



LA TECHNIQUE DE MATTI-RUSSE :

Expérience du service de traumatologie orthopédie A

MEMOIRE PRESENTE PAR

Docteur Abdelhamid BOUHOU

Né le 01/08 /1992 à MEKNES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE SPECIALITE EN MEDECINE

OPTION : TRAUMATOLOGIE ORTHOPEDIE

Sous la direction du : Professeur Fawzi BOUTAYEB

Session juin 2024

Pr. BOUTAYEB Fawzi
Chirurgien - Ortho
Chef de Ser
C.H.U. Hassan II - FES

Table des matières :

TABLE DES MATIERES	2
INTRODUCTION	3
PARTIE THEORIQUE	6
PARTIE ETUDE	34
I. PATIENTS ET METHODES	35
II. RESULTATS	50
III. DISCUSSION	53
IV. MISE AU POINT DE LA TECHNIQUE DE MATTI RUSSE MODIFIEE	64
V. RESUMÉ	74
BIBLIOGRAPHIE	76

INTRODUCTION

Les fractures du scaphoïde représentent 60% des fractures du carpe [1].

Cinq à dix pour cent des fractures du scaphoïde carpien, ne consolident pas de manière définitive et évoluent ainsi vers la pseudarthrose [1].

La pseudarthrose du scaphoïde constitue en fait, la complication la plus fréquente et la plus redoutable des fractures de cet os carpien.

Malgré la présence de nouvelles méthodes chirurgicales, le taux de pseudarthrose des fractures du scaphoïde peut atteindre 10 %. La pseudarthrose du scaphoïde peut se présenter avec ou sans nécrose avasculaire du pôle proximal et peut présenter une déformation sur la radiographie. Les remaniements évolutifs du foyer s'installent certes, de façon lente et progressive mais, prédisposent inéluctablement à l'arthrose globale du poignet, entraînant des coûts personnels et économiques et une diminution de la qualité de vie [2].

Le traitement chirurgical vise à corriger la déformation par une réduction ouverte et une fixation interne en plaçant des broches dans le scaphoïde et en procédant à une greffe osseuse. Il existe différents types de greffes osseuses, y compris les greffes osseuses non vasculaires et les greffes osseuses vascularisées qui ont récemment gagné en popularité dans le traitement de la pseudarthrose du scaphoïde, en particulier dans les cas de nécrose avasculaire.

La méthode Matti-Russe est une méthode bien établie, simple et peu coûteuse pour le traitement chirurgical du scaphoïde, présentée par Hermann Matt en 1937 et modifiée par Otto Russe en 1960. Dans cette étude, nous avons décidé d'évaluer les résultats de la méthode chirurgicale de Matti-Russe modifiée sur les pseudarthroses du scaphoïde.

Nous discuterons l'expérience du service de traumatologie A et montrer l'intérêt de la technique de MATTI-RUSSE modifiée dans la prise en charge thérapeutique de cette pathologie, des complications et des facteurs pronostiques.

L'objectif ainsi de l'étude est d'évaluer les résultats cliniques et radiologiques du traitement des pseudarthroses du scaphoïde carpien par greffe cortico spongieuse non vascularisé de Matti-Russe modifié stabilisée par brochage, et répondre à la question de l'actualité de cette technique surtout après l'avènement des greffes vascularisées.

PARTIE THEORIQUE

1. Généralités

Les fractures de l'os scaphoïde sont fréquentes et représentent jusqu'à 60% des fractures des os du carpe (Hove, 1999). Elles surviennent majoritairement chez des sujets jeunes dans les suites d'un traumatisme en hyperextension – compression du poignet.

Une des principales complications est la pseudarthrose dont le taux est estimé, quel que soit le niveau de la fracture, entre 10 et 15% (Hovius et De Jong, 2015).

Les pseudarthroses du scaphoïde sont définies par une absence de consolidation au-delà du 6^{ème} mois. Avant ce délai, il est d'usage d'employer le terme de « retard de consolidation ». Certains facteurs sont reconnus comme favorisant le risque de pseudarthrose tels que le tabac, le retard de diagnostic de la fracture initiale, la localisation proximale du trait de fracture, son déplacement, son caractère jugé instable, ainsi que la nécrose avasculaire (AVN) du pôle proximal et la présence de lésions ligamentaires associées (Özalp et al., 2015; Pao et Chang, 2003; Schuind et al., 1999)

En l'absence de traitement adapté, les pseudarthroses du scaphoïde évoluent progressivement vers la dégénérescence arthrosique de type Scaphoid Nonunion Advanced Collapse – SNAC (Ruby et al., 1985; Vender et al., 1987). Cette arthrose est la conséquence de la déformation morphologique du scaphoïde responsable d'une altération de la biomécanique du carpe avec collapsus intracarpien (Berdia et Wolfe, 2001).

En l'absence d'arthrose SNAC, le traitement sera conservateur avec pour objectifs la consolidation du scaphoïde et la restitution de sa morphologie. Plusieurs techniques chirurgicales sont actuellement proposées pour ces

stades préarthrosiques, allant du simple vissage en compression, aux greffes osseuses vascularisées (pédiculées ou libres), passant par les greffes osseuses non vascularisées (spongieuses ou cortico-spongieuses) (Yeo et Kim, 2018)

De manière générale, ces traitements conduisent à d'excellents taux de consolidation mais aucun n'a prouvé sa supériorité (Ferguson et al., 2016; Munk et Larsen, 2004; Pinder et al., 2015).

2. Rappel sur la vascularisation de l'os scaphoïde

Le scaphoïde possède une vascularisation de type terminal, à pédicule principal unique et rétrograde provenant de l'artère radiale. La branche scaphoïdienne dorsale vascularise les 70 à 80% proximaux et la branche scaphoïdienne palmaire les 20 à 30% distaux (Gelberman et Menon, 1980). L'absence d'anastomose entre ces deux systèmes expose le tiers proximal du scaphoïde à une vascularisation précaire. Toute fracture peut interrompre la vascularisation du pôle proximal qui est donc le plus à risque de pseudarthrose mais également d'AVN.

Le groupe dorsal est issu du segment postérieur de l'artère radiale ou de l'arcade dorsale du carpe ; il est formé de très nombreux vaisseaux de calibre moyen qui abordent l'os sur toute l'étendue de la gouttière postérieure du scaphoïde au niveau de son isthme. La branche dorsale du scaphoïde, la plus volumineuse, assure à elle seule 70 à 80% de la vascularisation du scaphoïde et en particulier la totalité du pôle proximal de façon rétrograde (Gelberman et Menon, 1980).

Le groupe palmaire est issu de l'artère radiale, de son rameau superficiel et accessoirement de la partie latérale de l'arcade palmaire profonde ; ces vaisseaux sont deux fois moins nombreux, mais ils sont volumineux et

disséminés à la face antérieure du scaphoïde, essentiellement au niveau de son tubercule. Ils assurent 20 à 30% de la vascularisation du scaphoïde. Il n'y a pas d'apport vasculaire par le ligament scapho-lunaire.

Au vu de ces constatations anatomiques, une fracture passant en amont de l'isthme compromettrait la vascularisation du pôle proximal du scaphoïde (Figures 1 et 2).

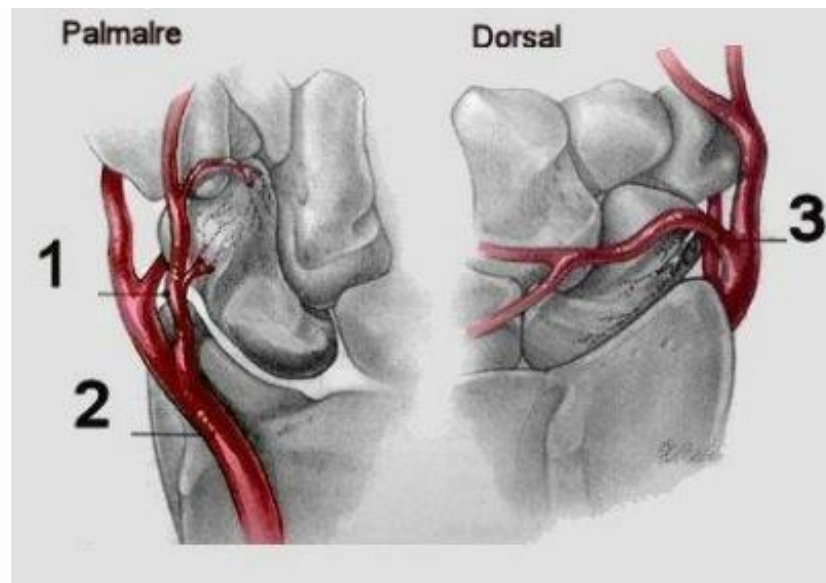


Figure 1. Schémas illustrant la vascularisation de l'os scaphoïde. 1 : branche superficielle palmaire de l'artère radiale, 2 : artère radiale, 3 : branche carpienne dorsale de l'artère radiale

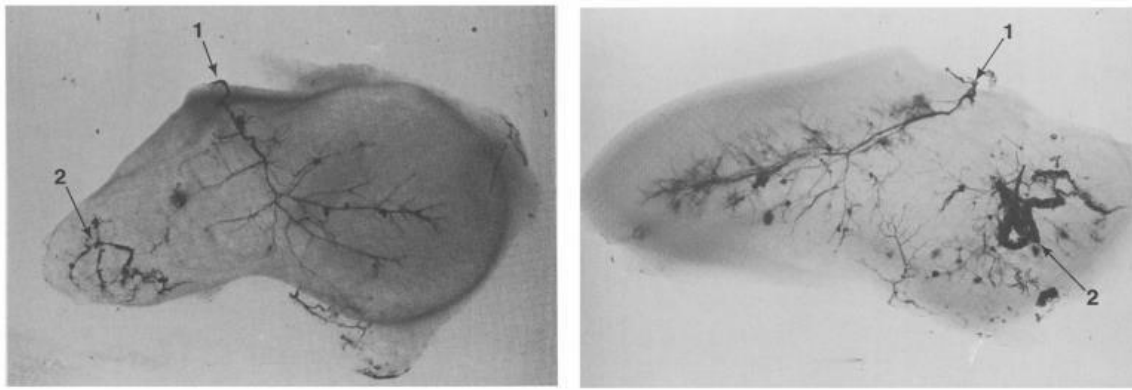


Figure 2. Artériographie montrant l'absence d'anastomose intrascaphoïdienne entre les pédicules vasculaires. 1 : branche scaphoïdienne dorsale, 2 : branche scaphoïdienne palmaire

3. Physiopathologie et évolution des pseudarthroses du scaphoïde

L'évolution des pseudarthroses du scaphoïde est connue depuis de nombreuses années. Il s'agit du développement progressif et inéluctable vers l'arthrose de type SNAC (Ruby et al., 1985; Vender et al., 1987). Celle-ci est liée non seulement à la mobilité dans le foyer de pseudarthrose mais aussi à la déformation du scaphoïde et sa répercussion sur la cohérence spatiale du carpe. L'arthrose SNAC est marquée par des remaniements touchant la styloïde radiale, l'articulation scapho-capitale, et l'articulation capito-lunaire. L'articulation radio-lunaire est classiquement épargnée par ces changements dégénératifs (Figure 3).

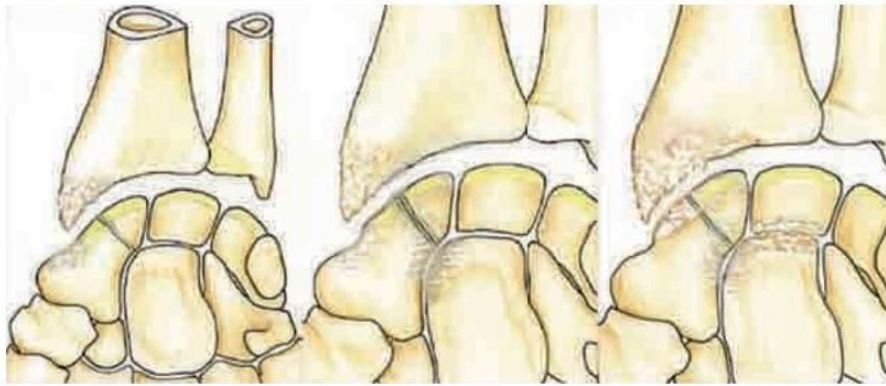


Figure 3 : Illustration de l'évolution de l'arthrose SNAC selon Cooney (1990) en 3 stades. Stade I : Arthrose styloïdo-scaphoïdienne, Stade II : Stade I + arthrose scapho-capitale, Stade III: Stade II + arthrose capito-lunaire.

Buijze et al. (2012) décrivent deux types de déformation du scaphoïde en fonction de la localisation du trait de fracture initial et du défaut osseux. Selon Belsole et al. (1991), la perte osseuse du scaphoïde varierait entre 5 à 15% de son volume osseux total.

La déformation avec déplacement palmaire est généralement observée dans les fractures distales du scaphoïde alors qu'un déplacement dorsal, plus rare, est retrouvé pour les fractures proximales dont le défaut osseux est moindre (Figure 4).

Dans sa forme classique à déplacement palmaire, sous l'effet de la résorption osseuse antérieure et de l'action du plan ligamentaire palmaire du carpe avec notamment le ligament radio-scapho-capital, le scaphoïde a tendance à se plier et se raccourcir (Fisk, 1970). Le pôle proximal du scaphoïde emportant le lunatum par l'intermédiaire du ligament interosseux scapho-lunaire, bascule en extension, la partie distale du scaphoïde se positionnant

en flexion. Le scaphoïde prend alors un aspect « bossu » ou « humpback deformity ». Il en résulte un conflit entre le radius et le pôle distal du scaphoïde source d'arthrose radio-carpienne. La déformation en Dorsal Intercalated Segment Instability – DISI du lunatum est le point de départ de la désaxation intracarpienne source de collapsus et de dégénérescence arthrosique médio-carpienne. Cette perte de hauteur du carpe et l'installation progressive de l'arthrose SNAC sont responsables d'une diminution des mobilités et de la force du poignet. La modification de la congruence harmonieuse des surfaces articulaires en contact explique les douleurs articulaires de poignet.

Dans sa forme moins fréquente à déplacement dorsal, le retentissement intracarpien est moins marqué. Il existe un conflit entre la berge postérieure du radius et le pôle distal du scaphoïde d'une part, et d'autre part entre le pôle proximal du scaphoïde et le capitatum.

On comprend dès lors que l'objectif de tout traitement conservateur du scaphoïde sera, outre la consolidation du foyer de pseudarthrose, la correction de la déformation du scaphoïde en le dépliant et en l'allongeant afin de retrouver la cohérence spatiale du carpe. La disparition du DISI adaptatif sera le témoin de la qualité de cette correction.

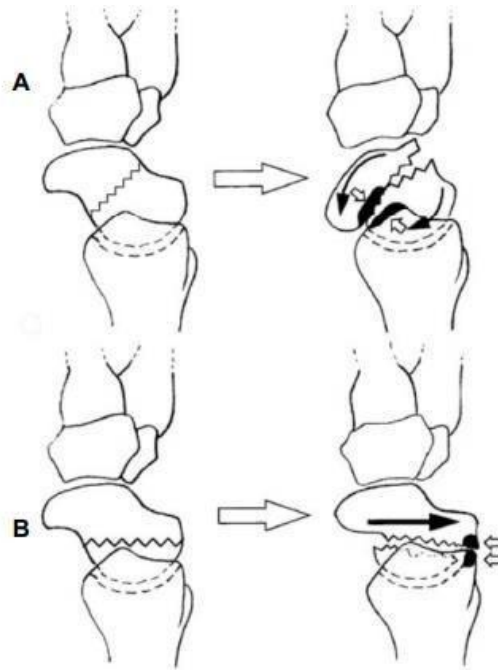


Figure 4 : Mode de déplacement des pseudarthroses du scaphoïde :

- A) Déplacement palmaire : DISI, humback deformity, conflit entre le radius et le pôle distal du scaphoïde
- B) Déplacement dorsal : conflit entre la berge postérieure du radius et le pôle distal du scaphoïde

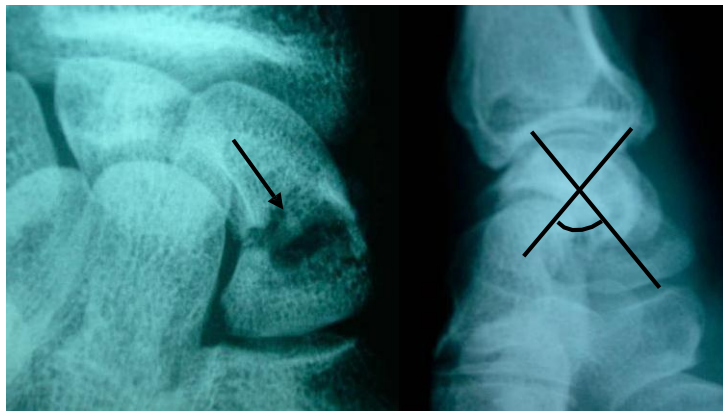
4. Bilan diagnostic et pronostic des pseudarthroses du scaphoïde

4.1 Bilan d'imagerie

La confirmation diagnostic d'une pseudarthrose de scaphoïde est possible à partir de simples clichés radiographies standards de face et de profil. Des incidences spécifiques scaphoïdiennes dites de Schneck I et II permettent d'orienter le rayon perpendiculairement au grand axe du scaphoïde et de le visualiser ainsi sur toute sa hauteur. Cette imagerie de première intention permettra à elle seule, de localiser la zone de la pseudarthrose, de visualiser la présence d'une désaxation intracarpienne et d'un éventuel collapsus du carpe (Figure 5). Une hyper densité du pôle proximal et /ou un

contour modifié pourra faire suspecter un défaut de vascularisation de ce dernier (Buijze et al., 2012; Ciprian et al., 2004; Lozano-Calderón et al., 2006; Smith et al., 2009).

Figure 5 : Illustrations radiographiques de face et de profil d'une



pseudarthrose du scaphoïde (flèche) avec DISI (angle scapho-lunaire à 80°).

Lors d'une déformation en DISI, le lunatum bascule en arrière et l'angle scapho-lunaire est augmenté (Amadio et al., 1989). Sa norme est entre 30 et 60°, au-delà de 70° degrés on peut affirmer l'existence d'une bascule en DISI.

L'angle radio lunaire normal est aux alentours de 10°, une mesure supérieure à 15° traduit une bascule en DISI du lunatum.

L'angle intrascaphoïdien latéral est normalement inférieur à 35°, une déformation avec plicature du scaphoïde va entraîner une augmentation de cet angle (Figure 6).

L'indice de Youm et Mc Murthry (Youm et al., 1978) (Figure 7) mesure l'index de hauteur carpienne par le rapport b (hauteur du carpe) sur a (longueur du 3^{ème} métacarpien). En cas de collapsus carpien, cette mesure est diminuée. La norme est comprise entre 0,51 et 0,57.

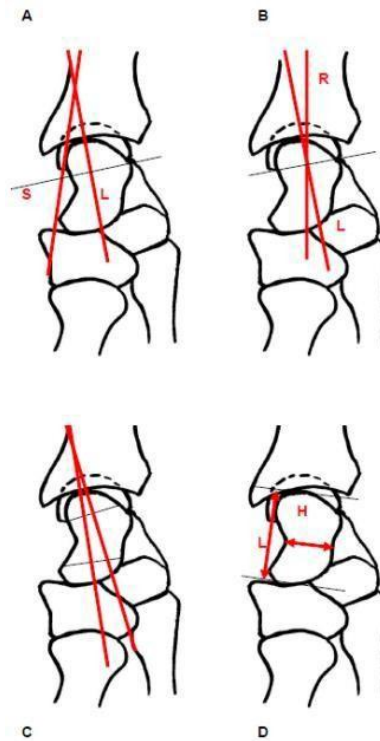


Figure 6 : Angle scapho-lunaire, radio-lunaire, intrascaphoïdien et hauteur du scaphoïde

- a) Angle scapho-lunaire : angle entre l'axe du scaphoïde et l'axe du lunatum
- b) Angle radio-lunaire : angle entre l'axe du radius et l'axe du lunatum
- c) Angle intrascaphoïdien latéral : angle entre la perpendiculaire de la surface articulaire du pôle proximal et du pôle distal
- d) Rapport hauteur sur longueur du scaphoïde

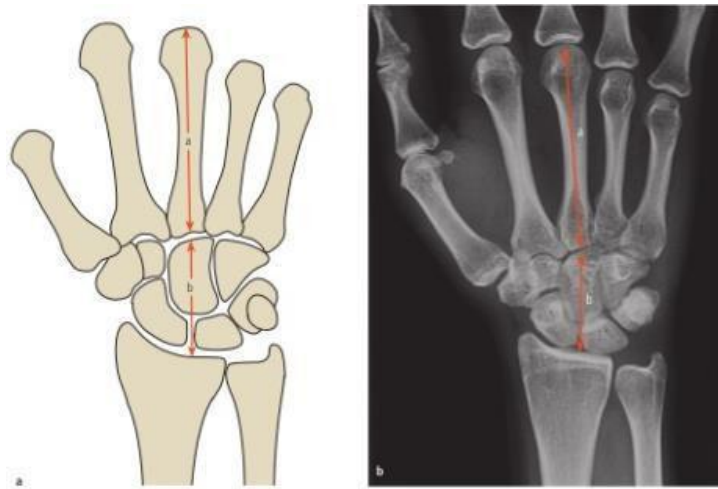


Figure 7 : Index de hauteur carpienne de Youm : b/a : 0,51–0,57

L'arthroscanner représente le complément d'imagerie indispensable afin de stadifier la pseudarthrose et pouvoir orienter précisément sa prise en charge chirurgicale. Il sera ainsi possible d'évaluer l'importance de la déformation et de la résorption osseuse du scaphoïde, du retentissement intracarpien ainsi que la présence d'une dégénérescence arthrosique (Figure 8). La mesure précise du gap inter-fragmentaire renseignera sur le caractère plus ou moins stable de la pseudarthrose (Bush et al., 1987; Pao et Chang, 2003; Sanders, 1988). Des lésions ligamentaires intrinsèques devront être systématiquement recherchées pour être traitées dans le même temps.

Lozano-Calderon et al. (2006) ont montré que le scanner devait impérativement compléter le bilan radiographique pour l'évaluation du déplacement fracturaire. Le bilan radiographique seul avait une sensibilité de 75%, 72% pour le scanner seul, 80% pour les deux combinés, et la spécificité était de 64%, 80% et 73% respectivement. Ils recommandaient une évaluation scannographique systématique pour toutes les fractures.

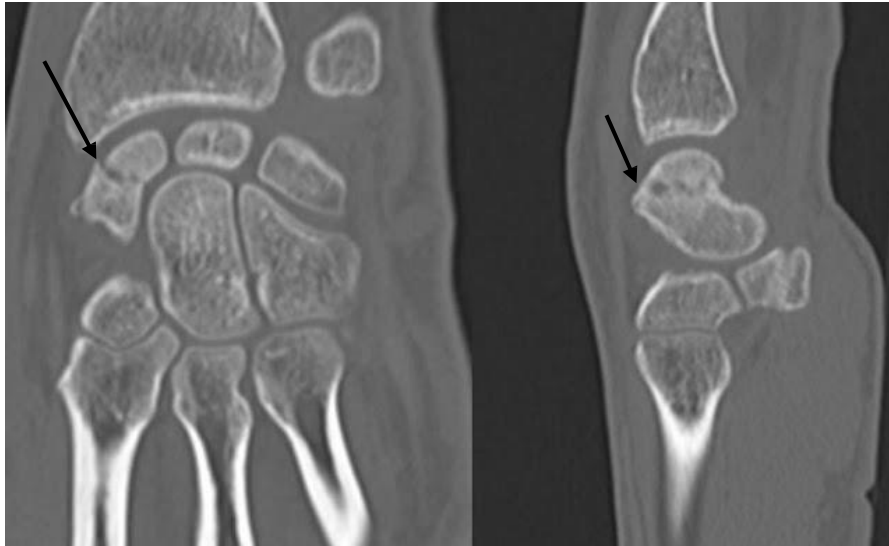


Figure 8 : Illustrations scannographiques sur coupes frontale et sagittale, montrant une résorption osseuse modérée et une plicature du scaphoïde (humpback deformity) (flèches).

De nombreux auteurs précisent l'intérêt d'une IRM afin d'évaluer l'état vasculaire du fragment proximal notamment en cas de localisation polaire proximale du foyer de pseudarthrose ou encore de signes radio-scannographiques faisant fortement suspecter un défaut de vascularisation et une éventuelle AVN (Kim et al., 2018). Smith et al. (2009) ont montré que l'augmentation de la radiodensité du pôle proximal au scanner était significativement corrélée au diagnostic histologique d'AVN avec une sensibilité de 60% et une spécificité de 100%.

La performance diagnostic de l'IRM dans l'évaluation de la vascularisation du pôle proximal du scaphoïde est très variable d'une étude à l'autre et selon le type de séquence.

Il semble que seules les séquences T1 fat sat avec injection de Gadolinium (qui améliore la sensibilité et la spécificité) soient fiables pour évaluer la vascularisation avec une sensibilité de

66% et une spécificité de 88% versus 36% et 78% en l'absence d'injection (Cerezal et al., 2000; Ng et al., 2013; Schmitt et al., 2011). Paradoxalement, Fox et al. (2010) et Donati et al. (2011) ont montré que l'injection n'était pas indispensable avec une sensibilité de 54% et une spécificité de 93% pour le diagnostic d'AVN.

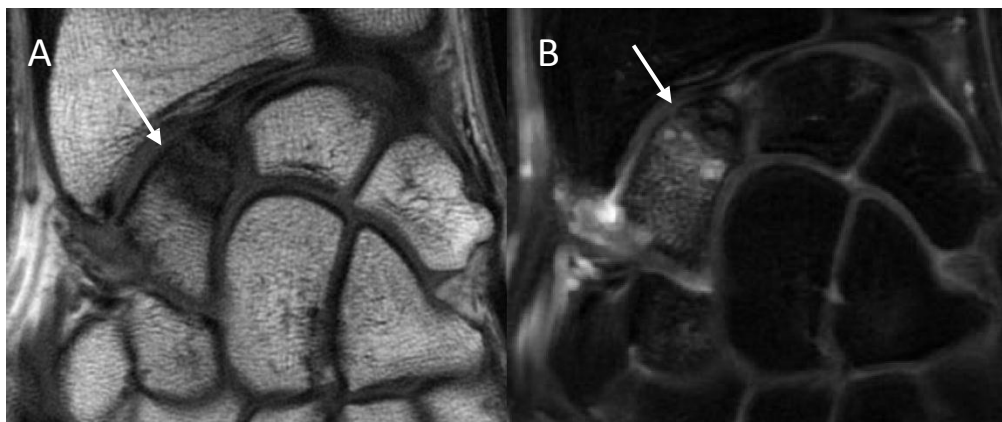
Toutefois, plusieurs auteurs ont remis en question la valeur de l'IRM dans le diagnostic d'AVN. En effet, si l'IRM permet de mettre en évidence un défaut de vascularisation du pôle proximal, il ne peut apporter la certitude d'une authentique AVN. Ciprian et al. (2004) ont montré que l'absence de rehaussement du fragment proximal était un facteur péjoratif modéré pour l'obtention de la consolidation devant orienter vers la mise en place d'un greffon vascularisé.

Singh et al. (2004) et Megerle et al. (2011), ont montré qu'il n'existait pas de corrélation systématique entre l'évaluation de la vascularisation préopératoire à l'IRM et le taux de consolidation de la pseudarthrose. Selon ces auteurs, l'existence d'un saignement peropératoire au niveau du fragment proximal serait présent malgré les constatations en IRM.

Rancy et al. (2018) allaient dans le même sens et précisait que l'AVN du pôle proximal du scaphoïde était finalement rare. Les auteurs recommandent l'évaluation peropératoire systématique du saignement du fragment proximal en cas de signes évocateurs à l'IRM (Green, 1985)

L'absence de rehaussement du fragment proximal à l'IRM avec injection

de Gadolinium ne peut que suspecter une AVN, le diagnostic se faisant par la combinaison de cette absence de rehaussement, l'absence de saignement peropératoire et éventuellement confirmation histologique (Rancy et al., 2018; Trumble, 1990) (Figure 9). Dans leur étude, Kim et al. (2018) ont inclus leurs



patients avec AVN selon ces critères.

Figure 9 : Coupes frontales IRM en séquence T1 sans injection (A) montrant un hyposignal du fragment proximal (flèche), et en séquence T1 fat sat avec injection de Gadolinium (B) montrant une absence de rehaussement du pôle proximal et donc une suspicion d'AVN.

4.2 Classifications des fractures du scaphoïde

Sur la base de la localisation du trait de fracture initial, Schernberg proposa en 1984 une classification en six types. Les fractures de type I correspondent aux fractures du pôle proximal, les types II et III aux fractures corporeales hautes et basses, les IV sont trans-tubérositaires, les types V représentent les fractures du pied et les types VI celles du tubercule distal divisées en 3 sous types a, b, c. Cette classification est la plus couramment utilisée en France pour décrire les fractures du scaphoïde (Figure 10 A).

Wong et Ho (2011) simplifient cette classification en distinguant les fractures du pôle proximal, du corps et du pôle distal du scaphoïde ; les fractures du corps étant divisées en tiers proximal, tiers moyen et tiers distal (Figure 10 B). Dans la littérature non francophone les fractures sont le plus souvent classées suivant ce modèle.

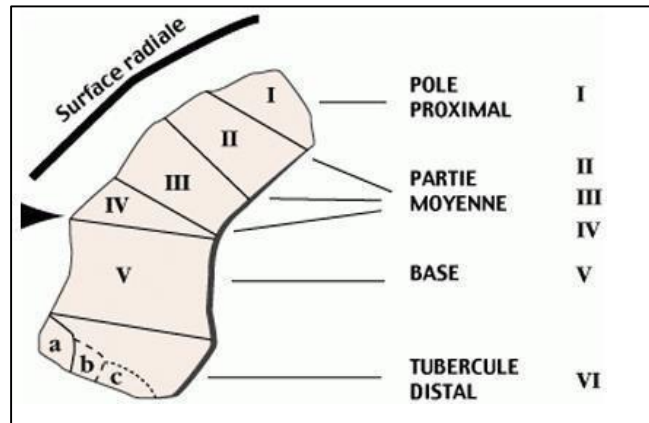
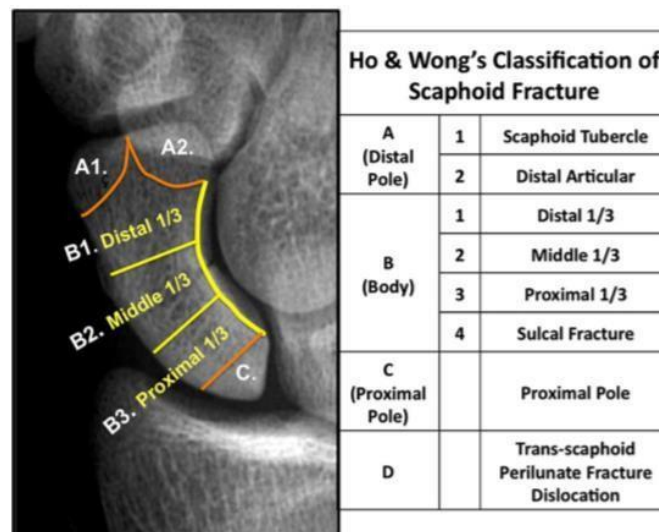


Figure 10 A : Classification de Schernberg.

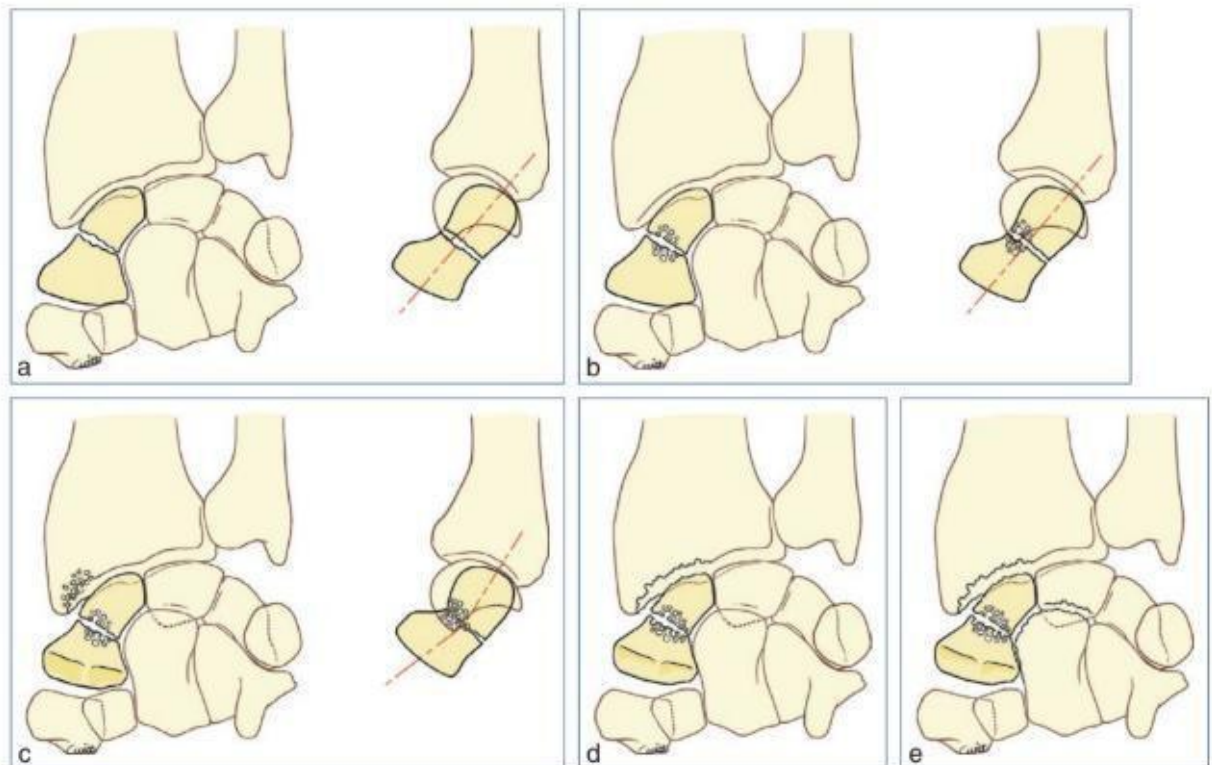


Eight scaphoid fracture types in Ho and Wong's classification of scaphoid fracture.

Figure 10 B : Classification de Wong et Ho.

4.3 Classifications des pseudarthroses du scaphoïde

Sur la base de l'analyse radiographique, Alnot proposa en 1988 une classification des pseudarthroses du scaphoïde en 3 stades selon la déformation du scaphoïde, le retentissement intracarpien et le stade d'arthrose SNAC (Figure 11).



Classification d'Alnot pour l'arthrose SNAC de poignet, conséquence de la pseudarthrose du scaphoïde.

- a. Stade 1 : forme du scaphoïde respectée, carpe stable : pseudarthrose récente.
- b. Stade 2A : géodes de résorption antérieure, modification légère de forme, sans instabilité du carpe.
- c. Stade 2B : plicature marquée avec DISI éventuellement associée à une arthrose styloscapoïdienne (effilement styloïdien).
- d. Stade 3A : plicature avec DISI et arthrose radioscapoïdienne étendue.
- e. Stade 3B : plicature avec DISI et arthrose médiocarpienne.

Figure 11 : Classification d'Alnot.

Les stades 1 et 2A correspondent à une pseudarthrose stable sans ou avec résorption osseuse minime tandis que les stades 2B et plus correspondent à une pseudarthrose instable avec déformation scaphoïdienne et désaxation intracarpienne.

Il a été ajouté un stade 4 pour les AVN du pôle proximal, associé à une désaxation intracarpienne dans le stade 4 A et à une arthrose radio-scaphoïdienne et médio-carpienne dans le stade 4 B.

Cependant, cette classification a ses limites et ne permet pas de classer précisément toutes les pseudarthroses. Les pseudarthroses du pôle proximal et les lésions ligamentaires associées n'ont pas leur place dans la classification d'Alnot, et certaines fractures déplacées engendrent un DISI avant l'apparition de résorption osseuse.

Plus récemment, Slade et Dodds (2006) ont décrit une classification plus adaptée aux pseudarthroses du scaphoïde séparée en 6 stades selon le degré de résorption osseuse. Les auteurs ajoutent des sous-types distinguant les pseudarthroses du pôle proximal, les AVN du pôle proximal diagnostiqués à l'IRM ou en peropératoire, les lésions ligamentaires associées, et la déformation intrascaphoïdienne (Tableau 1).

Cette classification présente des implications chirurgicales. Les auteurs suggèrent pour les retards de consolidation, les pseudarthroses sans résorption osseuse ou avec résorption minime (grade I, II et III) un simple vissage en compression sans ajout de greffe osseuse. En cas de résorption osseuse (grade IV et V) sans déformation majeure du scaphoïde, la greffe spongieuse est préconisée. Lorsque la résorption est majeure (grade VI), un greffon cortico-spongieux est indiqué.

Tableau 1 : Classification de Slade et Dodds

Grade	Category	Characteristics of Scaphoid Nonunions
I	Delayed presentation	Scaphoid fractures with delayed presentation (4–8 weeks).
II	Fibrous nonunion	Intact cartilaginous envelope, minimal fracture line at nonunion interface, no cyst or sclerosis.
III	Minimal sclerosis	Bone resorption at nonunion interface < 1 mm with minimal sclerosis.
IV	Cyst formation and sclerosis	Bone resorption at nonunion interface < 5 mm, cyst formation, and maintained scaphoid alignment.
V	Cyst formation and sclerosis	Bone resorption at nonunion interface > 5 mm and < 10 mm, cyst formation, and maintained scaphoid alignment.
VI	Pseudarthrosis	Separate bone fracture fragments with profound bone resorption at nonunion interface. Gross fragment motion and deformity is often present.
Subtypes	Category	Associated Characteristics
a	Proximal pole nonunion	The proximal pole has a tenuous blood supply and a mechanical disadvantage that places it at greater risk of delayed or failed union.
b	Avascular necrosis	Scaphoid nonunion with avascular necrosis confirmed by MRI or intraoperative lack of punctate bleeding. The fracture must heal and revitalize.
c	Ligamentous injury	Injury suggested by static and dynamic imaging of the carpal bones or arthroscopic, direct observation.
d	Deformity	Scaphoid deformity must be corrected. This requires a bicortical structural bone graft and rigid fixation.

MRI = Magnetic resonance imaging

5. Historique et techniques chirurgicales conventionnelles

Divers traitements et types de greffes ont été décrits, allant du vissage percutané simple sans greffe osseuse aux greffes osseuses non vascularisées et vascularisées (libres ou pédiculées), ces dernières étant principalement utilisées pour les pseudarthroses à risque d'échec comme les pôles proximaux ou les AVN.

5.1 Vissage percutané sans greffe osseuse

Le vissage percutané sans greffe osseuse est décrit depuis longtemps pour traiter les pseudarthroses de scaphoïde de stade 1 et parfois 2A d'Alnot ou I, II et III de la classification de Slade et Dodds. Une des premières études sur cette technique a été publiée en 1986 par Cosio et Camp, suivie par de nombreux auteurs décrivant eux aussi de bons résultats à condition de réserver cette technique pour les pseudarthroses stables sans ou avec résorption osseuse minime, sans humpback deformity ni AVN du pôle

proximal (Somerson et al., 2015; Taleb et al., 2015; Yeo et Kim, 2018). Mahmoud et Koptan (2011) ont cependant rapporté que cette technique pouvait être utilisée pour les résorptions osseuses plus avancées en l'absence de déplacement fracturaire.

5.2 Greffes osseuses non vascularisées

La prise en charge des pseudarthroses du scaphoïde a connu son essor au XXème siècle. Le principe de la greffe osseuse est attribué à Adams en 1928 qui proposa pour le traitement des pseudarthroses du scaphoïde une greffe osseuse prélevée sur le tibia.

En 1936, Matti a proposé la mise en place de copeaux d'os spongieux prélevé dans le grand trochanter pour combler la cavité résiduelle après excision du tissu de pseudarthrose, par une voie d'abord dorsale. Cette technique a été modifiée par Russe en 1960 qui proposa une voie d'abord palmaire afin de préserver la vascularisation dorsale du scaphoïde. Cette technique de Matti–Russe décrit, par voie palmaire, une excavation du foyer de pseudarthrose et comblement par un greffon cortico–spongieux de forme rectangulaire d'origine iliaque, encastré et auto– stable dans le scaphoïde préalablement évidé (Figure 7). Cependant, cette technique ne permet pas de corriger une éventuelle déformation du scaphoïde.

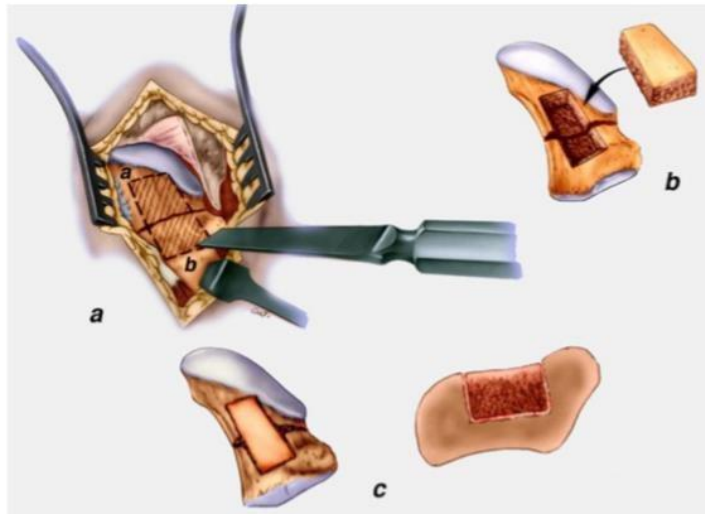


Figure 7 : Intervention de Matti-Russe. A : réalisation d'une logette dans le scaphoïde b : prélèvement d'un greffon cortico-spongieux iliaque c : mise en place du greffon intercalé auto stable dans le scaphoïde.

En 1970, Fisk 1970, accordant une importance particulière à la restauration de la hauteur du scaphoïde, proposa l'utilisation d'une greffe intercalée cortico-spongieuse à grosse tubérosité antérieure. Initialement, l'auteur utilisait une voie d'abord latérale avec réalisation d'une styloïdectomie radiale.

Cette technique a été modifiée par Fernandez en 1984 qui préconisa une voie d'abord antérieure avec prélèvement d'un greffon iliaque de forme triangulaire ou trapézoïdale et une stabilisation par brochage scaphoïdien. La crête iliaque a l'avantage d'apporter un greffon tricortical permettant une bonne restauration de la hauteur du scaphoïde.

La correction de la hauteur du scaphoïde et du DISI passait par l'artifice de Linscheid, c'est-à-dire un brochage radio-lunaire temporaire après mise en flexion forcée du poignet, permettant ainsi de déplier le scaphoïde lors du repositionnement neutre du poignet (Figure 8).

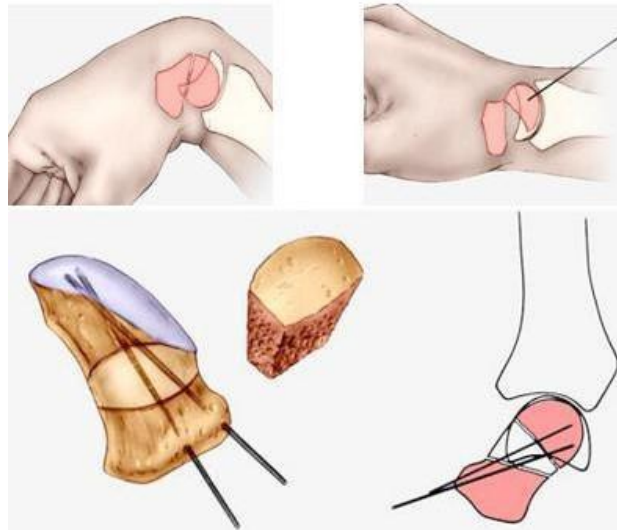


Figure 8 : Technique de Fisk-Fernandez, greffon iliaque non vascularisé, abord palmaire, ostéosynthèse par broches.

5.3 Greffes osseuses vascularisées

Les greffes vascularisées procurent un os viable et créent un potentiel ostéogénique favorisant la consolidation, d'où leur utilisation spécifique pour les pseudarthroses du pôle proximal avec AVN ou échec d'une première chirurgie.

De nombreuses techniques de greffes osseuses vascularisées ont été rapportées dans la littérature. Les transferts osseux vascularisés pédiculés sont les plus employés. Ils sont basés sur des branches accessoires des artères carpiennes dorsales et palmaires (Sheetz et al., 1995).

Ce sont Judet et al. (1972) qui suggérèrent en premier l'utilisation d'une greffe osseuse vascularisée prélevée à la face antérieure du radius et vascularisée par l'artère transverse antérieure du carpe. La technique chirurgicale a été décrite par Kuhlmann en 1987 (Figure 9). Zaidenberg a décrit en 1991 une greffe vascularisée dorsale pédiculée sur l'artère supra-

rétinaculaire du 1^{er} et 2^{ème} compartiment des extenseurs (Figure 10). Ces deux techniques sont les plus utilisées.



Figure 9 : Greffon vascularisé de Kuhlmann (pédicule radial palmaire)

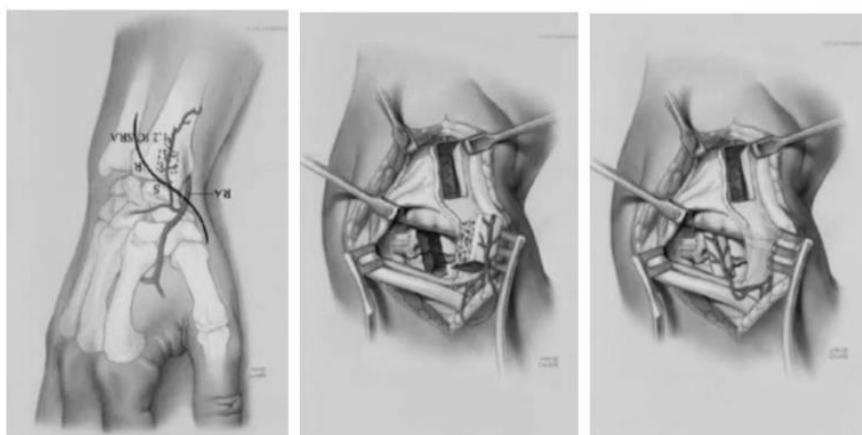


Figure 10 : Greffon vascularisé de Zaidenberg (pédicule radial dorsal)

Ces greffes étaient initialement réservées aux échecs des procédures chirurgicales classiques mais Gras et Mathoulin (2011) ont suggéré leur utilisation en première intention afin d'augmenter le taux de consolidation des pseudarthroses classiquement traitées par greffe non vascularisée, allant jusqu'à 50% d'échecs pour les pôles proximaux (Merrell et al., 2002). En utilisant la technique de Kuhlmann et en excluant les AVN dans leur étude, ils

ont conclu que la greffe vascularisée pouvait être une bonne alternative aux greffes non vascularisées en première intention (rapidité de consolidation et taux de consolidation excellents).

Un des inconvénients de la greffe vascularisée du radius distal est l'insuffisance de sa structure osseuse pour restaurer la hauteur scaphoïdienne (Chang et al., 2006; Yeo et Kim, 2018). Des techniques de greffons libres vascularisés ont été décrites comme la greffe vascularisée de crête iliaque (Pechlaner et al., 1987) ou la greffe de condyle fémoral interne (Doi et al., 2000), permettant un meilleur apport structural. Cependant la durée d'intervention et l'exigence technique requise en font une méthode peu utilisée.

Si le degré de déformation du scaphoïde peut être corrigé avec une greffe de radius distal, la morbidité du site donneur doit être prise en considération avant de choisir quelle technique utiliser.

5.4 Résultats des techniques conventionnelles

5.4.1 Taux et délai de consolidation osseuse

Dans la littérature, on retrouve trois principales méta-analyses.

Munk et Larsen (2004) rapportaient, sur 5246 cas, 80% de consolidation pour les greffes non vascularisées sans ostéosynthèse, 84% pour les greffes non vascularisées avec ostéosynthèse, et 91% pour les greffes vascularisées de tous types (libres et pédiculées). Le délai moyen de consolidation était de 15 semaines pour les greffes non vascularisées sans ostéosynthèse contre 7 semaines avec ostéosynthèse, et 10 semaines pour les greffes vascularisées.

Pinder et al. (2015) rapportaient, sur 1602 patients, 92% de consolidation pour les greffes vascularisées de tous types (libres et

pédiculées), 88% pour les greffes non vascularisées. Les greffes radiales et iliaques avaient des résultats similaires avec 89% et 87% de consolidation respectivement, mais ils retrouvaient plus de complications avec les crêtes iliaques. Selon les auteurs, il existait une meilleure consolidation avec une ostéosynthèse par broches ou vis (91% et 88%) que sans (79%). Le délai moyen de consolidation était quasi identique, de 13,8 semaines pour les greffes vascularisées contre 13,6 semaines pour les greffes non vascularisées.

Ferguson et al. (2016) rapportaient, sur 5464 patients, un taux de consolidation de 84% pour les greffes vascularisées de tous types (libres et pédiculées) et 80% pour les greffes non vascularisées.

Au total, le taux de consolidation moyen est compris entre 80 et 88% pour les greffes non vascularisées, avec un délai moyen de consolidation compris entre 7 et 15 semaines, et entre 84 et 92% pour les greffes vascularisées avec un délai moyen de consolidation compris entre 10 et 13,8 semaines.

5.4.2 Résultats cliniques et fonctionnels

Les mobilités ne sont pas décrites dans les plus grosses méta-analyses traitant des prises en charge des pseudarthroses du scaphoïde. Néanmoins, les résultats sont très variables d'un auteur à l'autre. Certains décrivent une amélioration des mobilités par rapport à la période préopératoire, d'autres une diminution des mobilités ou encore une conservation de celles-ci. Braga-Silva et al. (2008) ont comparé 80 patients ayant bénéficié d'un greffon radial vascularisé ou d'une greffe iliaque non vascularisée, et ont retrouvé une différence significative uniquement sur l'inclinaison radiale qui était moins diminuée dans le groupe greffe vascularisée par rapport au côté controlatéral. Dans le groupe greffe vascularisée, l'arc de flexion-extension était en moyenne de 104°, l'arc d'inclinaison radio-ulnaire était de 30°, la force de serrage de 28kg, et dans le groupe greffe non vascularisée ces valeurs étaient respectivement de 97°, 26° et 27kg. Les amplitudes ne sont en général pas ou peu altérées en cas de pseudarthrose du scaphoïde et l'objectif est de les conserver au maximum.

5.4.3 Cas des pôles proximaux et des nécroses avasculaires

Peu d'études s'intéressent exclusivement aux pseudarthroses du pôle proximal. Pour Munk et Larsen (2004), la consolidation semble plus difficile à obtenir avec un taux de 78% et un délai moyen de 9 semaines en utilisant des greffes non vascularisées. Pinder et al. (2015) retrouvaient d'excellents taux de consolidation : 97% avec un délai de consolidation de 11,9 semaines pour les greffes vascularisées versus 93% et 17,7 semaines pour les non vascularisées.

La consolidation en cas d'AVN du pôle proximal reste un sujet controversé, avec peu de données dans la littérature. En effet, 86% des séries rapportant les résultats des greffes vascularisées incluaient des cas d'AVN contre 40% des séries rapportant les résultats des greffes non vascularisées. Peu de séries traitent exclusivement des cas d'AVN et la majorité ont été traitées par greffon vascularisé (Pinder et al., 2015).

Toutefois, le biais majeur de ces études réside dans la confirmation de l'AVN : défaut de signal en IRM, absence de saignement en peropératoire et confirmation histologique (Rancy et al., 2018).

Ferguson et al. (2016) rapportaient que sur les 144 articles retrouvés avec des cas d'AVN, seuls 40 auteurs décrivaient la méthode diagnostique de l'AVN et seuls 12 ont effectué une IRM dont 6 sans injection. Incluant ce biais majeur, ils retrouvaient pour les AVN du pôle proximal un taux de consolidation de 74% pour les greffes vascularisées de tous types versus 62% pour les greffes non vascularisées de tous types.

Kim et al. (2018) ont traité 24 patients avec AVN diagnostiquée à l'IRM et en peropératoire par greffon iliaque non vascularisé et ont obtenu 91,7% de consolidation avec une immobilisation de 12 semaines. Selon le même protocole, Stark (1988) a obtenu 97% de consolidation en 17 semaines.

Chang et al. (2006) ont traité 50 pseudarthroses du scaphoïde par greffon radial vascularisé dorsal et ont obtenu 50% de consolidation en cas d'AVN (24 cas) avec un délai de consolidation de 18 semaines (contre 91% de consolidation et 14 semaines pour les autres cas sans AVN)

Les auteurs se fondaient sur l'évaluation peropératoire pour le diagnostic (seuls 7 patients ont bénéficié d'une IRM).

Rancy et al. (2018) ont montré, sur 35 pseudarthroses de scaphoïde traitées par greffon non vascularisé radial ou iliaque (94% de consolidation), qu'il n'y avait aucune corrélation entre l'IRM préopératoire, l'évaluation du saignement peropératoire et l'analyse histologique. Ils ont conclu que les AVN du pôle proximal étaient rares, que le saignement peropératoire n'était pas un indicateur fiable de vascularisation ni de consolidation, et que les greffes vascularisées étaient par conséquent rarement requises.

Les AVN pourraient donc être sur-diagnostiquées, ce qui rend très difficile l'interprétation des résultats dans la littérature. Il n'existe aucune étude randomisée de haut effectif comparant les greffes vascularisées aux non vascularisées pour les seuls cas d'AVN suspectés à l'IRM et confirmés en peropératoire.

5.4.4 Complications et reprises chirurgicales

Les complications sont peu rapportées dans la littérature. Pinder et al. (2015) retrouvaient 9% de complications pour les prélèvements de crête iliaque non vascularisée, avec douleurs du site donneur (4%), hématome du site donneur (2%), infection (2%) et fracture du greffon (1%). Ils rapportaient 4 cas de complications sur 405 patients pour les greffes radiales avec 3 infections superficielles du site opératoire et un cas de fracture du radius.

Concernant les greffes vascularisées de tous types, Alluri et al. (2017) rapportaient dans leur méta-analyse moins de 5% de complications telles que les infections superficielles (1,56%), les douleurs neuropathiques (1,56%) et le syndrome douloureux régional complexe (1,25%).

Le taux d'échec varie de 8 à 20% toute chirurgie confondue. L'échec de consolidation est une conséquence grave pour le poignet, il augmente la probabilité d'évolution arthrosique, réduit le stock osseux et la qualité osseuse compromettant les résultats d'une seconde chirurgie. Cependant, une 2^{ème} ou 3^{ème} intervention peut améliorer la douleur sur le long terme (Reigstad et al., 2009). S'il n'y a pas ou peu d'évolution arthrosique, la reprise chirurgicale avec nouvelle greffe osseuse est indiquée, certains auteurs recommandant alors une greffe vascularisée (Yeo et Kim, 2018).

Ross et al. (2020) rapportaient un taux de reprise chirurgicale de 6,1% chez 3819 patients ayant bénéficié d'une greffe non vascularisée et 5% chez 358 patients ayant bénéficié d'une greffe vascularisée (4,8% pour les greffes pédiculées et 6,8% pour les greffes libres). Parmi ces reprises, il y avait 83% de cures de pseudarthroses classiques avec ou sans greffe vascularisée, 9% d'arthrodèse et 6% de résection de première rangée.

Bynum et al. (1995) ont montré (sur 18 patients ayant bénéficié d'une reprise chirurgicale de type greffe non vascularisée) que l'arthrose SNAC évoluait d'un stade dans 33% des cas 6 ans plus tard.

En présence d'arthrose radiocarpienne et/ou intracarpienne, le traitement ne peut être conservateur et il s'orientera alors vers une solution palliative de type arthrodèse des 4 os, résection de première rangée ou implant pyrocarbone selon les écoles.

PARTIE ETUDE

I. PATIENTS ET METHODES

Patients :

Notre travail concerne l'analyse rétrospective continue sur une période de 12 ans entre Janvier 2010 et Décembre 2022. Elle a porté sur 24 cas de pseudarthrose du scaphoïde carpien traitées chirurgicalement et suivies au service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès.

L'exploitation a été suivie par une étude qui a permis le recueil de données sociodémographiques, cliniques, para cliniques, thérapeutiques et évolutives.

Les patients inclus ont bénéficié d'un traitement chirurgical, par greffe cortico spongieuse non vascularisée par voie antérieure.

Les critères d'inclusion :

- Nous avons inclus dans notre série, tous les patients ayant une pseudarthrose du scaphoïde corporeale stade I, II et IIIA sans arthrose SNAC après traitement orthopédique, chirurgical ou fracture négligée.

Les critères d'exclusion :

- Tout patient présentant une pseudarthrose du scaphoïde, traitée selon un procédé autre que la technique de MATTI-RUSSE.
- Pseudarthroses polaires supérieures.
- Traitement chirurgicale par voie d'abord postérieure.
- Stade IIIB et IV d'Alnot.

Pour faciliter cette étude nous avons établi une fiche d'exploitation où tous les paramètres et renseignements concernant les patients ont été notés.

Bilan radiologique :

Pour chaque patient, un bilan d'imagerie préthérapeutique avait été réalisé associant des

Radiographies standards de face et de profil strict ainsi que des incidences scaphoïdes type «

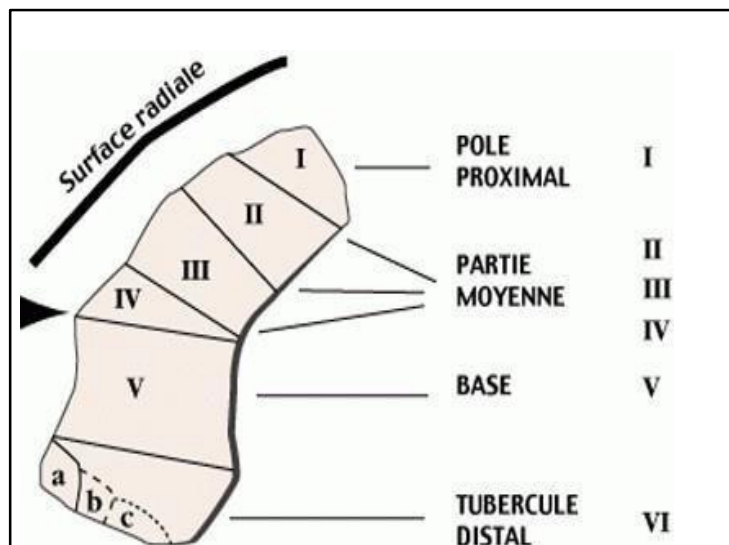
Schnek » :

- Schneck 1 (main à plat inclinaison ulnaire forcée)
- Schneck 2 (position de l'écriture)

Dans notre série, 6 patients sur 24 ont bénéficié d'une TDM (permet une étude précise de la pseudarthrose, la déformation du scaphoïde) soit 25%. Aucun patient n'a bénéficié d'arthroscanner (permet, en plus de l'étude de l'os, d'évaluer la qualité des surfaces articulaires et des ligaments et utile pour le bilan du SNAC) ou d'IRM.

En ce qui concerne la classification de Schernberg, toutes les fractures du scaphoïde sont corporéales, on trouve 8 cas avec trait de type II de Schernberg et al., 13 cas de type III et 3 cas de type IV, aucune fracture polaire supérieure ni basale.

- Classification de Schernberg des fractures du scaphoïde :



Type I : polaire supérieure

Type II : Corporéale haute

Type III : Corporéale basse

Type IV : trans-tubérositaire

Type V : Du pied

Type VI : Tubercule distal

Ces clichés permettent la stadification de la pseudarthrose du scaphoïde selon la classification d'Alnot

Classification d'Alnot :(symposium SOFCOT 1988)

- Le stade I :

Pseudarthrose linéaire sans perte de substance osseuse et sans déformation du scaphoïde

- Le stade II :

Stade IIA : pseudarthrose linéaire avec perte de substance osseuse mais sans déformation du scaphoïde.

Stade IIB : pseudarthrose linéaire avec perte de substance osseuse et avec déformation du scaphoïde. et une flexion du pôle proximal sur le tubercule distal sur une coupe tomodensitométrique passant par le scaphoïde entraînant une désaxation intra carpienne d'adaptation avec

DISI (Dorsal Intercalated Segment Instability) sur une coupe tomodensitométrique passant par le semi-lunaire

Stade III : Correspond à une pseudarthrose déplacée instable avec une désaxation intra carpienne comme dans le stade IIB.

Stade IIIA : avec une arthrose entre la styloïde radiale et la partie distale du scaphoïde = SNAC II

Stade IIIB : avec une arthrose radio carpienne mais également inter carpienne = SNAC III

Les trois premiers stades de cette classification représentent une seule et même lésion laissée à son évolution naturelle.

Stade IV : est en fait un stade particulier qui correspond à la nécrose du fragment proximal

Stade IVA où il existe une désaxation

Stade IVB où il existe une arthrose radio scaphoïdienne et inter carpienne

Technique chirurgicale :

Une anesthésie locorégionale par bloc axillaire a été utilisé chez la totalité de nos patients, membre supérieur sur une table accessoire, garrot à la racine du membre. La voie d'abord antérieure de Henry était d'utilisation exclusive. On réalise ensuite une capsulotomie antérieure et le foyer de pseudarthrose est exposé. On réalise ensuite un avivement du foyer en creusant une tranchée et le greffon cortico-spongieux est prélevé de la face antérieure de l'extrémité distale du radius. Enfin on réalise un comblement du foyer de pseudarthrose.

Une fixation du foyer est ensuite réalisée à l'aide de broches

La voie d'abord antérieure a été préconisée par Russe (1960) pour la technique de greffe osseuse afin de diminuer le risque de lésion de la vascularisation du scaphoïde.

Pour réaliser cette voie, l'avant-bras est placé en supination, l'incision cutanée est longitudinale de 3cm de longueur, située au niveau de la gouttière du pouls, en dehors du relief du tendon du grand palmaire. L'incision peut être élargie, soit par un décroché distal externe vers le tubercule du scaphoïde, soit par un décroché interne permettant d'agrandir l'incision en ouvrant le canal carpien.

Dans un premier temps, on repère l'artère radiale et le tendon du grand palmaire. Après avoir libéré les aponévroses superficielles, le poignet est fléchi ce qui permet de relâcher la tension tendineuse. On récline prudemment l'artère radiale en externe et le tendon du grand palmaire en dedans. On peut alors aborder de façon satisfaisante toute la face antérieure du radius et du carpe.

La préparation du scaphoïde : Avant de prélever le greffon on prépare le scaphoïde de façon à déterminer la taille de la perte de substance. Après avoir mis un champ roulé sous le poignet pour le mettre en extension et en inclinaison cubitale, on ouvre la capsule antérieure en regard du scaphoïde entre le bord antérieur du radius et le tubercule distal du scaphoïde. La zone de pseudarthrose est le plus souvent le siège d'une perte de substance osseuse. Selon son importance il existe parfois une attitude vicieuse du scaphoïde en flexion. La réduction du scaphoïde se fait à l'aide d'un ciseau à frapper placé entre les 2 fragments du scaphoïde et en demandant à l'aide de réaliser une traction dans l'axe du pouce.

L'existence même de cette perte de substance antérieure justifie la voie d'abord antérieure pour la réparation du scaphoïde. En cas de perte de substance importante, on peut être amené pour maintenir la réduction, à utiliser des broches temporaires placées pour l'une entre le pôle proximal et le semi lunaire, et pour l'autre entre le tubercule distal et le grand os. La zone de pseudarthrose proprement dite est curetée. Pour activer la consolidation il est possible de réaliser des petits forages à l'aide d'une broche de 10. Une fois le scaphoïde prêt, on peut se porter sur la face antérieure du radius en vue de prélever le greffon.

Le principe du traitement de la pseudarthrose du scaphoïde par greffe osseuse remonte à 1928, attribué à Adams. En 1936, Matti a suggéré le prélèvement de greffons spongieux au niveau du grand trochanter et de les interposer entre les deux fragments du scaphoïde par voie dorsale. Ce n'est qu'en 1960 que Russe, tout en restant fidèle aux greffons spongieux prélevés au niveau de la crête iliaque, a préconisé la voie d'abord antérieure. Ensuite, Verdan et Narakas en 1968, puis Fisk en 1970 et Mehdi en 1979 (cavité en forme caveau) ont modifié l'intervention de Matti-Russe, en utilisant un greffon non plus spongieux mais cortico-spongieux, encastré par voie antérieure dans le scaphoïde, de façon à restaurer la hauteur de celui-ci en cas de plicature antérieure. (8, 12,13)

Les patients ont été traités par une technique Matti-Russe modifiée. Cette modification de la technique initialement décrite était basée sur le prélèvement d'un greffon osseux sur le radius distal plutôt que sur l'os iliaque. Sous anesthésie régionale (bloc inter-scalaire ou axillaire), une incision de 4 à 5 cm a été pratiquée le long du bord radial du flexor carpi radialis et au-dessus de la pointe de l'apophyse styloïde du radius. Une approche par le tendon du flexor carpi radialis et l'artère radiale a ensuite été réalisée. La capsule articulaire palmaire a ensuite été divisée longitudinalement et les ligaments radio-carpiens palmaires profonds ont été identifiés. (13, 4 ,5)

Les ligaments ont été divisés ou rétractés pour accéder à la pseudarthrose du scaphoïde. Le foyer de pseudarthrose a été débridée et une cavité de forme ovale a été pratiquée à l'aide d'ostéotomes fins. Dans les cas où une distraction satisfaisante des deux fragments n'était pas possible, une fenêtre a été pratiquée sur la face palmaire de la non-union. Le tissu fibreux

et scléreux a été enlevé à l'aide d'une fraise fine et d'un rongeur jusqu'à ce que l'os spongieux hémorragique frais soit révélé. Après la préparation de la cavité du scaphoïde,

De l'os cortical a été prélevé à l'extrémité distale du radius. Le greffon osseux rectangulaire a ensuite été inséré dans la cavité du scaphoïde de manière à maintenir les deux fragments du scaphoïde dans une distraction appropriée et à corriger la hauteur du scaphoïde. Des radiographies intra-opératoires ont été réalisées pour vérifier la position de la fracture et confirmer qu'aucune légère déformation n'avait été corrigée de manière adéquate. La cavité et la fenêtre initialement ouvertes ont également été remplies avec de l'os annulaire impacté prélevé sur le radius distal. une ostéosynthèse a été réalisée à l'aide de 2 broches de Kirschner (0,9 ou 1,1 mm) insérées parallèlement à l'axe longitudinal du scaphoïde. Les ligaments radiocarpieus et la capsule articulaire ont ensuite été réparés. Aucune allogreffe ou greffe synthétique n'a été utilisée pour combler le défaut. (3, 4, 5, 6,7)

En cas de bascule dorsale du semi-lunaire (DISI) et de plicature dorsale du scaphoïde, il faut corriger ces déplacements. On utilise pour cela la technique de Linscheid et Dobyns : le poignet est mis en flexion afin de mettre le semi-lunaire en position neutre par rapport à l'axe du radius. Cet alignement est ensuite maintenu par la mise en place d'une broche radio-lunaire (par une courte voie d'abord dorsale) après contrôle scopique (ou radiographique) de profil. Le poignet est enfin remis en extension mettant en évidence la perte de substance du scaphoïde qui sera comblée par un greffon de taille suffisante ; on redonnera ainsi au scaphoïde une hauteur correcte permettant de corriger la désaxation du carpe. (9,14)



Figure 11 : Voie d'abord antéro-externe du poignet: Photo du service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès.

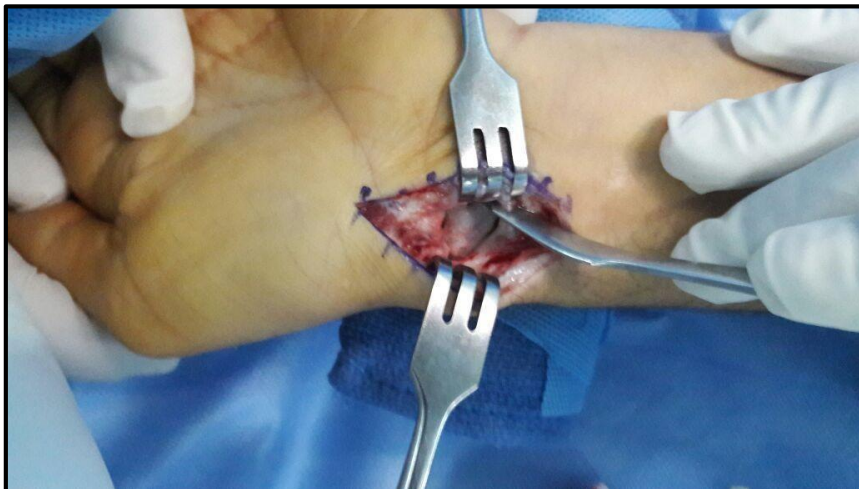


Figure 12: Capsulotomie antérieure et exposition du foyer de pseudarthrose:

Photo du service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès.

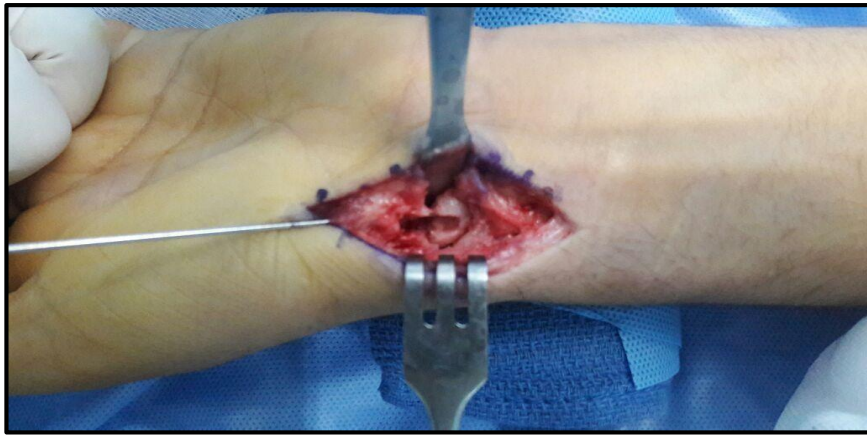


Figure 13 : Avivement du foyer creusant d'une tranchée: Photo du service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès.



Figure 14 : Mesure de la taille du greffon à prélever:
Photo du service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès.



Figure 15: Prélèvement d'un greffon cortico spongieux de la face antérieure de l'extrémité distale du radius : Photo du service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès.

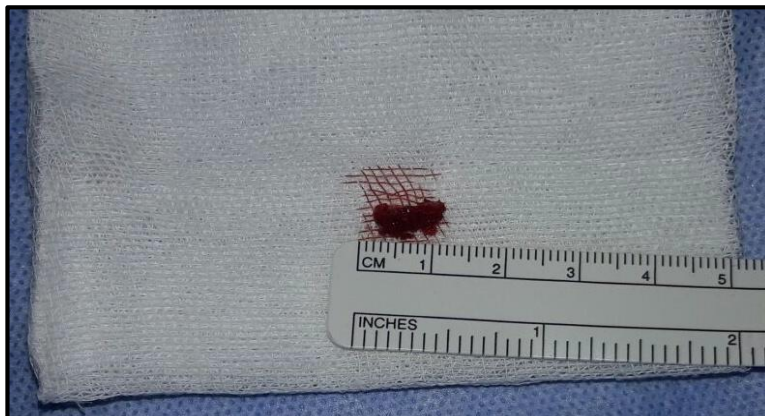


Figure 16 : Taille du greffon à 10 mm environ :
Photo du service de traumatologie- orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès

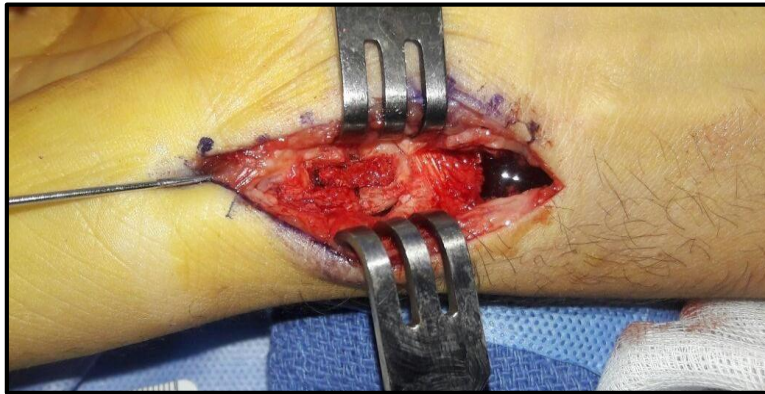


Figure 17: Comblement et fixation du foyer de pseudarthrose: Photo du service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès.

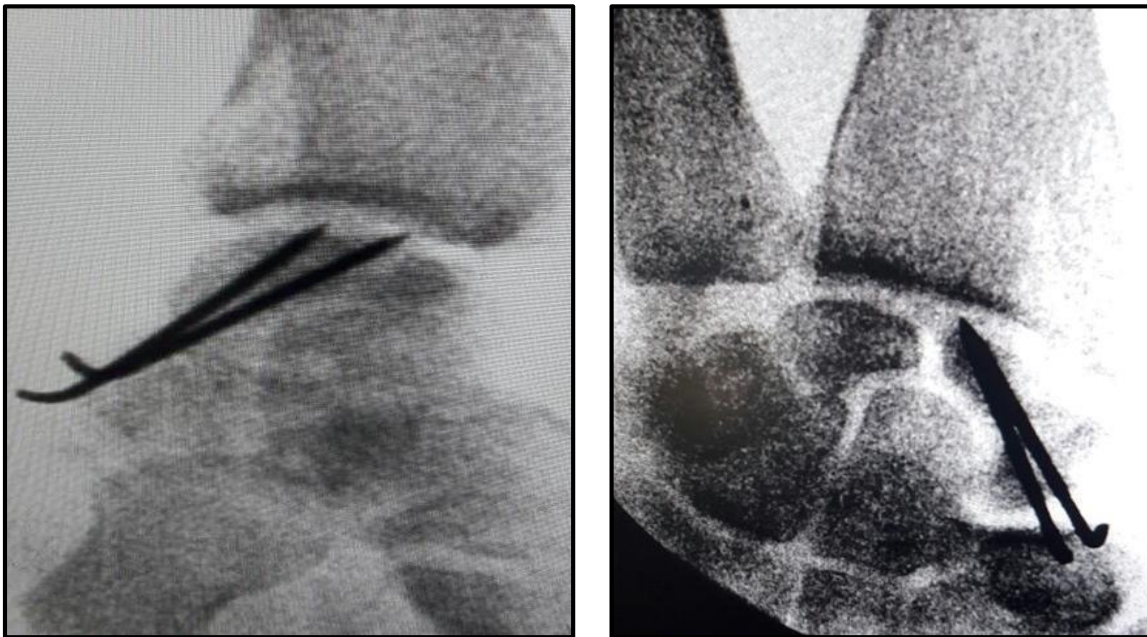


Figure 18 : Contrôle radioscopique de profil du poignet et fixation de la greffe par deux broches : photo du service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II

Immobilisation post opératoire :

En postopératoire, le poignet a été immobilisé avec une manchette plâtrée prenant la métacarpophalangienne du pouce pendant une période basée sur la guérison de la pseudarthrose (2 à 3 mois).

Les broches sont retirées après la consolidation en règle autour de trois mois.

Évaluation fonctionnelle :

Tous les patients ont été revus régulièrement en consultation externe sur une période de 02 ans. L'évaluation comprenait :

La douleur au repos et à l'effort était évaluée sur l'échelle visuelle analogique (EVA)

- a. L'amplitude des mouvements du poignet à l'aide d'un goniomètre et comparée à l'amplitude de mouvement de l'autre main
- b. La force de préhension de la main comparée à la force de préhension de l'autre main
- c. Le score de Michon est un score d'évaluation fonctionnelle basé sur trois critères : Force, douleur et limitation des mouvements.
- d. Score de Mayo Wrist :

Il combinait une évaluation fonctionnelle subjective et objective en étudiant l'intensité de la douleur, l'aptitude à la reprise professionnelle, la mobilité et la force.

Score de Michon : Date d'examen : Côté atteint :

Résultats	Amplitudes	Force	Douleur
excellents	Normales	Normale	Nulle
Bons	Limitation inf. ou=15*	Sup ou=3/4	Rare, légère
Moyens	Limitation inf. ou=25*	Sup ou =1/2	Limitant peu l'activité
Médiocres	Limitation sup ou=25*	Inf. ou=1/2	Limitant l'activité
Mauvais	Amélioration = 0	Amélioration = 0	Amélioration = 0

Score de la Mayo Wrist :

FICHE D'EVALUATION MAYO WRIST SCORE		
<u>Douleur</u> (25 points)	25	Pas de douleur ()
	20	Légère douleur lors d'activités intenses ()
	20	Douleur seulement lors des changements de temps ()
	15	Douleur modérée lors d'activités intenses ()
	10	Légère douleur lors des activités de la vie quotidienne ()
	5	Douleur modérée lors des activités de la vie quotidienne ()
	0	Douleur au repos ()
<u>Satisfaction</u> (25 points)	25	Très satisfait ()
	20	Moyennement satisfait ()
	10	Non satisfait, mais travaille ()
	0	Non satisfait, inapte au travail ()
<u>Mobilité</u> (25 points)	25	100% de la normale ()
	15	75%-99% de la normale ()
	10	50%-74% de la normale ()
	5	25%-49% de la normale ()
	0	0%-24% de la normale ()
<u>Force</u> (25 points)	25	100% de la normale ()
	15	75%-99% de la normale ()
	10	50%-74% de la normale ()
	5	25%-49% de la normale ()
	0	0%-24% de la normale ()
<u>Résultat</u> (Total des points)	90-100	Excellent ()
	80-89	Bon ()
	65-79	Moyen ()
	<65	Mauvais ()

Évaluation radiologique :

Les radiographies simples ont mis en évidence le processus de guérison et le développement potentiel d'une arthrose post-traumatique.

Les tomographies postopératoires n'ont pas été jugées nécessaires pour évaluer la cicatrisation. Sur les radiographies simples, la cicatrisation osseuse a été confirmée.

Sur les clichés de profil :

- L'angle scapho-lunaire (SLA - angle mesuré entre l'axe longitudinal du scaphoïde et du lunatum) et
- L'angle latéral intrascaphoïdien (LISA - angle mesuré par les perpendiculaires des surfaces du pôle proximal et distal du scaphoïde)
- Un SLA supérieur à 70° et un LISA supérieur à 35° étaient considérés comme pathologiques.

Sur les clichés de face :

- L'index de Youm était calculé en divisant la hauteur carpienne en millimètres par la longueur du 3ème métacarpien en millimètres. Sa valeur normale était comprise entre 0.51 et 0.57

II. RESULTATS :

L'âge de nos patients varie entre 18 et 51 ans avec une moyenne de 30,07 ans, et la tranche d'âge entre 20 et 40 ans était la plus touchée. Les hommes ont été plus touchés (20 hommes contre 4 femmes) du fait de la fréquence des accidents de sport qui présentaient l'étiologie la plus fréquente avec 58.3% contre 4.2% pour les accidents de la voie public et 37.5% pour les chutes. La majorité de nos patients étaient des travailleurs manuels de force et le coté dominant était touché dans 77,2%. 16 patients ont bénéficié initialement d'un traitement orthopédique et 8 fractures étaient passées inaperçues. Le délai moyen entre le traumatisme initial et la prise en charge de la pseudarthrose du scaphoïde était de 17,22 mois.

La douleur, maitre symptôme constituait le principal motif de consultation 100%, et les autres signes rapportés étaient : l'impotence fonctionnelle 54,5% ainsi qu'une limitation de la mobilité du poignet la raideur 5%.

Nous avons adopté la classification d'Alnot (Symposium de la SOFCOT 1988) : 2 cas étaient stade I (8.5%), 13 cas stade IIA (54%), 6 cas stade IIB (25%) et 3 cas étaient stade IIIA soit 12.5%.

Résultats fonctionnels :

a. Score de Michon :

Le score de Michon est un score d'évaluation fonctionnelle basé sur trois critères : Force, douleur et limitation des mouvements.

Ainsi, Chez nos patients, les résultats étaient répartis comme suit :

- Excellents : 2 cas soit 8.5%.
- Bons : 13 cas soit 54%.
- Moyens : 6 cas soit 25%.
- Médiocres : 3 cas soit 12.5%.
- Mauvais : 0 cas soit 0%.

b. Score de Mayo Wrist :

Il combinait une évaluation fonctionnelle subjective et objective en étudiant l'intensité de la douleur, l'aptitude à la reprise professionnelle, la mobilité et la force. [Figure 82]

Chez les patients étudiés, les résultats du score d'évaluation Mayo Wrist étaient meilleurs chez les patients diagnostiqués et traités précocement –stades I et IIA d'Alnot– et les résultats étaient :

Tableau 1 : Scores de Mayo Wrist de nos patients selon les stades d'Alnot

	Stade I	Stade IIA	Stade IIB	Stade IIIA	Total
Mauvais	0	0	0	3	3
Moyens	0	0	2	0	2
Bons	0	3	4	0	7
Excellents	2	10	0	0	12
Total	2	13	6	3	24

Résultats radiologiques :

Le taux de consolidation était de 87.5%, aucune complication en post opératoire immédiat n'a été notée.

Dans notre série, 07 patients (29.16%) ont présenté des complications postopératoires tardives :

- Algoneurodystrophie : 1 cas.
- Raideur du poignet : 3 cas.
- Echech de la cure : 03 cas

III. DISCUSSION

I. Données sociodémographiques :

1. Age :

En comparant les données de notre série avec d'autres de la littérature, on constate que la pseudarthrose du scaphoïde atteint le plus souvent le sujet jeune actif, cela est expliqué par la fréquence des accidents du sport (58,3% des cas). [Tableau 2]

Tableau 2 : Comparaison de l'âge moyen de notre série avec la littérature.

Auteur	Honning VD et al (1991)	Chantelot C et al (2005)	Séries nationales		Prosser GH et AI (2003)	LeBellec et Y AI (2008)	Notre série (2022)
			Merg hani HW et al (2007)	El Ghazouli N et al (2000)			
Nombre de cas	77	58	18	15	30	47	24
Moyenne d'âge	54	26,7	24	30	26,3	29	26,2

2. Sexe :

Dans notre série nous avons noté une nette prédominance masculine, comme toutes les séries revues, ceci pourra être attribué à l'exposition fréquente des hommes aux accidents de sport. [Tableau3]

Tableau 3 : Répartition selon le sexe en comparaison avec la littérature

Auteur	Honning VD et al (1991)	Chantelot C et al (2005)	Séries nationales		Prosser GH et Al (2003)	LeBellec Y et Al (2008)	Notre série (2022)
			Merghani HW et al (2007)	El Ghazouli N et al (2000)			
Nombre de cas	77	58	18	15	30	47	24
Hommes	74 H soit 96%	51 H soit 88%	17 H soit 94,4%	13 H soit 86%	28 H soit 93%	41 H soit 87%	20 H soit 83%
Femmes	3 F soit 4%	7 F soit 12%	1 F soit 4,6%	2 F soit 14%	2 F soit 7%	6 F soit 13%	4 F soit 17%
Sexe ratio H/F	24.6	7.3	17	6.5	14	6.8	5

II. Données cliniques :

La douleur représente le premier motif de consultation dans l'ensemble de la littérature. Dans notre série, elle est retrouvée chez tous les cas.

D'autres signes accompagnateurs sont retrouvés : une diminution de la force de préhension par rapport au côté sain, et une perte significative de la mobilité du poignet.

1. Côté atteint :

Il s'agissait dans la plupart de nos cas, de sujet jeune manuel et dont 54% la main dominante était touchée. Ceci complique plus le problème de ces blessés, dont la gêne est encore plus importante. Ces données sont retrouvées chez la majorité des auteurs.

2. Diagnostic de la fracture initiale :

Le délai entre l'accident initial et la découverte de la pseudarthrose, dans notre série est en moyenne de 16,1 mois. Cette fréquence est similaire à celle retrouvée chez certains auteurs. [Tableau 4-5]

Tableau 4 : Comparaison du côté dominant avec la littérature.

	Honning VD et al (1991)	Prosser GH et al (2003)	Chantelot C et al (2005)	Séries nationales		Rachid K et al (2002)	Notre série (2022)
				Merghani HW et al (2007)	El Ghazouli et al (2000)		
Côté dominant	52%	—	65%	77,7%	86%	65%	54%

Tableau 5 : Comparaison du délai entre le traumatisme initial et la prise en charge de la pseudarthrose avec la littérature.

	Honning VD et al (1991)	Prosser GH et al (2003)	Chantelot C et al (2005)	Séries nationales		Rachid K et al (2002) (2022)	Notre série (2017)
				Merghani HW et al (2007)	El Ghazouli et al (2000)		
Délai entre le traumatisme et la prise en charge de la pseudarthrose (Mois)	33	60,3	35	18	12	20	16,1

II. Données d'imageries :

1. Radiographie conventionnelle :

a. Siège du foyer de fracture :

La fréquence respective des différentes variétés de fracture est relativement homogène dans notre analyse, et dans les autres séries de la littérature. Pour l'analyse anatomique, le type le plus fréquent a été regroupé sous le terme de fractures moyennes, il englobe les types II, types III et les types IV. Ces 3 types représentent 100 % dans notre série et dans les deux autres séries nationales respectivement 94% et 100%.

Les mêmes résultats sont retrouvés dans les autres travaux de la littérature. [Tableau 6]

Tableau 6 : Comparaison des différentes variétés de fracture selon la classification de Schernberg.

Variétés de schernberg	Rachid K et al (2002)	Honning VD et al (1991)	Chantelot C et al (2005)	Lebellec Y et al (2008)	Séries nationales		Notre série (2022)
					Merghani HW et al (2007)	Elghazouli N et al (2000)	
I	25%	22,1%	-	-	-	-	-
II	-	-	19%	26%	55,5%	13%	33%
III	-	75,3%	69%	57%	27,7%	60%	54%
IV	-	-	12%	17%	16,6%	20%	13%
II + III+ IV	60%	100%	100%	100%	100%	94%	100%
V	15%	-	-	-	-	6%	-
VI	-	-	-	-	-	-	-

b. Type de pseudarthrose :

Nos cas de pseudarthroses sont proches de ceux de la littérature, avec prédominance du stade IIA. [Tableau 7]

Tableau7 : Comparaison des types de pseudarthrose avec la littérature selon la classification d'Alnot.

Variétés d'Alnot	Honning VD et al (1991)	Chantelot et al (2005)	Rachid et al (2002)	Séries nationales		Notre série (2022)
				Merghani HW et al (2007)	ElGhazouli N et al (2000)	
Stade I	21%	22%	15%	22%	0%	8%
Stade IIA	60%	35%	40%	38,8%	60%	54%
Stade IIB	0%	38%	40%	33%	13%	25%
Stade IIIA+IIIB	13%	5%	5%	5,5%	26%	13%
Stade IVA	6%	0%	0%	0%	0%	0%
Stade IVB	0%	0%	0%	0%	0%	0%

2. Scanner /IRM :

La TDM permet de mieux préciser l'inflexion du scaphoïde et de préjuger la nécessité d'une greffe cortico spongieuse, permettant de rétablir la hauteur de l'osselet et de stabiliser le foyer de pseudarthrose.

L'IRM est sûrement l'examen le plus fiable pour juger la vascularisation osseuse, en montrant l'aspect hypo-dense de l'os mal vascularisé, et en cas de pseudarthrose du pôle proximal, elle permet le choix thérapeutique.

Cependant du fait de leurs coûts économiques son utilisation est assez restreinte.

Dans notre étude la TDM a été réalisée chez 6 patients et l'IRM dans aucun cas. Par contre dans l'étude du Bellec et al, L'IRM a été pratiquée trois fois pour évaluer la vitalité de pôle proximal. [Tableau 8]

Tableau 8 : Comparaison de la fréquence de réalisation des TDM/IRM de notre série avec la littérature.

	Chantelot C et Al (2005)	Rachid K et Al (2002)	Séries nationales		Lebellec Y et Al (2008)	Notre série (2022)
			Merghani HW et al (2007)	ElGhazouli N et al (2000)		
TDM	0	0	0	0	0	6 cas
IRM	0	0	0	0	3	0

IV. Traitement :

1. Anesthésie :

Dans notre série tous nos patients ont été opéré sous anesthésie

2. Voie d'abord :

Tous les patients de notre série ont été opérés par voie d'abord antérieure. Cette voie d'abord présente plusieurs avantages, elle permet d'abord la préservation de la vascularisation du scaphoïde à prédominance dorsale, elle a l'avantage également d'être unique pour le prélèvement du greffon du radius distal et pour le traitement de la pseudarthrose (Morbidity moindre, bénéfice esthétique). [Tableau9]

Tableau 9 : Type de voie d'abord en comparaison avec la littérature.

	LeBellec Y et al (2008)	Séries nationales		Chantelot C et al (2005)	Notre série (2022)
		Merghani HW et al (2007)	El Ghazouli N et al (2000)		
Voie antérieure (Henry)	100%	100%	100%	93%	100%
Voie postérieure	0	0	0	7%	0

3. Grefe cortico spongieuse

Le prélèvement d'un greffon cortico-spongieux du radius distal a été réalisé chez tous nos patients. [Tableau 10]

Le prélèvement osseux au niveau du radius, plutôt qu'à la crête iliaque, permet de combler le defect par de l'os spongieux à partir du radius distal afin de déposer le greffon cortico spongieux. Le temps opératoire est plus court et la morbidité est moindre, aussi, il permet d'éviter de pratiquer une incision

supplémentaire au niveau iliaque, la styloïde radiale étant accessible à la voie d'abord.

Néanmoins, Dans les pseudarthroses avec une perte de substance osseuse importante, le greffon à partir du radius distal pourrait être insuffisant contrairement à un greffon iliaque, mais ce dernier peut être source de morbidité comme ont signalé certains auteurs à type d'hématome ou d'infection, de douleurs prolongées, ou de lésions du nerf fémoro-cutané.

Tableau 10 : Types de la greffe cortico spongieuse en comparaison avec la littérature.

Type de Greffe	Chantelot C et al (2005)	Rachid K et al (2002)	Séries nationales		Notre série (2022)
			Merghani HW et al (2007)	El Ghazouli et al (2000)	
Iliaque	86%	100%	39%	40%	0
Radiale	14%	0	61%	60%	100%

4. Ostéosynthèse :

Dans notre série, tous les patients opérés ont bénéficié d'une ostéosynthèse par broches dans 80 % des cas, et par vis d'Herbert dans 20%.

[Tableau 11]

Tableau 11 : Type d'ostéosynthèse en comparaison avec la littérature.

	Le Bellec Y et al (2008)	Rachid K et al (2002)	El Ghazouli N et al (2000)	Chantelot C et al (2005)	Notre série (2022)
Pas d'ostéosynthèse	0	0	80%	43%	0
Ostéosynthèse par broche ou vis	100%	100%		57%	100%
Broches	100%	100%	—	33%	80%
Vis d'Herbet	0	0	—	15% (vis simple)	20%
Vissage + embrochage	—	—	20%	—	—
Agrafe	—	—	—	9%	—

V. Résultats :

1. Consolidation :

En postopératoire, La consolidation a été retrouvée chez 87,5% de nos patients, nous ne retrouvons pas de grande différence par rapport aux études ayant utilisé la même technique chirurgicale. [Tableau 12]

Tableau 12: Taux de consolidation en comparaison avec les séries adoptant le traitement par greffe ostéo spongieuse et ostéosynthèse.

Année	Auteur	Nombre de cas	Taux de consolidation
1988	MASSART ET AL	25	88%
1988	OBERLIN	59	95,5%
1993	SAVORNIN	17	94%
1994	LEBOURG	33	90%
1997	INOUE	160	90%
2000	EL GHAZOU LI ET AL	3	100%
2002	RACHID K ET AL	20	95%
2004	MUNK ET LARSEN	147	84%
2005	CHANTELOT	58	81%
2007	MERGHANI ET AL	18	89%
2008	LEBELLEC	47	87%
2022	NOTRE SERIE	24	87,5%

2. Résultats fonctionnels

La plupart des auteurs n'utilisent pas de score fonctionnel, et ne s'intéressent qu'à la consolidation ou non de la pseudarthrose. Or, les patients ne se plaignent pas directement de leur pseudarthrose, mais de ses conséquences (la douleur, la diminution de la mobilité, de la force, ...)

Tous nos patients ont repris leur travail antérieur, l'amélioration porte surtout sur la douleur, la mobilité est souvent diminuée, la force est également en moyenne diminuée mais s'améliore après la consolidation et rééducation.

Globalement, les greffes cortico-spongieuses non vascularisées donnent des résultats subjectifs excellents. [Tableau 21]

Tableau 21: Comparaison des résultats fonctionnels avec les données de littérature.

Etude	Nombre de cas	Résultats fonctionnels
Chantelot C et al (2005)	58	- Excellent : 82% - Bon : 9% - Moyen : 6% - Mauvais : 3%
El Ghazouli N et al (2000)	15	- Bon : 26% - Assez bon : 53 % - Mauvais : 20%
Lebellec Y et al (2008)	47	- Excellent : 3,6 % - Bons : 60,7 % - Moyens 14,3 %
Notre série (2017)	24	- Excellents : 50% - Bons : 29,2% - Moyens : 8,3% - Mauvais : 12,5%

3. Complications :

Le taux de complications observés dans notre série était de 29.16%, nous représentons sur le tableau suivant une comparaison des types et nombre de complications retrouvées dans la littérature. [Tableau 13]

Tableau 13 : Comparaison des complications dans notre série par rapport à la littérature.

	Rachid K et al	Massart et al	Honning VD et al	Merghani Hw et al	Chantelot et al
Nombre de cas	20	25	77	18	58
Taux de complications	15%	8%	10%	11,1%	19%
Algoneurodystrophie	1	1	3	1	0
Arthrose radio-scaphoïdienne	0	1	2	0	0
Raideur du poignet	1	1	2	0	0
Cal vicieux	1	0	0	0	0
Infection	1	0	0	1	0

IV. MISE AU POINT DE LA TECHNIQUE DE MATTI RUSSE

MODIFIEE

Vascularisation du scaphoïde et choix de de la voie d'abord :

L'intérêt de l'abord antérieur dans la pseudarthrose du scaphoïde réside dans la préservation de l'irrigation sanguine du scaphoïde. Des études utilisant des techniques d'injection vasculaire et de dissection microchirurgicale ont fait état d'un apport dorsal-distal important et d'un apport palmaire-distal mineur. Une étude a estimé que 70 à 80 % de l'apport sanguin du scaphoïde pénétrait dorsalement juste au niveau distal de la taille, 20 à 30 % étant fournis par une branche antérieure au tubercule. Cette étude a également indiqué que peu ou pas d'apport sanguin provenait des ligaments du pôle proximal. D'autres études, font cependant état d'un apport vasculaire important via ces ligaments antérieurs et proximaux. Kaue et al a décrit des vaisseaux visibles par microdissection dans le ligament radioscapoïde antérieur, ce qui suggère qu'il s'agit également d'un apport important. Notre approche dorsale préserve les ligaments antérieurs (15)

Il est probable qu'une vascularisation insuffisante soit la cause de la pseudarthrose du scaphoïde. La face palmaire et dorsale était suffisamment irriguée et même le tiers proximal du scaphoïde, qui a tendance à se nécroser, était alimenté par de multiples branches de l'artère palmaire du carpe, de l'artère palmaire superficielle, de l'artère dorsale du scaphoïde et était soutenu par des branches de l'artère styloïdienne. (16)

La vascularisation du scaphoïde a été étudiée à l'aide de techniques macroscopiques et microscopiques sur 12 mains de cadavres non blessées,

fixées au formol. Une bonne vascularisation de l'os scaphoïde à partir de groupes de vaisseaux palmaires, dorsaux et radiaux avec une variété d'anastomoses a été trouvée, ce qui devrait fournir un flux sanguin collatéral suffisant à partir des régions adjacentes chez certains patients.

La voie d'abord antérieure présente plusieurs avantages, elle permet d'abord la préservation de la vascularisation du scaphoïde à prédominance dorsale, elle a l'avantage également d'être unique pour le prélèvement du greffon du radius distal et pour le traitement de la pseudarthrose (Morbidity moindre, bénéfice esthétique). (16)

Moyens de fixation :

Trois méthodes de fixation sont utilisées dans le traitement des fractures non consolidées du scaphoïde (broches de Kirschner, vis, plaque), mais aucune étude dans la littérature actuelle ne compare directement ces méthodes. La vis d'Herbert résiste nettement mieux aux forces de flexion que les broches de Kirschner parallèles appariées, mais elle est incapable de résister à une charge cyclique multiaxiale ou à la rotation.

Bien que l'utilisation du même protocole d'immobilisation postopératoire pour deux techniques de fixation différentes réduise la confusion dans la détermination de la durée d'immobilisation, elle peut avoir un effet négatif sur la mobilité et le délai de reprise du travail dans un groupe.

En outre, le délai de reprise du travail dépend de nombreux facteurs, dont la nature de l'activité professionnelle du patient et l'attitude du patient, de l'employeur et de la compagnie d'assurance, ce qui fait du délai de reprise du travail une mesure de résultat discutable en tout état de cause. Il a été rapporté que le temps de consolidation avec les broches de Kirschner est plus

long et moins prévisible qu'avec la vis de Herbert. Une méta-analyse de 2002 portant sur 36 articles a montré que la greffe osseuse avec fixation par vis permettait d'obtenir 94 % d'union, et que la greffe en coin avec broches de Kirschner permettait d'obtenir 77 % d'union, le délai moyen d'union étant de 20 semaines [17]

En revanche, une étude de Galal Hegazy et al. ne fait état d'aucune différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne le taux d'union (91 % d'union avec les broches de Kirschner contre 88 % avec la fixation par vis de Herbert [0,54]) et le délai moyen d'union était de 14 semaines. Ce résultat pourrait s'expliquer par l'utilisation de trois broches de Kirschner dans une direction convergente pour fixer le scaphoïde. Cela permet aux broches de Kirschner de traverser une plus grande surface du scaphoïde et permet un placement plus ciblé dans le pôle proximal, augmentant ainsi la stabilité de la réduction de la fracture et accélérant l'union.

Meisel et al [22] ont utilisé la même technique de fixation et ont rapporté un taux d'union de 100 % avec une greffe d'os iliaque spongieux dans le traitement de la pseudarthrose du scaphoïde. En outre, les résultats que nous avons obtenus concernant le taux d'union concordent avec ceux de Munk et Larsen, qui ont analysé systématiquement 147 publications et ont constaté que l'analyse de la broche de K présentait un taux d'union plus élevé que les groupes fixés par des vis. Le groupe broches avait une incidence estimée de consolidation plus élevée que le groupe vis (91% contre 88%, respectivement), une différence qui persistait lorsqu'il était utilisé avec des greffons vascularisés (broches 94% contre vis 87%).

Les complications les plus fréquentes après le traitement des fractures avec des broches de Kirshner sont l'infection de la piste de la broche, le desserrage de la broche ou la migration. Cependant, la migration ne se fait généralement pas vers l'articulation, mais vers l'extérieur, distalement par rapport au point d'introduction. Un suivi régulier et attentif peut minimiser l'incidence de ces complications. Sur la base de la proportion de patients ayant obtenu une consolidation osseuse et de l'évaluation des résultats, l'utilisation de plusieurs broches de Kirshner comme méthode de fixation pour une pseudarthrose instable de la taille du scaphoïde traitée par réduction ouverte et greffe osseuse iliaque cortico-spongieuse a eu un temps opératoire plus court et un coût plus faible par rapport à la fixation par vis de Herbert.

La fixation par vis de Herbert est techniquement plus exigeante que les broches et que l'incidence des erreurs techniques peut jouer un rôle éminent dans la survenue d'une pseudarthrose. (17)

Cependant, en raison de la facilité d'application des broches de Kirschner et de leur faible coût, en particulier dans les pays en développement, elles peuvent constituer une bonne alternative à la vis d'Herbert.

Type de greffe

L'os de la crête iliaque a longtemps été le site donneur de choix dans le traitement des fractures du scaphoïde en raison de sa résistance biomécanique et de sa capacité ostéogénique supposées meilleures, mais il faut noter que peu d'études ont comparé les greffes d'os de la crête iliaque et d'os radial distal, et aucune étude dans la littérature n'a conclu que les greffes d'os de la crête iliaque avaient un potentiel ostéogénique ou une résistance biomécanique notablement meilleurs par rapport à d'autres sources telles que

le radius distal. En effet, les quelques études qui ont comparé ces deux sources de greffe ont montré que les taux de consolidation étaient similaires avec les deux techniques.

Tambe et al ont récemment documenté 66% et 67% de consolidation du greffon dans des pseudarthroses du scaphoïde traitées par greffe osseuse de la crête iliaque et greffe osseuse du radius distal, respectivement. L'étude a également noté une douleur au niveau du site donneur de la crête iliaque chez 20% des patients et 4 fois plus d'infections mineures au niveau du site donneur. De plus, Kurz et al ont rapporté 15% de douleur au niveau de la crête iliaque à 3 mois, ainsi que d'autres complications, notamment des infections, des hémorragies et des problèmes nerveux dans la cuisse. Ces données contredisent non seulement la popularité de la crête iliaque pour la greffe du scaphoïde, mais aussi, compte tenu de la question de la morbidité du site donneur, suggèrent que le radius distal est une meilleure alternative puisqu'il n'implique qu'une augmentation mineure de l'exposition chirurgicale.

Compte tenu de la résistance biomécanique comparable de l'os iliaque et de l'os du radius distal dans cette étude et de la technique chirurgicale simplifiée de prélèvement de l'os du radius distal, les données justifient l'utilisation de l'os du radius distal comme source de donneur alternative viable dans le traitement des fractures du scaphoïde. (18)

Greffe vascularisé (VBG) ou non vascularisée (NVBG) :

Les résultats de la méta-analyse des essais contrôlés randomisés et des études comparatives de Yuki Fujiharaa et al indiquent que la VBG pédiculée et la VBG libre ne sont pas significativement supérieures à la NVBG. De plus, la VBG libre a montré le taux de pseudarthrose le plus bas, et quelques cas ont

été traités avec la VBG libre, ce qui peut expliquer l'absence de différence statistiquement significative. Une accumulation plus importante de cas pourrait aboutir à des conclusions différentes.

Rancy et al. ont rapporté une série de cas de patients présentant une pseudarthrose du scaphoïde et ayant subi une greffe non vascularisée avec fixation par vis de Herbert. Ils ont évalué la vascularisation du pôle proximal par imagerie par résonance magnétique préopératoire, évalué les points de saignement peropératoires et effectué une analyse histopathologique de l'os spongieux, et ont conclu que la nécrose du pôle proximal est décidément rare et que la greffe vascularisée est rarement nécessaire.

Bien que l'utilisation d'une greffe vascularisée soit techniquement plus difficile que celle d'une greffe non vascularisée, plusieurs auteurs mentionnent plusieurs raisons fondamentales pour préférer l'utilisation d'une VBG à celle d'une NVBG : le temps de consolidation plus court, un taux de jonction élevé avec de bons résultats clinico-fonctionnels et une meilleure capacité à revasculariser l'os.

Les greffes dorso-radiales sont plus adaptées à la prise en charge des unions non scaphoïdiennes impliquant le pôle proximal sans déformation importante de la bosse [29]. Jones et al [16] ont conclu que la VBG 1,2-ICSRA n'était pas adaptée aux patients présentant des déformations de la bosse car le greffon n'était pas assez large et le pédoncule vasculaire était trop court. Pour corriger correctement les déformations, il est souvent nécessaire d'effectuer un abord palmaire séparé et une dissection plus importante des tissus mous, ce qui permet une restauration adéquate de la hauteur du carpe [17,40].

Chaudhry et al [32] ont montré dans leur étude que la greffe vasculaire libre de condyle fémoral interne était particulièrement indiquée dans un sous-groupe de patients présentant un scaphoïde non articulé associé à un ou plusieurs facteurs pronostiques défavorables (présence d'AVN, déformation en bosse, délai de pseudarthrose > 5 ans, échec d'une chirurgie antérieure). Dans ce cas, les avantages sont une anatomie artérielle cohérente avec peu de variations, des vaisseaux sanguins de plus de 1,5 mm et une longueur de pédoncule adaptée à la correction de la déformation en bosse. Il en résulte un taux de consolidation élevé et une morbidité moindre au niveau du site donneur. La greffe libre du condyle fémoral nécessite un domaine de techniques microchirurgicales, une formation spécifique et une longue courbe d'apprentissage [19].

Reprise :

La greffe osseuse peut échouer dans les pseudarthrose du scaphoïde, généralement en raison de conditions locales défavorables, d'une chirurgie perfectible ou d'une mauvaise compliance du patient. Avec la dévascularisation, la perte osseuse et la démotivation qui s'ajoutent, il peut sembler dangereux de répéter une procédure similaire. Cette série de 48 greffes osseuses itératives du scaphoïde montre qu'il est possible d'obtenir un taux de cicatrisation de 82 %, même dans ces conditions difficiles.

Cette série fait partie d'une série prospective globale mono-opérateur de 366 non-unions du scaphoïde greffées entre 1991 et 2015.

La première greffe était non vascularisée dans tous les cas sauf un. La seconde était une greffe iliaque itérative dans 11 cas, une greffe de radius antérieur vascularisée dans 29 cas, une greffe microchirurgicale de condyle fémoral dans 10 cas. (Deux patients ont été greffés une troisième fois).

Tous les patients ont été suivis cliniquement et radiographiquement (6,2 ans en moyenne, 4 à 260 mois). Quarante et un patients (82%) ont cicatrisé, ce qui a été confirmé par un scanner en cas de doute. Aucun des 7 échecs n'a demandé de procédure de sauvetage. Pour les greffes réussies, la douleur est tombée à 1,5/10, la force est de 75 % de la force controlatérale, la mobilité est restée inchangée. Le DISI moyen était de 9 degrés. La fusion osseuse a permis de stopper la plupart des changements dégénératifs. Ces greffes secondaires ont donné un taux de réussite plus faible (82 au lieu de 93%) avec moins de mobilité post-opératoire, moins de force mais le même soulagement de la douleur, lorsque l'union a été réalisée. (20)

O. REIGSTAD et al ont mené une étude rétrospective de suivi à long terme de la révision d'une intervention chirurgicale ayant échoué pour une pseudarthrose du scaphoïde afin de déterminer si une deuxième tentative peut être justifiée.

Dix-huit patients ayant bénéficié d'une greffe osseuse non vascularisée et d'une fixation interne après l'échec d'une intervention chirurgicale pour une pseudarthrose du scaphoïde ont été revus après un minimum de 8,2 ans. Onze des pseudarthrose étaient situées dans le tiers moyen et sept dans le tiers proximal du scaphoïde. L'intervalle moyen entre la blessure et la procédure de révision était de 6 ans. Seize des 18 non-unions ont guéri, dont deux après une troisième tentative. Trois patients dont les pseudarthroses ont guéri et un

patient dont la pseudarthrose a persisté ont dû subir des interventions de sauvetage en raison d'une arthrose radiocarpienne progressive (21)

Bynum et al. (1995) ont revu 15 patients sur 17, 5,9 ans après une réopération pour échec de greffes osseuses de Russe incrustées dans la paume, en utilisant la même méthode lors des deux tentatives. Huit scaphoïdes ont cicatrisé et un autre sur quatre a cicatrisé après une troisième tentative. Aucun des cas guéris n'a nécessité de nouvelle intervention chirurgicale, alors que les six pseudarthroses persistantes ont toutes nécessité des interventions de sauvetage pour une arthrose douloureuse.

Smith et Cooney (1996) ont analysé 25 cas d'échec d'opérations de pseudarthrose. Dix-neuf d'entre eux ont subi une deuxième tentative opératoire (Russe, croix de Malte, interposition et greffe osseuse vascularisée), et ces patients ont été suivis après 4,6 ans par des entretiens téléphoniques, des questionnaires et/ou des examens physiques. L'union s'est produite dans 17 des 19 cas examinés ; les deux pseudarthroses persistantes avaient bénéficié de la technique de Russe. Deux ont fait l'objet de procédures de sauvetage.

Carrozzella et al. (1989) ont rapporté vingt échecs d'opérations pour pseudarthrose du scaphoïde après une moyenne de 30 mois, 19 d'entre eux présentant des symptômes au niveau du poignet. Cinq scaphoïdes étaient présumés guéris après le traitement, mais un suivi ultérieur a révélé une non-union. Seize patients ont été réopérés, 10 (dont un deux fois) avec une nouvelle greffe osseuse, ce qui a permis l'union de sept scaphoïdes. Les six autres patients ont subi des interventions de sauvetage. Seuls trois patients n'ont pas ressenti de douleur. Tous les patients présentaient une réduction

substantielle de la force de préhension et de l'amplitude des mouvements. Ces résultats illustrent la gravité de cette affection et la nécessité de suivre ces patients de près. La reconnaissance précoce d'une tentative d'opération ratée peut épargner au poignet des changements dégénératifs irréversibles. Les patients pourraient également se voir proposer un traitement symptomatique sous la forme d'une styloïdectomie radiale afin de soulager certains de leurs symptômes à un stade plus précoce.

V. RESUMÉ

Introduction : L'objectif de l'étude est d'évaluer les résultats cliniques et radiologiques du traitement des pseudarthroses du scaphoïde carpien par greffe cortico spongieuse non vascularisé de Matti-Russe modifié stabilisée par brochage, et répondre à la question de l'intérêt actuel de cette technique surtout après l'avènement des greffes vascularisées.

Matériel et méthodes : Notre travail concerne l'analyse rétrospective continue sur une période de 12 ans entre Janvier 2010 et Décembre 2022. Elle a porté sur 24 cas de pseudarthrose du scaphoïde carpien traitées chirurgicalement et suivies au service de traumatologie-orthopédie A du CHU HASSAN II de Fès.

L'exploitation a été suivie par une étude qui a permis le recueil de données sociodémographiques, cliniques, para cliniques, thérapeutiques et évolutives.

Les patients inclus ont bénéficié d'un traitement chirurgical, par greffe cortico spongieuse non vascularisée par voie antérieure.

Résultats : L'âge de nos patients varié entre 18 et 51 ans avec une moyenne de 30,07 ans, et la tranche d'âge entre 20 et 40 ans était la plus touchée. Les hommes ont été plus touchés (20 hommes contre 4 femmes) du fait de la fréquence des accidents de sport qui présentaient l'étiologie la plus fréquente avec 58.3% contre 4.2% pour les accidents de la voie public et 37.5% pour les chutes. La majorité de nos patients étaient des travailleurs manuels de force et le coté dominant était touché dans 77,2%. 16 patients ont bénéficié initialement d'un traitement orthopédique et 8 fractures étaient passées inaperçues.

Le délai moyen entre le traumatisme initial et la prise en charge de la pseudarthrose du scaphoïde était de 17,22 mois.

La douleur, maître symptôme constituait le principal motif de consultation 100%, et les autres signes rapportés étaient : l'impotence fonctionnelle 54,5% ainsi qu'une limitation de la mobilité du poignet la raideur 5%.

Nous avons adopté la classification d'Alnot (Symposium de la SOFCOT 1988) : 2 cas étaient stade I (8.5%), 13 cas stade IIA (54%), 6 cas stade IIB (25%) et 3 cas étaient stade IIIA soit 12.5%.

Le taux de consolidation était de 87.5%, aucune complication en post opératoire immédiat n'a été notée, 1 cas de cal vicieux, 1 cas d'algoneurodystrophie, 3 cas de Raideur du poignet, échec de la cure de pseudarthrose chez 03 patients.

Conclusion : Au vu de nos résultats, la technique de Matti Russe modifiée est apparue comme une chirurgie toujours d'actualité, fiable et efficace pour traiter les pseudarthroses du scaphoïde lorsqu'il s'agit de stades sans désaxation intracarpienne majeure et sans arthrose SNAC installée.

BIBLIOGRAPHIE

Partie theorique

- Adams J D, Leonard R D. Fracture of carpal scaphoid; new method of treatment with report of one case. New Eng J Med 1928; 401-4.
- Alluri RK, Yin C, Iorio ML, Leland H, Wong J, Patel K. Vascularized Bone Grafting in Scaphoid Nonunion: A Review of Patient-Centered Outcomes. Hand N Y N. 2017; 12: 127-34.
- Amadio PC, Berquist TH, Smith DK, Ilstrup DM, Cooney WP, Linscheid RL. Scaphoid malunion. J Hand Surg Am. 1989; 14: 679-87.
- Berdia S, Wolfe SW. Effects of scaphoid fractures on the biomechanics of the wrist. Hand Clin. 2001; 17: 533-40.
- Braga-Silva J, Peruchi FM, Moschen GM, Gehlen D, Padoin AV. A comparison of the use of distal radius vascularised bone graft and non-vascularised iliac crest bone graft in the treatment of non-union of scaphoid fractures. J Hand Surg Eur Vol. 2008; 33: 636-40.
- Büchler U, Nagy L. The issue of vascularity in fractures and non-union of the scaphoid. J Hand Surg Edinb Scotl. 1995; 20: 726-35.

- Buijze GA, Ochtman L, Ring D. Management of scaphoid nonunion. J Hand Surg Am. 2012; 37: 1095-100
- Bush CH, Gillespy T, Dell PC. High-resolution CT of the wrist: initial experience with scaphoid disorders and surgical fusions. AJR Am J Roentgenol. 1987; 149: 757-60.
- Bynum EB, Culp RW, Bonatus TJ, Alexander CE, McCarroll HR. Repeat Russe bone grafting after failed bone graft surgery for scaphoid non-union. J Hand Surg Edinb Scotl. 1995; 20: 373-8.
- Chang MA, Bishop AT, Moran SL, Shin AY. The outcomes and complications of 1,2-intercompartmental supraretinacular artery pedicled vascularized bone grafting of scaphoid nonunions. J Hand Surg Am. 2006; 31: 387-96.
- Ciprian S, Iochum S, Kohlmann R, Dautel G, Dap F, Blum A. MR imaging accuracy in the prediction of bone graft healing potential in scaphoid non-union. J Radiol. 2004; 85: 1699-706.
- Cognet J-M, Louis P, Martinache X, Schernberg F. Arthroscopic grafting of scaphoid nonunion- surgical technique and preliminary findings from 23 cases. Hand Surg Rehabil. 2016; 36: 17-23.

- Cosio MQ, Camp RA. Percutaneous pinning of symptomatic scaphoid nonunions. J Hand Surg Am. 1986; 11: 350-5.
- Delgado–Serrano PJ, Jiménez–Jiménez I, Nikolaev M, Figueredo–Ojeda FA, Rozas–López MG de. Arthroscopic reconstruction for unstable scaphoid non–union. Rev Espanola Cirugia Ortop Traumatol. 2017; 61: 216-23.61
- Doi K, Oda T, Soo–Heong T, Nanda V. Free vascularized bone graft for nonunion of the scaphoid. J Hand Surg Am. 2000; 25: 507-19.
- Ferguson DO, Shanbhag V, Hedley H, Reichert I, Lipscombe S, Davis TRC. Scaphoid fracture non–union: a systematic review of surgical treatment using bone graft. J Hand Surg Eur Vol. 2016; 41: 492-500.
- Fisk GR. Carpal instability and the fractured scaphoid. Ann R Coll Surg Engl. 1970; 46: 63-76.
- Gelberman RH, Menon J. The vascularity of the scaphoid bone. J Hand Surg Am. 1980; 5: 508-13.
- Green DP. The effect of avascular necrosis on Russe bone grafting for scaphoid nonunion. J Hand Surg Am. 1985; 10: 597-605.

- Hove LM. Epidemiology of scaphoid fractures in Bergen, Norway. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg Am. 1999; 33: 423-6.
- Jegal M, Kim JS, Kim JP. Arthroscopic Management of Scaphoid Nonunions. Hand Surg. 2015; 20: 215-21.
- Kang HJ, Chun Y-M, Koh IH, Park JH, Choi YR. Is Arthroscopic Bone Graft and Fixation for Scaphoid Nonunions Effective? Clin Orthop. 2016; 474: 204-12.
- Kim JP, Seo JB, Yoo JY, Lee JY. Arthroscopic management of chronic unstable scaphoid nonunions: effects on restoration of carpal alignment and recovery of wrist function. Arthroscopy. 2015; 31: 460-9.
- Laulan J, Marteau E, Bacle G. Wrist osteoarthritis. Orthop Traumatol Surg Res. 2015; 101: S1-9.
- Lee Y-K, Choi K-W, Woo S-H, Ho PC, Lee M. The clinical result of arthroscopic bone grafting and percutaneous K-wires fixation for management of scaphoid nonunions. Medicine (Baltimore). 2018; e9987.
- Lee Y-K, Woo S-H, Ho PC, Park J-G, Kim J-Y. Arthroscopically assisted Cancellous Bone

Grafting and Percutaneous K-Wires Fixation for the Treatment of Scaphoid Nonunions.

J Korean Soc Surg Hand. 2014;19: 19-28.

–Liu B, Wu F, Ng CY. Wrist arthroscopy for the treatment of scaphoid delayed or nonunions

and judging the need for bone grafting. J Hand Surg Eur Vol. 2019; 44: 594-9.

–Lozano–Calderón S, Blazar P, Zurakowski D, Lee S–G, Ring D. Diagnosis of scaphoid fracture

displacement with radiography and computed tomography. J Bone Joint Surg Am. 2006;

88: 2695-703.

–Mahmoud M, Koptan W. Percutaneous screw fixation without bone grafting for established

scaphoid nonunion with substantial bone loss. J Bone Joint Surg Br. 2011; 93: 932-6.

Merrell GA, Wolfe SW, Slade JF. Treatment of scaphoid nonunions: quantitative meta-analysis

of the literature. J Hand Surg Am. 2002; 27: 685-91.62

–Munk B, Larsen CF. Bone grafting the scaphoid nonunion: a systematic review of 147

publications including 5,246 cases of scaphoid nonunion. Acta Orthop Scand. 2004; 75:

618-29.

- Oh W-T, Kang H-J, Chun Y-M, Koh I-H, Lee Y-J, Choi Y-R. Retrospective Comparative Outcomes Analysis of Arthroscopic Versus Open Bone Graft and Fixation for Unstable Scaphoid Nonunions. *Arthroscopy*. 2018; 34: 2810-8.
- Özalp T, Öz Ç, Kale G, Erkan S. Scaphoid nonunion treated with vascularised bone graft from dorsal radius. *Injury*. 2015; 46: S47-52.
- Pao VS, Chang J. Scaphoid nonunion: diagnosis and treatment. *Plast Reconstr Surg*. 2003; 112: 1666-76; quiz 1677; discussion 1678-1679.
- Pechlaner S, Hussl H, Künzel KH. Alternative surgical method in pseudarthroses of the scaphoid bone. Prospective study. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1987; 19: 302-5.
- Pinder RM, Brkljac M, Rix L, Muir L, Brewster M. Treatment of Scaphoid Nonunion: A Systematic Review of the Existing Evidence. *J Hand Surg Am*. 2015; 40: 1797-1805.
- Rancy SK, Swanstrom MM, DiCarlo EF, Sneag DB, Lee SK, Wolfe SW, et al. Success of scaphoid nonunion surgery is independent of proximal pole vascularity. *J Hand Surg Eur Vol*. 2018; 43: 32-40.

- Reigstad O, Thorkildsen R, Grimsgaard C, Reigstad A, Røkkum M. Is revision bone grafting worthwhile after failed surgery for scaphoid nonunion? Minimum 8 year follow-up of 18 patients. J Hand Surg Eur Vol. 2009; 34: 772-7.
- Ross PR, Lan W-C, Chen J-S, Kuo C-F, Chung KC. Revision surgery after vascularized or non-vascularized scaphoid nonunion repair: A national population study. Injury. 2020.
- Ruby LK, Stinson J, Belsky MR. The natural history of scaphoid non-union. A review of fifty-five cases. J Bone Joint Surg Am. 1985; 67: 428-32.
- Russe O. Fracture of the carpal navicular. Diagnosis, non-operative treatment, and operative treatment. J Bone Joint Surg Am. 1960; 42: 759-68.
- Sanders WE. Evaluation of the humpback scaphoid by computed tomography in the longitudinal axial plane of the scaphoid. J Hand Surg. 1988; 13: 182-7.
- Schuind F, Mounongo F, El Kazzi W. Prognostic factors in the treatment of carpal scaphoid non-unions. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2017; 27: 3-9.
- Sheetz KK, Bishop AT, Berger RA. The arterial blood supply of the distal radius and ulna and its potential use in vascularized pedicled bone grafts. J Hand Surg Am. 1995; 20:

902-14.

–Slade JF, Geissler WB, Gutow AP, Merrell GA. Percutaneous internal fixation of selected

scaphoid nonunions with an arthroscopically assisted dorsal approach. J Bone Joint Surg

Am. 2003;85: 20-32.63

–Smith ML, Bain GI, Chabrel N, Turner P, Carter C, Field J. Using computed tomography to

assist with diagnosis of avascular necrosis complicating chronic scaphoid nonunion. J

Hand Surg Am. 2009; 34: 1037-43.

–Somerson JS, Fletcher DJ, Srinivasan RC, Green DP. Compression screw fixation without bone

grafting for scaphoid fibrous nonunion. Hand N Y N. 2015; 10: 450-3.

–Taleb C, Bodin F, Collon S, Gay A, Facca S, Liverneaux P. Retrograde percutaneous screw

fixation for scaphoid type II non-union in Schernberg zones 2 to 4: a series of 38 cases.

Chir Main. 2015; 34: 32-8.

–Tang JB, Giddins G. Why and how to report surgeons' levels of expertise. J Hand Surg Eur

Vol. 2016; 41: 365-6.

–Trumble TE. Avascular necrosis after scaphoid fracture: a correlation of magnetic resonance

imaging and histology. J Hand Surg Am. 1990; 15: 557-64.

- Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM. Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion. J Hand Surg Am. 1987; 12: 514-9.
- Yeo JH, Kim JY. Surgical Strategy for Scaphoid Nonunion Treatment. J Hand Surg Asian-Pac Vol. 2018; 23: 450-62.
- Youm Y, McMurthy RY, Flatt AE, Gillespie TE. Kinematics of the wrist. I. An experimental study of radial-ulnar deviation and flexion-extension. J Bone Joint Surg Am. 1978; 60: 423-31.

Partie étude

1. Hove, L.M., Epidemiology of scaphoid fractures in Bergen, Norway. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg, 1999. 33(4): p.423–6.
2. Prosser GH, Isbister ES. The presentation of scaphoid non-union. Injury, 2003;34:646–5 .
3. ZAIDEMBERG C, SIEBERG J, ANGRIGIANI C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. Journal of hand surgery, 1991, 16A : 474–478
4. KUHLMAN JN, MIMOUN M, BOABIGHI A, BAUX S. Vascularized bone graft pedicled on the volar carpal artery for nonunion of the scaphoid. Journal of hand surgery, 1987, 12B : 203–210
5. RACHID K, JAAFAR A, CHKOURA M, LOUASTE J, MOUDENE A.

- Traitement des pseudarthroses du scaphoïde par greffe antérieure et broches de Kirchner: A propos de 20 cas Rév. Maroc. Chir orthop traumatol 2002, 16, 51–54
6. SAINT-CAST Y. Le greffon vascularisé radial de Zaidenberg: Bases anatomiques et expérience clinique Chirurgie de la main 29S (2010) S77–S82
7. YAKOUBI M, BENBAKOUCHE R. Etude comparative dans le traitement des pseudarthroses du scaphoïde carpien. Greffe conventionnelle versus greffe pédiculée sur l'artère transverse antérieure du carpe. Chirurgie de la main. 2009; 28: 37–41.
8. ALLIEU Y, CHAMMAS M, ROUX JL. Chirurgie des traumatismes anciens du carpe. EMC, Techniques chirurgicales – Orthopédie–Traumatologie (1994), 344–54.
9. Matti H. Huber die behandlung der naviculare fracture und der refractura patellae durch plombierung mit spongiosa ZBL. Chir., 1936, 63: 1442–53
10. Russe O. Die kahnbeinpseudarthrose, behandlung und ergebnisse. Hefte Unfallheilkd, 1980; 148: 129–34
11. MATTI H. Technik und Resultate meiner pseudarthrosenoperation. Zentralar Chir 1936; 63: 1442–1463.
12. REHART ST, ZICHNER L. The scaphoid pseudarthrosis: screw fixation with electric stimulation against the Matti Russe bone graft technique. A prospective study of a series of 120 cases J Hand Surg [Br] 1996 21: 39

13. LINSCHIED RL, DOBINS JH, COONEY WP. Volar wedge grafting of the carpal scaphoid in non-unions associated with dorsal instability patterns. J Bone Joint Surg 1982; 64: 632–633.
14. JESSU M, WAVREILLE G, STROUK G, FONTAINE C, CHANTELOT C. Pseudarthroses du scaphoïde traitées par greffon vascularisé de Kuhlmann : résultats radiographiques et complications Chirurgie de la main 27 (2008) 87–96
15. orsal approach to scaphoid nonunion☆
 Author links open overlay panelH. Kirk Watson MD 1 2 3, Eleanor C. Pitts MD 1 2 3, Duffield Ashmead IV MD 1 2 3, M. Vincent Makhoul MD 1 2 3, John Kauer MD 1 2 3
16. THE BLOOD SUPPLY OF THE SCAPHOID BONE M. J. OEHMKE, T. PODRANSKI, R. KLAUS, E. KNOLLE, S. WEINDEL, S. REIN and H. J. OEHMKE
17. Kirschner wire versus Herbert screw fixation for the treatment of unstable scaphoid waist fracture nonunion using corticocancellous iliac bone graft: randomized clinical trial Galal Hegazy¹ & Ehab Alshal² & Mohamed Abdelaal¹ & Mohamed Abdelaziz¹ & Mohamed Moawad¹ & Yasser M. Saqr³ & Ibrahim El-Sebaey¹ & Mokhtar Abdelazeem¹ & Mohamed El-Barody
- 18 A Biomechanical Comparison of Scaphoid Fixation With Bone Grafting Using Iliac Bone or Distal Radius Bone Paul Jarrett, ChB, Vera Kinzel, MD, Karl Stoffel, MD, P
19. Vascularised versus non-vascularised bone graft for scaphoid nonunion: Meta-analysis of randomised controlled trials and comparative studies Yuki Fujihara Michiro Yamamoto
 Satoki Hidaka Ai Sakai Hitoshi Hirata

Open AccessPublished:December 16,

2022DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jptra.2022.12.001>

20 Failed Bone Grafts in Scaphoid Non-unions: Is it Wise to Start All Over? Level

3 Evidence Colin De Cheveigne, MD Pierre Croutzet, MD Benjamin Ferreira,
MD Alexa Gaston-Nouvel, MD

21.IS REVISION BONE GRAFTING WORTHWHILE AFTER FAILED SURGERY FOR

SCAPHOID NONUNION? MINIMUM 8 YEAR FOLLOW-UP OF 18 PATIENTS O.

REIGSTAD, R. THORKILDSEN, C. GRIMSGAARD, A. REIGSTAD and M.
RØKKUM