

PLAN

INTRODUCTION	6
HISTORIQUE	8
MATERIEL ET METHODES	11
I. MATERIELS D'ETUDES	11
II. METHODES D'ETUDES	12
III.FICHE D'EXPLOITATION	13
RESULTATS.....	20
I. Etude épidémiologique.....	21
II. Etude clinique	22
III.Bilan radiologique	28
IV. Traitement chirurgical	33
V. Période post opératoires	36
VI. Résultats thérapeutiques :.....	38
DISCUSSION.....	43
I. RAPPEL	44
A. ANATOMIQUE.....	44
a. Anatomie des pièces osseuses	44
b. Anatomie descriptive du scaphoïde	46
c. Attaches capsulo-ligamentaires	47
d. Vascularisation	51
1. Vascularisation du radius distal.....	51
1.1. Réseau carpien palmaire.....	51
1.2. Réseau carpien dorsal.....	52
1.2.1_ l'artère supra-rétinaculaire inter-compartmentale 1,2.	54
1.2.2. L'artère supra-rétinaculaire inter-compartmentale 2,3.....	54
1.2.3. L'artère du quatrième compartiment.....	54

1.2.4. L'artère du cinquième compartiment.	55
2. Vascularisation du scaphoïde	55
e. Les rapports	57
B. BIOMECANIQUE ARTICULAIRE.....	59
a. Mobilité du carpe.....	59
1. Dans la flexion du carpe	59
2. Dans l'extension du carpe	60
3. Dans l'inflexion cubitale	60
4. Dans l'inflexion radial	60
b. Biomécanique et pseudarthrose	64
C. ANATOMO-PATHOLOGIE	65
a. Classification des fractures du scaphoïde.....	65
1. Classification de Trojan :.....	65
2. Classification de Herbert :	65
3. Classification de Schernberg :	67
4. Classification de Russe :.....	70
b. Classification des pseudarthroses du scaphoïde.....	70
c. Classification des arthroses du carpe consécutives à une arthrose du scaphoïde.....	72
D. TRAITEMENT	74
a. But de traitement :.....	74
b. Anesthésie :.....	74
c. Voies d'abords :	74
1. Abord antérolatéral :.....	74
2. Abord postérolatéral :	77
d. Techniques chirurgicales :	79

1. Traitement de la pseudarthrose du scaphoïde sur poignet non arthrosique	
79	
1.1. Principes thérapeutiques communs aux greffes osseuses :.....	79
1.2. Greffes osseuses non vascularisées :	83
1.3. Greffes vascularisées :.....	87
1.4. Autres techniques « d'aide à la consolidation » :.....	91
2. Traitement des nécroses du pôle proximal sans possibilité de conservation	
au stade préarthrosique :	91
2.1. Scaphoïdectomie proximale associée à une interposition :	92
2.2. Scaphoïdectomie proximale associée à une arthrodèse	
scaphocapitale :.....	94
3. Traitement de la pseudarthrose sur poignet arthrosique :.....	94
II. ANALYSE DES RESULTATS	99
A. Sociodémographique	99
1. Age :	99
2. Sexe :.....	99
B. Données cliniques :	100
1. Les signes fonctionnels :.....	100
2. Le coté atteint :	100
C. Délai Entre le Traumatisme Et la Consultation :	101
D. Traitement initial.....	101
E. Données d'imageries.....	102
1. Radiographie standard.....	102
a. Siège du foyer de fracture	102
b. Type de pseudarthrose :.....	103
2. Scanner /IRM.....	104

F. Traitement	105
1. Anesthésie :.....	105
2. Voie d'abord :.....	105
3. Greffe corticospongieuse :.....	105
4. Type d'ostéosynthèse :	106
G. Résultats :.....	107
1. Consolidation :.....	107
2. Complications :	108
3. Résultats fonctionnels :.....	109
CONCLUSION	110
RÉSUMÉS	112
BIBLIOGRAPHIE	119

INTRODUCTION

Les fractures du scaphoïde carpien représentent 70 à 80 % des traumatismes du carpe. Dans l'ordre de fréquence, la fracture du scaphoïde vient tout de suite après la fracture de l'extrémité inférieure du radius. [1]

Entre 5 et 10% d'entre elles ne se consolident pas de manière définitive et évoluent ainsi vers la pseudarthrose. [2]

Les pseudarthroses du scaphoïde non traitées évoluent vers une plicature du scaphoïde avec collapsus du carpe et à long terme, vers une arthrose dégénérative du poignet de type « Scaphoid Non-union Advanced Collapse » (SNAC). [4][5]

Les méthodes thérapeutiques de la pseudarthrose du scaphoïde carpien sont nombreuses et variées, mais le choix thérapeutique suscite encore des débats. Le traitement est en fonction du stade de la prise en charge de la pseudarthrose. Dans ce cadre ; la technique de MATTI-RUSSE est toujours considérée comme la méthode thérapeutique de choix et a donné de bons résultats. Néanmoins, le taux d'échec varie entre 15 et 20 % dans toutes les séries publiées. [6]

Notre travail présente les résultats d'une série rétrospective de 21 cas de pseudarthroses du scaphoïde carpien, traitées chirurgicalement par greffon cortico-spongieuse non vascularisé de Matti-Russe, pris en charge au sein du service de chirurgie traumatologique de l'hôpital militaire Moulay Ismail de MEKNES (HMMI de MEKNES) sur une période de 7 ans entre juin 2010 et aout 2016. L'intérêt de notre étude est d'évaluer les résultats de cette série et les comparer aux données de la littérature.

Nous discuterons le profil épidémiologique et radio-clinique de la pseudarthrose du scaphoïde carpien ainsi que les modalités du traitement chirurgical, en mettant en avant l'intérêt de la technique de MATTI-RUSSE.

HISTORIQUE

La pseudarthrose du scaphoïde, jusqu'au siècle dernier, n'était qu'une curiosité de dissection. Les anatomistes ont longtemps cru à une malformation et le débat sur l'existence de scaphoïdes bipartites, périodiquement relancé par des découvertes des pseudarthroses bilatérales, ne semble que récemment clos. [7]

C'est à la découverte des rayons X par Roentgen en 1895, qu'a commencé la véritable histoire de la pseudarthrose du scaphoïde.

Bryce en 1896, a été le premier à publier une étude radiographique du poignet. Par la suite, on assiste à une véritable explosion de travaux, dominés par le rapport de Jeanne et Mouchet, au 28ème congrès de chirurgie en 1919 et surtout le remarquable ouvrage de Destot en 1923 : « Traumatismes du poignet et Rayon X » ; où l'auteur présente une version de la cinétique carpienne.

De nombreux auteurs ont ensuite participé à l'étude de la pseudarthrose du scaphoïde et surtout à l'évolution de son traitement :

- Watson-Jones, à partir de 1925, préconise le traitement orthopédique alors que Boehler en 1935 découvre que l'immobilisation plâtrée fait généralement consolider les fractures mais pas les pseudarthroses.
- Adams et Leonard, en 1928, sont les premiers à publier une greffe osseuse, sans enthousiasme.
- MATTI en 1936 a proposé en utilisant une voie d'abord dorsale, la résection du tissu pseudarthrosique et le remplissage de la cavité résiduelle, par de l'os spongieux non vascularisé provenant du grand trochanter. [8]
- Mc Laughin, en 1954, a recommandé le vissage.

C'est surtout Trojan et Mourgues qui ont recensé toutes les informations disponibles à ce sujet en 1957. Cette publication reste la principale référence française concernant l'histoire de la pseudarthrose du scaphoïde. [9]

Ensuite, c'est l'apparition des techniques modernes avec RUSSE en 1964 qui modifia la technique mise en place par Matti en 1936 et Verdan en 1968 qui codifie la greffe osseuse cortico-spongieuse qui reste une des meilleures armes de l'arsenal chirurgical moderne. [10]

Plusieurs moyens d'ostéosynthèse ont vu le jour. Certains assurent une synthèse rigide : le vissage de distal à proximal et de proximal à distal par la vis d'Herbert. [11]

A propos de l'histoire naturelle de la pseudarthrose du scaphoïde carpien, divers éléments ont été mis en évidence concernant en particulier l'évolution de la lésion elle-même qu'on peut classer en plusieurs stades, mais surtout son retentissement sur la stabilité du carpe et son caractère arthrogène.

Sur le plan thérapeutique, de très nombreuses solutions ont été proposées : de l'abstention à l'arthrodèse du poignet. [12]

MATERIELS

ET METHODES

I. MATERIELS D'ETUDES

Notre travail présente les résultats d'une série rétrospective de 21 cas de pseudarthroses du scaphoïde carpien, traitées chirurgicalement par greffon cortico-spongieuse non vascularisé de Matti-Russe, pris en charge au sein du service de chirurgie traumatologique de l'hôpital militaire MOULAY ISMAIL de MEKNES sur une période de 7 ans entre JUIN 2010 et AOUT 2016.

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

L'objectif ainsi de l'étude est d'évaluer rétrospectivement les résultats cliniques et radiologiques du traitement des pseudarthroses du scaphoïde carpien par greffe cortico spongieuse non vascularisé de Matti-Russe stabilisée par brochage et les comparer aux données de la littérature.

II. METHODES D'ETUDES

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

Ø Les critères d'inclusion sont :

§ Les patients avec une pseudarthrose du scaphoïde carpien stade IIA et IIB d'Alnot.

Ø Les critères d'exclusion :

§ Les autres stades de pseudarthrose du scaphoïde carpien.

§ Les lésions associées telles les luxations périlunaires.

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

III. FICHE D'EXPLOITATION

N° dossier :

Tel :

Ø Données concernant le patient :

§ Nom et prénom :

§ Age :

§ Statut fonctionnel : Autonome Dépendant

§ Côté dominant : Droit Gauche

§ Antécédent personnel de fracture de scaphoïde :

- Poignet atteint : droit gauche
- Mécanisme : AVP Accident de sport Chute Accident de travail Autre :
- Energie traumatisme : Faible Moyenne Haute
- Date de la lésion initiale :
- Date de diagnostic de la pseudarthrose :
- Délai entre traumatisme initial et consultation :
- Lésions associées :
- Circonstances révélant la pseudarthrose :

Traumatisme + radio douleur limitation de la mobilité du poignet .

- Classification de Schernberg des fractures du scaphoïde :
 - Type I : polaire supérieure
 - Type II : Corporéale haute
 - Type III : Corporéale basse
 - Type IV : trans-tubérositaire
 - Type V : Du pied
 - Type VI : Tubercule distal
- Traitement initial :
 - Passée inaperçue (entorse du poignet) :
 - Jbira :
 - Traitement orthopédique :

- Autre :

Ø Clinique :

- Motif de consultation :
 - Douleur :

Siège : Tabatière anatomique Tubercule du scaphoïde
Type : Permanente à l'effort

- Gène fonctionnelle :

- Examen du poignet :

- Douleur à la palpation (à la pression) :

- Limitation des mouvements :

- La mobilité bilatérale par mesure de l'amplitude articulaire :

- > Flexion : >Extension : > Pronation :
- >Supination : >Inclinaison radiale : > Inclinaison cubitale :

Ø Radiologie :

Radiologie standard :

- Schneck 1 (main à plat inclinaison ulnaire forcée)

- Schneck 2 (position de l'écriture)

- Classification d'Herbert :

- Type D1 : pseudarthrose serrée avec fibrose inter fragmentaire.
- Type D2 : pseudarthrose lâche sans déformation osseuse.
- Type D3 : pseudarthrose lâche avec déformation osseuse.
- Type D4 : nécrose du pole proximal.

- Classification d'Alnot :

- Stade I :
- Stade II : Stade IIA : Stade IIB :
- Stade III : Stade IIIA : Stade IIIB :
- Stade IV :

- Classification SNAC (scaphoïde non union acute collapse) :

- SNAC I : Arthrose stylo-scaphoïdienne soit le stade IIB d'Alnot.
- SNAC II : Arthrose scapho-capitale soit le stade IIIA d'Alnot.
- SNAC III : Arthrose luno-capitale soit le stade IIIB d'Alnot.

TDM du poignet :

Arthro-TDM :

IRM du poignet :

- Ø Traitement :
- L'anesthésie : Générale : Locorégionale :
- Voie d'abord : Antérieure : Postérieure : Combinée : Arthroscopie :
- Type de greffe :
- Autologue :
 - Non vascularisé :
- Matti- Russe par : greffe iliaque : greffe radiale :
- FISK :
- Vissage et greffe cortico spongieuse polaire proximale :
 - Vascularisé :
 - Kuhlmann :
 - Zaidenberg :
 - Allogreffe :
 - Autres :
- Ostéosynthèse :
 - Broche :
 - Vis :
 - Aucune :
- L'immobilisation post – opératoire : Plâtre : Attelle :
- Durée d'immobilisation :
- Ablation de matériel d'ostéosynthèse à : mois
- Rééducation :
 - § Débuté à : J

 - § Type de rééducation :
- Consolidation : oui non
- Ø Résultats post opératoires :
 - Complications :
- L'algoneurodystrophie : - La raideur du poignet : - L'arthrose :
- L'infection : - Problème de cicatrisation : - Le non consolidation :
- Rupture du matériel d'ostéosynthèse :
- La persistance d'une diminution majeure de la force :
- Autres :
 - Résultat fonctionnel :
- Douleur :
- Force motrice/côté sain :
- Pinch test :
- Jamar test :

- Mobilité / côté opposé :

➤ Flexion / Extension :

➤ Inclinaison radiale / Inclinaison cubitale :

➤ Pronation / Supination

- Score de Michon :

Date d'examen :

Côté atteint :

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

- Score de la Mayo Wrist :

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

- Score de Quick Dash :

Quick DASH						
Veuillez évaluer vos possibilités d'effectuer les activités suivantes au cours des 7 derniers jours en entourant le chiffre placé sous la réponse appropriée						
	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible	
1.	Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
2.	Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)	1	2	3	4	5
3.	Porter des sacs de provisions ou une mallette	1	2	3	4	5
4.	Se laver le dos	1	2	3	4	5
5.	Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
6.	Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule du bras ou de la main. (bricolage, tennis, golf, etc..)	1	2	3	4	5
	Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Extrêmement	
7.	Pendant les 7 derniers jours, à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5

	Pas du tout limité	Légèrement limité	Moyennement limité	Très limité	Incapable
8. Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main?	1	2	3	4	5

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

	Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
9. Douleur de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
10. Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5

	Pas du tout perturbé	Un peu perturbé	Moyennement perturbé	Très perturbé	Tellement perturbé que je ne peux pas dormir
11. Pendant les 7 derniers jours, votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5

Le score *QuickDASH* n'est pas valable s'il y a plus d'une réponse manquante.

Calcul du score du *QuickDASH* = ([somme des n réponses] - 1) X 25, où n est égal au nombre de réponses.

RESULTATS

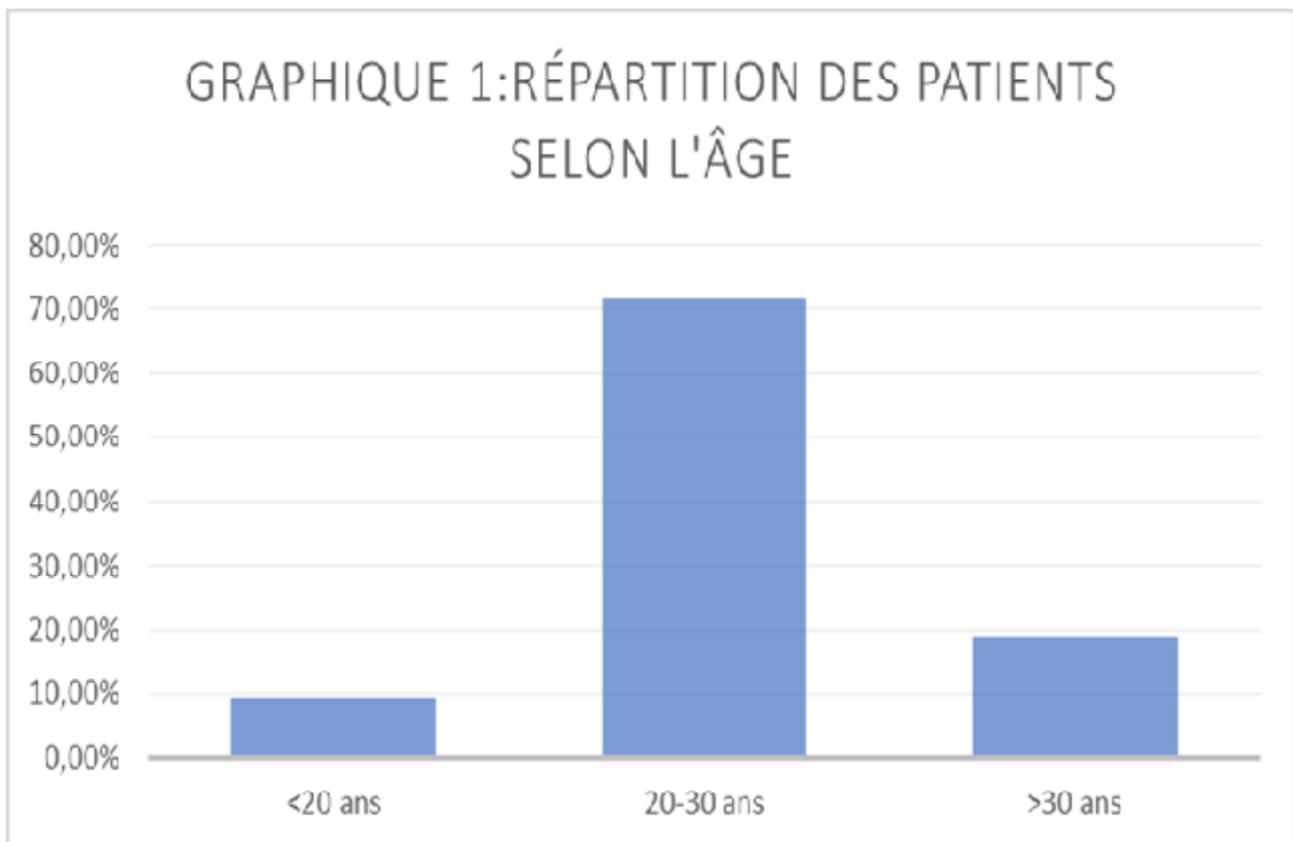
I. Etude épidémiologique :

1. sexe :

Dans notre série, tous nos 21 patients sont de sexe masculin, la prédominance masculine est donc très nette.

2. Age :

L'âge moyen de nos patients a été de 27 ans, avec des extrêmes de 19 ans et 52 ans. (Graphique 1)



II. Etude clinique :

1. L'anamnèse de la fracture de scaphoïde :

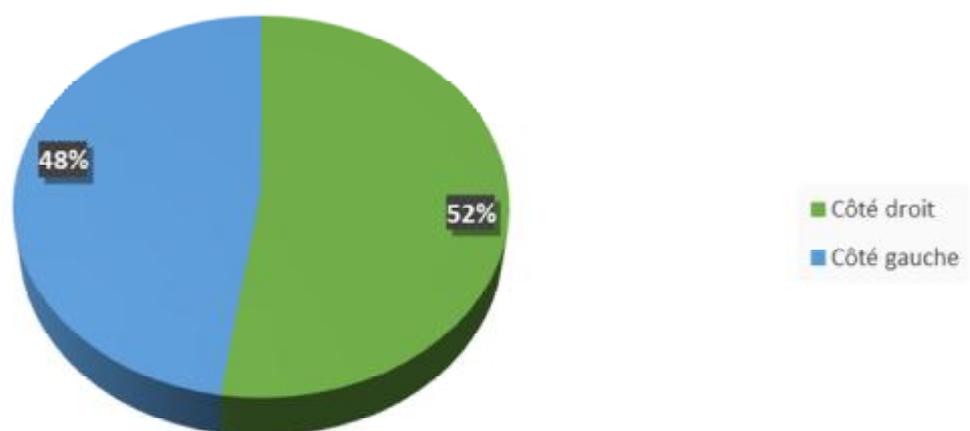
1.1. Côté Atteint :

Le côté droit a été atteint dans 11 cas, soit 52% des cas. Et le côté gauche dans 10 cas, Soit 48%. (Tableau 1) (graphique 2)

Tableau1 : répartition des patients selon le côté atteint

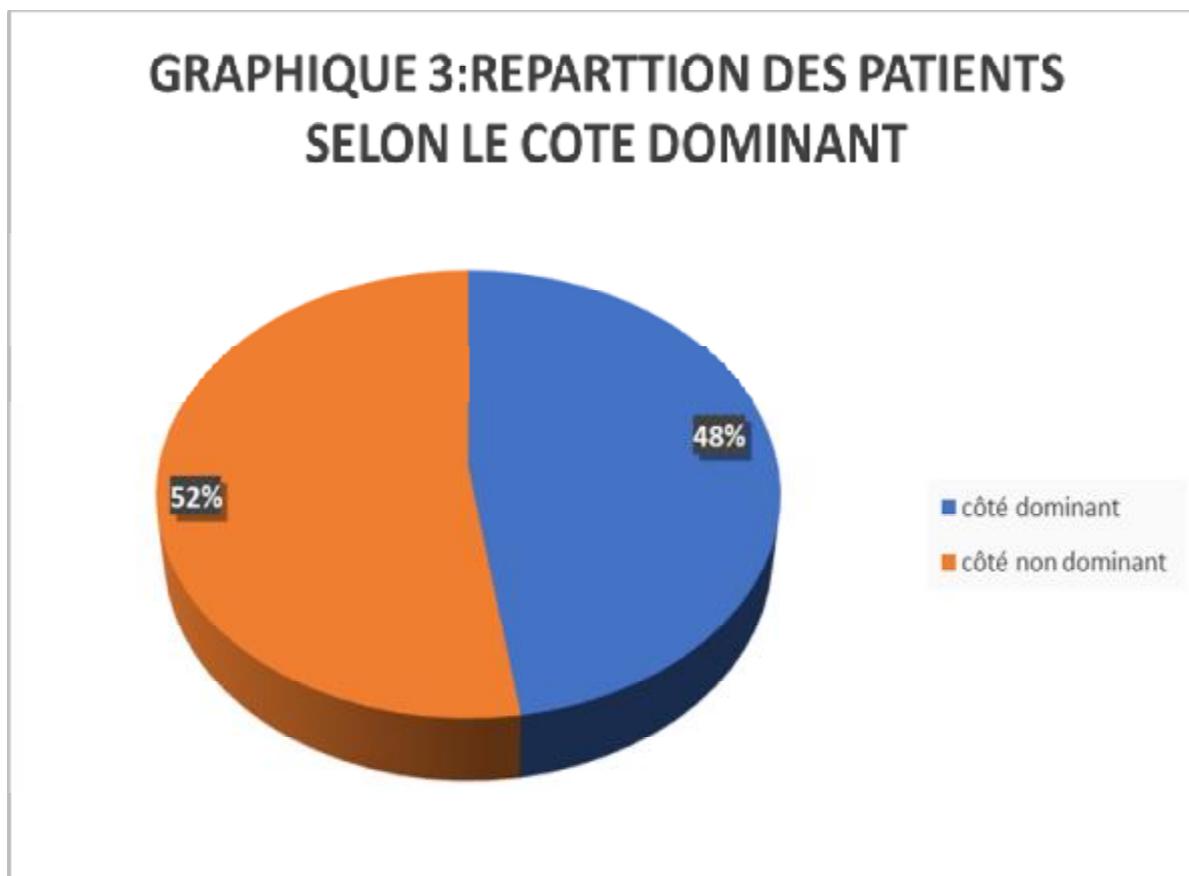
Côté atteint	Nombre de cas	Pourcentage
Côté droit	11	52%
Côté gauche	10	48%
Les deux côtés	0	0%

GRAPHIQUE 2: RÉPARTITION DES PATIENTS SELON LE CÔTÉ ATTEINT



Le côté dominant a été touché dans 10 cas, ce qui représente 48 %.

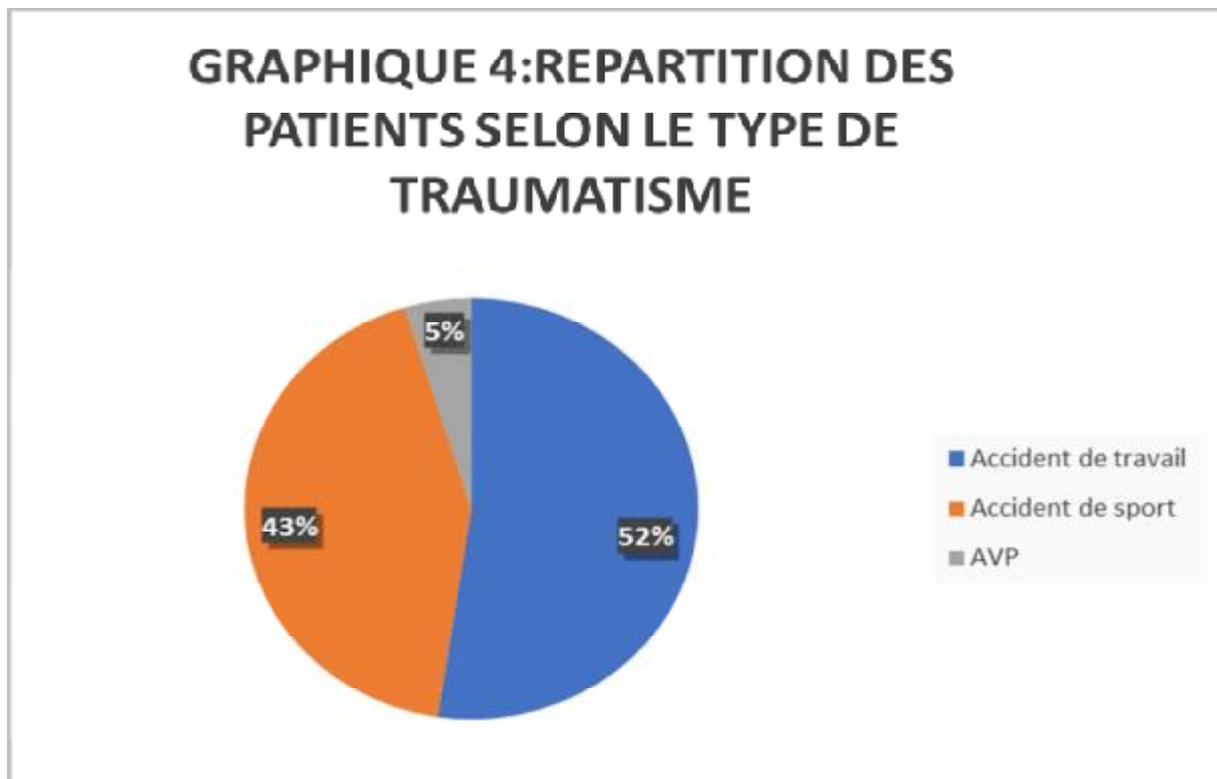
(Graphique3)



1.2. Type de traumatisme :

Dans cette étude, on a noté la haute fréquence des accidents de travail, suivie des accidents de sport, et on a trouvé en troisième position les accidents de la voie publique.

- Accident de travail : 11cas, soit 52%.
- Accident de sport : 9 cas, soit 43%.
- AVP : 1 cas, soit 5%. (Graphique 4)



Concernant les lésions associées, on a trouvé :

- Un cas de fracture de la clavicule. (Fig.1)



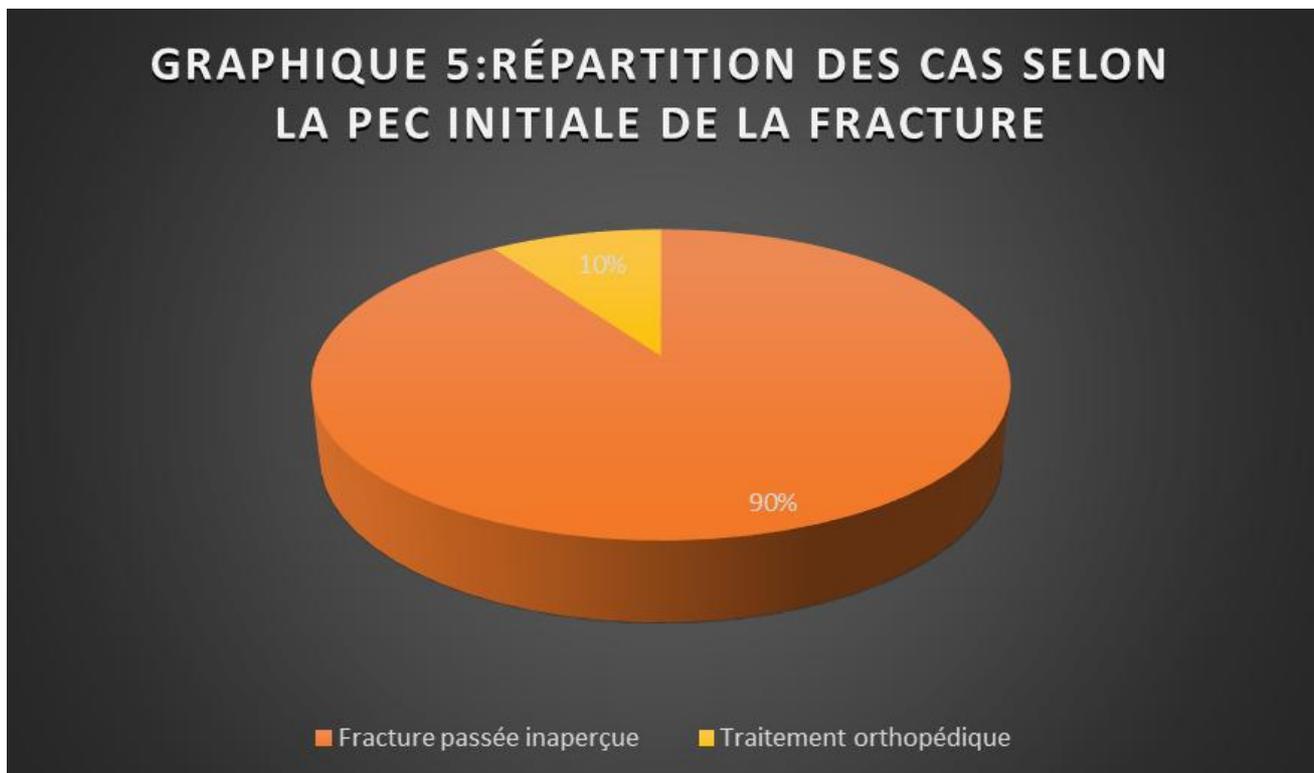
Fig.1 : radiographie thoracique face montrant le traitement chirurgical de la clavicule gauche par plaque

1.3. Délai entre le traumatisme et la consultation :

La durée moyenne entre le traumatisme initial et la première consultation, a été de 16 mois avec des extrêmes entre 1 ans et 3 ans.

1.4. Prise en charge initiale de la fracture : (graphique 5)

- Fracture passée inaperçue dans : 19 cas (soit 90%).
- Traitement traditionnel : 0 cas (soit 0%).
- Traitement orthopédique : 2 cas (soit 10%).
- Traitement chirurgical : 0 cas (soit 0%).



2. Données cliniques :

2.1. Signes fonctionnels :

La douleur à l'effort siégeant préférentiellement au niveau de la tabatière anatomique, a été le maître symptôme, constituant le principal motif de consultation dans notre série (100%).

2.2. L'examen clinique :

On trouve une douleur à la palpation du bord externe du poignet atteint chez tous nos patients, et en particulier, lors de la palpation de la tabatière anatomique. Par ailleurs, 4 patients sur 21 accusent une limitation de la mobilité du poignet, soit 19%.

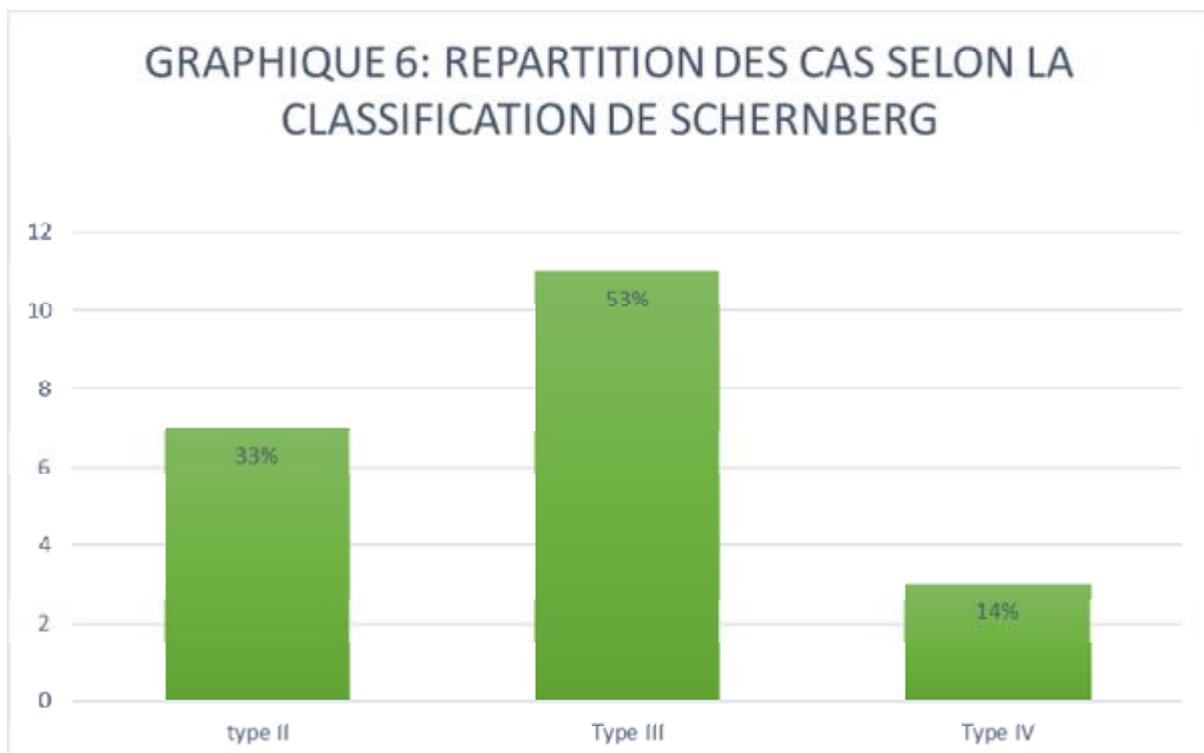
III. Bilan radiologique

1. Radiographie standard :

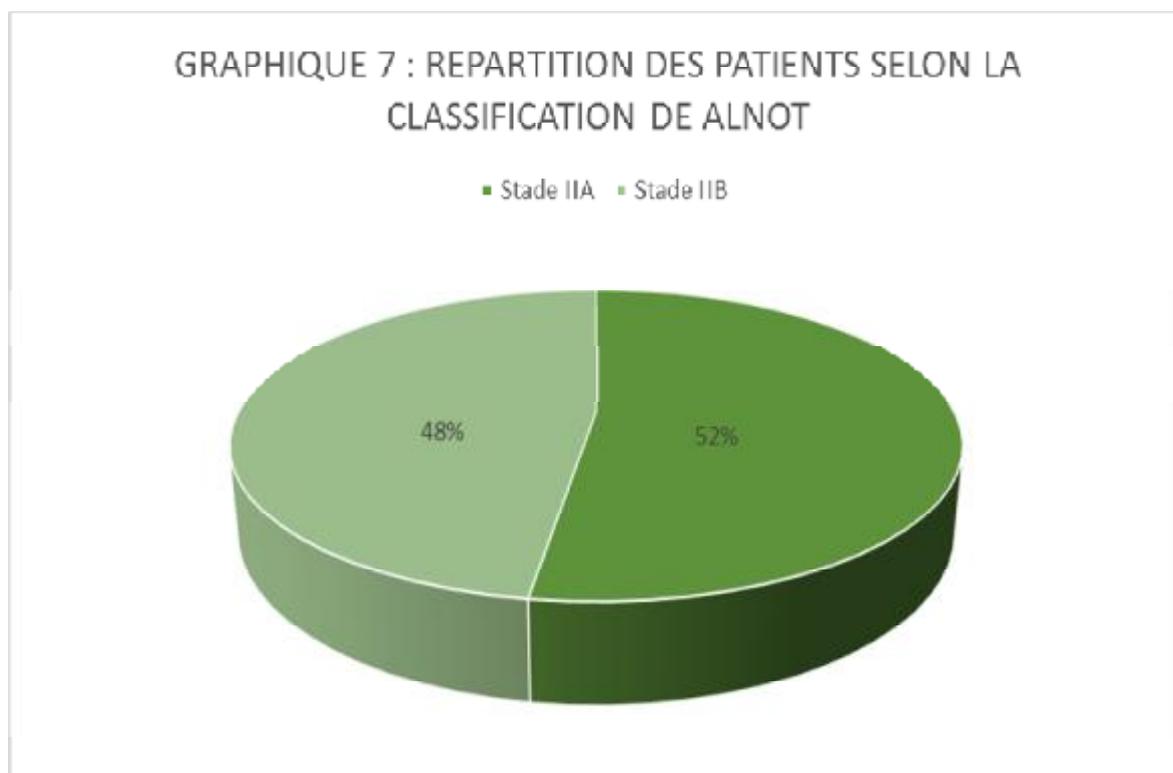
La radiographie conventionnelle a été le premier examen réalisé, permettant de confirmer la pseudarthrose.

La fracture du scaphoïde carpien dans notre série selon la classification de Schernberg (Graphique 6) :

- Ø Type I :0 cas, soit 0%.
- Ø Type II :7 cas, soit 33 %.
- Ø Type III :11 cas soit 53 %.
- Ø Type IV :3 cas, soit 14 %.
- Ø Type V :0 cas, soit 0 %.
- Ø Type VI :0 cas, soit 0 %.



La stadification de la Pseudarthrose selon la classification de ALNOT (graphique 7) :



- 11 cas soit 52% type IIA. (Fig.2)



Fig.2 : Radiographie standard du poignet droit : face et profil montrant une pseudarthrose du scaphoïde stade IIA. Photo du service de traumatologie-orthopédie de l'HMMI de MEKNES.

- 10 cas soit 48% type IIB. (Fig.3)

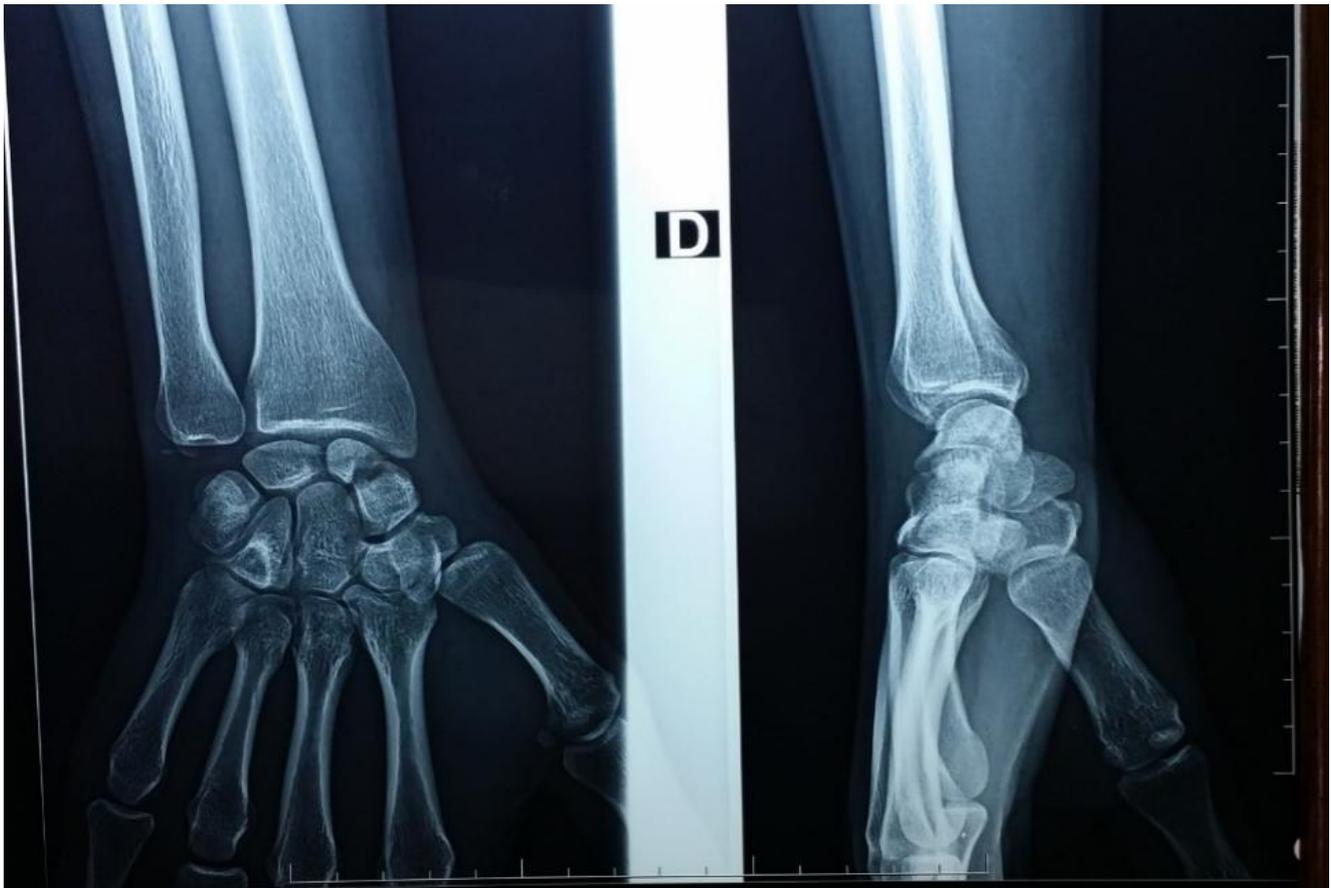


Fig.3 : Radiographie standard du poignet droit : face et profil, d'un malade de 22 ans montrant une pseudarthrose du scaphoïde stade IIB. Secondaire à une fracture stade III du Schernberg. Photo du service de traumatologie-orthopédie de l'HMMI de MEKNES.

2.TDM/IRM :

Dans notre série, un patient a bénéficié d'une TDM de poignet. Par contre, aucun patient n'a bénéficié d'une IRM de poignet. (Fig.4)



Fig.4 : Images scanographiques du carpe montrant une pseudarthrose du scaphoïde

Stade IIB : Photo du service de traumatologie-orthopédie de l'HMMI de MEKNES,

a b : coupes sagittales, c : Coupe frontale, d : coupe axiale.

IV. Traitement :

1. Technique opératoire :

A. Technique opératoire :

Dans notre série, tous les cas de pseudarthrose du scaphoïde ont bénéficié d'un traitement chirurgical. Il s'agissait de l'intervention de Matti-Russe avec greffon à partir de la crête iliaque et fixation par brochage.

1.1. Installation :

Malade en décubitus dorsal, membre atteint sur une tablette.

1.2. Anesthésie (tableau 2) :

Dans notre série, une anesthésie générale a été réalisée chez tous nos patients, soit 100%.

Tableau 2 : Anesthésie réalisé chez nos patients.

	Nombre	Pourcentage
Anesthésie générale	21	100%
Anesthésie locorégionale	0	0%

1.3. Voie d'abord :

La voie d'abord chirurgicale est exclusivement antérieure chez tous nos patients (la voie d'abord de la quasi-totalité des études). Aucun abord postérieur n'a été préconisé. (Fig.5)

1.4. Greffe cortico-spongieuse.

Le greffon est prélevé à partir de la crête iliaque homolatérale chez tous les patients (21 cas). (Fig.5)

1.5. Technique chirurgicale de greffe osseuse et d'ostéosynthèse :

Le scaphoïde est exposé par une voie d'abord antérieure. Les deux berges de pseudarthrose sont avivées. On pratique un évidement des deux fragments, un comblement par de l'os spongieux iliaque et un pontage du foyer par un greffon cortico-spongieux encastre selon la technique de Matti-Russe.

L'appréciation de la perte de substance osseuse se fait par le manœuvre de LINSCHIED, qui consiste à fixer le semi-lunaire par une broche de Kirschner au radius, le poignet étant en position de légère flexion pour mettre le semi-lunaire dans l'axe du radius. Quand on met le poignet en extension de 35°, apparait la perte de substance osseuse à greffer pour redonner au scaphoïde sa hauteur normale.

La stabilisation se fait par une ostéosynthèse par embrochage, une pince à champs maintient solidement les deux fragments du scaphoïde pour empêcher la rotation, la broche est introduite à partir du tubercule du scaphoïde. (Fig.5)

Ø Dans note série, la stabilité a été obtenue par embrochage chez tous les patients.



Fig.5 : voie antérieure, avec greffe cortico-spongieuse iliaque encastree et synthese par deux broches. Photo du service de traumatologie-orthopedie de l'HMMI de MEKNES.

1.6. Styloïdectomie :

Aucun patient n'a bénéficié d'une styloïdectomie.

1.7. Fermeture de la plaie :

Fermeture soignée de la capsule puis fermeture plan par plan.

V. Période postopératoire

1. Traitement postopératoire :

L'antibioprophylaxie a été utilisée chez tous les patients en postopératoire, L'analgésie postopératoire a été assurée par l'administration d'AINS, et antalgique de premier palier.

2 Immobilisation postopératoire

Elle fait appel à un plâtre anté-brachio-palmaire prenant la métacarpo-phalangienne du pouce, pendant 3 mois.

Dans notre série : immobilisation postopératoire de trois mois dans une manchette prenant la métacarpo-phalangienne du pouce Pratiqués chez tous les patients, soit 100%.

3. Séjour hospitalier :

Le séjour hospitalier moyen est de 2 jours (y compris le séjour pré et postopératoire).

4. Complications :

Dans notre série, nous avons noté un certain nombre de complications :

4.1. Infection postopératoire précoce :

Aucun cas d'infection n'a été noté : ni sur poignet, ni sur le site de prélèvement iliaque.

4.2. Algodystrophie :

Deux patients ont développé le syndrome algodystrophique (soit 9.5%), dont l'évolution était favorable sous traitement médical avec une rééducation bien conduite.

4.3. La non consolidation :

Aucun cas de la non consolidation n'a été noté.

4.4. Migration de broche :

Un cas de migration du matériel d'ostéosynthèse sans déplacement : (Fig.6)



Fig.6 : Radiographie standard du poignet droit : face et profil montrant la migration du matériel d'ostéosynthèse. Photo du service de traumatologie-orthopédie de l'HMMI de MEKNES.

VI. Résultats thérapeutiques : (Figs.7.8.9.10)

1. Recul postopératoire :

Le recul postopératoire moyen est de 46.5 mois, avec des extrêmes de 14 mois et 74 mois. C'est un recul important pour affirmer la consolidation. En effet, certain cas se présentent à 6 mois avec des images très prometteuses de consolidation, mais le contrôle à 1ans peut montrer une pseudarthrose itérative avec résorption quasi complète du greffon.

2. Résultats anatomiques :

Le taux global de consolidation dans notre série est de 100%. Tous nos patients sont traités par une greffe corticospongieuse et ostéosynthèse afin de redonner au scaphoïde sa hauteur initiale.



Fig.7 : Contrôle radioscopique de profil du poignet fixé par deux broches. Photo du service de traumatologie-orthopédie de l'HMMI de MEKNES.



Fig.8 : Contrôle radioscopique de face du poignet fixé par deux broches. Photo du service de traumatologie-orthopédie de l'HMMI de MEKNES.



Fig.9 : Radiographie de profil du poignet fixé par deux broches. Photo du service de traumatologie-orthopédie de l'HMMI de MEKNES.

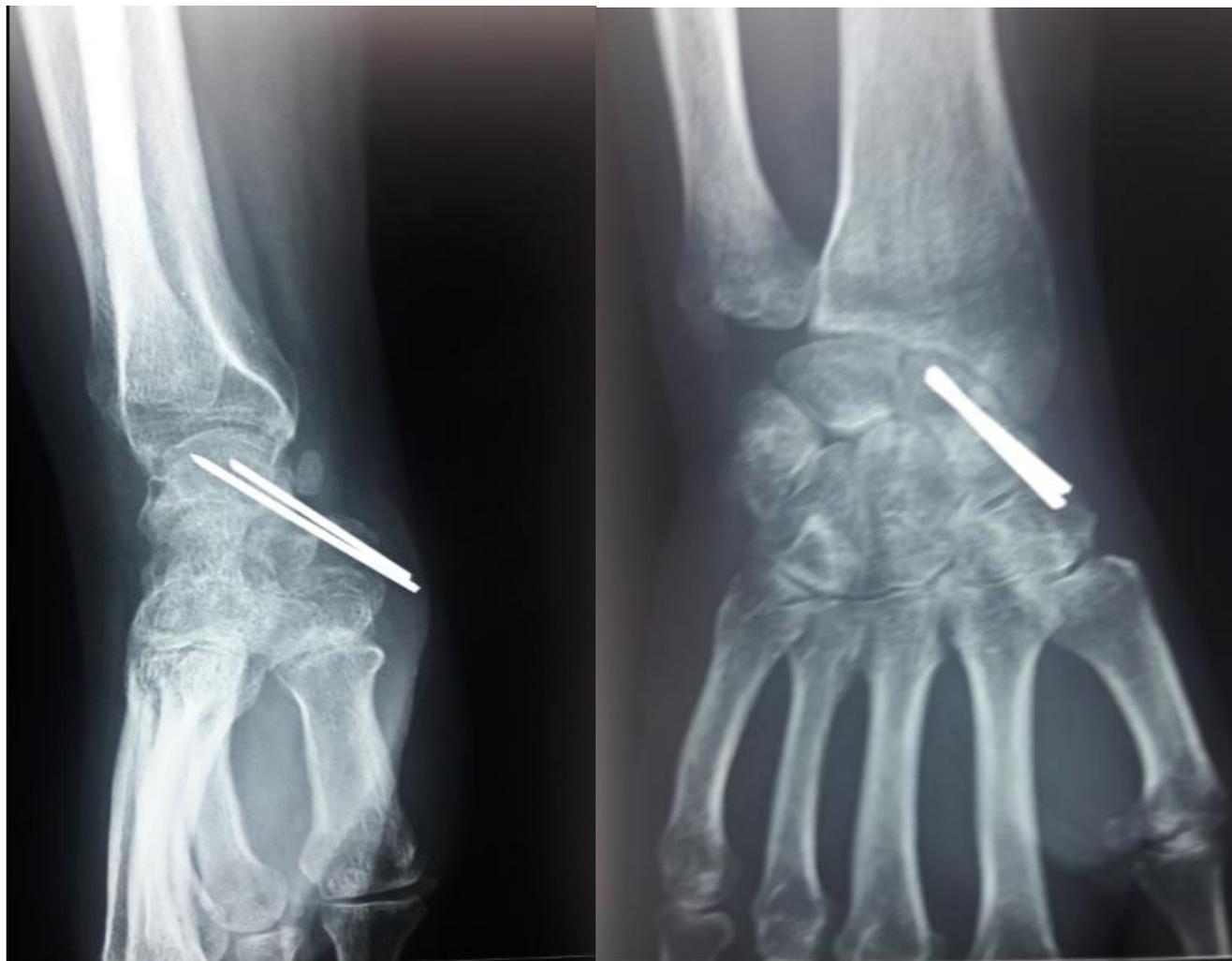


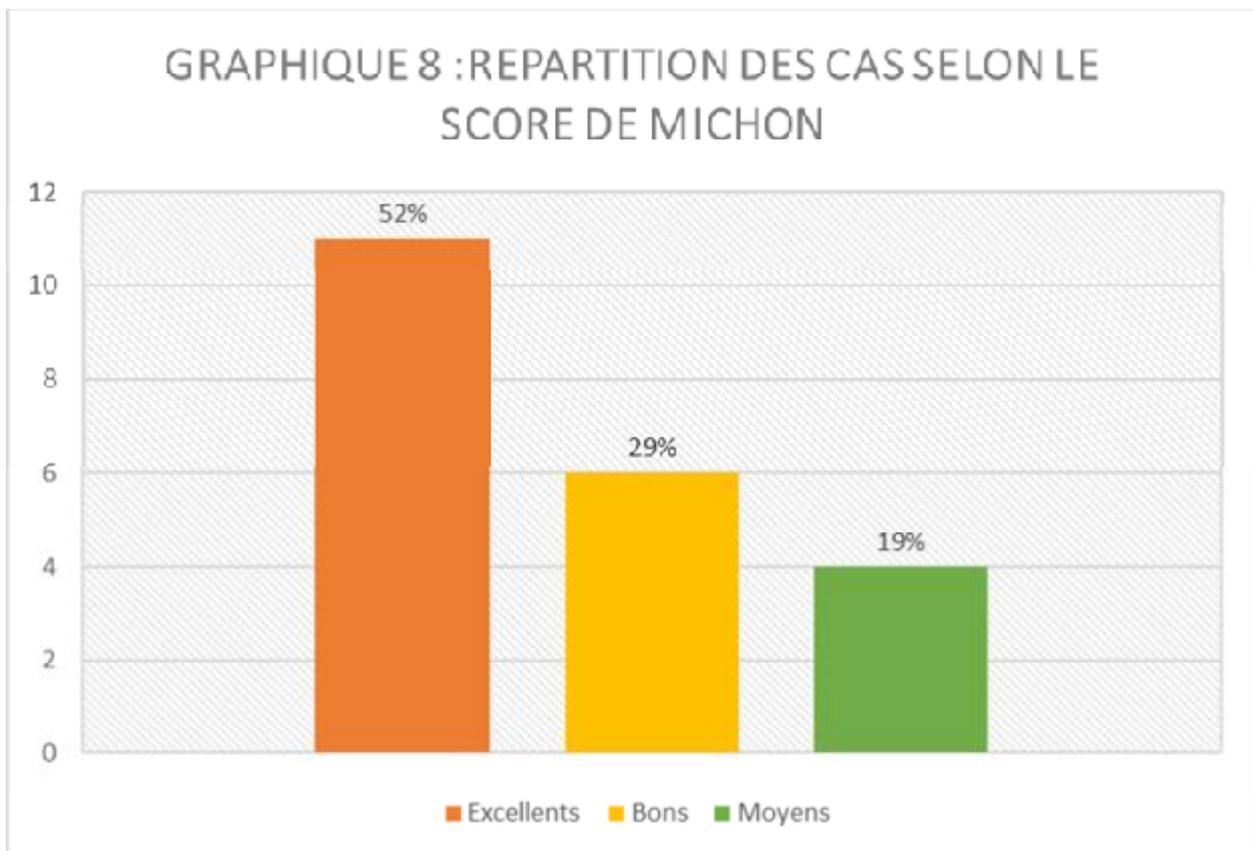
Fig.10 : Radiographie de face et de profil du poignet fixé par deux broches. Photo du service de traumatologie-orthopédie de l'HMMI de MEKNES.

3. Résultats fonctionnels :

a. Score de Michon :

Chez nos patients, les résultats étaient répartis comme suit (graphique 8) :

- Excellents : 11 cas soit 52 %.
- Bons : 6 cas soit 29%.
- Moyens : 4 cas soit 19%.
- Médiocres : 0 cas soit 0%.
- Mauvais : 0 cas soit 0%.

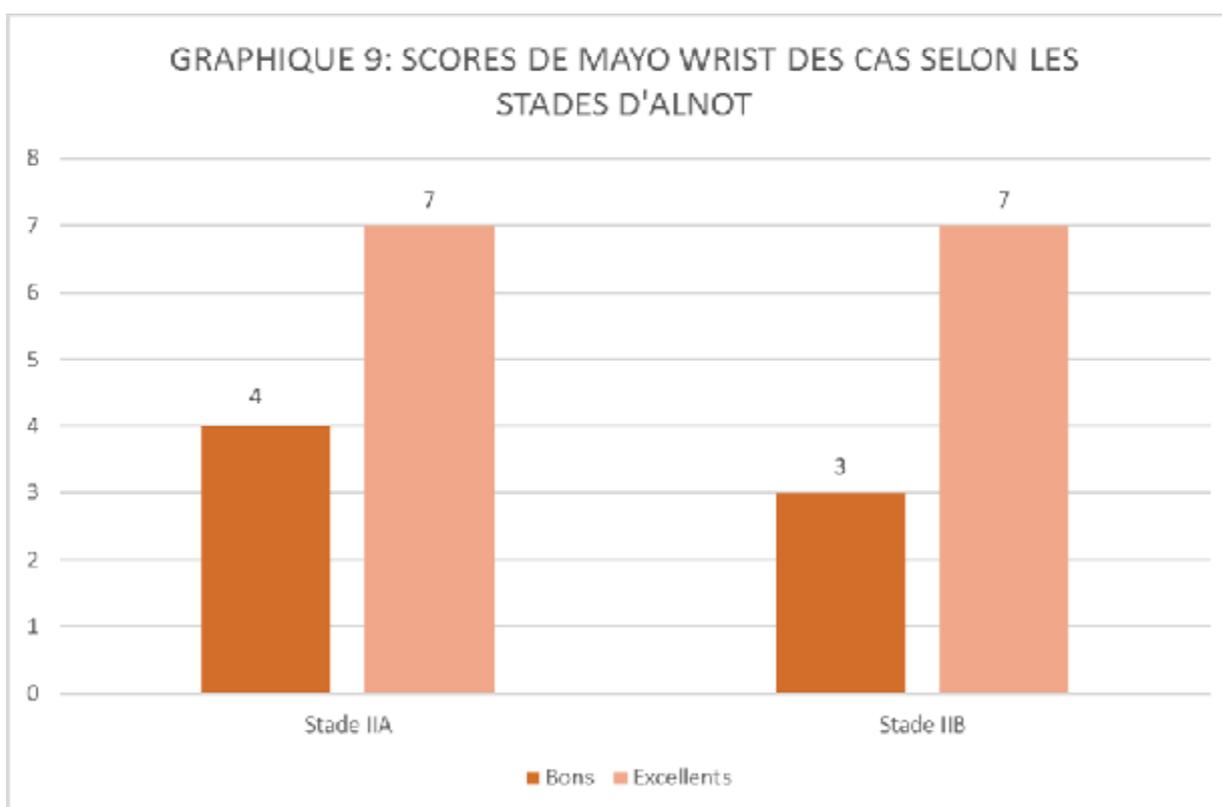


b. Score de Mayo Wrist :

Chez les patients étudiés, les résultats du score d'évaluation Mayo Wrist sont : (Tableau 3) (graphique 9) :

Tableau 3 : Scores de Mayo Wrist de nos patients selon les stades d'Alnot :

	Stade IIA	Stade IIB	Total
Mauvais	0	0	0
Moyens	0	0	0
Bons	4	3	7
Excellents	7	7	14
Total	11	10	21



c. Le score Quick Dash :

Chez les patients étudiés, les résultats du Quick-Dash moyen étaient de 15.25 (extrêmes : 10- 26)

DISCUSSION

I. Rappel :

A- Anatomique :

a. Anatomie des pièces osseuses :

La main est formée de trois parties, le carpe ou poignet, le métacarpe, et les doigts.

Le carpe forme la partie supérieure, le métacarpe la moyenne et les doigts forment la partie l'inférieure.

Le carpe est composé de huit os formant deux rangées l'une au-dessus de l'autre. La supérieure correspond à l'avant-bras est appelée brachiale, l'autre au métacarpe, c'est la métacarpienne. Des quatre os qui forment la première rangée, trois sont dans le même rang ; le quatrième, celui qui est placé du côté interne, ne correspond pas avec eux par sa situation. C'est pourquoi les anatomistes disent qu'il est hors de rang.

Les trois os forment par leur réunion une éminence convexe, et de l'autre une concavité ; l'éminence qui est reçue en partie dans la concavité des deux os de l'avant-bras, s'articule avec les os de la seconde rangée du carpe, lesquels sont aussi au nombre de quatre.

LYSERUS, anatomiste allemand, leur a donné des noms tirés de leur figure.

Le premier est le scaphoïde, le deuxième est le lunaire, le troisième est le triangulaire, quoiqu'il n'ait pas cette figure ; le quatrième est le pisiforme ou l'os hors de rang. (Fig.11)

Le trapèze est le premier os de la seconde rangée, le trapézoïde est le deuxième, le grand os le troisième, l'unciforme le quatrième, ou os crochu, parce qu'il est pourvu d'une éminence en forme d'ongle. [13]

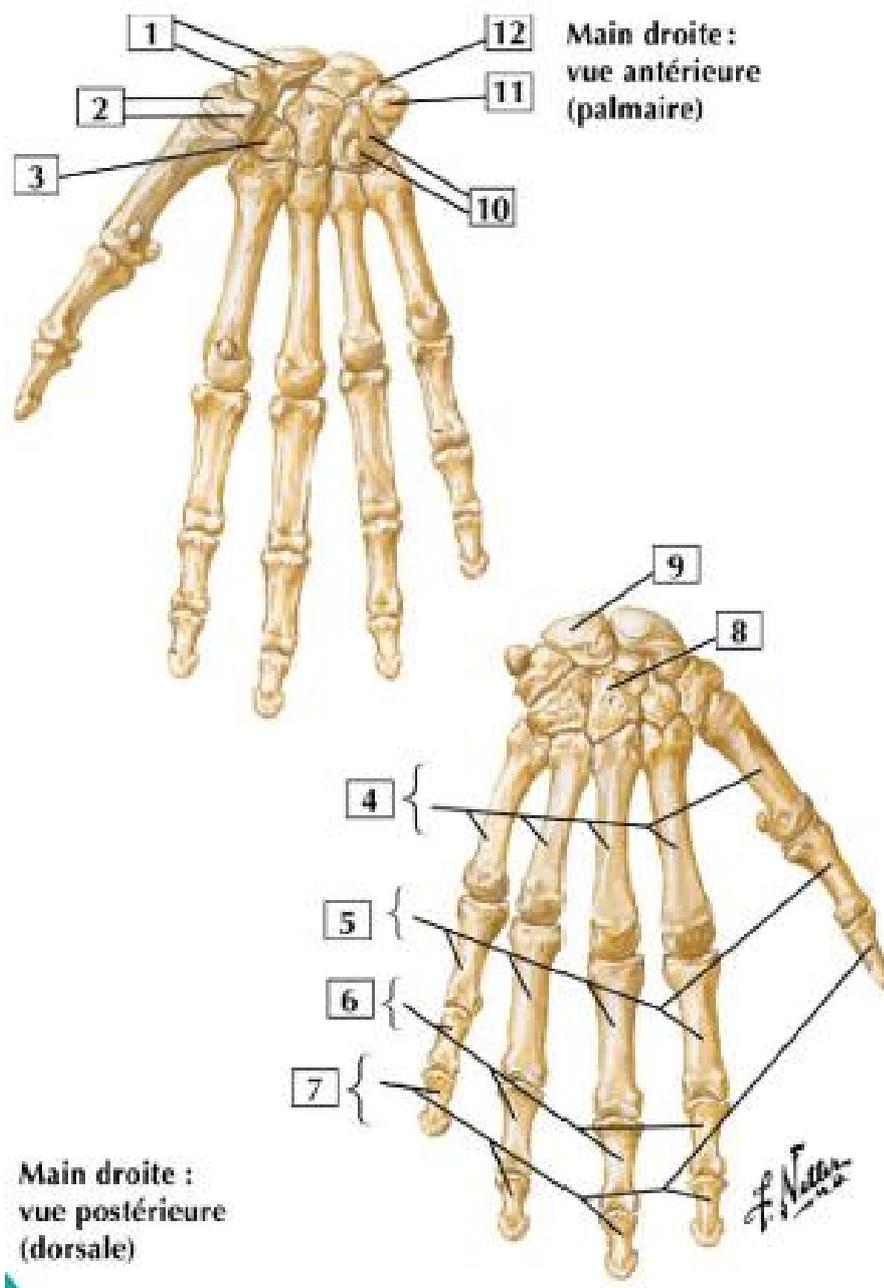


Fig. 11 :1. Scaphoïde .2. Trapèze et son tubercule. 3. Trapézoïde. 4. Os métacarpiens. 5.Phalanges proximales.6. Phalanges moyennes.7. Phalanges distales.8. Capitatum .9. Lunatum .10. Hamatum et hamulus .11. Os pisiforme .12. Os triquetrum. [14]

b. Anatomie descriptive du scaphoïde :

Le scaphoïde peut être assimilé à une petite barque. Il est interposé entre la fosse scaphoïdienne du radius à laquelle il oppose sa surface convexe et le capitatum en dedans auquel répond sa face interne concave.

Il se répartie en trois segments, identifiables à l'examen clinique :

- Le pôle proximal : il réalise une saillie que l'on retrouve à la face dorsale juste en aval du sillon radiocarpien dans l'axe du tubercule de Lister ;
- Le corps : on peut palper la partie dorsale et latérale en aval du cuneus dans la tabatière anatomique où l'on repère l'artère radiale par les pulsations ;
- La tubérosité : on retrouve sa partie antérieure en suivant le trajet du tendon du fléchisseur radial du carpe à l'endroit où il disparaît au niveau du tunnel ostéofibreux.

Quatre-vingts pour cent de sa surface est recouverte de cartilage réparti en cinq surfaces articulaires correspondant respectivement au radius, au lunatum, au capitatum, au trapèze et au trapézoïde. (Fig.12)

Seul le massif tuberculaire distal et la bande dorso-radiale rugueuse située au niveau de la face externe sont extra-articulaires. Ces surfaces correspondent aux attaches Capsulo-ligamentaires et comportent des foramens pour les vaisseaux qui pénètrent l'os à ce niveau. [1]

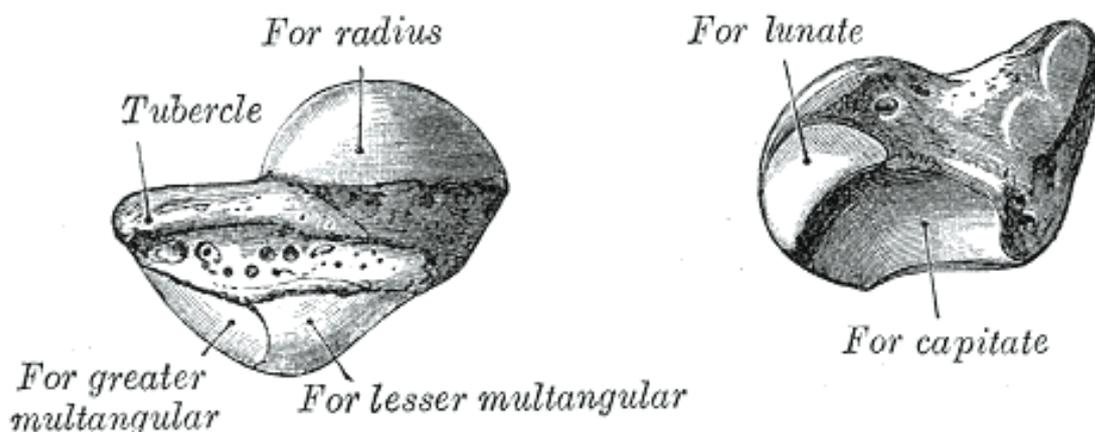


Fig.12 : os scaphoïde [15]

c. Attaches capsulo-ligamentaires : [16]

Les moyens d'union sont : la capsule, le ligament antérieur, le ligament postérieur et les ligaments latéraux.

- La capsule : [17]

Elle est commune aux articulations radio-carpienne et radio-cubitale inférieure. Ses points d'insertion sont :

En haut, sur les bords de l'extrémité inférieure du radius et sur les bords du ligament triangulaire.

En bas, elle se fixe à la limite des surfaces cartilagineuses du condyle carpien. Elle est relativement solide et épaisse en avant, mince et lâche latéralement et en arrière d'où l'origine des kystes synoviaux du poignet.

- Les ligaments du scaphoïde : [18] [19] [3]

Le scaphoïde présente de solides attaches ligamentaires qui le relie aux os de voisinage. Ces ligaments s'insèrent sur toutes les zones non articulaires du scaphoïde.

▼ Ligaments antérieurs :

- Le ligament rayonné de Poirier : il naît du tubercule antérieur du grand os et donne des faisceaux divergents destinés aux os avoisinants du carpe (sauf le semi-lunaire). Il cravate la portion moyenne du scaphoïde et s'appuie sur elle en inclinaison radiale.
- Les ligaments radio-lunaire antérieur et luno-pyramidal amarrent solidement la styloïde radiale à la colonne interne du carpe.
- Le radio-scapho-lunaire antérieur : naît de l'encoche scapho-lunaire du bord marginal antérieur du radius, donne deux faisceaux, l'un se terminant sur la crête mousse qui sépare les facettes radiale et lunarienne du scaphoïde, et l'autre sur la partie supérieure de la fosse criblée de la face externe du semi-lunaire. (Fig.13)

Rétinaculum
des fléchisseurs
enlevé : vue
palmaire

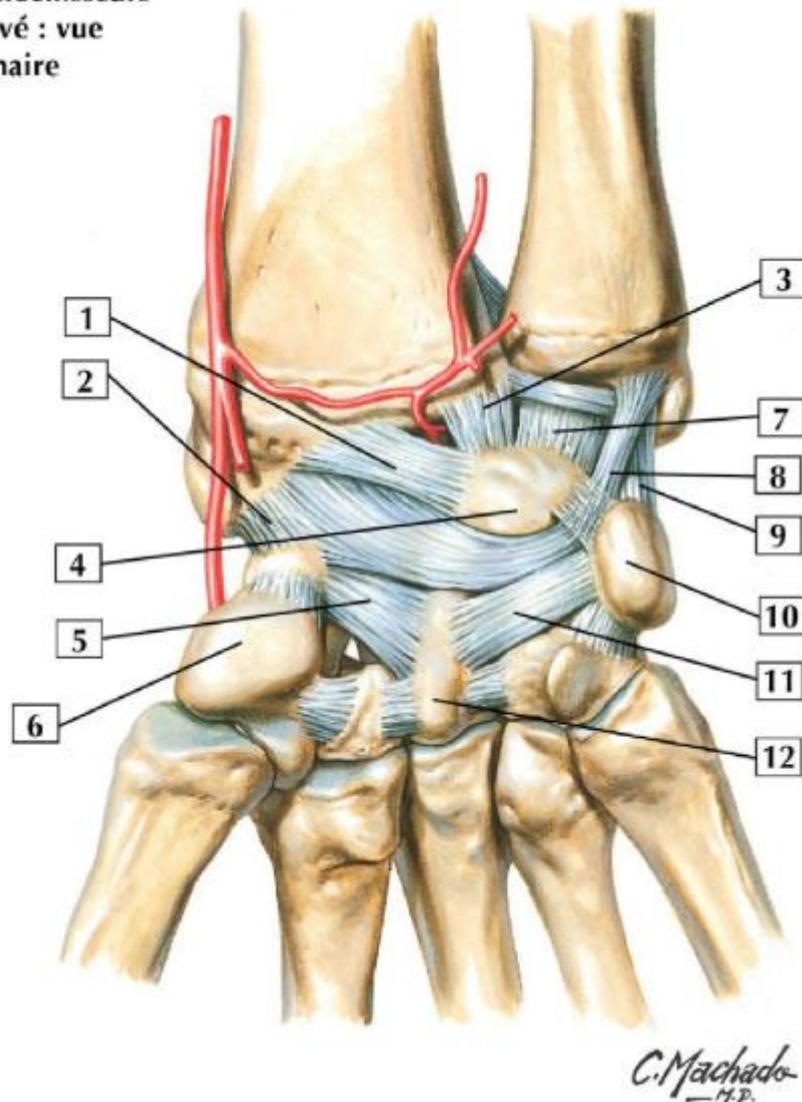


Fig.13 : 1. Long ligament radio-lunaire 2. Ligament radio-scapho-capital 3. Court ligament radio-lunaire 4. Lunatum 5. Ligament scapho-capital 6. Trapèze 7. Ligament ulno-lunaire 8. Ligament ulno-capital 9. Ligament ulno-triquétal 10. Pisiforme 11. Ligament triquétero-capital 12. Capitulatum. [14]

Scapho-lunaire interosseux : ligament intra-articulaire reliant le scaphoïde au semi-lunaire. (Fig.14)

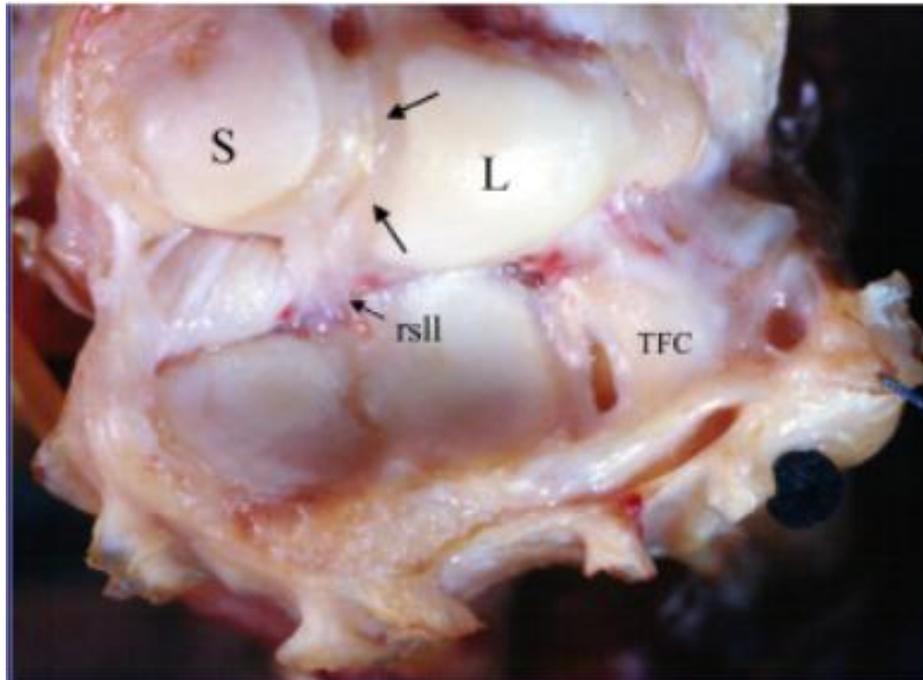


Fig. 14 : Cadavre frais, préparation anatomique de la radio-carpienne : le carpe a été placé en flexion exagérée pour montrer les ligaments radio-carpiens palmaires et la portion strictement articulaire -partie intermédiaire - du ligament interosseux scapho-lunaire (flèches noires). Le ligament radio-scapho-lunaire (rsll) recouvre la partie antérieure du ligament interosseux. S, scaphoïde ; L, semilunaire ; TFC, cartilage triangulaire. [20]

▼ Ligaments postérieurs :

- Le ligament radio-scaphoïdien postérieur : naît sur le bord postérieur de la styloïde radiale et descend verticalement pour se fixer sur la face postérieure du scaphoïde.
- Le ligament scapho-pyramidal, ou ligament inter-carpien : tendu transversalement depuis la face dorsale du pyramidal jusqu'au scaphoïde d'une part, et jusqu'aux trapèze et trapézoïde d'autre part. (fig. 15)

▼ Ligaments latéraux :

Un ligament partant du scaphoïde à la face postéro-externe du trapèze et un autre court et épais s'insérant en haut sur la styloïde radiale et descendant verticalement pour se fixer sur la face externe et sur le tubercule du scaphoïde.

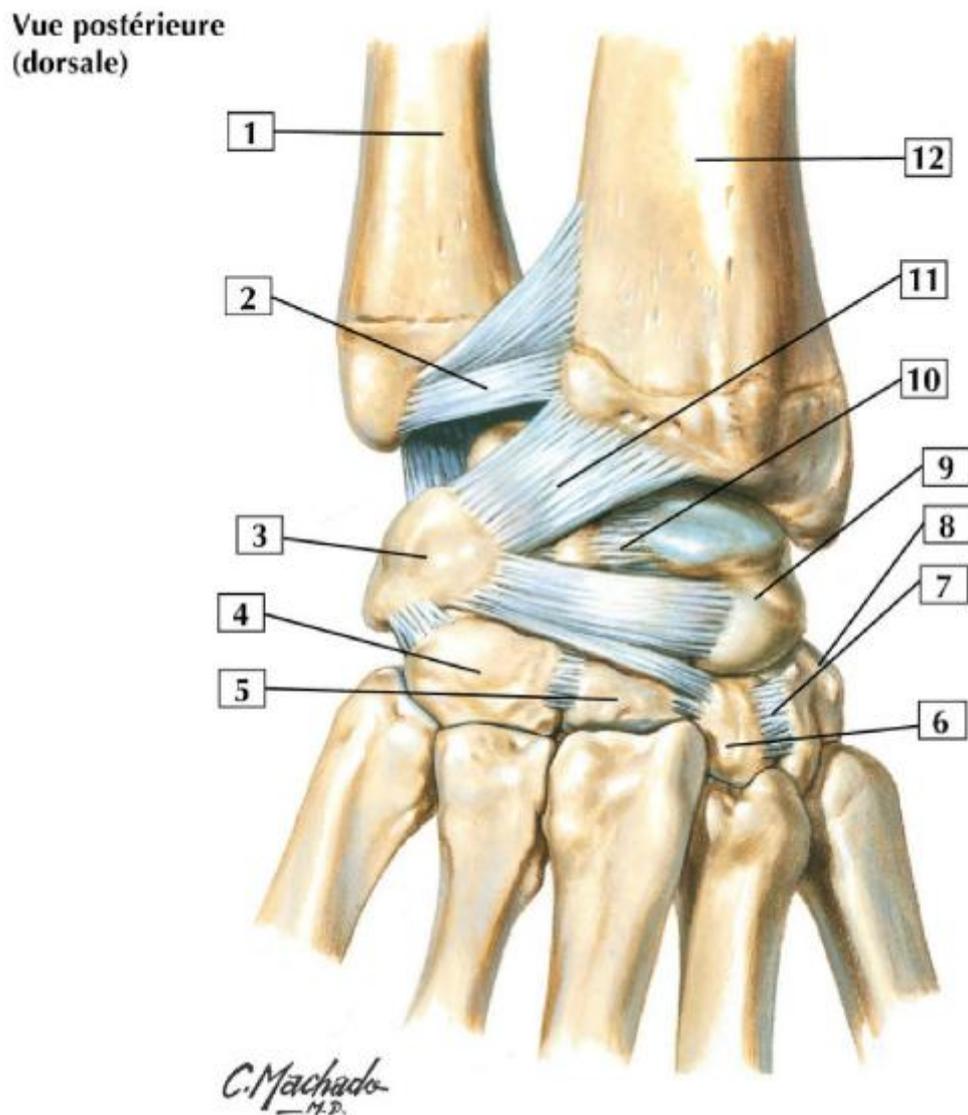


Fig. 15 : 1. ulna 2. Ligament radio-ulnaire dorsal 3. Triquétrum 4. Hamatum
5. Capitatum 6. Trapézoïde 7. Ligament trapézo- trapézoïde 8. Trapèze
9. Scaphoïde 10. Ligament scapho-lunaire 11. Ligament radio-carpien dorsal
12. Radius. [14]

d. Vascularisation : [118]

1. Vascularisation du radius distal :

Suite aux travaux de Sheetz et al, de nombreux greffons osseux vascularisés ont été décrits grâce à une meilleure connaissance de la vascularisation artérielle de la partie distale du membre supérieur. On retrouve quatre artères principales : les artères radiale, ulnaire, interosseuse antérieure et postérieure qui sont anastomosées au niveau du carpe par des arcades.

1.1. Réseau carpien palmaire :

Il est alimenté par :

- Le rameau carpien palmaire de l'artère radiale, qui chemine au bord distal du muscle carré pronateur, et sur lequel est levé le greffon pédiculé décrit par Kuhlmann et al ;
- Le rameau carpien palmaire de l'artère ulnaire ;
- Le rameau palmaire de l'artère interosseuse antérieure.

Ce réseau peut être remplacé par une artère transversale joignant l'artère ulnaire à l'artère radiale au bord inférieur du carré pronateur, dénommée alors arcade transverse antérieure du carpe.

Remarquons que ce réseau, bien que dénommé carpien, est proximal par rapport au carpe et situé devant l'extrémité distale des deux os de l'avant-bras. Sheetz et al. ont vu avec plus de proximité une « arcade palmaire métaphysaire » recouverte par le muscle carré pronateur. Chez l'enfant, pour respecter le cartilage de croissance, c'est sur cette artère qu'est levé le greffon pédiculé de Kuhlmann. (Fig.16)

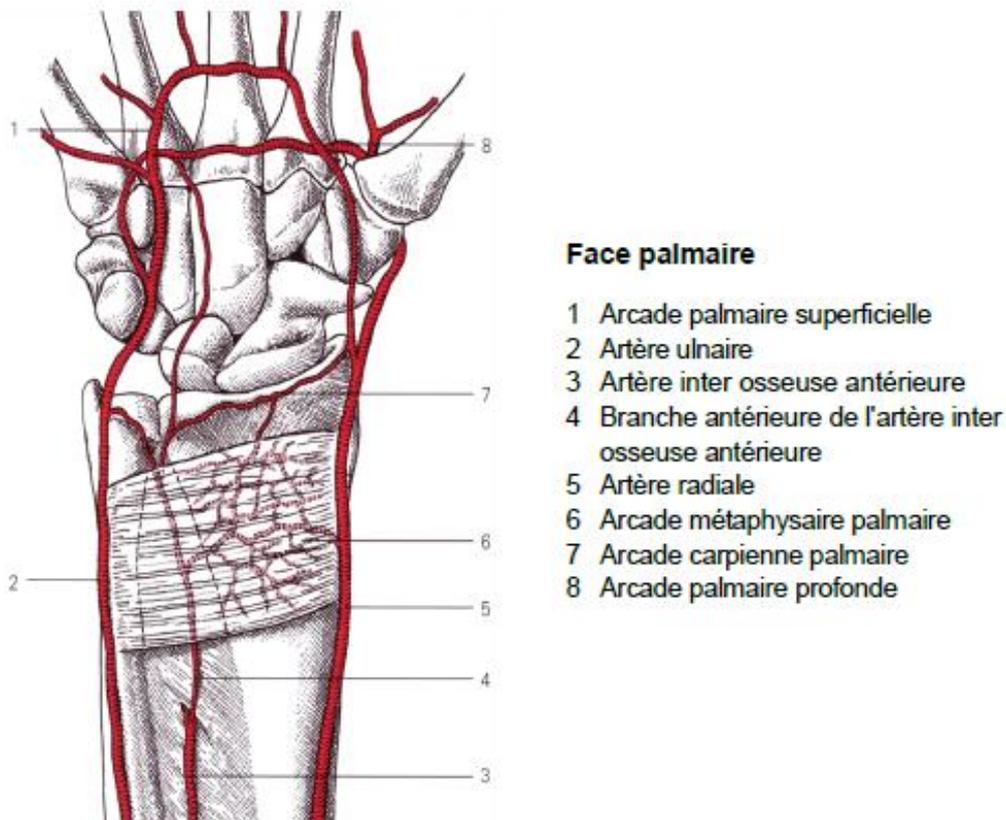


Fig. 16 : Vascularisation du radius distal palmaire. [22]

1.2. Réseau carpien dorsal :

Le réseau carpien dorsal est alimenté par :

- L'artère radiale, lorsqu'elle croise la face postérieure du carpe ;
- Le rameau carpien dorsal de l'artère ulnaire, après qu'il ait croisé le bord médial de du poignet ;
- L'artère interosseuse postérieure, renforcée par son anastomose avec le rameau dorsal de l'artère interosseuse antérieure.

Ce réseau est souvent dénommé à tort (car il n'est pas constitué par une arcade linéaire tendue entre deux piliers radiale et ulnaire) « arcade dorsale du carpe ». Remarquons que ce réseau dénommé carpien est ici réellement en regard de la rangée distale des os du carpe, qu'il contribue à vasculariser. C'est de ce réseau que naissent habituellement les artères métacarpiennes dorsales des deuxième, troisième et quatrième espace.

Selon Zancolli et Cozzi, Il existe deux arcades dorsales, l'une dénommée radiocarpienne, à hauteur de l'interligne radiocarpien, l'autre intercarpienne, à hauteur de l'interligne médio-carpien. (Fig.17)

Sheetz et al. ont distingué à la face dorsale du poignet les branches collatérales du réseau carpien dorsal selon leur trajet dans un des compartiments dorsaux (artère compartimentale) ou au sein du septum séparant deux compartiments voisins (artère inter-compartimentale). C'est ainsi qu'ils ont décrit :

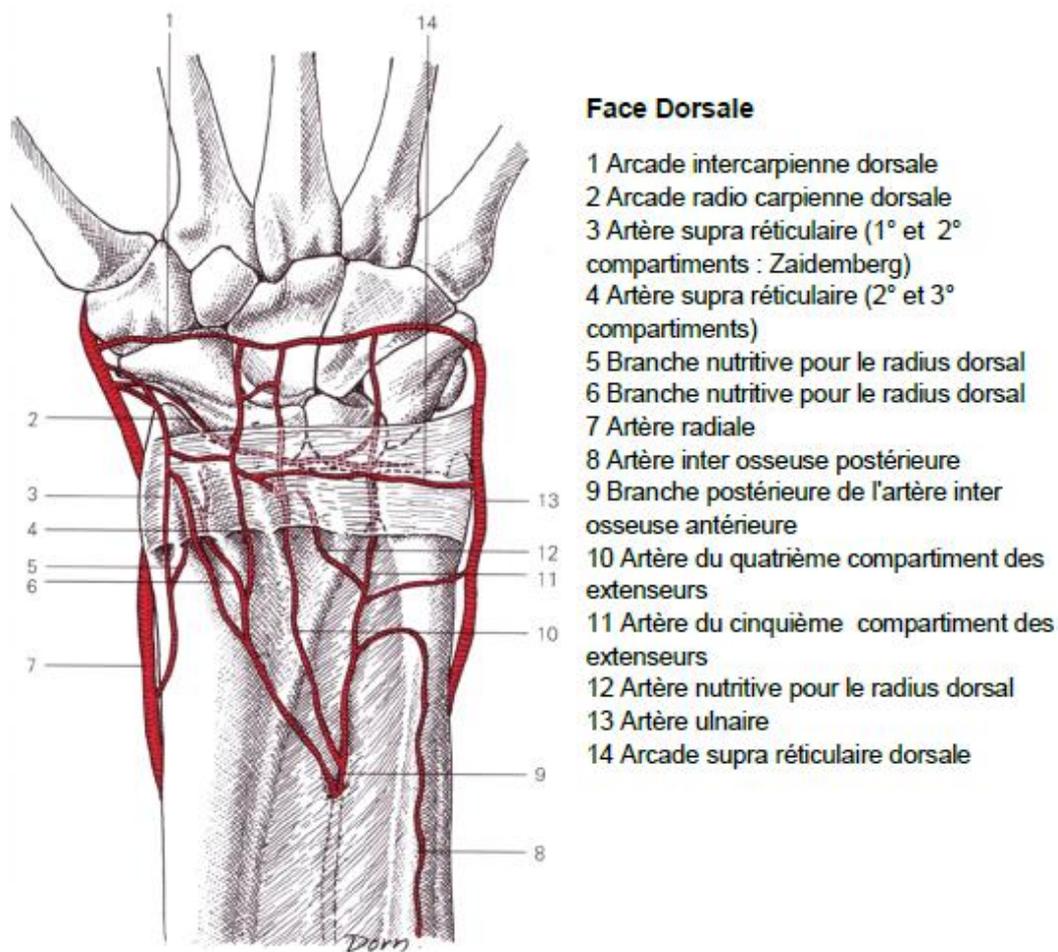


Fig. 17 : Vascularisation du radius distal dorsal. [22]

1.2.1 L'artère supra-rétinaculaire inter-compartmentale 1,2 :

C'est une anastomose longitudinale entre une branche de l'artère radiale, née 5 cm au-dessus de l'interligne radiocarpien, et une autre branche directe ou indirecte de l'artère radiale, née 2 mm au-dessus du sommet du processus styloïde du radius. Elle court d'abord à la face profonde du brachioradial, puis à la surface du rétinaculum des extenseurs, et enfin à la face profonde des tendons long abducteur et court extenseur du pouce. Elle se termine dans l'artère radiale (52 %), et/ou l'arcade radiocarpienne (52 %) et/ou l'arcade intercarpienne (19 %). Cette anastomose distale correspond à la branche ascendante de Zaidemberg. Elle abandonne une branche proximale au rétinaculum des extenseurs (56 %) et pour l'os cortico-spongieux du plancher du deuxième compartiment, et, dans le septum, de petites branches perforantes (5,5 en moyenne, de 3 à 7) pour l'os cortical sous-jacent.

1.2.2. L'artère supra-rétinaculaire inter-compartmentale 2,3 :

Née de l'artère interosseuse antérieure (tronc 48 %, branche postérieure [48 %] ou branche antérieure 4 %), elle court à la surface du rétinaculum des extenseurs, en regard du tubercule dorsal du radius (tubercule de Lister). Elle se termine dans l'arcade intercarpienne (94 %), l'arcade radiocarpienne dorsale (52 %) et/ou s'anastomose avec l'artère du quatrième compartiment. Elle abandonne une branche proximale au rétinaculum des extenseurs (91 %) pour l'os cortico-spongieux du plancher du deuxième compartiment et, dans le septum, de petites branches pour l'os cortical sous-jacent.

1.2.3. L'artère du quatrième compartiment :

Née de la branche postérieure de l'artère interosseuse antérieure (55 %) ou de l'artère du cinquième compartiment, elle court près du nerf interosseux postérieur, dans la partie radiale du quatrième compartiment (70 %), parfois dans le septum 4-5

(30 %) ; elle se termine dans l'arcade intercarpienne (94%), l'arcade radiocarpienne dorsale (59 %) et/ou s'anastomose avec l'artère inter-compartmentale 2-3 (38 %) ou l'artère du cinquième compartiment (34 %). Elle abandonne de petites branches pour l'os cortico-spongieux du plancher du quatrième compartiment

1.2.4. L'artère du cinquième compartiment :

Née de la branche postérieure de l'artère interosseuse postérieure, elle court dans le cinquième compartiment (67 %), parfois dans le septum 5-6 (33 %). Elle se termine dans l'arcade radiocarpienne dorsale (23 %) et/ou s'anastomose avec l'artère inter-compartmentale 2-3 (9 %), l'artère du quatrième compartiment (34 %) ou l'artère dorsale oblique de l'extrémité distale de l'ulna ; elle abandonne une petite branche pour l'os cortico-spongieux du plancher du quatrième compartiment (39 %).

2. Vascularisation du scaphoïde :

On peut distinguer trois groupes de pédicules artériels, tous issus de l'artère radiale :

_ Le groupe dorsal est issu du segment postérieur de l'artère radiale ou de l'arcade dorsale du carpe. Il est formé de très nombreux vaisseaux de calibre moyen qui abordent l'os sur toute l'étendue de la gouttière postérieure du scaphoïde, au niveau de son rétrécissement. Pour Zancolli et Cozzi, le plus gros est l'artère dorsale du scaphoïde. Selon Gelberman et Menon, il assure à lui seul 70 à 80 % de la vascularisation du scaphoïde et notamment celle de la totalité du pôle proximal.

_ Le groupe distal est issu de l'artère radiale, de son rameau superficiel et accessoirement de la partie latérale de l'arcade palmaire profonde. Ces vaisseaux sont deux fois moins nombreux, mais ils sont plus volumineux et disséminés à la face antérieure du scaphoïde, essentiellement au tubercule. Selon Gelberman et Menon, il assure 20 à 30 % de la vascularisation du scaphoïde.

_ Le groupe latéral est issu de l'artère radiale, de son rameau superficiel, quand il naît au-dessus de l'interligne radiocarpien, et de l'arcade transverse antérieure du carpe. Ces vaisseaux sont également deux fois moins nombreux qu'à la face postérieure de l'os. Ils sont de calibre plus important et, surtout, se distribuent habituellement à la moitié inférieure de la face latérale, c'est-à-dire au pied de la surface articulaire pour le radius.

Pour Gelberman et Menon, le scaphoïde est entouré par une importante circulation collatérale alimentée par les artères interosseuses antérieure et postérieure. (Fig.18)

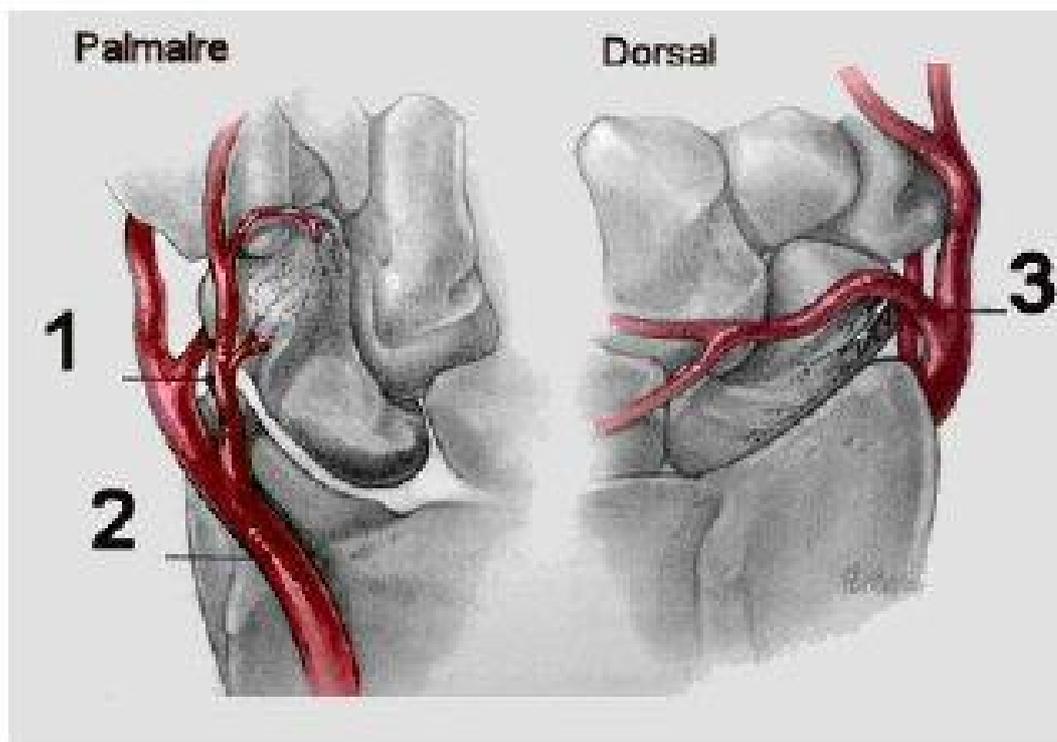


Fig. 18 : Vascularisation du scaphoïde : 1. Branche superficielle palmaire de l'artère radiale, 2. Artère radiale, 3. Branche carpienne dorsale de l'artère radiale. [23]

e. LES RAPPORTS [24] [119]

Le scaphoïde est en rapport :

- ✓ En avant : avec le canal carpien qui est fermé en avant par une formation fibreuse, dépendante de l'aponévrose du poignet ; le ligament annulaire antérieur du carpe qui s'insère en dedans sur la face externe du pisiforme, sur l'apophyse unciforme de l'os crochu et sur le ligament pisiforme. En dehors sur le versant antérieur du radius, le tubercule du scaphoïde et sur la crête du trapèze. Le canal carpien est divisé en deux coulisses ostéo-fibreuses distinctes.
 - L'une externe où passe le seul tendon grand palmaire, c'est en cheminant sur le bord externe de ce tendon que l'on aborde sans risque la face antérieure du scaphoïde.
 - L'autre interne plus vaste où passent :
 - ü Le nerf médian.
 - ü Le tendon du long fléchisseur du pouce et les tendons des fléchisseurs communs superficiels des doigts.
- ✓ En dehors : sa moitié supérieure est en regard de la styloïde radiale.
- ✓ En dehors et en arrière : avec la tabatière anatomique qui est délimitée par les tendons du long extenseur, du long abducteur et le court extenseur du pouce en dehors. Elle contient un rameau de la branche antérieure du nerf radial, ainsi que l'artère radiale qui se dirige vers le premier espace interdigital.

La densité de ces éléments nobles dans la tabatière anatomique rend l'abord externe du scaphoïde difficile voire dangereux.

Cet espace de forme elliptique et au niveau duquel la peau se déprime lors de la contraction des muscles extenseurs, représente le point électivement douloureux à la palpation dans les facteurs du scaphoïde.

En arrière et dans le plan sous aponévrotique, le scaphoïde est en rapport avec la branche antérieure du nerf radial. (Fig.23)

Ses autres rapports sont surtout articulaires avec le radius, le semi-lunaire, le grand os, le trapèze et le trapézoïde.

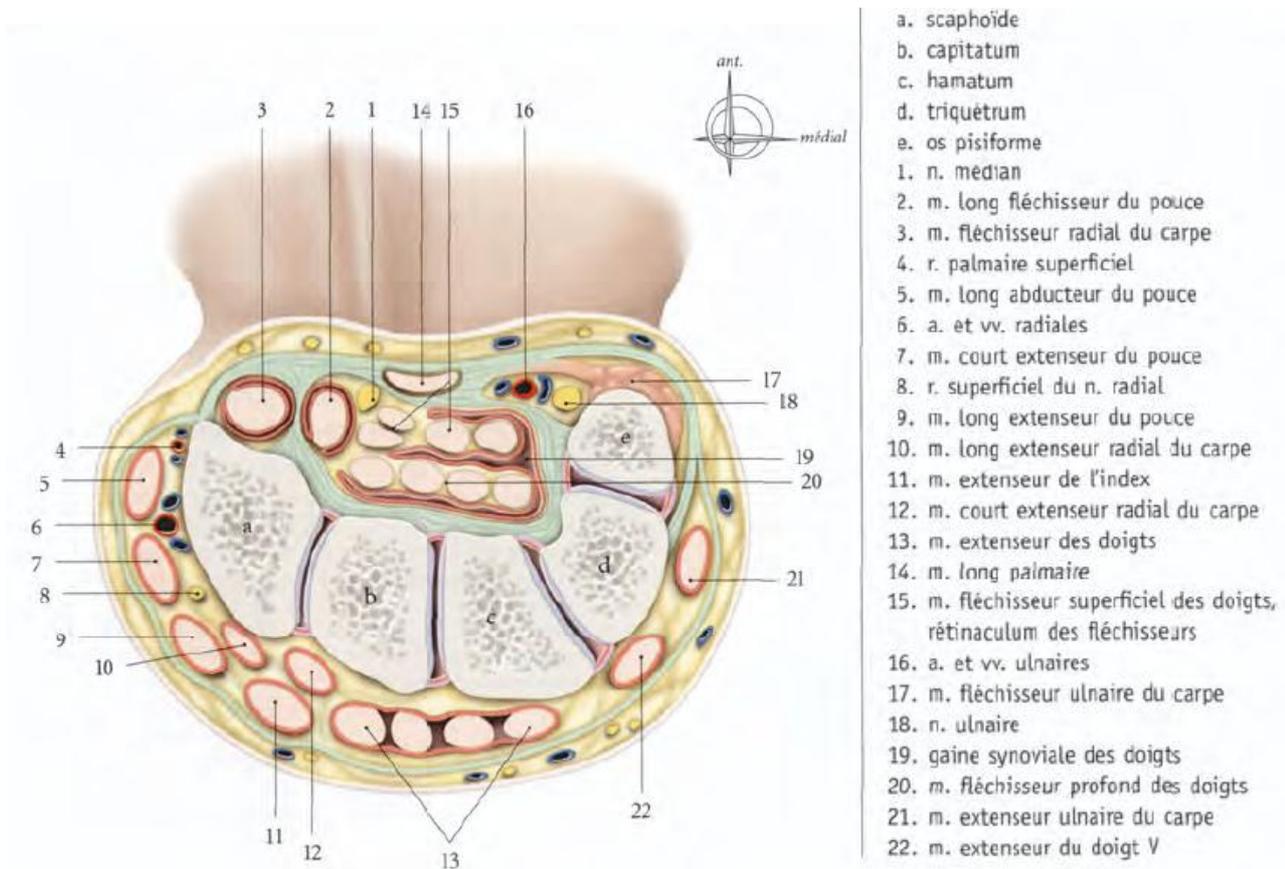


Fig. 19 : Coupe de la partie proximale du carpe. Niveau 8 (vue inférieure ; d'après Castaing et Sautou). [25]

B-Biomécanique articulaire :

a. Mobilité du carpe : [26] [120]

Les mouvements des os de la première rangée du carpe sont très complexes. En ce qui concerne le scaphoïde, la mobilité peut être au mieux décrit comme bascule oblique dorso-palmaire, s'accompagnant d'une rotation autour d'un axe longitudinal.

1. Dans la flexion du carpe :

Il a été affirmé que le type de mouvement des os proximaux du carpe dans la flexion palmaire de la main dépend dans une large mesure de la forme des surfaces articulaires de la medio-carpienne. (Fig. 21)

Pour comprendre ces phénomènes, on soulignera les faits suivants :

- ✓ La surface articulaire du scaphoïde présente une courbure plus accentuée que celle du semi-lunaire. La bascule de ces deux os entraîne un mouvement de direction proximale du scaphoïde par rapport au semi-lunaire.
- ✓ Le semi-lunaire est entraîné en rotation palmaire par le ligament interscapo-lunaire. Il se trouve interposé entre le grand os et le radius.
- ✓ Une rotation longitudinale du scaphoïde par rapport au grand os résulte de la pression de la facette externe du grand os sur le versant dorsal de la facette correspondante du scaphoïde

Il semble logique de distinguer dans la mécanique du scaphoïde en flexion certains facteurs principaux : la pression continue du trapèze et du trapézoïde et la pression du grand os sur le scaphoïde. Le ligament interosseux est destiné à maintenir le scaphoïde en position articulaire. Malgré sa position excentrée, ce ligament joue un rôle dans la pression du grand os sur le scaphoïde, tandis que le type de cette pression est en outre influencé par la disposition excentrique des facettes articulaires de la tête du grand os.

2. Dans l'extension du carpe :

Les deux premiers tiers du mouvement se produisent dans l'articulation radio-carpienne, le scaphoïde se déplaçant avec la rangée proximale au niveau de son articulation avec le radius. Le dernier tiers se produit dans l'articulation medio-carpienne, et comme le scaphoïde la traverse en pont, il est évident qu'il doit continuer à s'étendre avec la rangée distale achevant ce mouvement par une simple rotation dans son articulation avec le semi-lunaire.

3. Dans l'inflexion cubitale :

Elle est produite par une combinaison de rotation et de glissement au niveau radio-Carpien, ce qui entraîne en déplacement du scaphoïde en direction radiale et distale, alors que l'os crochu se rapproche de la styloïde cubitale.

4. Dans l'inflexion radial :

Elle se passe principalement dans l'interligne medio-carpienne où la tête du grand os tourne dans la cupule formée par le scaphoïde et le semi-lunaire.

Le scaphoïde s'infléchit, avec une rotation dans l'articulation scapho-lunaire, mais dans un plan transversal, accompagné par le trapèze. La mobilité autour du scaphoïde va se produire dans les trois plans, verticalement au pôle proximal, horizontalement au pôle distal et circulairement dans son articulation avec le grand os. (Fig. 20)

Il faut noter que l'axe des mouvements de latéralité passe le grand os.

(Fig. 22)

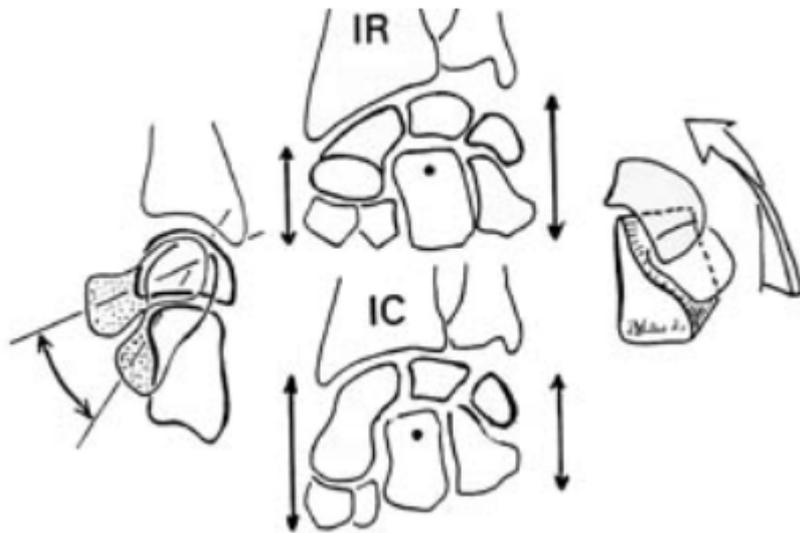


Fig. 20 : Représentation schématique de la biomécanique du carpe. Le carpe garde une hauteur constante entre l'inclinaison radiale (IR - dessin en haut) et l'inclinaison ulnaire (IC - dessin en bas), on parle de carpe à géométrie variable. La mobilité en inclinaison est permise latéralement par deux mécanismes différents : en dehors, le scaphoïde a un déplacement pendulaire (flexion-extension) ; en dedans, le triquetrum a un déplacement hélicoïdal sur la surface en colimaçon de l'hamatum.

[27]

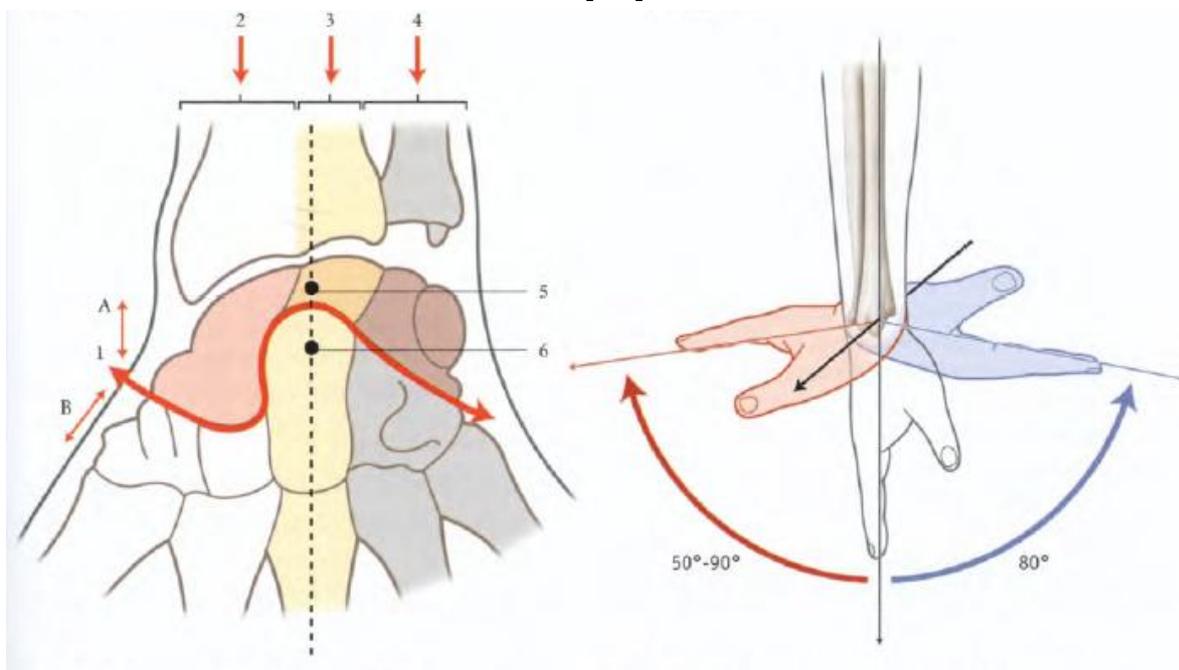


Fig.21 : Cohérences fonctionnelles du carpe fig. flexion (en bleu) et extension (en rouge) du poignet

A. Carpe proximal

1.Art. Médio-carpienne,

2. Colonne latérale,

3.Colonne intermédiaire,

B. Carpe distal,

4. Colonne médiale,

5. Centre fonctionnel radio-carpien,

6. Centre fonctionnel médio-carpien. [25]

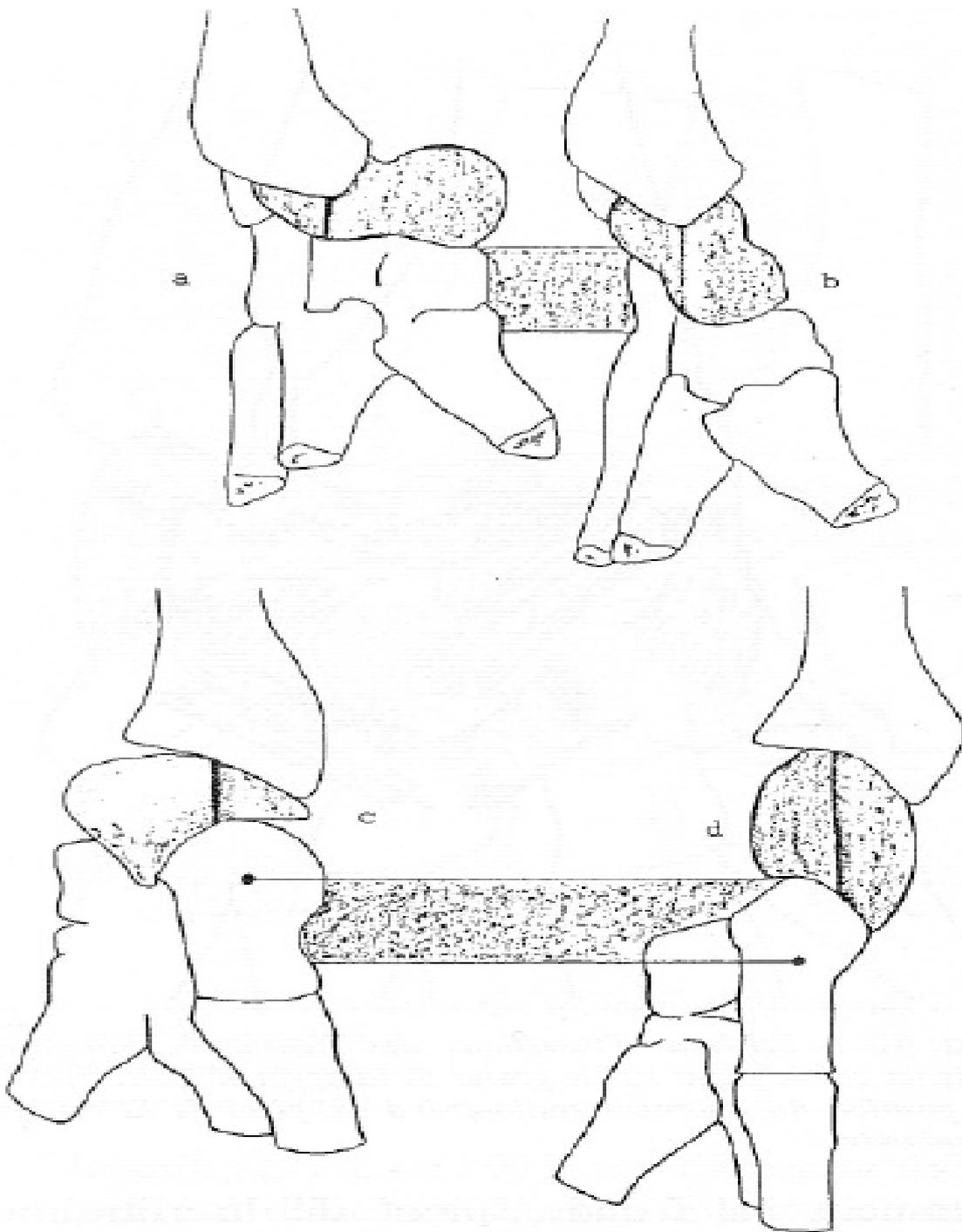


Fig. 22 : - Explication des variations de la distance utile du scaphoïde : le tandem scapho-lunaire se présente comme l'association de deux cames.

- a) En abduction.
- b) En adduction du poignet et du lunaire.
- c) En adduction.
- d) En abduction du poignet. [28]

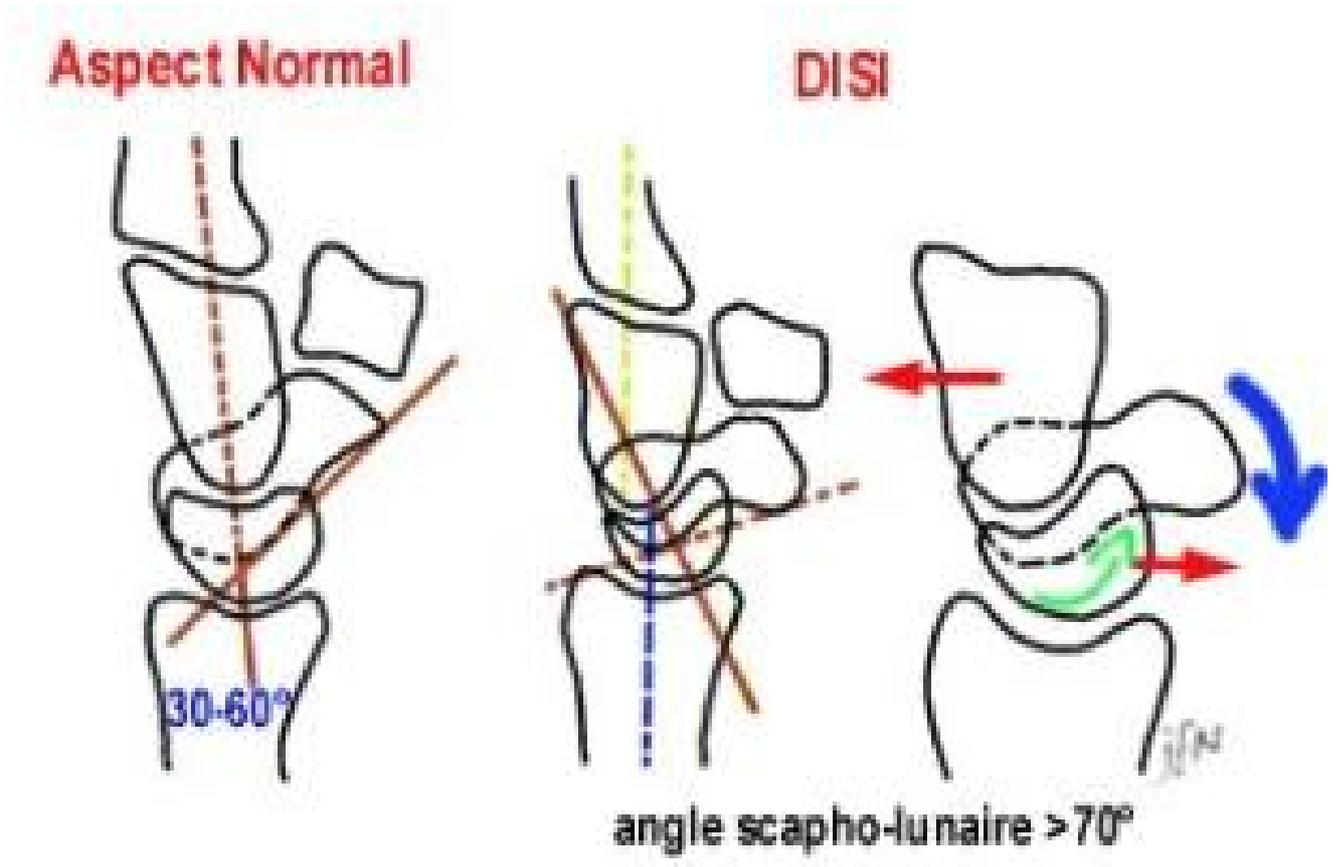


Fig.23 : Aspect normal et instabilité scapho-lunaire [29]

b. Biomécanique et pseudarthrose: [30] [121]

La création d'une solution de continuité dans le scaphoïde n'a pas une tendance naturelle à la consolidation du fait de son caractère articulaire (si l'on excepte la fracture du tubercule) et des forces compressives et rotatoires qui s'exercent en permanence sur le carpe.

Une mobilisation plâtrée ne neutralise pas complètement ces forces compressives et peut laisser une pseudarthrose.

Ces dysfonctionnements biomécaniques tridimensionnels plus ou moins bien supportés cliniquement entraînent l'usure des cartilages radio-scaphoïdien et aboutissant à l'arthrose telle qu'elle a été décrite par Watson.

Le SLAC (scapho lunate advanced collapse) « collapses carpien avancé par dissociation scapho-lunaire », comporte des stades successifs bien individualisés par Watson : l'arthrose est d'abord radio-scaphoïdienne puis médio-carpienne et l'interligne radio-lunaire reste très longtemps respectée, ce qui est à la base du traitement de ces lésions par scaphoïdectomie et arthrodèse médio-carpienne. Une pseudarthrose produit la même évolution anatomo-radiologique.

C'est pour cette raison que le terme SNAC wrist (scaphoid nonunion advanced collapse wrist) a été créé. Une érosion progressive du foyer de fracture se produit par plicature antérieure avec perte de hauteur du scaphoïde et déstabilisation en extension (DISI dorsiflexed intercalary segment instability) du lunatum. (Fig. 23)

La perte de congruence articulaire conduit à l'arthrose. Il existe une translation radiale du carpe dans les formes avancées. Une éventuelle nécrose vient assombrir le pronostic et compliquer le traitement.

C-ANATOMO-PATHOLOGIE : [31]

a-Classification des fractures du scaphoïde :

1. Classification de Trojan :

La première classification publiée dans la littérature est celle de Trojan qui, dès 1959, démembre les fractures du scaphoïde selon le siège du trait de fracture (proximal, moyen ou distal) et le type du trait de fracture (transversal, horizontal oblique ou vertical oblique). (Fig. 24)

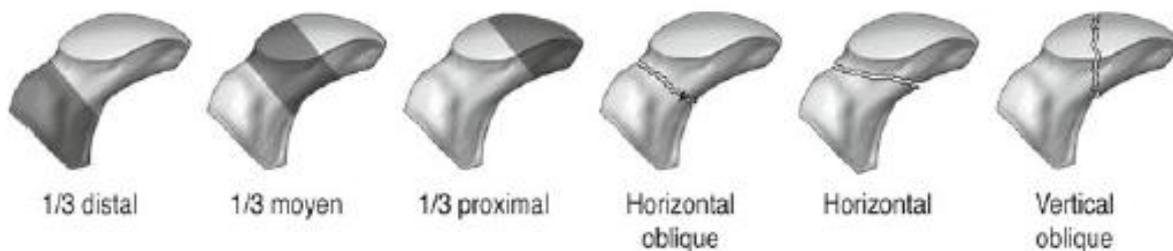


Fig.24 : classification de Trojan.

2. Classification de Herbert :

Herbert a établi une différente classification fondée essentiellement sur la stabilité de la fracture et son stade évolutif. Il distinguait ainsi quatre groupes de lésions : (Fig. 25)

– Groupe A : fracture stable :

- A 1 : fracture partielle du pôle distal.
- A 2 : fracture incomplète du corps.

– Groupe B : fracture instable :

- B 1 : fracture distale oblique.
- B 2 : fracture complète du corps.
- B 3 : fracture du pôle proximal.
- B 4 : fracture déplacée associée aux luxations périlunaires.

- Groupe C : retard de consolidation.
- Groupe D : pseudarthrose vraie :
 - D 1 : pseudarthrose fibreuse serrée.
 - D 2 : pseudarthrose lâche.

Cette classification est l'une des plus utilisée dans la littérature anglo-saxonne.

Elle peut avoir une incidence directe sur la prise en charge initiale des fractures (traitement orthopédique ou chirurgical d'emblée pour les fractures instables).

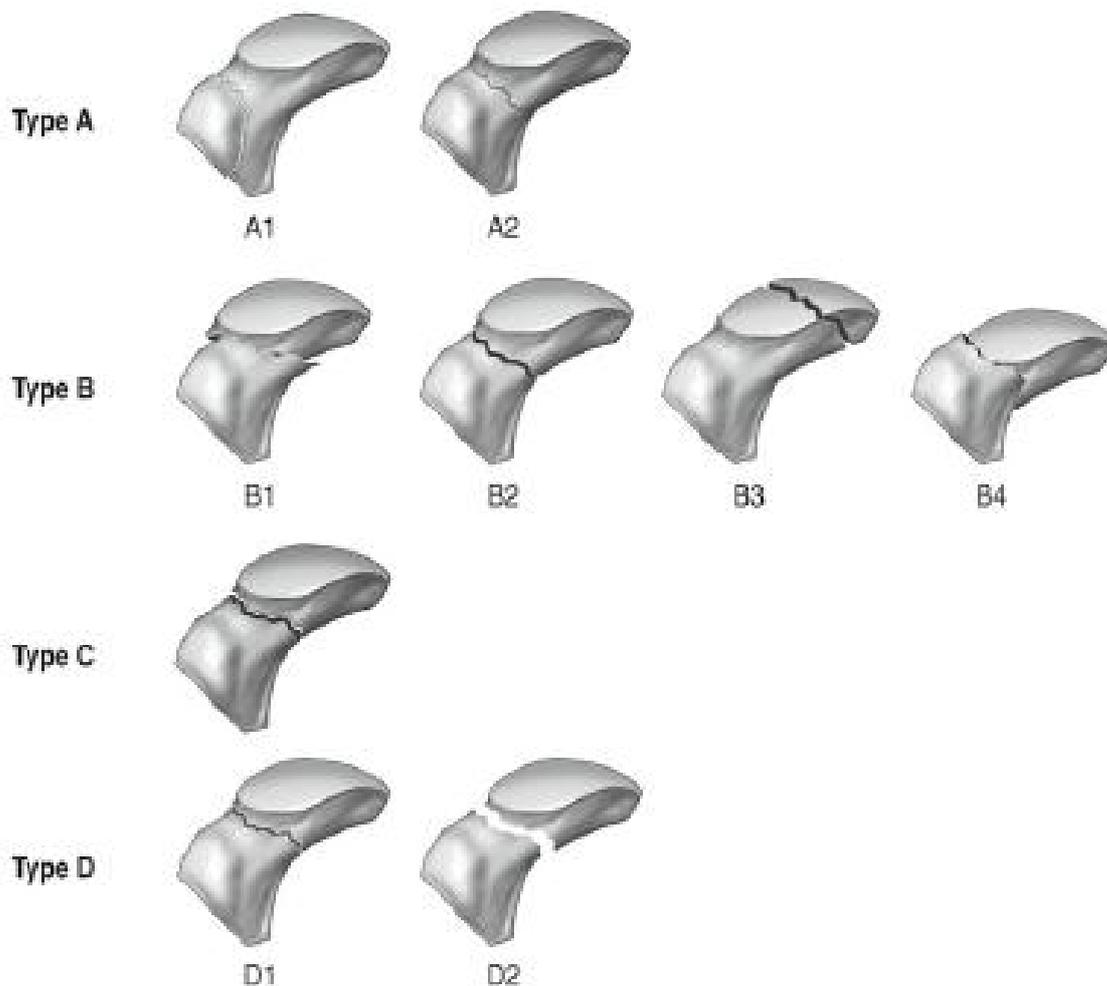


Fig.25 : Classification de Herbert.

3. Classification de Schernberg :

En 1984, la même année que la publication d'Herbert décrivant sa classification,

François Schernberg établit la classification « TSG ». Celle-ci prend en compte le type du trait de fracture (T) (siège et direction du trait de fracture), le stade de la fracture, c'est-à-dire son ancienneté (S) et son grade, soit le déplacement et les lésions ligamentaires associées (G). (Fig. 26) (Fig. 27)

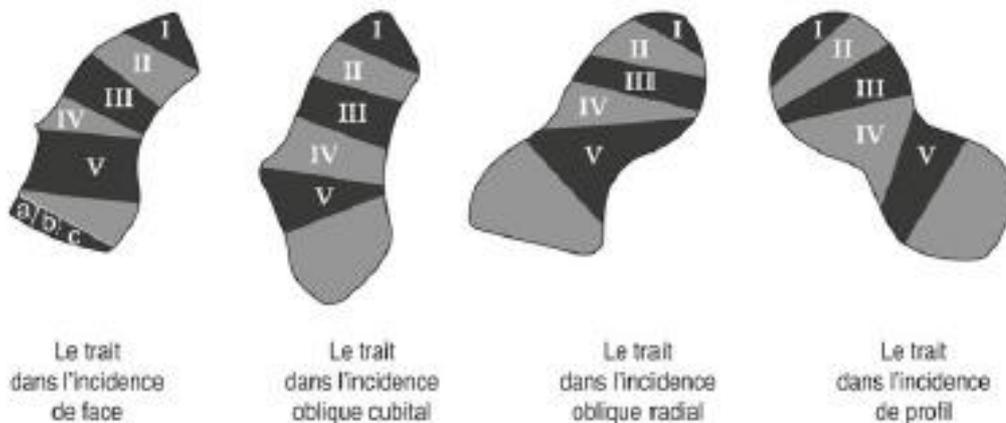


Fig. 26 : Classification de Schernberg (type).

▼ Types de fractures :

– Type 1 : fracture du pôle proximal du bord externe à la jonction tiers proximal

2/3 distaux vers l'angle supéro- interne du scaphoïde.

– Type 2 : du milieu de la surface radiale à la jonction tiers supérieur 2/3 distaux de la ligne de maximum de densité.

– Type 3 : du tubercule externe vers le milieu de la ligne de maximum de densité interne.

– Type 4 : de la tubérosité radiale vers le milieu de la ligne de maximum de densité interne.

– Type 5 : de l'angle inféro- externe et horizontal en interne.

– Type 6 : fracture parcellaire :

- 6a : fracture distale (tiers latéral). (Fig.28)
- 6b : fracture distale en T séparant en deux fragments égaux le pied du scaphoïde.
- 6c : fracture distale du tiers médial.

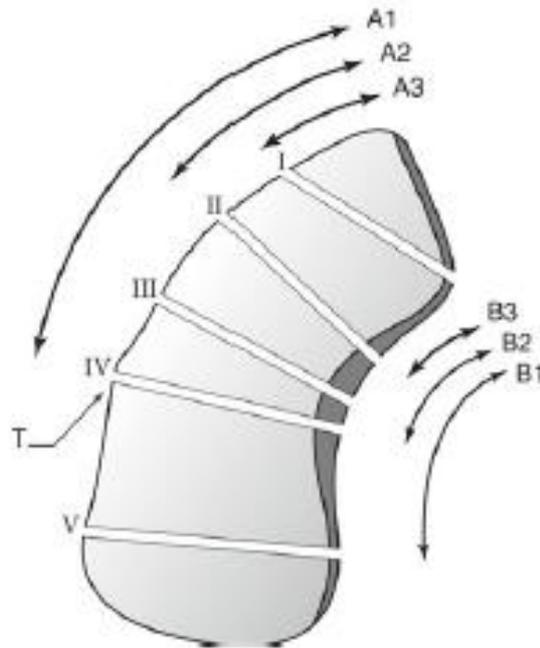


Fig. 27 : Classification T (type) de Schernberg (sur incidence de profil poing fermé de Trojan).



Fig. 28 : Exemples de fracture du scaphoïde carpien en zones 3, 4 et 6a.

▼ *Stades de fractures :*

Les fractures sont ici classées en fonction du délai de découverte par rapport au traumatisme initial.

–Stade 1 : fractures récentes :

- 1a : délai inférieur à 3 semaines ;
- 1b : entre 3 et 6 semaines.

–Stade 2 : fracture ancienne, de 6 semaines à 1 an.

–Stade 3 : pseudarthrose, existence radiographique de remanient (densification, géode, perte de substance) :

- 3a : pseudarthrose simple, absence de perte de substance ;
- 3b : pseudarthrose évoluée, perte de substance confirmée.

▼ *Grades de fractures :*

– Grade 1 : fractures non déplacées :

- 1a : occulte.
- 1b : uni-corticale.
- 1c : bicorticale avec écart inter-fragmentaire inférieur à un millimètre.

– Grade 2 : sont considérées comme appartenant au grade 2 les fractures présentant l'un des caractéristiques suivantes :

- écart inter-fragmentaire supérieur à 1 millimètre sur l'un des trois incidences habituelles.
- décalage cortical de plus d'1 millimètre.
- modification angulaire de 15° sur l'angle intra-osseux du scaphoïde.
- décalage des travées osseuses (parfois difficilement évaluable).

– Grade 3 : fractures compliquées, présence de lésions ligamentaires, vasculaires ou de comminution (cas des luxations trans-scapho-périlunaires).

4. Classification de Russe :

Une des plus anciennes classifications, elle n'est plus guère utilisée mais souvent citée dans les références avant 1990. (Fig. 29)

Elle distingue trois types :

- type 1 : du pôle proximal.
- type 2 : de la taille.
- type 3 : du pôle distal.

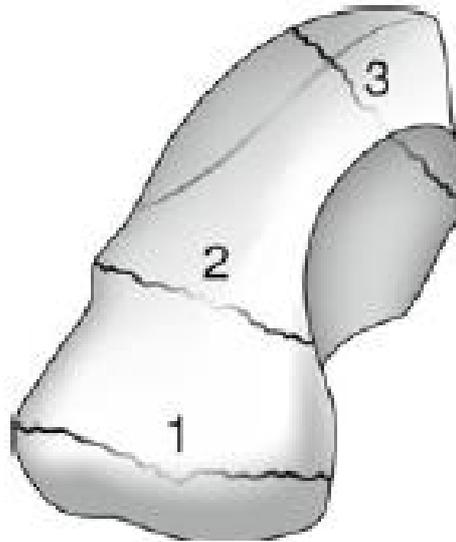


Fig.29 : Classification de Russe.

b-Classification des pseudarthroses du scaphoïde :

Comme présenté ci-dessus, la classification de Herbert et la classification de Schernberg prennent toutes les deux en compte les pseudarthroses du scaphoïde. Herbert différencie dans son type D les pseudarthroses lâches des pseudarthroses serrées, tandis que Schernberg différencie les fractures anciennes (stade 2) des pseudarthroses simples sans perte de substance (stade 3A) à des pseudarthroses évoluées avec perte de substance osseuse (stade 3B).

De nombreuses classifications ont été proposées dans la littérature, mais les plus utilisées dans la littérature anglo-saxonne ou francophone restent la

classification de Herbert et la classification du symposium de la SOFCOT 1988 dirigée par Jean-Yves Alnot. Cette classification (Fig.30) (Fig. 31) comprend quatre stades.

– Stade I : pseudarthrose linéaire sans modification de la forme du scaphoïde, instabilité ou désaxation.

– Stade IIa : pseudarthrose stable avec géode et résorption et modification minimale de la forme du scaphoïde sans instabilité ou désaxation.

– Stade IIb : pseudarthrose instable avec géode et résorption osseuse marquée et modification de la forme du scaphoïde entraînant une désaxation intracarpienne d'adaptation et/ou ligament avec DISI (*dorsal intercalated segment instability*).

On peut noter un début d'effilement de la styloïde radiale témoignant d'une arthrose localisée.

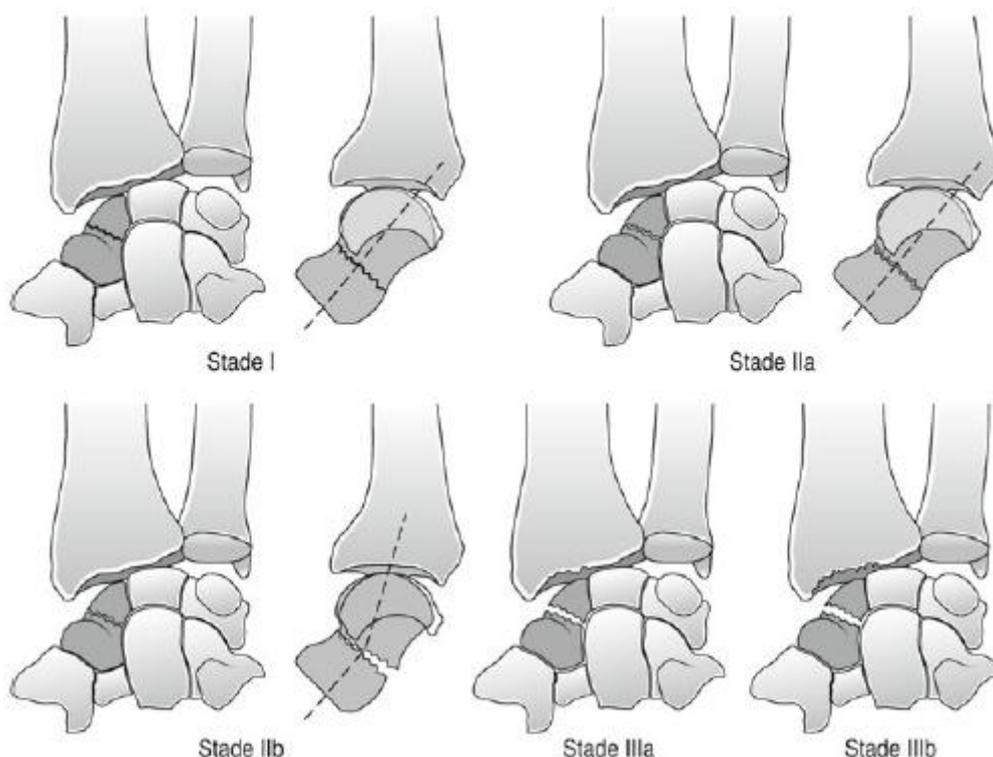


Fig. 30 : Classification SOFCOT 1988 (types I à III).

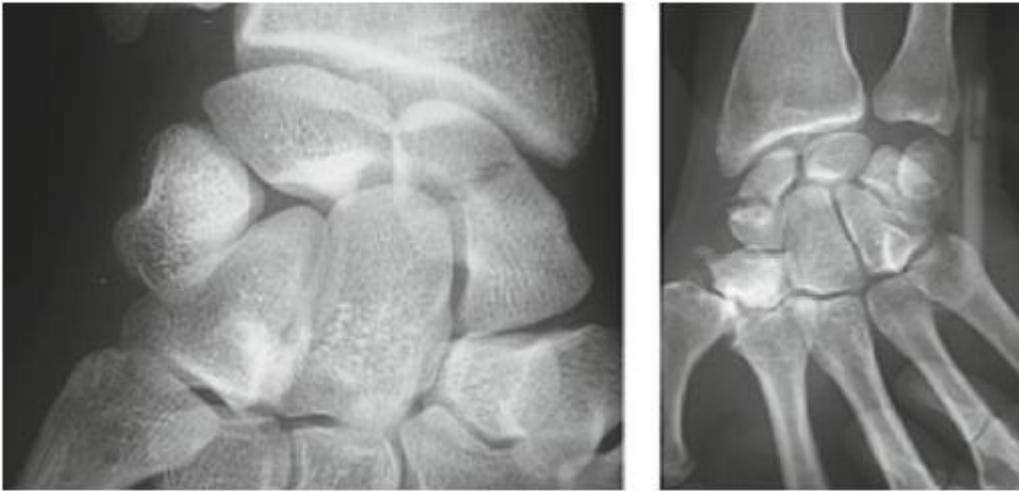


Fig. 31 : Pseudarthrose du scaphoïde carpien de stades I et II.

– Stade III : pseudarthrose déplacée instable avec désaxation réductible entraînant une arthrose radio-scaphoïdienne ou radio-carpienne (stade IIIa) voire médio-carpienne (stade IIIb).

– Stade IV : existence d'une nécrose du fragment proximal avec désaxation (stade IVa) et arthrose radio-scaphoïdienne ou intercarpienne (stade IVb).

c-Classification des arthroses du carpe consécutives à une arthrose du scaphoïde (SNAC Wrist) : (Fig. 32) (Fig. 33)

Le terme de SNAC Wrist (*scaphoïde non union advanced collapse*) a été développé par Cooney par analogie aux arthroses liées aux ruptures du ligament scapholunaire : SLAC Wrist (*scapho-lunate advanced collapse*).

L'auteur de la classification a décrit trois stades en fonction des interlignes arthrosiques :

- § SNAC 1 : arthrose stylo-scaphoïdienne (entre la styloïde radiale et le fragment distal du scaphoïde).
- § SANC 2: SNAC 1 + arthrose scapho-capitale.
- § SNAC 3: SNAC 2 + arthrose luno-capitale.

Cette classification, différente de celles de SLAC Wrist (collapsus carpien par rupture du ligament scapho-lunaire), permet d'orienter les indications thérapeutiques en fonction des interlignes atteints (et donc du stade).

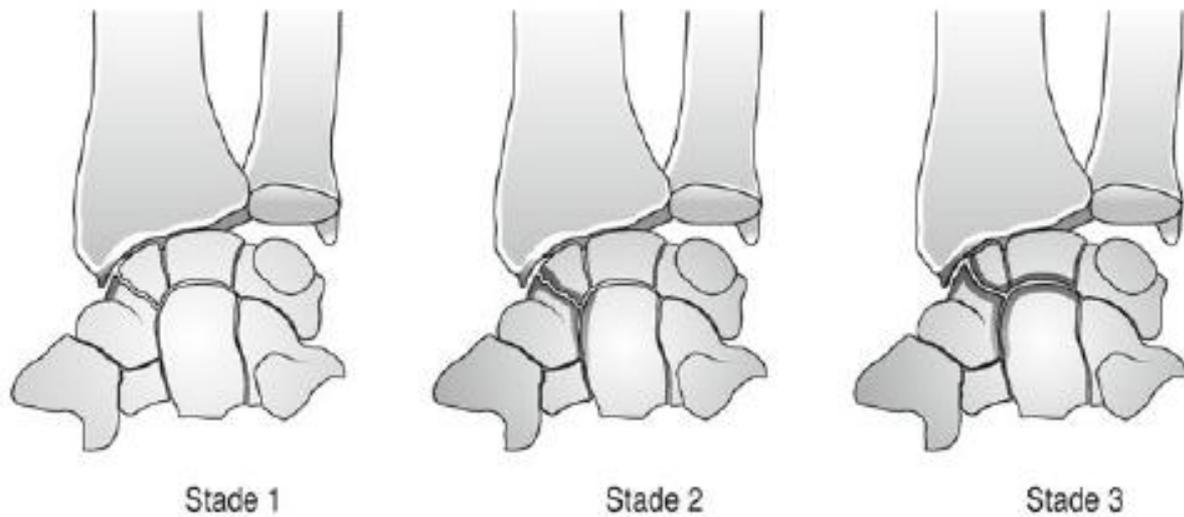


Fig. 32 : Classification des SNAC Wrist (d'après Saffar).

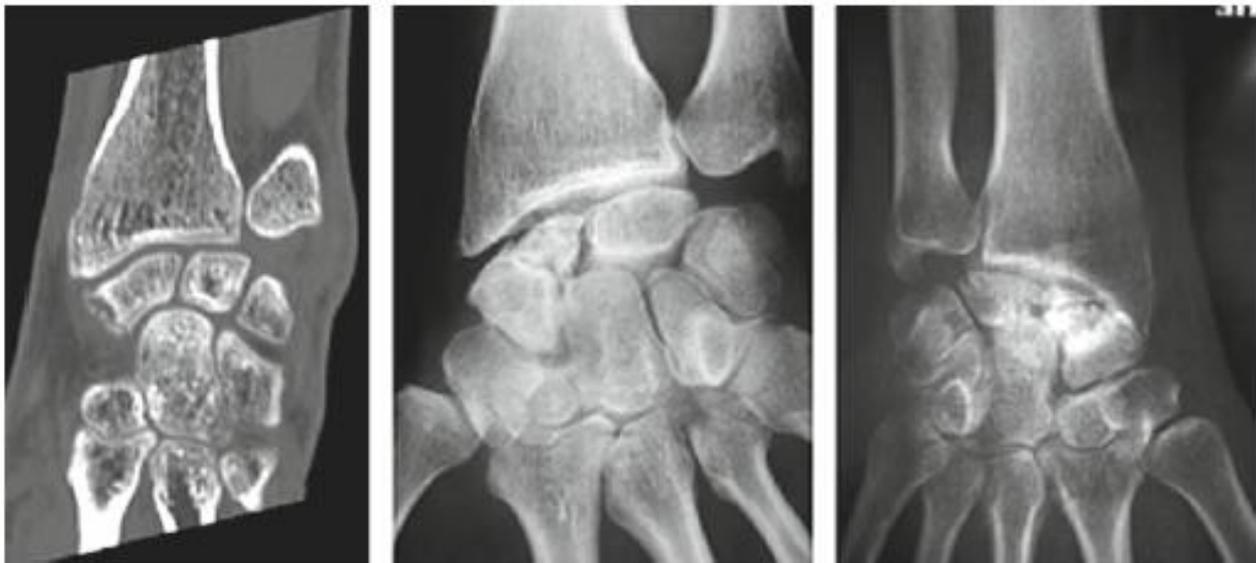


Fig. 33 : Exemples de SNAC Wrist aux stades 1, 2 et 3.

D- TRAITEMENT :

a. But de traitement :

Les buts sont à la fois fonctionnels (soulager la douleur, restituer la force) et anatomiques (consolidation, revascularisation), afin d'éviter l'arthrose.

b. Anesthésie : [112]

Un choix large entre anesthésie locorégionale au niveau du membre supérieur par bloc plexique (voir un bloc de main), associée à une anesthésie locale de la crête iliaque, ou bien l'anesthésie générale qui reste le choix idéal permettant un certain confort pour le chirurgien orthopédiste.

c. Voies d'abords : [32]

1. Abord antérolatéral :

Cette voie d'abord permet d'obtenir une excellente exposition sur l'extrémité inférieure du radius et le scaphoïde.

Le patient est installé en décubitus dorsal, la main en supination sur une table, garrot pneumatique à la racine du bras. L'incision cutanée est verticale, débutant 3 à 4 cm en amont du pli de flexion du poignet, dans la gouttière du pouls ou plutôt sur le relief du fléchisseur radial du carpe. Après un décroché à hauteur du pli de flexion distal du poignet, l'incision se poursuit sur le relief des thénariens externes, sur 1 à 2 cm environ. De manière générale, l'incision décrit soit une baïonnette soit un zigzag (Fig.34.A). Le fascia antébrachial est ensuite incisé juste en dehors du fléchisseur radial du carpe, qui est récliné en dedans avec les fléchisseurs des doigts, alors que le paquet radial est récliné en dehors (Fig. 34.B). L'abord de l'extrémité distale du radius nécessite la désinsertion du carré pronateur (Fig. 34.C).

Si on souhaite aborder le scaphoïde, la capsule articulaire antérieure est ouverte verticalement dans le plan de l'incision cutanée — avec le ligament radio-

scapho-capitatum qui sera réparé en fin d'intervention — jusqu'au contact de l'os (Fig. 34.D). L'abord peut être prolongé vers le haut ou le bas, selon la structure à explorer (scaphoïde, extrémité distale ou région métaphyso-diaphysaire du radius).

Afin de ne pas léser le pédicule radial, il est préférable, après l'incision cutanée, d'ouvrir la gaine du fléchisseur radial du carpe et d'aborder la capsule puis le scaphoïde ou radius distal à travers la face profonde de cette même gaine, après avoir récliné en dedans le tendon.

L'artère radiale dans la gouttière du pouls représente le risque principal. La dissection prudente du pédicule ou l'abord du radius et/ou du scaphoïde à travers la gaine du fléchisseur radial du carpe évite la lésion du pédicule.

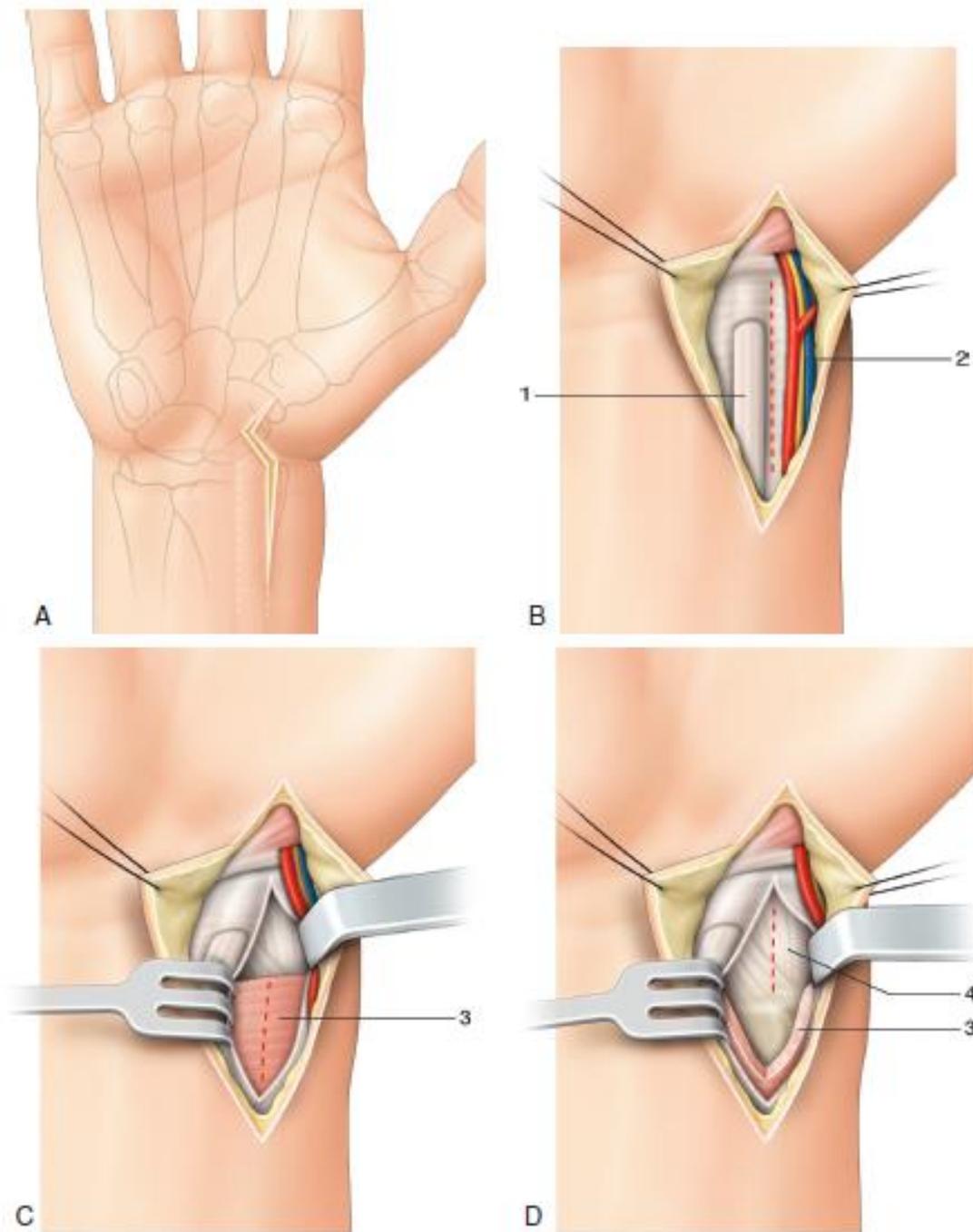


fig.34 : Abord antérolatéral.

A. Incision cutanée. B. Incision de l'aponévrose antébrachiale entre fléchisseur radial du carpe et paquet radial. C. Désinsertion ou section du carré pronateur permettant d'exposer le radius distal. D. Capsulotomie longitudinale permettant d'exposer le scaphoïde.

1. Fléchisseur radial du carpe.

3. Carré pronateur

2. Paquet radial.

4. Capsule articulaire.

2. Abord postérolatéral :

Cet abord privilégié des tendons du premier compartiment des extenseurs, du scaphoïde ou du trapèze comporte de nombreux obstacles, autant de structures qu'il faudra repérer pour les protéger durant la dissection (branches sensibles du nerf radial et artère radiale).

Le patient est installé en décubitus dorsal, le membre supérieur sur une table à bras, l'avant-bras en pronosupination neutre, un garrot pneumatique à la racine du bras. L'incision est soit longitudinale, soit brisée, centrée sur le versant postérolatéral de la styloïde radiale et se prolongeant à la demande en amont et en aval (Fig.35.A). Dès l'incision de la peau, il faut identifier les branches sensibles du nerf radial. Des veines dorsales superficielles seront soit réclinées si elles ne gênent pas la dissection future, soit électrocoagulées ou ligaturées si besoin. Après avoir récliné soigneusement les branches du nerf radial, on incisera longitudinalement le rétinaculum des extenseurs en regard du premier compartiment, le plus dorsalement possible pour éviter une luxation antérieure des tendons long abducteur et court extenseur du pouce (Fig. 35.B et 35.C). Pour aborder la styloïde radiale, il faudra récliner ces tendons, identifier et protéger l'artère radiale à la partie base de l'incision, lorsqu'elle croise obliquement, et de dehors en dedans la face profonde des tendons long abducteur, court extenseur et long extenseur du pouce — qui constituent la « tabatière anatomique » (Fig.35.D).

Les principales structures exposées lors de cet abord sont les branches sensibles du nerf radial et, plus en profondeur, l'artère radiale.

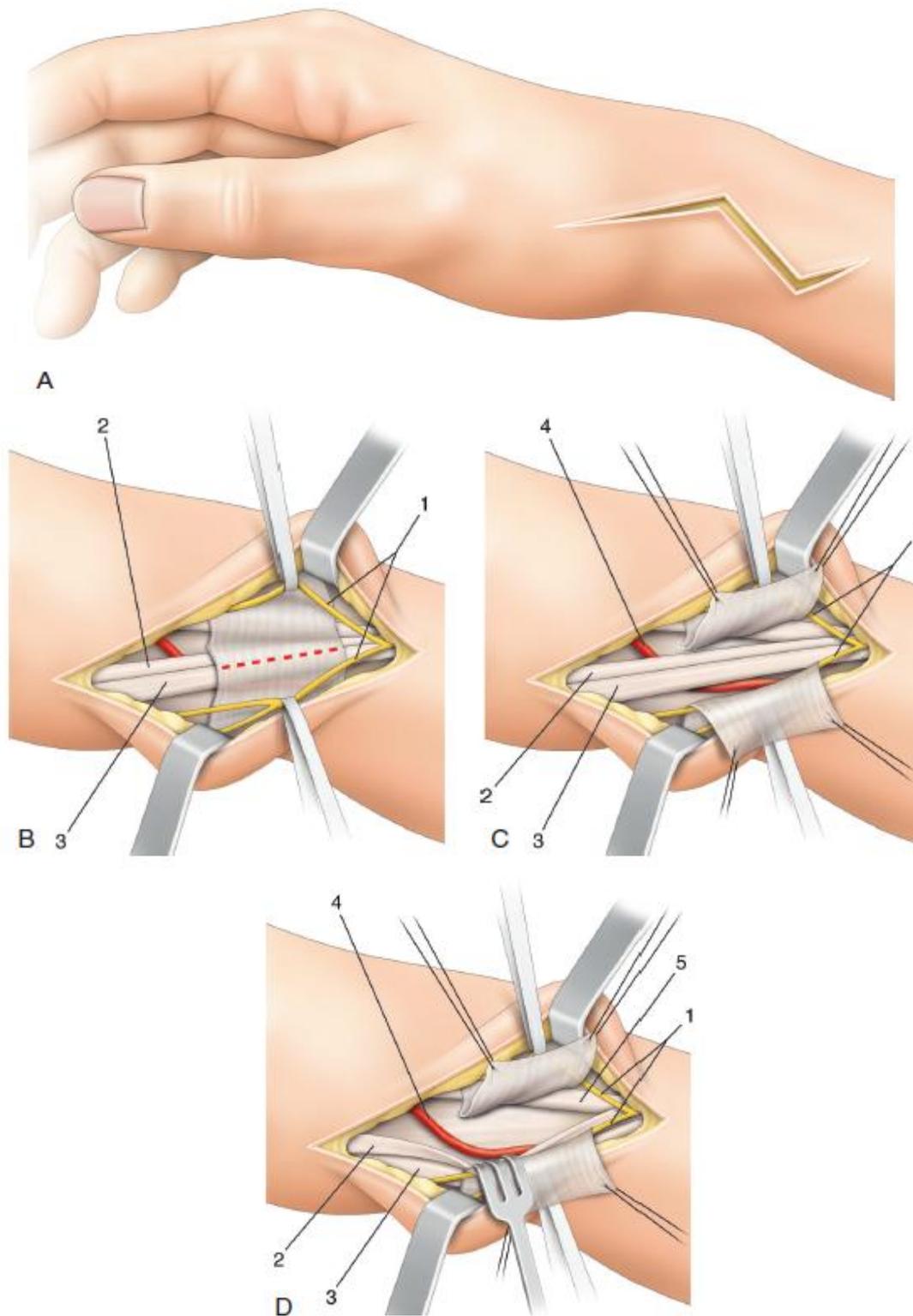


Fig. 35 : Abord postérolatéral.

A. Incision cutanée. B. Ouverture du premier compartiment des extenseurs.

C. Exposition des tendons du premier compartiment des extenseurs.

D. Exposition de la styloïde radiale.

1. Branches sensibles du nerf radial. 2. Tendon du court extenseur du pouce. 3. Tendon du long abducteur du pouce. 4. Branche profonde de l'artère radiale. 5. Tendon du long extenseur radial du carpe.

d. Techniques chirurgicales :

1. Traitement de la pseudarthrose du scaphoïde sur poignet non arthrosique :

Il est synonyme de « traitement conservateur ». Toutes les techniques reconstructrices ont leur place ici, d'autant que l'on s'adresse habituellement à des patients jeunes. Les objectifs du traitement sont d'une part de restaurer la forme initiale, anatomique, du scaphoïde et d'obtenir sa consolidation, d'autre part de corriger l'angle radio-lunaire : pour de nombreux auteurs, en effet, le pronostic des pseudarthroses traitées dépend en grande partie de la correction de la DISI. [33,34,35,36,37]

Le traitement conservateur fait appel à deux types de technique, le plus souvent associées : la greffe osseuse et l'ostéosynthèse.

La greffe osseuse est classiquement non vascularisée (GNV), corticospongieuse (encastrée ou intercalée dans le scaphoïde) voire spongieuse pure ; la tendance actuelle est l'utilisation des GV. Rappelons que les techniques de greffe sont déjà anciennes : les premiers à avoir proposé une greffe de scaphoïde, à partir du tibia, furent Adams et Léonard en 1928.

L'ostéosynthèse est volontiers associée aux greffes, augmentant ainsi leur stabilité. Dans certaines indications, elles peuvent être employées seules, idéalement dans les retards de consolidation ou les pseudarthroses fraîches, notamment du pôle proximal, sans déformation ni résorption osseuse.

1.1. Principes thérapeutiques communs aux greffes osseuses :

Ø Exposition du foyer de pseudarthrose :

Par la voie d'abord appropriée, il est excisé aux ciseaux à frapper, aux fraises motorisées à petite vitesse et/ou à la curette, jusqu'à l'os spongieux. Les fragments sont manipulés et distractés par l'intermédiaire de pinces à disséquer ou, mieux, de broches manipulatrices, en évitant de léser le cartilage d'encroûtement scaphoïdien.

Ø Réduction du plissement scaphoïdien et de la bascule du lunatum :

Elle est contrôlée à l'amplificateur de brillance, et reprise tant que l'angle radiolunaire n'est pas corrigé, quitte à placer dans le lunatum des broches manipulatrices ou une broche radiolunaire à la manière de Linscheid et al. [38]. De plus, le fait d'avoir embroché le lunatum après correction de la DISI, associé au « démontage » de la pseudarthrose, donne une idée précise de la perte de substance osseuse du scaphoïdienne.

Vient donc logiquement le calcul de la taille et de la hauteur du greffon, surtout s'il s'agit d'une greffe intercalée.

Ø Critères d'un « bon » scaphoïde :

Redonner la forme et la hauteur du scaphoïde définit implicitement les critères de réduction. Mais la restauration d'une forme anatomique du scaphoïde est difficile à obtenir : si l'angulation se normalise dans le plan sagittal, il n'en est pas de même dans le plan frontal où la correction reste en moyenne insuffisante, car les repères ou les mesures ne prennent pas bien en considération l'éventuelle malrotation ; pourtant, la restauration d'une surface articulaire scaphocapitale anatomique influence le résultat fonctionnel, en particulier la mobilité [37]. Pour évaluer la qualité de la réduction, il est possible de s'aider des critères proposés par Cooney et al. [35] repris dans l'article de Le Bourg [37], qui mesurent l'angulation des fragments de la manière suivante (Fig. 36).

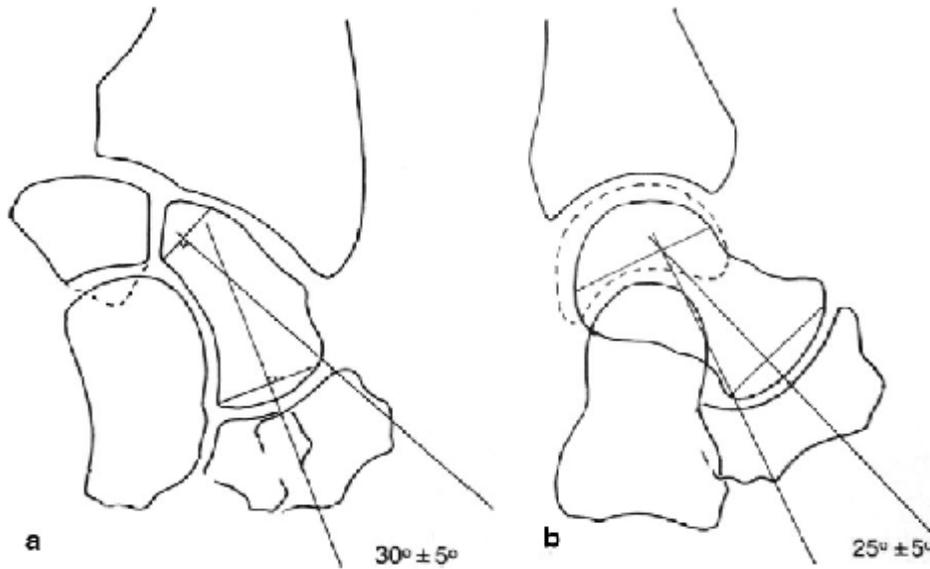


Fig. 36 : Critères réductionnels de Cooney et al. [35] (D'après Le Bourg) [37]. a. Angulation du scaphoïde sur le cliché de face. b. Angulation du scaphoïde sur le cliché de profil.

De face L'axe du pôle proximal est la bissectrice des lignes parallèles à l'articulation du pôle proximal avec le capitatum et l'extrémité distale du radius. L'axe du pôle distal est la perpendiculaire à l'articulation scaphotrapézienne. L'angle normal est de $30 \pm 5^\circ$.

De profil L'angle des fragments est l'angle que fait la perpendiculaire à la surface articulaire radioscapoïdienne à la perpendiculaire à la surface articulaire scaphotrapézienne.

L'angle normal est de $25 \pm 5^\circ$.

Ø L'ostéosynthèse :

Cette technique est préconisée dans les fractures polaires proximales ou vues à un stade précoce de pseudarthrose [11] [39]. Pour les auteurs, même en cas de fusion incomplète, le scaphoïde reste intact, préservant ainsi une excellente fonction du poignet et, en même temps, offrant le meilleur pronostic possible à long terme

(Fig.37). La fixation percutanée de certaines pseudarthroses sous contrôle arthroscopique seul, sans greffe, a été rapportée [40]. Pour prévenir la pseudarthrose quasi « programmée » de ces fractures polaires proximales, le recours à la fixation chirurgicale en urgence doit être large.



Fig.37 : Vissage proximo-distal d'une pseudarthrose récente.

a,b . Pseudarthrose stable et récente du scaphoïde.Vues préopératoires.

c,d . Vissage en compression.

1.2. Greffes osseuses non vascularisées :

En l'absence d'arthrose, voire en cas d'arthrose débutante styloscapoïdienne (stade IIB d'Alnot ou SNAC I débutant), un traitement conservateur se justifie, le but étant de faire consolider le scaphoïde.

▼ Type de greffe :

Tout a été décrit depuis les premières descriptions de greffe : Matti [41], le premier, a décrit la greffe d'os spongieux trochantérien pur en 1936, par voie dorsale après excavation des fragments scaphoïdiens ; Russe [42] en 1951 utilisa une greffe de crête iliaque spongieuse par voie antérieure ; dans les deux cas, aucune ostéosynthèse n'était associée.

Deux modifications y ont été apportées : l'utilisation de greffes corticospongieuses [36,42,10] et l'ostéosynthèse par broche(s) qui augmenta le taux de consolidation. La notion de « Matti-Russe » est apparue, terme générique signifiant une greffe encastrée après avoir, par voie antérieure, réalisé un sarcophage, associée ou non à une ostéosynthèse. D'autres proposent [43,37] une greffe intercalée corticospongieuse après excision du siège de la pseudarthrose.

Bien que soient rapportés de rares cas de greffes percutanées [44], elles sont presque toujours réalisées à ciel ouvert.

La greffe corticospongieuse iliaque tient toujours une large place, sans doute en raison de la qualité de son os spongieux et des caractéristiques mécaniques de l'os cortical. Pourtant, au moins deux publications confrontant la greffe iliaque à la greffe de radius ne montrent pas de différence significative en termes de résultats [45,46].

§ Technique de la greffe antérieure encastrée

Utilisable à partir du type III de Schernberg, elle est indiquée dans les formes I et IIA d'Alnot, dans ces cas où il n'est pas nécessaire de redonner de la hauteur au scaphoïde (Fig. 38).

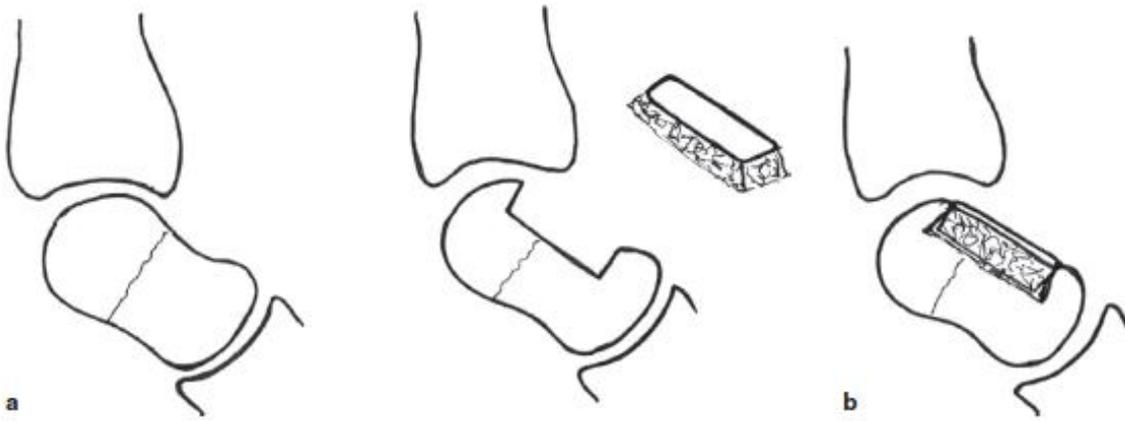


Fig. 38 : Schémas de la technique de greffe encastrée. Vues de profil.
a,b. Creusement du sarcophage. c. Mise en place du greffon retaillé.

L'intervention se déroule sous anesthésie locorégionale et sous garrot pneumatique, une crête iliaque dans le champ opératoire. Par voie antérieure, le scaphoïde est exposé. À l'aide d'une spatule mousse, d'une lame de bistouri et/ou d'un ciseau fin de Pauwels, l'opérateur sonde et pénètre dans le site de pseudarthrose.

Grâce à un petit ostéotome, il crée une fenêtre corticale antérieure. Une fois le couvercle ôté, la pseudarthrose est avivée à l'aide de curettes tranchantes et de fraises motorisées à faible vitesse. Il crée ainsi une cavité dans l'axe du scaphoïde alors que sont respectées les parois postérieures, latérale et médiale. Une attention particulière est portée au fragment proximal : évidemment avec curettes, perforations par mèches voire fraises motorisées toujours à faible vitesse, avec, au moindre doute sur sa vascularisation via son aspect, le lâcher de garrot [47]. Dans le cas contraire ou de principe pour certains, il faut savoir mettre dans le scaphoïde une voire deux broches, de distal en proximal, davantage qu'une vis.

§ Technique de la greffe antérieure intercalée :

Utilisable de même à partir du type III de Schernberg, elle est indiquée dans les formes IIB et IIIA d'Alnot, dans ces cas où il est nécessaire de redonner de la hauteur au scaphoïde (Fig.39).

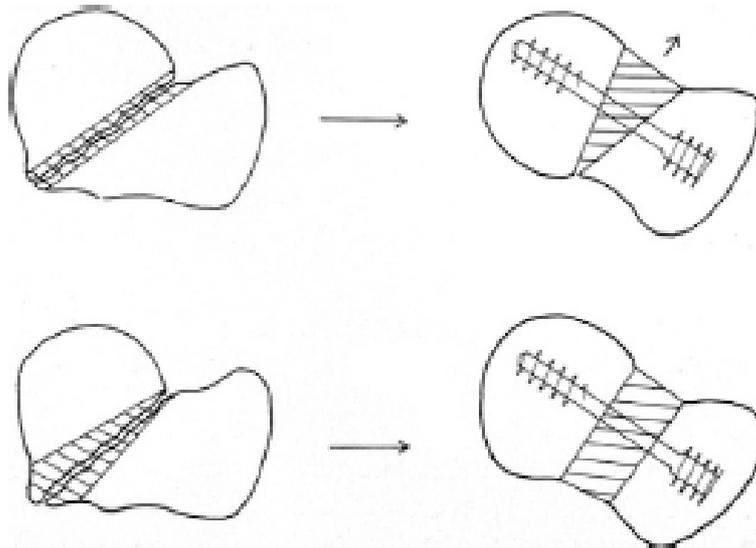


Fig. 39 : Schémas de la technique de greffe intercalaire. D'après Le Bourg [37].

L'intervention débute selon les mêmes principes. Une fois le scaphoïde exposé, le rétablissement de sa hauteur est obtenu en le dépliant, c'est-à-dire en l'ouvrant. Pratiquer une ostéotomie des deux fragments, parallèle entre eux, et une résection suffisante du foyer de pseudarthrose jusqu'à l'obtention d'un os sain saignant

[43]. Une greffe osseuse, cunéiforme ou trapézoïdale, est ensuite intercalée, montée ou non par broche(s) ou par vis, au mieux sans tête à double filetage.

§ Technique de la greffe spongieuse antérieure tassée :

Plutôt que d'employer un greffon corticospongieux, certains emploient des greffes uniquement spongieuses, tassées dans le site préparé à l'aide de spatules ou de curettes, en prenant garde qu'aucun fragment ne se libère dans les interlignes. Étant peu stable, ce type de greffe est associée à un brochage ou à un vissage [48] [49].

§ Technique de la greffe postérieure :

Proposée dans les types I et II de Schernberg, la greffe postérieure est plus difficile car l'accès dorsal du scaphoïde est étroit, faisant appel la plupart du temps à des greffes de spongieux pur [39,50]. Il ne sera réalisé aucune « résection » de la pseudarthrose ou de creusement, car cela risque de ne laisser que peu de pôle proximal pour la synthèse. Seul avec un jeu de curettes, l'opérateur enlève prudemment tout tissu fibreux, place des copeaux de spongieux dans le foyer et termine par un vissage en compression à l'aide d'une vis sans tête ou avec tête enfouie, le brochage étant ici inadapté.

▼ Type d'ostéosynthèse :

Toute la panoplie des ostéosynthèses y passe dans la littérature : broches, vis de Herbert, vis canulées, plaques vissées, agrafes anatomiques, voire implants biorésorbables. Dans les années 1980, Herbert prônait une vis à double filetage sans tête qui permet une compression du site fracturaire et l'enfouissement complet intraosseux de la vis, faisant reculer le recours au brochage [51,52]. Si, pour certains auteurs, le scaphoïde peut consolider avec une technique appropriée utilisant une greffe osseuse indépendamment du type de matériel [53], pour d'autres comme Christodoulou et al. [45], qui ont comparé trois méthodes de fixation (vis de Herbert, broches et vis AO [Association pour l'ostéosynthèse] de 2 mm), les résultats ne dépendaient pas du type de greffe mais du type d'ostéosynthèse : il n'existait aucune différence significative entre les deux séries de vis ; en revanche, les broches donnaient de moins bons résultats et demandaient une immobilisation plâtrée plus longue. Ces publications aux conclusions opposées font apparaître la difficulté de juger des résultats des modes d'ostéosynthèse, sachant qu'y sont associées des techniques de greffes variées. Dans l'étude multicentrique de Merrell et al. [54], les greffes intercalées associées au vissage obtenaient de meilleurs taux de

consolidation (94 %) dans les pseudarthroses instables que les mêmes greffes montées par broches (77 %). En synthèse, les broches sont peu stables, mais s'adaptent bien à l'anatomie du scaphoïde reconstruit, les vis donnent des montages en théorie plus stables, mais elles occupent de la place et leur serrage risque d'expulser le greffon. Moins fréquent est l'emploi des agrafes, difficiles à disposer, qui ont l'inconvénient théorique du moins de « fermer » un scaphoïde que l'on vient de déplier [55].

1.3. Greffes vascularisées :

De nombreuses techniques de GV, essentiellement pédiculées, sont rapportées dans la littérature, basées en général sur des branches accessoires comme les artères carpiennes palmaires [56,57] ou dorsales [58], rarement un axe principal comme le pédicule ulnaire [59].

Ces transferts vascularisés montrent d'une part un taux faible d'échec, d'autre part une durée de consolidation plus courte ; enfin, elles représentent souvent le dernier recours après un échec de GNV [60]. Bien entendu, tous les principes opératoires associés à ces greffes, employées soit encastrées, soit parfois intercalées, restent les mêmes : abord, rétablissement de la hauteur, ostéosynthèse...

Les techniques peuvent être classées en trois types : l'implantation intrascaphoïdienne d'un pédicule vasculaire, les transferts osseux vascularisés pédiculés – les plus utilisés – et les transferts osseux vascularisés libres.

1.3.1. Implantation d'un pédicule vasculaire :

Elle fut décrite initialement par Hori et al. [61] en 1979. Les auteurs ont implanté expérimentalement un pédicule vasculaire dans un os nécrotique, sans greffe osseuse complémentaire. Il s'est produit une prolifération active de vaisseaux sanguins et l'apparition d'os nouveau. Fernandez et Egli [62] ont proposé une technique de revascularisation, par l'implantation du deuxième axe intermétacarpien

dorsal, associée à une greffe osseuse conventionnelle ; les auteurs ont rapporté 10 succès sur

11 cas traités, avec un délai moyen de consolidation de 10 mois. Avec cette technique, Bartelmann et Kalb [63] ont obtenu une consolidation 5 fois dans 6 cas.

Pour séduisantes qu'elles soient, ces techniques ne sont pas d'un emploi courant et ne rivalisent pas de manière générale avec les autres techniques de GV.

Elles n'ont pas montré une perméabilité à long terme des vaisseaux implantés, et le délai de revascularisation de l'os nécrotique ou de la greffe en entier est long.

1.3.2. Transferts osseux vascularisés pédiculés :

Ils restent les plus employés, grâce à une meilleure compréhension de l'anatomie vasculaire locale du poignet et des anastomoses distales au carpe et à la main. Le radius, l'ulna et les métacarpiens représentent les trois sites donneurs potentiels.

Transferts osseux vascularisés par un pédicule de l'avant-bras

En pratique, trois axes sont utilisés : ulnaire, radial et interosseux antérieur.

Rares sont ces transferts employés pour traiter une nécrose ou une pseudarthrose du scaphoïde. Guimberteau et Paconi [59] ont décrit un transfert osseux antérieur aux dépens de l'ulna, basé sur l'artère ulnaire ; 8 pseudarthroses ont été traitées avec cette technique dont 2 nécroses, chez des patients ayant tous subi auparavant une GNV : tous les scaphoïdes ont consolidé, dont les 2 nécroses, avec un délai moyen de 4,5 mois.

Le transfert osseux antérieur de radius pédiculé sur l'artère radiale est décrit essentiellement dans les reconstructions du pouce, comme transfert composite.

Nous avons peu d'exemples de l'emploi de l'épiphyse radiale dorsale vascularisée par la branche postérieure et inférieure de l'artère interosseuse antérieure [64] ou la branche postérieure et supérieure [65], si ce n'est avec l'article

de Dos Remédios et Schoofs [66], qui obtiennent sur 4 cas une consolidation, en utilisant des greffons de radius pédiculés par les deux branches après ligature proximale de l'artère interosseuse antérieure.

Ces transferts osseux, apportant pourtant un os de bonne qualité, pèchent par leur difficulté technique et sont plutôt réservés à la reconstruction post-traumatique de la main.

- Transferts osseux vascularisés par un pédicule mineur :

Kuhlman et al. [56] ont décrit un transfert osseux palmaire aux dépens de l'épiphyse radiale, basé sur l'arcade transverse du carpe. Roux [67] a rapporté avec cette technique un taux de consolidation de 100 %, Mathoulin et Haerle, en 1998 [57], ont rapporté 17 consolidations sur 17 cas, avec un délai moyen de 2 mois (Fig.40),

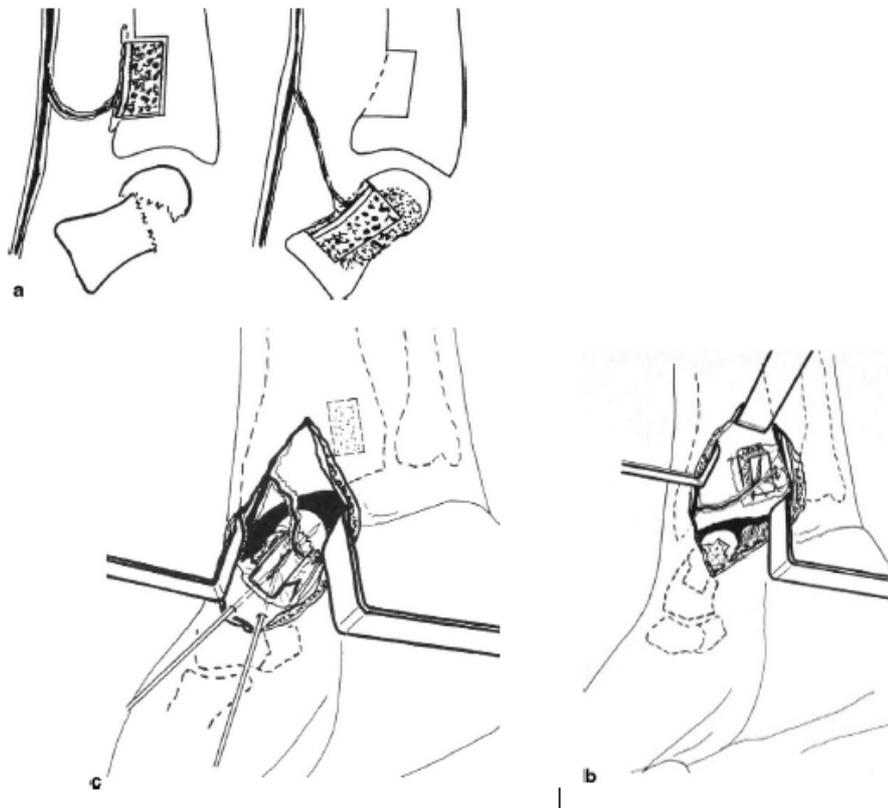


Fig. 40 : Schémas : greffe osseuse vascularisée selon Mathoulin. a. Principes de la technique. b. Prélèvement du greffon osseux. c. Mise en place du greffon. *D'après Roux [67].*

Zeidemberg et al. [58], puis d'autres auteurs [68,69], ont rapporté un transfert d'épiphyse radiale postérieure, vascularisé par l'artère du processus styloïde radial (artère entre les premier et deuxième compartiment des extenseurs) (Fig.41) ; Henry [70] rapporte 100 % de consolidation par greffon trapézoïdal vascularisé par la même artère, entre les premier et deuxième compartiment. Steinmann et al. [71] ont décrit des transferts dorsaux vascularisés par l'artère intercompartimentale des deuxième et troisième compartiments (le greffon osseux étant le Lister) ; les transferts levés aux dépens de l'artère du quatrième compartiment des extenseurs et celle du cinquième compartiment sont employés plutôt dans la maladie de Kienböck, mais ils furent rapportés récemment par Kirkeby et al. [72] dans le traitement de pseudarthroses du pôle proximal du scaphoïde.

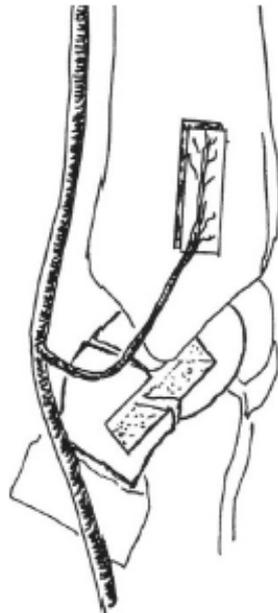


Fig.41 : Schéma : greffe osseuse vascularisée selon Zaidemberg.

Le transfert osseux du premier métacarpien [73,74] a été développé suite aux travaux anatomiques de Bertelli et al. [75]. Dont l'intérêt étant la possibilité d'un abord palmaire ou dorsal [78]. Le deuxième métacarpien est aussi un site donneur [76,77], vascularisé par la première artère métacarpienne dorsale.

- Transferts osseux vascularisés pédiculés sur un muscle :

Le greffon vascularisé prélevé aux dépens du tubercule distal du scaphoïde et vascularisé par le chef externe du court abducteur du pouce [79] [80]. Le carré pronateur est employé par quelques auteurs, avec un greffon prélevé sur l'épiphyse radiale antérieure. Plusieurs artifices ont été décrits permettant d'améliorer l'arc de rotation du transplant [81].

- Ø Transferts osseux vascularisés pédiculés « au hasard » :

Zhenman et Zhiguang proposent une greffe ostéofasciale de styloïde radiale, Décrite en 1986, levée comme un « *random pattern flap* » ou « lambeau au hasard ».

1.3.3. Transferts osseux vascularisés libres :

Le transfert ostéopériosté libre supracondylien du fémur a été rapporté par Doi et al. [82] avec, Pechlaner et al. et Gable et al.[83] [84] utilisent un transfert libre de crête iliaque vascularisée par l'artère circonflexe iliaque profonde, mais leur taux de consolidation n'atteint pas les scores des transferts pédiculés.

1.4. Autres techniques « d'aide à la consolidation » :

Elles sont plus anecdotiques et donc plus restreintes dans leurs indications

- Protéines ostéo-inductrices.
- Ultrasons.
- Champs électromagnétiques.

2. Traitement des nécroses du pôle proximal sans possibilité de conservation au stade préarthrosique :

Situation non exceptionnelle, la nécrose pose un véritable problème de prise en charge. Certaines techniques se discutent dès lors que le patient est gêné au quotidien, que le pôle proximal est affaissé, détruit, que le carpe se déstabilise, ou qu'il existe une arthrose débutante (styloscaphoïdienne essentiellement). Le nombre des techniques prouve l'absence de consensus sur l'attitude à adopter. Certaines

sont classiques, d'autres assez innovantes comme les implants scaphoïdiens qui reviennent à la mode avec de nouveaux matériaux. Quelle que soit l'intervention, elle consiste presque toujours initialement en une scaphoïdectomie partielle.

2.1. Scaphoïdectomie proximale associée à une interposition :

Elle fait appel à divers matériaux de substitution.

Logique, simple dans le principe, elle ne fait que retarder une évolution arthrosique inéluctable, car ne reconstituant pas la continuité de la première rangée.

2.1.1. Implants de silicone :

Ils sont rapportés par de nombreux auteurs [85] [86] [87], avec une inconnue à long terme concernant le comportement de l'implant, le risque de siliconite et d'arthrose.

2.1.2. Allogreffe polaire proximale :

Anecdotique, elle fut décrite pour les pseudarthroses ou les nécroses par Carter et al. [88] en 1989.

2.1.3. Matériel biologique :

Le fascia ou un tendon peut améliorer un patient à court terme, avec l'incertitude du long terme.

2.1.4. Implant adaptatif du scaphoïde proximal (APSI) [89] :

Plus ou moins associée à une styloïdectomie a minima, cette technique est d'actualité. L'implant remplace le pôle proximal du scaphoïde ; il a semble-t-il pour but de traiter l'arthrose stylo-scaphoïdienne et de prévenir, en restituant la hauteur de la première rangée du carpe, l'évolution vers le collapsus carpien et l'arthrose. Il s'individualise par sa forme ovoïde et son matériau, le pyrocarbone, qui lui donne une mobilité « adaptative » lors des mouvements des os de la première rangée.

Pour Péquignot et al. [89], l'APSI est prometteur dans les pseudarthroses polaires proximales, lorsqu'un traitement curatif n'est plus possible. Mathoulin [90]

a depuis diffusé une technique arthroscopique de scaphoïdectomie proximale et de mise en place de l'APSI (Fig.42).



Fig. 42 : Scaphoïdectomie proximale et implant APSI sous arthroscopie. a. Radiographie de face préopératoire. b. Radiographie de face postopératoire.

2.1.5. Greffe de cartilage chondrocostal :

Elle a été initialement rapportée pour l'articulation

Temporo-mandibulaire, puis à la main avec succès au niveau de l'interphalangienne proximale. Elle est d'utilisation récente pour le poignet [91]. Lepage et al. [92] ont également proposé la greffe de cartilage dans les pseudarthroses polaires proximales avec une arthrose radio-scaphoïdienne débutante, l'objectif de l'intervention étant une tentative de « reconstruction » pôle proximal du scaphoïde. Dans leur série de 10 cas, aucune nécrose n'était rapportée.

2.2. Scaphoïdectomie proximale associée à une arthrodèse scaphocapitale [93] :

Il ne s'agit plus d'une scaphoïdectomie isolée, car s'y associe une arthrodèse médiocarpienne, dont les résultats se rapprochent de ceux de l'arthrodèse des deux os (lunatum et capitatum) ou des quatre os de Watson [94].

3. Traitement de la pseudarthrose sur poignet arthrosique :

Nous ne ferons ici qu'envisager brièvement les techniques chirurgicales proposées, qui ont presque toutes comme dénominateur commun l'exérèse plus ou moins complète du scaphoïde. En effet, au stade d'arthrose confirmée, nous ne pourrions plus proposer de traitement conservateur, le risque d'échec étant majeur, avec un poignet restant douloureux, et en raison de la poursuite voire de la nette aggravation de l'évolution arthrosique. Les techniques étant nombreuses, le choix est difficile, sachant qu'aucune ne fait véritablement l'unanimité et que chaque équipe a ses tendances.

Gestes osseux

Ø Scaphoïdectomies partielles proximales :

Associées à une interposition, elles ont peu de place ici en raison du type même d'arthrose qui laisse en place le scaphoïde distal. Il y a en revanche une place pour la scaphoïdectomie distale associée à une styloïdectomie.

Ruch et al. [95] ont publié avec succès cette technique originale, sous arthroscopie, chez 3 patients, dont un cas de nécrose proximale avérée. Pour les auteurs, cette technique a une morbidité minime et ne nécessite qu'une courte immobilisation. Mais ici aussi, le résultat avec recul est inconnu. Elle assure pour les auteurs la prévention de l'*impingement* radioscaphoïdien ; de ce fait, le risque d'arthrose scaphocapitale peut être diminué et une arthrodèse médiocarpienne ne pas être nécessaire. Néanmoins, ce « scénario » peut paraître optimiste, puisqu'on

ne corrige pas la désaxation carpienne. Mallerich et al. [96] ont également rapporté en 1999 cette technique dans les pseudarthroses plus distales, sans arthrose radioscapoïdienne proximale, pour traiter les douleurs du poignet en relation avec la bascule palmaire du fragment scaphoïdien distal.

Ø Scaphoïdectomies totales :

Enlever un scaphoïde ne peut être proposé de manière isolée. Un geste osseux s'impose pour éviter de déstabiliser le carpe à moyen terme. Plusieurs options existent.

Ø Résection de la première rangée des os du carpe :

En général isolée (résection des trois os de la première rangée : scaphoïde, lunatum, triquetrum) voire associée à un certain nombre de gestes (interposition de capsule dorsale, excision proximale du capitatum associée à un implant, dénervation totale, styloïdectomie radiale...), cette intervention ne peut être proposée raisonnablement qu'en cas d'arthrose limitée à l'articulation radiocarpienne (Fig.43).



Fig.43 : Résection de la première rangée des os du carpe. Radiographie du poignet de face.

Les rares séries à long terme montrent qu'il n'y a pas de corrélation radioclinique et que les résultats semblent stables dans le temps. Cette intervention efficace donne un poignet indolore, mobile et fort, compatible avec une vie sociale et professionnelle. Ses limites sont représentées par le travailleur manuel lourd (une dégénérescence radio-grand os peut survenir, conduisant au réveil des douleurs).

Ø Arthrodèses partielles :

La scaphoïdectomie totale peut être associée à une arthrodèse partielle lunocapitale [97] ou plutôt actuellement des « quatre os », c'est-à-dire le lunatum, le capitatum, l'hamatum et le triquetrum [94] (Fig.44).



Fig.44 : Scaphoïdectomie totale et arthrodèse des quatre os internes par agrafe quadripode. Radiographie du poignet de face.

Pour éviter le collapsus du carpe. Dans cette intervention, est mise en charge l'articulation radiolunaire qui reste le plus souvent et très longtemps normale. L'arthrodèse des quatre os laisse selon Watson une mobilité d'une trentaine de degrés de part et d'autre de la neutralité, améliore de 20 à 30 % la force de prise et celle de la pince et donne des résultats stables dans le temps.

Les résultats dans la littérature des arthrodèses partielles montrent un taux d'échec et de complications supérieur et pas d'avantages par rapport à la carpectomie proximale, sauf dans les stades III de Watson. Au moins cinq études comparatives [98] [99] [100] [101] [102] sont en faveur de la résection ou ne montrent pas de différence significative ; une revue récente et comparative de la littérature donne des résultats similaires entre carpectomie et arthrodèse des quatre os [103].

Ø Arthrodèse totale :

Il s'agit sans aucun doute du meilleur traitement dans la prise en charge de la douleur ; elle permet la reprise d'un travail de force, mais au prix du sacrifice de la mobilité du poignet. Si elle doit rester l'ultime recours, ses meilleurs résultats semblent obtenus lorsqu'elle est proposée de première intention [104] (Fig. 45).

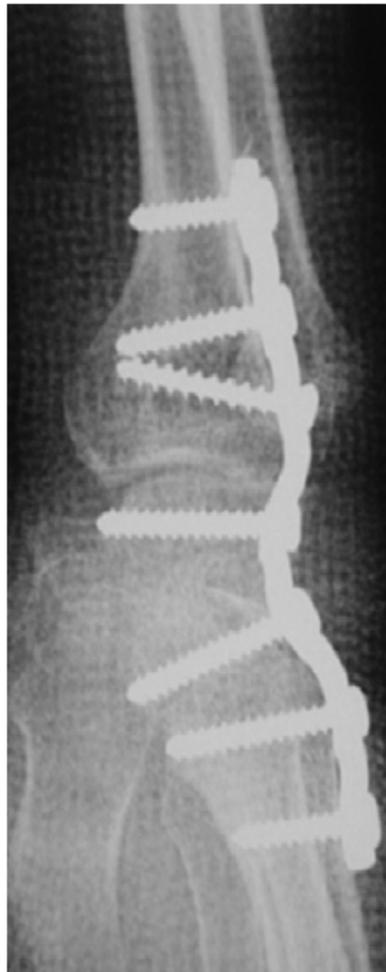


Fig.45 : Arthrodèse totale montée par plaque vissée. Radiographie du poignet de profil.

Ø Ostéotomie d'horizontalisation de la glène radiale :

Décrite par Papachristou et al. [105] dans les pseudarthroses avec arthrose radioscapoïdienne, elle est proposée essentiellement à visée antalgique. Il s'agit d'une ostéotomie de fermeture par résection cunéiforme de la glène du radius.

II. ANALYSE DES RESULTATS

A. Sociodémographique

1. Age :

La pseudarthrose du scaphoïde concerne surtout le sujet jeune.

Tableau 1 : comparaison de l'âge moyen de notre série avec la littérature.

Auteur	Honning VD et al	Chantelot C et al	Le Bellec Y et al	Prosser GH et al	Séries nationales		Notre série
					Morghani et al	Elghazouli N et al	
Nombre de cas	77	58	47	30	18	15	21
Moyenne d'âge (ans)	54	26.7	29	26.3	24	30	27

L'âge moyen de nos patients est de 27 ans (entre 19 et 52 ans) ce qui est comparable à la série de Chantelot C et al. où la moyenne d'âge est de 26.7 et légèrement supérieur à l'âge moyen des patients dans la série de Morghani et al. qui est de 26ans au moment de l'intervention.

2. Sexe :

Tableau2 : comparaison du sexe de notre série avec des autres travaux de la littérature.

Auteur	Honning VD et al.	Chantelot C et al.	Le Bellec Y et al.	Prosser GH et al.	Séries nationales		Notre série
					Morghani et al.	Elghazouli N et al.	
Nombre de cas	77	58	47	30	18	15	21
Pourcentage des hommes	96%	88%	87%	93%	94.4%	86%	100%
Pourcentage des femmes	4%	12%	13%	7%	4.6%	13%	0%

Ainsi, tous nos patients de notre série sont de sexe masculin. On retrouve aussi une prédominance masculine dans la série de Le Bellec et Alnot avec 87% d'hommes, et dans la série de Honning VD et al avec 96% d'hommes.

La nette prédominance masculine pourrait être attribuée à l'exposition fréquente des hommes aux accidents de travail (52%) et aux accidents de sport (43%).

B. Données cliniques :

1. Les signes fonctionnels :

La pseudarthrose du scaphoïde peut être révélée par des symptômes tels que la douleur chronique au niveau du poignet, ou une impotence fonctionnelle partielle. Elle peut également être asymptomatique de découverte fortuite.

Dans notre série, tous les patients présentaient des douleurs du poignet, ce qui est supérieure à la moyenne de 76.5% retrouvée dans la série de Le Bellec et Alnot (2008). Par ailleurs, Cette douleur est le plus souvent accompagnée d'une diminution de la force de préhension par rapport au côté sain, que d'une perte significative de la mobilité du poignet.

Avec les mois et les années, le poignet perd progressivement en force et en amplitudes articulaires. Les douleurs se majorent et deviennent handicapantes. C'est l'apparition de l'arthrose qui marque le terme de l'évolution de cette pathologie.

[106] [107] [108]

2. Le coté atteint :

Dans notre série, le coté dominant est atteint dans 48% des cas. Légèrement inférieur à la moyenne retrouvée dans la série de Le Bellec et Alnot (2008) avec 53%.

C. Délai Entre le Traumatisme Et la Consultation :

Dans notre série la durée moyenne entre le traumatisme initial et la première consultation, a été de 16 mois avec des extrêmes entre 1 ans et 3 ans. Cette fréquence est similaire à celle de Merghani HW et al. (2007).

Tableau 3 : comparaison du délai entre le traumatisme initial et la prise en charge de la pseudarthrose. La comparaison du taux méconnu des fractures du scaphoïde avec les chiffres avec la littérature.

	Honning VD et al. (1991)	Chantelot C et al.	Prosser GH et al. (2003)	Séries internationales		Notre série (2018)
				Merghani HW et al. (2007)	El Ghazouli N et al. (2000)	
Délai entre le traumatisme initial et la prise en charge de la pseudarthrose (mois)	33	35	60.3	18	12	16
Taux méconnu des fractures du scaphoïde	-	77.6%	-	66.6%	66%	90%

D. Traitement initial :

Dans notre série, le diagnostic de fracture été fait pour 10% des patients. Ces résultats sont proches de ceux obtenus dans la série de Chantelot C et al. qui sont de 22%. Il faut donc insister sur l'importance du diagnostic initial devant tous les traumatismes du poignet. (Tableau 3)

E. Données d'imageries :

1. Radiographie standard :

La radiographie standard est un examen clé pour le diagnostic de la pseudarthrose du scaphoïde. Cet examen permet, à partir des différentes incidences (de face, de profil, Schneck, ...) le diagnostic lésionnel ainsi que la classification de la pseudarthrose.

Les images suspectes d'une pseudarthrose sont variées, dont les plus rencontrées sont : les géodes, la condensation des berges, l'élargissement du trait de fracture, et un collapsus complet du scaphoïde avec une arthrose complète du poignet à un stade avancé. [2] [3] Tous nos patients ont bénéficié de clichés de face, de profil et selon besoin (Schneck).

a. Siège du foyer de fracture

La fréquence respective des différentes variétés de fracture est relativement homogène dans notre analyse personnelle, et dans les autres séries de la littérature. [109] [107]

Pour l'analyse anatomique, le type le plus fréquent a été regroupe sous le terme de fracture moyennes, il englobe les types II, types III et les types IV. Ces 3 types représentent 96 % dans notre série et dans les deux autres séries nationales respectivement 94% et 100%. Les mêmes résultats sont retrouvés dans les autres travaux de la littérature. [109] [110] [107] [111]

Tableau 4 : Comparaison des différentes variétés de fracture selon la classification de Schernberg.

Variétés de schernberg	RACHID K et al	Honning VD et al	Chantelot C et al	Le Bellec Y et al	Séries nationales		Notre série
					Merghani HW et al	Elghazouli N et al	
I	25%	22.1%	-	-	-	-	-
II	-	-	19%	26%	55.5%	13%	33%
III	-	75.3%	69%	57%	27.7%	60%	53%
IV	-	-	12%	17%	16.6%	20%	14%
II+III+IV	60%	100%	100%	100%	100%	94%	100%
V	15%	-	-	-	-	6%	-
VI	-	-	-	-	-	-	-

b. Type de pseudarthrose :

Nos résultats sont proches de ceux de la littérature.

Tableau 5 : Comparaison des types de pseudarthrose avec la littérature selon la classification d'Alnot.

Variétés de ALNOT	RACHID K et al	Honning VD et al	Chantelot C et al	Le Bellec Y et al	Séries nationales		Notre série
					Merghani HW et al	Elghazouli N et al	
STADE I	15%	21%	22%	-	22%	-	-
STADE IIA	40%	60%	35%	40%	38.8%	60%	52%
STADE IIB	40%	-	38%	60%	33%	13%	48%
STADE III	5%	13%	5%	-	5.5%	26%	-
STADE IVA	-	6%	-	-	-	-	-
STADE IVB	-	-	-	-	-	-	-

2. Scanner /IRM.

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

L'IRM est sûrement l'examen le plus fiable pour juger la vascularisation osseuse, en montrant l'aspect hypodense de l'os mal vascularisé, et en cas de pseudarthrose du pôle proximal, elle permet le choix thérapeutique. Cependant du fait de leurs couts économiques son utilisation est assez restreinte.

Dans notre étude la TDM a été réalisée pour deux cas, l'IRM dans aucun cas. En revanche, dans l'étude de Le Bellec et all [107], L'IRM a été pratiquée trois fois pour évaluer la vitalité du pole proximal.

F. Traitement :

1. Anesthésie :

Dans notre série, la totalité des patients ont été opérés sous anesthésie générale (100%), pour des raisons de confort du chirurgien orthopédiste. [112], et de la nécessité d'un abord iliaque. Dans la série de El Ghazouli N et al, la majorité des patients sont opérés sous anesthésie générale (86%).

2. Voie d'abord :

Tous les patients de notre série ont été opérés par voie d'abord antérieure. Cette voie d'abord présente plusieurs avantages ; elle permet d'abord la préservation de la vascularisation du scaphoïde, à prédominance dorsale [107].

La voie d'abord antérieure est adoptée dans la plupart des séries.

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

	Le Bellec Y et al	Chantelot C et al	Merghani HW et al	ElGhazouli N et al	Notre série
Voie antérieure	100%	93%	100%	100%	100%
Voie postérieure	0%	7%	0%	0%	0%

3. Greffe corticospongieuse :

Dans notre série, tous les greffons ont été prélevés sur la crête iliaque, car ce type de greffon semble présenter une meilleure résistance en compression. [107]

Le prélèvement osseux au niveau du radius, plutôt qu'à la crête iliaque, permet un temps opératoire plus court et une morbidité moindre. Levadoux et al [113] on souligne le risque des fractures articulaires du radius lors du prélèvement d'un gros greffon surtout au début de la courbe d'apprentissage. La taille d'un greffon radial est limitée par la proximité à la surface articulaire radiale. Dans les

pseudarthroses avec une perte de substance osseuse importante, ce greffon pourrait donc être insuffisant, contrairement à un greffon iliaque qui n'est pas limité en taille.

L'os d'origine radiale, par rapport à l'os iliaque, est structurellement de moindre qualité et présente un renouvellement cellulaire plus faible [113]. Pour Straw et al [114], un greffon radial est plus friable et moins robuste qu'un greffon iliaque. Pour Gabl et al. également, l'os iliaque est de meilleure qualité que l'os radial et donc est plus favorable à la consolidation [114].

4. Type d'ostéosynthèse :

Dans notre travail 100% des cas (soit 21 patients) ont bénéficié d'une ostéosynthèse par broche dont la mise en place est facile et non traumatisante pour l'articulation scapho-trapezienne, pour le foyer de pseudarthrose et pour le pôle proximal. Ces résultats sont similaires à celle de Le Bellec Y et al et de Rachid K.

Tableau 6 : Type d'ostéosynthèse en comparaison avec la littérature.

	Le Bellec Y et al	RACHID K et al	El GHazouli N et al	Chantelot C et al	Boussakri H et al	Notre série
Aucun	-	-	80%	43%	73%	-
Broche	100%	100%	-	33%	27%	100%
Vis d'Herbert	-	-	-	15%	-	-
Vissage+ embrochage	-	-	20%	-	-	-
Agrafe	-	-	-	9%	-	-

G. Résultats :

1.Consolidation :

En postopératoire, La consolidation a été retrouvée chez 100% de nos patients, nous ne retrouvons pas de grande différence par rapport aux études ayant utilisé la même technique chirurgicale.

Tableau 7 : Taux de consolidation en comparaison avec les séries adoptant le traitement par greffe ostéo spongieuse et ostéosynthèse.

ANNEE	AUTEUR	NOMBRE DE CAS	TAUX DE CONSOLIDATION
1988	MASSART ET AL	25	88%
1988	OBERLIN	59	95.5%
1993	SAVORNIN	17	94%
1994	LEBOURG	33	90%
1997	INOUE	160	90%
2000	EL GHAZOULI ET AL	3	100%
2002	RACHID K ET AL	20	95%
2004	MUNK ET LARSEN	147	84%
2005	CHANTELOT	58	81%
2007	MERGHANI EET AL	18	89%
2008	LEBELLEC	47	87%
2017	BENKIRANE S (CHU FES)	24	87.5%
2018	Notre série	21	100%

Ø Comparaison entre une greffe conventionnelle et un greffon vascularisé

Plusieurs études ont montré la supériorité de la technique de greffon osseux vascularisé par rapport à la greffe conventionnelle avec ou sans ostéosynthèse. Le taux de consolidation dans plusieurs séries est de 100%. [114] [58] [115]

Mais cette technique nécessite un chirurgien entraîné et son apprentissage est plus difficile par rapport à celui des greffes non vascularisées, qui sont plus accessibles aux jeunes opérateurs, en plus des limites des greffons d'origine radiale par rapport aux greffons iliaques. [113]

2. Complications :

Les complications dans les 14 % des cas sont : 2 cas d'algodystrophies, un cas de migration du matériel d'ostéosynthèse sans déplacement. Aucun cas d'échecs de consolidations ni d'infection n'a été observé. Ce résultat est globalement proche de celui trouver dans les différentes publications de la littérature. [109] [110] [116] [111] [117]

Tableau 8 : taux global des complications dans notre série avec revue de la littérature

	RACHI D K et al	MASSAR T et al	HONNIN G VD et al	MERGHA NI Hw et al	CHANTELO T C et al	Notre série
Nombre de cas	20	25	77	18	58	21
Infection	1	0	0	1	0	0
Algodystrophie	1	0	0	1	0	2
La non consolidation	0	8%	0	2	19%	0
Autre	1 cal vicieux	0	0	0	0	1 migration de broche
Taux de complication	15%	8%	10%	11.1%	19%	14%

3. Résultats fonctionnels :

Les patients ne se plaignent pas directement de leur pseudarthrose, mais de ses conséquences (la douleur, la diminution de la mobilité, de la force, ...), d'où l'intérêt des scores fonctionnels. Tous nos patients ont repris leur travail antérieur, l'amélioration porte surtout sur la douleur, la mobilité est souvent diminuée, la force est également en moyenne diminuée mais s'améliore après la consolidation et la rééducation. Globalement, les greffes cortico-spongieuses non vascularisées donnent des résultats subjectifs excellents.(Tableau 9)

Tableau 9 : Comparaison des résultats fonctionnels avec les données de littérature.

Étude	Nombre de cas	Résultats fonctionnels
CHANTELOT C et al (2005)	58	- Excellent : 82% - Bon : 9% - Moyen : 6% - Mauvais : 3%
EL GHAZOULI N et al	15	- Bon : 26% - Assez bon : 53 % - Mauvais : 20%
LEBELLEC Y et al	47	- Excellent : 3,6 % - Bons : 60,7 % - Moyens 14,3 %
BENKIRANE S (CHU FES)	24	-Excellents : 50% -Bons : 29,2% -Moyens : 8,3% -Mauvais : 12,5%
Notre série	21	- Excellent : 52 % - Bons :29 % - Moyens :19 %

CONCLUSION

La situation intermédiaire du scaphoïde carpien entre la première et la deuxième rangée assurant le rôle de verrou externe d'articulation médiocarpien, explique en grande partie sa susceptibilité aux traumatismes.

La pseudarthrose du scaphoïde carpien expose le poignet à un grand risque d'arthrose et compromet la fonction de la main, le but de son traitement est d'obtenir l'indolence du poignet et de prévenir l'apparition de cette arthrose. Pour cela il faut non seulement obtenir la consolidation du scaphoïde, mais restaurer sa hauteur, sa morphologie, obtenir la fusion osseuse, et corriger la bascule dorsale du lunatum associée.

Pendant une période de 7ans, entre juin 2010 et aout 2016, 21 cas de pseudarthrose du scaphoïde carpien stade II de l'Alnot ont été traités au sein du service de traumatologie de l'hôpital militaire Moulay Ismail de Meknès, par la technique de Matti-Russe. La consolidation a été obtenue dans tous les cas soit 100%.

La greffe antérieure associée à une stabilisation par broches comme traitement des pseudarthroses du scaphoïde en plus de sa facilité de réalisation, nous a permis de faire face à toutes les éventualités, et d'avoir des résultats régulièrement satisfaisants.

RESUMES

RESUME :

Introduction :

La fracture du scaphoïde carpien est la plus fréquente des os du carpe. Sa pseudarthrose expose le poignet à un grand risque d'instabilité et d'arthrose. Elle compromet également la fonction de la main. Son traitement est basé sur l'ostéosynthèse et la greffe osseuse. Plusieurs techniques sont décrites, mais la technique de MATTI-RUSSE reste la plus utilisée.

Le but de ce travail est de discuter le profil épidémiologique et radio-clinique de la pseudarthrose du scaphoïde carpien ainsi que les modalités du traitement chirurgical, en mettant en avant l'intérêt de la technique de MATTI-RUSSE.

Patients et méthodes :

Nous avons colligé 21 patients atteints de pseudarthrose du scaphoïde carpien stade IIA et IIB de Alnot, admis pour prise en charge chirurgicale au sein de service de traumatologie de l'hôpital militaire Moulay Ismail de Meknès entre Juin 2010 et Aout 2016. Une fiche d'exploitation préétablie a servi à relever, à partir des dossiers des patients, leurs données cliniques, radiologiques, thérapeutiques et évolutives.

Résultats :

L'âge moyen était de 27 ans, avec une nette prédominance masculine. Tous nos patients ont présenté des douleurs et une impotence fonctionnelle, avec diminution des amplitudes articulaires. Le délai moyen entre la fracture et la greffe était de 16 mois. La radiographie standard faite chez tous nos patients trouve, selon la classification d'Alnot ,52 % stade IIA et 48 % stade IIB.

Tous nos patients ont bénéficié d'un traitement chirurgical parla technique de Matti-Russe. La consolidation radiologique évidente a été obtenue chez tous nos patients. Nous avons eu 3 complications notables : deux cas d'algoneurodystrophie

traités et guéris, et un cas de migration du matériel d'ostéosynthèse sans déplacement.

Discussion :

La pseudarthrose du scaphoïde carpien constitue la principale complication de la fracture du scaphoïde. Le plus souvent, cette fracture est en elle-même méconnue. Son évolution se fait inéluctablement vers l'arthrose du poignet à terme invalidante. Le traitement est avant tout chirurgical. Parmi la multitude de techniques proposées aujourd'hui, celle de la greffe cortico-spongieuse de MATTI-RUSSE reste une référence. Mais, il s'avère nécessaire de pouvoir discuter d'autres moyens thérapeutiques en fonction du stade évolutif de la pseudarthrose du scaphoïde.

Conclusion :

Le nombre peu important des cas ne permet pas de tirer de conclusion statistiquement significative. Cependant, on ne peut pas nier la satisfaction que nous a donné l'intervention de MATTI-RUSSE en traitant les pseudarthroses sans arthrose.

Mots clés : Scaphoïde carpien, Pseudarthrose, Matti-Russe.

ABSTRACT:

INTRODUCTION:

The fracture of the carpal scaphoid is the most common carpal bone fracture. Its pseudarthrosis exposes the wrist to a high risk of instability and osteoarthritis and compromises the function of the hand. Its treatment is based on osteosynthesis and bone grafting open fire. Several techniques will be described, but the MATTI-RUSSE technique remains the most used.

The aim of this work is to discuss the epidemiological and radio-clinical profile of carpal scaphoid pseudarthrosis as well as the modalities of surgical treatment, highlighting the interest of the MATTI-RUSSE technique.

Patients and methods:

The study was made on 21 patients with carpal scaphoid stage IIA and IIB from Alnot. They were admitted for surgical management in traumatology at Moulay Ismail military hospital in Meknes between June 2010 and August 2016. A pre-established exploitation file was used to identify patient, clinical, radiological, therapeutic and evolutionary data.

Results:

The average age was 27 years, with a clear male predominance. All our patients presented functional pain and impotence, with a decrease in joint amplitudes. The average time between fracture and transplant was 16 months. The standard radiograph made on all our patients is shows, according to Alnot's classification, 52% stage IIA and 48% stage IIB.

All our patients have undergone surgical treatment by Matti-Russe technique. The obvious radiological consolidation has been obtained in all our patients' cases. We had 3 notable complications: two cases of treated and cured

algoneurodystrophy, and one case of migration of osteosynthesis material without displacement.

Discussion:

Carpal scaphoid pseudarthrosis is the main complication of the scaphoid fracture. Most often, this fracture is itself unknown. Its evolution is inevitably towards osteoarthritis of the wrist, disabling at term. Treatment is primarily surgical. Among the multitude of techniques proposed today, that of the cortico-spongy graft of MATTI-RUSSE remains the reference. However, it is necessary to discuss other therapeutic means depending on the stage of development of pseudarthrosis of the scaphoid.

Conclusion:

The small number of cases does not allow us to draw a statistically significant conclusion. However, we cannot deny the satisfaction that the intervention of MATTI-RUSSE has given us by treating non-osteoarthritis without osteoarthritis.

خلاصة:

مقدمة:

يعد كسر الظم الزورقي من أكثر كسور ظام الرسغ شيوعاً. وبعضه تفضل لظم الكانبل عدم الاستئصال وهشاشة الظام، كما أنه يهدد وظيفة اليد. ويرتكب علاجها على الزرع الظمي تثبيته. وقد تم وصف العديد من طرق نيك، وتلك تقنية ماتى-روس ظل هي الأكثر استخداماً. الهدف من هذا العمل هو اقتداء الظل لظم الكانبل بآلي والسريري والإشعاعي لتمييز الكانبل لظم الرسغ إضافة إلى طرق علاجها الجراحي، مما يبرهن أهمية تقنية ماتى-روس.

المضوى وأساليب:

جمعتنا 21 مريضاً أصابهم التمزق الكانبل لظم الرسغ حدة IIA و IIB من تصنيقات، تم قبولهم للعلاج بعد اختبار الظام بالمستشفى العسكري مولاي إسماعيل العسكري كناس بنو نيو 2010 وغشت 2016. مفلست خلال سابق كناست عدم لتحديد المضى، والمعطيات السريرية والإشعاعية والعلاجية ببياننا لتطورية.

النتائج:

كان متوسط العمر 27 عاماً، فغالبية كوري وتضدية، حيث كان جميع مرضانا يعانون من ألم وعجز وظيفي، مع انخفاض في الاتساع المشترك. كما كان متوسط الوقت بين الكسر والزرع 16 شهراً. تم تصوير الإشعاعي لقياسي لجميع مرضانا: 52 مؤجلة IIA و 48 مؤجلة IIB فقط. تصنيف ألت.

خضع جميع مرضانا للعلاج الجراحي باستخدام تقنية ماتى-روس، وقد تم الحصول على الممجة الإشعاعية الواضحة لدى جميع مرضانا. كان لدينا 3 مرضانا عطلت لحظتها التئام العظام فبدأت علاجها وشفيت واحدة واحدة من نحراف مثبت الظم.

المناقشة:

يعتبر التمثيل الكانبلد لقراب الرسغي من الضاعف لثو ئيسية لكسورالقرابالرسغي وغالبأما يكن هذاالكسورنفسه غير معروف. وتطور هانهداشدلةالظام لمر حتمي. و العلاج فله قام لأول يكن جراحيا. من بن العديد المتقني لتلمقتحدة اليوم تبقي نية ماتي-روس هي المرجع. ولكن من الضوري مناقشوقدا لعالجية أخرى اعتمادلهي دللة تطور التمثيل الكانبلد لقرابالرسغي.

ملدنتاج:

وظواللعللقليل منالذالات يملك ذنا استخلارنتا لجدائية معبيرة في حن يملك ذنا ذكرن الرضى الذي نحتلقتقانية ماتي-روس في علاج التمثيل الكانبلد لقرابالرسغي.

BIBLIOGRAPHIE

1. F. Schernberg.

Fractures récentes du scaphoïde (moins de trois semaines)

Chirurgie de la main Volume 24, n° 3-4 Pages 117-131

2. Prosser GH, Isbister ES.

The presentation of scaphoid non-union.

Injury, 2003 ;34 :646-5.

3. Oberlin C., Folinas D.

Anatomie et physiologie du scaphoïde. Symposium sur les fractures et pseudarthroses du scaphoïde carpien. SO.F.COT

Rev de Chir Orthop, 1988, vol 74, num. 8, 683-752

4. 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 Mar ;67(3) :428-32.

5. Vender M.

Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion.

The Journal of Hand Surgery 1987 ;12(4) :514-9

6. Yakoubi.

Traitement des pseudarthroses par un greffon vascularisé

Thèse 2010 CHU Alger

7. Dubrana F., Le Nen D., HU W., Poureyon Y., Pazart F., Lefevre C.

Scaphoïde carpien bipartite bilatéral : affection congénitale ou pseudarthrose méconnue

Rev Chir. Orthop. 1999; vol. 85, num 5: 503.

8. Benkirane S.

Traitement chirurgical des pseudarthroses du scaphoïde carpien par technique de Matti-Russe

Thèse fmpf : 2017

9. Trojan E., Mourges G. and al.

Fractures du scaphoïde carpien : Etude thérapeutique.

Rév. Chir. Orthop. Réparatrice App. Mot. 1959 ; 45 : 614-679

10. Verdan C., Naraska A. and al.

Fractures and pseudarthrosis of the scaphoid.

Surg Chir North Am 1968; 48: 1083-1095.

11. Alnot J.Y., Bellan N., Oberlin C., Decheveigne C.

Les fractures et pseudarthroses polaires proximales du scaphoïde carpien.

Ostéosynthèses par visage de proximal à distal.

Ann Chir Main Memb Sup 1988 ; 7 : 101-108.

12. Mr. Abdellatif Sadek.

Le traitement chirurgical des pseudarthroses du scaphoïde carpien 2013.

THESE N°163.

13. Antoine Portal.

Cours d'anatomie médicale : ou éléments de l'anatomie de l'homme.

Page 427.426

14. John T. Hansen.

Mémofiches Anatomie Netter Membres 4e édition

15. site web: www.fracademic.com consulté le 16/01/2018

16. Ahmed Mella.

Application pratique de l'anatomie humaine : Appareils de relation, Volume 2.

17. Patrick Texier

Guide technique et imagerie : La main et le poignet

18. Bonnel F., Allieu Y.

Les articulations radio-cubito-carpienne et médio-carpienne. Organisation anatomique et bases biomécaniques.

Ann Chir de la Main, 1984, 3, 4, 287-296.

19. Bouchet A., Cuilleret J.

Anatomie topographique descriptive et fonctionnelle. 3a Membre supérieur.
3ème édition. SIMEP/Masson, Paris 1995/

20. Ch. Mathoulin, M. Lando, C. Rueda-Villegas, A. Pagliei, Ph. Valenti.

E-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2004, 3 (1) : 62-72

21. C. Fontaine, G. Wavreille, A. Aumar, R. Bry, X. Demondion.

Anatomie vasculaire osseuse à la main et au poignet

Chirurgie de la main 29S (2010) S11-S20

22. Masquelet AC.

Chirurgie réparatrice en orthopédie-traumatologie. Tome 1 : Les Lambeaux. p.
150-2.

23. Gelberman RH, Menon J.

The vascularity of the scaphoid bone.

J Hand Surg Am. 1980 Sep ;5(5) :508-13.

24. Hani Bouren.

Fractures des os du carpe Encycl. Médico-chirurgicale. 2000.page2.

25. Pierre Kamina.

KAMINA ANATOMIE CLINIQUE 4 e EDITION TOME 1 ANATOMIE GENERALE.
MEMBRES SECTION 3.

26. Fisk GR.

Physiopathologie de la fracture du scaphoïde

Rev.chi.Orthp et réparatrice de l'appareil moteur.1972,58 n°7,657-658

27. Laredo JD et Dumontier C.

Ann.Radiol 1992 ; 35 : 349-366.

28. J. Griffet, F. Bastiani.

Ann. Kinésithér., 1985, t. 12, n° 6, p.295

29. site web : www.mainetsport.com consulté le 02/02/2018

30. Lo Iky A.

Biomechanical analysis of intrascaphoid compression using the Herbert scaphoid screw system

Hand Surg 1998 ;23(2) :209-13

31. Emmanuel Favreul.

Classifications et scores en chirurgie orthopédique et en traumatologie
Volume 2 : Membre supérieur et pied.

32. Dubrana D. Le Nen F.-X. Gunepin.

Manuel des voies d'abord en chirurgie orthopédique et traumatologique 2e édition F. page 41 42 47 48 49.

33. Allieu Y.

Instabilité du carpe. Instabilités ligamentaires et désaxations intracarpiennes.

Démembrement du concept d'instabilité du carpe.

Ann Chir Main 1984, 3 : 317-21.

34. Allieu Y.

Désaxation intracarpienne d'adaptation dans les fractures et pseudarthroses du scaphoïde. In : Lussiez B, Rizzo C, Lebreton E, éd. Le scaphoïde.

Montpellier: Sauramps Médical; 2004. p. 221-9.

35. Cooney WP, Linscheid RL, Dobyns JH, Wood MB.

Scaphoid non-union: role of anterior interpositional bone grafts.

J Hand Surg Am 1988; 13: 635-50.

36. Fisk GR.

Carpal instability in the fractured scaphoid.

Ann RAI Surg Engl 1970 ; 46 : 63-76.

37. Le Bourg M, Raimbeau G.

Le traitement des pseudarthroses du scaphoïde carpien par voie antérieure, greffe intercalaire et vis de Herbert. Étude rétrospective à propos de 33 cas.

Ann Orthop Ouest 1994 ; 26 : 99-105.

38. Linscheid RL, Dobyns JH, Cooney WP.

Volar wedge grafting of the carpal scaphoid in nonunions associated with dorsal instability patterns.

J Bone Joint Surg Am 1982; 64: 632-3.

39. Herbert TJ, Filan S.

Proximal scaphoid nonunion-osteosynthesis.

Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 169-73.

40. Slade JF III, Geissler WB, Gutow AP, Merrell GA.

Percutaneous internal fixation of selected scaphoid nonunions with an arthroscopically

assisted dorsal approach.

J Bone Joint Surg Am 2003 ; 85 (4) : 20-32.

41. Matti H.

Über die behandlung der naviculare fracture undder refractura patellae durch plombierung mit spongiosa.

Zbl Chir 1936; 63: 1442-53.

42. Russe O.

Fractures of the carpal navicular. Diagnosis, non operative treatment, and operative treatment. J Bone Joint

Surg Am 1960; 42: 759-68.

43. Herbert TJ.

Pseudarthrosis of the scaphoid: reconstruction using cortico-cancellous graft and Herbert bone screw. In : Lussiez B, Rizzo C, Lebreton E, éd. Le scaphoïde.

Montpellier: Sauramps Médical ; 2004. p. 255-7.

44. Slade JF III, Gillon T.

Retrospective review of 234 scaphoid fractures and nonunions treated with arthroscopy for union and complications.

Scand J Surg 2008; 97: 280-9.

45. Christodoulou LS, Kitsis CK, Chamberlain ST. Internal.

Fixation of scaphoid non-union: a comparative study of three methods. Injury 2001; 32: 625-30.

46. Tambe AD, Cutler L, Murali SR, Trail IA, Stanley JK.

In scaphoid non-union, does the source of graft affect outcome? Iliac crest versus distal end of radius bone graft.

J Hand Surg Br 2006; 31: 47-51.

47. Green DP.

The effect of avascular necrosis on Russe bone grafting for scaphoid nonunion.

J Hand Surg Am 1985; 10: 597-605.

48. Bellemère P.

Pseudarthrose du scaphoïde : greffon spongieux et brochage. In : Lussiez B, Rizzo C, Lebreton E, éd. Le scaphoïde. Montpellier :

Sauramps Médical ; 2004. p. 247-53.

49. Nagle DJ.

Scaphoid non-union. Treatment with cancellous bone graft and Kirschner wire fixation. Hand Clinics 2001 ;17: 625-9.

50. Watson HK, Pitts EC, Ashmead D IV, Makhoul MV, Kauer J.

Dorsal approach to scaphoid non-union.

J Hand Surg Am 1993; 18: 359-65.

51. Filan SL, Herbert TJ.

Herbert screw fixation of scaphoid fractures.

J Bone Joint Surg Br 1966 ; 78 : 519-29.

52. Herbert TJ, Fisher WE.

Management of the fractured scaphoid using a new bone screw.

J Bone Joint Surg Br 1984 ; 66 : 114-23.

53. Tuncay I, Dogan A, Alpaslan S.

Comparison between fixation with Herbert screws and Kirschner wires in the treatment of scaphoid pseudoarthrosis.

Acta Orthop Traumatol Turc 2002; 36: 17-21.

54. Merrell GA, Wolfe SW, Slade JF III.

Treatment of scaphoid nonunions: quantitative meta-analysis of the literature.

J Hand Surg Am 2002; 27: 685-91.

55. Savornin C, Esling F.

L'agrafe anatomique en pseudarthrose du scaphoïde. In : Lussiez B, Rizzo C, Lebreton E, éd. Le scaphoïde. Montpellier : Sauramps Médical ; 2004. p. 259-67.

56. 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 Br 1987; 12: 203-10.

57. Mathoulin C, Haerle M.

Vascularized bone graft from the palmar carpal artery for treatment of scaphoid nonunion.

J Hand Surg Br 1998; 23: 311-7.

58. Zaidemberg C, Siebert JW, Angrigiani C.

A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion.

J Hand Surg Am 1991; 16: 474-8.

59. Guimberteau JC, Paconi D.

Recalcitrant non-union of the scaphoid treated with a vascularized bone graft based on the ulnar artery. J Bone Joint Surg Am 1990; 72: 88-97.

60. Tambe AD, Cutler L, Stilwell J, Murali SR, Trail IA, Stanley JK.

Scaphoid non-union: the role of vascularised grafting in recalcitrant non-unions of the scaphoid.

J Hand Surg Br 2006; 31 :185-90.

61. Hori Y, Tamai S, Okuda H, Sakamoto H, Takita T, Masuhara K.

Blood vessel transplantation to bone.

J Hand Surg 1979; 4: 23-33.

62. Fernandez DL, Eggli S.

Non-union of the scaphoid: revascularization of the proximal pole with implantation of a vascular bundle and bone-grafting.

J Bone Joint Surg Am 1995; 77: 883-93.

63. Bartelmann U, Kalb K.

Behandlung schwieriger skaphoid pseudarthrosen durch knochen transpantation und zusätzliche implantation der zweiten dorsalen metakarpalarterie in der technik nach Fernandez une Eggli-Erfahrungsbericht.

Handchir Mikrochir Plast Chir 2001 ; 33 : 379-86.

64. Martin D, Rivet D, Boileau R.

The posterior radial epiphysis free flap: a new donor site.

J Plast Surg Br 1989; 42: 499-506

65. Hu W, Martin D, Foucher G, Baudet J.

Le lambeau interosseux antérieur. Ann Chir Plast 1994 ; 39 : 290-300.

66. Dos Remédios C, Schoofs M.

The anterior interosseous flap in wrist and hand surgery: a series of fifteen cases.

Chir Main 2005 ; 24 : 225-35.

67. Roux JL.

Les transferts osseux vascularisés au poignet et à la main.

Chir Main 2003 ; 22 : 173-85.

68. Saint Cast Y, Dagregorio G.

Bases anatomiques du greffon vascularisé de Carlos Zaidemberg dans le traitement des pseudarthroses du scaphoïde.

La Main 1996; 2: 119-23.

69. Tsai TT, Chao EK, Tu YK, Yu Chen AC, Sheng Lee MS, Neng Ueng SW.

Management of scaphoid nonunion with avascular necrosis using 1,2 intercompartmental supraretinacular arterial bone grafts.

Chang Gung Med J 2002; 25 :321-7.

70. Henry M.

Collapsed scaphoid non-union with dorsal intercalated segment instability and avascular necrosis treated by vascularised wedge-shaped bone graft and fixation.

J Hand Surg Eur 2007; 32: 148-54.

71. Steinmann SP, Bishop AT, Berger RA.

Use of the 1,2 intercompartmental supraretinacular artery as a vascularized pedicle bone graft for difficult scaphoid nonunion.

J Hand Surg Am 2002; 27: 391-401.

72. Kirkeby L, Baek Hansen T.

Vascularised bone graft for the treatment of non-union of the scaphoid. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 2006 ; 40 : 240-3.

73. Pistré V, Réau AF, Pélissier P, Martin D, Baudet J.

Les greffons osseux vascularisés pédiculés prélevés sur la main et le poignet. Revue de la littérature et nouveau site donneur. La Mai 2001; 20: 257-71.

74. Yuceturk A, Isiklar ZU, Tuncay C, Tandogan R.

Treatment of scaphoid nonunions with a vascularized bone graft based on the first dorsal metacarpal artery. J Hand Surg Br 1997; 22 :425-7.

75. Bertelli JA, Pagliei A, Lassau JP.

Role of first dorsal metacarpal artery in the construction of pedicled bone grafts. Surg Radiol Anat 1992; 14: 255-7.

76. Brunelli F, Mathoulin C, Saffar P.

Description of a vascularized bone graft taken from the head of the 2nd metacarpal bone. Ann Chir Main Membre Sup 1992 ; 11 : 40-5.

77. Mathoulin C, Brunelli F.

Further experience with the indexmetacarpal vascularized bone graft. J Hand Surg Br 1998; 23 :318-23.

78. Bertelli JA, Tacca CP, Rost JR.

Thumb metacarpal vascularised bone graft in long-standing scaphoid non-union: a useful graft via dorsal or palmar approach. A cohort study of 24 patients. J Hand Surg Am 2004; 29: 1089-97.

79. Judet R, Roy-Camille R, Guillaumon JL.

Traitement de la pseudarthrose du scaphoïde carpien par le greffon pédiculé.

Rev Chir Orthop 1972; 7: 699-705.

80. Roy-Camille R.

Fractures et pseudarthroses du scaphoïde.

Actualités Chir Orthop Raymond Poincaré 1965 ; 197-214.

81. Le Nen D, Mercadier B, Colin D.

Nécroses du scaphoïde. In : Lussiez B, Rizzo C, Lebreton E, éd. Le scaphoïde.

Montpellier : Sauramps Médical ; 2004. p. 323-42.

82. Doi K, Oda T, Soo-Heong T, Nanda V.

Free vascularized bone graft for nonunion of the scaphoid.

J Hand Surg Am 2000 ;25: 507-19.

83. Gabl M, Reinhart C, Pechlaner S, Hussl H.

Proximale Kahnbeinpseudarthrose mit avaskulärem polfragment:
langzeitergebnisse nach rekonstruktion mit mikrovaskulär gestieltem
beckenkammspan.

Handchir Mikrochir Plast Chir 1999 ;31: 196-9.

84. Gabl M, Reinhart C, Lutz M, Bodner G, Rudisch A, Hussl H, et al.

Vascularized bone graft from the iliac crest for the treatment of nonunion of
the proximal part of the scaphoid with an avascular fragment.

J Bone Joint Surg Am 1999; 81: 1414-28.

85. Egloff DV, Varadi G, Narakas A, Simonetta C, Cantero C.

Silastic implants of the scaphoid and lunate.

J Hand Surg Br 1993; 18: 687-92.

86. Kleinert JM, Stern PJ, Lister GD, Kleinhans RJ.

Complications of scaphoid silicone arthroplasty.

J Bone Joint Surg Am 1985; 67: 422-7.

87. Michon J, Merle M, Girod J, Xenard J.

Remplacement prothétique des os du carpe. In : Poignet et médecine de rééducation.

Paris : Masson ; 1981. p. 255-63.

88. Carter P, Malinin T, Abbey P, Sommerkamp T.

The scaphoid allograft: a new operation for the treatment of the very proximal scaphoid non-union or for the necrotic, fragmented scaphoid proximal pole.

J Hand Surg Am 1989; 14: 1-12.

89. Pequignot JP, Lussiez B, Allieu Y.

Implant adaptatif du scaphoïde proximal.

Chir Main 2000 ; 2 : 276-85.

90. Mathoulin C, Messina J.

Traitement arthroscopique des lésions cartilagineuses au poignet.

Chir Main 2006; 25: S231-5243.

91. Sandow MJ.

Proximal scaphoid costo-osteochondral replacement arthroplasty.

J Hand Surg Br 1998 ; 23 : 201-8.

92. Lepage D, Obert L, Clappaz P, Hampel C, Garbuio P, Tropet Y.

Traitement de l'arthrose radioscaphoïdienne par résection proximale du scaphoïde et autogreffe ostéocartilagineuse costale.

Rev Chir Orthop 2005; 91: 307-13.

93. Watson HK, Ryne J.

Evolution of arthritis of the wrist.

Clin Orthop 1986; 202: 57-67.

94. Watson HK, Goodman ML, Johnson TR.

Limited wrist arthrodesis. Part 2. Intercarpal and radiocarpal combinations.

J Hand Surg 1981; 6: 223-33.

95. Ruch DS, Chang DS, Poehling GG.

The arthroscopic treatment of avascular necrosis of the proximal pole following scaphoid nonunion.

J Arthroscopy Rel Surg 1998; 14: 747-52.

96. Mallerich M, Clifford J, Eaton B, Eaton R, Littler JW.

Distal scaphoid resection arthroplasty.

J Hand Surg Am 1999; 24:1196-205.

97. Chaise F, Bellemère P, Friol JP, Gaisne E, Poirier P.

Le collapsus carpien post-traumatique avancé. À propos de 30 cas traités par scaphoïdectomie complète et arthrodèse capitulaire.

Ann Orthop Ouest 1999; 31: 103-9.

98. Cohen MS, Kozin SH.

Degenerative arthritis of the wrist: proximal row carpectomy versus scaphoid excision and fourcorner arthrodesis.

J Hand Surg Am 2001; 26: 94-104.

99. Nakamura R, Horii E, Watanabe K, Nakao E, Kato H,

Tsunoda K. Proximal row carpectomy versus limited wrist arthrodesis for advanced Kienböck's disease.

J Hand Surg Br 1998; 23: 741-5.

100. Tomaino M, Miller RJ, Cole I, Burton RI.

Scapholunate advanced collapse wrist: proximal row carpectomy or limited wrist arthrodesis with scaphoid excision.

J Hand Surg Am 1994; 19:134-42.

101. Wyrick JD, Stern PJ, Kiefhaber TR.

Motion-preserving procedures in the treatment of scapholunate advanced collapse: proximal row carpectomy versus four corner arthrodesis.

J Hand Surg Am 1995; 20: 965-70.

102. Wyrick JD.

Proximal row carpectomy and intercarpal arthrodesis for the management of wrist arthritis. Am Acad Orthop Surg 2003; 11: 277-81.

103. Mulford JS, Ceulemans LJ, Nam D, Axelrod TS.

Proximal row carpectomy vs four corner fusion for scapholunate or scaphoid non-union advanced collapse wrists: a systematic review of outcomes.

J Hand Surg Eur 2009; 34: 256-63.

104. Hérard J, Cohen G, Bacle G, Laulan J.

Résultat des arthrodèses totales du poignet par plaque dédiée. À propos de 30 cas évalués à 5 ans de recul.

Chir Main 2008; 27: 283.

105. Papachristou G, Giannikas A, Liodakis C.

Ostéotomie d'horizontalisation de la glène radiale dans les pseudarthroses du scaphoïde carpien.

Rev Chir Orthop 2004 ; 90 : 714-21.

106. JESSU M, WAVREILLE G, STROUK G, FONTAINE C, CHANTELOT C.

Pseudarthroses du scaphoïde traitées par greffon vascularisé de Kuhlmann : résultats radiographiques et complications.

Chirurgie de la main 27 (2008) 87-96.

107. LE BELLEC Y, ALNOT JY.

Traitement des pseudarthroses du scaphoïde carpien par greffe corticospongieuse non vascularisée : étude rétrospective de 47 cas

Chirurgie de la main 27 (2008) 154-159

108. LENOIR H, LAZERGES C, COULET B, MARES O, CHAMMASM.

Résultats à long terme du traitement chirurgical des pseudarthroses du scaphoïde : influence de la correction du DISI

Chirurgie de la main 30 (2011) 400-405.

109. Chantelot C, Frebault C, Limousin M et al

Résultats a long terme des greffes cortico-spongieuses non vascularisées pour pseudarthrose du scaphoïde carpien, Cinquante-huit cas revus au recul moyen de 8,8 ans.

Revue de chirurgie orthopédique, 2005, 91, 724-731.

110. Honning Vd, Keijser Lcm,Hauet Ej,Obermann Wr,Mroeing P.

pseudarthrosis of the scaphoid treated by the Matti-Russe operation.

The british edition of bone and joint surgery,july, 1991,73-b ,603-6

111. Rachid K,jaafar A,chkoura M,louasti J et al.

Traitement des pseudarthroses du scaphoïde par greffe antérieure et broche de kirschner. A propos de 20 CAS.

Rev. Maroc. Chir. ortho. Traumatol.2002, 16,51-54.

112. AMADIO P C.

What's new in hand surgery.

J.Bone Joint Surg.Am. ,88 :677-683 ,2006.

113. Levadoux M, Pellat JL, Samson P.

Complications specifiques apres realisation de greffons pedicules du radius distal : apropos d'une serie de 36 greffons realises.

Chir Main. 2004 ;23(6):326.

114. Straw RG, Davis TR, Dias JJ.

Scaphoid nonunion: treatment with a pedicled vascularized bone graft based on the intercompartmental supraretinacular branch of the radial artery.

J Hand Surg [Br], 2002; 27(5):413

115. Uerpaiojkit C, Leechavengvongs S,Wittonchart K.

Primary vascularized distal radius bone graft for nonunion of the scaphoid.

J Hand Surg [Br]. 2000; 25(3):266–70.

116. Merghani HW, Farid I.

Les pseudarthroses du scaphoïde carpienne approche dans le traitement chirurgical par la technique de Matti-Russe.

Thèse doctorat en médecine, rabat, n 68-2007.

117. Massart P,Tazi F,FinetP,Bezes H.

Le vissage d'Herbert dans les pseudarthroses du scaphoïde carpien.

Ann. Chir. Main, 1990, VOL9, N 4 ,276-281.

118. C. Fontaine, G. Wavreille, A. Aumar, R. Bry, X. Demondion.

Anatomie vasculaire osseuse à la main et au poignet

Chirurgie de la main 29S (2010) S11–S20

119. Lahlaidi A.

Anatomie topographique.

Applications anatomo-chirurgicale tome I : Membres :179-189

120. Kauer jmg et Landsmeer JMF.

Anatomie et physiologie de l'articulation du scaphoïde.

Rev. Chir Orthopet réparatrice de l'appareil moteur.1972,58, n° 7,651-652

121. Krakauer JD,Bishop AT,cooney WP.

Surgical treatment of scapholunate advanced collapse.

J Hand Surg 1994;19 A:751-9)