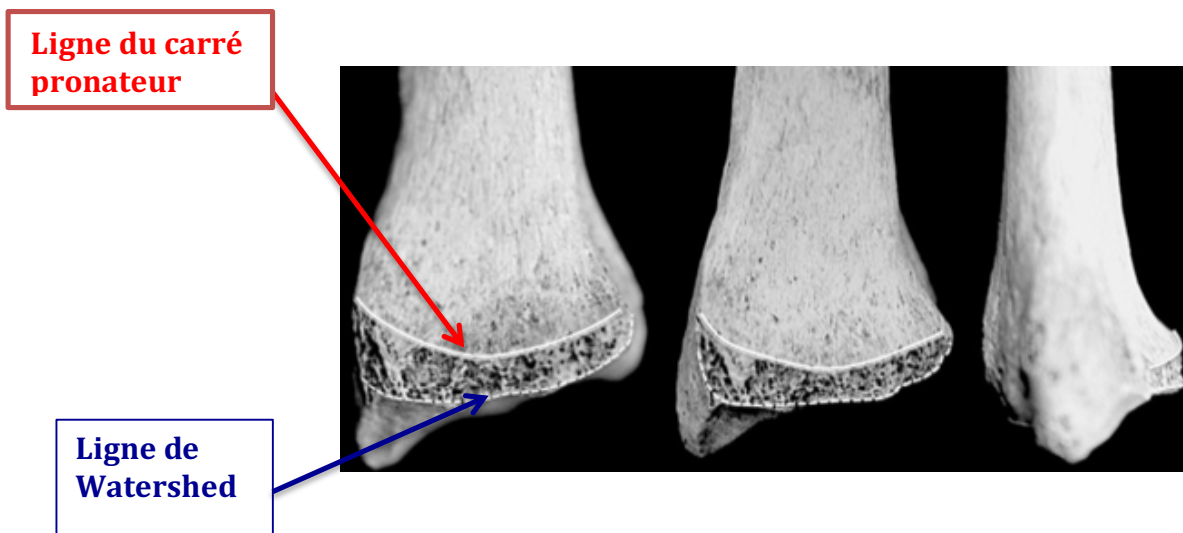


Figure 9 : De gauche à droite, radius distal sec de face en légère supination, de face en légère pronation et de profil selon Obert⁸¹.

La patiente de notre série qui avait présenté une rupture du *flexor pollicis longus* avait une plaque qui ne dépassait pas cette ligne du *pronator quadratus*, cependant la plaque ne paraît pas complètement appliquée sur le radius au niveau épiphysaire. On peut donc suspecter que

ce léger débord antérieur de la plaque puisse être à l'origine de cette rupture.

Indépendamment du positionnement de la plaque, sa forme peut être incriminée. En effet il existe une grande variabilité dans la forme de l'épiphyse radiale, en particulier de la zone antérolatérale épiphysaire radiale. Cette zone a été définie par Windish⁸² en 2007 comme étant le promontoire. Il était également noté une variabilité sur le versant ulnaire de l'extrémité distale du radius (Figure 10)⁸¹.

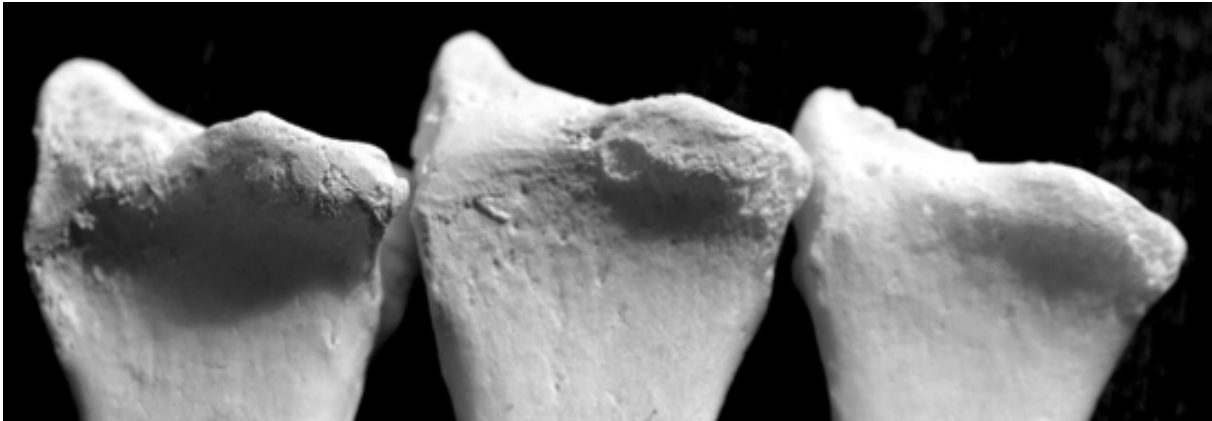


Figure 10 : Aspect de trois radius secs montrant la grande variabilité du promontoire et de la partie ulnaire de l'épiphyse radiale selon Obert⁸¹.

En séparant la face antérieure de l'épiphyse radiale distale en deux colonnes : une colonne latérale et une colonne intermédiaire il a été montré, par l'équipe de Besançon, que la moyenne de la pente de la colonne latérale étaient de 155° (143-167) et celle de la colonne intermédiaire étaient de 145° (134-153) (Figure 11)⁸¹.

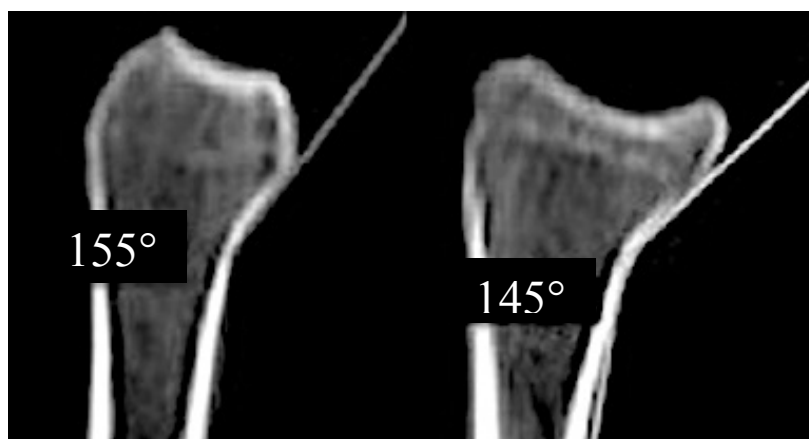


Figure 11: Mesure différentielle de la pente des deux colonnes, radiale à gauche, ulnaire à droite selon Obert⁸¹.

Ces résultats ont également été confirmés par Pichler⁸³. Cette double pente rend difficile la fabrication de plaques dites « anatomiques ». En effet les plaques actuellement disponibles sur le marché ont une pente unique de 155° constante sur toute la longueur de la plaque.

D'autre part la styloïde radiale n'est pas dans le plan de l'épiphyse, sa face antérieure s'étend plus en ulnaire qu'en radial (Figure 12).



Figure 12: Vue plongeante montrant la face palmaire et la zone d'application d'une plaque qui s'étend plus en ulnaire qu'en radial. Le dessin des plaques devra s'en inspirer et ne pas être plus débordant en radial selon Obert⁸¹.

Buzzell a montré quant à lui que la surface de contact de la plaque avec le radius distal est très faible : elle variait de 3 à 6 % (résultat retrouvé sur 7 plaques de marques différentes)⁸⁴.

En prenant en compte tous ces éléments anatomiques, on comprend aisément que l'anatomie des plaques actuelles n'est pas encore parfaite. Pour devenir complètement anatomique des modifications sont nécessaires mais la variabilité individuelle morphologique du radius rendra compliquer la mise en place d'une plaque parfaitement anatomique pour toutes les situations. Le développement de plaque sur mesure permettra peut être de limiter ces complications tendineuses.

Notre série n'a révélé qu'un seul syndrome douloureux régional complexe de type 1, résultat très encourageant pour une chirurgie présentée comme très pourvoyeuse de SDRC⁸⁵. Ce résultat est peut être en partie dû à la supplémentation préventive systématique par 500 mg de vitamine C par jour pendant 1 mois. Zollinger et coll⁹ ont montré que 500 mg de vitamine C par jour diminuaient de façon significative le taux de SDRC 1. La durée optimale de ce traitement reste encore à définir. Jeudy³⁷, qui retrouvait 18,6 % de SDRC 1 affirme, qu'un brochage intra-focal associé à une ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée, qu'une reprise chirurgicale pour déplacement secondaire après traitement initial par brochage intra-

focal , ainsi que l'existence de lésions associées et le défaut de réduction articulaire augmenteraient le score prédictif d'algoneurodystrophie de Laulan et coll ⁸⁶ de façon statistiquement significative.

L'expérience du chirurgien semblerait également jouer un rôle dans la survenue des complications. En effet Ward et al ⁵⁸ dans leur série rétrospective regroupant 92 patients, objectivaient que les 30 premiers patients avec une fracture de l'extrémité distale du radius ostéosynthésée par une plaque antérieure verrouillée présentaient significativement plus de complications (37% de complications) que ceux traités par la suite (17% de complications) ($p=0,03$). Cela correspond probablement à la courbe d'apprentissage à la fois du matériel et de la voie d'abord. En particulier une traction excessive sur le poignet serait à l'origine de complications sur le nerf médian ainsi que des essais multiples de brochage de stabilisation (transitoires ou définitifs) seraient également mis en cause dans les complications tendineuses et nerveuses (une atteinte de la branche sensitive du nerf radiale à l'origine de séquelles dysesthésiques invalidantes et/ou une atteinte du nerf interosseux postérieur). Par ailleurs dans sa série il ne retrouvait pas de différence significative du taux de complication en fonction du sexe ou de l'âge du patient (plus ou moins de 50 ans). Un résultat intéressant ressortait, avec une tendance à l'augmentation des complications chez les patients opérés plus de 10 jours après l'accident ($p=0,07$).

Tableau 8 : Complications chirurgicales des différentes séries par plaques antérieures

| | Recul (mois) | n | complications | SDRC1 | Compression nerf médian | Complications tendineuses | Vis intra-articulaire | Infection | Problèmes cicatriciels (bride, chéloïde) | Conflit radio-carpien |
|---|--------------|----|---------------------------|-------|-------------------------|---|--|---|--|-----------------------|
| Notre série | 12 | 81 | 5 (6%) | 1 | | 1 rupture FPL* | 1 | | 1 | 1 |
| Javed ⁵³ 2015 R♦ | | 62 | 24 chez 14 patients (23%) | 2 | 4 | | | | | 1 |
| Chen ⁴⁴ 2015 R♦ | 6 | 32 | 4 (12,5%) | | 1 | 2 (adhésions tendineuses) | | 1 | | |
| Fowler ¹ 2013 P❖ | 14 (12-22) | 37 | | | | 1 (rupture extenseurs) | 1 | | | |
| Chirpaz-Cerbat ³⁵ 2011 P❖ | 30 | 26 | 10 (33,3%) | 2 | 4 | 1 (irritation fléchisseurs) | | | | |
| Arora ⁵⁶ 2011 P❖ | 12 | 36 | 13 (36%) | 2 | 1 | 9 ténosynovites (5 des extenseurs, 4 des fléchisseurs) 1 rupture EPL** | 1 (vis proéminente dans la styloïde radiale) | | | |
| Ward ⁵⁸ 2011 R♦ | 3 | 92 | 22 (23%) | | 3 | 2 (dysfonctions transitoire du FPL*) | | 3 (infections superficielles sur broches) | | |
| Kwan ⁴⁵ 2011 P❖ | 24 | 75 | 11 (13%) | | 3 | 2 (irritations tendineuses) | 1 | | | |

Tableau 8 (suite)

| | Recul (mois) | n | complications | SDRC1 | Compression nerf médian | Complications tendineuses | Vis intra-articulaire | infection | Problèmes cicatriciels (bride, chéloïde) | Conflit radio-carpien |
|---------------------------------------|--------------|----|---------------|---|-------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|--|-----------------------|
| Figl ³ 2009 P❖ | 12 | 80 | | 2 | | | | | | |
| Gruber ⁴⁶ 2008 P❖ | 12 | 55 | 5 (91%) | | 2 paresthésies | 2 ruptures EPL** | | | | |
| Pichon ⁴⁹ 2008 P❖ | 16 (12-28) | | | 4 | 1 | | | | 1 | |
| Jeudy ³⁷ 2007 P❖ | 14 | 41 | | 8 (dont 3 raideurs douloureuses sans troubles vasomoteur) | 1 | | | | | |
| Chung ⁶⁰ 2006 P❖ | 12 | 87 | 8 (9,2%) | | 1 | | | 5 | | |
| Rozental ⁴³ 2006 P❖ | 17 | 41 | | | | 3 (irritations) | | | | |
| Krimmer ⁸⁷ 2004 R♦ | 66 | 55 | | 1 | | | | | | |
| Koshimune ⁴² 2005 | 12 | 22 | 0 ? | | 0 | 0 | | | | |
| Arora ⁴¹ 2005 | 6 | 19 | 3(16%) | | 1 | | | | | |
| Prokop ⁶¹ 2004 P❖ | 12 | 40 | 3 (7,5%) | 1 | 2 | | | | | |

Tableau 8 (suite)

| | Recul (mois) | n | complications | SDRC1 | Compression nerf médian | Complications tendineuses | Vis intra-articulaire | infection | Problèmes cicatriciels (bride, chéloïde) | Conflit radio-carpien |
|---|--------------|---------|---------------|-------|-------------------------|---|-----------------------|-----------|--|-----------------------|
| Orbay ⁶² 2004 R ♦ | 16 | 24 | 1 (4,2%) | 1 | | | | | | |
| Schutz ⁸⁸ 2003 P ❖ | 6 | 24 | | | | | 1 | | | |
| Sakhaii ⁸⁹ 2003 P ❖ | 10 | 10 0 | | | | | 1 | | | |
| Drobetz ³⁹ 2003 | 26 | 50 | 16 (32%) | 3 | 1 | 8 (6 ruptures du FPL , 1 rupture EPL , 1 rupture du FDP*** de l'index | | 2 | | |
| Orbay ⁹⁰ 2002 | 12,5 | 54 | 1 (1,9%) | | | 1 (irritation extenseurs) | | | | |
| Kamano ⁹¹ 2002 | 14 | | 0 ? | | | 0 | | | | |

FPL** : *Flexor pollicis longus* ; ** **EPL** : *Extensor pollicis longus* ; **FDP** : *Flexor digitorum profundus* ;

♦**R**= Rétrospectif ; ❖**P** = Prospectif

Quel type d'ostéosynthèse ? Pour quel patient ?

Aujourd'hui le traitement par réduction-plâtre isolé des fractures de l'extrémité distale du radius instable (comminution métaphysaire, grand déplacement) chez des patients autonomes, à haute demande fonctionnelle semble difficilement envisageable. Cependant certains auteurs semblent lui laisser encore une place, tels que Arora et coll⁵⁶. Dans leur série prospective randomisée, ils ne retrouvaient pas, à un an de recul, de différence statistiquement significative sur le plan des mobilités et des scores fonctionnels entre le traitement orthopédique et chirurgical par plaque. Seule la force de poigne était meilleure dans le groupe des patients traités par une ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée. Cependant durant les 3 premiers mois post-opératoires les scores fonctionnels étaient statistiquement meilleurs pour les patients ayant bénéficié d'une ostéosynthèse par plaque. Selon lui l'ostéosynthèse serait donc à préférer au traitement orthopédique chez les patients voulant récupérer une fonction rapide.

Néanmoins la restitution anatomique et surtout un montage stable semblent être les garants d'une récupération rapide et totale.

Aujourd'hui de nombreux moyens d'ostéosynthèse sont en notre possession :

- *Plaque antérieure verrouillée versus plaque antérieure non verrouillée*

L'intérêt d'une plaque verrouillée est d'augmenter la résistance de l'implant aux sollicitations jusqu'à quatre fois. L'absence de mobilité entre vis et plaque permet en cas d'os « fragile » ou de comminution, de transmettre à l'os sous-chondral les sollicitations^{4,92}. Des études biomécaniques ont retrouvé une supériorité des plaques antérieures verrouillées par rapport aux plaques non verrouillées en terme de résistance⁹³. Ce que confirme Kumar³⁶ dans une série randomisée comparative récente de 60 patients (30 patients dans chacun des groupes) où il observait une supériorité statistiquement significative dans le groupe des plaques verrouillées par rapport aux plaques non verrouillées en terme de stabilité des paramètres radiologiques.

A l'inverse quelques études biomécaniques ne semblent pas retrouver de supériorité en terme de rigidité⁹⁴⁻⁹⁶. Ce que confirme Koshimune et coll.⁴² dans une série randomisée

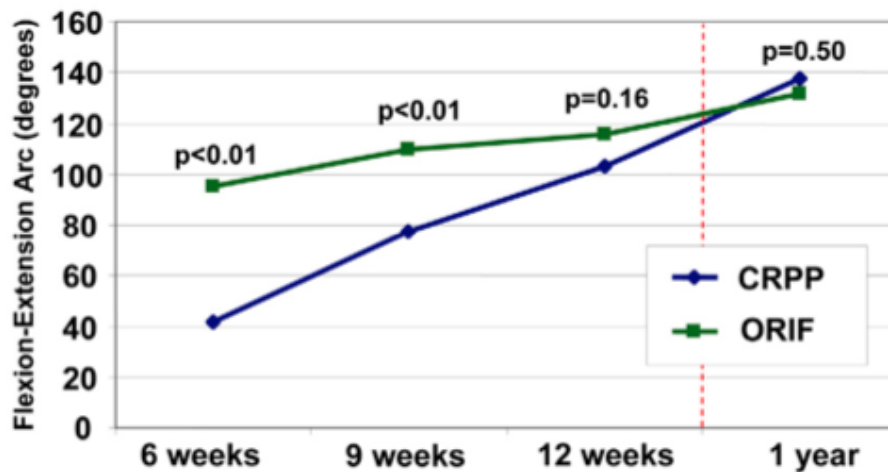
comparative publiée en 2005, qui ne retrouvaient pas au terme du suivi de différence statistiquement significative entre plaques verrouillées et non verrouillées sur l'ensemble des critères radiologiques (antéversion de la glène radiale, inclinaison radiale frontale et hauteur radiale). L'amélioration des paramètres radiologiques était retrouvée dans les 2 groupes sans différence significative.

Selon nous, il apparaît logique aujourd'hui de proposer, lorsqu'une ostéosynthèse par plaque est justifiée, l'utilisation d'une plaque antérieure verrouillée, et ce, d'autant plus que l'os est porotique.

- *Plaque antérieure verrouillée versus brochage percutané*

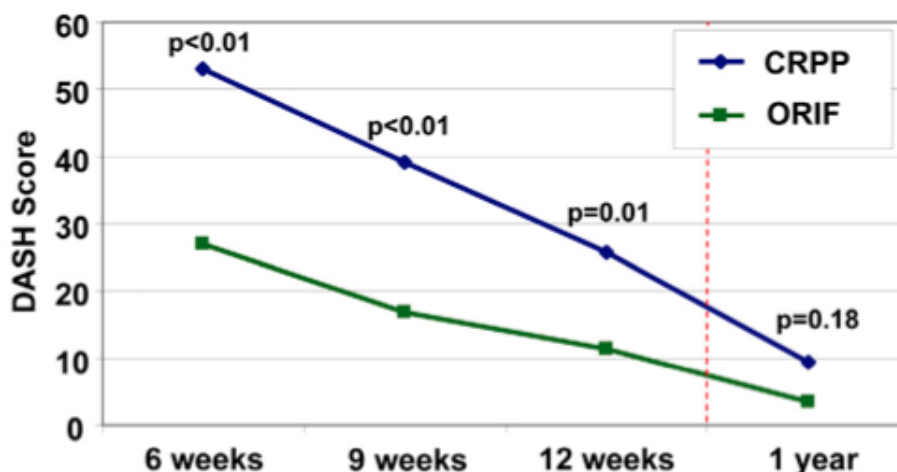
La plaque antérieure verrouillée très populaire actuellement, a tendance à relayer le brochage au second plan. La diminution des déplacements secondaires de l'ordre de 30% et une mobilisation très précoce en sont probablement les raisons premières.

L'augmentation de stabilité des plaques par rapport au brochage a été montrée sur modèle cadavérique par Knox⁹⁷. Cette étude biomécanique confirmait la stabilité des plaques antérieures par rapport aux brochages dans les fractures instables de l'extrémité distale du radius à bascule postérieure. Ce résultat a été étayé par l'étude prospective comparative randomisée de Rozental⁹⁸. Sa série comptait 45 fractures de l'extrémité distale du radius consécutives (extra-articulaires à déplacement dorsale et articulaires simples) : 22 avaient bénéficié d'un brochage percutané et 23 d'une ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée. L'âge moyen des patients était respectivement de 52 et 51 ans dans chacun des groupes. Les patients traités par plaque antérieure verrouillée avaient de meilleurs résultats cliniques (mobilité et force) à 6 et 9 semaines (Figure 13) et des scores fonctionnels (DASH) à 6,9 et 12 semaines (Figure 14) de façon statistiquement significative. A un an de recul cette différence n'était plus statistiquement significative. En ce qui concerne les critères radiologiques il n'y avait aucune différence significative tout au long du suivi entre les deux groupes. Par ailleurs on notait plus de complications dans le groupe des patients traités par un brochage. Il s'agissait majoritairement de complications mineures (irritations des tendons extenseurs, infections superficielles, raideur des doigts).



CRPP= closed reduction and percutaneous pin fixation ORIF : Open reduction and internal fixation

Figure 13 : Evolution dans le temps des moyennes de mobilité en flexion et extension dans les 2 groupes



CRPP= closed reduction and percutaneous pin fixation ORIF : Open reduction and internal fixation

Figure 14 : Evolution dans le temps des moyennes du score DASH dans les 2 groupes

Une méta-analyse récente initiée par Chaudhry⁹⁹ avec 875 patients semble confirmée les résultats préliminaires retrouvés par Rozental⁹⁸. Les patients traités par plaque antérieure verrouillée avaient de meilleurs résultats fonctionnels avec un score DASH statistiquement meilleur à 3 ($p < 0.001$) et 12 mois ($p = 0,004$) et des mobilités légèrement supérieures pour la flexion ($3,7^\circ$; $p = 0,04$) et la supination ($4,1^\circ$; $p = 0,02$) uniquement à 3 mois. En ce qui concerne les résultats radiologiques il n'y avait également aucune différence entre les 2 traitements. Le taux de complications n'était pas significativement différent en dehors des infections superficielles, supérieures dans le groupe des patients traités par brochage (8.2% versus 3.2% ; RR = 2.6 ; $p = 0.001$).

En intégrant ces résultats il apparaît intéressant de proposer une synthèse par plaque antérieure verrouillée au patient désireux reprendre une activité précoce.

Une comparaison de ces 2 traitements, chez les patients plus âgés était également nécessaire. C'est le cas d'une étude prospective multicentrique non encore publiée, présentée en communication particulière à la Sofcot en 2014 par une équipe clermontoise (Corvaisier et coll), qui analysait une série de 90 patients de plus de 60 ans ; 45 étaient randomisés dans le groupe brochage et 45 autres dans le groupe plaque. Chez cette population plus âgée, les résultats fonctionnels étaient similaires aux autres études avec des meilleurs résultats statistiquement significatifs jusqu'à 6 mois pour devenir non significatifs à 1 an en ce qui concerne les mobilités. En terme de stabilité on notait une détérioration de l'antéversion de glène ($p < 0,05$) et de l'index radio ulnaire dans le groupe des broches par rapport aux plaques. De plus, les complications cutanées ($p = 0,009$) et l'algoneurodystrophie ($p = 0,044$) étaient significativement plus élevées chez les patients ayant bénéficié d'un brochage.

Oshige et coll.¹⁰⁰ s'intéressaient également dans leur étude aux patients de plus de 60 ans. L'âge moyen du groupe brochage intra focal ($n=31$) et celui des patients traités par plaque antérieure verrouillée ($n=31$) était respectivement de 70,7 et 69,9 ans. Les deux groupes avaient des populations comparables en terme d'âge et de sexe. Au dernier recul les résultats radiologiques mettaient en évidence une détérioration significative de l'index radio-ulnaire uniquement dans le groupe du brochage ($p < 0,01$). Un index radio-ulnaire pré opératoire supérieur à +5 mm et une densité minérale osseuse inférieure à 70% de la densité osseuse d'un adulte jeune (critère d'ostéoporose au Japon) étaient les 2 facteurs retrouvés à l'origine d'une détérioration significative ($p < 0,05$ pour chacun des 2 facteurs) plus importante de l'index radio-ulnaire uniquement dans le groupe des patients brochés.

Il apparaît donc que chez les patients âgés (plus de 60 ans) seul le traitement par plaque antérieure verrouillée peut, indépendamment de l'index radio-ulnaire initial et de la densité osseuse, maintenir l'index radio-ulnaire. Par ailleurs cette série retrouvait une récupération des mobilités et de la force plus précoce dans le groupe des plaques par rapport aux broches mais également une flexion ($p < 0,01$) et une force ($p < 0,01$) supérieures au terme du suivi (13 mois).

S.Delclaux dans une série toulousaine non encore publiée présentée à la Sofcot en 2015, regroupait 147 fractures de l'extrémité distale du radius à bascule postérieure (majoritairement extra-articulaires) dont 38% avaient bénéficié d'un traitement par brochage intra-focal (71 patients). Les résultats retrouvaient, parmi les patients traités par brochage, 43 % de déplacement secondaire avec un déplacement secondaire chez 88% des patients de plus de 70 ans. Le faible taux de déplacement secondaire chez les patients plus jeunes et en particulier parmi les patients de moins de 20 ans (12,5%), permettait selon eux de garder dans

son éventail thérapeutique le brochage pour les fractures extra articulaires du radius à bascule postérieure sans comminution chez les patients de moins de 70 ans.

- *Plaque antérieure verrouillée versus fixateur externe*

Les fractures de l'extrémité distale du radius avec une importante comminution métaphysaire et /ou épiphysaire entraînée par un traumatisme à haute cinétique demeure l'indication où la fixation externe semble trouvée sa place aujourd'hui pour certains auteurs^{101,102}. L'indication d'un brochage associé à la fixation externe a montré de meilleurs résultats sur la réduction de la bascule dorsale et sur la force de poigne¹⁰³.

Cependant ce moyen d'ostéosynthèse semble être remis en question par certaines études. C'est le cas d'une méta-analyse publiée en 2005 par Margaliot⁶⁶ qui ne retrouvait pas de supériorité du fixateur externe pour ces fractures instables par rapport aux traitements par plaques. Dans cette méta-analyse étaient comparées 917 fractures de l'extrémité distale du radius instables traitées par fixateurs externes avec 603 fractures de l'extrémité distale du radius instable traitées par plaques (50% de plaques dorsales et 50% de plaques palmaires). Celle-ci ne retrouvait pas de différence statistiquement significative clinique ni radiologique entre les 2 groupes. Cependant le taux d'infection, de démontage de matériel, et de paresthésie était plus élevé avec le fixateur externe alors que les complications tendineuses étaient plus élevées après plaque.

D'autres études plus récentes semblent montrées de meilleurs résultats fonctionnels avec le traitement par plaque par rapport à celui de la fixation externe¹⁰⁴⁻¹⁰⁷. C'est le cas de Jeudy et al.¹⁰⁴ qui a mené en 2012 une étude comparative randomisée entre 39 fractures complexes de l'extrémité distale du radius traitées par fixateur externe (parfois associé à un brochage percutané) à 36 fractures complexes traitées par plaque antérieure verrouillée. Il n'y avait aucune différence statistique significative en ce qui concerne l'antéversion de la glène, la pente radiale frontale et l'index radio ulnaire entre les 2 groupes. Le score fonctionnel de Green et O'Brien modifié par Cooney^{108,109} était également statistiquement meilleur dans le groupe des patients traités par plaque.

Les résultats de Grewal¹⁰⁵ vont dans le même sens avec sa série prospective randomisée avec 27 patients traités par plaques antérieure verrouillée et 26 par fixation externe où il trouve également des résultats fonctionnels supérieurs en faveur des plaques avec des scores PRWE statistiquement meilleurs chez les patients traités par plaques antérieures par rapport à ceux ayant bénéficié d'une fixation externe (p=0,05 à 3 mois). Ces résultats fonctionnels redevaient à peu près identiques dans les 2 groupes à un an post-opératoire. Il faut modérer

ces résultats par le fait que le PRWE préopératoire était plus mauvais chez les patients traités par fixation externe par rapport à ceux ostéosynthésés par une plaque antérieure et par le fait que les premières plaques posées étaient des plaques dorsales. Richard¹⁰⁷ dans sa série de 115 patients retrouvait également de meilleurs résultats fonctionnels dans le groupe des patients traités par plaques

Quant aux résultats radiologiques, ils sont également en faveur du traitement par plaques antérieures^{106,107}. L'étude prospective randomisée de Williksen¹⁰⁶ le prouve. Il a pu suivre 104 fractures instables de l'extrémité distale du radius pendant 1 an. 50 étaient incluses dans le groupe « ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée » et 54 dans le groupe « fixation externe ». L'âge moyen de la population était de 54 ans. A 1 an, le groupe des patients traités par plaques avait un meilleur score Mayo du poignet (90vs85)^{109,110} (p = 0,02) et une meilleure supination (89 vs 85) (p=0,03) , toutes les autres valeurs fonctionnelles étaient non statistiquement significatives (quick DASH, Echelle Visuelle Analogique) . Sur le plan radiologique à un an l'index radio-ulnaire était statistiquement meilleur dans le groupe traité par plaques antérieures verrouillées (+1,4mm, vs 2,2mm ; p = 0,012). Le taux de complications était relativement similaire dans les 2 groupes (29% pour les plaques vs 30% pour le fixateur externe), avec néanmoins plus d'infections dans le groupe fixateur externe.

La place de la fixation externe aujourd'hui, ne semble donc plus aussi certaine dans la prise en charge de ces fractures complexes de l'extrémité distale du radius.

- *Comparaison des complications des différents traitements*

Une analyse systématique des complications de 21 séries de la littérature a été réalisée par Diaz-Garcia et coll⁸⁵ en 2011. De celle-ci ressortait que le traitement par plaque antérieure verrouillée entraînait moins de complications mineures (infections superficielles) et majeures ne nécessitant pas de reprise chirurgicale (lésion nerveuse : branche superficielle du nerf radiale, nerf ulnaire, nerf médian et sa branche cutanée palmaire, SDRC) par rapport au brochage et à la fixation externe de façon statistiquement significative. En revanche il entraînait plus de complications majeures nécessitant une reprise chirurgicale (rupture tendineuse, syndrome du canal carpien, infection).

Attitude pratique :

Devant la grande diversité des fractures de l'extrémité distale du radius et le faible niveau de preuve de la littérature une attitude univoque ne peut être établie. Cependant Obert, lors de sa conférence d'enseignement présentée à la Sofcot en 2010 et publiée en 2013¹¹¹ a proposé une attitude thérapeutique basée sur la classification des fractures de l'extrémité distale du radius MEU de Laulan¹¹². Cette classification qui se veut thérapeutique, pronostique et reproductible analyse séparément les différentes composantes fracturaires : métaphysaire (M) épiphysaire (E) et de l'ulna distale (U) (Annexe 4). En cas de fracture métaphysaire inférieure ou égale à M2, associée ou non à une lésion épiphysaire inférieure ou égale à E2, un brochage intra et extra focal peut être utilisé. Ces deux types de brochage peuvent être associés.¹¹³⁻¹¹⁵

En cas de fracture métaphysaire isolée, supérieure à M2, une ostéosynthèse par plaque antérieure à vis verrouillée est nécessaire. En cas de lésion épiphysaire supérieure à E2, un fixateur externe avec brochage complémentaire sera souvent indispensable¹⁰³. Dans ces situations, des fragments articulaires déplacés nécessitent souvent pour être réduits et fixés de la façon la plus anatomique possible un abord complémentaire (à ciel ouvert ou sous arthroscopie)^{116,117}.

Indépendamment de la classification MEU de Laulan, en cas d'os fragile en peropératoire ou de patient de plus de 70 ans, une ostéosynthèse par plaque antérieure à vis verrouillée peut être utilisée même si un brochage avait initialement été envisagé.

Analyse économique:

Le nombre grandissant des fractures de l'extrémité distale du radius pose le problème de leur coût. Shyamalan¹¹⁸ dans une publication de 2009 estimait qu'en additionnant les frais d'hospitalisation, de prise en charge du bloc opératoire et du matériel utilisé, le traitement par plaque antérieure verrouillée coûtait 1549 livres de plus que le traitement par brochage. Cette différence est en partie due à la durée supplémentaire du geste chirurgical de 65 minutes en moyenne pour l'ostéosynthèse par plaque par rapport au traitement par broche. Cependant cette analyse ne prend pas en compte les coûts globaux des 2 prises en charge (kinésithérapie, arrêt de travail...). Toutefois, ce coût est à mettre en parallèle, avec une reprise possible des activités plus précoce après ostéosynthèse par plaque. Le retrait systématique des broches à 6 semaines modifie également les coûts de prise en charge. Quant à Chauver et coll.¹¹⁹ ils ont analysé le coût des 4 différents traitements : traitement orthopédique, brochage, plaque et

fixation externe. Ils ont évalué le coût de la prise en charge de chaque traitement en y intégrant un indice de qualité de vie par année d'espérance de vie du patient. Il en résulte que le traitement par plaque était préféré aux autres par les patients car il permettait une reprise plus rapide des activités. Le traitement par plaque était bien le traitement le plus onéreux, mais en analysant ce résultat en parallèle de la qualité de vie, il était jugé comme un traitement économiquement « rentable ». Le vieillissement de la population augmentera sans doute l'incidence de cette fracture, et choisir le traitement approprié, représentera donc un véritable enjeu socio-économique ¹²⁰.

CONCLUSION

Les fractures de l'extrémité distale du radius sont en constante augmentation. Le vieillissement de la population en est l'une des causes. De nombreux facteurs de risques sont incriminés dans la survenue de la fracture de l'extrémité distale du radius, le plus important semble être l'ostéoporose. Actuellement, il n'y a pas de consensus sur la prise en charge des fractures de l'extrémité distale du radius. L'ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée a gagné récemment en popularité. Celle-ci est surtout visible à travers l'extension de leur indication à des fractures extra-articulaires (groupe A de la classification AO) autrefois traitées par brochage. L'ostéosynthèse par plaques antérieures verrouillées représente une alternative thérapeutique fiable avec un excellent résultat fonctionnel, qui semble plus précoce qu'après brochage⁹⁸. Néanmoins, le risque de perte de réduction ne peut pas être entièrement écarté en particulier chez les patients de plus de 60 ans. Pour limiter la perte de l'index radio-ulnaire, il semble utile d'associer à l'ostéosynthèse par plaque des substituts osseux pour les fractures comminutives sur os porotique⁷¹ ainsi que pour les fractures dites « stables » avec impaction métaphysaire et veiller à mettre les vis verrouillées épiphysaires le plus proche possible de l'os sous chondral⁴⁰.

Le coût supérieur de ce traitement est compensé par la récupération fonctionnelle plus précoce. L'incidence des fractures distales du radius augmente avec le vieillissement de la population, et représente ainsi un enjeu de santé publique majeur.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Fowler JR, Ilyas AM.** Prospective evaluation of distal radius fractures treated with variable-angle volar locking plates. *J Hand Surg* 2013;38:2198–203.
- [2] **Cummings SR, Black DM, Rubin SM.** Lifetime risks of hip, Colles', or vertebral fracture and coronary heart disease among white postmenopausal women. *Arch Intern Med* 1989;149:2445–8.
- [3] **Figl M, Weninger P, Liska M, Hofbauer M, Leixnering M.** Volar fixed-angle plate osteosynthesis of unstable distal radius fractures: 12 months results. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:661–9.
- [4] **Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, Kummer FJ, Koval KJ.** Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Trauma* 2004;18:488–93.
- [5] **Beaton DE, Wright JG, Katz JN, Upper Extremity Collaborative Group.** Development of the QuickDASH: comparison of three item-reduction approaches. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:1038–46.
- [6] **MacDermid JC.** Development of a scale for patient rating of wrist pain and disability. *J Hand Ther Off J Am Soc Hand Ther* 1996;9:178–83.
- [7] **Henry AK.** *Extensile Exposure Applied to Limb Surgery*, 2nd edn (E and Livingstone: Edinburgh 1955).
- [8] **Nelson D.** Anatomy notes and their clinical significance for the volar approach.
- [9] **Zollinger PE, Tuinebreijer WE, Breederveld RS, Kreis RW.** Can vitamin C prevent complex regional pain syndrome in patients with wrist fractures? A randomized, controlled, multicenter dose-response study. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:1424–31.
- [10] **Porter M, Stockley I.** Fractures of the distal radius. Intermediate and end results in relation to radiologic parameters. *Clin Orthop* 1987;241–52.
- [11] **Birklein F, Schlereth T.** Complex regional pain syndrome-significant progress in understanding. *Pain* 2015;156 Suppl 1:S94–103.
- [12] **Graff S, Jupiter J.** Fracture of the distal radius: classification of treatment and indications for external fixation. *Injury* 1994;25 Suppl 4:S – D14–25.
- [13] **O'Malley MP, Rodner C, Ritting A, Cote MP, Leger R, Stock H, et al.** Radiographic interpretation of distal radius fractures: visual estimations versus digital measuring techniques. *Hand N Y N* 2014;9:488–93.
- [14] **van Buijtenen JM, van Tunen MLC, Zuidema WP, Heilbron EA, de Haan J, de Vet HCW, et al.** Inter- and intra-observer agreement of the AO classification for operatively treated distal radius fractures. *Strateg Trauma Limb Reconstr Online* 2015;10:155–9.
- [15] **Plant CE, Hickson C, Hedley H, Parsons NR, Costa ML.** Is it time to revisit the AO classification of fractures of the distal radius? Inter- and intra-observer reliability of the AO classification. *Bone Jt J* 2015;97-B:818–23.
- [16] **Oyen J, Brudvik C, Gjesdal CG, Tell GS, Lie SA, Hove LM.** Osteoporosis as a risk factor for distal radial fractures: a case-control study. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:348–56.
- [17] **Thompson PW, Taylor J, Dawson A.** The annual incidence and seasonal variation of fractures of the distal radius in men and women over 25 years in Dorset, UK. *Injury* 2004;35:462–6.
- [18] **van Staa TP, Dennison EM, Leufkens HG, Cooper C.** Epidemiology of fractures in England and Wales. *Bone* 2001;29:517–22.

- [19] **Singer BR, McLauchlan GJ, Robinson CM, Christie J.** Epidemiology of fractures in 15,000 adults: the influence of age and gender. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:243–8.
- [20] **Øyen J, Rohde G, Hochberg M, Johnsen V, Haugeberg G.** Low bone mineral density is a significant risk factor for low-energy distal radius fractures in middle-aged and elderly men: a case-control study. *BMC Musculoskelet Disord* 2011;12:67.
- [21] **Melton LJ, Christen D, Riggs BL, Achenbach SJ, Müller R, van Lenthe GH, et al.** Assessing forearm fracture risk in postmenopausal women. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 2010;21:1161–9.
- [22] **Dumontier C, Herzberg G.** Les fractures fraîches du radius distal chez l'adulte. *Rev Chir Orthop* 2001871S67-1S141
- [23] **Nevitt MC, Cummings SR.** Type of fall and risk of hip and wrist fractures: the study of osteoporotic fractures. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J Am Geriatr Soc* 1993;41:1226–34.
- [24] **Nguyen TV, Center JR, Sambrook PN, Eisman JA.** Risk factors for proximal humerus, forearm, and wrist fractures in elderly men and women: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *Am J Epidemiol* 2001;153:587–95.
- [25] **Kelsey JL, Prill MM, Keegan THM, Tanner HE, Bernstein AL, Quesenberry CP, et al.** Reducing the risk for distal forearm fracture: preserve bone mass, slow down, and don't fall! *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 2005;16:681–90.
- [26] **Kelsey JL, Browner WS, Seeley DG, Nevitt MC, Cummings SR.** Risk factors for fractures of the distal forearm and proximal humerus. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Am J Epidemiol* 1992;135:477–89.
- [27] **Ivers RQ, Cumming RG, Mitchell P, Peduto AJ.** Risk factors for fractures of the wrist, shoulder and ankle: the Blue Mountains Eye Study. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 2002;13:513–8.
- [28] **Vogt MT, Cauley JA, Tomaino MM, Stone K, Williams JR, Herndon JH.** Distal radius fractures in older women: a 10-year follow-up study of descriptive characteristics and risk factors. The study of osteoporotic fractures. *J Am Geriatr Soc* 2002;50:97–103.
- [29] **Keegan THM, Gopalakrishnan G, Sidney S, Quesenberry CP, Kelsey JL.** Hormone replacement therapy and risk for foot, distal forearm, proximal humerus, and pelvis fractures. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 2003;14:469–75.
- [30] **Honkanen RJ, Honkanen K, Kröger H, Alhava E, Tuppurainen M, Saarikoski S.** Risk factors for perimenopausal distal forearm fracture. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 2000;11:265–70.
- [31] **Feskanich D, Willett WC, Stampfer MJ, Colditz GA.** A prospective study of thiazide use and fractures in women. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 1997;7:79–84.
- [32] **O'Neill TW, Marsden D, Adams JE, Silman AJ.** Risk factors, falls, and fracture of the distal forearm in Manchester, UK. *J Epidemiol Community Health* 1996;50:288–92.
- [33] **Clayton RAE, Gaston MS, Ralston SH, Court-Brown CM, McQueen MM.** Association between decreased bone mineral density and severity of distal radial fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:613–9.
- [34] **Chen C-W, Huang T-L, Su L-T, Kuo Y-C, Wu S-C, Li C-Y, et al.** Incidence of subsequent hip fractures is significantly increased within the first month after distal radius fracture in patients older than 60 years. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;74:317–21.
- [35] **Chirpaz-Cerbat J-M, Ruatti S, Houillon C, Ionescu S.** Dorsally displaced distal radius fractures treated by fixed-angle volar plating: Grip and pronosupination strength recovery. A prospective study. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2011;97:465–70.
- [36] **Kumar S, Chopra RK, Sehrawat S, Lakra A.** Comparison of treatment of unstable

- intra articular fractures of distal radius with locking plate versus non-locking plate fixation. *J Clin Orthop Trauma* 2014;5:74–8.
- [37] **Jeudefy J, Pernin J, Cronier P, Talha A, Massin P.** [Locked volar plating for complex distal radius fractures: maintaining radial length]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot* 2007;93:435–43.
- [38] **Mignemi ME, Byram IR, Wolfe CC, Fan K-H, Koehler EA, Block JJ, et al.** Radiographic outcomes of volar locked plating for distal radius fractures. *J Hand Surg* 2013;38:40–8.
- [39] **Drobetz H, Kutscha-Lissberg E.** Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system. *Int Orthop* 2003;27:1–6.
- [40] **Rhee SH, Kim J, Lee YH, Gong HS, Lee HJ, Baek GH.** Factors affecting late displacement following volar locking plate fixation for distal radial fractures in elderly female patients. *Bone Jt J* 2013;95-B:396–400.
- [41] **Arora R, Lutz M, Fritz D, Zimmermann R, Oberladstätter J, Gabl M.** Palmar locking plate for treatment of unstable dorsal dislocated distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005;125:399–404.
- [42] **Koshimune M, Kamano M, Takamatsu K, Ohashi H.** A randomized comparison of locking and non-locking palmar plating for unstable Colles' fractures in the elderly. *J Hand Surg Edinb Scotl* 2005;30:499–503.
- [43] **Rozental TD, Blazar PE.** Functional outcome and complications after volar plating for dorsally displaced, unstable fractures of the distal radius. *J Hand Surg* 2006;31:359–65.
- [44] **Chen C-H, Zhou R-K, Zhen H-Q, Huang L, Jiao Y-J.** Efficacy of volar and dorsal plate fixation for unstable dorsal distal radius fractures. *Int J Clin Exp Med* 2015;8:4375–80.
- [45] **Kwan K, Lau TW, Leung F.** Operative treatment of distal radial fractures with locking plate system-a prospective study. *Int Orthop* 2011;35:389–94.
- [46] **Gruber G, Gerald G, Gruber K, Karl G, Giessauf C, Christian G, et al.** Volar plate fixation of AO type C2 and C3 distal radius fractures, a single-center study of 55 patients. *J Orthop Trauma* 2008;22:467–72.
- [47] **Osada D, Kamei S, Masuzaki K, Takai M, Kameda M, Tamai K.** Prospective study of distal radius fractures treated with a volar locking plate system. *J Hand Surg* 2008;33:691–700.
- [48] **Othman AY.** Fixation of dorsally displaced distal radius fractures with volar plate. *J Trauma* 2009;66:1416–20.
- [49] **Pichon H, Chergaoui A, Jager S, Carpentier E, Jourdel F, Chaussard C, et al.** [Volar fixed angle plate LCP 3.5 for dorsally distal radius fracture. About 24 cases]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot* 2008;94:152–9.
- [50] **Earp BE, Foster B, Blazar PE.** The use of a single volar locking plate for AO C3-type distal radius fractures. *Hand N Y N* 2015;10:649–53.
- [51] **Khamaisy S, Weil YA, Safran O, Liebergall M, Mosheiff R, Khoury A.** Outcome of dorsally comminuted versus intact distal radial fracture fixed with volar locking plates. *Injury* 2011;42:393–6.
- [52] **Cowie J, Anakwe R, McQueen M.** Factors associated with one-year outcome after distal radial fracture treatment. *J Orthop Surg Hong Kong* 2015;23:24–8.
- [53] **Javed S, Shahid R, Thimmiah R, El-Deen M.** Volar locking plate osteosynthesis for distal radial fractures. *J Orthop Surg Hong Kong* 2015;23:323–6.
- [54] **Dario P, Matteo G, Carolina C, Marco G, Cristina D, Daniele F, et al.** Is it really necessary to restore radial anatomic parameters after distal radius fractures? *Injury* 2014;45 Suppl 6:S21–6.
- [55] **Giannotti S, Alfieri P, Magistrelli L, Casella F, Palmeri L, Guido G.** Volar fixation of distal radial fracture using compression plate: clinical and radiographic

evaluation of 20 patients. *Musculoskelet Surg* 2013;97:61–5.

[56] **Arora R, Lutz M, Deml C, Krappinger D, Haug L, Gabl M.** A prospective randomized trial comparing nonoperative treatment with volar locking plate fixation for displaced and unstable distal radial fractures in patients sixty-five years of age and older. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:2146–53.

[57] **Minegishi H, Dohi O, An S, Sato H.** Treatment of unstable distal radius fractures with the volar locking plate. *Ups J Med Sci* 2011;116:280–4.

[58] **Ward CM, Kuhl TL, Adams BD.** Early complications of volar plating of distal radius fractures and their relationship to surgeon experience. *Hand N Y N* 2011;6:185–9.

[59] **Murakami K, Abe Y, Takahashi K.** Surgical treatment of unstable distal radius fractures with volar locking plates. *J Orthop Sci Off J Jpn Orthop Assoc* 2007;12:134–40.

[60] **Chung KC, Watt AJ, Kotsis SV, Margaliot Z, Haase SC, Kim HM.** Treatment of unstable distal radial fractures with the volar locking plating system. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:2687–94.

[61] **Prokop A, Jubel A, Andermah J, Rehm KE.** Do angle stable implants provide advantages? Treatment of distal radius fractures with the locking compression plate (LCP).

[62] **Orbay JL, Fernandez DL.** Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. *J Hand Surg* 2004;29:96–102.

[63] **Huard S, Leclerc G, Sergent P, Serre A, Gasse N, Lepage D, et al.** [Distal radius fracture with dorsal displacement: correlation between functional score, reduction quality and fixation]. *Chir Main* 2010;29:366–72.

[64] **Dubert T, Voche P, Dumontier C, Dinh A.** [The DASH questionnaire. French translation of a trans-cultural adaptation]. *Chir Main* 2001;20:294–302.

[65] **Gartland JJ, Werley CW.** Evaluation of healed Colles' fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1951;33-A:895–907.

[66] **Margaliot Z, Haase SC, Kotsis SV, Kim HM, Chung KC.** A meta-analysis of outcomes of external fixation versus plate osteosynthesis for unstable distal radius fractures. *J Hand Surg* 2005;30:1185–99.

[67] **Zeitoun F, Frot B, Sterin P, Tubiana JM.** [Views necessary for the traumatic wrist]. *Ann Radiol (Paris)* 1995;38:255–65.

[68] **Sennwald GR, Della Santa D.** [Unstable fracture of the distal radius and its treatment: comparison of three techniques: external fixation, intramedullary pinning and AO plates]. *Chir Main* 2001;20:218–25.

[69] **Drobetz H, Bryant AL, Pokorny T, Spitaler R, Leixnering M, Jupiter JB.** Volar fixed-angle plating of distal radius extension fractures: influence of plate position on secondary loss of reduction--a biomechanic study in a cadaveric model. *J Hand Surg* 2006;31:615–22.

[70] **Cognet JM, Dujardin C, Popescu A, Gouzou S, Simon P.** [Rupture of the flexor tendons on an anterior plate for distal radial fracture: four cases and a review of the literature]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot* 2005;91:476–81.

[71] **Goto A, Murase T, Oka K, Yoshikawa H.** Use of the volar fixed angle plate for comminuted distal radius fractures and augmentation with a hydroxyapatite bone graft substitute. *Hand Surg Int J Devoted Hand Up Limb Surg Relat Res J Asia-Pac Fed Soc Surg Hand* 2011;16:29–37.

[72] **Kopylov P, Jonsson K, Thorngren KG, Aspenberg P.** Injectable calcium phosphate in the treatment of distal radial fractures. *J Hand Surg Edinb Scotl* 1996;21:768–71.

[73] **Jupiter JB, Winters S, Sigman S, Lowe C, Pappas C, Ladd AL, et al.** Repair of five distal radius fractures with an investigational cancellous bone cement: a preliminary report. *J Orthop Trauma* 1997;11:110–6.

[74] **Kopylov P, Runnqvist K, Jonsson K, Aspenberg P.** Norian SRS versus external

- fixation in redisplaced distal radial fractures. A randomized study in 40 patients. *Acta Orthop Scand* 1999;70:1–5.
- [75] **Sanchez-Sotelo J, Munuera L, Madero R.** Treatment of fractures of the distal radius with a remodellable bone cement: a prospective, randomised study using Norian SRS. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:856–63.
- [76] **Higgins TF, Dodds SD, Wolfe SW.** A biomechanical analysis of fixation of intra-articular distal radial fractures with calcium-phosphate bone cement. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84-A:1579–86.
- [77] **Jeyam M, Andrew JG, Muir LTSW, MCGovern A.** Controlled trial of distal radial fractures treated with a resorbable bone mineral substitute. *J Hand Surg Edinb Scotl* 2002;27:146–9.
- [78] **Bajammal SS, Zlowodzki M, Lelwica A, Tornetta P, Einhorn TA, Buckley R, et al.** The use of calcium phosphate bone cement in fracture treatment. A meta-analysis of randomized trials. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:1186–96.
- [79] **Obert L, Leclerc G, Lepage D, Forterre O, Tropet Y, Garbuio P.** [Fractures of the distal radius treated by osteosynthesis and injectable bone substitute: a prospective study of 39 patients]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot* 2004;90:613–20.
- [80] **Handoll HHG, Watts AC.** Bone grafts and bone substitutes for treating distal radial fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2008;CD006836.
- [81] **Obert, L.** Ostéosynthèse des fractures récentes de l'extrémité distale du radius de l'adulte.
- [82] **Windisch G, Clement H, Tanzer K, Feigl G, Grechenig W, Anderhuber F, et al.** Promontory of radius: a new anatomical description on the distal radius. *Surg Radiol Anat SRA* 2007;29:629–33.
- [83] **Pichler W, Clement H, Hausleitner L, Tanzer K, Tesch NP, Grechenig W.** Various circular arc radii of the distal volar radius and the implications on volar plate osteosynthesis. *Orthopedics* 2008;31.
- [84] **Buzzell JE, Weikert DR, Watson JT, Lee DH.** Precontoured fixed-angle volar distal radius plates: a comparison of anatomic fit. *J Hand Surg* 2008;33:1144–52.
- [85] **Diaz-Garcia RJ, Oda T, Shauver MJ, Chung KC.** A systematic review of outcomes and complications of treating unstable distal radius fractures in the elderly. *J Hand Surg* 2011;36:824–35.e2.
- [86] **Laulan J, Bismuth JP, Sicre G, Garaud P.** The different types of algodystrophy after fracture of the distal radius. Predictive criteria of the outcome after one year.
- [87] **Krimmer H, Pessenlehner C, Hasselbacher K, Meier M, Roth F, Meier R.** [Palmar fixed angle plating systems for instable distal radius fractures]. *Unfallchirurg* 2004;107:460–7.
- [88] **Schütz M, Kolbeck S, Spranger A, Arndt-Kolbeck M, Haas NP.** [Palmar plating with the locking compression plate for dorsally displaced fractures of the distal radius--first clinical experiences]. *Zentralblatt Für Chir* 2003;128:997–1002.
- [89] **Sakhaii M, Groenewold U, Klonz A, Reilmann H.** [Results after palmar plate-osteosynthesis with angularly stable T-plate in 100 distal radius fractures: a prospective study]. *Unfallchirurg* 2003;106:272–80.
- [90] **Orbay JL, Fernandez DL.** Volar fixation for dorsally displaced fractures of the distal radius: a preliminary report. *J Hand Surg* 2002;27:205–15.
- [91] **Kamano M, Honda Y, Kazuki K, Yasuda M.** Palmar plating for dorsally displaced fractures of the distal radius. *Clin Orthop* 2002;403–8.
- [92] **Cronier P, Pietu G, Dujardin C, Bigorre N, Ducellier F, Gerard R.** The concept of locking plates. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2010;
- [93] **Levin SM, Nelson CO, Botts JD, Teplitz GA, Kwon Y, Serra-Hsu F.** Biomechanical evaluation of volar locking plates for distal radius fractures. *Hand N Y N* 2008;3:55–60.

- [94] **Trease C, McIff T, Toby EB.** Locking versus nonlocking T-plates for dorsal and volar fixation of dorsally comminuted distal radius fractures: a biomechanical study. *J Hand Surg* 2005;30:756–63.
- [95] **Koh S, Morris RP, Patterson RM, Kearney JP, Buford WL, Viegas SF.** Volar fixation for dorsally angulated extra-articular fractures of the distal radius: a biomechanical study. *J Hand Surg* 2006;31:771–9.
- [96] **Willis AA, Kutsumi K, Zobitz ME, Cooney WP.** Internal fixation of dorsally displaced fractures of the distal part of the radius. A biomechanical analysis of volar plate fracture stability. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:2411–7.
- [97] **Knox J, Ambrose H, McCallister W, Trumble T.** Percutaneous pins versus volar plates for unstable distal radius fractures: a biomechanic study using a cadaver model. *J Hand Surg* 2007;32:813–7.
- [98] **Rozenal TD, Blazar PE, Franko OI, Chacko AT, Earp BE, Day CS.** Functional outcomes for unstable distal radial fractures treated with open reduction and internal fixation or closed reduction and percutaneous fixation. A prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:1837–46.
- [99] **Chaudhry H, Kleinlugtenbelt YV, Mundi R, Ristevski B, Goslings JC, Bhandari M.** Are Volar Locking Plates Superior to Percutaneous K-wires for Distal Radius Fractures? A Meta-analysis. *Clin Orthop* 2015;473:3017–27.
- [100] **Oshige T, Sakai A, Zenke Y, Moritani S, Nakamura T.** A comparative study of clinical and radiological outcomes of dorsally angulated, unstable distal radius fractures in elderly patients: intrafocal pinning versus volar locking plating. *J Hand Surg* 2007;32:1385–92.
- [101] **Cronier P, Talha A, Toulemonde JL, Jaeger F, Guntz M.** [Results of distraction by way of external metacarporadial fixation in fracture of the distal end of the radius. Apropos of 97 cases]. *J Chir (Paris)* 1991;128:8–12.
- [102] **Paksima N, Panchal A, Posner MA, Green SM, Mehiman CT, Hiebert R.** A meta-analysis of the literature on distal radius fractures: review of 615 articles. *Bull Hosp Jt Dis N Y N* 2004;62:40–6.
- [103] **Lin C, Sun J-S, Hou S-M.** External fixation with or without supplementary intramedullary Kirschner wires in the treatment of distal radial fractures. *Can J Surg J Can Chir* 2004;47:431–7.
- [104] **Jeudy J, Steiger V, Boyer P, Cronier P, Bizot P, Massin P.** Treatment of complex fractures of the distal radius: a prospective randomised comparison of external fixation “versus” locked volar plating. *Injury* 2012;43:174–9.
- [105] **Grewal R, MacDermid JC, King GJW, Faber KJ.** Open reduction internal fixation versus percutaneous pinning with external fixation of distal radius fractures: a prospective, randomized clinical trial. *J Hand Surg* 2011;36:1899–906.
- [106] **Williksen JH, Frihagen F, Hellund JC, Kvernmo HD, Husby T.** Volar locking plates versus external fixation and adjuvant pin fixation in unstable distal radius fractures: a randomized, controlled study. *J Hand Surg* 2013;38:1469–76.
- [107] **Richard MJ, Wartinbee DA, Riboh J, Miller M, Leversedge FJ, Ruch DS.** Analysis of the complications of palmar plating versus external fixation for fractures of the distal radius. *J Hand Surg* 2011;36:1614–20.
- [108] **Green DP, O’Brien ET.** Open reduction of carpal dislocations: indications and operative techniques. *J Hand Surg* 1978;3:250–65.
- [109] **Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH, Linscheid RL.** Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clin Orthop* 1987;136–47.
- [110] **Amadio PC, Berquist TH, Smith DK, Ilstrup DM, Cooney WP, Linscheid RL.** Scaphoid malunion. *J Hand Surg* 1989;14:679–87.
- [111] **Obert L, Rey P-B, Uhring J, Gasse N, Rochet S, Lepage D, et al.** Fixation of distal radius fractures in adults: a review. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2013;99:216–34.

- [112] **Laulan J, Bismuth J-P, Clément P, Garaud P.** [An analytical classification of fractures of the distal radius: The "M.E.U." classification]. *Chir Main* 2007;26:293-9.
- [113] **Strohm PC, Müller CA, Boll T, Pfister U.** Two procedures for Kirschner wire osteosynthesis of distal radial fractures. A randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86-A:2621-8.
- [114] **Gravier R, Flecher X, Parratte S, Rapaie P, Argenson J-N.** [Trans-styloid and intrafocal pinning for extra-articular extension fractures of the distal radius: prospective randomized postoperative comparison with simple intra-focal pinning]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot* 2006;92:657-62.
- [115] **Cheung G, Pickard S, Ford D.** Distal radius fractures. In: Limb D, Hay SM, editors. *The evidence for orthopedic surgery*. London: TFM publishing; 2007. p. 159-72;
- [116] **Cognet J-M, Bonnomet F, Ehlinger M, Dujardin C, Kempf J-F, Simon P.** [Arthroscopy-guided treatment of fractures of the distal radius: 16 wrists]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot* 2003;89:515-23.
- [117] **Cognet J-M, Martinache X, Mathoulin C.** [Arthroscopic management of intra-articular fractures of the distal radius]. *Chir Main* 2008;27:171-9.
- [118] **Shyamalan G, Theokli C, Pearse Y, Tennent D.** Volar locking plates versus Kirschner wires for distal radial fractures--a cost analysis study. *Injury* 2009;40:1279-81.
- [119] **Shauver MJ, Clapham PJ, Chung KC.** An economic analysis of outcomes and complications of treating distal radius fractures in the elderly. *J Hand Surg* 2011;36:1912-8.e1-3.
- [120] **Shauver MJ, Yin H, Banerjee M, Chung KC.** Current and future national costs to medicare for the treatment of distal radius fracture in the elderly. *J Hand Surg* 2011;36:1282-7.

ANNEXES

Annexe 1 : Quick DASH

| | Aucune difficulté | Difficulté légère | Difficulté moyenne | Difficulté importante | Impossible |
|---|----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|--|
| Dévisser un couvercle serré ou neuf | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Porter des sacs de provisions ou une mallette | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Se laver le dos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Couper la nourriture avec un couteau | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule, du bras ou de la main (bricolage, tennis, golf etc.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Pas du tout | Légèrement | Moyennement | Beaucoup | Extrêmement |
| Pendant les 7 derniers jours , à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Pas du tout limité | Légèrement limité | Moyennement limité | Très limité | Incapable |
| Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main ? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Aucune | Légère | Moyenne | Importante | Extrême |
| Veuillez évaluer la sévérité des symptômes suivants durant les 7 derniers jours . (entourez une réponse sur chacune des lignes) | | | | | |
| Douleur de l'épaule, du bras ou de la main | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras, ou de la main | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Pas du tout perturbé | Un peu perturbé | Moyennement perturbé | Très perturbé | Tellement perturbé que je ne peux pas dormir |
| Pendant les 7 derniers jours , votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

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

Annexe 2 : PRWE

EVALUEZ VOTRE DOULEUR

Pour chaque question, marquez le niveau moyen de douleur ressentie au niveau de votre poignet au cours de la semaine passée en ENTOURANT le chiffre (UN SEUL CHIFFRE) qui correspond le mieux à votre échelle de douleur sur une échelle de 0 à 10.

Le Zéro correspond à aucune douleur et le 10 à la douleur la plus forte que vous ayez ressentie en réalisant l'activité demandée.

| Echelle exemple (Ne rien entourer) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------|
| | aucune douleur | | | | | | | | | | douleur extrême |
| - au repos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - en effectuant des tâches nécessitant des mouvements répétés du poignet | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - en soulevant un objet lourd | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - lorsque la douleur est à son maximum | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - avez-vous souvent mal ? (fréquence de la douleur) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

EVALUEZ VOTRE FONCTION

Pour chaque question, marquez le niveau de difficulté rencontré au cours de la semaine passée en ENTOURANT le chiffre (UN SEUL CHIFFRE) qui correspond le mieux à votre difficulté sur une échelle de 0 à 10.

Le Zéro correspond à l'absence totale de difficulté et le 10 à l'incapacité complète à réaliser l'activité demandée.

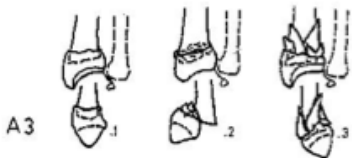
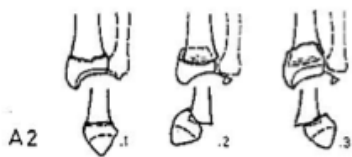
| Echelle exemple (Ne rien entourer) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------|
| | aucune difficulté | | | | | | | | | | incapacité à réaliser |
| a) Activités spécifiques | | | | | | | | | | | |
| - Tourner la poignée d'une porte avec votre main atteinte | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - Couper la viande en utilisant votre main atteinte | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - Fermer les boutons de votre chemise | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - Utiliser votre main atteinte pour vous lever d'une chaise ou un fauteuil | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - Porter un objet de 5Kg avec votre main atteinte | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - Utiliser une serviette de toilette avec votre main atteinte | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| b) Activités courantes <i>Par activités courantes, nous entendons les activités telles que vous les réalisez avant d'avoir un problème avec votre poignet</i> | | | | | | | | | | | |
| - Hygiène et soin personnel (se laver, s'habiller) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - Effectuer des travaux ménagers à domicile (ménage, entretien) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - Effectuer votre travail (activité professionnelle ou travail quotidien habituel) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| - Effectuer vos activités de loisirs habituels | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Annexe 3 : Classification AO

A= Fracture extra-articulaire

B= Fracture articulaire partielle

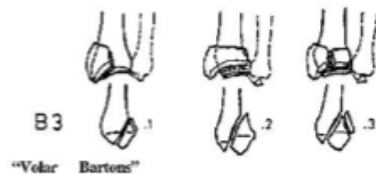
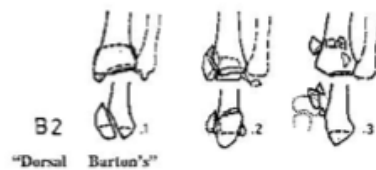
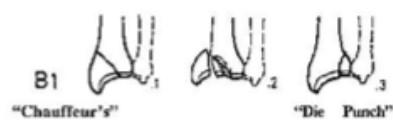
C= Fracture articulaire complet



A1 Fracture extra-articulaire de l'ulna, radius intact :
 1 : Processus styloïde
 2 : Métaphysaire simple
 3 : Métaphysaire multifragmentaire

A2 Fracture extra-articulaire du radius, simple et impactée :
 1 : Sans bascule
 2 : Avec une bascule dorsale
 3 : Avec une bascule antérieure

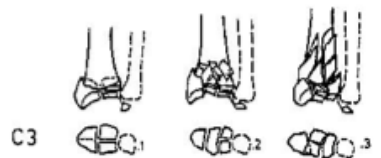
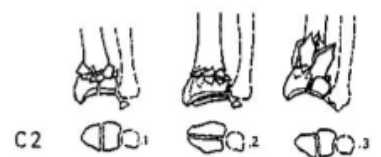
A3 Fracture extra-articulaire du radius, multifragmentaire :
 1 : Impactée avec un raccourcissement axial
 2 : Comminutive
 3 : Complexe



B1 : Fracture articulaire partielle du radius, sagittale :
 1 : Latérale simple
 2 : Latérale multifragmentaire
 3 : médiale

B2 Fracture articulaire partielle du radius, avec fragment dorsal :
 1 : Simple
 2 : Avec une fracture latérale sagittale
 3 : Avec une dislocation dorsale du carpe

B3 Fracture articulaire partielle du radius, avec fragment palmaire
 1 Simple, avec un petit fragment
 2 Simple, avec un large fragment
 3 Multifragmentaire

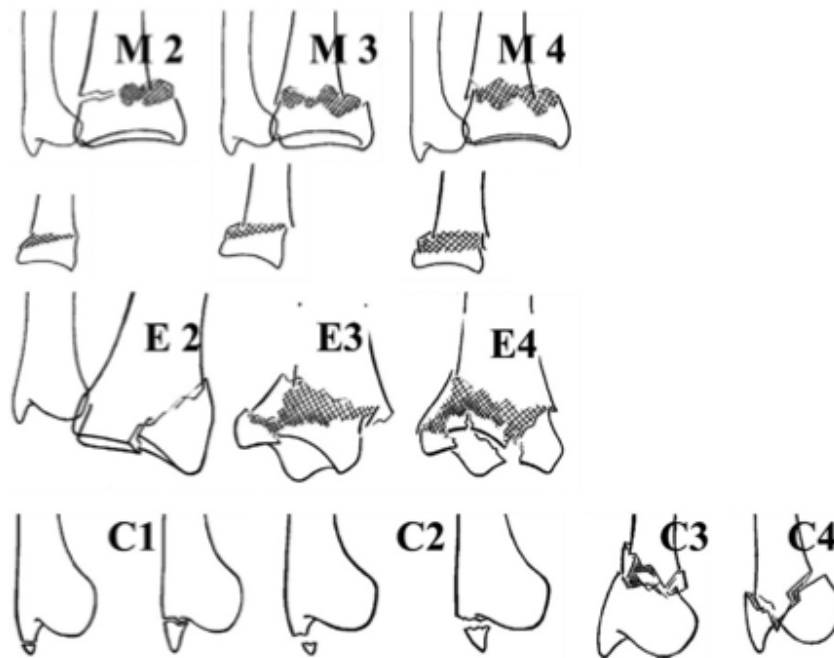


C1 : Fracture articulaire complète du radius, artulaire simple, métaphysaire simple
 1 : fragment artulaire postéro-médial
 2 : Trait artulaire sagittal
 3 : Trait artulaire frontal

C2 Fracture articulaire complète du radius, artulaire simple, métaphysaire multifragmentaire
 1 : Trait artulaire sagittal
 2 : Trait artulaire frontal
 3 : Extension diaphysaire

C3 Fracture articulaire complète du radius, multifragmentaire
 1 : Métaphysaire simple
 2 : Métaphysaire multifragmentaire
 3 : Extension diaphysaire

Annexe 4 : Classification MEU de Laulan



Analyse de la composante métaphysaire :

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 (écaïlle 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 :

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):

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 métaphysodiaphysaire (± styloïde);

C4 : fracture ulnaire métaphysoépiphysaire (± styloïde).

SUMMARY

Objective : Distal radius fractures are frequent. Secondary loss of reduction after osteosynthesis is a frequent complication. The fixation with variable-angle volar locking plate would be a reliable alternative. Objective of this study is to prospectively evaluate the radiographic, objective (range of motion and grip strength) and subjective outcomes of variable-angle volar locking plate fixation for displaced and/or unstable distal radius fractures.

Methods: Between may 2013 and may 2015, we have supported 110 patients with a recent distal radius fracture with variable-angle volar locking plate.

The protocol was the same for all patients: a Henry type volar approach, an osteosynthesis using a Aptus Distal Radius 2,5 (Medartis ®) plate and an early mobilization to 15th days. Patients were scheduled on D0, D45, D90, D180 and 1 year. Patients whose follow-up was incomplete were excluded. The primary objective was to evaluate the difference in the assessments at J0 and J90 about volar tilt, radial inclination and ulnar variance . Clinical analysis comprises measuring the range of motion and evaluation of the grip strength of the wrist, compared to the contralateral side. Two functional scores were used: the Quick Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand (Quick DASH) and the Patient-Rated Wrist Evaluation (PWRE)

Results: We included 81 patients (59 women, 22 men). The average age at time of surgery was 63 years (25-94 years). There was no significant difference between the radiological assessments on D0 and D90 for the volar tilt and radial inclination. However, we noted a statistically significant difference ($p = 0.013$) on the average ulnar variance (J0 = -0,2 mm / J90 = 0,14 mm). Clinical endpoints were significantly improved at every maturity postoperative follow-up. At one year, the average wrist strength was 80.9% compared to the healthy side and the average scores Quick-DASH and PRWE were respectively 22,2/100 (SD 22,12 (0:81,8)) and 16,8/100 (SD 19,77 (0:80)).

Conclusions: Variable-angle volar locking plate represent a way of osteosynthesis with excellent functional results for the care distal radius fractures. Nevertheless, the risk of loss reduction is not entirely ruled out.

Keywords: Distal radial fractures, volar locking plate, variable angle, secondary displacement, complications.

RESUME

Introduction : Les fractures de l'extrémité distale du radius sont fréquentes. La perte secondaire de réduction après ostéosynthèse est une complication fréquente. L'ostéosynthèse par plaque antérieure verrouillée serait une alternative fiable. Une étude de cohorte a été mise en oeuvre pour évaluer le résultat fonctionnel et radiologique du traitement par plaque antérieure verrouillée des fractures de l'extrémité distale du radius.

Matériel et méthode : Entre mai 2013 et mai 2015, nous avons pris en charge 110 patients présentant une fracture de l'extrémité distale du radius récente par plaque antérieure verrouillée. Le protocole était identique dans chaque cas : ostéosynthèse via une voie d'abord antérieure de Henry, utilisation d'une plaque Aptus Distal Radius 2,5 (Medartis®) et mobilisation précoce dès le 15^{ème} jour. Les patients étaient revus à J0, J45, J90, J180 et à 1 an. Les patients dont le suivi était incomplet ont été exclus. Le critère de jugement principal était la différence entre les évaluations à J0 et à J90 de la pente radiale frontale, de l'antéversion de la glène radiale et de l'index radio-ulnaire. L'analyse clinique comprenait la mesure des mobilités articulaires et l'évaluation de la force du poignet par rapport au côté controlatéral. Deux scores fonctionnels ont été utilisés : le Quick-Disabilities of the Arm Shoulder and Hand (Quick-DASH) et le Patient-Rated Wrist Evaluation (PRWE).

Résultats : Nous avons inclus 81 patients (59 femmes, 22 hommes). L'âge moyen au moment de l'intervention était de 63 ans (de 25 à 94 ans). Il n'y avait pas de différence significative entre les évaluations radiologiques à J0 et à J90 concernant la pente et l'antéversion radiales. En revanche, nous avons noté une différence statistiquement significative ($p=0,013$) concernant l'index radio ulnaire moyen (-0,2 mm à J0 et +0,14 mm à J90). Les critères de jugement cliniques se sont améliorés de façon significative à chaque échéance du suivi postopératoire. À un an, la force moyenne du poignet était de 80,9% par rapport au coté sain et les scores moyens Quick-DASH et PRWE étaient respectivement de 22,2/100 (écart type 22,12 (0:81,8)) et de 16,8/100 (écart type 19,77 (0:80)).

Conclusion : Les plaques antérieures verrouillées représentent un moyen d'ostéosynthèse avec un excellent résultat fonctionnel dans la prise en charge des fractures de l'extrémité distale du radius. Néanmoins, le risque de perte de réduction n'est pas entièrement écarté.

Mots clés : Fracture du radius distal, plaque antérieure verrouillée, angle variable, déplacement secondaire, complications.