

Université Grenoble Alpes



Place de la rééducation et spécificités dans le traitement des lésions partielles du ligament scapho-lunaire

*Mémoire réalisé en vue de l'obtention
du Diplôme Inter-Universitaire Européen de Rééducation
et d'Appareillage en Chirurgie de la Main
Promotion 2019-2021*

Jury

Pr. François MOUTET
Dr Alexandra FORLI
Mr Denis GERLAC
Pr. Emmanuel CAMUS
Mr Grégory MESPLIE

Marie JACQUEMARD
Masseur-kinésithérapeute D.E.
VILLEURBANNE (69)

Université Grenoble Alpes



Place de la rééducation et spécificités dans le traitement des lésions partielles du ligament scapho-lunaire

*Mémoire réalisé en vue de l'obtention
du Diplôme Inter-Universitaire Européen de Rééducation
et d'Appareillage en Chirurgie de la Main
Promotion 2019-2021*

Jury

Pr. François MOUTET
Dr Alexandra FORLI
Mr Denis GERLAC
Pr. Emmanuel CAMUS
Mr Grégory MESPLIE

Marie JACQUEMARD
Masseur-kinésithérapeute D.E.
VILLEURBANNE (69)

Remerciements

A ma mère, en premier lieu, pour son soutien, sa relecture attentive et ses conseils; et à ma famille, trop peu vue ces derniers mois !

A mes amis, et particulièrement à Claire, à Manuel, Adrien et Marianne; à Eva, Manu, Karine, Agnès et Bénédicte, à Julien

A mes collègues de Grandclément, à mes anciens collègues (Quentin et Diane), et à mes remplaçantes (particulièrement à Manuelle, pour la qualité de son travail).

Aux enseignants du DIU, et particulièrement au Pr Moutet, au Dr Forli et à Mr Gerlac pour la qualité de leurs cours et leur enthousiasme à nous transmettre ces enseignements !

Aux kinésithérapeutes qui m'ont accueillie en stage durant ces deux années : Mr Boutan, Mr Mesplié, Mr Delaquaize, Mr Thomas, Mme Perret et Mme Thollot. Merci pour votre accueil et votre disponibilité !

Merci à Mr Mesplié, dont les articles sur l'instabilité scapho-lunaire ont inspiré mon mémoire, et m'ont donné l'envie de creuser le sujet.

Merci à mes collègues de promo, pour les nombreux échanges et les moments de rigolade. Comme vous, j'ai découvert les cours et les examens en visio. Merci pour cette bonne ambiance durant ces deux ans, malgré la distance. Merci à Lucile également pour sa formidable gestion en tant que responsable de promo et à Pierre C. pour ses conseils concernant le mémoire.

S'il y a quelques phrases qui ont marqué mon parcours de DIU, ces sont les suivantes :

« L'entorse du poignet n'existe pas. »

« La violence est le dernier recours de l'incompétence. »

« Les vérités d'aujourd'hui sont peut-être les conneries de demain »

Merci aux Drs Weppe, Castel, Ruyer, Erhard, Marc, et El Kholti pour leur accueil au bloc opératoire et/ou en consultations ces dernières années.

Aux médecins et chirurgiens avec qui nous travaillons régulièrement mes collègues et moi-même, merci pour la confiance que vous nous accordez au quotidien,

Au groupe Rééducation Main Lyon, pour les nombreux échanges professionnels, et particulièrement à Sandrine pour ses conseils avisés et la relecture de mon mémoire.

A Samir Boudrahem et à Hélène Parmentier pour leur soutien et la confiance qu'ils m'ont accordée ces dernières années.

Merci à vous tous

SOMMAIRE

ABREVIATIONS	7
1 Introduction	8
1.1 Le poignet et le ligament scapho-lunaire : état des lieux des connaissances	11
1.1.1 Plan osseux :	11
1.1.2 Plan ligamentaire :	12
1.1.2.1 Généralités :	12
1.1.2.2 Ligament scapho-lunaire :	13
1.1.2.3 Ligament luno-triquétral :	15
1.1.2.4 Rôle des systèmes ligamentaires :	15
1.1.2.4.1 Rôle mécanique des ligaments :	16
1.1.2.4.2 Rôle proprioceptif des ligaments:	17
1.1.3 Plan musculaire :	19
1.1.3.1 Généralités :	19
1.1.3.2 Rôle des systèmes musculaires :	20
1.1.3.2.1 En conditions physiologiques :	20
1.1.3.2.2 Lors d'une dissociation complète du ligament SL :	21
1.1.4 Stabilité du poignet :	22
1.1.4.1 Stabilité statique et stabilité dynamique :	22
1.1.4.2 Contrôle neuro-musculaire :	23
1.1.4.2.1 Généralités :	23
1.1.4.2.2 Rôle du ligament SL dans le contrôle neuro-musculaire :	24
1.1.5 Innervation :	25
1.1.5.1 Innervation motrice et sensitive :	25
1.1.5.2 Innervation sensorielle :	26
1.1.6 Biomécanique du carpe :	26
1.1.6.1 Théories biomécaniques : colonnes ou rangées	26
1.1.6.2 Répartition des contraintes s'exerçant sur le carpe :	27
1.1.6.3 Effet des contraintes axiales sur le carpe	28
1.1.6.4 Biomécanique de la première rangée :	28
1.1.6.4.1 Instabilité intrinsèque de la première rangée :	28
1.1.6.4.2 Equilibre du lunatum :	29
1.1.6.5 Cinématique du carpe :	30
1.1.6.5.1 Lors de la flexion-extension :	30
1.1.6.5.2 Lors des inclinaisons radiale et ulnaire :	31
1.1.6.5.3 Lors du Dart Thrower's Motion (DTM) :	32
1.2 Les lésions du ligament scapho-lunaire :	33
1.2.1 Origine des lésions scapho-lunaires :	33
1.2.2 Physiopathologie des lésions SL :	33
1.2.3 Complexe scapho-lunaire et instabilité :	34
1.2.3.1 Instabilité scapho-lunaire :	34
1.2.3.2 Complexe scapho-lunaire :	35
1.2.4 Classification des lésions SL :	36
1.2.4.1 Classification selon l'ancienneté de la lésion :	36
1.2.4.2 Classification selon le type de lésion :	36
1.2.4.3 Classification selon le stade de lésion :	37
1.2.4.3.1 Classification arthroscopique de l'EWAS :	37

1.2.4.3.2 Classification de Garcia-Elias :	38
1.2.5 Diagnostic clinique et paraclinique :	40
1.2.5.1 Enjeux du diagnostic précoce :	40
1.2.5.2 Diagnostic clinique :	40
1.2.5.3 Diagnostic paraclinique :	42
1.2.5.3.1 Radiographies :	42
1.2.5.3.2 Arthroscanner :	44
1.2.5.3.3 Arthroscopie :	44
1.2.5.4 Diagnostic tardif ou absence de diagnostic :	44
1.2.6 Traitement des lésions scapho-lunaires :	45
1.2.6.1 Traitement conservateur :	45
1.2.6.2 Traitement chirurgical :	46
1.2.6.2.1 Indications du traitement chirurgical :	46
1.2.6.2.2 Choix de la technique chirurgicale :	46
2 Méthodologie de recherche :	48
2.1 Définition de la problématique et stratégie de recherche :	48
2.2 Recherche bibliographique :	48
2.2.1 Recherche sur la base de données Pubmed :	48
2.2.2 Recherches sur le site internet de l'Encyclopédie médico-chirurgicale :	49
2.2.3 Recherches sur la base de données Google Scholar :	49
2.2.4 Autres sources utilisées :	49
3 Résultats	50
3.1 Résultats concernant la rééducation des lésions SL (post-opératoire et conservatrice)	50
3.1.1 Constitution des protocoles :	50
3.1.2 Principes de rééducation et objectifs communs :	51
3.1.3 Synthèse des protocoles étudiés :	51
3.1.3.1 Phase d'immobilisation : de J0 à J45-J60	52
3.1.3.1.1 Orthèse :	52
3.1.3.1.2 Objectifs et techniques kinésithérapiques :	52
3.1.3.2 Phase de cicatrisation relative ou de « préconsolidation » : J45 à J90	52
3.1.3.2.1 Orthèse :	53
3.1.3.2.2 Objectifs et techniques kinésithérapiques :	53
3.1.3.3 Phase de consolidation : après J90	56
3.1.3.3.1 Orthèse	56
3.1.3.3.2 Objectifs et techniques kinésithérapiques	56
3.2 Résultats concernant la rééducation en tant que traitement conservateur :	59
3.2.1 Etude de Anderson H. et Hoy G.	59
3.2.1.1 Contenu du protocole :	59
3.2.1.2 Indicateurs de suivi :	60
3.2.1.3 Résultats de l'étude :	60
3.2.2 Etude de Holmes M. et al :	61
3.2.2.1 Contenu du protocole :	61
3.2.2.2 Indicateurs de suivi	61
3.2.2.3 Résultats de l'étude :	61
4 Discussion :	63
4.1 Résultats concernant la rééducation des lésions SL (post-opératoire et conservatrice)	63
4.2 Résultats concernant la rééducation dans le traitement conservateur :	71
5 Conclusion :	74
ANNEXES	75
Bibliographie	85

ABREVIATIONS

SL : Scapho-Lunaire

LT : Luno-Triquétral

DISI : Dorsal Intercalated Segment Instability (Instabilité Dorsale du Segment Intercalé)

VISI : Volar Intercalated Segment Instability (Instabilité Palmaire du Segment Intercalé)

DTM : Dart Throwing Motion (mouvement du lancer de fléchettes)

FCR : Flexor Carpi Radialis (fléchisseur radial du carpe)

FCU : Flexor Carpi Ulnaris (fléchisseur ulnaire du carpe)

ECU : Extensor Carpi Ulnaris (extenseur ulnaire du carpe)

ECRB : Extensor Carpi Radialis Brevis (court extenseur radial du carpe)

ECRL : Extensor Carpi Radialis Longus (long extenseur radial du carpe)

APL : Abductor Pollicis Longus (long abducteur du pouce)

STT : Scapho-Trapézo-Trapézoïdien

NIOP : Nerf Inter Osseux Postérieur

NIOA : Nerf Inter Osseux Antérieur

BSR : Branche Sensitive du nerf Radial

DASH : Disability of the Arm Shoulder and Hand

EWAS : European Wrist Arthroscopy Society

1 INTRODUCTION

Le poignet est l'une des articulations les plus complexes du corps humain. Il autorise des mouvements de flexion-extension, de prono-supination et d'inclinaisons radiale et ulnaire, ce qui lui confère une grande mobilité. Cette capacité lui permet de placer la main dans une position idéale, afin d'optimiser la préhension, ceci avec une efficacité maximale et une dépense d'énergie minimale (1).

Le poignet est en permanence soumis à des forces de compression, liées au tonus musculaire et à la mobilisation active. Les os du carpe ne constituent pas un bloc immuable. Sa forme se modifie sous l'action des pressions osseuses, des résistances ligamentaires et des actions musculaires : on parle de carpe à géométrie variable (2).

La compréhension des éléments responsables de la stabilité du poignet, et de sa biomécanique fait l'objet d'un intérêt grandissant ces dernières années (1).

Les blessures du poignet, lorsqu'elles sont correctement identifiées et traitées, tendent à évoluer sans séquelles, avec un taux de complications très bas (1). Néanmoins, le diagnostic de certaines lésions reste difficile, en première intention. C'est le cas notamment pour les fractures du scaphoïde et pour les atteintes du ligament scapho-lunaire. Il arrive parfois qu'une lésion négligée n'apparaisse que lors d'un examen radiologique réalisé quelques années plus tard, à la suite d'un autre traumatisme ou de douleurs chroniques (3). La prise en charge, à distance, de ces lésions est alors plus complexe, et ses répercussions fonctionnelles sont souvent importantes.

Il n'est pas rare qu'un diagnostic d'« entorse du poignet », général et imprécis, soit posé dans un contexte traumatique, en présence de douleurs et d'un bilan radiologique normal. Ce diagnostic conduit souvent à une absence de traitement, ou à une prise en charge inadaptée, attentiste et délétère pour le patient. Le diagnostic d'entorse n'est en effet approprié que s'il correspond à une lésion clairement définie et précisée dans sa localisation.

A ce titre, les lésions du ligament scapho-lunaire (SL) sont généralement sous-diagnostiquées, du fait de la méconnaissance de l'anatomie, de la biomécanique, et de la pathogénie de ces atteintes. Elles représentent pourtant les lésions ligamentaires intracarpiennes les plus fréquentes (4). Le ligament SL est l'élément stabilisateur principal de l'articulation scapho-lunaire. Son rôle est particulièrement important dans la stabilité biomécanique et le transfert de charges au niveau du poignet. D'autres éléments, dits

stabilisateurs secondaires, participent également à la stabilité de l'articulation. Ils forment, avec le ligament SL, ce que l'on nomme le complexe scapho-lunaire.

La rupture du SL peut être partielle ou totale, et entraîne d'importantes altérations dans la cinématique du poignet. Elle peut être à l'origine d'une instabilité scapho-lunaire progressive (5), instabilité carpienne la plus fréquente. Celle-ci résulte d'une rupture ou d'un affaiblissement des éléments stabilisateurs de l'articulation SL.

Le diagnostic précoce de ces lésions représente un enjeu majeur pour l'avenir fonctionnel et professionnel du patient. Si elles ne sont pas diagnostiquées rapidement, elles peuvent avoir des conséquences particulièrement délétères du fait de leur potentiel arthrogène (6). Les lésions SL peuvent être à l'origine de douleurs chroniques et d'incapacités fonctionnelles, entraînant parfois un reclassement professionnel, lorsque ce-dernier est possible.

Les découvertes récentes au sujet des lésions SL, de la proprioception du poignet, et du rôle spécifique de certains muscles apportent un éclairage différent sur la prise en charge de ces atteintes. Les techniques chirurgicales et les protocoles de rééducation évoluent également en fonction de ces découvertes.

La prise en charge est essentiellement chirurgicale, pour la majorité des lésions SL. Néanmoins, selon Marc Garcia-Elias, un traitement conservateur (rééducation) peut être entrepris pour certaines lésions partielles, vues au stade chronique et n'intéressant pas le faisceau dorsal du ligament (1). Il concerne les lésions dont les manifestations radiologiques sont une instabilité occulte ou pré-dynamique (7). D'après la littérature récente, les principaux éléments constitutifs de ce traitement conservateur sont la rééducation proprioceptive, le renforcement musculaire ciblé des muscles protecteurs du ligament SL, et dans certains cas l'utilisation d'orthèses. Ils pourraient avoir un effet bénéfique sur la diminution des douleurs, et sur l'amélioration de la fonction (8,9). Cependant, l'efficacité de ces protocoles de rééducation n'a pas encore été évaluée à large échelle et de manière approfondie. Les modalités précises du traitement conservateur ne sont pas encore clairement définies. Malgré tout, les résultats des premières études publiées sur le sujet semblent prometteurs.

Il est important de souligner que les indications de traitement conservateur restent rares, et que le stade de lésion ligamentaire nécessite d'être précisément évalué en amont avant d'entreprendre ce type de traitement. En effet, les conséquences des lésions SL ne doivent pas être sous-estimées. Il faut garder à l'esprit que la rééducation seule est bien souvent très

insuffisante pour traiter la majorité des lésions, et ne suffit pas à prévenir le risque d'évolution arthrosique. Le traitement conservateur ne doit donc pas se substituer au traitement chirurgical, qui reste indiqué dans la plupart des lésions et notamment dans les cas de lésions complètes et de lésions du faisceau dorsal.

La place de la rééducation reste donc modeste dans le traitement conservateur. En revanche, elle a une importance fondamentale après chirurgie.

L'objectif de ce mémoire est de comprendre en premier lieu à quelle(s) lésion(s) s'adresse le traitement conservateur, en quoi il consiste, et quelle(s) en sont ses modalités. Dans un second temps, l'objectif de ce travail est de comparer les protocoles de rééducation actuellement utilisés dans le traitement des lésions SL, de mettre en évidence leurs points communs et leurs divergences, et de les confronter aux découvertes récentes concernant le ligament SL. Ces protocoles issus de la littérature, concernent aussi bien la rééducation entreprise après chirurgie, que celle entreprise dans le traitement conservateur.

Nous étudierons également les protocoles utilisés dans les études cliniques récentes visant à évaluer l'efficacité du traitement conservateur, ainsi que ses résultats.

La rééducation des lésions SL ne doit pas être stéréotypée (10). Afin de les prendre en charge de façon adaptée et optimale (11), il est nécessaire de bien connaître l'anatomie et la biomécanique du poignet, ainsi que les éléments mis en jeu dans la stabilité du carpe. C'est ce que nous développerons dans la première partie de ce mémoire. La deuxième partie sera consacrée aux lésions scapho-lunaires et aux protocoles utilisés dans la rééducation de ces atteintes.

1.1 Le poignet et le ligament scapho-lunaire : état des lieux des connaissances

1.1.1 Plan osseux :

Situé entre l'avant-bras et le métacarpe, le poignet (fig.1) est une articulation complexe reliant quinze os entre eux : le radius, l'ulna, les huit os du carpe, et la base des cinq métacarpiens (1).

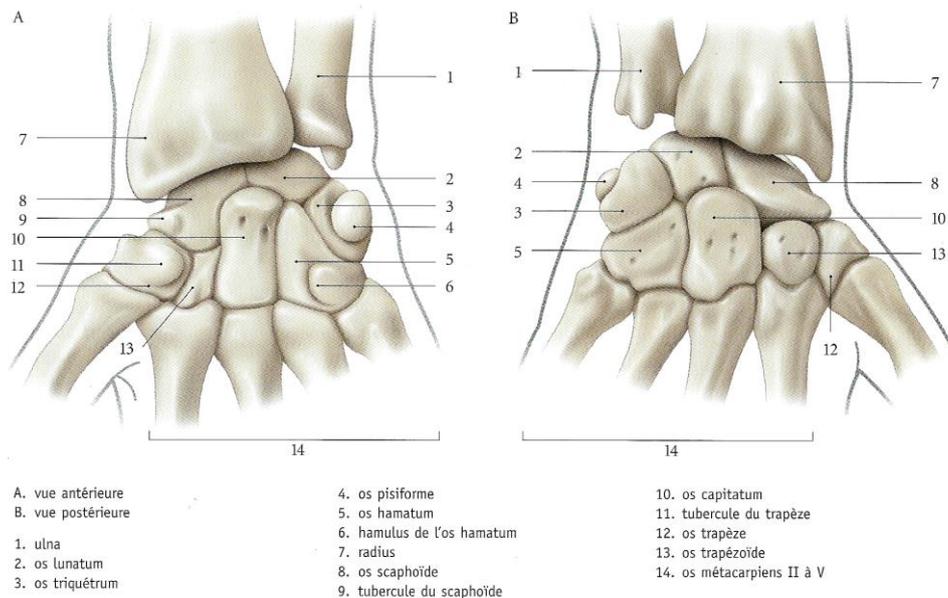


Fig.1 : Le Carpe. In : Kamina (2007) « *Anatomie Clinique* » 3^{ème} édition. Tome 1 : Anatomie Générale-Membres, Maloine, p.140

Les os du carpe sont divisés en deux rangées dont les rôles sont différents :

-La première rangée ou rangée proximale, comporte quatre os : de radial en ulnaire, le scaphoïde, le lunatum, le triquetrum et le pisiforme. Il existe entre eux une mobilité importante (1). Ces os sont reliés entre eux par deux articulations inter-carpiennes : l'articulation scapho-lunaire (SL) et l'articulation luno-triquétrale (LT). La première rangée fonctionne comme un ménisque mobile absorbant les contraintes (6,7). Egalement appelée « segment intercalé », elle ne comporte pas d'insertions tendineuses, bien que plusieurs tendons la croisent sans s'y insérer. Seul le pisiforme reçoit l'insertion du muscle *Flexor Carpi Ulnaris (FCU)*, dont il permet d'augmenter le bras de levier (1).

Les mouvements de la première rangée sont déterminés par ses insertions ligamentaires et par les contraintes exercées par les tendons qui la croisent. Ces-derniers sont responsables d'une force compressive sur la rangée proximale (6).

-La deuxième rangée ou rangée distale, comporte quatre os étroitement reliés : de radial en ulnaire, le trapèze, le trapézoïde, le capitatum et l'hamatum. A l'inverse de la première rangée, elle se comporte comme un bloc monolithique (11). Il existe néanmoins une légère mobilité entre ces os (1).

L'articulation radio-ulno-carpienne, orientée en avant et en dedans, connecte la glène antébrachiale, formée par la concavité du radius distal et le fibro-cartilage triangulaire, au « condyle carpien », formé par la convexité proximale du scaphoïde, du lunatum et du triquetrum (1).

La surface articulaire distale du radius comporte deux facettes articulaires : la fossette scaphoïdienne, s'articulant avec le scaphoïde, et la fossette lunarienne, s'articulant avec le lunatum. Ces deux facettes sont séparées par une crête sagittale.

Le scaphoïde est positionné dans un axe oblique d'environ 45° de flexion par rapport au radius, permettant ainsi au premier métacarpien de se placer en avant du plan du capitatum (1).

L'articulation médio-carpienne connecte la première rangée à la deuxième rangée des os du carpe. Sur le versant radial, la surface distale convexe du scaphoïde s'articule avec la concavité formée par le trapèze et le trapézoïde. La partie centrale de l'articulation médio-carpienne, concave au niveau proximal et convexe au niveau distal, comporte deux parties : l'articulation scapho-capitale et l'articulation luno-capitale (1).

1.1.2 Plan ligamentaire :

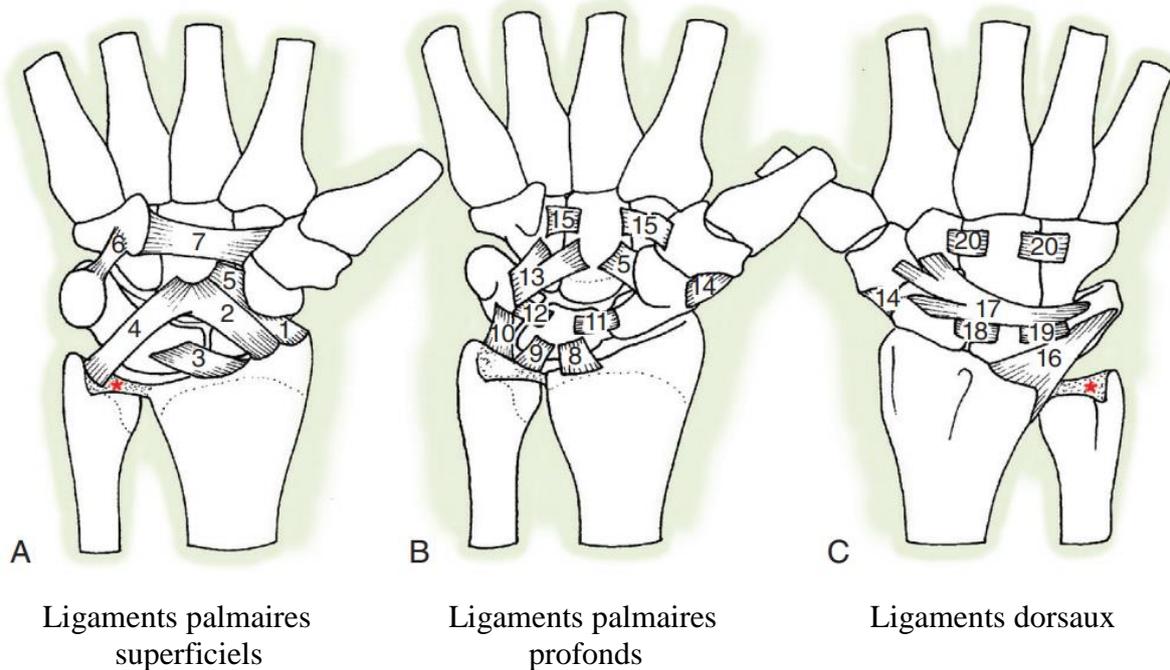
1.1.2.1 Généralités :

Les os du poignet sont connectés entre eux par de nombreux ligaments (fig.2), souvent décrits comme des renforcements de la capsule articulaire (6).

Certains ligaments ont un rôle essentiellement mécanique et sont formés de fibres de collagènes denses et groupées (1). Ils contiennent peu de corpuscules sensoriels et constituent des structures statiques destinées à assurer la transmission des contraintes (11) et à maintenir la cohésion des os du poignet (1).

D'autres ligaments, au contraire, ont un rôle essentiellement sensoriel, et apportent l'information proprioceptive nécessaire au système sensori-moteur afin de garantir la stabilité articulaire. Ils contiennent de nombreux mécanorécepteurs (corpuscules de Ruffini, de Pacini et de Golgi) et leur structure est moins dense en fibres de collagène (1).

Le système ligamentaire palmaire est riche, épais, et très solide, en comparaison de son homologue dorsal (12). En revanche, le système ligamentaire dorsal a un rôle proprioceptif plus important, de par sa richesse en mécanorécepteurs (13).



A : Ligaments palmaires superficiels : 1 : lig. Radio-scaphoïdien (RS), 2: lig. Radio-scapho-capital (RSC), 3 : lig. Radio-lunaire long (RL long), 4 : lig. Ulno-capital (UC), 5 : lig. Scapho-capital (SC), 6: lig. Pisihamatal, 7: retinaculum des fléchisseurs ou ligament carpien transverse.
B : Ligaments palmaires profonds : 8 : lig. Radio-lunaire court (RL court), 9 : lig. Ulno-lunaire, 10 : lig. Ulno-triquétral (UTq), 11 : lig. Scapho-lunaire (SL) palmaire, 12 : lig. Luno-triquétral (LT) palmaire, 13 : lig. Triquéro-hamato-capital, 14 : lig. Scapho-trapézo-trapézoïdien (STT) dorso-latéral, 15 : lig. Intercarpies palmaires de la deuxième rangée.
C : Ligaments dorsaux : 16 : lig. Radio-triquétral ou lig. Radiocarpien dorsal, 17 : lig. Triquéro-scapho-trapézo-trapézoïdien ou lig. Intercarpien dorsal, 18 : lig. Scapho-lunaire (SL) dorsal, 19 : lig. Luno-triquétral (LT) dorsal, 20 : lig intercarpiens dorsaux de la deuxième rangée.
 Astérisque rouge : fibrocartilage triangulaire (TFCC)

Figure 2 : Représentation schématique des ligaments du poignet. In : Marc Garcia-Elias and Alberto L. Lluch, « *Green's Operative Hand Surgery* » Seventh Edition. Part III : Wrist. Chapter 13 : « Wrist Instabilities, misalignments and dislocations » Elsevier ; 2018 ; p.418.

Deux ligaments ont une importance capitale dans la stabilité de la première rangée : il s'agit du ligament scapho-lunaire et du ligament luno-triquétral.

1.1.2.2 Ligament scapho-lunaire :

En forme de U inversé dans le plan sagittal, le ligament SL est le ligament stabilisateur principal de l'articulation scapho-lunaire. Il relie les marges dorsales, proximales et

palmaires du scaphoïde et du lunatum. Il ferme à sa partie proximale l'espace scapho-lunaire (14). C'est un ligament intrinsèque intercarpien richement innervé, et constitué de trois portions. (Fig. 3)

La portion dorsale est la portion la plus résistante (260 Newtons) et la plus épaisse du ligament. Formée par des fibres de collagène orientées transversalement, c'est la portion qui contribue le plus à la stabilité de l'articulation scapho-lunaire, notamment lors des mouvements en flexion et en extension. Son rôle principal est d'empêcher la flexion et la pronation excessives du scaphoïde.

La portion palmaire, dont les fibres sont orientées plus obliquement, contribue à la stabilité de l'articulation scapho-lunaire en rotation, mais est moins résistante (118 Newtons) et ne confère pas autant de stabilité que la portion dorsale. (1,6)

La portion centrale, ou proximale du ligament est en réalité une membrane fibrocartilagineuse (5). Elle est plus fine, moins résistante (63 Newtons) et ses fibres sont orientées obliquement. Cette membrane sépare les espaces articulaires radio-carpien et médio-carpien. Elle n'a pas de rôle mécanique important.

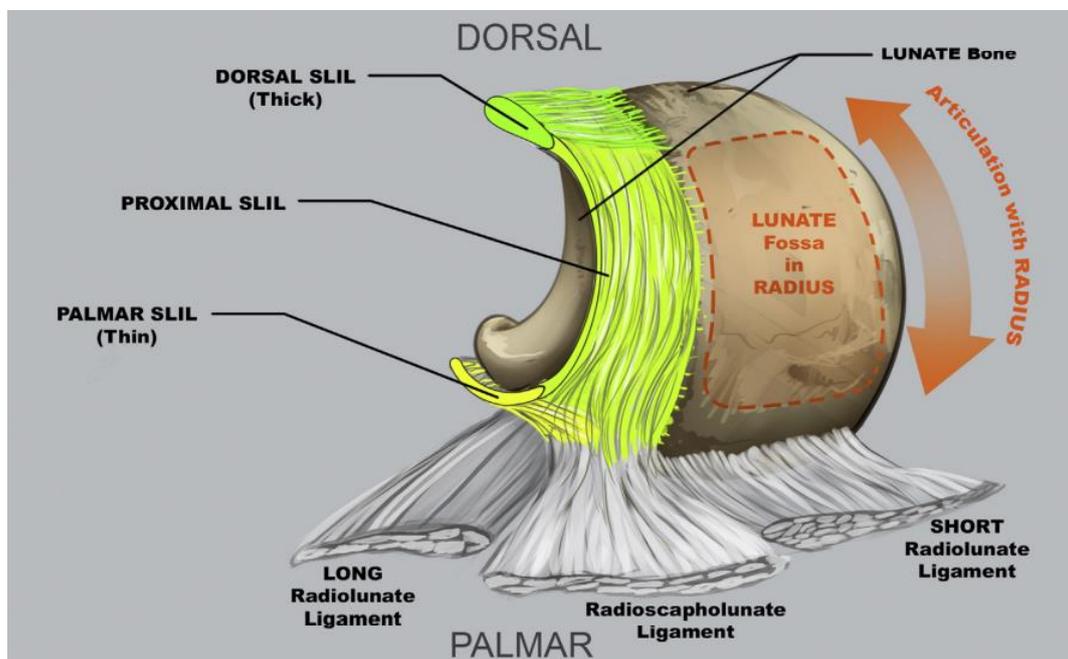


Fig. 3 : Anatomie du ligament scapho-lunaire. In : Aviva L. Wolff EdD, Scott W. Wolfe MD. « *Rehabilitation for scapholunate injury : Application of scientific and clinical evidence to practice.* », Journal of Hand Therapy. 2016 ; 29, 146-153. doi :10.1016/j.jht.2016.03.010

1.1.2.3 Ligament luno-triquétral :

C'est un ligament intrinsèque intercarpien reliant le lunatum et le triquetrum.

Il est formé de trois régions également (dorsale, palmaire et centrale).

A l'inverse du ligament scapho-lunaire, sa portion palmaire est la portion la plus épaisse et la plus résistante (301 Newtons) et contribue en majorité à la stabilité de l'articulation luno-triquétrale. Elle limite l'extension du triquetrum sous l'effet des contraintes (1).

La portion dorsale du ligament a une résistance d'environ 121 Newtons et la portion centrale, membrane fibro-cartilagineuse, est la moins résistante (64 Newtons) (1). Cette dernière sépare les espaces radio-carpien et médio-carpien.

1.1.2.4 Rôle des systèmes ligamentaires :

Les ligaments, supposés capables de résister à de très hauts niveaux de tension, ont longtemps été considérés comme la clef de la stabilité du carpe. Cependant, cette théorie est incorrecte. La résistance moyenne de la portion dorsale du ligament scapho-lunaire est de 260 Newtons, ce qui n'apparaît pas suffisant pour que le SL soit l'élément stabilisateur-clef d'une articulation capable de résister à des contraintes considérables. La stabilité doit donc être assurée par les muscles.

Cependant, cela ne signifie pas que les ligaments ne sont pas importants. Au contraire, ils constituent la première ligne de défense contre les forces déstabilisantes. (Fig.4)

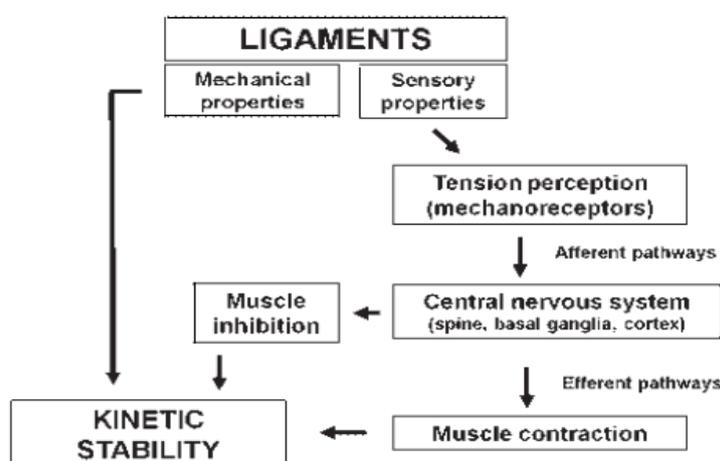


Fig. 4 : Stabilité dynamique et voie de l'information afférente proprioceptive. In : Salva-Coll G, Garcia-Elias M, Hagert E. « *Scapholunate Instability: Proprioception and Neuromuscular Control* » J. Wrist Surg. 2016 ; 2:136–140. Doi :10.1055/s-0033-1341960

Lorsque le poignet est soumis à une perturbation risquant d'entraîner des lésions, les ligaments sont les premiers à réagir en maintenant la cohésion des os du carpe, tandis qu'ils envoient des informations proprioceptives via le système sensori-moteur pour que ce dernier puisse activer une réponse musculaire adaptée (15). C'est ce que l'on nomme le réflexe ligamento-musculaire. Les ligaments du carpe possèdent donc un double rôle : mécanique et proprioceptif.

1.1.2.4.1 Rôle mécanique des ligaments :

Concept de bague ovale de Marc Garcia Elias :

Constitué de quatre systèmes ligamentaires fondamentaux (Fig. 5), il permet de mieux comprendre le rôle mécanique des ligaments (transmission des contraintes et maintien de la cohésion) sous l'effet des contraintes axiales (11).

Les ligaments triquétero-hamato-capital et scapho-capital permettent de transmettre efficacement les contraintes de la deuxième rangée sur la première, tandis que les ligaments scapho-lunaire et luno-triquétral assurent la cohésion de la première rangée. En cas de déficience ou d'absence de l'un de ces ligaments, la biomécanique du carpe est affectée dans son ensemble (13).

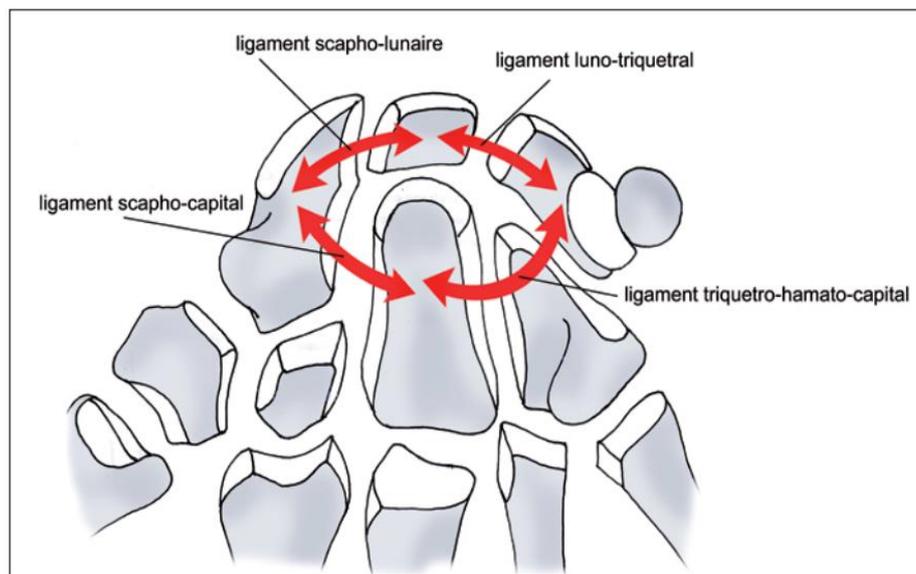


Fig. 5 : Concept de bague ovale de Garcia-Elias. In : Mesplié G. « *Instabilités du carpe chez le sportif* » Journal Promanu 1. 2017.

Pronation et supination médio-carpiennes :

Lors des mouvements de la deuxième rangée par rapport à la première, Garcia-Elias a montré que certains ligaments sont mis en tension tandis que d'autres sont détendus (16).

Lors de la supination de la deuxième rangée (11) : les ligaments radio-carpien dorsal, triquéro-hamato-capital, ulno-lunaire, scapho-trapézo-trapézoïdien, et le faisceau antérieur du ligament SL sont mis en tension. Ceux-ci sont nommés « ligaments anti-supination ».

Lors de la pronation de la deuxième rangée (11) : les ligaments scapho-capital, radio-lunaire long, le faisceau postérieur du ligament SL et les faisceaux antérieur et postérieur du ligament LT sont mis en tension. On parle de « ligaments anti-pronation ».

Rôle mécanique du ligament scapho-lunaire :

Le ligament SL est le ligament stabilisateur principal de l'articulation scapho-lunaire (17). Son faisceau dorsal, empêche le scaphoïde de basculer de manière excessive en flexion et en pronation, sous l'effet des contraintes.

1.1.2.4.2 Rôle proprioceptif des ligaments:

Présence de mécanorécepteurs :

La fonction proprioceptive des ligaments, qui participe à la stabilité dynamique du poignet, est permise par la présence de mécanorécepteurs.

Ces-derniers sont des terminaisons nerveuses sensorielles présentes au niveau des ligaments et de la capsule articulaire. Ils sont capables de détecter des stimuli mécaniques (position articulaire, mouvement articulaire, changement dans la vitesse du mouvement : accélération ou décélération, tension tissulaire extrême).(13) Ils jouent ainsi le rôle de moniteurs de tension (18).

Il existe quatre principaux types de mécanorécepteurs au niveau des ligaments, classés en fonction de leur morphologie et de leurs caractéristiques neurophysiologiques (temps d'adaptation, seuil...). Il s'agit principalement des corpuscules de Ruffini, de Pacini, de Golgi et des terminaisons nerveuses libres. Les corpuscules de Ruffini, responsables du sens de la position articulaire sont les mécanorécepteurs les plus retrouvés au niveau du carpe (18).

De manière générale, la distribution des mécanorécepteurs est variable au sein des ligaments (Fig. 6). Leur densité est importante sur les ligaments dorsaux et moins marquée sur les ligaments palmaires (11,18).

Les ligaments dorsaux du poignet (radio-carpien dorsal, inter-carpien dorsal et scapho-lunaire dans son ensemble) sont richement innervés.

Les ligaments triquétero-capital palmaire et triquétero-hamatal sont modérément innervés. Tandis que les ligaments radio palmaires sont peu innervés (18).

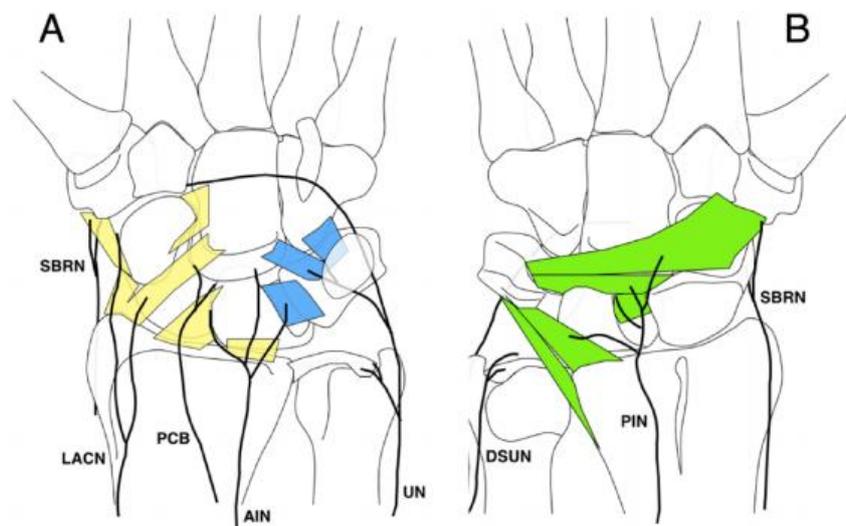


Fig. 6 : Innervation du poignet et distribution des terminaisons nerveuses sensorielles au niveau du carpe.

A : Vue palmaire : les ligaments radio-palmaires (en jaune) sont faiblement innervés; les ligaments ulno-palmaires ont une innervation intermédiaire (en bleu).

B : Vue dorsale : les ligaments dorsaux ont une innervation riche et abondante (en vert)

In : Hagert E, Lluich A, and Rein S. «*The role of proprioception and neuromuscular stability in carpal instabilities*». The Journal of Hand Surgery (European Volume). 2015 ; XXE(X) 1–8. doi : 10.1177/1753193415590390

Fonction proprioceptive du ligament scapho-lunaire :

Le ligament SL est innervé par les branches terminales du nerf interosseux postérieur (branche du nerf radial) et par le nerf interosseux antérieur (branche du nerf médian) (15). Il constitue l'un des ligaments les plus richement innervés du poignet, avec de nombreuses terminaisons nerveuses sensorielles, à la fois dans sa portion dorsale et dans sa portion palmaire (15). Les mécanorécepteurs principalement retrouvés dans le ligament SL sont les corpuscules de Ruffini (15), constamment actifs lors des mouvements articulaires et particulièrement réactifs aux contraintes axiales et aux contraintes en traction/étirement.

1.1.3 Plan musculaire :

1.1.3.1 Généralités :

De nombreux muscles ont une action sur le poignet : il s'agit principalement des muscles fléchisseurs et extenseurs du poignet, et dans une moindre mesure, des fléchisseurs et des extenseurs des doigts (rôle accessoire).

Les muscles moteurs du poignet articulent la main et la stabilisent dans les actions de préhension (12). Ils ont une forte tendance à la co-contraction et fonctionnent sur un mode statique ou dynamique. Ils travaillent en chaînes ouverte, semi-fermée ou fermée, selon que le poignet est sollicité dans sa fonction d'appui, d'orientation de la paume ou de préhension (12). Ils s'insèrent distalement par rapport à l'articulation médio-carpienne et entretiennent entre eux des rapports anatomiques étroits, ainsi qu'avec les muscles de la main (12).

Les fléchisseurs principaux du poignet, au nombre de trois, sont les muscles (12) :

-*Flexor Carpi Radialis (FCR)*, qui se termine sur la base palmaire des deuxième et troisième métacarpiens

-*Flexor Carpi Ulnaris (FCU)*, qui se termine sur le pisiforme et envoie des expansions vers l'hamatum, le retinaculum des fléchisseurs et la base palmaire des quatrième et cinquième métacarpiens. Il est en continuité anatomique directe avec le muscle *Abductor Digiti Minimi* via le pisiforme, qui sert d'élément relai à la transmission des forces (19). Le muscle *FCU* et la sangle ulnaire sont responsables de la stabilité du versant médial du poignet et du centrage de l'articulation radio-carpienne (19).

-*et Palmaris Longus (PL)* (lorsqu'il est présent). Il se termine en s'étalant sur le retinaculum des fléchisseurs, entretenant ainsi une continuité avec les muscles thénariens et hypothénariens. Certaines de ses fibres poursuivent leur trajet jusqu'à l'aponévrose palmaire superficielle. (19)

Les extenseurs principaux du poignet, au nombre de trois également, sont les muscles :

-*Extensor Carpi Ulnaris (ECU)*, qui se termine sur la face dorsale et médiale de la base du cinquième métacarpien. Il présente parfois une expansion qui le relie à l'*Extensor Digiti Minimi* (19). L'*ECU* et le *FCU* forment la sangle ulnaire et entretiennent de nombreuses connexions anatomiques tout au long de leur trajet. Ils sont également reliés fonctionnellement. La contraction de l'*ECU* est responsable de la mise en tension du retinaculum dorsal, empêchant toute possibilité de torsion intra-carpienne (19).

-*Extensor Carpi Radialis Longus (ECRL)*, qui se termine sur la face dorsale de la base du deuxième métacarpien. Il entretient une proximité anatomique avec le premier interosseux dorsal (19).

-et *Extensor Carpi Radialis Brevis (ECRB)*, qui se termine sur la face dorsale de la base du troisième métacarpien.

1.1.3.2 Rôle des systèmes musculaires :

1.1.3.2.1 En conditions physiologiques :

La contraction contre résistance des muscles extrinsèques fléchisseurs et extenseurs des doigts génère des contraintes axiales en compression au niveau du carpe, et notamment la poussée du capitatum sur l'espace scapho-lunaire (14).

Concernant les muscles moteurs du poignet, la majorité de leurs tendons croisent cette articulation et ont un trajet oblique vers leur insertion terminale. En fonction de leur situation anatomique et de l'obliquité de cette insertion distale, ils génèrent une composante de pronation ou de supination de la deuxième rangée par rapport à la première (fig. 7). Ils complètent ainsi l'action des ligaments anti-pronation et anti-supination, dans le but de prévenir une rotation intra-carpienne extra-physiologique susceptible de provoquer des lésions tissulaires (11).

Les muscles *Abductor Pollicis Longus (APL)*, *ECRL* et *FCU*, insérés latéralement, induisent une supination intra-carpienne. Ils protègent le carpe d'une pronation intra-carpienne excessive et sont donc protecteurs des ligaments anti-pronation (11,15). De plus, la contraction des muscles *ECRL* et *APL* entraîne un déplacement dorsal du trapèze, mettant en tension le ligament Scapho-trapézo-trapézoïdien (STT), empêchant ainsi le scaphoïde de basculer en flexion et pronation (1).

Les muscles *ECU*, inséré médialement, et *FCR*, induisent une pronation intra-carpienne et sont donc protecteurs des ligaments anti-supination (11).

Le *FCR* a une particularité : il est le seul muscle à la fois pronateur de la médio-carpienne (de par sa terminaison métacarpienne) et supinateur du scaphoïde (11). En effet, en situation physiologique, le contact entre son tendon et le tubercule du scaphoïde crée une composante dorsale qui amène le scaphoïde en supination lors des contraintes (20) et tend à fermer l'espace scapho-lunaire (11).

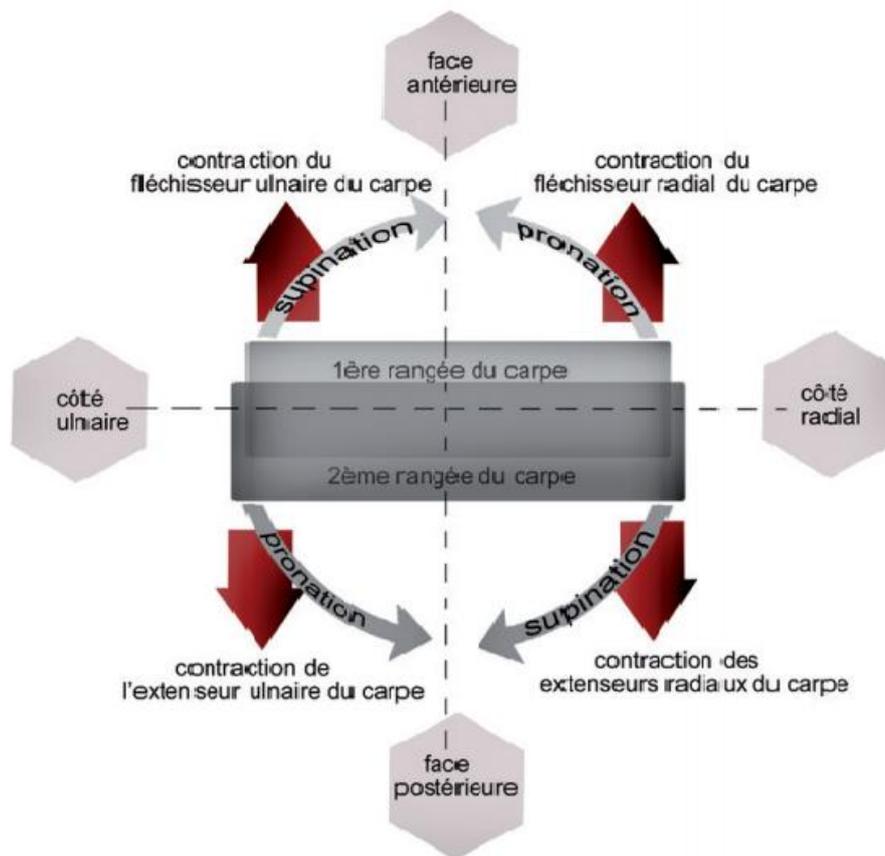
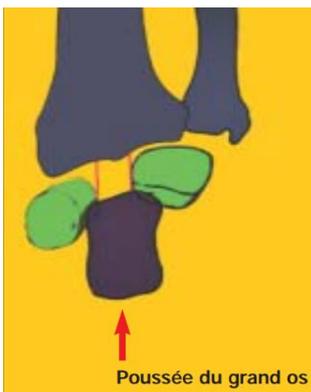


Fig. 7 : Muscles pronateurs et supinateurs de la deuxième rangée. In : Mesplié G. « Instabilités du carpe chez le sportif » Journal Promanu 1 ; 2017.

1.1.3.2.2 Lors d'une dissociation complète du ligament SL :



En cas de lésion SL, la contraction contre résistance des fléchisseurs extrinsèques des doigts tend à augmenter le diastasis scapho-lunaire (Fig. 8), via la poussée du capitatum sur l'espace SL (14).

Les muscles fléchisseurs extrinsèques des doigts ont donc une action néfaste et ne doivent pas être sollicités dans ce cas.

Fig. 8 : Berthe A. (2003), « Orientation de la kinésithérapie dans les différentes entorses du poignet », KS n°439, décembre 2003, 13-20

Marc Garcia Elias, Guillem Salva-Coll et Elisabeth Hagert ont mis en évidence l'effet des muscles moteurs du poignet en cas de rupture complète du ligament SL. Leurs

conclusions sont basées sur les résultats de plusieurs études, réalisées sur pièces anatomiques (15,16).

Selon ces auteurs, en cas de dissociation SL complète, le scaphoïde se comporte comme un os de la deuxième rangée.

Lorsque l'*ECU* se contracte, la rangée distale et le scaphoïde se placent en pronation maximale, tandis que le lunatum, à l'inverse, se place dans une position plus ulnaire, ce qui a pour effet d'augmenter l'espace SL (15). L'*ECU* serait donc néfaste car sa contraction augmenterait le diastasis SL.

Selon Garcia-Elias, ce muscle pourrait aggraver les symptômes d'une déficience scapho-lunaire chez les patients présentant une instabilité dynamique (3).

Selon ces auteurs également, lorsque les muscles supinateurs (*ECRL, APL et FCU*) se contractent, le scaphoïde est attiré en extension et en supination par le ligament STT, ce qui a pour effet de réduire l'espace SL. Le pôle proximal du scaphoïde reprend sa position physiologique dans la fossette scaphoïdienne du radius (15). Les muscles générant une supination intra-carpienne (*ECRL, APL et FCU*) seraient donc protecteurs du ligament SL.

Concernant le *FCR*, selon Garcia-Elias sa contraction aggraverait la subluxation du scaphoïde en cas de rupture complète du faisceau dorsal du SL. Ce muscle ne devrait donc pas être sollicité dans ce cas (13). En revanche, lorsque la portion dorsale n'est pas rompue, le *FCR* serait également un muscle protecteur du ligament SL (1).

1.1.4 Stabilité du poignet :

1.1.4.1 Stabilité statique et stabilité dynamique :

Actuellement, le poignet est considéré comme stable lorsqu'il est capable de maintenir une cohésion et de résister à des contraintes physiologiques sans être lésé (11). Pour cela, sous l'effet d'une force déstabilisante, le poignet modifie son ajustement interne, devenant ainsi un bloc solide à travers lequel les contraintes peuvent se dissiper (15).

Afin d'assurer la stabilité du poignet, certains prérequis sont nécessaires :

-l'intégrité des os et des surfaces articulaires, qui doivent être congruentes et normalement orientées (1),

-l'intégrité des ligaments, qui doivent être efficaces.

Ces deux éléments sont responsables de la stabilité statique du poignet (21). Cependant, ce-dernier étant soumis à des forces considérables, le système ligamentaire n'est pas capable à lui seul de résister à de telles contraintes.

D'autres éléments sont nécessaires afin d'assurer la stabilité du poignet :

-l'intégrité du système sensori-moteur et de ses récepteurs sensoriels,

-et l'intégrité des muscles péri-articulaires, qui doivent être capables de réagir rapidement et efficacement lorsqu'un message d'alerte est reçu par le système sensori-moteur. Ces deux éléments sont responsables de la stabilité dynamique (21).

Les notions de stabilité et de proprioception sont donc très liées, et l'on comprend qu'une atteinte ligamentaire est susceptible d'entraîner un déficit proprioceptif pouvant avoir des conséquences sur la stabilité articulaire.

1.1.4.2 Contrôle neuro-musculaire :

1.1.4.2.1 Généralités :

La présence de terminaisons nerveuses sensorielles au niveau des ligaments leur confère une fonction proprioceptive. Lorsqu'ils détectent un stimulus mécanique, ces mécanorécepteurs sont capables de transformer celui-ci en signal neurologique et de transmettre ce signal via des nerfs afférents, jusqu'à la corne postérieure de la moëlle épinière (18,22). L'information est ensuite transmise jusqu'aux muscles contrôlant l'articulation : on parle de réflexe ligamento-musculaire (15). Ce phénomène fait intervenir le système sensori-moteur, c'est-à-dire l'ensemble comprenant le système sensoriel, l'intégration des informations afférentes au niveau central et le système moteur (18).

Contrairement à d'autres articulations pour lesquelles il est connu depuis longtemps (genou, cheville, épaule) (15), ce réflexe ligamento-musculaire a été mis en évidence récemment au niveau du poignet (21). Il participe au contrôle neuro-musculaire du poignet, qui se définit par l'activation inconsciente d'éléments dynamiques lors de la préparation d'un mouvement articulaire ou en réponse à celui-ci, dans le but de maintenir ou de restaurer la stabilité (22).

Ce contrôle neuro-musculaire inclut le contrôle anticipatif des muscles péri-articulaires appelé feed-forward (mis en place en prévision d'une déstabilisation), ainsi que la capacité inconsciente à maintenir la stabilité articulaire (18). Il concourt à la stabilité du poignet.

1.1.4.2.2 Rôle du ligament SL dans le contrôle neuro-musculaire :

Plusieurs études montrent que le ligament SL semble avoir un rôle important dans le contrôle neuro-musculaire au niveau du poignet.

Une étude menée in-vivo par Elisabet Hagert et publiée en 2009 (21) vise à comprendre ce rôle. Dans celle-ci, elle enregistre les réponses électromyographiques de quatre muscles de l'avant-bras (*ECRB*, *ECU*, *FCR* et *FCU*), suite à la stimulation électrique du SL (par une micro électrode implantée au niveau du ligament). Ces réponses sont enregistrées dans quatre positions différentes du poignet. Ces dernières sont maintenues activement et de façon isométrique contre une résistance manuelle réalisée par l'examineur.

De manière générale, la stimulation électrique du SL entraîne la réaction immédiate des muscles antagonistes à la position du poignet étudiée, dans les 20 ms après la stimulation. Cette activation musculaire correspond à un réflexe de protection articulaire, probablement d'origine spinale monosynaptique.

De 20 ms à 60 ms après la stimulation, un phénomène d'activation réciproque est observé dans le muscle agoniste.

Il est suivi un peu plus tard de co-contractions des agonistes et des antagonistes, responsables d'une raideur articulaire générale. Ces co-contractions sont probablement le résultat d'un arc réflexe polysynaptique, influencé par des voies supra-spinales.

Enfin, de 250 ms à 500 ms après la stimulation, l'activité musculaire diminue.

Cette étude met en évidence l'existence d'un réflexe ligamento-musculaire entre le SL et quatre muscles moteurs du poignet.

Dans une autre étude électromyographique publiée en 2010, Hagert et Persson montrent que l'innervation du SL est importante afin de permettre un contrôle réflexe neuro-musculaire efficace. Pour cela, ils induisent une désensibilisation du ligament scapho-lunaire par l'anesthésie du nerf interosseux postérieur (qui innerve le SL). Celle-ci a pour conséquence une perte significative du réflexe de protection articulaire (18) (fig.9).

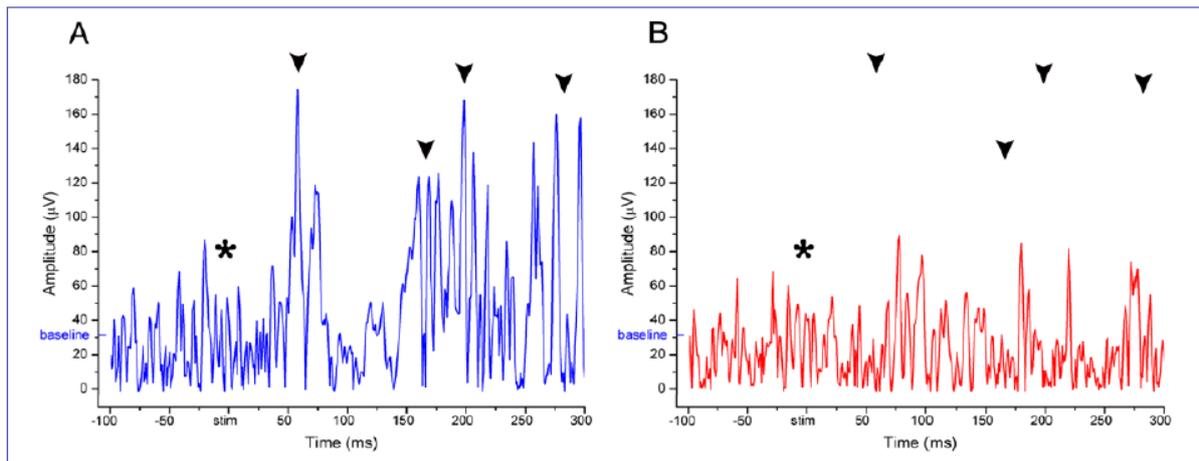


Figure 9 : Electromyogramme rectifié du muscle *flexor carpi ulnaris*,

A : Excitation électromyographique après stimulation du ligament scapho-lunaire.

B : Perte des réactions excitatrices après désensitization du NIOIP

In : Hagert E, Lluch A, and Rein S. « *The role of proprioception and neuromuscular stability in carpal instabilities* ». The Journal of Hand Surgery (European Volume). 2015 ; XXE(X) 1–8. doi : 10.1177/1753193415590390

D'autres études corroborent les résultats de Hagert (15) et suggèrent que la dénervation des nerfs interosseux antérieur et postérieur a des effets négatifs sur le contrôle neuro-musculaire inconscient du poignet.

Enfin, dans une étude publiée en 2011, Vekris et al montrent que la section du ligament SL réduit de manière significative les signaux correspondant aux potentiels d'action sensoriels afférents dans les nerfs médian et radial (18). La lésion du SL semble donc entraîner une perte de fonction sensorielle au niveau du carpe (21).

1.1.5 Innervation :

1.1.5.1 Innervation motrice et sensitive :

Les muscles moteurs du poignet sont innervés par les nerfs médian, ulnaire et radial. La sensibilité de la main est également assurée par ces trois nerfs.

Celle du poignet est assurée par les nerfs cutanés médial et latéral de l'avant-bras, et les nerfs ulnaire, radial et médian (23).

1.1.5.2 Innervation sensorielle :

La description de l'innervation sensorielle du poignet, très liée à la notion de proprioception et au contrôle neuro-musculaire, a fait l'objet de nombreuses études ces dernières années, dans le but de comprendre les mécanismes liés à la stabilité du poignet.

En effet, des branches articulaires provenant des nerfs médian, ulnaire, radial et musculo-cutané, innervent les ligaments et capsule articulaires (18).

Une branche terminale et sensorielle du nerf musculo-cutané, le nerf cutané latéral antébrachial, innerve la partie radiale de l'articulation radio-carpienne (18).

Le nerf médian se divise en deux branches : le nerf interosseux antérieur (NIOA) et la branche cutanée palmaire. Le NIOA innerve les deux tiers centraux de la capsule palmaire, le ligament radioscapolunaire, et le faisceau palmaire du ligament scapho-lunaire (18). La branche cutanée palmaire innerve l'espace palmaire médio-carpien au niveau du lunatum et du capitatum.

Le nerf ulnaire innerve très faiblement le carpe (en revanche, il a une grande importance dans l'innervation du fibro-cartilage triangulaire)

Le nerf radial est majoritairement responsable de l'innervation du carpe via le nerf interosseux postérieur (NIOP) qui innerve la capsule dorsale, la partie dorsale du ligament interosseux scapho-lunaire, le ligament interosseux luno-triquétral, le ligament radio-carpien dorsal et le ligament intercarpien. La branche sensorielle du nerf radial, via une branche articulaire mineure, innerve quant à elle la capsule radio-palmaire, et la capsule radio-dorsale.

1.1.6 Biomécanique du carpe :

1.1.6.1 Théories biomécaniques : colonnes ou rangées

Différents concepts biomécaniques ont été décrits durant ces dernières décennies.

En 1921, Navarro émet le concept des trois colonnes afin de corréler l'anatomie et la fonction (3). La colonne externe est constituée par le scaphoïde, le trapèze et le trapézoïde. La colonne centrale est formée par le lunatum, le capitatum et l'hamatum; et la colonne interne par le triquetrum et le pisiforme.

En 1978, Taleisnik modifie la théorie des colonnes : la deuxième rangée, stable, démontre peu de mouvements intra-osseux et agit comme une seule unité (3).

En 1994, Stanley affirme qu'il existe des poignets plutôt de type « colonnes » et d'autres plutôt de type « rangées ».

Actuellement, il n'existe pas de consensus devant la complexité de la biomécanique du carpe, mais la théorie des deux rangées de la Mayo Clinic est la plus utilisée (3).

1.1.6.2 Répartition des contraintes s'exerçant sur le carpe :

La fonction de la main génère des contraintes très importantes, qui sont transmises au carpe par l'intermédiaire des articulations carpo-métacarpiennes (Fig. 10). La cinétique étudie la transmission de ces forces au niveau du poignet (3).

Au niveau de la rangée distale, ces contraintes sont distribuées de la manière suivante :

- Les articulations scapho-capitale (SC) et luno-capitale (LC) transmettent 50% des contraintes,
- L'articulation scapho-trapézo-trapézoïdienne (STT), 30% des contraintes,
- Et l'articulation triquétro-hamatale (TH), 20% des contraintes.

Au niveau de la rangée proximale :

- Les 50% de la totalité des contraintes sont transmis à la fossette scaphoïdienne du radius par l'articulation radio-scaphoïdienne (RS),
- 35% sont transmis à la fossette lunarienne du radius par l'articulation radio-lunaire,
- et 15% sont transmis à l'ulna par le fibrocartilage triangulaire (TFCC).

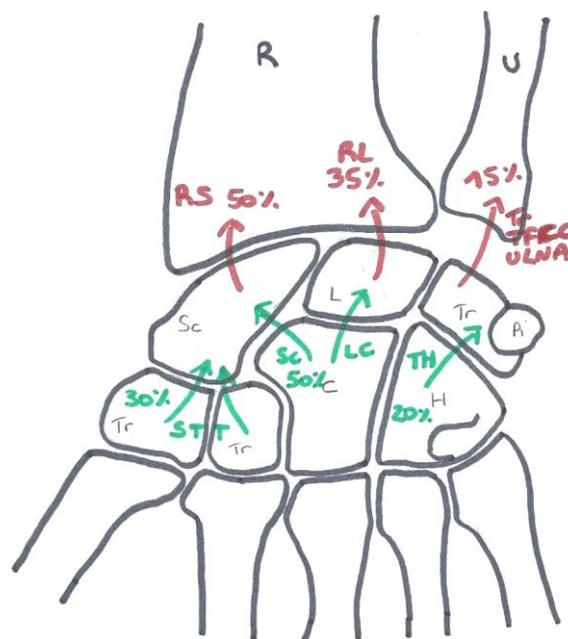


Fig. 10 : « Répartition des contraintes sur le carpe. » (Schéma : M. Jacquemard)

Cette répartition des contraintes varie de manière importante en fonction de la position du poignet (1) et des caractéristiques individuelles (variance ulnaire, lésion osseuse ou ligamentaire...) (3).

1.1.6.3 Effet des contraintes axiales sur le carpe

La contraction des muscles de l'avant-bras engendre des contraintes axiales qui s'appliquent au niveau des doigts et remontent en direction du carpe (11,15). Lorsque le poignet subit ces contraintes, les os du carpe se déplacent selon des modèles spécifiques.

En conditions physiologiques, la deuxième rangée se déplace proximale, générant des forces de compression sur la première rangée via l'articulation médio-carpienne. Le scaphoïde, en raison de son obliquité vers le bas et l'avant, se déplace en flexion et en pronation en pivotant autour du ligament radio-scapho-capital.

Ce mouvement du scaphoïde induit un déplacement palmaire du trapèze et du trapézoïde via le ligament scapho-trapézo-trapézoïdien, ayant pour effet de placer la deuxième rangée en pronation (médio-carpienne). Cette-dernière entraîne le déplacement dorsal de l'hamatum qui, du fait de la conformation anatomique des surfaces articulaires triquétero-hamatales, tend à déplacer le triquetrum en extension via les ligaments palmaires triquétero-capito-hamataux.

La première rangée est donc soumise à des contraintes opposées : en flexion sur le scaphoïde et en extension sur le triquetrum.

1.1.6.4 Biomécanique de la première rangée :

1.1.6.4.1 Instabilité intrinsèque de la première rangée :

Intercalée entre le radius et la rangée distale, la première rangée est instable de manière inhérente. Sans la capsule, les ligaments et les muscles, elle s'effondrerait sous l'effet des contraintes, comprimée par la rangée distale contre le radius (1).

Le scaphoïde basculerait en flexion et en pronation, tandis que le lunatum et le triquetrum basculeraient en extension et en supination (1).

Les ligaments scapho-lunaire et luno-triquétral ont un rôle particulièrement important dans le maintien de la stabilité de cette première rangée (6). Cependant, les forces générées par la majorité des activités manuelles sont beaucoup trop importantes pour que ces ligaments soient les seuls éléments stabilisateurs de la première rangée. Ils ont donc besoin d'être protégés par des muscles (1).

1.1.6.4.2 Equilibre du lunatum :

Le scaphoïde, ayant tendance à se fléchir, exerce une force palmaire sur le lunatum via le ligament scapho-lunaire (6).

A l'inverse, le triquetrum, ayant une tendance à l'extension, exerce une force dorsale sur le lunatum, via le ligament luno-triquébral.

La première rangée est donc soumise à des contraintes opposées (fig. 11) et le lunatum peut être considéré comme en équilibre entre le scaphoïde et le triquetrum (11).

En conditions physiologiques, si les ligaments scapho-lunaire et luno-triquébral sont efficaces, les forces s'équilibrent et une position de verrouillage est trouvée. Le lunatum reste centré sur le radius distal, sans basculer en flexion ni en extension (6,11).

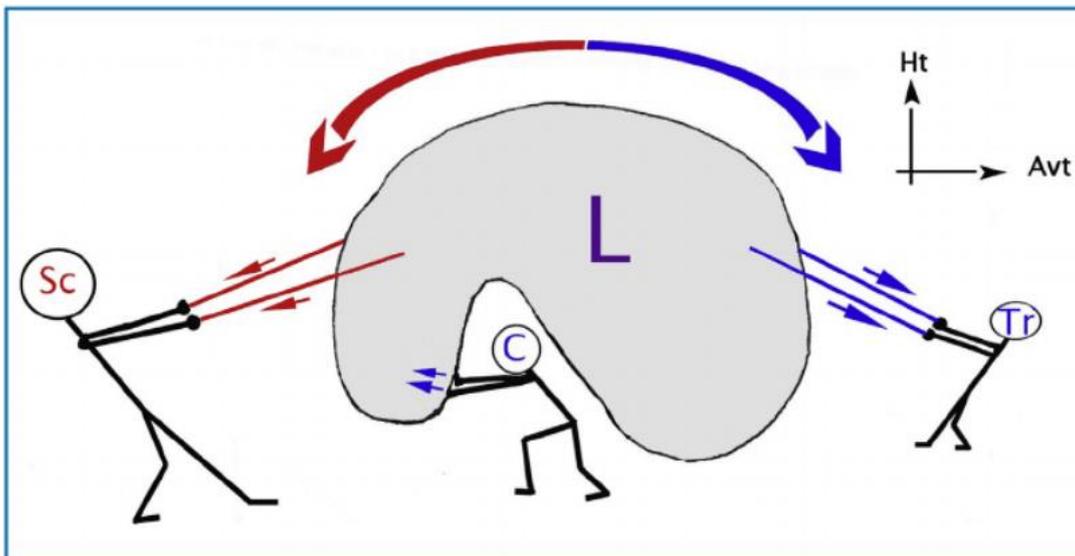


Fig. 11: Equilibre du lunatum. In : Mesplé G, Geoffroy C. « Rééducation des instabilités scapho-lunaires ». Kinesither Rev. 2018;18(198):29–36.

La rupture des ligaments scapho-lunaire et luno-triquébral modifie l'équilibre du lunatum. Elle entraîne respectivement une extension ou une flexion du lunatum et conduit à une biomécanique anormale au niveau des articulations carpiennes pouvant affecter la stabilité du poignet (6).

La rupture du ligament SL crée un espace entre le scaphoïde et le lunatum. Le scaphoïde n'étant plus maintenu au lunatum, se place en position de flexion. Le lunatum, n'étant plus équilibré par la force de flexion du scaphoïde, est attiré en extension par le

triquetrum. Le lunatum bascule en extension. Ce phénomène est appelé DISI (dorsal intercalated segment instability ou instabilité dorsale du segment intercalé) (6).

La rupture du ligament luno-triquébral (contrairement à la rupture isolée du scapho-lunaire) n'est généralement pas suffisante pour permettre à la force de flexion du scaphoïde d'entraîner le lunatum en flexion. Cependant, si les ligaments radio-carpiens dorsaux sont également lésés, le scaphoïde et le lunatum basculent alors en flexion (tandis que le capitatum commence à migrer entre le lunatum et le triquetrum). Ce phénomène est appelé VISI (volar intercalated segment instability ou instabilité palmaire du segment intercalé) (6).

1.1.6.5 Cinématique du carpe :

La cinématique décrit le mouvement sans considération d'application de force (3).

En position neutre de flexion-extension, le scaphoïde est orienté obliquement vers le bas et l'avant par rapport à l'axe longitudinal de l'avant-bras. C'est la raison pour laquelle il a davantage tendance à basculer en flexion qu'en extension.

A l'inverse, le lunatum a naturellement tendance à basculer en extension, sa partie dorsale étant moins large que sa partie palmaire.

1.1.6.5.1 Lors de la flexion-extension :

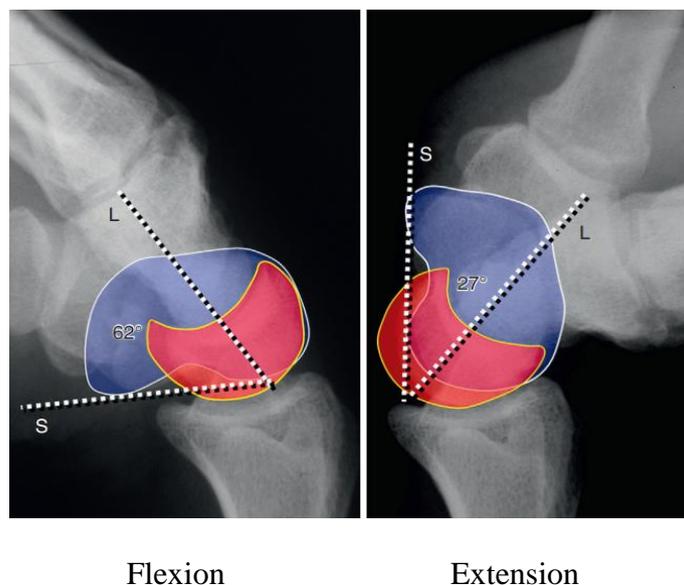


Fig. 12 : Cinématique du scaphoïde (en bleu) et du lunatum (en rouge) lors de la flexion (à gauche) et de l'extension du poignet (à droite). In : Garcia-Elias M, Lluch A. « *Green's Operative Hand Surgery* ». Seventh Edition. Part III : Wrist. Chapter 13 : « Wrist Instabilities, misalignments and dislocations » Elsevier. 2018 ; p.418.

En conditions physiologiques, lors de la flexion du poignet, le scaphoïde et le lunatum se fléchissent. Cependant le scaphoïde bascule de manière plus importante que le lunatum.

Lors de l'extension du poignet, le scaphoïde se redresse et le lunatum bascule en extension. (Fig. 12)

1.1.6.5.2 Lors des inclinaisons radiale et ulnaire :

En inclinaison radiale (fig. 13), et en l'absence de lésion scapho-lunaire, le trapézoïde et le trapèze exercent une force palmaire sur le pôle distal du scaphoïde, entraînant ce dernier en flexion. Le scaphoïde diminue sa « distance utile », on dit qu'il « se couche ». Le signe de l'anneau est observé sur les radiographies en inclinaison radiale, et correspond au tubercule du scaphoïde, antériorisé (10). Cette force exercée sur le scaphoïde est ensuite transmise au lunatum (via le ligament scapho-lunaire) et au triquetrum (via le ligament luno-triquétral) (6) qui se fléchissent également, mais de façon moins importante que le scaphoïde (1). Le lunatum dégage sa corne postérieure, plus petite et effilée que la corne antérieure et apparaît triangulaire sur la radiographie.

En inclinaison ulnaire (fig. 14), et en l'absence de lésion scapho-lunaire, l'hamatum exerce une force dorsale sur le triquetrum. Ce-dernier est entraîné en extension, et transmet cette force au lunatum (via le ligament luno-triquétral) et indirectement au scaphoïde (via le ligament scapho-lunaire) (6). Le scaphoïde se positionne en extension (de façon plus importante que le lunatum et le triquetrum) (1). Il se verticalise et remplit tout l'espace (10). Le lunatum dégage sa corne antérieure, plus large que la corne postérieure, et apparaît trapézoïdal (14).



Fig. 13 : Inclinaison radiale



Fig. 14 : Inclinaison ulnaire

In : *Cours théorique du Dr Corcella lors du DIU de rééducation de la main*, nov. 2019.

1.1.6.5.3 Lors du Dart Thrower's Motion (DTM) :

Il est important de noter que les plans de mouvement frontal et sagittal purs sont rarement utilisés dans les activités de la vie quotidienne. Le plan de mouvement le plus fréquemment utilisé est un plan oblique (1), dans lequel le mouvement est effectué de l'extension-inclinaison radiale à la flexion-inclinaison ulnaire. Ce mouvement est utilisé notamment lors du lancer de fléchette. C'est la raison pour laquelle il est appelé communément « Dart Thrower's Motion » (DTM). Il est généré par la traction des muscles *ECRB* et *ECRL* et par le muscle *FCU*.

En inclinaison radiale, le scaphoïde et le lunatum sont fléchis. Si le poignet est amené en plus en extension, le lunatum retrouve sa position initiale (telle qu'en position neutre).

En inclinaison ulnaire, le scaphoïde se redresse et le lunatum bascule en extension. Si le poignet est amené en plus en flexion, le scaphoïde et le lunatum reviennent à leur position initiale.

In fine, lorsque le mouvement est effectué dans le plan du DTM, le scaphoïde et le lunatum restent en position neutre et le mouvement du poignet s'effectue principalement au niveau de l'articulation médio-carpienne.

1.2 Les lésions du ligament scapho-lunaire :

Ce sont les lésions ligamentaires intracarpiennes les plus fréquentes (4,24). Elles altèrent la cohésion de la première rangée des os du carpe (7).

1.2.1 Origine des lésions scapho-lunaires :

Les lésions scapho-lunaires ont le plus souvent une origine traumatique. Elles peuvent être isolées ou associées à d'autres traumatismes (fractures du radius distal ou du scaphoïde (25), lésions périlunaires) (1).

L'atteinte du ligament SL est généralement liée à un traumatisme en hyperextension; soit en inclinaison radiale (4), soit en inclinaison ulnaire selon les auteurs (1), associée à une supination médio-carpienne et à une pronation de l'avant-bras (26). Fréquemment retrouvée chez des patients jeunes, elle est le plus souvent due à une chute sur l'éminence thénar ou à un accident de deux-roues (26).

Elle peut également être liée à une arthrite septique, métabolique, microcristalline (27) ou rhumatoïde (1). Dans de très rares cas, une origine iatrogène peut être retrouvée (exemple : excision capsulaire excessive lors de l'ablation d'un kyste dorsal).

1.2.2 Physiopathologie des lésions SL :

Le ligament SL peut être partiellement ou complètement rompu.

La rupture complète du ligament SL met en péril la stabilité de l'unité scapho-lunaire dont il est le stabilisateur principal (17). Elle entraîne l'horizontalisation du scaphoïde, qui n'est plus amarré au lunatum, et se fixe dans une position de flexion. Le lunatum se place en extension sous l'influence du triquetrum. Ce phénomène est nommé DISI par les anglo-saxons : Dorsal Intercalated Segment Instability.

Une perte des relations anatomiques est observée entre le scaphoïde et le lunatum (dissociation scapho-lunaire). La hauteur du carpe diminue et le plan ligamentaire palmaire se relâche, entraînant un affaissement de la partie latérale du carpe (17). Le triquetrum et le lunatum subissent une translation médiale, accentuant ainsi l'élargissement de l'espace scapho-lunaire.

Ce dernier tend à s'ouvrir davantage avec le temps, sous l'effet des forces de compression transmises au carpe (17). Le scaphoïde et le lunatum se figent dans leur position. Ainsi, les forces auxquelles le poignet est soumis ne peuvent être distribuées

normalement. Le pôle proximal du scaphoïde tend à se subluser dorsalement et radialement, entraînant l'apparition de contraintes en compression et cisaillement sur la partie dorsale et latérale de la fossette radio-scaphoïdienne. Le scaphoïde « couché » exerçant le maximum de pression à ce niveau, ces contraintes peuvent rapidement entraîner l'apparition d'arthrose (17).

Watson a défini la progression de ces phénomènes dégénératifs par le terme « Scapho Lunate Advanced Collapse » (SLAC).

L'arthrose évolue la plupart du temps selon une certaine chronologie : fig. 15 (12,25).

Au stade 1, on retrouve une arthrose stylo-radiale isolée.

Au stade 2, une arthrose scapho-radiale complète.

Au stade 3, une arthrose radio-scaphoïdienne et capito-lunaire.

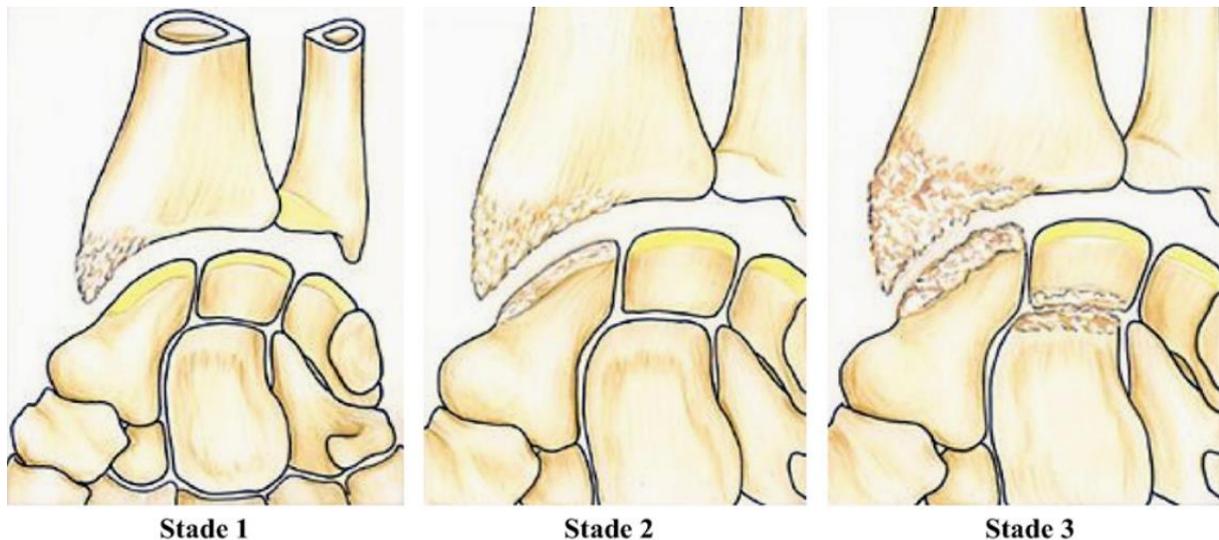


Fig. 15 : Stades évolutifs du SLAC Wrist. In : Fontès D. « *Les lésions ligamentaires intracarpiennes : histoire naturelle, attitude pratique* ». Journal de Traumatologie du Sport. 2007 ; 24, 168–171.

1.2.3 Complexe scapho-lunaire et instabilité :

1.2.3.1 Instabilité scapho-lunaire :

L'instabilité SL (ou dissociation SL) est l'instabilité carpienne la plus fréquente. Elle résulte de la rupture ou de l'affaiblissement des ligaments stabilisateurs de l'articulation SL (15) et peut avoir des conséquences majeures si elle n'est pas traitée.

C'est une instabilité dissociative, selon la classification de la Mayo Clinic (classification la plus souvent utilisée pour définir les différents types d'instabilités au niveau du poignet) (1). Elle correspond à une perturbation de la cohésion entre deux os adjacents de la première rangée (11,18).

Dans certains cas, elle peut être asymptomatique (8).

D'un point de vue radiologique, l'instabilité peut être dite statique, dynamique ou pré-dynamique (13). cf. 1.2.5.3.1. Radiographies

1.2.3.2 Complexe scapho-lunaire :

Il est admis aujourd'hui que l'atteinte isolée du ligament SL n'entraîne pas d'instabilité (12). En effet, la stabilité SL est assurée par un ensemble de structures, et non par le seul ligament interosseux SL : on parle de complexe scapho-lunaire (28).

Le stabilisateur principal de l'espace SL est le ligament interosseux scapho-lunaire dorsal. Sa lésion est presque constante dans l'instabilité SL.

Des stabilisateurs secondaires assurent également la stabilité SL :

-le ligament intercarpien dorsal, qui semble être le verrou secondaire le plus important. Il forme avec le ligament radio-carpien dorsal un « V » dorsal, constituant un véritable carrefour ligamentaire dorsal (28).

-le ligament palmaire radio-scapho-capital (RSC), le ligament scapho-trapézien et le tendon du *FCR*, qui limitent la pronation et la translation dorsale proximale du scaphoïde,

-et le septum capsulo-ligamentaire scapho-lunaire dorsal (ou DCSS : dorsal capsulo-scapholunate septum), décrit comme un troisième niveau probable de stabilisation SL.

Le DCSS est un prolongement épais de la capsule radio-carpienne reliant le rebord dorsal de la crête scapho-lunaire du radius, à la partie dorsale du ligament interosseux SL, au scaphoïde et au lunatum (28).

Le complexe SL permet la stabilisation passive de l'espace SL, à laquelle s'ajoute la stabilisation active par les tendons périphériques (28).

Pour obtenir une instabilité importante, la lésion du ligament SL doit être associée à la lésion de certains stabilisateurs secondaires. La vitesse d'apparition des signes d'instabilité dépend de la sévérité des lésions de chaque élément constitutif du complexe SL et du nombre de ces éléments lésés (28).

Cependant, l'atteinte du ligament SL a des répercussions sur l'ensemble du carpe, en augmentant les contraintes sur les éléments sains. Ce report de contraintes conduit

progressivement à la distension de certains éléments capsulo-ligamentaires et à la rétraction d'autres, générant à plus ou moins court terme une instabilité dynamique, puis statique, puis des lésions dégénératives de type SLAC Wrist (12).

1.2.4 Classification des lésions SL :

Les lésions SL peuvent être classées selon plusieurs critères.

1.2.4.1 Classification selon l'ancienneté de la lésion :

Une lésion datant de moins de six semaines est définie comme une lésion aiguë ou subaiguë. Une lésion chronique récente correspond à une lésion datant de six semaines à trois mois. Une lésion chronique ancienne correspond à une lésion de plus de trois mois (28).

1.2.4.2 Classification selon le type de lésion :

Une étude publiée en 2012 (26) montre l'existence de quatre formes différentes de lésions SL dorsales : (fig. 16)

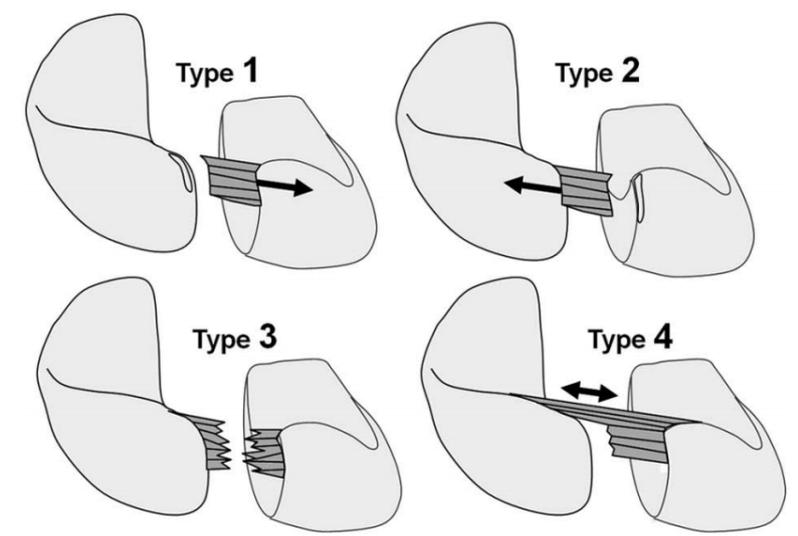


Fig.16: Classification des lésions ligamentaires SL dorsales. In : Andersson JK, Garcia-Elias M. « *Dorsal scapholunate ligament injury : a classification of clinical forms* ». The Journal of Hand Surgery (European Volume) 38E. 2012 ; (2) 165–169.

doi : 10.1177/1753193412441124

Les lésions de type un, correspondent à une avulsion ligamentaire latérale du scaphoïde et seraient les plus fréquentes.

Les lésions de type deux, correspondent à une avulsion ligamentaire médiale du lunatum et seraient les moins fréquentes.

Les lésions de type trois correspondent à une rupture ligamentaire en plein corps.

Les lésions de type quatre correspondent à une rupture partielle associée à une distension ligamentaire.

Cette classification a une valeur descriptive et thérapeutique, le type de rupture ligamentaire étant un facteur à considérer dans le choix du traitement.

En effet, ces différentes formes de lésions SL dorsales requièrent un type de réparation particulier.

1.2.4.3 Classification selon le stade de lésion :

La plupart du temps, le ligament SL se rompt en premier lieu au niveau de sa portion palmaire, puis la lésion progresse dorsalement jusqu'à ce que les dernières fibres de la portion dorsale soient rompues (26). Il existe plusieurs classifications selon le stade de lésion du complexe SL.

1.2.4.3.1 Classification arthroscopique de l'EWAS :

L'European Wrist Arthroscopic Society (EWAS) propose une classification arthroscopique de l'instabilité SL en cinq stades (Tab. 1) selon l'importance de la laxité de l'interligne (28,29).

L'arthroscopie, moyen mini-invasif, est le gold standard diagnostique de l'instabilité SL. Elle permet de la dater, de l'évaluer, de tester les composants du complexe SL et de réaliser le bilan du cartilage (28).

Les stabilisateurs secondaires du SL peuvent être ainsi évalués (ligaments extrinsèques et DCSS). Elle présente également un grand intérêt thérapeutique car elle permet de traiter la plupart des stades d'instabilité (28).

Stades	Examen arthroscopique du SLIOL en médiocarpien	Lésions anatomo pathologiques
I	Pas de passage du crochet	Pas de lésions
II – Lésion de la membrane SLIOL	Passage de la pointe du crochet sans élargissement (stable)	Lésion proximale/ membraneuse du SLIOL
III A – Lésion partielle palmaire du SLIOL	Élargissement palmaire à l'examen dynamique de l'articulation médiocarpienne (laxité antérieure)	Lésion antérieure et proximale du SLIOL, avec ou sans lésion du RSC-LRL
III B – Lésion partielle dorsale du SLIOL	Élargissement dorsal du SL à l'examen dynamique (laxité postérieure)	Lésion proximale et postérieure du SLIOL avec lésion partielle du DIC
III C – Lésion complète, articulation réductible	Élargissement complet de l'espace SL à l'examen dynamique, réductible avec un crochet	Lésion complète SLIOL (antérieure, proximale et postérieure), lésion complète d'un ligament extrinsèque (DIC ou RSC/LRL)
		IV – Lésion complète du SLIOL avec diastasis du SL
		Diastasis du SL avec passage de l'arthroscope de médio- à radiocarpien Pas d'anomalies à la radiographie
		Lésion complète du SLIOL (antérieure, proximale, postérieure), lésion des ligaments extrinsèques (DIC et RSC/LRL)
		V – Lésion complète et diastasis
		Large diastasis du SL avec passage de l'arthroscope à travers l'articulation SL Anomalies radiographiques : diastasis du SL, DISI, horizontalisation du scaphoïde
		Lésion complète des SLIOL, DIC, LRL, RSC, atteinte d'un ou plus autre ligament (TH, ST, DRC)

Articulation SL : articulation scapholunaire; DIC : ligament dorsal intercarpien; DISI : *dorsal intercalated segment instability* (bascule du lunatum); DRC : ligament dorsal radiocarpien; LRL : ligament radiolunaire long; RSC : ligament radio-scapho-capitate; SL : ligament scapholunaire; SLIOL : ligament scapholunaire interosseux; ST : ligament scaphotriquétral; TH : ligament triquétro-hamatal.

Tableau 1: Classification de l'EWAS traduite en français. In : Saab M. « *Pathologie ligamentaire du poignet-ligament scapho-lunaire* ». [présentation] 2020 ; http://www.sofarthro.com/medias/files/14A_SAAB.pdf

1.2.4.3.2 Classification de Garcia-Elias :

Garcia-Elias propose une classification de l'instabilité SL en sept stades (Tab.2), permettant d'orienter la prise en charge thérapeutique (28) :

Cette classification est basée sur six questions (1) :

- Le ligament SL dorsal est-il intact et fonctionnel ?
- Si le ligament est rompu, est-il réparable ?
- L'alignement du scaphoïde est-il normal ?
- L'alignement radio-lunaire est-il conservé ?
- La perte de l'alignement carpien est-elle aisément réductible ?
- Le cartilage articulaire est-il normal ?

Les réponses à ces questions permettent de classer la dissociation SL en sept stades :

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Lésion partielle	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Réparable	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
Angle RS normal	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
Lunatum aligné	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
Réductible	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non
Cartilage normal	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non

Angle RS : angle radioscapoïdien.

Tableau 2 : Classification de l'instabilité scapholunaire selon Garcia Elias. In : Van Overstraeten L, Camus EJ. « *Arthroscopie de la main, du poignet et du coude* », *Partie I, section II, chapitre 4*. Elsevier-Masson. 2020 ; 25-29.

Garcia-Elias a décrit les traitements les plus communément utilisés (1) pour chacun de ces stades.

Les lésions de stade un correspondent à une lésion SL partielle (ligament distendu ou partiellement rompu). Cette lésion va d'une distension minimale à la rupture partielle de la portion proximale, plus ou moins associée à la rupture de la portion palmaire du ligament, sans grosse instabilité. Ces lésions sont diagnostiquées le plus souvent par arthroscopie ou IRM. A ce stade, il n'y a pas de perte d'alignement ou d'augmentation de l'espace SL sur les radiographies standards ou en stress : on parle d'instabilité occulte ou pré-dynamique. Cependant, la mobilité du scaphoïde et du lunatum est augmentée, générant des contraintes cartilagineuses anormales et des douleurs (1).

Lorsque cette rupture subtotalaire (correspondant aux stades EWAS II ou IIIA) est diagnostiquée à la phase aiguë, le traitement chirurgical est recommandé (1).

Lorsqu'elle est diagnostiquée au stade chronique, trois approches différentes peuvent être proposées, selon Garcia-Elias : la rééducation proprioceptive et le renforcement des muscles supinateurs intracarpiens, le débridement arthroscopique, et le « shrinkage » (qui consiste en un raccourcissement électro-thermique du ligament SL).

Les stades deux à sept correspondent, au minimum, à une lésion complète du ligament SL et relèvent du traitement chirurgical (1). Cette lésion altère de manière importante la

cinématique et la transmission des forces au niveau du poignet, mais n'entraîne pas de perte de l'alignement carpien en phase aigüe. Celle-ci n'apparaît immédiatement qu'en cas de rupture concomitante des stabilisateurs secondaires du ligament SL. Ces-derniers, bien que non atteints initialement, peuvent s'affaiblir avec le temps, et entraîner un collapsus carpien.

D'après cette classification, seules les lésions SL de stade un diagnostiquées au stade chronique seraient éligibles au traitement conservateur (rééducation proprioceptive et renforcement des muscles supinateurs intracarpiens). Elles correspondent à des lésions partielles (lésion de la portion proximale plus ou moins associée à celle de la portion palmaire). En revanche, si le faisceau dorsal du ligament est rompu, le traitement conservateur n'est pas approprié car la supination de la deuxième rangée induite par la contraction des muscles supinateurs intracarpiens ne réduit pas l'espace SL et génère des contraintes favorisant la subluxation du pôle proximal du scaphoïde (1).

1.2.5 Diagnostic clinique et paraclinique :

1.2.5.1 Enjeux du diagnostic précoce :

Le diagnostic se fait normalement au stade précoce (avant trois mois) (17) et représente un enjeu majeur pour la récupération.

En effet, plus les lésions sont diagnostiquées précocement, meilleures sont les chances de les réparer, et de limiter l'évolution vers l'arthrose.

Par ailleurs, le traitement chirurgical, lorsqu'il est indiqué (dans la majorité des cas), est d'autant plus complexe que la lésion est ancienne (4).

1.2.5.2 Diagnostic clinique :

►A l'examen clinique, le patient présente généralement :

-des douleurs spontanées (souvent localisées sur le versant radial), ou lors de l'utilisation du poignet,

-des douleurs à la pression de l'interligne scapho-lunaire (4,17).

-des claquements avec parfois un ressaut pouvant être perçu en flexion, ou lors du passage de l'inclinaison radiale à l'inclinaison neutre (traduisant le découplage du scaphoïde et du lunatum, et sa correction brutale).

- une perte de force progressive
- une diminution de la mobilité, plus tardive
- un œdème parfois (4,17).

L'examen clinique doit être comparatif car il n'existe aucun critère de normalité (17).

•Plusieurs tests cliniques peuvent traduire une lésion scapho-lunaire :

-le signe d'irritation synoviale du scaphoïde (faible spécificité): il recherche une douleur à la pression de celui-ci dans la tabatière anatomique (17).

-le signe de la sonnette du scaphoïde (faible sensibilité) : le pouce de l'examineur est placé sur la saillie palmaire du scaphoïde tandis que l'index est placé dans la tabatière anatomique. En conditions physiologiques et en inclinaison ulnaire, la saillie du tubercule scaphoïdien s'efface tandis que celle du pôle proximal augmente dans la tabatière anatomique. En inclinaison radiale, la saillie du tubercule scaphoïdien réapparaît dans la gouttière du pouls tandis que celle du pôle proximal s'efface au niveau de la tabatière. Une disjonction scapho-lunaire peut être évoquée en cas de perturbation de ce phénomène (17).

-le test du ballotement scapho-lunaire: l'examineur maintient le scaphoïde d'une part, et le lunatum d'autre part, par une prise pouce-index, et imprime des mouvements de cisaillements entre les deux os. Ce test recherche une mobilité antéro-postérieure anormale entre scaphoïde et lunatum. Le ballotement du scaphoïde est plus important en cas de lésion du ligament scapho-lunaire, et peut provoquer douleur et ressaut (10,17).

-la manœuvre de flexion du poignet-extension des doigts : coude en appui, le poignet du patient est placé en flexion et l'examineur demande au patient une extension des doigts. Une douleur ressentie sur l'interligne scapho-lunaire lors de l'extension contrariée des doigts signe la positivité du test.

-le test de Watson (fig. 17) ou Scaphoïd Shear Test (faibles sensibilité et spécificité) : face au patient, l'examineur place son index à la face dorsale du pôle proximal du scaphoïde, et le pouce sur la tubérosité palmaire. L'autre main maintient les métacarpiens et place le poignet du patient en inclinaison ulnaire. L'examineur applique une pression ferme sur la face palmaire du scaphoïde, plaçant ainsi le scaphoïde en extension. Il ramène ensuite le poignet en inclinaison radiale, tout en maintenant cette pression, empêchant ainsi le scaphoïde de se fléchir. Un ressaut ou une douleur peuvent traduire une instabilité

scapho-lunaire. Lorsque l'examineur relâche la pression, le scaphoïde réintègre sa position, provoquant parfois un claquement (« thunk ») (17).

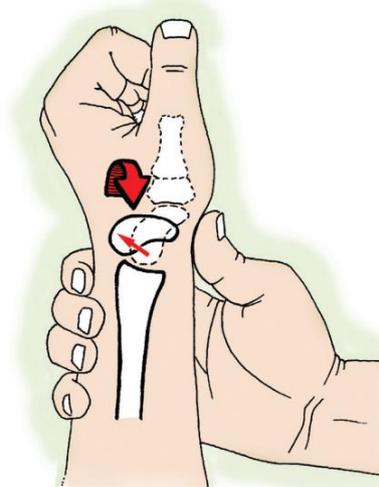


Fig. 17 : Test de Watson. In : Garcia-Elias M. and. Lluch A. « *Green's Operative Hand Surgery* ». Seventh Edition. Part III : Wrist. Chapter 13 : « Wrist Instabilities, misalignments and dislocations » Elsevier. 2018 ; p.418.

1.2.5.3 Diagnostic paraclinique :

Parallèlement à l'examen clinique, les examens complémentaires permettent de confirmer ou d'infirmer l'atteinte du ligament scapho-lunaire et de préciser son stade (4).

Le diagnostic se fait en premier lieu sur les radiographies (statiques et/ou dynamiques).

En cas de doute sur une éventuelle lésion, il peut être complété par d'autres examens, en particulier par l'arthroscanner et dans certains cas, par l'arthroscopie.

L'arthrographie, l'IRM, l'arthro-IRM et l'échographie peuvent également être utilisés.

Nous détaillons ici les examens les plus utilisés, et qui semblent présenter le plus d'intérêt dans le diagnostic (17).

1.2.5.3.1 Radiographies :

D'un point de vue radiologique, l'instabilité peut être dite statique, dynamique ou pré-dynamique.

L'instabilité est dite « statique » lorsqu'elle peut être observée sur les clichés statiques standards (15). Elle témoigne d'une lésion scapho-lunaire complète (13).

L'instabilité est dite « dynamique », lorsqu'elle n'apparaît pas sur les clichés standards, mais qu'elle est retrouvée sur les clichés dynamiques (15).

L'instabilité est dite pré-dynamique lorsque les radiographies statiques et dynamiques sont normales, mais que le diagnostic clinique oriente vers une lésion scapho-lunaire.

L'instabilité SL peut néanmoins être asymptomatique.

Les clichés standards :

•La radiographie statique de face (fig. 18) recherche :

- un diastasis (augmentation de l'espace scapho-lunaire), supérieur à 3mm en cas de lésion
- une diminution de la hauteur du carpe, liée à la bascule du scaphoïde en flexion et du lunatum en extension (4,17).
- l'apparition du signe de l'anneau, traduisant la bascule du scaphoïde en flexion (scaphoïde « couché »). Ce signe n'a aucune signification pathologique sur un cliché réalisé en inclinaison radiale, tandis qu'il est pathologique sur un cliché réalisé en position neutre ou en inclinaison ulnaire (14).

•La radiographie statique de profil (fig. 19) recherche :

- un angle scapho-lunaire supérieur à 70° en cas de lésion, avec une bascule du lunatum en extension (on parle de DISI : Dorsal Intercalated Segment Instability) et du scaphoïde en flexion, en cas de lésion scapho-lunaire (4,17).

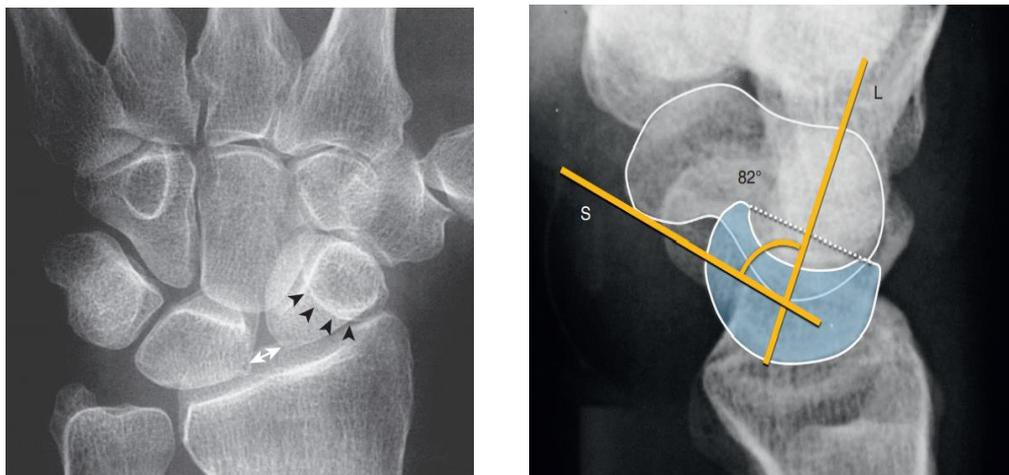


Fig. 18 (à gauche) : Radiographie de face : diastasis SL et signe de l'anneau.

Fig. 19 (à droite) : Radiographie de profil : angle SL supérieur à 70° et DISI (bascule du lunatum en extension).

In : Garcia-Elias M. and. Lluch A. « Green's Operative Hand Surgery » Seventh Edition. Part III : Wrist. Chapter 13 : « Wrist Instabilities, misalignments and dislocations » Elsevier, 2018 ; p.418.

Les clichés dynamiques :

Ces radiographies, réalisées en inclinaison radiale, en inclinaison ulnaire et « en stress » (poing fermé) permettent d'affiner le diagnostic et de mettre en évidence une lésion scapho-lunaire n'apparaissant pas sur les clichés statiques.

Les radiographies en inclinaisons sont plus indiquées dans le cadre de lésions partielles. Elles recherchent une dysharmonie de mobilité du scaphoïde et du lunatum, et une modification des arcs de Gilula (17).

Le cliché « en stress » consiste à demander au patient de serrer le poing (intensité maximale), afin de provoquer une poussée du capitatum dans l'espace scapho-lunaire. Cette poussée crée une augmentation de l'espace scapho-lunaire en cas d'instabilité SL (17).

1.2.5.3.2 Arthroscanner

Examen de référence pour la détection des lésions scapho-lunaires, l'arthroscanner permet d'affiner le diagnostic de ces lésions (malgré l'existence de faux positifs et de faux négatifs) (30).

Il met en évidence une rupture transfixiante en montrant une communication anormale entre le compartiment médio-carpien et le compartiment radio-carpien via l'interligne scapho-lunaire (30). Il permet également la détection des phénomènes dégénératifs (arthrose radio-scaphoïdienne et capito-lunaire).

1.2.5.3.3 Arthroscopie :

Elle permet le diagnostic précis des lésions scapho-lunaires (localisation et étendue) par visualisation directe et palpation; et l'évaluation de l'état cartilagineux. L'arthroscopie peut aussi permettre le diagnostic de certaines lésions pouvant être méconnues à l'arthroscanner (1). Cependant, cela reste un examen invasif.

1.2.5.4 Diagnostic tardif ou absence de diagnostic :

En l'absence de diagnostic, ou lorsque celui-ci est réalisé tardivement, les modifications biomécaniques liées à l'atteinte du ligament scapho-lunaire conduisent inéluctablement à des phénomènes dégénératifs de type SLAC Wrist (Scapho Lunate Advanced Collapse) (12).

Cette évolution est à éviter car le traitement de ces phénomènes dégénératifs est complexe et incertain.

1.2.6 Traitement des lésions scapho-lunaires :

Il peut être conservateur, ou chirurgical (traitement dont relève la majorité des lésions).

Le choix du traitement est établi en fonction de plusieurs critères : stade et ancienneté de la lésion, âge du patient, profession, besoins fonctionnels, loisirs (1).

Dans le cas du traitement chirurgical, le compte-rendu opératoire est d'une grande importance pour le kinésithérapeute (14). Les implications biomécaniques de chaque geste chirurgical (capsulodèse ou non, réparation directe, ligamentoplastie, brochage scapho-lunaire...) doivent être prises en compte afin d'adapter au mieux le protocole de rééducation post-opératoire (17).

1.2.6.1 Traitement conservateur :

Il consiste en une immobilisation de plusieurs semaines (dont la durée est variable selon les auteurs) accompagnée ou suivie de rééducation (7,11). Cette dernière est basée sur le travail de la proprioception et le renforcement des muscles protecteurs du ligament SL (7-9).

Selon la classification de Garcia-Elias, le traitement conservateur concernerait les lésions SL partielles (de stade un), diagnostiquées au stade chronique. Celles-ci incluent les lésions de la portion proximale du SL, plus ou moins associées aux lésions de la portion palmaire, mais n'incluent pas les lésions du faisceau dorsal (qui relèvent du traitement chirurgical) (1).

D'un point de vue radiologique, le traitement conservateur serait approprié aux lésions se manifestant par une instabilité « occulte » ou pré-dynamique (11).

Il semble être discutable pour certaines instabilités dynamiques (11).

Il n'est pas adapté aux lésions se manifestant par une instabilité statique. En effet, il est insuffisant et ne permet ni la réduction ni le maintien de l'alignement scapho-lunaire (3).

1.2.6.2 Traitement chirurgical :

1.2.6.2.1 Indications du traitement chirurgical :

Il s'adresse aux lésions qui ne relèvent pas du traitement conservateur.

Il vise à réparer ou à reconstruire les éléments ligamentaires lésés, à réaligner les éléments osseux si nécessaire (11), et parfois à renforcer la capsule.

La découverte d'une instabilité scapho-lunaire statique nécessite, en l'absence d'arthrose, une stabilisation scapho-lunaire (12).

Dans les cas d'instabilité dynamique, le traitement chirurgical semble discuté. Il relève, selon les auteurs, d'une stabilisation scapho-lunaire (12) ou d'un traitement conservateur (16).

1.2.6.2.2 Choix de la technique chirurgicale :

Il dépend du délai post-traumatique (12).

Dans les cas de lésions récentes, la réparation chirurgicale du ligament peut être réalisée dans les six à douze semaines suivant le traumatisme. Au-delà, elle n'est pas recommandée, les ligaments interosseux ayant un faible potentiel de revascularisation. Il n'existe en revanche pas de consensus concernant la meilleure technique de réparation (3). Durant la période de cicatrisation ligamentaire, l'alignement scapho-lunaire est maintenu par des broches ou des vis, et le poignet est immobilisé dans une orthèse pendant huit semaines en moyenne (3). La rééducation fera suite à la chirurgie.

Dans les cas de lésions anciennes, il n'est pas possible d'effectuer une réparation directe du ligament scapho-lunaire. D'autres techniques sont utilisées : capsulodèses dorsales, ligamentoplasties, arthrodèse partielle... Elles modifient la biomécanique du carpe, et ralentissent l'installation de l'arthrose à long terme, mais ne l'empêchent pas (3).

Lorsque l'arthrose est sévère, ou en cas de collapsus du carpe, différentes solutions chirurgicales peuvent être proposées : résection de la première rangée, arthrodèse partielle (des « quatre coins ») ou totale, prothèse (3). Ces interventions ont uniquement un rôle palliatif. Elles visent à enrayer l'évolution dégénérative par une stabilisation partielle du carpe, en supprimant les pressions sur les zones arthrosiques (12), afin de diminuer la douleur et d'améliorer la fonction. Malheureusement elles entraînent une perte de mobilité et ne permettent pas de récupérer la force antérieure au traumatisme (3).

La prise en charge de l'instabilité scapho-lunaire est vaste et complexe. Sa rééducation doit être spécifique.

Il existe actuellement un certain nombre de protocoles utilisés dans le traitement des lésions SL. Ils concernent en majorité la rééducation post-opératoire. Néanmoins, quelques protocoles concernent également la rééducation en tant que traitement conservateur. Ils sont essentiellement issus d'études cliniques et ont été publiés récemment.

Dans la suite de ce travail, nous allons tenter de mettre en évidence les spécificités de la rééducation dans le traitement des lésions partielles (principes, délais et techniques utilisés), que cette rééducation soit entreprise dans le traitement conservateur, ou après chirurgie.

Pour cela, nous proposons de réaliser une synthèse des recommandations et des protocoles de rééducation existants. Leurs points communs et leurs divergences seront mis en évidence, puis confrontés aux connaissances mises en lumière ces dernières années sur le poignet et le ligament scapho-lunaire.

Nous nous intéresserons également aux études cliniques publiées au sujet du traitement conservateur, visant à évaluer l'efficacité de ce-dernier. Dans celles-ci, nous étudierons le protocole de rééducation utilisé, ainsi que ses résultats, et le confronterons également aux nouvelles connaissances.

2 Méthodologie de recherche :

Pour cela, une revue de la littérature a été réalisée :

2.1 Définition de la problématique et stratégie de recherche :

La problématique a été construite à l'aide de l'outil PICO (Population Intervention Comparator Outcomes) (31).

La traduction des mots-clefs français en termes Mesh anglais a été effectuée à l'aide du site de l'INSERM : <http://mesh.inserm.fr/FrenchMesh/search/index.jsp>

Les mots-clefs suivants ont été utilisés pour la recherche : « scapholunate injury », « scapholunate interosseus ligament », « scapholunate instability », « scapholunate ligament », « carpal instability », « wrist instability », « rehabilitation », « conservative treatment », « proprioception », « strengthening ».

2.2 Recherche bibliographique :

Plusieurs sources bibliographiques ont été utilisées afin de répondre à la problématique et de préciser le contexte de ce mémoire.

2.2.1 Recherche sur la base de données Pubmed :

L'équation de recherche a été construite comme suit :

```
("scapholunate injury"[Title/Abstract]) OR ("scapholunate instability"[Title/Abstract]) OR ("scapholunate ligament"[Title/Abstract]) OR ("wrist instability"[Title/Abstract]) OR (scapholunate[Title/Abstract]) AND ((rehabilitation[Title/Abstract]) OR (physiotherapy[Title/Abstract]) OR (conservative treatment[Title/Abstract]))
```

Soixante-trois résultats ont été trouvés à l'aide de cette équation de recherche.

A partir des résultats obtenus, une sélection a été réalisée en excluant les articles n'ayant pas de lien direct avec la problématique. Douze articles ont été conservés, publiés de 1986 à 2021. Un article publié en 1986, a été exclu car trop ancien. Finalement, onze articles, publiés de 2005 à 2021 en langue anglaise ont été sélectionnés. Malheureusement, l'accès au texte entier n'a été possible que pour neuf articles.

Afin de préciser le contexte de cette étude et d'étayer la discussion, d'autres équations de recherche ont été utilisées sur Pubmed, incluant les mots-clefs suivants :

« Orthosis/splint », « proprioception », « wrist instability », « dart throwing motion », « stability », « neuromuscular control », « strenghtening ».

Après avoir lu quelques articles, une recherche par auteur (Garcia-Elias, Hagert) a également été effectuée sur Pubmed.

2.2.2 Recherches sur le site internet de l'Encyclopédie médico-chirurgicale:

Après avoir sélectionné la revue « Hand Surgery And Rehabilitation », une recherche avec les mots-clefs « scapholunate rehabilitation » dans les « Titre, mots-clefs, résumé » a aboutit à 190 résultats. 188 ont été exclus car hors sujet ou traitant de chirurgie. Deux articles ont été retenus, après lecture du résumé.

Une recherche dans « Kinésithérapie la Revue » avec les mots-clefs « poignet traumatique » dans les « Titre, mots-clefs, résumé » a aboutit à 57 résultats, dont 2 ont été retenus (les autres articles étant hors sujet).

2.2.3 Recherches sur la base de données Google Scholar :

Elles ont été effectuées avec les mots-clefs « instabilités du carpe », permettant de sélectionner plusieurs articles.

2.2.4 Autres sources utilisées :

Une recherche dans la revue « Kinésithérapie Scientifique » a été effectuée et a permis de sélectionner trois articles.

Plusieurs ouvrages ont été utilisés (livres d'anatomie et de biomécanique, ouvrages spécialisés traitant des pathologies de la main...). Le livre d'Adrien Pallot (« Evidence Based Practice en rééducation ») m'a été d'une grande aide pour définir la problématique et réaliser cette recherche bibliographique.

La lecture d'anciens mémoires de DIU (publiés sur le site internet du GEMMSOR), le suivi de conférences en ligne (webinaires) et la consultation de pages internet ont également contribué à mes recherches.

3 Résultats

Ces recherches ont permis de préciser le contexte de ce mémoire, et de faire ressortir des protocoles de rééducation et des recommandations concernant les lésions SL.

Ceux-ci sont issus de livres, d'articles de la littérature et de conférences en ligne.

Certaines données concernent la rééducation des lésions SL de manière générale (sans distinguer la rééducation effectuée après chirurgie de celle effectuée dans le traitement conservateur).

D'autres données concernent exclusivement le traitement conservateur de ces lésions (8,9).

Globalement, on constate qu'il existe très peu de ressources bibliographiques concernant la rééducation des lésions SL, comparées aux ressources concernant la chirurgie de ces lésions.

3.1 Résultats concernant la rééducation des lésions SL (post-opératoire et conservatrice) :

L'analyse détaillée des protocoles et des recommandations retrouvés dans la littérature est disponible sous forme de tableau en annexe 2.

L'année de publication des différentes ressources bibliographiques s'étend de 2003 à 2018. Toutes sont en langue française.

Certains protocoles sont très détaillés (délais, techniques...) tandis que d'autres le sont moins.

Lorsque le poignet est opéré, la plupart des protocoles ne distinguent pas la rééducation en fonction de la technique chirurgicale utilisée, à quelques exceptions près (12).

3.1.1 Constitution des protocoles :

Ces-derniers sont quasiment tous constitués de trois phases distinctes, dont la durée et les délais sont basés sur la cicatrisation ligamentaire.

La première phase retrouvée dans les différents protocoles est une phase d'immobilisation (stricte la plupart du temps) correspondant à la période de fragilité du ligament SL. Elle dure en moyenne 45 à 60 jours.

La phase suivante est une phase de cicatrisation relative du ligament SL (ou « préconsolidation ») qui débute généralement à J45 et se termine à J90 dans la plupart des protocoles.

Enfin, la dernière phase, de consolidation et de solidité, démarre généralement à J90. Dans le protocole proposé par R. Baladron dans son mémoire (14), cette phase est divisée en deux temps : une phase dite fonctionnelle, suivie d'une phase de réathlétisation (qui est fonction de la profession et des loisirs du patients).

3.1.2 Principes de rééducation et objectifs communs :

On constate d'après ces protocoles, que la rééducation ne doit pas être stéréotypée, mais spécifique aux lésions SL (10).

Elle doit permettre de retrouver une bonne stabilité du poignet et d'éviter l'évolution vers le SLAC wrist (4).

Deux grands principes sont retrouvés dans les protocoles étudiés :

-la protection impérative du ligament SL (opéré ou non) jusqu'à sa cicatrisation (17), par le port d'une orthèse (généralement non amovible) et par l'interdiction du port de charge dans la phase d'immobilisation, et l'interdiction du travail contre résistance des fléchisseurs des doigts jusqu'à la cicatrisation complète du ligament (travail poing fermé et exercices de serrage proscrits) (7). En effet, la mise en contrainte du complexe SL doit être progressive. Il faut donc éviter les contraintes en compression axiale.

-la nécessité d'une rééducation infra-douloureuse, afin d'éviter les complications (SDRC notamment) (14).

3.1.3 Synthèse des protocoles étudiés :

Nous allons tenter de réaliser une synthèse des différents protocoles étudiés, phase par phase, et d'en dégager les points communs et les divergences concernant les objectifs et les techniques utilisées en rééducation.

3.1.3.1 Phase d'immobilisation : de J0 à J45-J60

L'objectif de cette phase est de protéger le ligament SL et de prévenir les complications. Le port de charge est proscrit (3,4,14,17). De manière générale, les auteurs des protocoles étudiés s'accordent concernant les objectifs et les techniques utilisées durant cette phase.

3.1.3.1.1 Orthèse :

L'immobilisation est stricte dans la plupart des protocoles. L'orthèse de protection doit être réalisée en position neutre de flexion-extension (4,7,14) ou en légère extension (3) selon les auteurs, associée à une légère inclinaison ulnaire (5°). Les doigts sont libres.

Il faudra surveiller le confort, les points d'appui de l'orthèse (14), et la cicatrice en cas de chirurgie.

3.1.3.1.2 Objectifs et techniques kinésithérapiques :

Les objectifs et techniques retrouvés dans la littérature durant cette phase sont :

-La lutte contre la douleur et les troubles trophiques (œdème, hématome).

Pour cela, différentes techniques sont utilisées : électrostimulation de type TENS ou à visée vasomotrice (3,14,17), cryothérapie, ultrasons, drainage lymphatique manuel (17), pressothérapie, contentions élastiques (14), positionnement en déclive, stimulations vibratoires transcutanées et massage antalgique (7).

-L'entretien des articulations libres (prévention de la fibrose et de la rétraction tissulaire) par des mobilisations passives et actives des doigts sans résistance, et réalisées en déclive (4,11), des exercices de glissements tendineux de Mackin (3), et par la mobilisation du coude et de l'épaule (14).

-Le maintien de l'image corticale du mouvement, par l'utilisation de l'imagerie motrice (7) et de stimulations par vibreur ou électrodes des fléchisseurs et extenseurs du poignet (permises par la réalisation de fenêtres créées dans l'orthèse) (3).

3.1.3.2 Phase de cicatrisation relative ou de « préconsolidation » : J45 à J90

L'objectif global de cette phase est de retrouver un poignet non douloureux et stable avec des amplitudes fonctionnelles (14).

La remise en contrainte du ligament SL doit être progressive (4).

La compression axiale à ce stade est néfaste pour la cicatrisation du ligament. Les auteurs s'accordent sur le fait de proscrire tout travail contre résistance des fléchisseurs des doigts (ce-dernier induisant la poussée du capitatum dans l'espace SL). Le renforcement musculaire poing fermé (17), les exercices de malaxage de pâte (4,12) ou de serrage de balle sont interdits (14), tout comme les activités lourdes de la vie quotidienne (3).

3.1.3.2.1 Orthèse :

Il existe quelques divergences quant au port de l'orthèse. Certains auteurs préconisent son arrêt la journée et la poursuite du port nocturne pendant deux à trois semaines supplémentaires si nécessaire (14).

D'autres auteurs conseillent en revanche le port d'une orthèse de fonction diurne en néoprène ou en cuir (dont le sevrage est progressif), et d'une orthèse de repos nocturne, poignet en rectitude et doigts légèrement fléchis (3). Pour certains auteurs, l'orthèse diurne peut également consister en une orthèse de repos amovible (sevrage progressif), poignet en position neutre et pouce libre (4).

3.1.3.2.2 Objectifs et techniques kinésithérapiques :

Les objectifs poursuivis durant cette phase et les techniques utilisées sont :

-La lutte contre les troubles trophiques et la douleur. Les techniques sont identiques à celles utilisées dans la phase précédente.

-Le traitement de la cicatrice (si le poignet est opéré). Le massage manuel, la dépressothérapie (17) et les compressions par silicone (3) peuvent être utilisées afin d'améliorer l'aspect de la cicatrice et de lutter contre les adhérences.

-La rééducation de la sensibilité (en cas de paresthésies ou d'hypoesthésie péri-cicatricielle) par l'utilisation de vibrations et de techniques de désensitisation (17).

-La récupération d'amplitudes articulaires fonctionnelles, dans le respect de la non-douleur (14). A ce stade, il ne faut pas chercher à récupérer les amplitudes totales, car le risque est d'entraîner une nouvelle instabilité (3). Pour les mêmes raisons, il ne faut pas non plus « forcer » en flexion en cas de capsuloplastie associée (4). Les mobilisations, actives et passives doivent être douces, dans les secteurs fonctionnels afin de ne pas créer de tension excessive sur le ligament SL (tensions notables au-delà de 30°) (4).

Afin de favoriser la récupération d'amplitudes, le travail électroactif (3,12) (mobilisation active assistée par électrostimulation) (fig. 20) peut être utilisé, ainsi que la mobilisation par arthromoteur (3). La fluidothérapie sèche ou humide (manulve) et les mobilisations actives aidées en chaîne semi-fermée (mobilisations sur ballon) (7) sont également intéressantes. (Fig. 21)



Fig. 20 (à gauche) : Travail électroactif des fléchisseurs du poignet. In : Thomas D, Zanin T. « *Le poignet traumatique* », EMC Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 2015. Doi : 10.1016/S1283-0887(15)49472-1

Fig. 21 (à droite) : Mobilisations actives aidées en chaîne semi-fermée (avec médecine ball). In : Mesplé G. « *Instabilités du carpe chez le sportif* ». Journal ProManu 1. 2017.

Certains auteurs préconisent la mobilisation du poignet dans des plans de mouvements associés (exemple : diagonales de Kabat) et non dans les plans stricts de référence, analytiques (10). A ce propos, la mobilisation dans le plan du DTM est préconisée par certains auteurs (17) durant cette phase. Elle permettrait l'entretien du mouvement physiologique de flexion-extension médio-carpienne tout en maintenant la cohérence de l'espace SL (17). D'autres auteurs, au contraire, déconseillent l'utilisation du mouvement du DTM, qui aurait pour effet de mettre en tension le ligament SL (7).

Plusieurs auteurs préconisent également l'utilisation de mobilisations manuelles spécifiques (3) radio-carpiennes et intra-carpiennes, et notamment du scaphoïde. Ces mobilisations permettent l'analyse et le guidage des mouvements du couple SL (14,17) afin de retrouver une bonne dynamique scaphoïdienne (4).

-La récupération des capacités musculaires (force et endurance), de la stabilité du poignet, et de la coordination neuro-musculaire :

Les auteurs s'accordent sur le fait de réaliser le renforcement musculaire « paume ouverte » (c'est-à-dire doigts tendus).

Certains insistent sur le travail qualitatif, et non quantitatif des muscles stabilisateurs du poignet (12,17). Ils préconisent de débuter par un travail de réveil musculaire et de coordination, suivi plus tard d'un travail de renforcement manuel (14).

Le renforcement musculaire statique (*FRC*, Extenseurs radiaux du carpe, intrinsèques) et l'électrostimulation des stabilisateurs du poignet (4,17) sont largement utilisés dans les protocoles. L'électrostimulation de l'*ECU* est particulièrement préconisée par certains auteurs (17).

Dans certains protocoles, le renforcement est réalisé par des exercices « d'irradiation-synergie poignet-main » (techniques de réveil musculaire et de sollicitation par débordement d'énergie). (Fig. 22 et 23)

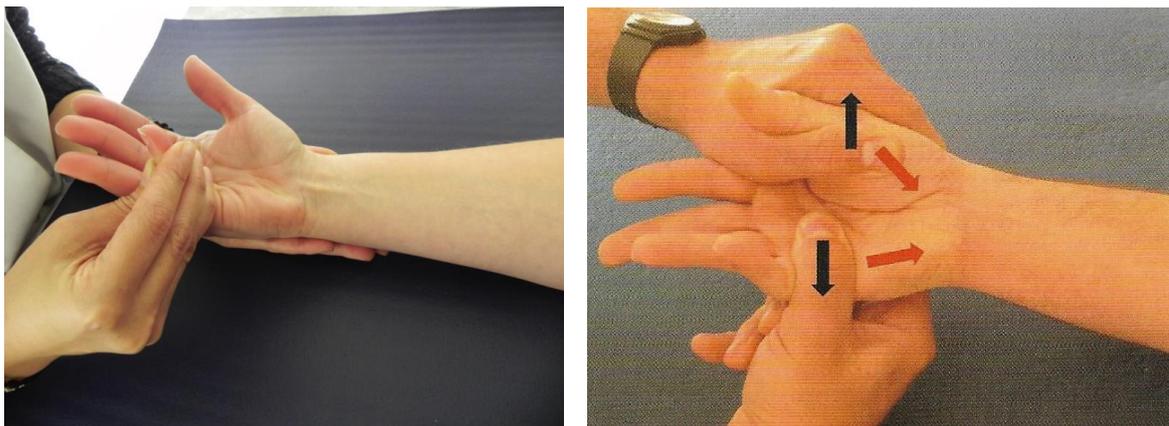


Fig. 22 (à gauche) : Réveil du *FCU* par la contraction de l'*Abductor Digiti Minimi*.

In : Boutan M, Baladron R, Casoli V. « Justifications anatomiques des techniques de renforcement musculaire dans la rééducation du poignet ». *Kinesither Rev.* 2013;13(139):36–42. doi : 10.1016/j.kine.2013.03.009

Fig. 23 (à droite) : Réveil du *FCR* par la contraction des muscles de l'arche d'opposition.

In : Boutan M, Thomas D, Célerier S, Casoli V, Moutet F. « Rééducation de la main et du poignet ». Elsevier-Masson. 2013 ; p.265.

L'utilisation des techniques de PNF (facilitation neuro-proprioceptive) et d'exercices de type Kabat est également recommandée (3).

Certains protocoles divergent en revanche à propos des muscles à solliciter.

Pour certains auteurs, le renforcement préférentiel du *FCR*, de l'*ECRL de l'APL* et du *FCU* est indiqué durant cette phase car ces muscles seraient protecteurs du ligament SL. A l'inverse l'*ECU* ne doit pas être sollicité durant cette phase car considéré comme nocif (7,13).

Dans d'autres protocoles, tous les muscles stabilisateurs du poignet sont sollicités sans distinction (4,17).

Afin de favoriser la stabilité, le travail proprioceptif tient une place importante dans la majorité des protocoles étudiés.

Certains auteurs recommandent de rééduquer la proprioception consciente à ce stade (statesthésie et kinesthésie): il s'agit des informations proprioceptives que l'on est capable d'analyser consciemment (7,13).

Des précisions sont apportées par d'autres auteurs, qui préconisent de démarrer ce travail en position de flexion-inclinaison ulnaire du poignet, puis de tendre vers un travail en position d'extension (12). L'intérêt de cette progression est de prendre en considération le rôle de l'*ECRB*, considéré par ces auteurs comme stabilisateur du pôle proximal du scaphoïde.

-Enfin, la récupération des capacités fonctionnelles est également importante à ce stade et consiste principalement en un travail de préhensions et de manipulation d'objets légers (13).

3.1.3.3 Phase de consolidation : après J90

3.1.3.3.1 Orthèse

Une orthèse de type « poignet de force » en néoprène peut être portée si nécessaire, pour la reprise des activités (4).

3.1.3.3.2 Objectifs et techniques kinésithérapiques

A partir de J90, les objectifs poursuivis en rééducation dans les protocoles étudiés sont :

-La récupération des derniers degrés d'amplitudes articulaires :

Pour cela, les mobilisations globales et analytiques sont poursuivies (14).

L'optimisation de la dynamique scaphoïdienne (4) et la recherche d'une bonne mobilité radio-carpienne et intra-carpienne sont également importantes (17).

Des postures peuvent être réalisées (13), mais la récupération de la mobilité ne doit pas se faire « à tout prix », sous peine de recréer une instabilité (4).

-L'optimisation des performances musculaires (force maximale, endurance, coordination). Elle vise notamment la récupération de ratios musculaires normaux et d'une force comparable au côté sain (4).

Dans cette phase, le renforcement est à dominante quantitative (14).

Les exercices peuvent être réalisés aussi bien en chaîne fermée, qu'en chaîne ouverte ou semi-ouverte (14,17).

Les exercices en pression articulaire axiale (poussées, sollicitation des appuis sur plan stable et instable, suspensions) sont autorisés de manière progressive (4,14).

Le travail statique mesuré par dynamomètre (fig. 24), à l'aide de charges progressives et réalisé parfois avec feedback visuel, est retrouvé dans plusieurs protocoles (3,12,14).

Le travail dynamique, dans toute l'amplitude articulaire, et contre résistance progressive est également recommandé (14,17). Il peut être concentrique, excentrique (14) (par l'utilisation de résistances élastiques notamment) ou bien isocinétique (12). Le travail pliométrique (fig. 25) est également évoqué (12).

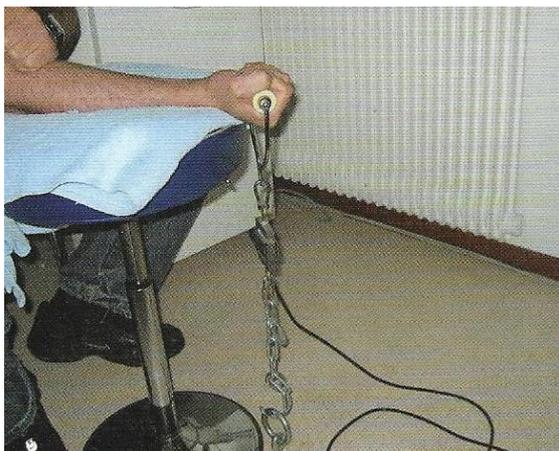


Fig. 24 (à gauche) : Travail statique mesuré par dynamomètre. In : Boutan M, Thomas D, Célerier S, Casoli V, Moutet F. « Rééducation de la main et du poignet », Elsevier-Masson. 2013 ; p. 162.

Fig. 25 (à droite) : Travail pliométrique. In : Mesplié G. « Instabilités du carpe chez le sportif », Journal Promanu 1. 2017.

Certains auteurs recommandent de réaliser un travail de renforcement musculaire dans des plans de mouvements combinés et physiologiques (travail « en rotation et en diagonales ») (3). Les techniques de Kabat et les exercices visant la réintégration du poignet dans les chaînes fonctionnelles du membre supérieur sont particulièrement indiqués (4,17).

Afin de permettre la reprise sportive dans les meilleures conditions (lorsqu'elle est envisagée par le patient), les exercices doivent être réalisés en se rapprochant le plus possible de la gestuelle sportive (11). Un travail global de réathlétisation, et notamment des muscles du rachis et de la ceinture scapulaire est également nécessaire. Ces muscles ont un rôle fondamental dans la performance des muscles dynamiques, limitant ainsi le risque de blessures secondaires (11).

-L'amélioration de la proprioception et de la stabilité articulaire :

Elle peut être recherchée dans toutes les positions articulaires (14). La rééducation des capacités neuro-musculaires inconscientes apparaît essentielle (13). En ce sens, les exercices d'activation musculaire réflexes sont indiqués (13) : contrôle d'une balle sur une raquette, contractions musculaires multidirectionnelles par l'utilisation de barres oscillantes, flexbar, powerball... (4,14,19).



Fig. 26 : Exercices d'activation musculaire réflexe. A gauche : avec Inimove, à droite : avec Powerball. In : Mesplié G. « *Instabilités du carpe chez le sportif* ». Journal Promanu 1. 2017.

Ce travail peut être réalisé selon deux modes (11):

-en «feedforward » : le patient est prévenu à l'avance des modalités de la déstabilisation, ce qui fait appel aux capacités d'anticipation avant détection sensitive de la perturbation.

-en « feedback » : le patient a les yeux fermés et n'est pas informé à l'avance du type de déstabilisations qu'il va subir. Ce mode de travail correspond à une réponse corrective du système après détection sensitive de la perturbation.

3.2 Résultats concernant la rééducation en tant que traitement conservateur :

Très peu de ressources bibliographiques concernent le traitement non chirurgical des lésions SL. Quelques propositions de protocoles sont néanmoins retrouvées dans la littérature (8,9). Elles sont essentiellement issues d'études cliniques visant à évaluer leur efficacité.

G. Mesplié propose un protocole de rééducation pour le traitement conservateur des lésions SL (7). Celui-ci se base sur la rééducation proprioceptive et le renforcement musculaire ciblé des muscles protecteurs du ligament SL (11). Il s'adresse aux lésions partielles dont les manifestations radiologiques sont une instabilité « occulte » ou pré-dynamique (7). Son efficacité n'a pas été évaluée, mais il est d'un grand intérêt pratique.

Le nombre d'études publiées évaluant l'efficacité des programmes de rééducation en tant que traitement conservateur est très limitée : seulement deux études ont été retrouvées dans la littérature (8,9).

Nous détaillons plus loin le contenu du protocole de rééducation proposé, les indicateurs de suivi utilisés, et les résultats de ces études.

3.2.1 Etude de Anderson H. et Hoy G.

3.2.1.1 Contenu du protocole :

L'étude de Anderson et Hoy (9) réalisée sur cinq patients, propose un protocole de rééducation basé sur le port d'une orthèse restreignant les mouvements du poignet au plan de mouvement du DTM (fig. 27) durant six semaines. Il est suivi d'un programme d'exercices proprioceptifs et de renforcement musculaire spécifique (fig. 28) durant les six semaines suivantes.

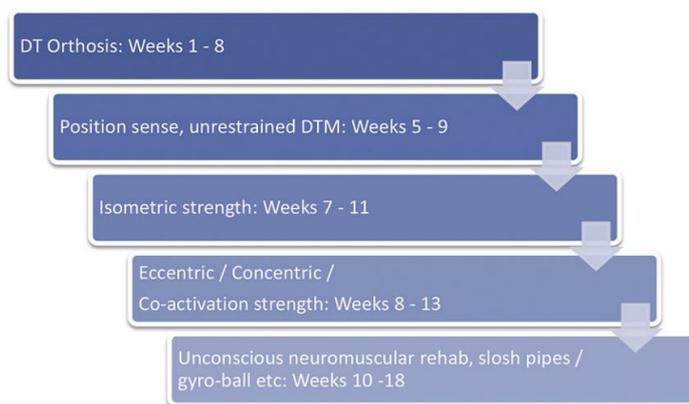


Fig. 27 (à gauche) : Orthèse « DTM » et fig. 28 (à droite) : Programme d'exercices détaillé.
 In : Anderson H, Hoy G, «*Orthotic intervention incorporating the dart-thrower's motion as part of conservative management guidelines for treatment of scapholunate injury*». Journal of Hand Therapy 29. 2016; 199-204. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.jht.2016.02.007>

3.2.1.2 Indicateurs de suivi :

Les indicateurs de suivi utilisés dans l'étude d'Anderson et Hoy (9) pour l'évaluation des résultats sont : l'échelle visuelle analogique (EVA), la mesure des amplitudes articulaires, la force de serrage et les résultats obtenus aux questionnaires DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand) et PRWE (Patient-Rated Wrist Evaluation).

3.2.1.3 Résultats de l'étude :

Ils montrent une amélioration de la douleur (diminution de l'EVA comparée à celle mesurée avant intervention) et de la fonction chez les patients étudiés (scores DASH et PRWE indiquant une fonction proche de la normale). (Tab. 3)

Patient no.	1	2	3	4	5
Pretreatment Watson's sign	Negative	Not recorded	Positive	Negative	Not recorded
Post-treatment Watson's sign	Negative	Negative	Negative	Negative	Negative
Pretreatment dorsal pain	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Post-treatment dorsal pain	No	No	No	No	No
Pretreatment VAS	8	7	7 (weight bearing)	3	8
Post-treatment VAS	0	0	0 (weight bearing)	0	0
Post-treatment J2	22.7 (49.9 lbs) dom aff	33 (72.6 lbs) dom aff	41.3 (90.9 lbs) dom aff	66.7 (146.7 lbs) dom aff	29 (63.8 lbs) nondom aff
Kg (lbs)	24 (52.8lbs) nondom	31.3 (68.9 lbs) nondom	36 (79.2 lbs) nondom	56 (123.2 lbs) nondom	26.7 (58.7 lbs) dom
Post DASH	5	0.83	3.3	4.16	0
Post PRWE	0	1	11	0	0

VAS = visual analog pain score (0 = no pain and 10 = extreme pain); J2 = Jamar dynamometer measure of grip strength at position 2; lbs = pounds; Dom aff = dominant hand affected; Nondom aff = nondominant hand affected; Kgs = kilograms; Nondom = nondominant hand; Dom = dominant hand; DASH = Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand score; PRWE = Patient-Related Wrist Evaluation score.

Tableau 3 : Résultats pré-traitement et post-traitement. In : Anderson H, Hoy G. «*Orthotic intervention incorporating the dart-thrower's motion as part of conservative management guidelines for treatment of scapholunate injury*», Journal of Hand Therapy 29. 2016; 199-204. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.jht.2016.02.007>

Le suivi des patients est réalisé à moyen terme (en moyenne pendant quatre ans).

3.2.2 Etude de Holmes M. et al :

3.2.2.1 Contenu du protocole :

L'étude de Holmes M. et al. (8) inclut cinq patients (six poignets) et propose un protocole de rééducation en trois étapes. Il débute par le renforcement isométrique de l'*ECRL*, du *FCR* et de l'*APL* à l'aide de résistances élastiques et vise l'amélioration du contrôle musculaire conscient.

Il se poursuit par des exercices visant à améliorer le contrôle musculaire inconscient (exercices de mise en charge, exercices proprioceptifs sur plans instables, utilisation de powerball, exercices pliométriques...). Ceux-ci sont d'abord réalisés à faible charge, puis avec des charges importantes.

Le résumé de ce protocole est disponible en annexe 1.

3.2.2.2 Indicateurs de suivi

Les indicateurs de suivi utilisés dans cette étude sont : la force de serrage maximale sans douleur, la force de serrage maximale, le ratio de force de serrage (obtenu en divisant la force de serrage de la main lésée par la force de serrage de la main non lésée), le score obtenu au questionnaire Euro-Qol five dimensions (EQ-5D), l'EVA, et le score obtenu au Quick-DASH.

3.2.2.3 Résultats de l'étude :

Ils montrent une amélioration de tous les indicateurs de suivi pour les patients ayant terminé le traitement. La moyenne des résultats obtenus par l'ensemble des patients est mesurée avant et après traitement pour chaque indicateur de suivi. Les résultats sont regroupés dans le tableau 4 :

Outcome measure	Pre-treatment	Post-treatment	Mean change	MCID
PFG, kg	19.7	41.7	22	Not established
MGS, kg	30.2	41.7	11.5	6.5
GSR, %	83	128	45	19
Pain (VAS)	5.8	0.3	5.5	1.37
Quick-DASH (%)	37.6	3.64	33.96	14
EQ-5D (QALY)	0.709	0.896	0.187	0.05

PFG: pain-free grip; MGS: maximal grip strength; kg: kilograms; GSR: grip strength ratio; VAS: visual analogue scale; Quick-DASH: Quick Disability of Arm, Shoulder and Hand questionnaire; QALY: quality-adjusted life year.

Tableau 4: Résultats moyens pré et post-traitement. In : *Holmes M. « Early Outcomes of The Birmingham Wrist Instability Programme » : A pragmatic intervention for stage one scapholunate instability* ». *Hand Therapy*. 2017; Vol. 22(3) 90–100. <https://doi.org/10.1177/1758998316685469>

Le suivi des patients est réalisé à court terme (sur une période de seize mois ou moins).

4 Discussion :

4.1 Résultats concernant la rééducation des lésions SL (post-opératoire et conservatrice)

Ce mémoire concerne essentiellement les lésions partielles du ligament SL. Néanmoins, les protocoles de rééducation post-opératoire étudiés s'appliquent également aux lésions complètes.

L'étude des résultats issus de la littérature montre que la rééducation des lésions SL doit être spécifique et non stéréotypée.

Globalement, on observe une évolution des protocoles, qui tendent à devenir de plus en plus précis et complets au fil des années. Cette évolution est probablement liée à l'évolution parallèle des connaissances sur le poignet.

Leur constitution, la plupart du temps en trois phases distinctes se basant sur les étapes de la cicatrisation ligamentaire (3), est pertinente. Elle permet au rééducateur d'ajuster ses techniques de manière cohérente, et d'éviter de recréer une nouvelle instabilité.

Ces protocoles continuent d'évoluer à l'heure actuelle, et l'on constate qu'il existe entre eux des points communs et des divergences.

Concernant les orthèses, on observe dans les deux premières phases, des différences entre les protocoles, tant à propos du type d'attelle que de la durée de port. Néanmoins, le principe de protection ligamentaire est commun à tous les protocoles. Le port de charges reste interdit durant la phase d'immobilisation, et le travail contre résistance des fléchisseurs des doigts est proscrit tant que la cicatrisation n'est pas pleinement acquise, ce qui semble évident afin de ne pas générer de contraintes néfastes sur le ligament SL.

Des conseils d'éducation thérapeutique doivent donc être donnés au patient à ce stade, notamment au sujet des contraintes axiales.

La kinésithérapie, bien que parfois débutée lors de la première phase (afin de limiter les complications), débute fréquemment en phase deux et fait appel à de nombreuses techniques.

Le travail statique, est préconisé par la plupart des auteurs à ce stade. Lorsqu'il est réalisé contre résistance manuelle, il présente l'avantage de permettre au rééducateur de contrôler lui-même tous les paramètres de la contraction (position d'exercice, résistance, bras de levier et direction de la contrainte) (19). Ce contrôle manuel de la contraction

réalisée par le patient est particulièrement utile à ce stade. En effet, l'intensité de la résistance doit rester douce car le ligament SL est encore fragile. De plus, l'objectif, en phase deux, est de permettre un réveil musculaire du poignet, à dominante qualitative, et non quantitative.

Le travail statique manuel peut être réalisé en chaîne en fonction des continuités anatomiques et des synergies fonctionnelles (19), justifiant l'utilisation lors de cette phase, des exercices d'irradiation-synergie poignet-main décrits par M. Boutan (17).

Il permet également la levée d'inhibition si nécessaire (technique permettant d'éveiller un muscle à la contraction en utilisant une irradiation directe selon une continuité anatomique). Le principe de cette méthode consiste à appliquer une résistance statique sur un muscle sain, afin de provoquer une contraction sur un muscle inhibé par diffusion d'énergie (19), ce qui peut s'avérer intéressant à la sortie de l'immobilisation.

Pour toutes ces raisons, le travail statique apparaît donc intéressant durant la phase de cicatrisation relative du ligament.

L'électrostimulation, associée à une contraction volontaire, est efficace dans la récupération du mouvement. Elle est aussi utilisée à but de renforcement isométrique et peut aider à lever une inhibition. Elle prévient l'amyotrophie et stimule la plasticité neuromusculaire (19). Son utilisation est donc intéressante également.

Plusieurs protocoles soulignent l'importance de la mobilisation du poignet dans des plans de mouvements combinés (exemple : extension associée à l'inclinaison radiale).

Celle-ci présente en effet plus d'intérêt que sa mobilisation dans des plans de mouvements analytiques, le poignet fonctionnant de manière physiologique dans des schémas de mouvements diagonaux-spiraux (fig. 29). Les mouvements analytiques, au contraire, sont considérés comme des mouvements artificiels non physiologiques (32).

Bien que son utilisation reste controversée en phase deux, le mouvement du DTM s'inscrit dans l'un des schémas (diagonale D2) utilisés dans la méthode de PNF (Technique de Facilitation Neuromusculaire Proprioceptive). Celle-ci fait partie des techniques de rééducation sensori-motrice. Elle permet le renforcement musculaire actif contre résistance manuelle, suivant un schéma moteur tridimensionnel. Cette méthode est basée, entre autres, sur la notion d'irradiation (phénomène déclenché par la résistance opposée à la contraction d'un muscle, ayant pour conséquence la contraction d'autres muscles).

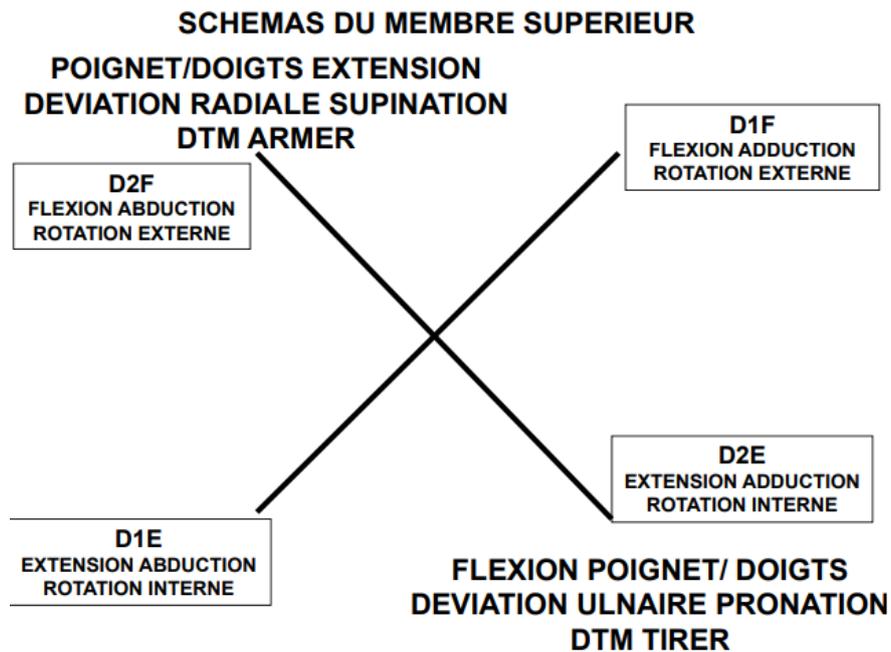


Fig. 29 : Schémas du membre supérieur en PNF (diagonales de Kabat) In : *Cours théorique de Mr D. Thomas*, kinésithérapeute, présenté lors du DIU de rééducation de la main en mars 2020.

Comme le soulignent certains protocoles, il est important de ne pas chercher à récupérer la totalité des amplitudes articulaires du poignet, notamment en phase deux. Il ne faut surtout pas « forcer » pour récupérer la mobilité en flexion, surtout si un geste de capsuloplastie est effectué, sous peine de recréer une instabilité. En effet, d'un point de vue fonctionnel, la récupération de la stabilité et de l'indolence prime sur la récupération de la mobilité.

Les mobilisations articulaires spécifiques du scaphoïde, utilisées dans la deuxième et la troisième phases, présentent un intérêt pour recréer la dynamique particulière du couple scapho-lunaire. Cependant, ces techniques doivent être bien maîtrisées car elles ne sont pas sans risques dans la phase deux, le ligament étant en cours de cicatrisation.

Le travail de la proprioception en phase deux et trois est pertinent car considéré comme fondamental dans la rééducation des lésions ligamentaires du poignet (13). Il vise à améliorer la stabilité articulaire, à visée de protection. De nombreuses études, réalisées sur d'autres articulations, ont montré que la rééducation des facultés proprioceptives des ligaments est indispensable pour assurer une fonction optimale, en diminuant la période de latence et en améliorant la qualité de la réponse motrice lors d'une modification de l'environnement articulaire (11).

La lésion du ligament SL entraîne une perturbation de la proprioception, en raison de la présence de mécanorécepteurs et de réflexes ligamento-musculaires. Ces derniers peuvent avoir un rôle de protection articulaire vis-à-vis des mouvements d'amplitudes extrêmes et des charges excessives.

L'entraînement proprioceptif pourrait avoir un effet protecteur contre le développement de l'arthrose post-traumatique (15), même si son rôle exact dans les instabilités carpiennes après lésion doit encore être précisé (18).

A ce propos, E. Hagert propose un protocole de rééducation proprioceptive en plusieurs étapes (22). Il est traduit en français par G. Mesplié (7). (Tab. 5).

Le travail de la proprioception consciente (statesthésie et kinesthésie) en phase deux, proposé dans certains protocoles, est en accord avec les recommandations de Hagert. Celle-ci préconise en effet de travailler la proprioception consciente avant la proprioception inconsciente. Cette dernière sera sollicitée dans la phase de solidité du ligament.

Étape de rééducation proprioceptive	Plan rééducatif	Objectif	Techniques	Outils d'évaluation
1	Rééducation classique	Lutte contre la douleur, les troubles trophiques et la mobilité	Techniques classiques	EVA, goniomètres etc.
2	Conscience proprioceptive	Amélioration du contrôle articulaire conscient	Thérapie miroir	Idem
3	Sensibilité articulaire positionnelle	Capacité à reproduire une angulation articulaire prédéfinie	Reproduction passive et active d'un angle articulaire à l'aveugle	Goniomètre
4	Kinesthésie	Capacité à ressentir la mobilisation articulaire sans information visuelle ni sonore	Détection du mouvement avec un arthromoteur	Vitesse et déplacement à partir desquels le mouvement est perçu
5	Rééducation neuromusculaire consciente	Force des muscles spécifiques permettant d'améliorer la stabilité articulaire	Contractions auxotoniques – Co-contraction	Dynamomètres statiques et dynamiques
6	Rééducation neuromusculaire inconsciente	Réactivité des muscles (vitesse – qualité)	Exercices pliométriques – déstabilisants	EMG

Tab.5 : « Etapes de la rééducation proprioceptive selon Hagert. » (Traduites en français par G. Mesplié) In : Mesplié G., Geoffroy C., (2018). « Rééducation des instabilités scapho-lunaires », *Kinesither Rev* 2018;18(198):29–36

La proprioception est définie par « la capacité à se sentir et à se percevoir soi-même » (11). Elle regroupe les informations afférentes provenant des terminaisons nerveuses sensorielles présentes au niveau de la peau, des capsules articulaires, des ligaments et des

fuseaux musculaires, permettant l'appréciation consciente et inconsciente de la déformation de la peau, de la force musculaire, de la position articulaire et du mouvement (18).

La proprioception consciente concerne les informations afférentes traitées au niveau cortical, que l'on est capable d'analyser consciemment (13). Elles nous permettent, entre autres, de percevoir :

-la position d'une articulation ou *stathésie*, définie par la capacité à reproduire une angulation articulaire donnée.

-le sens du mouvement articulaire ou *kinesthésie*, définie par la capacité à détecter un mouvement passif (11).

La proprioception inconsciente concerne les informations récoltées par les mécanorécepteurs cutanés, musculaires et articulaires, et véhiculées par les fibres sensibles afférentes jusqu'au cervelet, qui intègre ces informations pour élaborer une réponse neuromusculaire adaptée aux actions motrices à venir en régulant notamment le tonus musculaire (11). Elle permet de maintenir la stabilité d'une articulation et d'avoir un contrôle anticipatif des muscles autour de celle-ci (11).

L'analyse des différentes ressources bibliographiques ne permet pas de conclure sur les modalités optimales du renforcement musculaire (nombre de séries et de répétitions, temps de contraction et de repos, fréquence des séances, durée globale du traitement...), ces modalités n'étant pas, ou très peu, abordées dans la littérature retrouvée.

On constate que les auteurs ne s'accordent pas tous sur la nature des muscles à renforcer durant la phase de cicatrisation ligamentaire. En effet, certains protocoles recommandent le renforcement global de l'ensemble des muscles du poignet. D'autres sont en faveur du renforcement ciblé de certains muscles, considérés comme protecteurs du ligament SL.

Le renforcement global des muscles du poignet proposé dans certains protocoles inclut celui de la sangle ulnaire (*ECU* et *FCU*). Celle-ci joue en effet un rôle dans la stabilité du versant médial du poignet. Elle permet le centrage de l'articulation radio-carpienne (19).

R. Baladron, dans son mémoire de DIU (14) présente les résultats d'une étude radiologique réalisée sur un patient non opéré, porteur d'une lésion des portions moyenne et dorsale du SL, six mois après son accident. Dans cette étude, elle teste l'effet de la contraction contre résistance de la sangle ulnaire sur l'espace SL, et constate une légère

diminution de celui-ci. Elle conclut que le renforcement de la sangle ulnaire ne met pas en danger le ligament SL dans la phase de cicatrisation. Le résultat de cette étude est intéressant. Néanmoins celle-ci ne porte que sur un seul cas et ne permet pas de généraliser cet effet à l'ensemble des patients présentant une lésion SL.

Le renforcement ciblé des muscles protecteurs du SL dans certains protocoles (et notamment le renforcement isométrique) concorde avec les conclusions d'une étude réalisée par Garcia-Elias sur pièces anatomiques (16). Dans celle-ci, il montre que certains muscles mis en tension isolément et de façon isométrique, ont une action spécifique sur l'espace SL, en l'augmentant ou en le diminuant. Il suggère que certains muscles auraient un effet protecteur sur le ligament SL tandis que d'autres auraient un effet néfaste.

A partir de ces observations, il émet des recommandations de traitement (précisant néanmoins que celles-ci nécessitent d'être validées cliniquement).

Garcia-Elias suggère que les patients présentant une instabilité dynamique ou ayant été traités par réparation chirurgicale du SL, pourraient bénéficier d'un traitement basé sur la rééducation proprioceptive et le renforcement des muscles supinateurs médiocarpiaux (*APL, FCR et ECRL*). L'*ECU* au contraire, ne devrait pas être sollicité, du fait de son action pronatrice sur la deuxième rangée. Ce renforcement devrait être réalisé sur un mode isométrique ou isocinétique, en position de pronation ou de prono-supination neutre. En effet, la position de supination augmenterait de manière importante l'action pronatrice de l'*ECU* sur la deuxième rangée, lui conférant un avantage mécanique par rapport aux muscles supinateurs médiocarpiaux.

Les recommandations cliniques émises par Garcia-Elias sont discutables, bien que très intéressantes. En effet, les résultats de ces études concernent la mise en tension de différents muscles sur un mode isométrique. Cependant, les muscles du poignet ne fonctionnent pas uniquement sur ce mode. Ils ne travaillent pas non plus de manière isolée. En effet, M. Boutan a montré qu'ils présentent un fonctionnement en chaîne au niveau du poignet et de la main (19).

D'autre part, ces études sont effectuées sur pièces anatomiques. On peut donc se demander si les résultats obtenus dans ces conditions reflètent de manière réaliste la biomécanique s'exerçant au niveau du poignet.

Enfin, ces recommandations ne sont pas, ou très peu, évaluées en milieu clinique pour le moment.

Des études complémentaires, effectuées *in vivo*, sont donc encore nécessaires pour confirmer les conclusions de cet auteur.

Néanmoins, une étude réalisée par E. Hagert et al. (21) sur neuf patients, apporte des éléments en faveur des conclusions de Garcia-Elias : la stimulation du SL (par une électrode implantée au niveau du ligament) entraînerait une contraction de tous les muscles supinateurs intra-carpiens afin de protéger l'articulation SL, tandis que l'*ECU* serait inhibé (15).

A l'heure actuelle, il reste encore difficile de conclure de manière certaine sur les muscles à renforcer et ceux à ne pas solliciter durant la phase de cicatrisation ligamentaire. Il semble pertinent d'utiliser les recommandations de Garcia-Elias en pratique clinique en phase deux (rééducation proprioceptive et renforcement musculaire ciblé de l'*ECRL*, de l'*APL*, du *FCR*), bien qu'elles ne soient pas évaluées cliniquement. Par précaution, il semble également préférable de différer les exercices sollicitant l'*ECU* à la phase de solidité du ligament, que ce muscle soit sollicité de manière directe (y compris par électrostimulation ou par des techniques de PNF) ou de manière indirecte (par des exercices d'irradiation-synergie).

Quoiqu'il en soit, des études cliniques, contrôlées et à large échelle, sont encore nécessaires afin d'émettre des recommandations cliniques validées concernant les muscles à solliciter dans la phase deux.

On observe également des divergences entre les protocoles quant à l'utilisation du mouvement du DTM durant la phase de cicatrisation ligamentaire (11,17).

Dans une étude réalisée *in vivo* et publiée en 2014 (33), Garcia-Elias, ne recommande pas l'utilisation des exercices dans ce plan de mouvement, si le faisceau dorsal du ligament scapho-lunaire n'est pas compétent (1); ni après réparation récente du SL, si l'articulation n'est pas stabilisée par du matériel.

En effet, dans le mouvement du DTM, la cinématique de la première rangée est différente de celle observée dans un poignet normal, si les ligaments SL sont rompus. Dans ce cas, le scaphoïde se déplace de manière bien plus importante que le lunatum en direction de la styloïde radiale, entraînant un diastasis SL. Ce-dernier serait plus important peu avant la fin de la flexion ulnaire (33).

Selon Garcia-Elias, une lésion SL récemment opérée ne pourrait donc pas être mobilisée dans ce plan de mouvement sans risque pour la réparation ligamentaire.

Bien que certaines études (9) aient montré des résultats satisfaisants avec l'utilisation d'une orthèse DTM, il semble préférable à l'heure actuelle, de ne pas employer ce type d'orthèse dans la phase de cicatrisation ligamentaire. En effet, son utilisation dans la rééducation des lésions SL n'a pas été assez étudiée pour être validée, et nécessite la réalisation d'études complémentaires (11).

En phase trois, les auteurs s'accordent globalement au sujet des techniques utilisées. Le choix des modalités de renforcement musculaire à ce stade présente moins d'enjeux car le ligament SL est considéré comme solide.

Le renforcement musculaire dynamique permet de lutter contre l'amyotrophie, sollicite les glissements tendineux et participe au réveil proprioceptif par excitation des mécanorécepteurs tissulaires. Souvent plus proche de la fonction, le travail dynamique excentrique renforce les structures passives de l'unité myotendineuse (19). Son utilisation visant à favoriser le renforcement musculaire des stabilisateurs du poignet paraît donc intéressante dans la phase trois.

Après cicatrisation ligamentaire, le travail de la stabilité dynamique doit prendre en compte des exercices d'amélioration de la proprioception consciente et inconsciente (11). C'est le cas de certains protocoles étudiés (7,11).

La rééducation de la proprioception inconsciente représente la dernière étape du protocole de Hagert (22). Elle peut être travaillée dans la phase de solidité du ligament SL, par des exercices d'activation musculaire réflexe (exemple : contrôle d'une balle sur une raquette). Ces exercices font appel à des réflexes neuro-musculaires permettant de verrouiller activement le poignet.

L'utilisation de ces techniques est pertinente car l'activation musculaire réflexe est perturbée dans toute articulation présentant des lésions ligamentaires. Sa rééducation adaptée permet de retrouver les réflexes neuromusculaires de protection qui existent dans les articulations normales (11).

Une autre technique, la « thérapie hypopressive séquentielle » (34) (non citée dans les protocoles étudiés), pourrait également présenter un intérêt thérapeutique dans la rééducation des lésions SL. Elle peut être effectuée, entre autres, à l'aide d'un appareil électro-mécanique nommé « arthrocame ». Ce dernier permet de réaliser des décompressions alternatives rythmées au niveau de l'articulation à traiter, afin d'améliorer l'imbibition (et donc la nutrition) cartilagineuse par effet de pompage articulaire, et de

participer à l'assouplissement capsulo-ligamentaire et fascia-tégumentaire. Les effets de cette technique, appliquée à la cheville, ont été évalués dans une étude réalisée en 1989 par Camus et Thumerelle, dont les résultats ont montré un léger gain d'amplitude articulaire après utilisation de l'arthrocame. Bien que non évaluée de manière objective au niveau du poignet, l'utilisation de la thérapie hypopressive séquentielle pourrait s'avérer intéressante sur cette articulation. (34)

4.2 Résultats concernant la rééducation dans le traitement conservateur :

D'après les premières études retrouvées dans la littérature (7–9), il semble que les principes de rééducation dans le traitement conservateur des lésions SL partielles soient basés sur le renforcement musculaire isométrique des muscles protecteurs du ligament SL et sur le travail de la proprioception. Ces techniques peuvent être complétées par l'utilisation d'orthèses (orthèse « DTM ») (9).

D'après les résultats des deux études analysées, un programme de rééducation pourrait avoir de bons résultats dans la prise en charge conservatrice de l'instabilité SL (dans le cas de lésions partielles) (8,9).

Cependant, plusieurs éléments rendent l'interprétation de ces résultats discutable. En effet, ces deux études manquent de puissance, de par l'absence de groupe contrôle (la résolution naturelle des symptômes retrouvés chez les patients ne peut donc être totalement écartée) et le faible nombre de participants inclus. Ce dernier point peut s'expliquer par le fait que les lésions scapho-lunaires sont sous-diagnostiquées de manière générale. Par conséquent, le nombre de patients présentant des lésions SL éligibles au traitement conservateur et disponibles pour intégrer ces études reste limité. En effet, d'après la classification de Garcia-Elias, seules les lésions de stade un (lésions partielles n'intéressant pas le faisceau dorsal) diagnostiquées au stade chronique sont éligibles à une prise en charge conservatrice (1).

D'autre part, les résultats des deux études sont obtenus à court ou moyen terme. Il n'est donc pas possible de conclure sur le maintien de l'effet positif de la rééducation à long terme. En effet, ce-dernier nécessite un suivi plus long des patients.

Les deux études analysées sont difficilement comparables pour plusieurs raisons. D'une part, dans l'ensemble, les indicateurs de suivi utilisés pour l'évaluation des résultats de leur

protocoles sont hétérogènes (excepté l'EVA et la force de serrage maximale). D'autre part, les techniques utilisées sont différentes dans les deux études.

Le protocole proposé par Anderson et Hoy inclut le port d'une orthèse « DTM ». Une étude récente a montré que le mouvement du DTM n'entraîne pas d'augmentation du diastasis SL chez les patients ne présentant pas de lésion. En revanche, ce mouvement entraînerait l'augmentation de ce diastasis chez des patients présentant des lésions SL (33). Malgré ces éléments, Anderson et Hoy justifient l'emploi de cette orthèse par le fait que cette étude ne précise pas à quel niveau se produit l'augmentation du diastasis SL dans le mouvement du DTM. L'orthèse utilisée est néanmoins conçue pour restreindre la mobilité à des amplitudes de mouvements moyennes, afin de réduire les contraintes sur le ligament SL. L'étude ne précise pas, en revanche les amplitudes précises autorisées par l'orthèse.

Dans l'étude d'Anderson, il n'est pas possible de savoir si l'amélioration des symptômes constatée chez les patients est liée au port de l'orthèse DTM, à la rééducation neuro-musculaire, ou à ces deux éléments. Cet écueil pourrait justifier la réalisation d'études complémentaires, visant à comparer les résultats du traitement en fonction de l'utilisation d'une orthèse statique ou dynamique, ou de l'utilisation d'orthèses DTM de conception différente. Des études pourraient également viser à évaluer les résultats d'un programme de rééducation neuro-musculaire, non associé au port d'une orthèse.

Dans l'étude de Holmes, le renforcement musculaire isométrique démarre en position de supination de l'avant-bras. L'auteur justifie ce choix par le fait que la pronation augmenterait les contraintes s'exerçant sur le carpe, d'après certaines études cadavériques (8). Ce choix s'oppose aux recommandations de Garcia-Elias (16) qui préconise, au contraire, de réaliser ce renforcement en position de pronation ou de prono-supination neutre, afin de protéger le ligament SL.

De manière générale, il est donc difficile à ce stade de conclure sur l'efficacité des programmes de rééducation dans la prise en charge conservatrice des lésions partielles, en raison du faible nombre d'articles publiés.

Des études plus approfondies, avec groupe contrôle, et incluant un nombre plus important de patients sont encore nécessaires, afin de mesurer l'impact réel du traitement conservateur et d'en définir ses modalités précises.

Toutefois, malgré quelques biais et limites, les résultats de ces premières études semblent prometteurs.

Si l'efficacité du traitement conservateur était clairement établie, ce-dernier présenterait l'avantage de ne pas avoir à recourir au traitement chirurgical, qui n'est pas toujours exempt de complications, pour certaines lésions partielles bien définies.

5 Conclusion :

De manière générale, les protocoles de rééducation retrouvés dans la littérature présentent des points communs et des divergences.

Ces dernières concernent notamment l'utilisation du DTM et la nature des muscles à renforcer dans la phase de cicatrisation relative.

Des études cliniques, contrôlées et à large échelle, sont encore nécessaires afin d'émettre des recommandations cliniques validées concernant les muscles à solliciter dans cette phase. D'après la littérature récente, il semble néanmoins préférable de solliciter uniquement les muscles protecteurs du ligament SL (extenseurs radiaux du carpe, *APL*, et *FRC*) jusqu'à cicatrisation tissulaire, et de différer les exercices sollicitant l'*ECU* à la phase de solidité du ligament.

Les résultats des premières études évaluant l'efficacité du traitement conservateur semblent prometteurs. Selon Garcia-Elias, celui-ci s'adresse aux lésions partielles de stade un n'intéressant pas le faisceau dorsal, et diagnostiquées au stade chronique. Néanmoins, peu d'articles ont été publiés à l'heure actuelle. Des études complémentaires sont encore nécessaires afin de mesurer l'impact réel de ce type de prise en charge, et de définir ses modalités précises.

Il faut souligner également que les indications de traitement conservateur restent rares et que le stade de lésions SL doit être précisément établi en amont avant d'entreprendre ce type de prise en charge.

En effet, il est important de garder à l'esprit que la rééducation seule est bien souvent très insuffisante pour traiter la majorité des lésions SL, et ne suffit pas à prévenir le risque d'évolution arthrosique. Elle ne doit donc pas se substituer au traitement chirurgical, qui reste indiqué dans la plupart des lésions et notamment dans les cas de lésions complètes et de lésions du faisceau dorsal.

La place de la rééducation reste donc modeste dans le traitement conservateur des lésions SL partielles. En revanche, son rôle est fondamental après chirurgie, afin de garantir un bon résultat fonctionnel.

Quel que soit le traitement utilisé, la rééducation des lésions SL est longue, elle nécessite un bon investissement du patient et du thérapeute, et doit être spécifique.

ANNEXES

SOMMAIRE DES ANNEXES :

Annexe 1 : Résumé du protocole proposé par Holmes M. 77
(In : 2017, « *Early outcomes of The Birmingham Wrist Instability Programme* » : A pragmatic intervention for stage one scapholunate instability »

Annexe 2 : Résultats des protocoles et des recommandations retrouvés dans la littérature sous forme de tableaux..... 78

ANNEXE 1 :

Résumé du protocole proposé par Holmes

Table 2. Treatment guidance – ‘The Birmingham Wrist Instability Programme’.

Rehabilitation stage	Suggested exercises	Exercise examples/plan	Aims/reasoning	Goal/criteria for progression
Conscious control and isometric loading	Pain-free isometric strengthening using resistance bands. Three sets of 8 repetitions, alternate days Start in supination and progress to neutral and pronated forearm positions.	In supination, 30° wrist extension, digits in resting position. ECRL, FCR, APL. Patient is prompted to keep wrist still and digits relaxed, e.g. Figure 1	Overcome residual fear avoidance Reduce pain Activate/strengthen scaphoid supinators in ‘safe’ and functional position. Work on kinaesthesia and joint position sense via maintaining static position	Able to maintain neutral position during exercise. Reducing pain at rest.
	Pain-free strengthening through range using resistance bands. 3 sets of 8 repetitions, alternate days	In pronation; Isometric ECRL, FCR, APL holds through 30° incremental wrist positions. Patient is prompted to keep wrist still and digits relaxed in a resting position. Isometric load ECRL, FCR, APL through wrist active range of movement. Patient is asked to keep wrist in neutral deviation throughout and digits relaxed in resting position.	Activate/strengthen scaphoid supinators through range of movement. Early perturbation exercises through range of movement as patient asked to keep wrist in neutral deviation	Able to maintain control through range of movement, particularly end of range extension.
Unconscious control ‘wrist balance’	Early weight bearing and Reactive Muscle Activation (RMA)/ Perturbation exercises	Bilateral hands on ball. Neutral/pronation/supination rolling, circles. Work to fatigue Progress to one hand Progress to standing, e.g. wall press up Progress load / surface Powerball® (Figure 3)	Early weight acceptance and proprioceptive challenge.	No pain at end of extension ROM with overpressure
Unconscious control; Higher load ‘wrist balance’ and conditioning	Gym rehabilitation	Four point kneeling/plank weight-bearing Bosu/gym ball/wobble board/sit fit (Figure 4) Upper limb kinetic chain conditioning Early low load plyometrics, e.g. tennis ball drop/catch	Increased load and complexity to challenge proprioception. Start of power/plyometric exercises	Pain-free weight bearing with lower load
	Return to sport	High load plyometrics, e.g. clap press up Sport specific rehabilitation/ conditioning	High level activities as required.	Return to normal level competitive sport.

ECRL: Extensor Carpi Radialis Longus; FCR: Flexor Carpi Radialis; APL: Abductor Pollicis Longus.

**ANNEXE 2 : Analyse des protocoles et des recommandations retrouvés dans la littérature :
Objectifs et moyens thérapeutiques dans les différentes phases**

« Rééducation des instabilités scapho-lunaires » (article) Mesplé G., Geoffroy C., 2018 Protocole en 2 phases		Remarques
Phase 1 : rééducation précoce J0-J45/60	Phase 2 : après cicatrisation tissulaire J45/60	
<p>-Orthèse : poignet en position neutre de F/E + IU de 5°. Utilisation d'orthèse « DTM » déconseillée</p> <p>-Rééducation précoce : (objectifs et techniques)</p> <p>-Contrôle inflammation et douleur : protocole RICE, stimulations vibratoires transcutanées, TENS, massage antalgique, imagerie motrice.</p> <p>-Récupération/maintien amplitudes fonctionnelles : mob. actives douces en dehors des secteurs d'instabilité, mouvements articulaires en chaine semi-fermée (médecine ball)</p> <p>-Amélioration proprioception consciente : (perception cognitive articulaire et musculaire) : attention portée au contrôle et qualité mouvements durant mob. actives, travail de la perception de la position articulaire et de la kinesthésie</p> <p>-Réveil musculaire : contractions isométriques modérées des muscles protecteurs du SL (APL, ECR, FCR). Pas de travail analytique de l'ECU (nocif pour SL). Pas d'exercices de serrage de balle (augmentent contraintes axiales capitatum sur espace SL)</p>	<p>Orthèse : fonctionnelle type poignet de force (néoprène ou cuir) pour reprise progressive des activités (si nécessaire)</p> <p>-Rééducation : (objectifs et techniques)</p> <p>-Récupération progressive des amplitudes articulaires totales : mob. globales poignet et mob. spécifiques artic. intracarpiennes</p> <p>-Amélioration des capacités neuro-musculaires conscientes et inconscientes (des muscles stabilisateurs)</p> <p>▸ conscientes :</p> <p>Renforcement selon différents modes : statique, dynamique concentrique et excentrique, isocinétique (avec machine) et dans les différentes courses; renforcement en progression (du travail statique en position de stabilité vers travail dynamique en position d'instabilité</p> <p>▸ et inconscientes :</p> <p>Exercices d'activation musculaire réflexe (d'abord bilatéraux puis unilatéraux), travail pliométrique. Exercices réalisés YO ou YF. Exercices de PNF adaptés aux besoins fonctionnels complètent ce travail.</p>	<p>-Port d'orthèse d'immobilisation durant phase 1 (cicatrisation SL)</p> <p>-Port d'orthèse « DTM » déconseillé durant phase 1</p> <p>-Notion de muscles protecteurs et nocifs pour le ligament SL est abordée</p> <p>-Programme de rééducation proprioceptive en plusieurs étapes (selon Hagert)</p> <p>-Exercices de serrage de balle prohibés pendant durée de la cicatrisation</p> <p>-Travail analytique de l'ECU prohibé durant phase 1 (nocif pour SL)</p>

« Rééducation de la main et du poignet », (livre) GEMMSOR Chapitre « Rééducation de l'entorse scapho-lunaire » R. Baladron, M. Boutan, 2013 Protocole en 3 phases			Remarques
Phase 1 : Immobilisation J0-J45	Phase 2 : de cicatrisation-préconsolidation : J45-J90	Phase 3 : de consolidation (> J90)	
<p>Rééducation : objectifs et techniques</p> <p>-Lutte contre troubles trophiques (œdème et hématome) : drainage manuel, pressothérapie, courants mixtes interférentiels, cryothérapie, bandages compressifs (Coheband), déclive</p> <p>-Entretien articulation libres (doigts, coude, épaule) : mobilisations sans résistance</p> <p>-Prévention douleur : TENS, courants mixtes interférentiels</p>	<p>Rééducation : objectifs et techniques</p> <p>-Lutte contre troubles trophiques et douleur : Moyens identiques à la phase 1</p> <p>-Assouplissements cicatrice et peau (si chirurgie) : Massage, dépressothérapie</p> <p>-Rééducation de la sensibilité (si paresthésies ou hypoesthésie péri-cicatricielle) : vibrations, désensitisation</p> <p>-Récupération douce des amplitudes articulaires : Dérouillage articulaire poignet dans les secteurs sans contraintes pour le SL (manuel, arthromoteur, appareil de fluidothérapie sèche, manuluve), mobilisations analytiques spécifiques radio-carpiales et intracarpiales en vérifiant dynamique du scaphoïde, analyse et guidage mouvements couple SL, mobilisation dans le mouvement du DTM</p> <p>-Récupération de la fonction musculaire et amélioration stabilité active poignet : Travail qualitatif des muscles par renforcement statique paume ouverte. Techniques d'éveil musculaire et de coordination neuromusculaire, puis renforcement statique manuel Electrostimulation des muscles stabilisateurs du poignet : sangle ulnaire+++ en insistant sur ECU, Renforcement statique manuel par exercices d'irradiation-synergie : fixateurs latéraux poignet (EPL-EDM), sangle ulnaire (ECU-FCU), muscles ADM-FCU, co-contractions APL-ECU, sollicitation arche carpienne (OP-ODM), renforcement statique muscles intrinsèques +++, contraction statique FCR</p>	<p>Rééducation : objectifs et techniques</p> <p>-Intensification de la récupération de la mobilité articulaire : Optimisation dynamique radio-carpienne et intracarpienne</p> <p>-Intensification du renforcement musculaire : Exercices de Kabat et de réintégration du poignet dans activités fonctionnelles, travail statique progressif (Dynatrac), protocole de renforcement établi selon principes proposés par Boutan et Rouzard, travail dynamique progressif dans toute l'amplitude articulaire contre résistances progressives, travail proprioceptif (contractions musculaires multidirectionnelles) YO puis YF, renforcement dynamique concentrique puis excentrique (résistances élastiques), renforcement pliométrique, sollicitations des appuis sur plan stable et instable</p>	<p>Principes généraux du protocole :</p> <p>-protéger ligament (opéré ou non) jusqu'à sa cicatrisation : port de charges interdit en phase 1, serrage du poing proscrit durant phase 2 (contraction fléchisseurs extrinsèques) -éviter complications douloureuses (rééducation non-douloureuse) -retrouver un poignet stable et mobile -réintégrer poignet dans les fonctions du MS</p>

« Rééducation du poignet traumatique » (article) Thomas D., Zanin D., 2015 Protocole en 3 phases			Remarques
Phase 1 : fragilité tissulaire J1 à J45 après l'intervention	Phase 2 : fragilité tissulaire relative, J45 à 3 mois après intervention	Phase 3 : solidité tissulaire relative, après 3 mois	<p>Dans le traitement orthopédique : rééducation devrait être systématique pendant phase d'immobilisation pour prévenir les complications</p> <p>Principes : Bannir tout travail contre résistance des fléchisseurs des doigts tant que cicatrisation ligamentaire non acquise. Activités lourdes interdites en phases 1 et 2</p> <p>-Résistances maximales autorisées à partir de 4 à 6 mois après l'intervention</p> <p>Amélioration stabilité par sollicitation directe des fléchisseurs et extenseurs du poignet : exercices de rééducation proprioceptive neuromusculaire. Exercices de co-contractions agonistes/antagonistes basés sur mouvements physiologiques et non sur le travail analytique « prisonnier » des plans de l'espace.</p> <p>Décoaptation articulaire recherchée dans la rééducation et par le port d'orthèses de fonction assurant une certaine décoaptation</p>
<p><u>Orthèse :</u></p> <p>Immobilisation stricte ou mobilisation limitée et protégée autorisée en dehors de l'orthèse ou dans une orthèse spécifique (poignet en légère extension, IU et prono-supination neutre)</p> <p><u>Rééducation :</u></p> <p>-Maintenance image corticale du mouvement : Stimulation fléchisseurs et extenseurs poignet par vibreur ou électrodes (fenêtres créées dans l'orthèse)</p> <p>-Contrôle de l'œdème, maintien glissements tendineux, prévention fibrose et rétraction tissulaire: protocole PRICE, mobilisation active en déclive sous orthèse, DLM, pressothérapie, contentions élastiques, électrostimulation à visée vasomotrice associée à la mob digitale en déclive, exercices de glissements tendineux de Mackin, mob passive douce des doigts</p> <p>-Lutte contre douleur et inflammation : TENS, cryothérapie, vibrations, ultrasons</p> <p>Précise particularités de la rééd après débridement arthroscopique : immob de 2 à 6 semaines. Ne pas solliciter l'IR après intervention sur le SL</p>	<p><u>Orthèse :</u></p> <p>Orthèse de fonction, diurne (diminution progressive du temps de port jusqu'au sevrage) + Port d'une orthèse de repos nocturne (poignet en rectitude, doigts légèrement fléchis)</p> <p><u>Rééducation :</u></p> <p>-Conseils d'économie articulaire, ergonomie, modification du geste</p> <p>-Traitement de la cicatrice : massage manuel, aspiratif, vibrations, compression par silicone. Si hypersensibilité cicatricielle : désensitisation ou rééd somato-sensorielle</p> <p>-Réintégration image corticale de l'extension du poignet : ext active poignet doigts fléchis sur plateau canadien, W électroactif, myofeedback, ext bilat symétrique du poignet</p> <p>-Amélioration ampl articulaires : mob active dans les 4 diagonales de Kabat (préférée au W analytique), mob passive manuelle, mécanothérapie, agents physiques, orthèse de mobilisation, mob active sous décoaptation, postures, mob manuelles spécifiques, 'tenir-relâcher », arthromoteur</p> <p>-Lutte contre douleur et inflammation : TENS, cryothérapie, vibrations, ultrasons</p> <p>-Amélioration stabilité et proprioception : PNF (renforcement et rééducation proprioceptive) en suivant la progression contraction isotonique/isocinétique/isotonique, excentrique. isotonique concentrique, électrostimulation</p>	<p><u>Rééducation :</u></p> <p>-Amélioration de la proprioception et de la stabilité: techniques décrites par Hagert</p> <p>-Renforcement musculaire : idem phase 2, W en diagonales et en rotation, W avec dynamomètre électronique</p> <p>-Amélioration mobilité</p>	

« Le poignet radial : chirurgie et rééducation ». (article) Kinésithérapie Scientifique, Boutan M. et Rouzard S., 2006 Protocole en 3 phases à partir de la levée de l'immobilisation				Remarques
Phase d'immobilisation (durée non précisée)	Phase 1 (durée = 1 mois) Période de fragilité	Phase 2 (durée non précisée)	Phase 3 (durée non précisée)	
<p>Rééducation :</p> <p>-Lutte contre troubles trophiques : décline, mob chaines digitales</p> <p>Proscrire port de charge (sollicite diastasis scapho-lunaire)</p>	<p>Rééducation :</p> <p>-Récupération des amplitudes articulaires et réveil des éléments actifs hypotoniques :</p> <p>Mob active simple, électrostimulation en assistance à la mob active ou en mode statique pour renforcer stabilité autour de la position de fonction (sangle ulnaire), travail statique manuel par irradiation-synergie : abd pollicis longus, ECU et FCU, abductor digiti minimi, muscles intrinsèques, extensor pollicis longus et extensor digiti minimi, opponens pollicis et opponens digiti minimi</p>	<p>Rééducation :</p> <p>-Renforcement musculaire</p> <p><u>Exercices à dominante qualitative :</u></p> <p>-exercices de type « Kabat »</p> <p>-travail proprioceptif : stabilisations rythmiques...</p> <p>-Exercices avec manette en silicone type Joystick (résistance multidirectionnelle avec retour élastique) : mise en tension, tenu statique et retour contrôlé</p> <p><u>Exercices à dominante quantitative :</u></p> <p>-renforcement statique mesuré (appareil de type Dynatrac)</p>	<p>Rééducation :</p> <p>-Optimisation des performances musculaires :</p> <p>-renforcement statique mesuré</p> <p>-renforcement dynamique (avec augmentation des charges, utilisation des résistances élastiques ou de techniques isocinétiques)</p> <p>-renforcement pliométrique (alternance des modes contractile excentriques, statiques et concentriques)</p> <p>-exercices en chaîne fermée (prise d'appui ou suspension)</p>	<p>Principes de prise en charge :</p> <p>-respecter chronologie dans la récupération des amplitudes articulaires : réapprendre en premier lieu au scaphoïde à se verticaliser avant de rechercher mouvements combinés de flexion-IU-pronation et d'extension-IR-supination intracarpiennes, puis utiliser plus tardivement des orthèses de posture.</p> <p>-respecter la période de fragilité post-immobilisation : mise en contrainte progressive du complexe scapho-lunaire réparé.</p> <p>Eviter contraintes de compression axiale (sollicitation fléchisseurs des doigts). Réaliser un renforcement musculaire avec dominante qualitative puis quantitative (après cicatrisation complète).</p> <p>-Prendre en compte le rôle du CERC (contrôle du pôle proximal du scaphoïde) dans le renforcement (première phase de renforcement à réaliser en statique en position de légère flexion et IU), et dans le travail proprioceptif (progression de la flexion-IU vers l'extension avec impact thénarien contrôlé (afin de bénéficier de l'appui du CERC)).</p>

« Orientation de la kinésithérapie dans les différentes entorses du poignet. » (article) Berthe A. 2003 Eléments de rééducation déterminant 3 phases			Remarques
Phase 1 : initiale	Phase 2 : Consolidation ligamentaire acquise (après 2-3 mois)	Phase 3 : terminale	
<p><u>Rééducation :</u></p> <p>-Amélioration de la mobilité :</p> <p>-Mobilisations en flexion et en extension privilégiées</p> <p>-Travail de la fonction de préhension par l'utilisation de l'effet ténodèse</p>	<p><u>Rééducation :</u></p> <p>-Amélioration de la mobilité :</p> <p>Mobilisations analytiques du scaphoïde et du lunatum, recherche de mobilité réciproque entre ces deux os, mobilisations en inclinaisons radiale et ulnaire</p>	<p><u>Rééducation :</u></p> <p>-Mise en tension et en pression du néo-ligament :</p> <p>Exercices en pression articulaire axiale (poussées, prises d'appui)</p>	<p><u>Principes de prise en charge :</u></p> <p>-Rééducation non stéréotypée, spécifique des lésions scapho-lunaires, se basant sur la biomécanique.</p> <p>-Rééducation dans des plans de mouvements associés et non dans les plans stricts de référence.</p>

« Rééducation après disjonction scapho-lunaire », Mémoire DIU de Baladron R., 2009 Protocole en 3 phases (basées en fonction de la cicatrisation ligamentaire)			Remarques
Phase 1 : phase d'immobilisation J0-J45	Phase 2 : phase de cicatrisation J45-J90	Phase 3 : après J90 Phase de consolidation en 2 temps : -phase fonctionnelle -phase de réathlétisation	
<p><u>Orthèse :</u></p> <p>Antébrachio-palmaire circulaire, en position neutre de F/E et en IU de 5°, doigts libres -surveillance points d'appui et cicatrice</p> <p><u>Rééducation :</u></p> <p>-Lutte contre troubles trophiques : DLM, pressothérapie, courants mixtes interférentiels, cryothérapie, bandages compressifs, déclive, prévention de l'AND -Entretien des articulations libres : mobilisations doigts (sans résistance), coude, épaule -Lutte contre douleur : TENS, courants mixtes interférentiels</p>	<p><u>Orthèse :</u> arrêt orthèse la journée, port nocturne poursuivi encore deux à trois semaines si nécessaire.</p> <p><u>Rééducation :</u></p> <p>-Lutte contre troubles cutanés-trophiques et douleur : même techniques que phase 1 + assouplissements cicatrice si patient opéré : massage, dépressothérapie</p> <p>-Rééducation sensibilité si altérée (hypoesthésie, paresthésie) : vibrations, désensitisation</p> <p>-Récupération des amplitudes articulaires (avec respect de la non-douleur) : dérouillage articulaire progressif et global dans secteur n'entraînant pas de contraintes sur le compartiment SL : mob manuelles, kinetech, fluidothérapie ; mobilisations analytiques spécifiques radio-carpiennes et intracarpiales, analyse et guidage des mouvements du couple SL.</p> <p>-Récupération progressive de la force, de la stabilité du poignet et de la coordination neuro-motrice : renforcement musculaire à dominante qualitative paume ouverte, électrostimulation (sangle ulnaire+++), ex. d'irradiation-synergie poignet-main, mobilisations actives, renforcement statique (intrinsèques, FR, ERC), détente musculaire (vibreur, massage). Dans un premier temps : réveil musculaire et W de la coordination musculaire; puis plus tard : renforcement manuel poignet</p>	<p><u>Rééducation :</u></p> <p><u>-Phase fonctionnelle :</u></p> <p>-Récupération derniers degrés d'amplitude articulaire et optimisation de la dynamique radio-carpienne et intracarpale</p> <p>-Optimisation des performances musculaires (endurance, force maximale, coordination) : renforcement musculaire à dominante quantitative, technique de « Kabat » et exercices visant réintégration poignet dans chaînes fonctionnelles du MS, W statique mesuré (Dynatrac) avec charge progressive, W dynamique progressif dans toute l'amplitude articulaire et contre résistance progressive, ex. en chaînes fermée, semi-fermée et ouverte, W musculaire paume fermée (appuis et prises stables)</p> <p>-Amélioration de la proprioception, stabilité et protection articulaire dans toutes les positions : contractions musculaires multidirectionnelles (barre oscillante, flexbar), exercices yeux ouverts et yeux fermés</p> <p><u>-Phase de réathlétisation :</u></p> <p>(Selon profession ou sport pratiqué) : renforcement dynamique concentrique et excentrique (résistances élastiques), renforcement pliométrique, sollicitation des appuis sur plans stables et instables</p>	<p><u>Principes de prise en charge :</u></p> <p>Durée phase 1 dépend du choix du traitement (orthopédique ou chir.) Port de charge interdit</p> <p>Proscrire W poing fermé ou serrage en phase 2</p> <p>-Respect période de cicatrisation ligamentaire nécessaire, avant mise en tension progressive du ligament (opéré ou non)</p> <p>-Respect de la règle de la non-douleur (prévention des complications)</p> <p>-Bilan réalisé en début de prise en charge, renouvelé à J90 puis à J180 (suivi évolution du traitement et adaptation du protocole)</p>

<p align="center">« Rééducation de la main, tome 2 », (livre) G. Mesplé Chapitre « Entorse du ligament scapho-lunaire » 2011 Protocole en 3 phases</p>			<p align="center">Remarques</p>
<p align="center">Phase 1 : Immobilisation- Cicatrisation J0-J45/J60</p>	<p align="center">Phase 2 : fragilité relative. Pré-consolidation J45/J60 à J90</p>	<p align="center">Phase 3 : solidité J90 et plus</p>	
<p><u>Orthèse :</u></p> <p>Immobilisation stricte, orthèse fermée antébrachio-palmaire, en plastique thermoformable, non amovible, poignet à 0° de F/E, 5° d'IU, doigts libres</p> <p><u>Rééducation :</u></p> <p>-surveillance orthèse (confort, points d'appui) -protocole PRICE (lutte contre troubles trophiques) -entretien des articulations libres, mob sans résistance des chaînes digitales -stimulations sensori-motrices (entretien schéma moteur)</p>	<p><u>Orthèse :</u> de repos amovible (ablation progressive) non systématique, poignet en position neutre, pouce libre</p> <p><u>Rééducation :</u></p> <p>Objectifs : lutte contre l'amyotrophie, lutte contre troubles trophiques et douleur, remise en contrainte progressive du ligament SL, stabilité</p> <p>-assouplissements cicatriciels (massage) -massage-drainage, massage décontracturant, électrothérapie antalgique, pressothérapie, stimulations vibratoires transcutanées, infrasons</p> <p>-déroutillage articulaire dans les secteurs fonctionnels (mob douces pour ne pas créer de tensions excessives sur le ligament SL : tensions notables au-delà de 30° de F/E), si capsuloplastie : ne pas forcer en flexion (risque de recréer une instabilité), mob en inclinaisons associées à mob analytique du scaphoïde (pour recréer dynamique scaphoïdienne) fluidothérapie, mob manuelles passives, mob actives</p> <p>-renf. musculaire statique paume ouverte (doigts tendus) électrostimulation des stabilisateurs du poignet, travail statique manuel, mob actives simples. Renforcer préférentiellement FCR, ECR (s'opposent à bascule antérieure scaphoïde), FCU et ECU (participent à stabilisation compartiment médial poignet, s'opposent à translation médiale du carpe, retiennent système rétinaculaire qui forme une sangle de contention ulnaire de la première rangée) et muscles intrinsèques (permettent récupération bonne force de serrage sans créer contraintes axiales), réveil musculaire par techniques de sollicitation par débordement d'énergie. Travail statique intermittent : séries de 30 rép. tenues 6s avec 6s de repos entre les rép. -travail proprioceptif -travail des préhensions</p>	<p><u>Orthèse :</u> poignet de force (reprise des activités) en néoprène</p> <p><u>Rééducation :</u></p> <p>-récupération amplitudes terminales : mob globales et analytiques (dynamique scaphoïdienne) Récupération de la mobilité ne doit pas se faire « à tout prix » (risque de recréer instabilité SL)</p> <p>-réveil puis renforcement musculaire : statique instrumental (avec utilisation de dynamomètres et feedback visuel), renf musculaire dynamique à charge faible, récupération de ratios musculaires normaux et force comparable au côté sain. -travail proprioceptif et des préhensions : travail de la coordination neuromusculaire, résistances mutidirectionnelles</p>	<p>Obj : retrouver une bonne stabilité du poignet et éviter évolution vers le SLAC wrist</p> <p>Pas de port de charge en phase 1</p> <p>Pas de malaxage de pâte, éviter compression axiale en phase 2 (sollicitation exagérée des fléchisseurs des doigts)</p>

Bibliographie

1. Cohen MS, Hotchkiss RN, Kozin SH, Pederson WC, Wolfe SW, Green DP. "*Green's operative hand surgery*". Seventh Edition. Elsevier; 2018.
2. Kapandji IA. "*Anatomie fonctionnelle I, membre supérieur*". Sixième édition. Paris: Maloine; 2017.
3. Thomas D, Zanin T. "*Rééducation du poignet traumatique*". EMC, Kinésithérapie-Médecine Physique-Réadaptation, 2015;0(0):1-16 [Article 26-220-A-11], Doi : 10.1016/S1283-0887(15)49472-1
4. Mesplié G. "*Rééducation de la main*" Tome 1. Montpellier : Sauramps médical; 2011.
5. Hagert E, Ljung B-O, Forsgren S. "*General Innervation Pattern and Sensory Corpuscles in the Scapholunate Interosseous Ligament*". Cells Tissues Organs. 2004 177:47-54. Doi: 10.1159/000078427
6. Caggiano N, Matullo KS. "*Carpal Instability of the Wrist*". Orthop Clin North Am. 2014 january; vol. 45, issue 1:129-40. doi : 10.1016/j.ocl.2013.08.009
7. Geoffroy C, Mesplié G. "*Rééducation des instabilités scapho-lunaires*". Kinesither Rev. 2018 juin; 18(198):29-36. Doi : 10.1016/j.kine.2018.02.013
8. Holmes MK, Taylor S, Miller C, Brewster M. "*Early outcomes of 'The Birmingham Wrist Instability Programme' : A pragmatic intervention for stage one scapholunate instability*". Hand Therapy. 2017; vol. 22(3) 90-100. Doi : 10.1177/1758998316685469
9. Anderson H, Hoy G. "*Orthotic intervention incorporating the dart-thrower's motion as part of conservative management guidelines for treatment of scapholunate injury*". J Hand Ther 2016 april; 29(2):199-204, doi : 10.1016/j.jht.2016.02.007
10. Bleton R. "*Orientation de la kinésithérapie dans les différentes entorses du poignet*". Kinesither Sci. 2003 décembre; n°439, 13-20.
11. Mesplie G. "*Instabilités du carpe chez le sportif*". Journal Promanu 1. 2017; 4-12.
Disponible sur :
https://www.academia.edu/34420505/Instabilit%C3%A9s_du_carpe_chez_le_sportif
12. Boutan M, Rouzaud S. "*Le poignet radial : chirurgie et rééducation*". Kinesither Sci. 2006 mai; n°466, 7-19.
13. Mesplié G. "*Instabilité(s) scapho-lunaire(s)*". [webinaire], 2020 avril.
14. Baladron R. "*Rééducation après disjonction scapho-lunaire*" [Mémoire]. Grenoble : Université Joseph Fourier; 2009.

15. Salva-Coll G, Garcia-Elias M, Hagert E. "*Scapholunate Instability: Proprioception and Neuromuscular Control*". J Wrist Surg. 2013 may; 2:136-40. doi : 10.1055/s-0033-1341960
16. Esplugas M, Garcia-Elias M, Lluch A, Perez ML. "*Role of muscles in the stabilization of ligament-deficient wrists*". J Hand Ther. 2016 april; 29(2):166-74. doi : 10.1016/j.jht.2016.03.009
17. Boutan M, Thomas D, Célérier S, Casoli V, Moutet F. "*Rééducation de la main et du poignet : anatomie fonctionnelle et techniques*". Elsevier-Masson; 2013.
18. Hagert E, Lluch A, Rein S. "*The role of proprioception and neuromuscular stability in carpal instabilities*". J Hand Surg (Eur Vol). 2016 january; 41(1):94-101. Doi : 10.1177/1753193415590390
19. Boutan M, Baladron R, Casoli V. "*Justifications anatomiques des techniques de renforcement musculaire dans la rééducation du poignet*". Kinesither Rev. 2013 juillet; vol. 13, n°139, 36-42. doi : 10.1016/j.kine.2013.03.009
20. Salvà-Coll G, Garcia-Elias M, Llusà-Perez M, Rodríguez-Baeza A. "*The Role of the Flexor Carpi Radialis Muscle in Scapholunate Instability*". J Hand Surg. 2011 january; 36(1):31-6. doi:10.1016/j.jhsa.2010.09.023
21. Hagert E, Persson JKE, Werner M, Ljung B-O. "*Evidence of Wrist Proprioceptive Reflexes Elicited After Stimulation of the Scapholunate Interosseous Ligament*". J Hand Surg. 2009 april; 34(4):642-51. doi : 10.1016/j.jhsa.2008.12.001
22. Hagert E. "*Proprioception of the wrist joint: a review of current concepts and possible implications on the rehabilitation of the wrist*". J Hand Ther. 2010 march; 23, 2-17. doi:10.1016/j.jht.2009.09.008
23. Kamina P. "*Anatomie clinique*". Paris: Maloine; 2006.
24. Wolff AL, Wolfe SW. "*Rehabilitation for scapholunate injury: Application of scientific and clinical evidence to practice*". J Hand Ther. 2016 april; 29(2):146-53. doi : 10.1016/j.jht.2016.03.010
25. Fontès D. "*Les lésions ligamentaires intracarpiennes: histoire naturelle, attitude pratique*". J Traumatol Sport. 2007 septembre; 24(3):168-71. doi : 10.1016/j.jts.2007.06.006
26. Andersson JK, Garcia-Elias M. "*Dorsal scapholunate ligament injury: a classification of clinical forms*". J Hand Surg Eur Vol. 2013 february; 38(2):165-9. Doi : 10.1177/1753193412441124
27. Hir PL. "*Rupture du ligament scapho-lunaire/« SLAC Wrist ».*" Kinesither Sci. 2020 février; n° 617, p.55.
28. Van Overstraeten L, Camus EJ. "*Instabilité scapholunaire*" In : "*L'Arthroscopie de la Main, du Poignet et du Coude*" Partie I, Section II, Complexe scapho-lunaire. Elsevier-Masson. 2020; 25-29.

29. Saab M. "*Pathologie Ligamentaire du Poignet-ligament scapho-lunaire*" [présentation] DIU Arthroscopie, 2020; disponible sur : http://www.sofarthro.com/medias/files/14A_SAAB.pdf
30. Hir PL. "*Rupture du ligament scapho-lunaire*". Kinesither Sci. 2007 avril; n° 476, p.59.
31. Pallot A. "*Evidence based practice en rééducation: démarche pour une pratique raisonnée*". Elsevier-Masson; 2019.
32. Thomas D. "*Techniques de facilitation neuromusculaire proprioceptive appliquées aux lésions du membre supérieur et au poignet*" [Cours théorique présenté au DIU de rééducation de la main] 2020 mars.
33. Garcia-Elias M, Alomar Serrallach X, Monill Serra J. "*Dart-throwing motion in patients with scapholunate instability: a dynamic four-dimensional computed tomography study*". J Hand Surg Eur Vol. 2014; Vol. 39E(4) 346–352. doi : 10.1177/1753193413484630
34. Thumerelle M, Camus JP. "*Thérapie hypopressive séquentielle et arthrose*". Ann Kinesither. 1989; t. 16(9):409-12. Disponible sur : <https://kinedoc.org/work/kinedoc/9368b5e6-5872-4fef-874f-9b17000d312d.pdf>