

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2021

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Comparaison des résultats
des greffons vascularisés et non
vascularisés dans le traitement
des pseudarthroses du scaphoïde :
étude rétrospective à propos de 60 cas**

Présentée et soutenue publiquement le 8 octobre 2021 à 18h
au Pôle Formation

par Morgane DELAMARRE

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Christophe CHANTELOT

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Carlos MAYNOU

Madame le Docteur Elvire GUERRE

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Marc SAAB

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Sigles

1,2 ICSRA : *1,2 intercompartmental retinacular artery*

3D : 3 dimensions

° : degrés

% : pourcent

AIS : angle intra-scaphoïdien (de face)

ASL : angle scapho-lunaire

ASPI : *adaptative proximal scaphoid implant*

ATCD : antécédents

CHRU : centre hospitalier régional universitaire

CS : cortico-spongieux

DISI : *dorsal intercalated segment instability*

EDR : extrémité distale du radius

EVA : échelle visuelle analogique

GNV : greffon non vascularisé

GV : greffon vascularisé

HAS : Haute Autorité de Santé

HR : *hazard ratio*

IC : intervalle de confiance

IRM : imagerie par résonance magnétique

Kg : kilogramme

LISA : *lateral intrascaphoid angle*

MA : méta-analyse

mm : millimètres

MWS : *Mayo wrist score*

N : nombre de patients

ONA : ostéonécrose aseptique

p : p-value

PC : prospective comparative

PRWE : *patient-rated wrist evaluation*

Quick-DASH test : *quick-disabilities of the arm, shoulder and hand test*

RCP : rameau carpien palmaire de l'artère radiale

RL : revue de la littérature

S : spongieux

SNAC : *scaphoid non-union advanced collapse*

TDM : tomodensitométrie

Ttt : traitement

Les valeurs numériques ont été arrondies à une décimale

Sommaire

Avertissement	2
Sigles	3
Sommaire	5
Résumé	7
Introduction	8
1. Epidémiologie et généralités.....	8
2. Anatomie et vascularisation [7–11].....	9
3. Les greffons osseux.....	12
3.1 Historique.....	12
3.2 Les greffons non vascularisés (GNV).....	12
3.3 Les greffons vascularisés (GV).....	13
4. Etat de l'art.....	21
5. Indications thérapeutiques.....	22
6. Objectif de l'étude	24
Matériel et méthodes	25
1. Type d'étude et patients	25
2. Critère de jugement principal	27
3. Critères de jugement secondaires	27
4. Technique chirurgicale.....	29
5. Analyse statistique	32
Résultats.....	33
1. Population.....	33
2. Comparabilité des groupes (Tableau II).....	34
3. Critère de jugement principal (Tableau II, Figure 19).....	37
4. Critères de jugement secondaires	38
Discussion	43
1. Rationnel de l'étude	43
2. Taux et délai de consolidation	44
3. Résultats fonctionnels et cliniques.....	50
4. Résultats radiologiques	51
5. Complications et réinterventions.....	52
6. Forces et limites de l'étude	53
Conclusion	55

Liste des tableaux et figures 56
Références 58
Annexes 62

Résumé

Introduction

La pseudarthrose du scaphoïde est fréquente et son traitement reste non consensuel. Il repose le plus souvent sur l'utilisation de greffons osseux qui peuvent être vascularisés ou non. L'objectif principal de notre étude était d'évaluer si l'utilisation de greffons vascularisés améliore le taux et le délai de consolidation des pseudarthroses du scaphoïde.

Matériel et méthodes

Il s'agissait d'une étude rétrospective incluant 29 cures de pseudarthrose par greffons non vascularisés et 31 par greffons vascularisés. Le critère de jugement principal était la comparaison des taux et délai de consolidation entre les deux groupes. Ont été étudiés secondairement les résultats fonctionnels (douleur, scores subjectifs), cliniques (amplitudes articulaires, force), radiographiques (signes d'arthrose, angle scapho-lunaire, angle intra-scaphoïdien) ainsi que les complications et réinterventions.

Résultats

Le recul moyen était respectivement de 6,8 et 8,6 ans dans les groupes des greffons non vascularisés et vascularisés. Les groupes étaient comparables sauf pour le recul. Trente-trois pourcent des patients présentaient une pseudarthrose du pôle proximal et 10% avaient des signes de dévascularisation de ce pôle. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les deux groupes hormis pour le taux de consolidation dans le sous-groupe des fumeurs. Les taux de consolidation étaient de 78,6% et 75% et les délais moyens de 7,8 et 10,3 mois. Les résultats fonctionnels et cliniques étaient compatibles avec une qualité de vie satisfaisante. Les taux de complications étaient de 31 et 13% et les taux de réinterventions de 17,2% et 16,1%.

Conclusion

Avec un long recul, il n'a pas été trouvé d'amélioration des résultats par l'apport d'une vascularisation au greffon osseux posant alors la question des indications auxquelles réserver les greffons vascularisés. Les pseudarthroses avec signes de dévascularisation du pôle proximal et celles ayant des antécédents de cure ressortent cependant comme des indications potentielles dans la littérature.

Introduction

1. Epidémiologie et généralités

La fracture du scaphoïde est la fracture la plus fréquente du carpe [1]. Elle survient classiquement chez des hommes jeunes, dans un contexte sportif, après un traumatisme en hyper-extension du poignet. L'évolution défavorable vers une pseudarthrose se fait dans 2 à 15% des cas [2,3] et peut aller jusqu'à 30% des cas lorsque la fracture est localisée au pôle proximal [4]. Ses facteurs de risque sont notamment la localisation au pôle proximal ou une ostéonécrose de celui-ci, une fracture déplacée ou instable, un délai de traitement de la fracture trop long, la mauvaise qualité du traitement initial, un tabagisme actif. Une pseudarthrose non traitée évolue vers une arthrose radio et médio-carpienne dénommée « *scaphoid non-union advanced collapse* » (SNAC wrist) qui entraîne douleur et handicap [5,6]. Les buts du traitement de la pseudarthrose du scaphoïde sont sa consolidation, la restauration de l'anatomie du carpe et sa stabilité afin d'obtenir des résultats cliniques et fonctionnels satisfaisants et pérennes. Il n'y a pas de consensus sur son traitement mais la tendance actuelle repose sur les principes fondamentaux des traitements des pseudarthroses avec résection de l'os pathologique, remplacement de celui-ci par une greffe osseuse et ostéosynthèse stable. Lorsque ce traitement n'est pas possible des interventions palliatives sont proposées comme l'implant adaptatif de pôle proximal en pyrocarbone (APSI), les résections de la première rangée des os du carpe, les arthrodèses partielles ou totales du poignet.

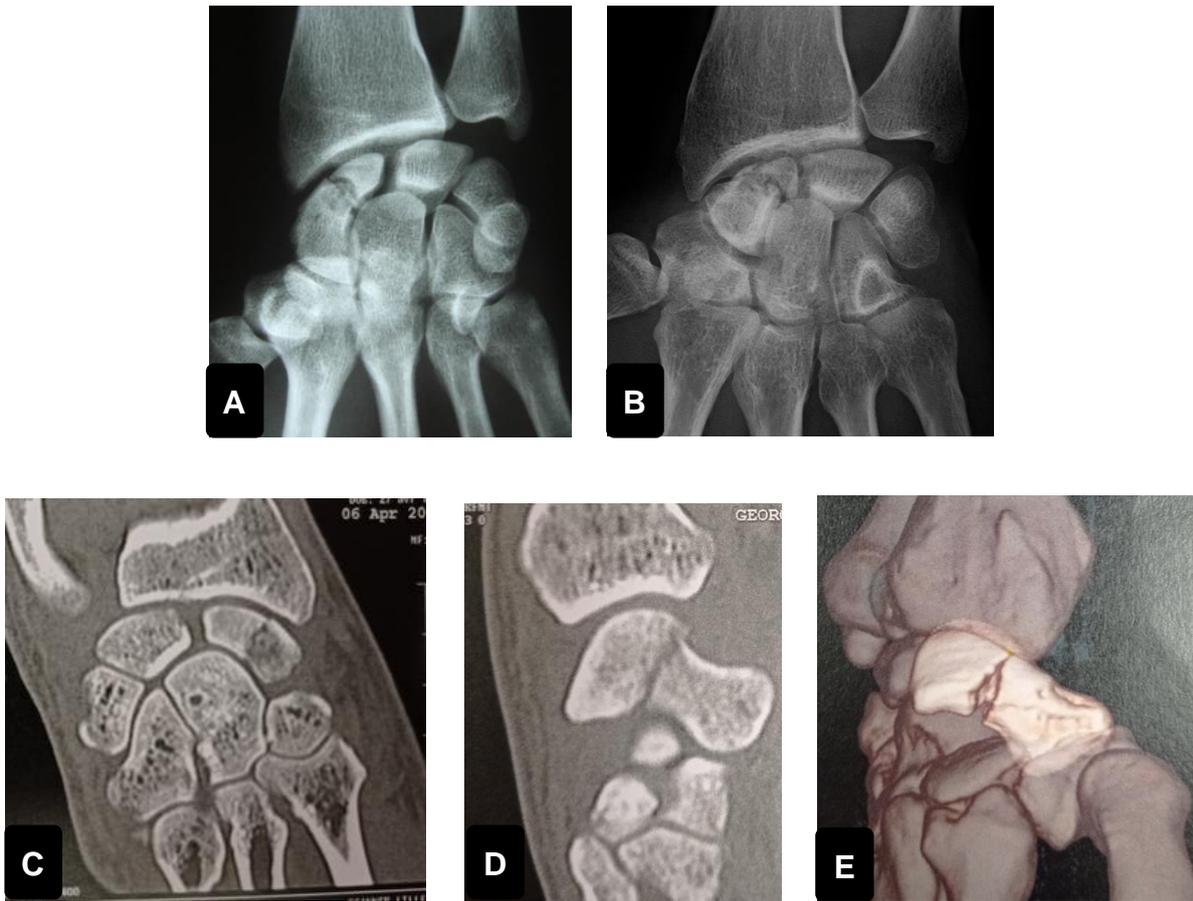


Figure 1 : Radiographies (A et B), tomodensitométrie (TDM) (C et D) et reconstruction 3D à partir de TDM (E) de pseudarthroses du scaphoïde.

2. Anatomie et vascularisation [7–11]

Le scaphoïde fait partie de la première rangée des os du carpe. Sa forme est complexe avec un grand axe dans un plan oblique. On distingue le pôle proximal, le corps et le pôle distal (ou tubercule). Il s'articule avec le radius, le lunatum, le trapèze, le trapézoïde et le capitatum et plus de 75% de sa surface est recouverte de cartilage (Figure 2). Il présente une crête dorsale non articulaire où pénètrent des vaisseaux nourriciers provenant de l'artère radiale (ou de l'arcade dorsale du carpe) et vascularisant les deux tiers proximaux du scaphoïde. La vascularisation palmaire (provenant de l'artère radiale ou de son rameau superficiel) pénètre par le tubercule et vascularise le tiers distal du scaphoïde. La vascularisation du pôle proximal est donc rétrograde et dépend uniquement de la

vascularisation intra-osseuse. Cette vascularisation faible explique la fréquence plus élevée de pseudarthrose et nécrose avasculaire du pôle proximal (ONA) (15 à 40% [4]).

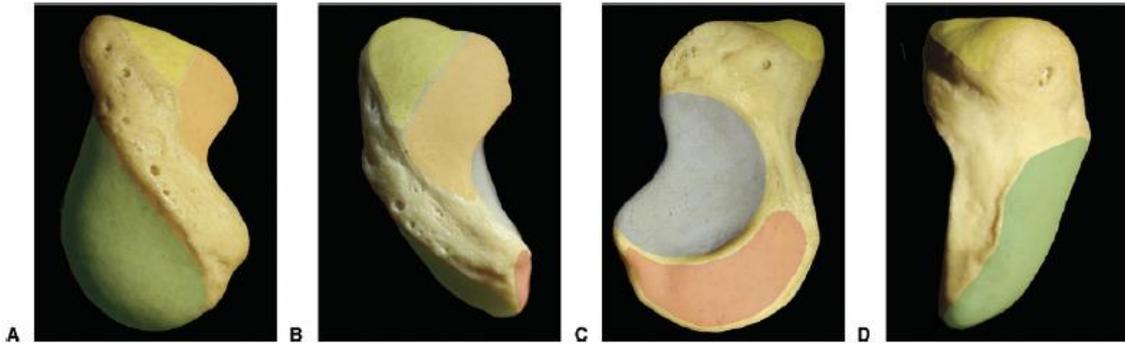


Figure 2 : Représentation 3D du scaphoïde avec ses surfaces articulaires et la crête dorso-radiale (A : face externe, B : face dorsale, C : face interne, D : face palmaire. Le pôle distal est représenté en haut et le proximal en bas).

Les radius et ulna distaux ainsi que le carpe sont vascularisés par les réseaux carpiens palmaire et dorsal (certains auteurs distinguent deux arcades dorsales : l'inter-carpienne et la radio-carpienne). Ceux-ci sont alimentés par les artères radiale, ulnaire et interosseuses antérieure et postérieure. Les branches collatérales du réseau carpien dorsal sont dénommées compartimentales lorsqu'elles passent au sein des compartiments ou intercompartimentales lorsqu'elles passent dans le septum séparant deux compartiments. Elles donnent ensuite naissance aux artères métacarpiennes dorsales des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} espaces (Figure 3).

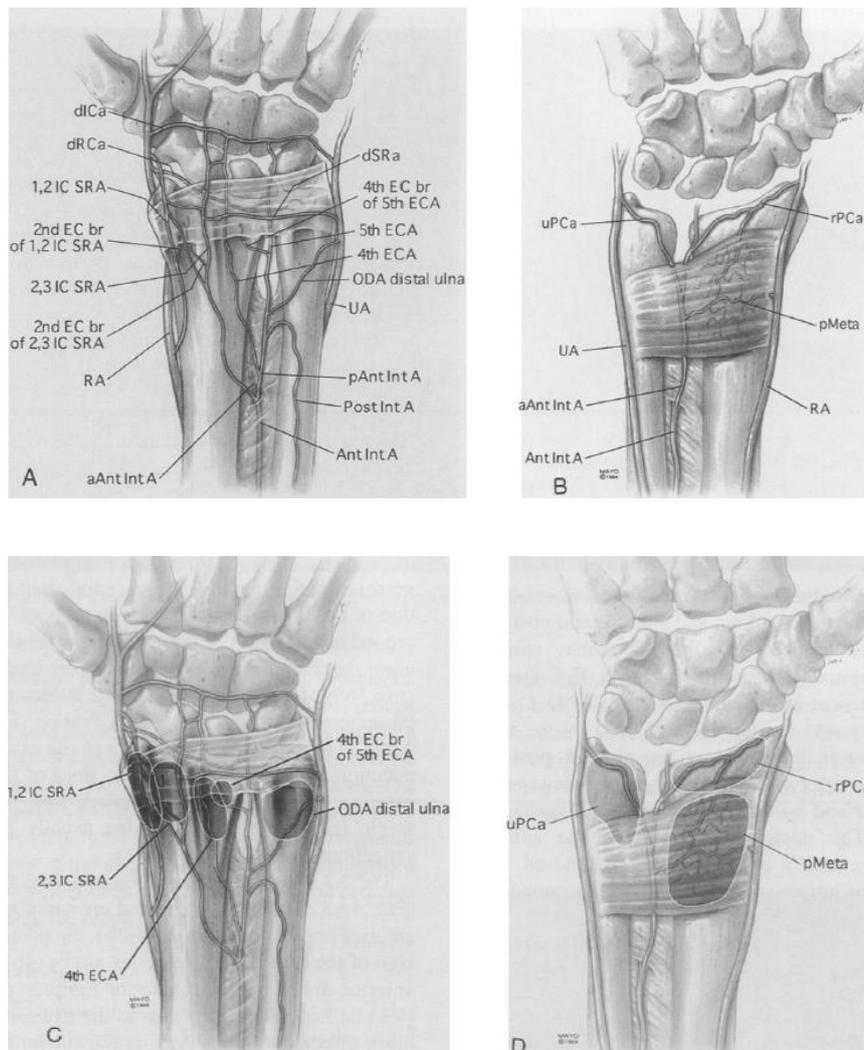


Figure 3 : Schémas représentant la face dorsale (A, C) et la face palmaire (B, D) du radius et de l'ulna distaux, leur vascularisation et les zones vascularisées par les différents vaisseaux nourriciers (C et D).

RA : artère radiale, UA : artère ulnaire, Ant Int A : artère interosseuse antérieure (a et p branches antérieure et postérieure), Post Int A : artère interosseuse postérieure, dICa : arche dorsale intercarpienne, dRCa : arche dorsale radiocarpienne, 1,2 ICSRA : artère suprarétinaculaire intercompartmentale 1-2, 2,3 ICSRA : artère suprarétinaculaire intercompartmentale 2-3, 4th ECA : artère du 4^{ème} compartiment des extenseurs, 5th ECA : artère du 4^{ème} compartiment des extenseurs, dSRa : arcade dorsale suprarétinaculaire, pMeta : arcade palmaire métaphysaire, rPCa : rameau carpien palmaire de l'artère radiale, uPCa : rameau carpien palmaire de l'artère ulnaire

3. Les greffons osseux

3.1 Historique

Huntington, en 1905, fût le premier à effectuer un transfert osseux vascularisé pris aux dépens de la fibula pour combler une perte de substance au niveau du tibia [12]. Puis en 1972, Judet et Roy-Camille [13] réalisaient le premier greffon vascularisé pour une pseudarthrose du scaphoïde qui consistait en un transfert du tubercule du scaphoïde avec un pédicule provenant du court abducteur du pouce. Braun en 1983 [14] a décrit un greffon prélevé sur la face antérieure de la styloïde radiale et pédiculé sur des fibres musculaires du carré pronateur. Ce greffon a ensuite été modifié par plusieurs auteurs dont Kawai et Yamamoto [15–17]. En 1987, Kuhlmann [18] a proposé un greffon pris sur la face antérieure du radius et pédiculé sur le rameau carpien palmaire de l'artère radiale. Celui-ci a ensuite été modifié par Mathoulin et Haerle en 1998 [19]. Zaidemberg en 1991 [20] a prélevé un greffon sur la face dorso-latérale de l'extrémité distale du radius (EDR) après avoir décrit une branche rétrograde de l'artère radiale le vascularisant.

3.2 Les greffons non vascularisés (GNV)

Les greffons non vascularisés sont majoritairement prélevés au niveau de l'EDR et de la crête iliaque antérieure. Ils peuvent être spongieux s'il n'y a pas ou peu de résorption osseuse ou cortico-spongieux dans le cas inverse. Deux techniques de mise en place du greffon méritent d'être détaillées. Le greffon encastré, selon la technique décrite par Matti puis Russe en 1960 [21–23], consiste en un greffon cortico-spongieux en rectangle qui va être encastré dans une travée osseuse préalablement préparée au sein des deux fragments du scaphoïde. Cette technique ne corrige pas efficacement les potentielles déformations du scaphoïde. Le greffon intercalé, décrit par Fisk [24] en 1982 et modifié par Fernandez [25], est un greffon cortico-spongieux dont la forme trapézoïdale permet la correction d'une

éventuelle déformation en flexion du scaphoïde (Figure 4). Ces deux types de montages peuvent être stabilisés ou non par une ostéosynthèse.

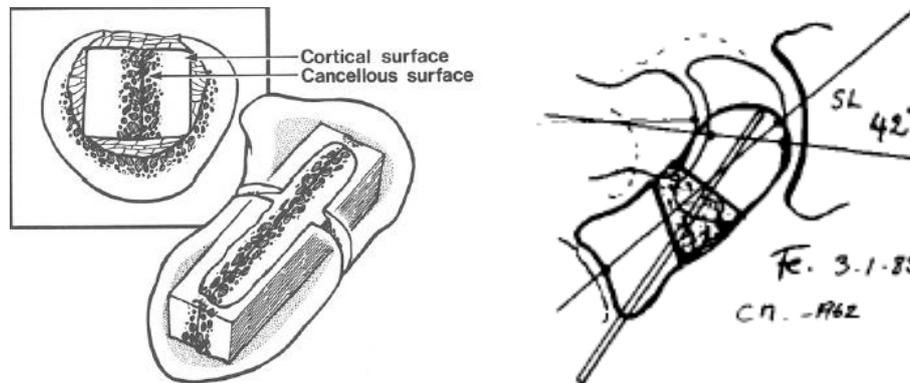


Figure 4 : Schémas représentant la technique du greffon encastré décrite par Matti et modifiée par Russe [22,23] (à gauche) ; et celle du greffon intercalé décrite par Fisk et modifiée par Fernandez [10,25] (à droite).

3.3 Les greffons vascularisés (GV)

Le greffon pédiculé sur l'artère suprarétinaculaire intercompartimentale 1-2 (dit de Zaidemberg)

L'artère suprarétinaculaire intercompartimentale 1-2 (1,2 ICSRA) naît de l'artère radiale, passe en superficie du rétinaculum des extenseurs entre les compartiments 1 et 2, et rejoint ensuite l'artère radiale ou l'arcade radiocarpienne. Cette anastomose distale correspond à la branche ascendante décrite par Zaidemberg [20]. Elle vascularise l'os cortico-spongieux du plancher du 2^{ème} compartiment et une partie du rétinaculum des extenseurs. Le prélèvement du greffon se fait par une incision oblique sur la face dorso-latérale du radius distal. Après dissection sous-cutanée (en préservant les branches sensibles dorsales du nerf radial), le pédicule est repéré entre les 1^{er} et 2^{ème} compartiments des extenseurs. Sa dissection doit être étendue jusqu'à la styloïde radiale qui est le point de rotation du pédicule [20] (Figure 5-6). Les avantages de ce greffon sont une dissection du pédicule en général aisée de par sa localisation superficielle au rétinaculum et une localisation permettant

d'atteindre les pôles proximal et distal du scaphoïde malgré un arc de rotation court (une styloïdectomie peut être nécessaire pour éviter une tension dans le pédicule). Zaidenberg [20] fût le premier à le décrire. Il a initialement effectué son étude dans l'idée que la mise en place d'un greffon vascularisé permettrait, en plus d'améliorer le taux de consolidation, de diminuer le délai de consolidation et donc la durée d'immobilisation. Après avoir effectué une étude cadavérique pour mettre en évidence la 1,2 ICSRA, il a appliqué cliniquement son greffon à 11 patients souffrant de pseudarthrose chronique du scaphoïde. Une immobilisation était mise en place pour 6 semaines. Le taux de consolidation fût de 100% dans un délai moyen de 6 semaines. La plupart des études ont de bons résultats avec un taux de consolidation allant de 60 à 100% dans un délai moyen de 6 à 25 semaines [20,26], y compris dans les études comportant uniquement des pseudarthroses avec nécrose du pôle proximal (93% dans un délai moyen de 5,1 mois pour Waitayawinyu et al. [27]). Cependant certaines études ont eu de très mauvais résultats comme par exemple Straw et al. qui ont obtenu un taux de seulement 27% dans une population comportant 73% d'ONA [28].

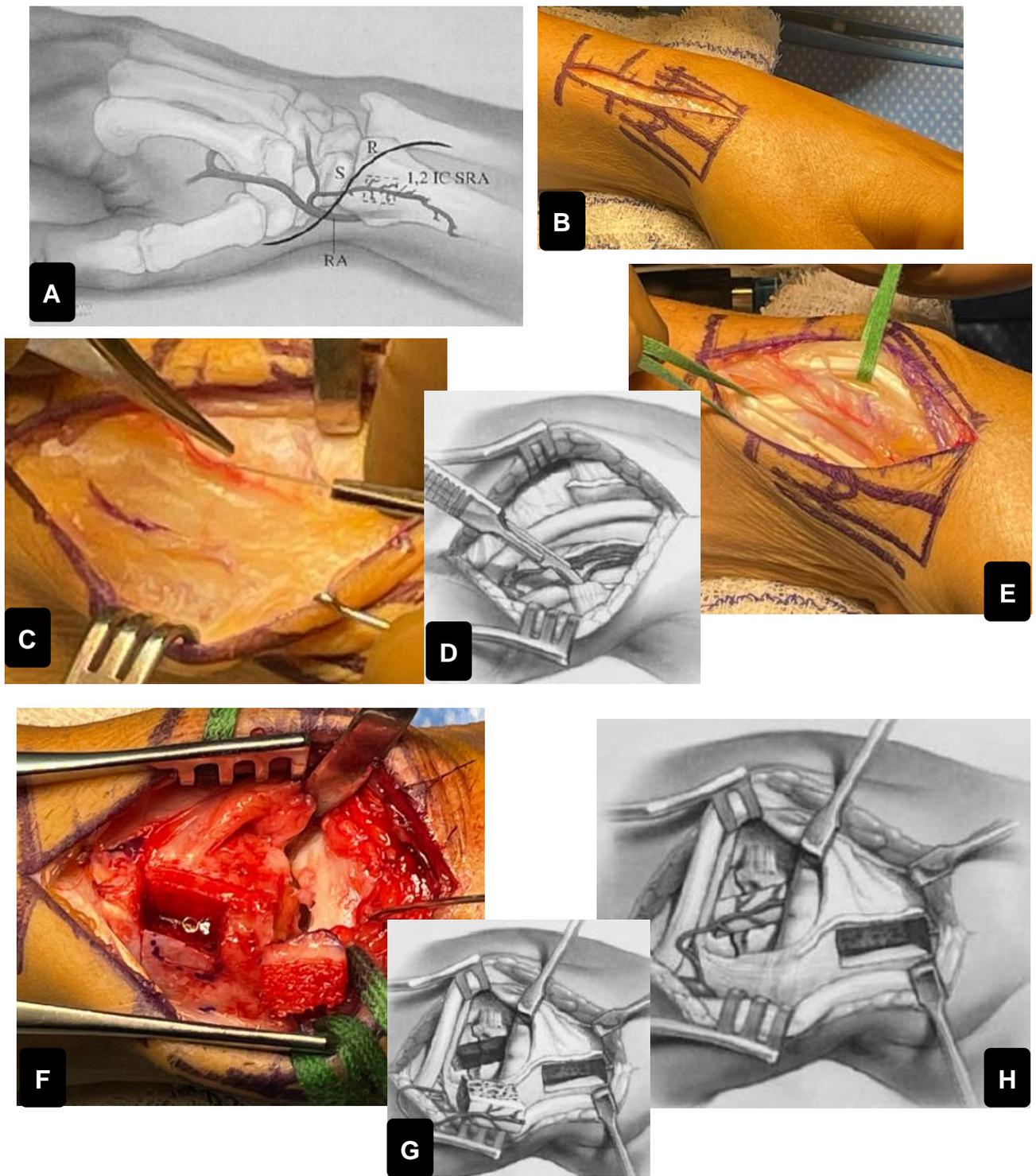


Figure 5 : Technique chirurgicale du greffon dit de Zaidenberg

(A et B : Incision dorso-radiale ; C : Repérage de l'1,2 ICSRA ; D et E : Ouverture du rétinaculum des extenseurs ; F et G : Prélèvement du greffon et vérification de sa bonne vascularisation ; H : Placement du greffon) [26]



Figure 6 : Radiographies postopératoires (face et profil) d'un greffon dit de Zaidenberg pour pseudarthrose du pôle proximal

Le greffon pédiculé sur le rameau carpien palmaire de l'artère radiale (RCP) (dit de Kuhlmann-Mathoulin)

Le rameau carpien palmaire de l'artère radiale (ou artère transverse antérieure du carpe) est constant. Il chemine au bord distal du carré pronateur pour ensuite s'anastomoser aux rameaux provenant des artères ulnaire et interosseuse antérieure au niveau de l'articulation radio-ulnaire distale (Figure 7). Son prélèvement se fait par une voie antérieure de Henry. La partie distale de l'aponévrose superficielle du carré pronateur est ouverte sur son dernier centimètre distal et le pédicule est libéré en sous-périosté. On prélève avec précaution le greffon à l'aide d'un ciseau à os sur face palmaire et ulnaire de l'EDR. Lors de la fermeture, le ligament radio-scapho-capital et la capsule sont suturés sans tension pour ne pas comprimer le pédicule (Figure 8-10). Les avantages de ce greffon sont sa vascularisation fiable car basée sur de nombreuses anastomoses ainsi qu'un pédicule assez long arrivant jusqu'au scaphoïde sans difficulté. Les inconvénients sont une taille limitée du greffon (1cm³ environ) et un prélèvement difficile et délicat avec une longue courbe d'apprentissage. Certains auteurs ont rapportés des cas de fracture articulaire du radius suite au prélèvement [29]. Dans leur étude de 1987, Kuhlmann et al. [18] ont effectué une étude anatomique de ce greffon sur 79 cadavres puis publié les résultats cliniques des 3 premiers patients qui en

ont bénéficié. Kuhlmann a indiqué ce greffon pour le traitement des pseudarthroses chroniques des os de la première rangée du carpe avec lésions ischémiques ou perte de substance après échec de cures de pseudarthrose. En 1998, Mathoulin et Haerle [19] rapportaient les résultats d'une étude prospective de 17 patients ayant une pseudarthrose du corps du scaphoïde dont 10 avec des antécédents de cure pseudarthrose. Le taux de consolidation fût de 100% en un délai moyen de 60j (dont 9 patients ayant consolidés avant le délai de 45 jours). Ils recommandaient donc ce greffon en traitement primaire d'une pseudarthrose avec perte osseuse limitée, sans déplacement et sans arthrose radiocarpienne (stade IIA et quelques stades IIB et IIIA de la classification d'Alnot (Annexes) [30]).

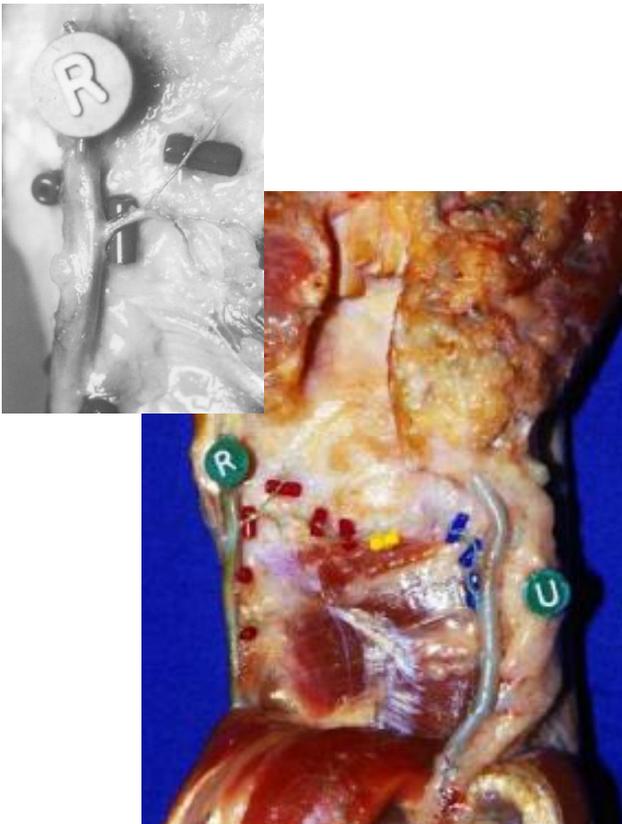


Figure 7 : Dissection cadavérique
(R : artère radiale, U : artère ulnaire,
image de gauche : origine du RCP)

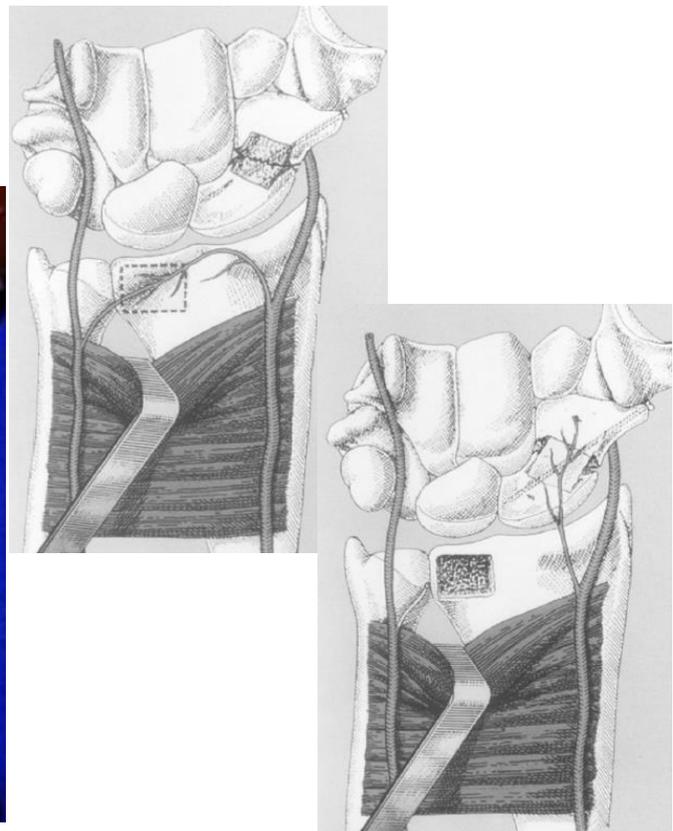


Figure 8 : Schémas du greffon dit de
Kuhlmann-Mathoulin

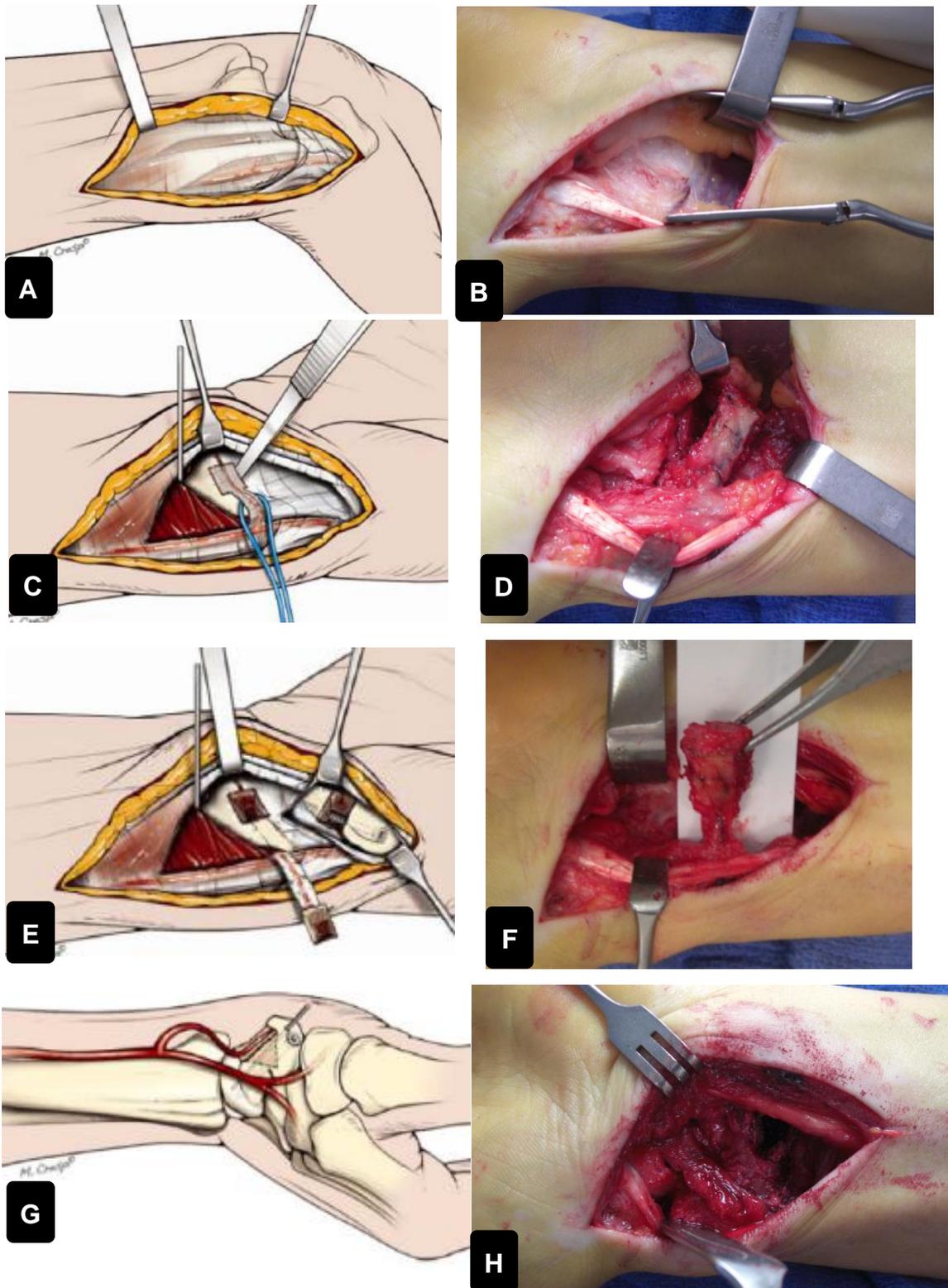


Figure 9 : Technique chirurgicale du greffon pédiculé sur le RCP (A : Voie de Henry étendue au scaphoïde, B : Visualisation du pédicule, C et D : Prélèvement du greffon, E et F : Levée du greffon et vérification de sa bonne vascularisation, G et H : Mise en place du greffon et ostéosynthèse).

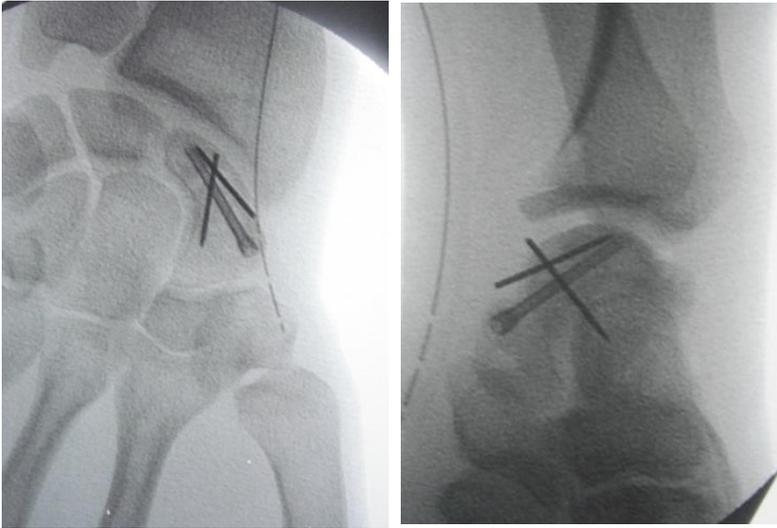


Figure 10 : Radiographies (face et profil) postopératoires d'un greffon pédiculé sur le RCP et ostéosynthésé par une vis et deux broches.

Le greffon pédiculé sur l'artère profonde du premier espace inter-métacarpien dorsal

Ce greffon est basé sur la description du lambeau cerf-volant par Foucher et Braun en 1978 [31]. Il est prélevé au niveau de la tête du 2^{ème} métacarpien et est vascularisé par l'artère profonde du premier espace inter-métacarpien dorsal (qui provient de l'artère radiale). La technique opératoire consiste à effectuer une incision dorsale sinusoïdale au niveau de la première commissure puis à détacher un large pédicule de tissus fascio-sous-cutané autour des axes vasculaires à partir de l'angle situé entre les deux premiers métacarpiens jusqu'au tubercule latéral du 2^{ème} métacarpien (zone où se font les anastomoses entre les réseaux superficiel et profond) (Figure 11). Les avantages sont une vascularisation directe par une branche pénétrant dans l'épiphyse distale et un greffon cortico-spongieux avec une corticale épaisse permettant une reconstruction stable. Brunelli et al. [32] ont publié un premier article en 1992 comportant une étude anatomique et son application clinique sur 7 patients ayant des antécédents de cures de pseudarthrose. Un deuxième article datant de 1998 [33] rapportait les résultats d'une étude prospective sur 15 patients (ayant aussi des antécédents de cure de pseudarthrose). La majorité des cas concernait des pseudarthroses du corps du scaphoïde. Le taux de consolidation fût de 93,3% avec un délai moyen de 4 mois. Les résultats fonctionnels ne furent acceptables que pour 66% des patients, résultats expliqués par les auteurs de par la présence d'arthrose non diagnostiquée en préopératoire chez

plusieurs patients. Il n'a pas été retrouvé de complications sur le site de prélèvement. Ils recommandaient ce greffon uniquement pour les cas d'échec de cure de pseudarthrose dans les stades II et III de la classification d'Alnot (Annexes) [30]. Sawaizumi et al. [34] ont trouvé un taux de consolidation de 100% avec un délai moyen de 10,2 semaines chez 14 patients avec pour certains d'entre eux l'utilisation d'une voie palmaire lorsqu'il était nécessaire de corriger un DISI (Dorsal Intercalated Segment Instability).

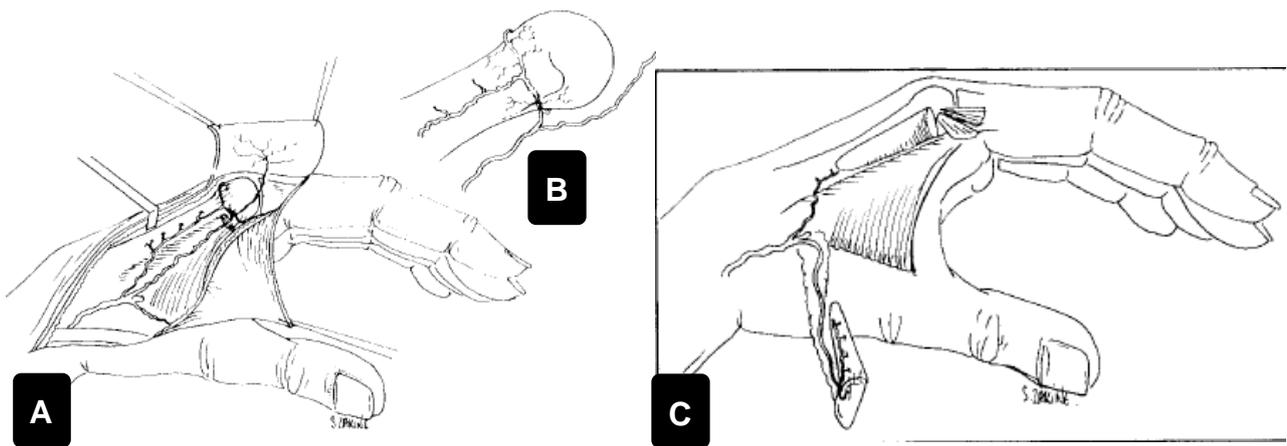


Figure 11 : Schémas montrant la vascularisation du première espace interosseux (A), l'anastomose des 2 réseaux artériels au niveau du col du 2^{ème} métacarpien (B) et le prélèvement du greffon (C).

Le greffon libre vascularisé du condyle fémoral médial

Il est vascularisé par l'artère géniculaire descendante. Celle-ci est prélevée avec le greffon osseux et anastomosée sur l'artère radiale (Figure 12). Son prélèvement est facile, fournit une bonne quantité osseuse et peut être associé à la prise de greffon cartilagineux, mais a le désavantage d'être effectué sur un site sain. Il n'y a eu encore que peu de séries l'évaluant [35] mais ce greffon gagne en popularité avec de bons résultats et peu de morbidité sur le site donneur.

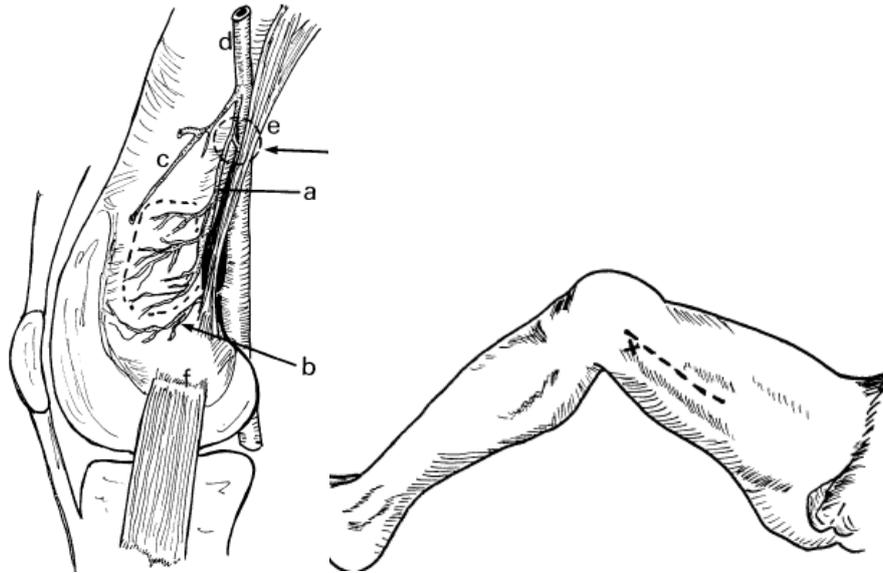


Figure 12 : Schémas de l'anatomie vasculaire du greffon libre vascularisé du condyle fémoral médial (à gauche) (a : artère géniculaire descendante, b : artère géniculaire supéromédiale, d : artère fémorale) et de sa voie d'abord (située juste au-dessus du tendon du grand adducteur) (à droite) [35]

Il existe aussi des greffons vascularisés pédiculés sur l'artère suprarétinaculaire intercompartimentale 2-3 ou sur les artères des 4^{ème} et 5^{ème} compartiments des extenseurs.

4. Etat de l'art

Les articles comparant les greffons vascularisés aux greffons non vascularisés sont peu nombreux et présentent des résultats variables. La méta-analyse de Pinder et al. [36] et les deux études prospectives randomisées de Braga-Silva et al. [37] et Caporrino et al. [38] retrouvaient des taux de consolidation similaires pour les greffons vascularisés et non vascularisés. A l'inverse, Munk et Larsen [39] et Zhang et al. [40] dans leurs revues de la littérature ainsi que Ribak et al. [41] dans leur étude prospective randomisée ont obtenu un taux de consolidation supérieur dans le groupe des greffons vascularisés. Cependant la majorité des études s'accordaient sur la supériorité des greffons vascularisés dans le groupe des pseudarthroses avec signes de dévascularisation du pôle proximal ou dans des

contextes d'échec de chirurgie antérieure [39,42,43]. Il en est de même concernant les délais de consolidation où il a été retrouvé une différence statistiquement mais non cliniquement significative entre les deux types de greffons pour certains auteurs [38,41] et aucune différence pour d'autres [36,37].

5. Indications thérapeutiques

Une cure de pseudarthrose avec greffe osseuse n'est pas conseillée lorsqu'il existe des signes d'arthrose radio- ou médio-carpienne (stades IIIB et IVB de la classification d'Alnot (Annexes) [30]). Il faudra dans ce cas préférer des interventions palliatives : résection de la première rangée des os du carpe, arthrodèses partielles ou totales du poignet. Pour le stade IIIA, où l'arthrose est limitée à la styloïde radiale, il peut se discuter une styloïdectomie associée au greffon osseux (si une chirurgie palliative n'est pas indiquée). D'autre part, certains auteurs proposent un vissage percutané après débridement sous arthroscopie mais sans greffe osseuse pour des pseudarthroses précoces datant de moins d'un an, non déplacées, sans résorption osseuse et concernant le corps du scaphoïde [44].

Un greffon spongieux est conseillé si la résorption osseuse est comprise entre 5 et 10mm. Un greffon cortico-spongieux est nécessaire si la résorption est importante (>1mm) ou qu'il existe une déformation du scaphoïde.

Le choix de la voie d'abord est aussi important. Les greffons dorsaux de l'EDR sont préférés lorsque la pseudarthrose est localisée au pôle proximal. Les greffons palmaires sont mieux adaptés lorsqu'il s'agit du corps du scaphoïde mais surtout s'il existe une déformation en flexion palmaire du scaphoïde (humpback) qui sera plus facilement corrigée par la voie antérieure. Elle permet aussi la protection de la vascularisation prédominante du scaphoïde qui est dorsale. Dans tous les cas il faut prendre en compte les antécédents de chirurgie du poignet qui pourraient compromettre la fiabilité du pédicule.

Les greffons vascularisés ont théoriquement l'avantage de préserver en vie les ostéocytes et ostéoblastes ce qui apporterait une supériorité biologique et mécanique sur les greffons non vascularisés [45]. Cette vascularisation permettrait un meilleur remodelage osseux, une incorporation plus rapide et un meilleur maintien de la densité osseuse. Ils devraient donc améliorer le taux de consolidation et son délai, et cela d'autant plus dans les cas où le pôle proximal présente des signes de dévascularisation. En pratique ce taux est variable selon les études et est en général compris entre 60 et 100%. Cependant le désavantage notable des greffons vascularisés pédiculés est leur quantité de substance osseuse limitée. Les déformations importantes sont donc difficilement corrigeables à l'inverse des greffons non vascularisés qui fournissent une quantité osseuse importante. Les greffons vascularisés libres pourraient aussi répondre à cette indication. En raison d'une technique de prélèvement plus difficile et plus longue, les indications des greffons vascularisés étaient initialement limitées aux récurrences de pseudarthrose. Aujourd'hui la tendance est à les utiliser en première intention et notamment dans les cas de pseudarthrose avec signes de dévascularisation du pôle proximal [46].

Au vu de la littérature nous proposons ici un algorithme pouvant aider à choisir le meilleur traitement d'une pseudarthrose du scaphoïde (Figure 13).

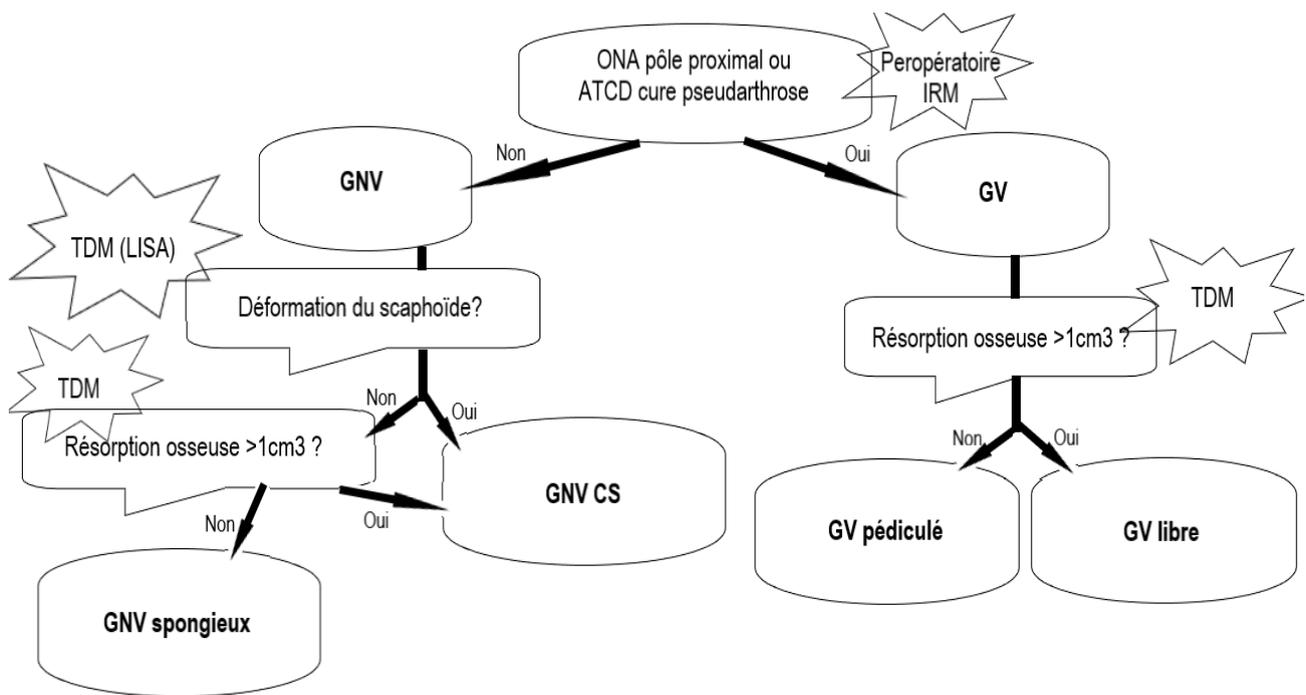


Figure 13 : Arbre décisionnel pour le choix du type de greffon.

LISA : angle intra-scaphoïdien latéral (une déformation en flexion palmaire du scaphoïde est présente s'il est supérieur à 35°), peropératoire : aspect peropératoire du pôle proximal du scaphoïde, ONA : ostéonécrose aseptique, ATCD : antécédents, GNV : greffon non vascularisé, GV : greffon vascularisé, CS : cortico-spongieux, IRM : imagerie par résonnance magnétique, TDM : tomodensitométrie

6. Objectif de l'étude

Notre étude portait sur des patients ayant bénéficiés d'une cure de pseudarthrose du scaphoïde carpien par greffon osseux. L'objectif principal consistait à comparer le taux et le délai de consolidation entre le groupe des greffons vascularisés et celui des greffons non vascularisés. Les critères de jugement secondaires étaient fonctionnels, cliniques et radiologiques et rapportaient les complications et réinterventions. Notre hypothèse était que les greffons vascularisés permettraient, dans le traitement des pseudarthroses du scaphoïde, un taux supérieur et un délai plus rapide de consolidation comparativement aux greffons non vascularisés.

Matériel et méthodes

1. Type d'étude et patients

Il s'agissait d'une étude observationnelle descriptive, rétrospective, monocentrique.

Un recueil de tous les patients ayant bénéficié d'une intervention pour pseudarthrose du scaphoïde carpien symptomatique au CHRU de Lille entre janvier 2001 et janvier 2020 a été effectuée. Les critères d'inclusion étaient les patients opérés pour une cure de pseudarthrose par greffons osseux vascularisés ou non vascularisés. Ont été exclus les patients dont l'intervention n'avait pas consisté en une greffe osseuse (implant adaptatif de pôle proximal en pyrocarbone (APSI), traitements palliatifs des *SNAC wrists* types II et III (Annexes)), les patients mineurs le jour de la dernière consultation et les patients dont le consentement n'était pas possible à obtenir ou refusant d'être revus.

Après inclusion, les patients ont été contactés par téléphone puis vus en consultation afin de recueillir les données fonctionnelles, cliniques et radiologiques au plus long recul. Les données ont été recueillies et analysées par un examinateur indépendant de la chirurgie. Les patients ont été informés du but de la consultation et ont donné leur consentement.

Deux groupes ont été constitués rétrospectivement selon le type de greffon utilisé pour la cure de pseudarthrose : non vascularisé (groupe GNV) ou vascularisé (groupe GV).

Les données démographiques ont été relevées dans les dossiers informatiques des patients et confirmées avec eux en consultation ; à savoir : l'âge, le sexe, la main dominante, le côté opéré, la présence d'un tabagisme actif, la profession, la présence d'une déclaration d'accident de travail pour la fracture initiale, le recul à la dernière consultation (délai entre l'intervention initiale de cure de pseudarthrose et la dernière consultation où le patient a été vu), la date de l'intervention, l'âge à l'intervention, le délai entre la fracture et l'intervention

de cure de pseudarthrose, le traitement initial de la fracture, les symptômes motivant l'intervention de cure de pseudarthrose (symptômes préopératoires).

Sur les radiographies initiales faites lors de la première consultation pour pseudarthrose (préopératoires) ont été relevés : la localisation de la pseudarthrose (pôle proximal, corps, pôle distal), le stade de la pseudarthrose (classifications d'Herbert [47] et Alnot (Annexes) [30]), la présence de signes de dévascularisation du pôle proximal (diagnostiqués pour 44% de nos patients sur l'aspect peropératoire : absence de saignement du pôle proximal au lâcher de garrot ; 31% sur TDM (tomodensitométrie) : signes de fragmentation du pôle proximal ; 25% sur IRM (imagerie par résonance magnétique) : signal hypo-intense sur les séquences T1 et T2) (Figure 14). Les radiographies et éventuelles TDM postopératoires ont été récupérées dans les dossiers afin d'évaluer la consolidation et son délai.

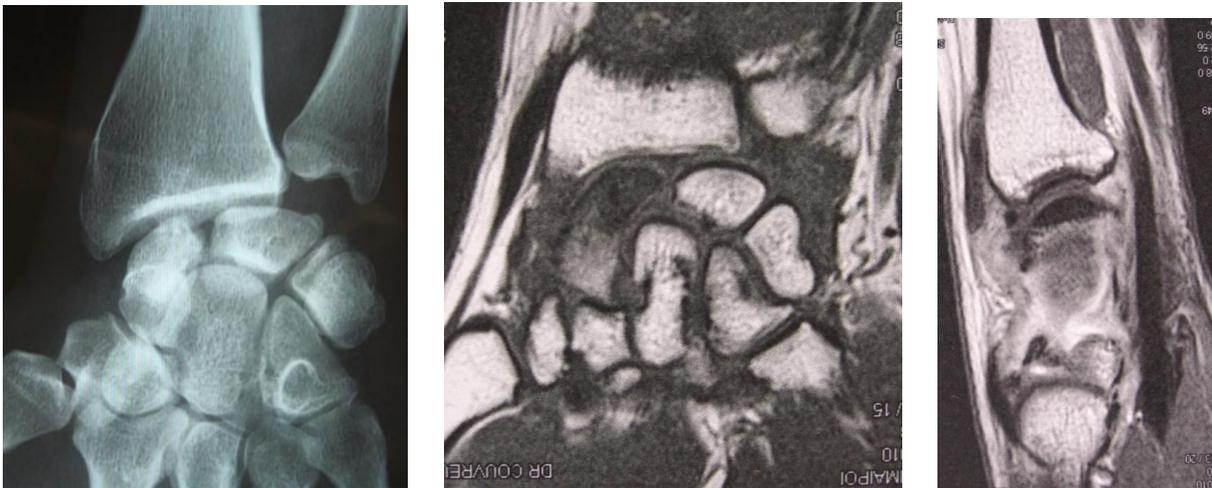


Figure 14 : Ostéonécrose aseptique du pôle proximal. *Signes de fragmentation sur la radiographie de face (à gauche) et un signal hypo-intense sur les séquences T1 d'IRM (au milieu en coupe coronale et à droite en coupe sagittale).*

2. Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal comprenait le taux de consolidation à 12 mois et le délai de consolidation, comparés entre les deux groupes.

La consolidation osseuse était considérée comme acquise si, sur au moins deux incidences radiographiques (ou le scanner si effectué), étaient visualisées des travées osseuses entre le greffon et les pôles proximal et distal, associé à l'absence de résorption du greffon et l'absence de déplacement précoce du matériel d'ostéosynthèse ou de signes de lyse autour de celui-ci [37,38,48]. Le délai de consolidation était défini comme le délai en mois entre l'intervention et la confirmation radiographique de la consolidation.

3. Critères de jugement secondaires

Une analyse en sous-groupes a été effectuée dans le but de comparer les taux et délai de consolidation selon la présence ou non de tabagisme, la localisation au pôle proximal ou au corps du scaphoïde, la présence ou non de signes de dévascularisation du pôle proximal en préopératoire, le traitement initial de la fracture et sa déclaration ou non en accident de travail.

Dans les dossiers informatiques (et confirmés avec les patients en consultation) ont été relevés : le moyen d'ostéosynthèse de la cure de pseudarthrose, le moyen d'immobilisation postopératoire, la présence de complications postopératoires et leur nature, la présence de réinterventions chirurgicales (en excluant les ablations de matériel d'ostéosynthèse), leur indication, leur nature (type) et le délai de reprise après la première cure de pseudarthrose.

L'interrogatoire a permis d'évaluer : la satisfaction de l'intervention de cure de pseudarthrose (sur une échelle de 0 à 10, 10 étant une satisfaction totale), si le patient réitérerait l'intervention si cela était à refaire, la douleur avant intervention (EVA, HAS 2019, sur une échelle de 0 à 10 avec 0 aucune douleur et 10 une douleur insupportable), la douleur au dernier recul au repos, la douleur au dernier recul à l'effort, les questionnaires d'évaluation

fonctionnelle au dernier recul comprenant le quick-Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand test (quick-DASH) [49], le Patient-Rated Wrist Evaluation (PRWE) [50,51] et le Mayo Wrist Score (MWS) [52] (Annexes).

L'examen clinique a permis l'obtention des amplitudes articulaires actives du poignet opéré mesurées à l'aide d'un goniomètre (flexion, extension, inclinaisons radiale et ulnaire, pronation, supination) et comparées au côté sain ; ainsi qu'une mesure de la force de préhension du côté sain et du côté opéré à l'aide d'un dynamomètre hydraulique à main (Jamar).

Les radiographies au dernier recul comprenaient les incidences suivantes : poignet de face, poignet de profil, poignet de face poing fermé, cliché de Schnek 1 (poignet de face, en légère inclinaison ulnaire et extension, doigts fléchis), et cliché de Schnek 2 (poignet de face, en inclinaison ulnaire et en pronation à 45°, pouce et index en pince) (Figure 15). Sur celles-ci ont été cherchés : la présence d'arthrose radio-carpienne et medio-carpienne (SNAC) et son stade selon la classification d'Alnot (Annexes) [30], l'alignement du carpe évalué grâce au respect des arcs de Gilula, l'angle scapho-lunaire (ASL) (norme 30-70°) et la présence de DISI (ASL>70°), l'index de McMurtry et Youm pour évaluer la hauteur du carpe (rapport de la hauteur du carpe en passant par le centre de la tête du capitatum sur la longueur du 3^{ème} métacarpien, avec une norme de 0,54+-0,03), l'angle intra-scaphoïdien de face (AIS) (norme 30-45°), le type de matériel et ses éventuels déplacements ou bris (Annexes).

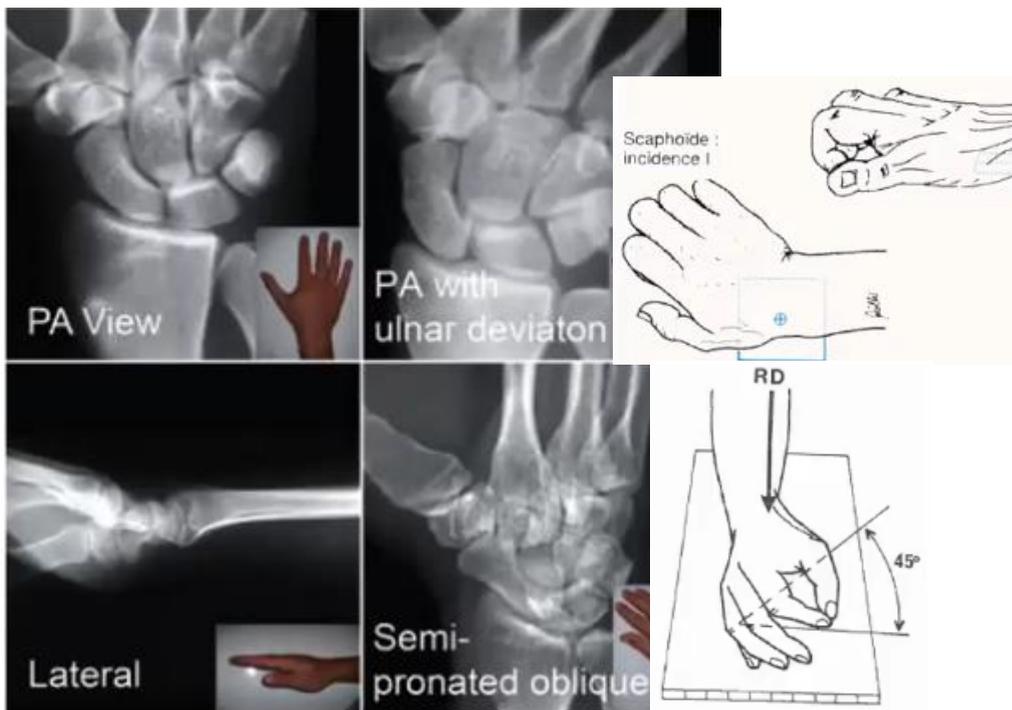


Figure 15 : Représentation des 4 incidences radiologiques du scaphoïde (*poignet de face en haut à gauche, poignet de profil en bas à gauche, cliché de Schnek 1 en haut à droite et cliché de Schnek 2 en bas à droite*).

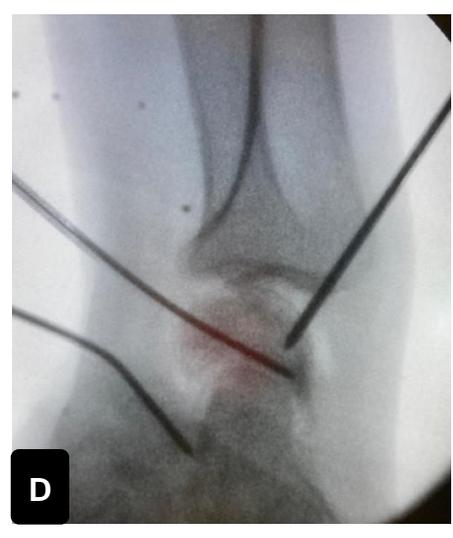
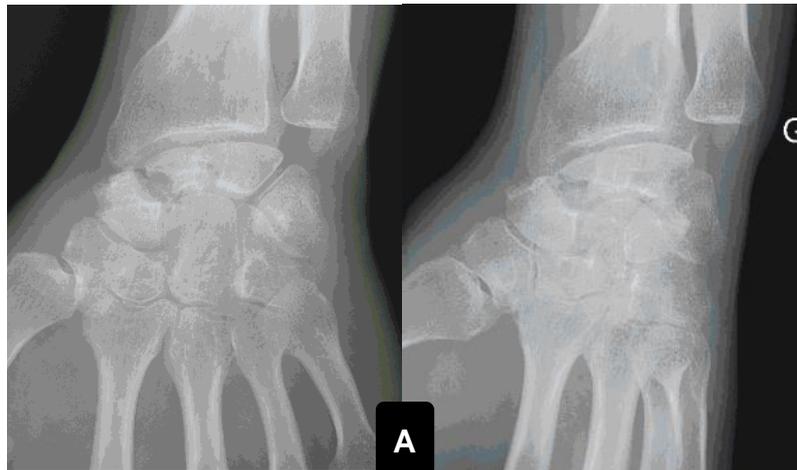
4. Technique chirurgicale

L'intervention de cure de pseudarthrose du scaphoïde a été faite en ambulatoire sous anesthésie locorégionale. Les interventions ont été effectuées par des chirurgiens de la main. Un garrot était placé à la racine du membre opéré (sans exsanguination dans le cas des greffons vascularisés afin que le pédicule puisse être repéré plus facilement). Selon le type de greffon l'abord du scaphoïde se faisait par voie palmaire ou voie dorsale. En premier lieu étaient évaluées la perte de substance osseuse et la présence ou non d'arthrose afin de valider l'indication. Le foyer de pseudarthrose était cureté afin de retirer tout l'os scléreux. La présence ou non d'un saignement du pôle proximal était notée. Si une déformation du scaphoïde en flexion palmaire était présente, celle-ci était réduite, par exemple à l'aide de broches temporaires dans les pôles proximal et distal (joystick), puis fixée par une broche intra-scaphoïdienne (associée à des broches luno- et capito-scaphoïdiennes si la réduction

restait instable ou à une broche radio-lunaire selon l'artifice de Linscheild pour maintenir la réduction du DISI). Une ostéosynthèse par vissage rétrograde (qui était resserré une fois le greffon mise en place) ou par broches pouvait ensuite être effectuée (Figure 16-17).

Les techniques chirurgicales des différents greffons ont été détaillées dans l'introduction. De manière générale, pour les greffons vascularisés il faut veiller à lâcher le garrot avant sa mise en place afin d'en vérifier la bonne vascularisation.

Une immobilisation par manchette résine ou orthèse était maintenue jusqu'à consolidation puis la rééducation était débutée. Les broches étaient retirées après la consolidation acquise.



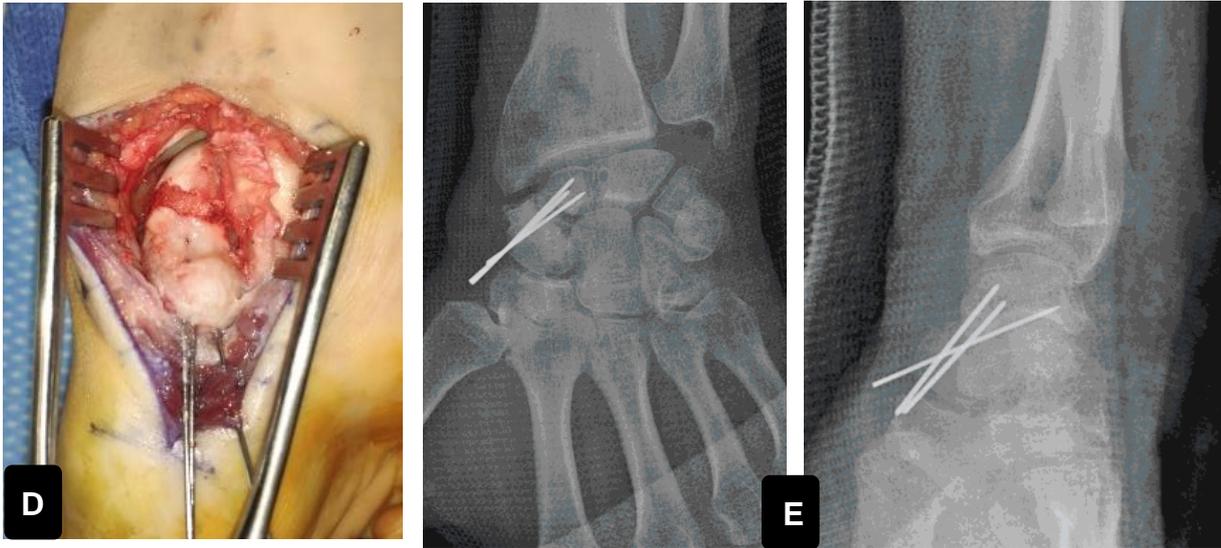


Figure 16 : Technique chirurgicale d'un GNV par voie antérieure (A : Pseudarthrose du corps du scaphoïde (radiographies face et Schnek 2), B : Voie d'abord palmaire, C : Réduction de la déformation du scaphoïde à l'aide de broches « joystick », D : Maintien de la réduction à l'aide de l'artifice de Linscheild, E : Mise en place d'un greffon cortico-spongieux iliaque et ostéosynthèse par broches, F : Radiographies postopératoires (face et profil)).

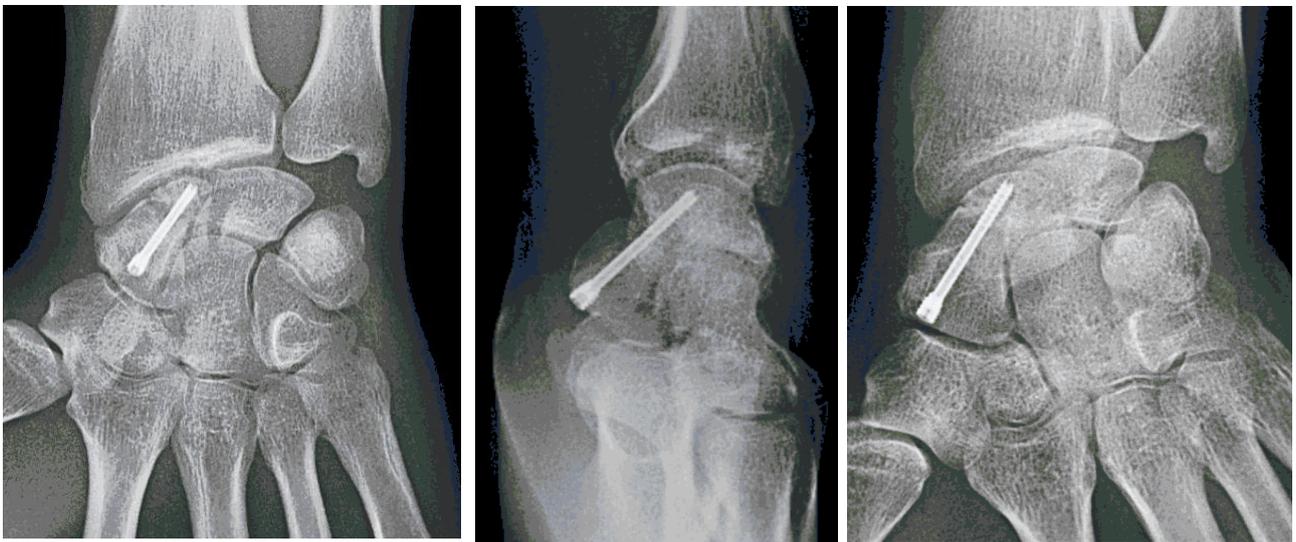


Figure 17 : Radiographie d'une cure de pseudarthrose ostéosynthésée par vis (de gauche à droite : face, profil, Schnek 1)

5. Analyse statistique

Les variables qualitatives ont été décrites en termes de fréquence et de pourcentage et celles quantitatives par la moyenne et l'écart type ou par la médiane et l'intervalle interquartile en cas de distribution non Gaussienne. La normalité des distributions a été vérifiée graphiquement et à l'aide du test de Shapiro-Wilk.

Les caractéristiques des patients ont été comparées entre les deux groupes d'intérêts à l'aide d'un test du Chi-deux (ou de Fisher exact) pour les variables qualitatives et à l'aide d'un test U de Mann-Whitney pour les variables quantitatives.

Le risque de consolidation à 12 mois a été estimé par la méthode de Kaplan-Meier, et comparé entre les 2 groupes à l'aide d'un modèle de Cox à risques proportionnels avant et après ajustement sur le recul. Les facteurs potentiellement associés (tabac, ONA, localisation, AT et traitement fracture) au risque de consolidation à 12 mois ont été évalués à l'aide d'un modèle de Cox à risques proportionnels, avant et après ajustement sur l'âge pour le facteur tabac. La taille d'effet a été exprimée par le rapport des risques instantanés (Hazard ratio).

L'incidence cumulée de réintervention à 60 mois a été estimée par la méthode de Kalbfleisch et Prentice afin de tenir compte de la consolidation comme un événement concurrent. L'incidence cumulée de réintervention a été comparée entre les 2 groupes par le modèle de Fine & Gray avant et après ajustement sur le recul ; la taille d'effet a été exprimée par le rapport des risques instantanés des sous-distributions (subHazard ratio).

L'hypothèse de proportionnalité des risques a été vérifiée pour le modèle de Cox et le modèle de Fine & Gray à l'aide de l'analyse des résidus de Schoenfeld.

Le niveau de significativité a été fixé à 5%. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (version 9.4, SAS Institute, Cary, NC).

Résultats

1. Population

Quatre-vingt-neuf patients (dont 3 ayant eu des interventions bilatérales) ont bénéficiés d'une intervention pour pseudarthrose du scaphoïde carpien entre janvier 2001 et janvier 2020 au CHRU de Lille. Après exclusion de 15 patients, 74 patients (77 poignets) étaient éligibles. Au final, 60 patients ont été inclus dans l'étude (16 patients perdus de vue) puis séparés en deux groupes (Figure 18).

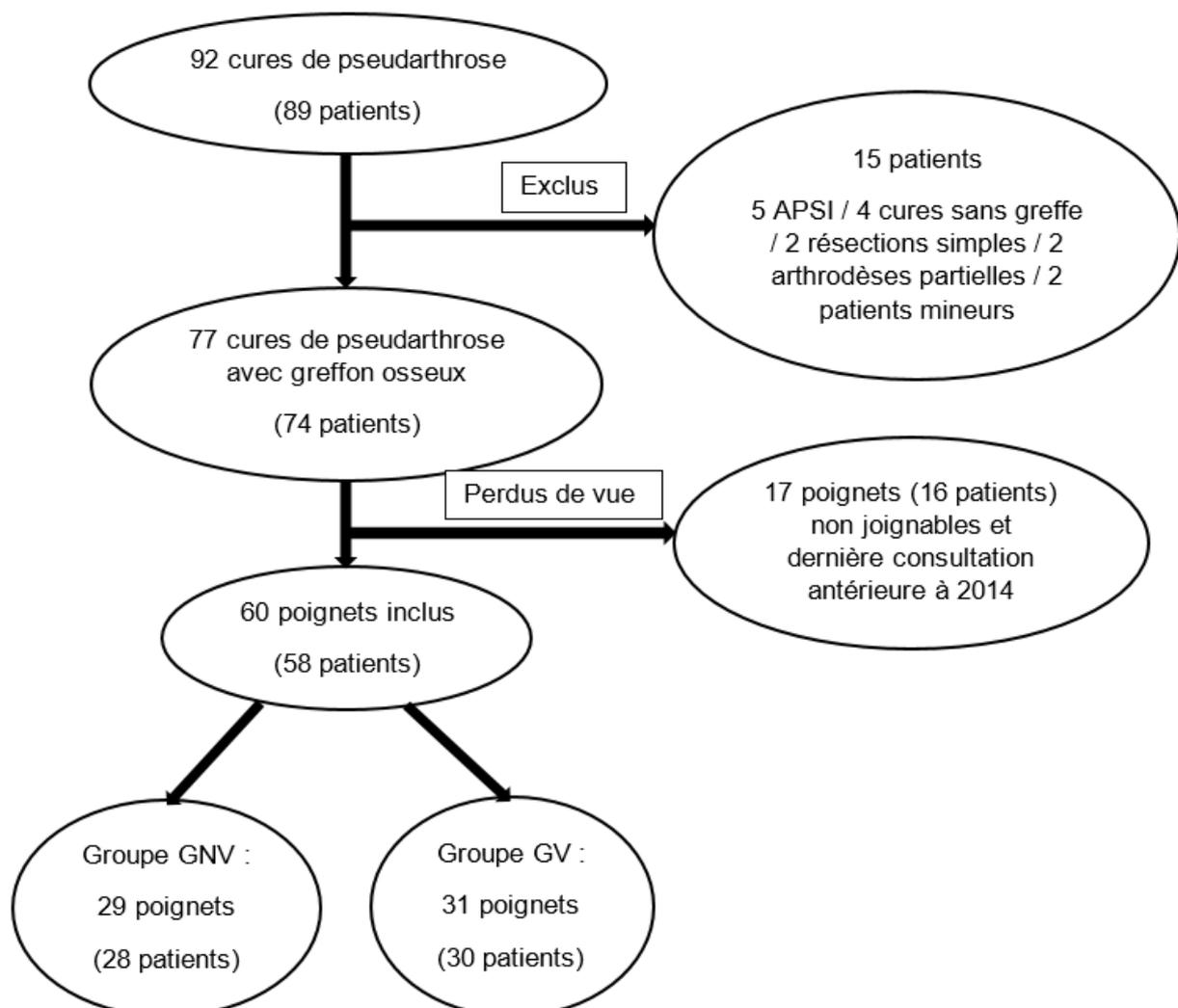


Figure 18 : Flow chart

Le groupe des greffons non vascularisés comprenait des greffons d'os spongieux ou cortico-spongieux (CS) pris aux dépens de l'EDR ou de la crête iliaque. Parmi les greffons spongieux, 9 (31%) ont été effectués sous arthroscopie (8 EDR et 1 iliaque).

Le groupe des greffons vascularisés comprenait des greffons cortico-spongieux pris aux dépens de l'EDR et pédiculés sur le rameau carpien palmaire de l'artère radiale [18,19] (RCP) ou sur l'artère suprarétinaculaire intercompartimentale 1-2 [20] (1,2 ICSRA), et des greffons cortico-spongieux pris aux dépens du col du 2^{ème} métacarpien et pédiculés sur l'artère profonde du premier espace inter-métacarpien dorsal [32] (CS 2^{ème} métacarpien) (Tableau I).

Tableau I : Types de greffons (N : nombre de patients)

N (%)	Greffons non vascularisés (N=29)		Greffons vascularisés (N=31)	
Type greffon	Spongieux EDR	17 (58.6)	RCP	15 (48.4)
	Spongieux iliaque	6 (20.7)	1,2 ICSRA	15 (48.4)
	CS EDR	5 (17.2)	CS 2 ^{ème} métacarpien	1 (3.2)
	CS iliaque	1 (3.4)		

2. Comparabilité des groupes (Tableau II)

Les groupes étaient comparables sur les données démographiques hormis pour le côté opéré (dominant ou non) et pour le recul ; sous réserve des caractéristiques non évaluables en raison de groupes de trop faibles effectifs.

Le recul était significativement plus important dans le groupe des greffons vascularisés avec une moyenne de 103,2 mois (\pm 45,9) contre 80,8 mois (\pm 69,6) dans le groupe des greffons non vascularisés ($p=0,015$).

Dans le groupe GNV, 39,3% des patients présentaient une pseudarthrose localisée au pôle proximal contre 25,8% dans le groupe GV. Les patients ayant en préopératoire des signes de dévascularisation du pôle proximal du scaphoïde représentaient 18,5% des patients dans

le groupe GNV et 3,2% des patients dans le groupe GV. Les signes d'arthrose recherchés sur les radiographies effectuées en préopératoire ont permis de répartir les patients selon les classifications d'Herbert et d'Alnot (Annexes) avec 75% des GNV et 61,3% des GV appartenant au stade D2 selon Herbert ; et 66,7% des GNV et 54,8% des GV appartenant au stade IIA selon Alnot (Annexes). Concernant les types d'ostéosynthèse : vissage pour 48,3% et 54,8% des patients dans les groupes GNV et GV respectivement et brochage pour 55,2% et 61,3% des patients. Certains patients ont bénéficiés d'une ostéosynthèse à la fois par vis et broches : 2 (6.9%) dans le groupe GNV et 6 (19.4%) dans le groupe GV.

Tableau II : Caractéristiques des patients

N (%)	Greffons non vascularisés (N=29)	Greffons vascularisés (N=31)	p
Sexe			
♂	28 (96.6)	31 (100.0)	NA
♀	1 (3.4)	0 (0.0)	
Age (années)	35.5 ± 12.2 32.0 (26.0 ; 46.0)	34.2 ± 9.0 32.0 (28.0 ; 39.0)	NA
Age à l'intervention (années)	29.2 ± 11.8 27.0 (22.0 ; 32.0)	26.1 ± 8.7 24.0 (20.0 ; 31.0)	0.26
Main dominante			
Droite	24 (85.7)	29 (96.7)	NA
Gauche	4 (14.3)	1 (3.3)	
Tabagisme actif	13 (44.8)	20 (66.7)	0.091
Profession			
Non manuelle	11 (40.7)	9 (31.0)	NA
Manuelle	14 (51.9)	18 (62.1)	
Sans emploi	2 (7.4)	2 (6.9)	
Accident de travail	4 (14.3)	8 (26.7)	0.24
Délai fracture-cure pseudarthrose (mois)	21.2 ± 29.4 12.0 (5.0 ; 21.0)	18.9 ± 20.5 10.5 (6.0 ; 24.0)	0.95
Côté opéré			
Dominant	13 (46.4)	22 (73.3)	0.036
Non dominant	15 (53.6)	8 (26.7)	
Recul (mois)	80.8 ± 69.6 54.0 (28.0 ; 104.0)	103.2 ± 45.9 106.0 (59.0 ; 118.0)	0.015

N (%)		Greffons non vascularisés (N=29)	Greffons vascularisés (N=31)	p
Traitement initial fracture	Aucun	21 (72.4)	21 (72.4)	NA
	Orthopédique / Chirurgical	3 (10.3) / 5 (17.2)	4 (13.8) / 4 (13.8)	NA
Symptômes préopératoires	Aucun	2 (6.9)	0 (0.0)	NA
	Douleur	25 (86.2)	29 (93.5)	NA
	Diminution amplitudes / force	1 (3.4) / 1 (3.4)	2 (6.5) / 0 (0.0)	NA
Type ostéosynthèse	Aucun	1 (3.4)	1 (3.2)	NA
	Broches	14 (48.3)	17 (54.8)	0.61
	Vis	16 (55.2)	19 (61.3)	0.63
Immobilisation	Attelle/Orthèse	18 (62.1)	17 (54.8)	0.57
	Manchette résine	11 (37.9)	14 (45.2)	NA
Localisation	Pôle proximal	11 (39.3)	8 (25.8)	NA
	Corps	16 (57.1)	23 (74.2)	NA
	Pôle distal	1 (3.6)	0 (0.0)	NA
ONA	Non	22 (81.5)	30 (96.8)	NA
	Oui	5 (18.5)	1 (3.2)	NA
Herbert	D1	2 (7.1)	2 (7.4)	NA
	D2	21 (75.0)	19 (61.3)	NA
	D3	3 (10.7)	9 (29.0)	NA
	D4	2 (7.1)	1 (3.2)	NA
Alnot	I	2 (7.4)	2 (6.5)	NA
	IIA	18 (66.7)	17 (54.8)	NA
	IIB	5 (18.5)	7 (22.6)	NA
	IIIA	2 (7.4)	5 (16.1)	NA

(Pour chaque variable continue : moyenne (écart-type) sur la première ligne, médiane (premier quartile ; troisième quartile) sur la deuxième ligne (ceci s'appliquera à tous les tableaux). NA : test de comparabilité des groupes non applicable car effectifs<8)

3. Critère de jugement principal (Tableau II, Figure 19)

La probabilité de consolidation à 12 mois était de 73.9% pour les patients GNV et de 68.7% pour les patients GV. Il y avait donc à 12 mois, 8 patients (27.6%) non consolidés dans le groupe GNV et 10 (32.3%) dans le groupe GV. La différence entre les deux groupes n'était pas significative ($p=0.57$), même après ajustement sur le recul ($p=0.66$). Il n'y avait pas de différence significative sur le délai de consolidation.

Tableau III : Critère de jugement principal

N (%)	Greffons non vascularisés (N=29)	Greffons vascularisés (N=31)
Consolidation acquise	22 (78.6)	21 (75.0)
Délai consolidation (mois)	7.8 ± 6.2 6.0 (3.0 ; 12.0)	10.3 ± 10.5 8.0 (4.0 ; 12.0)

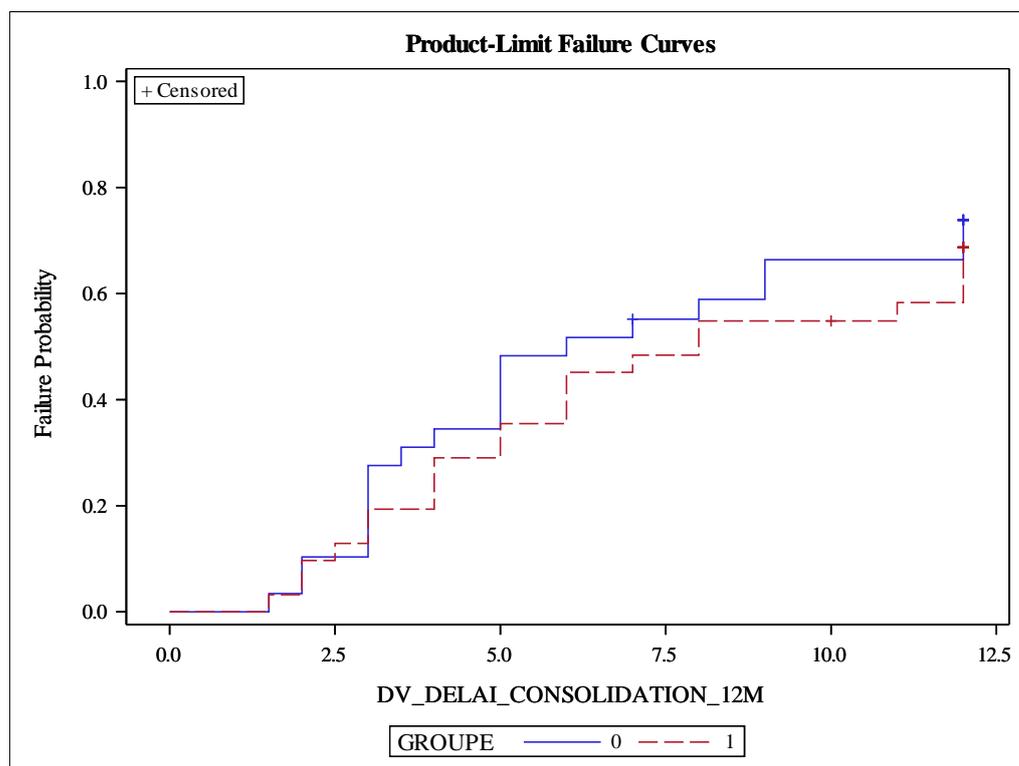


Figure 19 : Courbes de survie du délai de consolidation dans les 2 groupes

4. Critères de jugement secondaires

4.1. Analyse en sous-groupes

La probabilité de consolidation à 12 mois était de 76,9% chez les non-fumeurs et de 68,5% chez les fumeurs. Il y avait une diminution significative de 77% du risque de consolidation avant 5 mois chez les fumeurs versus les non-fumeurs. ($p=0,005$ et HR 0,23 IC95[0,08-0,64]). Après ajustement sur l'âge les résultats étaient similaires ($p=0,009$ et HR 0,252 IC95[0,09-0,71]). (Figure 20)

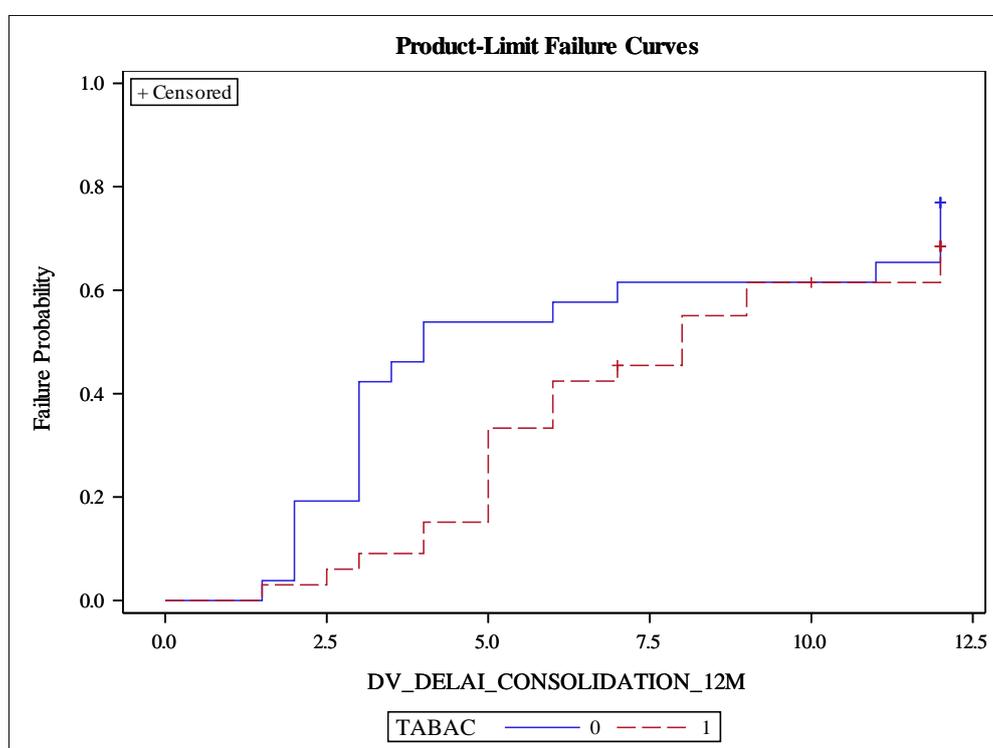


Figure 20 : Courbes de survie du délai de consolidation chez les fumeurs et non-fumeurs

Aucune différence significative n'a été retrouvée dans les autres analyses en sous-groupes effectuées. La probabilité de consolidation à 12 mois était de 68,4% lorsque la pseudarthrose était localisée sur le pôle proximal et de 73,8% lorsque celle-ci était localisée sur le corps du scaphoïde. Elle était de 74,6% chez les patients sans signe initial de dévascularisation du pôle proximal et de 66,7% chez ceux en présentant. Elle était de 70,3% chez les patients n'ayant pas eu d'accident de travail et de 75% chez les patients ayant eu

un accident de travail. Soixante-huit pourcent des patients n'ayant eu aucun traitement initialement pour leur fracture avaient une consolidation acquise dans les 12 mois contre 81,3% des patients ayant bénéficiés d'un traitement (orthopédique ou chirurgical).

4.2. Résultats fonctionnels et cliniques (Tableau IV)

Aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée dans les critères de jugement secondaires cliniques et fonctionnels.

Tableau IV : Critères de jugement secondaires, résultats cliniques et fonctionnels

La ligne « recommencerait » représente le pourcentage de patients qui accepteraient l'intervention si elle leur était à nouveau proposée.

N (%)	Greffons non vascularisés (N=29)	Greffons vascularisés (N=31)	p
Satisfaction (/10)	10.0 (8.0 ; 10.0)	9.0 (6.5 ; 10.0)	0.22
Recommencerait	22 (95.7)	26 (92.9)	
Douleur préopératoire (/10)	6.0 (6.0 ; 8.0)	6.5 (5.0 ; 8.0)	0.77
Douleur repos dernier recul (/10)	0.0 (0.0 ; 2.0)	1.0 (0.0 ; 3.0)	0.23
Douleur effort dernier recul (/10)	2.0 (1.0 ; 5.0)	3.0 (1.0 ; 6.0)	0.31
Flexion (°)	80.0 (60.0 ; 90.0)	60.0 (50.0 ; 90.0)	0.20
Extension (°)	70.0 (60.0 ; 80.0)	70.0 (45.0 ; 80.0)	0.40
Inclinaison radiale (°)	10.0 (5.0 ; 10.0)	10.0 (5.0 ; 10.0)	0.72
Inclinaison ulnaire (°)	25.0 (20.0 ; 30.0)	20.0 (15.0 ; 30.0)	0.80
Force côté opéré (kg)	30.0 (12.0 ; 33.3)	29.4 (20.7 ; 41.7)	
Force controlatérale (kg)	37.0 (31.7 ; 41.3)	37.0 (30.0 ; 48.4)	
Pourcentage force	79.5 (67.0 ; 100.0)	87.0 (76.7 ; 100.0)	0.31
DASH dernier recul (/100)	12.5 (0.0 ; 34.1)	13.6 (0.0 ; 29.6)	0.70
PRWE dernier recul (/150)	18.5 (0.0 ; 47.0)	21.0 (0.0 ; 44.0)	0.84
MWS dernier recul (/100)	90.0 (70.0 ; 100.0)	90.0 (75.0 ; 100.0)	0.74

4.3. Résultats radiologiques (Tableau V)

Sur les radiographies effectuées au dernier recul, une arthrose de stade SNAC I de la classification d'Alnot (Annexes) [30] était présente chez 24% des GNV et 28,6% des GV et une arthrose du stade SNAC II chez 4% des GNV et 3,6% des GV. L'alignement du carpe était respecté chez 96% et 100% des patients dans les groupes GNV et GV respectivement. Il y avait un DISI chez 4 (16,7%) des patients GNV et 5 (20%) des patients GV. L'index de hauteur du carpe avait une moyenne comprise dans la norme à 0,5 (\pm 0.0) dans les 2 groupes. Aucun des résultats retrouvés pour cette partie ne montrait de différence significative entre les 2 groupes.

Tableau V : Critères de jugement secondaires, résultats radiologiques

Normes : ASL : 30-70°, index de hauteur du carpe : 0,54(+0,03), AIS : 30-45°

N (%)	Greffons non vascularisés (N=29)	Greffons vascularisés (N=31)	p
Arthrose			0.74
Aucune	18 (72.0)	19 (67.9)	
SNAC I / SNAC II	6 (24.0) / 1 (4.0)	8 (28.6) / 1 (3.6)	
Alignement carpe préservé	24 (96.0)	26 (100.0)	
ASL (°)	65.0 (57.0 ; 70.0)	66.0 (57.0 ; 70.0)	0.82
Index hauteur carpe	0.5 (0.5 ; 0.6)	0.5 (0.5 ; 0.5)	0.32
AIS (°)	29.0 (21.5 ; 39.0)	28.0 (22.0 ; 35.0)	0.53

4.4. Complications et réinterventions (Tableau VI)

Hormis la non-consolidation, les complications comprenaient des défauts sur le matériel d'ostéosynthèse (vis non enfouies dans l'os, broches saillantes ou bris de matériel) chez 8 patients GNV et 4 patients GV, un patient GNV avec des douleurs persistantes au niveau du site de prélèvement du greffon (crête iliaque), un déficit sensitif partiel radial chez un

patient GV. Il y a eu un cas de nécrose secondaire du pôle proximal du scaphoïde dans chaque groupe.

Quatre patients (13.8%) GNV et 2 patients (6.7%) GV ont nécessités une réintervention, 1 patient (3.4%) GNV et 3 patients (10%) GV ont nécessité deux réinterventions dans les suites de la cure de pseudarthrose initiale. La probabilité d'avoir une réintervention avant 32 mois était de 17.2% dans le groupe GNV. Le délai de réintervention était compris entre 7 et 32 mois. La probabilité d'avoir une réintervention avant 48 mois était de 16.1% dans le groupe GV. Le délai de réintervention était compris entre 10 et 48 mois. Le risque instantané de réintervention n'était pas significativement différent entre les 2 groupes ($p=0.86$). L'analyse ajustée sur le recul n'entraînait pas de modification par rapport à l'analyse non ajustée ($p=0.84$).

Dans le cas d'une première réintervention, l'indication était portée sur une non - consolidation dans la majorité des cas, une nécrose secondaire ou des douleurs. La réintervention a consisté en une cure de pseudarthrose (par 4 greffons cortico-spongieux spongieux iliaques, 1 spongieux iliaque sous arthroscopie et 1 cortico-spongieux pédiculé sur le rameau carpien palmaire), trois implants adaptatifs de pôle proximal en pyrocarbène (APSI), une synovectomie associée à une dénervation.

Une deuxième réintervention a été nécessaire pour nécrose secondaire du pôle proximal ou arthrose radio-carpienne et a consisté en une arthrodèse des 3 os, une styloïdectomie radiale, une résection de 1ère rangée des os du carpe et une arthrodèse totale de poignet.

Tableau VI : Complications et réinterventions

N (%)	Greffons non vascularisés (N=29)	Greffons vascularisés (N=31)	p	
Nécrose secondaire	1 (3.6)	1 (3.3)		
Complications	9 (31.0)	4 (12.9)	0.088	
Réinterventions	5 (17.2)	5 (16.7)		
Type	Cure de pseudarthrose	2 (40.0)	4 (80.0)	NA
	Synovectomie / dénervation	1 (20.0)	0 (0.0)	
	APSI	2 (40.0)	1 (20.0)	
Indication	Non consolidation	3 (60.0)	5 (100.0)	NA
	Nécrose	1 (20.0)	0 (0.0)	
	Douleurs	1 (20.0)	0 (0.0)	
Greffon réintervention	RCP 1 (50.0)	CS iliaque 4 (100.0)	NA	
	S iliaque Ao 1 (50.0)			
Délai réintervention (mois)	52.4 ± 17.4	54.7 ± 13.9		
	60.0 (60.0 ; 60.0)	60.0 (60.0 ; 60.0)		
	7.0 60.0	10.0 60.0		
Type 2e	Arthrodèse des 3 os	0 (0.0)	1 (33.3)	
	Styloïdectomie radiale	0 (0.0)	1 (33.3)	
	Résection 1ère rangée	0 (0.0)	1 (33.3)	
	Arthrodèse totale poignet	1 (100.0)	0 (0.0)	
Indication 2e	Nécrose	0 (0.0)	1 (33.3)	
	Arthrose	1 (100.0)	2 (66.7)	
Délai 2e réintervention (mois)	65.1 ± 27.3	59.0 ± 5.1		
	60.0 (60.0 ; 60.0)	60.0 (60.0 ; 60.0)		
	60.0 207.0	33.0 65.0		

Discussion

1. Rationnel de l'étude

La première difficulté est l'absence de consensus sur le délai à partir duquel on peut parler de pseudarthrose ainsi que sur son moyen diagnostique. La définition générale de la pseudarthrose est l'absence de consolidation après un délai deux fois supérieur à celui nécessaire théoriquement. Le scaphoïde, de par sa vascularisation, consolide relativement lentement et les délais donnés par les auteurs varient entre 3 et 12 mois [38,48,53]. Nous avons donc choisi dans notre étude d'évaluer le taux de consolidation dans un délai de 12 mois postopératoires (en détaillant le taux accumulé tous les mois) afin de couvrir la majorité des patients. Concernant son diagnostic, la littérature rapporte dans la majorité des cas l'utilisation de radiographies auxquelles s'ajoute une TDM en cas de doutes. Ces disparités dans les pratiques ajoutent de la confusion dans l'analyse de la littérature.

Le taux de pseudarthrose reste important en raison des particularités anatomiques et vasculaires du scaphoïde mais aussi car ces fractures sont de diagnostic difficile aussi bien cliniquement (souvent pauci-symptomatiques) que radiologiquement. Leur dépistage et leur traitement doivent être améliorés et il est donc nécessaire de former les urgentistes et médecins traitants sur ce point. La prévention de la pseudarthrose, par la bonne prise en charge initiale de la fracture, est donc la première action à mettre en place. Nous avons retrouvé 72% de fractures non traitées dans notre étude. Ce taux est peu rapporté dans la littérature mais était plus faible pour Caporrino et al. [38] (58,5%).

Il a été démontré que le traitement des pseudarthroses du scaphoïde est indispensable afin d'éviter l'évolution inévitable vers l'arthrose, d'autant plus qu'il s'agit souvent de patients jeunes. Mais celui-ci est difficile et encore sujet à controverses en l'absence de preuves

suffisantes. En effet, il existe de nombreuses études dans la littérature mais souvent avec de faibles effectifs et peu sont prospectives (Tableau VII). Pour comparer les différents types de greffons avec une puissance suffisante, il faudrait des études prospectives randomisées réunissant un nombre important de patients. De telles études sont difficiles à mettre en place au vu de l'épidémiologie de cette pathologie et il reste donc judicieux de continuer à faire des études rétrospectives avec un nombre modéré de patient afin de les réunir a posteriori dans des méta-analyses.

2. Taux et délai de consolidation

Nous avons retrouvé dans notre étude un taux de consolidation à 12 mois de 73,9% dans un délai moyen de 7,8 mois pour le groupe des greffons non vascularisés et de 68,7% dans un délai moyen de 10,3 mois pour celui des greffons vascularisés. Cette différence était statistiquement non significative pour les deux paramètres. Nous ne retrouvons donc pas de supériorité sur la consolidation à l'apport d'une vascularisation au greffon osseux utilisé dans une cure de pseudarthrose du scaphoïde.

Nos taux de consolidation étaient plus bas que la plupart de ceux retrouvés dans la littérature (Tableau VII). En effet, les taux retrouvés pour les greffons non vascularisés étaient compris entre 70 et 100% pour les GNV [36–39,41,54], 80 et 100% pour les GV [36–39,41]. Concernant le délai de consolidation, il était plus court dans les autres études avec une moyenne comprise entre 2 et 4 mois pour les GNV [37,38,41,54] et entre 1,6 mois et 4 mois pour les GV [37,38,41] (Tableau VII). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que dans notre étude, tous les patients ont été inclus, quelque soit le stade de leur pseudarthrose. En effet, plus de 30% de nos patients présentaient un stade de pseudarthrose IIB ou plus selon la classification d'Alnot (Annexes) [30] alors que ces stades ne sont peu, voire pas représentés dans les études [38,41]. Or, il a été montré que les résultats fonctionnels se détériorent dans le temps chez les patients ayant des signes préopératoires de *SNAC wrist*

[55]. En 2011, Gras et Mathoulin [46] ont effectué une étude rétrospective où 73 patients bénéficiaient du greffon en 1^{ère} intention et 38 en 2^{ème} intention (après GNV iliaque pour 37% et ostéosynthèse simple pour 63%). Le taux et le délai moyen de consolidation étaient de 96% et 9,7 semaines dans le premier groupe et de 90% et 10,8 semaines dans le deuxième. Ils avaient donc conclu que les résultats étaient meilleurs et avec moins de complications lorsque le greffon était effectué en première intention. Ferguson et al. [53] ont retrouvé dans leur revue de la littérature des taux très variables de consolidation. A leur sens cela pouvait être dû aux différences de caractéristiques des patients, de la pseudarthrose ou du traitement. Ils ont notamment remarqué que certains auteurs incluaient des patients ayant un retard de consolidation et non une réelle pseudarthrose. La plupart des études regroupaient peu de patients ce qui augmentait ce biais (Tableau VII). Enfin, une part non négligeable des études a été effectuée par les chirurgiens qui ont développé la technique, entraînant donc une meilleure maîtrise mais aussi une nécessité de résultats mettant en valeur leur greffon [18–20,32,46]. Concernant le délai de consolidation, nous l'avons recueilli rétrospectivement sur les radiographies retrouvées dans les dossiers et le délai réel a donc inévitablement été surestimé en raison des radiographies plus précoces dans le suivi qui étaient manquantes.

Tableau VII : Principales études comparant les GNV aux GV pour le traitement des pseudarthroses du scaphoïde. ($p < 0,05$ signifie que la différence est statistiquement significative, $p > 0,05$ qu'elle ne l'est pas, RL : revue de la littérature, MA : méta-analyse, PC : prospective comparative, RC : rétrospective comparative, ATCD cure : antécédents de cure de pseudarthroses)

Auteur Année	Type d'étude Type de greffon	Patients (N)	Sous population	Taux de consolidation	Délai de consolidation (semaines)
Zhang et al. 2021 [40]	MA	411		GNV 77% GV 86% ($p < 0,05$)	
Ferguson et al. 2015 [53]	RL	5464		GNV 80% GV 84%	
			ONA	GNV 62% GV 74%	
Pinder et al. 2015 [36]	RL	1602		GNV 88% GV 92% ($p > 0,05$)	
Merrell et al. 2002 [43]	MA		64 ONA	GNV 47% GV 88% ($p < 0,05$)	
			61 ATCD cure	GNV 81% GV 94% ($p > 0,05$)	
Munk et Larsen 2004 [39]	RL	5246		GNV 84% GV 91% ($p < 0,05$)	
Ribak et al. 2010 [41]	PC CS EDR/1,2ICSRA	86		GNV 72,5% GV 89,1% ($p < 0,05$)	GNV 12 GV 9,7 ($p < 0,05$)
			Pôle proximal	GNV 68,9% GV 90,5% ($p > 0,05$)	
Caporrino et al. 2014 [38]	PC CS EDR/1,2ICSRA	73		GNV 80% GV 88,6% ($p > 0,05$)	GNV 8,3 GV 10 ($p < 0,05$)
Braga-Silva et al. 2008 [37]	PC CS iliaque/1,2ICSRA	80		GNV 100% GV 91,4% ($p > 0,05$)	GNV 36 GV 40 ($p > 0,05$)
Smeraglia et al. 2020 [56]	PC CS iliaque/RCP	29		GNV 75% GV 88% ($p > 0,05$)	GNV 11,7 GV 8,6 ($p < 0,05$)
Hirche et al. 2017 [57]	RC CS EDR/1,2ICSRA	73		GNV 82,2% GV 75% ($p > 0,05$)	

Nous avons choisi comme critère de jugement principal le taux de consolidation car, même s'il n'est pas exactement corrélé aux résultats cliniques et fonctionnels, des études montrent que les résultats sont meilleurs si la consolidation est obtenue. On considère donc ici que le taux de consolidation est une mesure adéquate et objective du succès chirurgical [43]. Le

raccourcissement du délai de consolidation, autorisant une mobilisation plus précoce, permettrait théoriquement des résultats fonctionnels meilleurs. La mise en évidence d'une différence entre les types de greffons pourrait donc aussi orienter notre choix. Caporrino et al. [38] ont retrouvé une différence statistiquement significative sur le délai de consolidation mais non cliniquement significative car celle-ci n'était que de 12 jours. Les résultats fonctionnels n'avaient d'ailleurs pas été affectés.

Il n'y a pas de consensus sur le moyen permettant d'évaluer la consolidation après traitement. La tendance actuelle est à l'utilisation du scanner mais dans leur méta-analyse de 2015, Pinder et al. [36] n'ont pas retrouvés de différence significative des taux de consolidation des études utilisant la radiographie comparées à celles utilisant le scanner (89% et 93%). Dans notre étude la majorité des patients ont bénéficié uniquement de radiographies, le scanner étant effectué lorsqu'il persistait un doute. Cette stratégie a été retrouvée dans la plupart des études mais l'absence de recommandations précises engendre une comparabilité biaisée entre celles-ci (dans la revue de la littérature de Ferguson et al. regroupant 144 études, seulement 15 ont fait des TDM systématiques et 21 s'il persistait un doute à la radiographie [53]).

Enfin, avant de conclure à l'absence de différence entre les greffons vascularisés ou non, il serait nécessaire de chercher si la vascularisation des greffons persiste en postopératoire. En effet, celle-ci n'a été que peu étudiée. Antoniou et al. [58] ont effectué des IRM à une moyenne de 9 mois postopératoires chez 14 patients ayant bénéficié d'un greffon dit de Zaidemberg. Les pédicules et une bonne vascularisation du greffon ont été visualisés pour tous. Dailiana et al. [59] ont retrouvé 100% de viabilité des greffons vascularisés sur des IRM effectuées à 3 mois postopératoires mais leur étude n'a porté que sur 15 patients. Tu et al. [45] ont mis en évidence sur des modèles canins la persistance d'un flux conséquent dans des greffons vascularisés provenant de l'EDR, juste après prélèvement et à 2

semaines de la chirurgie. Il serait intéressant de monter un protocole d'étude permettant d'analyser la persistance de cette vascularisation.

Ne retrouvant pas de différence sur les taux et délai de consolidation selon le type de greffons, nous avons dans un second temps recherché des facteurs de risque de non consolidation en effectuant une étude en sous-groupes.

Tabac

La seule différence significative a été retrouvée en comparant les groupes des fumeurs et non-fumeurs. Il y avait une diminution significative de 77% du risque de consolidation avant 5 mois chez les fumeurs versus les non-fumeurs. Little et al. [60] ont pu conclure à une différence significative sur le taux de consolidation de GNV en prenant comme critère principal le tabagisme. Chang et al. [26] et Ribak et al. [41] ont aussi suggéré que le tabac est un facteur de risque devant leurs résultats. Il est cependant nécessaire d'effectuer d'autres études avec le tabac pour critère de jugement principal afin de tirer des conclusions. La prévention par le chirurgien de l'arrêt du tabac semble tout de même nécessaire et logique avant l'intervention.

Localisation de la pseudarthrose

Les fractures du scaphoïde localisées au tiers proximal ne représentent que 3 à 15% des cas [2]. Néanmoins le fragment proximal présente fréquemment une vascularisation compromise ou une petite taille rendant son traitement difficile. Ceci est bien illustré par la revue de la littérature de Ferguson et al. [53] qui a identifié que 30% des 4191 pseudarthroses étudiées étaient localisées au pôle proximal. Dans notre étude, nous n'avons pas retrouvé de différences sur la consolidation selon que la pseudarthrose était localisée sur le pôle proximal ou le corps du scaphoïde. Chang et al. [26] avaient aussi conclu à l'absence de différence, mais certains auteurs rapportent le contraire. Merrell et al. [43] retrouvaient un taux de consolidation de 100% pour le pôle distal, 85% pour le corps et

67% pour le pôle proximal ($p=0.02$ et $p<0.00001$). Pour Ribak et al. [41], les taux de consolidation étaient de 90,5% pour les greffons vascularisés et de 68,9% pour les non-vascularisés ($p=0.09$) dans ce sous-groupe. De plus, le délai de consolidation pour les pôles proximaux était plus court dans le groupe ayant bénéficié d'un greffon vascularisé (11,9 versus 17,7 semaines) [36]. Cette absence de différence s'expliquerait plutôt par un taux de consolidation des corps plus bas dans notre étude (71,8%) alors que celui des pôles proximaux est similaire à ceux de la littérature (68,4%).

Dévascularisation du pôle proximal

Dans notre étude, les patients présentant, avant la cure de pseudarthrose, des signes de dévascularisation du pôle proximal ont eu un taux et un délai de consolidation similaires à ceux n'en présentant pas. Ribak et al. [41] n'avaient, comme nous, pas mis en évidence de différence mais la majorité de la littérature retrouve une supériorité des greffons vascularisés. Dans leur méta-analyse de 2002, Merrell et al. [41] ont retrouvé un taux de consolidation après greffons vascularisés de 88% contre 47% pour ceux non vascularisés chez des patients ayant une nécrose avasculaire du pôle proximal. Chang et al. [26] avaient aussi une différence significative avec 50 et 91% de consolidation selon la présence ou non de signes de dévascularisation chez des patients ayant bénéficié d'un greffon dit de Zaidemberg. Green [21] a effectué une étude prospective sur 45 cures de pseudarthrose par greffon dit de Matti-Russe [22,23]. Selon l'état de vascularisation du pôle proximal (relevé en peropératoire), il a retrouvé un taux de consolidation de 92% pour ceux bien vascularisés, 71% pour ceux dont la vascularisation était diminuée et 0% pour ceux non vascularisés ($p<0.0005$). L'étude de Robbins et al. [61] représentait aussi bien cette problématique en ayant retrouvé un taux de consolidation de 53% après traitement par GNV iliaque chez 17 patients montrant des signes de nécrose du pôle proximal. Au vu de la littérature, il semble donc judicieux d'utiliser des greffons vascularisés lorsque des signes de dévascularisation sont présents mais sans nécrose complète du pôle proximal.

Le moyen diagnostique de la nécrose avasculaire du pôle proximal est encore débattu. Les auteurs ont tendance à s'accorder sur le fait que la vérification de la vascularisation du pôle proximal en peropératoire serait le plus fiable. Concernant les imageries, l'IRM serait l'examen le plus performant. La radiographie n'est pas l'examen le plus adapté et le signe à rechercher serait une fragmentation et non une condensation du pôle proximal qui n'est pas spécifique. Perlik and Guildford [62] dans leur étude prospective, ont retrouvés une fiabilité dans la détection des nécroses du pôle proximal de 100% pour l'IRM, 40% pour la radiographie, 86% pour la TDM et 80% pour l'aspect peropératoire (sur 10 cas validés histologiquement). Dailiana et al. [59], en comparant à l'aspect peropératoire ont retrouvés une fiabilité de 50% pour la radiographie et 75% pour l'IRM. Trumble [63] sur 6 biopsies affirmant la présence d'ONA, l'IRM était fiable à 100% contre 50% pour la radiographie. Il semble donc adapté d'effectuer une IRM dans le bilan préopératoire des pseudarthroses du pôle proximal. Et la présence ou non de saignement peropératoire du pôle proximal doit être notée dans le compte-rendu opératoire.

3. Résultats fonctionnels et cliniques

Aucune différence n'a été relevée entre les deux groupes sur les variables étudiées. Les patients étaient très satisfaits de l'intervention et les résultats subjectifs fonctionnels évalués par les questionnaires ont été très bons. L'intervention a permis une diminution conséquente des douleurs. Au repos, celles-ci ont quasiment disparues pour tous les patients, la gêne étant surtout présente lors des efforts. Ribak et al. [41] trouvaient aussi des résultats fonctionnels similaires sans différence entre les greffons vascularisés ou non.

Les amplitudes articulaires et la force, bien que n'étant pas complètes, étaient dans des valeurs compatibles avec une vie normale. Braga-Silva et al. [37] ne trouvaient pas non plus de différence hormis l'inclinaison radiale qui était meilleure pour les greffons vascularisés.

Les cures de pseudarthroses par greffons osseux, qu'ils soient vascularisés ou non, permettent donc chez la majorité des patients une qualité de vie satisfaisante. Zhang et al. [40] concluaient dans leur méta-analyse que la différence mise en évidence entre les taux et délai de consolidation chez les GNV et GV n'apportait pas d'avantages cliniques aux patients. Cependant, l'impact du développement de lésions de SNAC wrist ne peut s'évaluer qu'à très long terme.

4. Résultats radiologiques

Au dernier recul, il a été retrouvé des signes d'arthrose débutante (SNAC I et II, Annexes) chez respectivement 28% et 32,2% des patients des groupes GNV et GV. L'index de hauteur du carpe et l'alignement du carpe étaient préservés chez quasiment tous les patients. Cependant, il y avait un DISI chez 4 (16,7%) des patients GNV et 5 (20%) des patients GV. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes sur ces critères et il était difficile de faire la part des choses entre les signes déjà présents en préopératoires et ceux apparus au décours du traitement.

Les mesures radiologiques n'ont pas été beaucoup étudiées. Certains ont relevé l'importance de la restauration de la hauteur du carpe dans la prévention de l'arthrose [55]. Celle-ci est en fait, à notre sens, un indicateur indirect de la réduction de la déformation en flexion palmaire du scaphoïde. Cette déformation, si elle est importante engendre inévitablement un DISI qui va accélérer l'évolution vers l'arthrose. Chang et al. [26] ont retrouvé pour cette déformation une incidence significativement plus importante chez les patients qui n'ont pas consolidé après la cure de pseudarthrose. Un meilleur indicateur aurait été l'angle intra-scaphoïdien latéral qui rend compte plus directement de la flexion du scaphoïde. Cependant la mesure de celui-ci est difficile en radiographie et nécessite d'effectuer des TDM. Amadio et al. [55] ont montré dans leur étude que cet angle était

corrélié au développement d'arthrose à court terme (6 mois après consolidation) et en ont donc conclu que la consolidation n'est pas l'unique critère de succès du traitement.

5. Complications et réinterventions

Les complications comprenaient tout d'abord l'absence de consolidation qui était notre critère de jugement principal. Il y a eu 2 réinterventions dans le groupe de GNV et 4 dans le groupe des GV. Celles-ci ont été effectuées par des greffons iliaques et un seul greffon pédiculé sur le rameau carpien palmaire. Merrell et al. [43] avaient retrouvé une tendance à la supériorité des greffons vascularisés lorsqu'il existait un antécédent de cure de pseudarthrose, mais leurs résultats étaient non-significatifs.

Il a été retrouvé un seul cas de nécrose secondaire du pôle proximal dans chaque groupe. Celles-ci ont été traitées par un APSI.

Les autres complications s'élevaient à 31% du groupe GNV et 12,9% du groupe GV et comprenaient les complications liées au matériel, la persistance de douleur sur le site donneur ou un déficit sensitif. Le cas de douleur au niveau du site donneur était un prélèvement au niveau de la crête iliaque. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes sur le taux de complications.

Dans les rares cas où une deuxième réintervention était nécessaire pour persistance de la nécrose du pôle proximal ou pour apparition d'arthrose, des interventions palliatives ont été privilégiées.

Les complications sont peu rapportées dans la littérature mais sont dans l'ensemble un peu moins fréquentes dans les autres études [36,46,64]. Chang et al. [26], pour les greffons dits de Zaidenberg, retrouvaient 16% de complications comprenant des exclusions du greffon, des infections et des échecs matériels. Leur taux de réintervention s'élevait à 14%.

6. Forces et limites de l'étude

Les limites inhérentes au type rétrospectif de l'étude ont engendré notamment une perte de certaines données. Malgré cela, nous avons recueilli de nombreuses données permettant une analyse complète à la fois clinique, fonctionnelle et radiologique. Cependant une étude prospective permettrait de mettre en place un protocole de recueil des données systématique et donc d'être exhaustif. Les groupes pourraient être plus comparables grâce à un suivi, une immobilisation et une rééducation identiques. Une IRM préopératoire et une évaluation peropératoire de la vascularisation du pôle proximal devraient être envisagées pour tous les patients [21]. Le taux et le délai de consolidation seraient déterminés plus précisément par des radiographies régulières et un scanner. En effet, dans notre étude peu de patients ont bénéficiés d'un scanner pour vérifier l'état de consolidation. Pinder et al. [36] n'avaient pas retrouvé de différence sur les taux de consolidation évalués par radiographies ou scanner, mais ceci pourrait être vérifié grâce à ce type d'étude.

Notre effectif restait satisfaisant comparé à ceux retrouvés dans la littérature (Tableau VII) mais il était tout de même insuffisant pour assurer une puissance statistique permettant de tirer des conclusions. De plus, la variété des techniques chirurgicales (type de greffon, moyen d'ostéosynthèse) créait des sous-groupes avec de faibles effectifs engendrant des comparaisons limitées.

La force principale de notre étude était notre très bon recul moyen dans les deux groupes (6,75 et 8,6 ans). Celui-ci était nettement supérieur à ceux retrouvés dans la littérature avec par exemple un recul moyen de 3,7 ans dans la revue de la littérature de Ferguson et al. [33,37,46,53,64]. Nous apportons donc à l'état de l'art des informations qualitatives sur l'évolution clinique et radiologique à long terme.

Enfin, comme détaillé plus haut (2. *Taux et délai de consolidation*), beaucoup d'études définissaient des critères d'exclusion plus drastiques que les nôtres. Par exemple, les

patients ayant des stades avancés de pseudarthrose sont peu représentés dans les études. Notre étude avait donc l'avantage de mieux représenter l'ensemble de la population des pseudarthroses du scaphoïde mais ceci engendre inévitablement des résultats moins gratifiants que ceux de la littérature.

Conclusion

Il n'a pas été retrouvé, dans notre étude, de différence significative sur le taux et le délai de consolidation entre les greffons vascularisés ou non. Les greffons vascularisés sont techniquement plus difficiles à prélever et devant la potentielle absence d'avantages se pose la question de leur intérêt. La littérature soulève cependant des indications comme les pseudarthroses avec signes de dévascularisation du pôle proximal ou les patients ayant des antécédents de cure de pseudarthrose. Il serait donc judicieux d'effectuer des études avec des effectifs plus conséquents en sélectionnant ces sous-populations.

Ouverture

Les greffons osseux dans les cures de pseudarthrose du scaphoïde sont utilisés depuis plusieurs années. Malgré de nombreuses études, il n'y a pas encore de consensus sur le traitement. La littérature a ses limites car beaucoup d'études sont effectuées avec peu de patients et avec des critères d'évaluation pas toujours reproductibles. Les résultats n'ont été que peu améliorés avec les années depuis les premiers greffons posant alors les questions de la restriction à des indications plus sélectionnées et de la nécessité d'introduire de nouvelles méthodes. Parmi celle-ci l'arthroscopie semble prometteuse car son aspect percutané limite la dévascularisation du scaphoïde, mais elle reste indiquée uniquement pour les pseudarthroses avec peu de résorption et non déplacées. Pour les ONA avec une dévascularisation complète se pose la question de l'APSI. Les indications précises des différents traitements doivent donc être étudiées afin d'optimiser les résultats des cures de pseudarthrose du scaphoïde.

Liste des tableaux et figures

Page 9 : Figure 1 : Radiographies (*A et B*), tomodensitométrie (TDM) (*C et D*) et reconstruction 3D à partir de TDM (*E*) de pseudarthroses du scaphoïde.

Page 10 : Figure 2 : Représentation 3D du scaphoïde avec ses surfaces articulaires et la crête dorso-radiale.

Page 11 : Figure 3 : Schémas représentant la face dorsale (*A, C*) et la face palmaire (*B, D*) du radius et de l'ulna distaux, leur vascularisation et les zones vascularisées par les différents vaisseaux nourriciers (*C et D*).

Page 13 : Figure 4 : Schémas représentant la technique du greffon encastré décrite par Matti et modifiée par Russe [22,23] (*à gauche*) ; et celle du greffon intercalé décrite par Fisk et modifiée par Fernandez [10,25] (*à droite*).

Page 15 : Figure 5 : Technique chirurgicale du greffon dit de Zaidemberg

Page 16 : Figure 6 : Radiographies postopératoires (face et profil) d'un greffon dit de Zaidemberg pour pseudarthrose du pôle proximal

Page 17 : Figure 7 : Dissection cadavérique

Page 17 : Figure 8 : Schémas du greffon dit de Kuhlmann-Mathoulin

Page 18 : Figure 9 : Technique chirurgicale du greffon pédiculé sur le RCP

Page 19 : Figure 10 : Radiographies (face et profil) postopératoires d'un greffon pédiculé sur le RCP et ostéosynthésé par une vis et deux broches.

Page 20 : Figure 11 : Schémas montrant la vascularisation du première espace interosseux (*A*), l'anastomose des 2 réseaux artériels au niveau du col du 2^{ème} métacarpien (*B*) et le prélèvement du greffon (*C*).

Page 21 : Figure 12 : Schémas de l'anatomie vasculaire du greffon libre vascularisé du condyle fémoral médial (à *gauche*) et de sa voie d'abord (située juste au-dessus du tendon du grand adducteur) (à *droite*)

Page 24 : Figure 13 : Arbre décisionnel pour le choix du type de greffon.

Page 26 : Figure 14 : Ostéonécrose aseptique du pôle proximal.

Page 29 : Figure 15 : Représentation des 4 incidences radiologiques du scaphoïde

Page 30-31 : Figure 16 : Technique chirurgicale d'un GNV par voie antérieure

Page 31 : Figure 17 : Radiographie d'une cure de pseudarthrose ostéosynthésée par vis

Page 33 : Figure 18 : Flow chart

Page 34 : Tableau I : Types de greffons

Page 35-36 : Tableau II : Caractéristiques des patients

Page 37 : Tableau III : Critère de jugement principal

Page 37 : Figure 19 : Courbes de survie du délai de consolidation dans les 2 groupes

Page 38 : Figure 20 : Courbes de survie du délai de consolidation chez les fumeurs et non-fumeurs

Page 39 : Tableau IV : Critères de jugement secondaires, résultats cliniques et fonctionnels

Page 40 : Tableau V : Critères de jugement secondaires, résultats radiologiques

Page 42 : Tableau VI : Complications et réinterventions

Page 46 : Tableau VII : Principales études comparant les GNV aux GV pour le traitement des pseudarthroses du scaphoïde

Références

- [1] Hove LM. EPIDEMIOLOGY OF SCAPHOID FRACTURES IN BERGEN, NORWAY. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1999;33:423–6. <https://doi.org/10.1080/02844319950159145>.
- [2] Jørgsholm P, Ossowski D, Thomsen N, Björkman A. Epidemiology of scaphoid fractures and non-unions: A systematic review. *Handchir · Mikrochir · Plast Chir* 2020;52:374–81. <https://doi.org/10.1055/a-1250-8190>.
- [3] Kawamura K, Chung KC. Treatment of Scaphoid Fractures and Nonunions. *J Hand Surg* 2008;33:988–97. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2008.04.026>.
- [4] Larson AN, Bishop AT, Shin AY. Dorsal Distal Radius Vascularized Pedicled Bone Grafts for Scaphoid Nonunions. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2006;10:212–23. <https://doi.org/10.1097/01.bth.0000231579.32406.17>.
- [5] Mack GR, Bosse MJ, Gelberman RH, Yu E. The natural history of scaphoid non-union. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:504–9.
- [6] 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.
- [7] 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* 1995;20:902–14. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(05\)80136-4](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(05)80136-4).
- [8] Fontaine C, Wavreille G, Chantelot C, Prodhomme G. Anatomie chirurgicale de la face dorsale de la main et du poignet. *Chir Main* 2005;24:64–78. <https://doi.org/10.1016/j.main.2005.01.007>.
- [9] Gelberman RH, Menon J. The vascularity of the scaphoid bone. *J Hand Surg* 1980;5:508–13. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(80\)80087-6](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(80)80087-6).
- [10] Buijze GA, Lozano-Calderon SA, Strackee SD, Blankevoort L, Jupiter JB. Osseous and Ligamentous Scaphoid Anatomy: Part I. A Systematic Literature Review Highlighting Controversies. *J Hand Surg* 2011;36:1926–35. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2011.09.012>.
- [11] Fontaine C, Wavreille G, Aumar A, Bry R, Demondion X. Anatomie vasculaire osseuse à la main et au poignet. *Chir Main* 2010;29:S11–20. <https://doi.org/10.1016/j.main.2010.09.019>.
- [12] Huntington TW. VI. Case of Bone Transference: Use of a Segment of Fibula to Supply a Defect in the Tibia. *Ann Surg* 1905;41:249–51. <https://doi.org/10.1097/00000658-190502000-00006>.
- [13] Judet R, Roy-Camille R, Guillaumon JL. [Treatment of pseudarthrosis of the carpal scaphoid by pediculated graft]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1972;58:699–705.
- [14] Braun R. Pronator quadratus pedicle bone grafting in the forearm and proximal carpal row. *J Hand Surg* 8 612-613 n.d.
- [15] Chacha PB. Vascularised pedicular bone grafts n.d.:22.
- [16] Lee JC-H, Lim J, Chacha PB. The Anatomical Basis of the Vascularized Pronator Quadratus Pedicled Bone Graft. *J Hand Surg* 1997;22:644–6. [https://doi.org/10.1016/S0266-7681\(97\)80365-8](https://doi.org/10.1016/S0266-7681(97)80365-8).
- [17] Kawai H, Yamamoto K. Pronator quadratus pedicled bone graft for old scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1988;70:829–31. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.70B5.3192587>.
- [18] Kuhlmann JN, Mimoun M, Boabighi A, Baux S. Vascularized bone graft pedicled on the volar carpal artery for non-union of the scaphoid. *J Hand Surg Edinb Scotl* 1987;12:203–10. [https://doi.org/10.1016/0266-7681\(87\)90014-3](https://doi.org/10.1016/0266-7681(87)90014-3).
- [19] Mathoulin C, Haerle M. Vascularized Bone Graft from the Palmar Carpal Artery for Treatment of Scaphoid Nonunion. *J Hand Surg* 1998;23:318–23. [https://doi.org/10.1016/S0266-7681\(98\)80049-1](https://doi.org/10.1016/S0266-7681(98)80049-1).
- [20] Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *J Hand Surg* 1991;16:474–8. [https://doi.org/10.1016/0363-5023\(91\)90017-6](https://doi.org/10.1016/0363-5023(91)90017-6).
- [21] Green DP. The effect of avascular necrosis on Russe bone grafting for scaphoid nonunion. *J Hand Surg* 1985;10:597–605. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(85\)80191-X](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(85)80191-X).

- [22] Russe O. Fracture of the carpal navicular. Diagnosis, non-operative treatment, and operative treatment. *J Bone Joint Surg Am* 1960;42-A:759–68.
- [23] Matti H. Über die Behandlung der Navicularefraktur und der refractura patellae durch plombierung mit spongiosa. *Zentralbl Chir* 412353-69 1937 n.d.
- [24] Fisk G. Volar wedge grafting of the carpal scaphoid in non-union associated with dorsal instability patterns (discussion). n.d.
- [25] Fernandez DL. A technique for anterior wedge-shaped grafts for scaphoid nonunions with carpal instability. *J Hand Surg* 1984;9:733–7. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(84\)80025-8](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(84)80025-8).
- [26] 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 n.d.:10.
- [27] Waitayawinyu T, McCallister WV, Katolik LI, Schlenker JD, Trumble TE. Outcome After Vascularized Bone Grafting of Scaphoid Nonunions With Avascular Necrosis. *J Hand Surg* 2009;34:387–94. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2008.11.023>.
- [28] Straw RG, Davis TRC, Dias JJ. Scaphoid Nonunion: Treatment with a Pedicled Vascularized Bone Graft Based on the 1,2 Intercompartmental Supraretinacular Branch of the Radial Artery. *J Hand Surg* 2002;27:413–6. <https://doi.org/10.1054/jhsb.2002.0808>.
- [29] Jessu M, Wavreille G, Strouk G, Fontaine C, Chantelot C. [Scaphoid nonunions treated by Kuhlmann's vascularized bone graft: radiographic outcomes and complications]. *Chir Main* 2008;27:87–96. <https://doi.org/10.1016/j.main.2008.04.004>.
- [30] Alnot JY. [Fractures and pseudarthroses of the carpal scaphoid. The various stages of pseudarthrosis]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1988;74:714–7.
- [31] Foucher G, Braun JB. A new island flap transfer from the dorsum of the index to the thumb. *Plast Reconstr Surg* 1979;63:344–9. <https://doi.org/10.1097/00006534-197903000-00008>.
- [32] Brunelli F, Mathoulin C, Saffar P. Description d'un greffon osseux vascularisé au niveau de la tête du deuxième métacarpien 1992;11:6.
- [33] Mathoulin C, Brunelli E. Further Experience with the Index Metacarpal Vascularized Bone Graft. *J Hand Surg* 1998;23:311–7. [https://doi.org/10.1016/S0266-7681\(98\)80048-X](https://doi.org/10.1016/S0266-7681(98)80048-X).
- [34] Sawaizumi T, Nanno M, Nanbu A, Ito H. Vascularised bone graft from the base of the second metacarpal for refractory nonunion of the scaphoid. *J BONE Jt Surg* 2004;86:6.
- [35] Doi K, Oda T, Soo-Heong T, Nanda V. Free vascularized bone graft for nonunion of the scaphoid. *J Hand Surg* 2000;25:507–19. <https://doi.org/10.1053/jhsu.2000.5993>.
- [36] Pinder RM, Brkljac M, Rix L, Muir L, Brewster M. Treatment of Scaphoid Nonunion: A Systematic Review of the Existing Evidence. *J Hand Surg* 2015;40:1797-1805.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2015.05.003>.
- [37] 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. <https://doi.org/10.1177/1753193408090400>.
- [38] Caporrino FA, de Moraes VY, Belloti JC, Faloppa F. Dorsal Vascularized Grafting for Scaphoid Nonunion: A Comparison of Two Surgical Techniques. *J Orthop Trauma* 2014;28:5.
- [39] 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. <https://doi.org/10.1080/00016470410001529>.
- [40] Zhang H, Gu J, Liu H, Yuan C. Pedicled vascularized versus non-vascularized bone grafts in the treatment of scaphoid non-union: a meta-analysis of comparative studies. *ANZ J Surg* 2021. <https://doi.org/10.1111/ans.16894>.
- [41] Ribak S, Medina CEG, Mattar R, Ulson HJR, de Resende MR, Etchebehere M. Treatment of scaphoid nonunion with vascularised and nonvascularised dorsal bone grafting from the distal radius. *Int Orthop* 2010;34:683–8. <https://doi.org/10.1007/s00264-009-0862-6>.
- [42] Janowski J, Coady C, Catalano LW. Scaphoid Fractures: Nonunion and Malunion. *J Hand Surg* 2016;41:1087–92. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2016.08.019>.

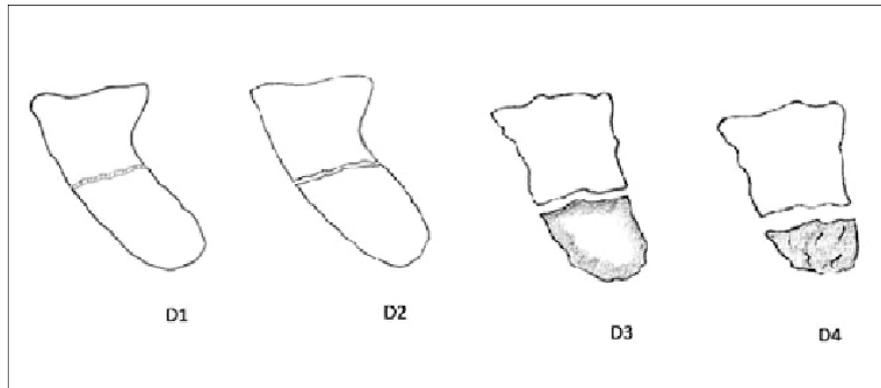
- [43] Merrell GA, Wolfe SW, Slade JF. Treatment of scaphoid nonunions: Quantitative meta-analysis of the literature. *J Hand Surg* 2002;27:685–91. <https://doi.org/10.1053/jhsu.2002.34372>.
- [44] Slade JF, Dodds SD. Minimally invasive management of scaphoid nonunions. *Clin Orthop* 2006;445:108–19. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000205886.66081.9d>.
- [45] Tu YK, Bishop AT, Kato T, Adams ML, Wood MB. Experimental carpal reverse-flow pedicle vascularized bone grafts. Part II: bone blood flow measurement by radioactive-labeled microspheres in a canine model. *J Hand Surg* 2000;25:46–54. <https://doi.org/10.1053/jhsu.2000.jhsu025a0046>.
- [46] Gras M, Mathoulin C. Vascularized bone graft pedicled on the volar carpal artery from the volar distal radius as primary procedure for scaphoid non-union. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011;97:800–6. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2011.08.008>.
- [47] Herbert TJ, Fisher WE. Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. *J Bone Joint Surg Br* 1984;66:114–23. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.66B1.6693468>.
- [48] Dias JJ. Definition of Union after Acute Fracture and Surgery for Fracture Nonunion of the Scaphoid. *J Hand Surg* 2001;26:321–5. <https://doi.org/10.1054/jhsb.2001.0596>.
- [49] Fayad F, Lefevre-Colau M-M, Gautheron V, Macé Y, Fermanian J, Mayoux-Benhamou A, et al. Reliability, validity and responsiveness of the French version of the questionnaire Quick Disability of the Arm, Shoulder and Hand in shoulder disorders. *Man Ther* 2009;14:206–12. <https://doi.org/10.1016/j.math.2008.01.013>.
- [50] Voche P, Dubert T, Laffargue C, Gosp-Server A. [Patient-rated wrist questionnaire: preliminary report on a proposed French version of a North American questionnaire designed to assess wrist pain and function]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2003;89:443–8.
- [51] Mehta SP, MacDermid JC, Richardson J, MacIntyre NJ, Grewal R. A systematic review of the measurement properties of the patient-rated wrist evaluation. *J Orthop Sports Phys Ther* 2015;45:289–98. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5236>.
- [52] Kim S-J, Lee B-G, Lee C-H, Choi W-S, Kim J-H, Lee K-H. Comparison of ceiling effects between two patient-rating scores and a physician-rating score in the assessment of outcome after the surgical treatment of distal radial fractures. *Bone Jt J* 2015;97-B:1651–6. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.97B12.35723>.
- [53] 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. <https://doi.org/10.1177/1753193415604778>.
- [54] Chantelot C, Frebault C, Limousin M, Robert G, Migaud H, Fontaine C. Résultats à long terme des greffes cortico-spongieuses non vascularisées pour pseudarthrose du scaphoïde carpien. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot* 2005;91:724–31. [https://doi.org/10.1016/S0035-1040\(05\)84483-6](https://doi.org/10.1016/S0035-1040(05)84483-6).
- [55] Amadio PC, Berquist TH, Smith DK, Ilstrup DM, Cooney WP, Linscheid RL. Scaphoid malunion. *J Hand Surg* 1989;14:679–87. [https://doi.org/10.1016/0363-5023\(89\)90191-3](https://doi.org/10.1016/0363-5023(89)90191-3).
- [56] Smeraglia F, Basso MA, Fonzone Caccese A, Bernasconi A, Mariconda M, Balato G. Volar distal radius vascularized bone graft vs non-vascularized bone graft: a prospective comparative study. *J Biol Regul Homeost Agents* 2020;34:115-120. *ADVANCES IN MUSCULOSKELETAL DISEASES AND INFECTIONS-SOTIMI* 2019.
- [57] Hirche C, Xiong L, Heffinger C, Münzberg M, Fischer S, Kneser U, et al. Vascularized versus non-vascularized bone grafts in the treatment of scaphoid non-union. *J Orthop Surg Hong Kong* 2017;25:2309499016684291. <https://doi.org/10.1177/2309499016684291>.
- [58] Antoniou IK, Athanaselis ED, Rountas C, Koutalos A, Dailiana Z, Malizos KN, et al. MR angiogram confirms sustained blood flow in 1,2 ICSR artery of vascularized bone grafting in scaphoid nonunion treatment. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2019;29:343–8. <https://doi.org/10.1007/s00590-018-2339-z>.
- [59] Dailiana ZH, Zachos V, Varitimidis S, Papanagiotou P, Karantanas A, Malizos KN. Scaphoid nonunions treated with vascularised bone grafts: MRI assessment. *Eur J Radiol* 2004;50:217–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2004.01.017>.
- [60] Little CP, Burston BJ, Hopkinson-Woolley J, Burge P. Failure of surgery for scaphoid non-union is associated with smoking. *J Hand Surg Edinb Scotl* 2006;31:252–5. <https://doi.org/10.1016/j.jhsb.2005.12.010>.

- [61] Robbins RR, Carter PR. Iliac crest bone grafting and herbert screw fixation of nonunions of the scaphoid with avascular proximal poles. *J Hand Surg* 1995;20:818–31. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(05\)80438-1](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(05)80438-1).
- [62] Perlik PC, Bonner Guilford W. Magnetic resonance imaging to assess vascularity of scaphoid nonunions. *J Hand Surg* 1991;16:479–84. [https://doi.org/10.1016/0363-5023\(91\)90018-7](https://doi.org/10.1016/0363-5023(91)90018-7).
- [63] Trumble TE. Avascular necrosis after scaphoid fracture: A correlation of magnetic resonance imaging and histology. *J Hand Surg* 1990;15:557–64. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(09\)90015-6](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(09)90015-6).
- [64] Megerle K, Keutgen X, Müller M, Germann G, Sauerbier M. Treatment of Scaphoid Non-Unions of the Proximal third with Conventional Bone Grafting and Mini-Herbert Screws: an Analysis of Clinical and Radiological Results. *J Hand Surg Eur Vol* 2008;33:179–85. <https://doi.org/10.1177/1753193408087030>.

Annexes

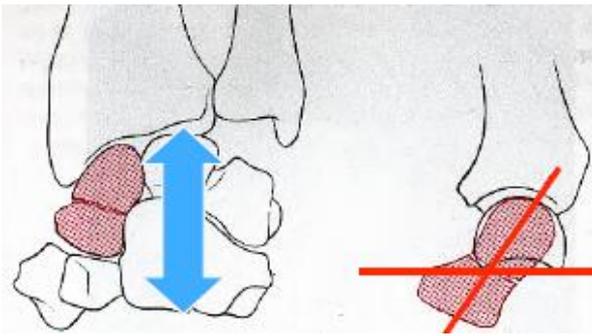
Classification d'Herbert [47]

(Description ici uniquement du type D correspondant aux pseudarthroses)

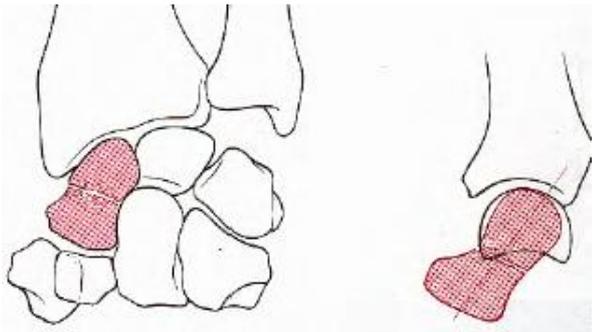


- Type D1 : pseudarthrose serrée avec fibrose inter-fragmentaire.
- Type D2 : pseudarthrose lâche sans déformation osseuse (déplacement, peu de résorption).
- Type D3 : pseudarthrose lâche avec déformation osseuse (déplacement, résorption importante)
- Type D4 : nécrose du pôle proximal

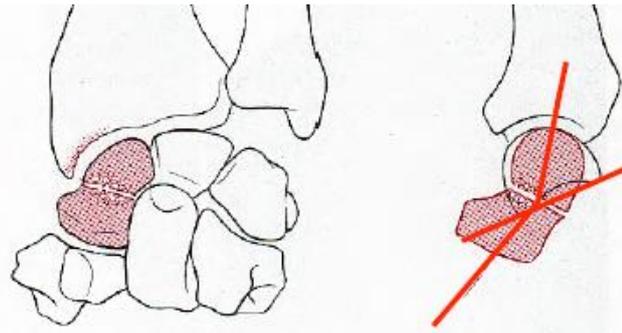
Classification d'Alnot [30]



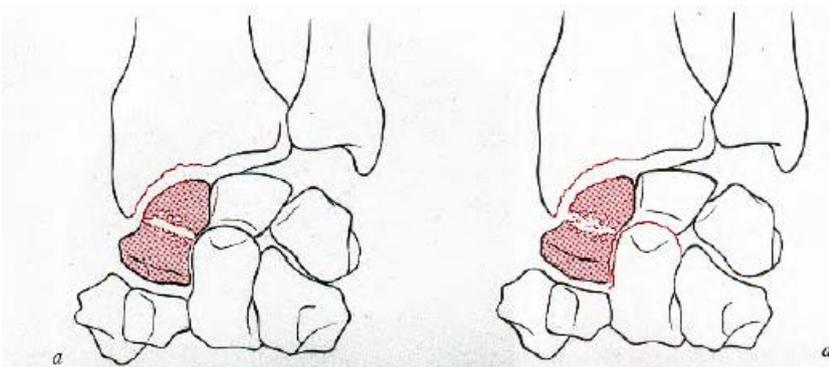
- Stade I : pseudarthrose linéaire sans déformation et non déplacée.



- Stade IIA : pseudarthrose stable avec un début de résorption osseuse.



- Stade IIB : pseudarthrose instable avec résorption osseuse entraînant une déformation en flexion palmaire du scaphoïde et donc une instabilité intra-carpienne (SNAC I).



- Stade III : pseudarthrose déplacée instable avec désaxation intra-carpienne et signes d'arthrose stylo-scaphoïdienne (IIIA, SNAC II) ou d'arthrose radio- et médio-carpienne (IIIB, SNAC III).



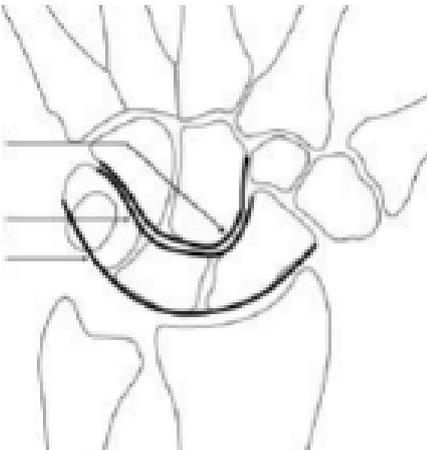
- Stade IV : ONA du pôle proximal avec désaxation intra-carpienne (IVA) ou arthrose radio- et médio-carpienne (IVB).



Mesure de l'angle scapho-lunaire : angle entre la tangente au bord palmaire du scaphoïde et l'axe longitudinal du lunatum (perpendiculaire à la tangente passant par ses cornes antérieure et postérieure) (Norme : 30-70°)



Mesure de l'angle intra-scaphoïdien de face
(Norme : 30-45°)



Arcs de Gilula



Index de hauteur du carpe de McMurray et Youm : hauteur du carpe (L1)/ longueur du 3^{ème} métacarpien(L2) (Norme : 0,54+-0,03)

PRWE

Evaluation du poignet par le patient

Nom: _____ Signature: _____ Date: _____

Les questions ci-dessous vont nous permettre de comprendre les difficultés que vous avez rencontrées avec votre poignet la semaine dernière. Sur une échelle de 0 à 10, vous décrivez l'intensité moyenne des symptômes de votre poignet durant la semaine dernière. Veuillez répondre à TOUTES les questions. Si vous n'avez fait aucune des activités, veuillez ESTIMER la douleur ou la difficulté à laquelle vous vous seriez attendu. Si vous n'avez jamais fait l'activité, vous pouvez laisser l'item en blanc.

DOULEUR - Veuillez évaluer l'intensité moyenne de la douleur à votre poignet durant la semaine dernière en entourant le chiffre qui correspond le mieux votre douleur sur une échelle de 1 à 10. Le zéro (0) signifie que vous n'avez ressenti aucune douleur et le dix (10) signifie que vous avez ressenti la pire douleur jamais éprouvée ou que vous n'avez pas pu faire l'activité à cause de la douleur.

Evaluer votre douleur :

	Pas de douleur									Pire douleur jamais ressentie	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Au repos											
Lorsque vous faites une tâche avec un mouvement répétitif du poignet											
Lorsque vous soulevez un objet lourd											
Lorsque la douleur est à son comble											
Avez vous souvent mal?											
	Jamais									Toujours	

FONCTION

A. ACTIVITES SPECIFIQUES - Veuillez évaluer le niveau de difficulté que vous avez éprouvé à accomplir avec votre main atteinte chacun des gestes listés ci-dessous – au cours de la semaine dernière, en entourant le chiffre qui correspond le mieux à la difficulté éprouvée sur une échelle de 1 à 10. Le zéro (0) signifie que vous n'avez rencontré aucune difficulté et le dix (10) signifie que c'était tellement difficile que vous ne pouviez pas le faire du tout.

	Aucune difficulté									Incapable de faire	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tourner une poignée de porte											
Couper de la viande											
Boutonner ma chemise											
Se lever d'une chaise											
Porter un objet de 5 Kg											
Utiliser du papier toilette											

B. ACTIVITES HABITUELLES - Veuillez évaluer le niveau de difficulté que vous avez éprouvé à accomplir vos activités habituelles dans chacun des domaines listés ci-dessous, au cours de la semaine dernière, en entourant le chiffre qui correspond le mieux à la difficulté éprouvée sur une échelle de 1 à 10. Par activités habituelles, nous entendons les activités que vous faisiez avant d'avoir des problèmes avec votre poignet. Le zéro (0) signifie que n'avez rencontré aucune difficulté et le dix (10) signifie que c'était tellement difficile que vous ne pouviez pas faire vos activités habituelles.

	Aucune difficulté									Incapable de faire	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Soins personnels (s'habiller, se laver)											
Tâches ménagères (nettoyage, entretien)											
Travail (votre emploi ou tâches quotidiennes habituelles)											
Loisirs											

SCORE DE LA MAYO CLINIC MODIFIE (COONEY)

DURANT LES 4 DERNIERES SEMAINES...

Item	Critères	Pondération	Score par item
1. Douleur (25 points)	Aucune	25 points	
	Légère	20 points	
	Modérée	15 points	
	Sévère	0 point	
2. Fonction (25 points)	Activité professionnelle normale	25 points	
	Activité professionnelle restreinte	20 points	
	Activité professionnelle possible mais sans emploi	15 points	
	Activité professionnelle impossible car algique	0 point	
3. Mobilité (25 points)	> 120°	25 points	
	90-120°	15 points	
	60-90°	10 points	
	30-60°	5 points	
	< 30°	0 point	
4. Force (25 pts) % côté contro-latéral	> 100%	25 points	
	75-100 %	15 points	
	50-75%	10 points	
	25-50%	5 points	
	0-25%	0 point	
SCORE TOTAL :	Excellent :	90..100	
	Bon :	80..89	
	Moyen :	60..79	
	Mauvais :	0..59	



Questionnaire QUICK DASH

Veillez évaluer vos possibilités d'effectuer les activités suivantes au cours des 7 derniers jours en entourant le chiffres placé sous la réponse appropriée.

	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)	1	2	3	4	5
Porter des sacs de provisions ou une mallette	1	2	3	4	5
Se laver le dos	1	2	3	4	5
Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule, du bras ou de la main (bricolage, tennis, golf etc.)	1	2	3	4	5

	Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Extrêmement
--	-------------	------------	-------------	----------	-------------

Pendant les 7 derniers jours, à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins

1 2 3 4 5

	Pas du tout limité	Légèrement limité	Moyennement limité	Très limité	Incapable
--	--------------------	-------------------	--------------------	-------------	-----------

Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main ?

1 2 3 4 5

	Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
--	--------	--------	---------	------------	---------

Veillez évaluer la sévérité des symptômes suivants **durant les 7 derniers jours**. (entourez une réponse sur chacune des lignes)

Douleur de l'épaule, du bras ou de la main

1 2 3 4 5

Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras, ou de la main

1 2 3 4 5

	Pas du tout perturbé	Un peu perturbé	Moyennement perturbé	Très perturbé	Tellement perturbé que je ne peux pas dormir
--	----------------------	-----------------	----------------------	---------------	--

Pendant les 7 derniers jours, votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)

1 2 3 4 5

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

AUTEURE : Nom : DELAMARRE

Prénom : Morgane

Date de soutenance : 8 octobre 2021

Titre de la thèse : Comparaison des résultats des greffons vascularisés et non vascularisés dans le traitement des pseudarthroses du scaphoïde : étude rétrospective à propos de 60 cas

Thèse - Médecine - Lille 2021

Cadre de classement : Chirurgie orthopédique et traumatologique

DES + spécialité : Chirurgie orthopédique et traumatologique

Mots-clés : scaphoïde, pseudarthrose, greffons osseux vascularisés, consolidation

Résumé :

Introduction : La pseudarthrose du scaphoïde est fréquente et son traitement reste non consensuel. Il repose le plus souvent sur l'utilisation de greffons osseux qui peuvent être vascularisés ou non. L'objectif principal de notre étude était d'évaluer si l'utilisation de greffons vascularisés améliore le taux et le délai de consolidation des pseudarthroses du scaphoïde.

Matériel et méthodes : Il s'agissait d'une étude rétrospective incluant 29 cures de pseudarthrose par greffons non vascularisés et 31 par greffons vascularisés. Le critère de jugement principal était la comparaison des taux et délai de consolidation entre les deux groupes. Ont été étudiés secondairement les résultats fonctionnels (douleur, scores subjectifs), cliniques (amplitudes articulaires, force), radiographiques (signes d'arthrose, angle scapho-lunaire, angle intra-scaphoïdien) ainsi que les complications et réinterventions.

Résultats : Le recul moyen était respectivement de 6,8 et 8,6 ans dans les groupes des greffons non vascularisés et vascularisés. Les groupes étaient comparables sauf pour le recul. Trente-trois pourcent des patients présentaient une pseudarthrose du pôle proximal et 10% avaient des signes de dévascularisation de ce pôle. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les deux groupes hormis pour le taux de consolidation dans le sous-groupe des fumeurs. Les taux de consolidation étaient de 78,6% et 75% et les délais moyens de 7,8 et 10,3 mois. Les résultats fonctionnels et cliniques étaient compatibles avec une qualité de vie satisfaisante. Les taux de complications étaient de 31 et 13% et les taux de réinterventions de 17,2% et 16,1%.

Conclusion : Avec un long recul, il n'a pas été trouvé d'amélioration des résultats par l'apport d'une vascularisation au greffon osseux posant la question des indications auxquelles réserver les greffons vascularisés. Les pseudarthroses avec signes de dévascularisation du pôle proximal et celles ayant des antécédents de cure ressortent cependant comme des indications potentielles dans la littérature.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Christophe CHANTELOT

Assesseurs : Monsieur le Professeur Carlos MAYNOU

Madame le Docteur Elvire GUERRE

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Marc SAAB

