



HAL
open science

Analyse quantitative de la bascule postérieure du scaphoïde sur des arthroscanners du poignet chez les patients ayant une rupture du ligament schapo-lunaire

Jacques De Verbizier

► **To cite this version:**

Jacques De Verbizier. Analyse quantitative de la bascule postérieure du scaphoïde sur des arthroscanners du poignet chez les patients ayant une rupture du ligament schapo-lunaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2016. hal-01932007

HAL Id: hal-01932007

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01932007>

Submitted on 23 Nov 2018

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

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



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
2016

FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de
Médecine Spécialisée

par

Jacques de VERBIZIER

le 30 septembre 2016

**ANALYSE QUANTITATIVE DE LA BASCULE POSTERIEURE DU SCAPHOIDE
SUR DES ARTHROSCANNERS DU POIGNET CHEZ LES PATIENTS AYANT UNE
RUPTURE DU LIGAMENT SCAPHO-LUNAIRE**

Membres du jury :

Président : M. le Professeur BLUM

Juges : M. le Professeur DAP
M. le Professeur DAUTEL
M. le Maître de Conférences TEIXEIRA



Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen de la Faculté de Médecine
Professeur Marc BRAUN

Vice-doyens

Pr Karine ANGIOI-DUPREZ, Vice-Doyen

Pr Marc DEBOUVERIE, Vice-Doyen

Assesseurs :

Premier cycle : Dr Guillaume GAUCHOTTE

Deuxième cycle : Pr Marie-Reine LOSSER

Troisième cycle : Pr Marc DEBOUVERIE

Innovations pédagogiques : Pr Bruno CHENUUEL

Formation à la recherche : Dr Nelly AGRINIER

Animation de la recherche clinique : Pr François ALLA

Affaires juridiques et Relations extérieures : Dr Frédérique CLAUDOT

Vie Facultaire et SIDES : Pr Laure JOLY

Relations Grande Région : Pr Thomas FUCHS-BUDER

Etudiant : M. Lucas SALVATI

Chargés de mission

Bureau de docimologie : Dr Guillaume VOGIN

Commission de prospective facultaire : Pr Pierre-Edouard BOLLAERT

Orthophonie : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER

PACES : Dr Chantal KOHLER

Plan Campus : Pr Bruno LEHEUP

International : Pr Jacques HUBERT

=====
DOYENS HONORAIRES

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER

Professeur Henry COUDANE

=====
PROFESSEURS HONORAIRES

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Jean AUQUE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY
 Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL - Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE
 Jean-Louis BOUTROY - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL
 Claude CHARDOT - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER - Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY
 Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean DUHEILLE - Jean-Bernard DUREUX - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE
 Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Alain GERARD - Hubert GERARD
 Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - Oliéro GUERCI - Philippe HARTEMANN
 Gérard HUBERT - Claude HURIET - Christian JANOT - Michèle KESSLER - François KOHLER - Jacques LACOSTE
 Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques LECLERE
 Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - Jean-Claude MARCHAL - Pierre MATHIEU
 Michel MERLE - Pierre MONIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert PERCEBOIS
 Claude PERRIN - Luc PICARD - François PLENAT - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL - Jean PREVOT - Francis RAPHAEL
 Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Michel RENARD - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT
 Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ
 Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Gérard VAILLANT - Paul VERT - Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET
 Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Etienne ALIOT - Professeur Gérard BARROCHE - Professeur Pierre BEY - Professeur Jean-Pierre CRANCE - Professeur Alain GERARD - Professeure Michèle KESSLER – Professeur François KOHLER
Professeur Jacques LECLÈRE - Professeur Alain LE FAOU - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ
Professeure Simone GILGENKRANTZ – Professeur Gilles GROSDIDIER - Professeur Philippe HARTEMANN
Professeur Alain LE FAOU - Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS - Professeur François PLENAT
Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC - Professeur Jean-François STOLTZ - Professeur Paul VERT
Professeur Michel VIDAILHET

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

2^{ème} sous-section : (*Histologie, embryologie et cytogénétique*)

Professeur Christo CHRISTOV – Professeur Bernard FOLIGUET

3^{ème} sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur Jean-Michel VIGNAUD – Professeur Guillaume GAUCHOTTE

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2^{ème} sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD - Professeur Michel CLAUDON

Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT - Professeur Jacques FELBLINGER

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER

2^{ème} sous-section : (*Physiologie*)

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur François MARCHAL

4^{ème} sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)

Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^{ème} sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)

Professeure Marie MACHOUART

3^{ème} sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeur Thierry MAY - Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Professeur François ALLA - Professeur Francis GUILLEMIN - Professeur Denis ZMIROU-NAVIER

3^{ème} sous-section : (*Médecine légale et droit de la santé*)

Professeur Henry COUDANE

4^{ème} sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Professeure Eliane ALBUSSON - Professeur Nicolas JAY

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Professeur Pierre FEUGIER

2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur Thierry CONROY - Professeur François GUILLEMIN - Professeur Didier PEIFFERT - Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (*Immunologie*)

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT – Professeure Marie-Thérèse RUBIO

4^{ème} sous-section : (*Génétique*)

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

2^{ème} sous-section : (Réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU - Professeur Patrick NETTER

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)

Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL - Professeur Faiez ZANNAD

49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Luc TAILLANDIER - Professeure Louise TYVAERT

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean AUQUE - Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN - Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Bernard KABUTH

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur Daniel MOLE - Professeur François SIRVEAUX

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT - Professeur Yves MARTINET

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET - Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Thierry FOLLIGUET - Professeur Juan-Pablo MAUREIRA

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie)

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY

Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

2^{ème} sous-section : (Chirurgie générale)

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD

3^{ème} sous-section : (Médecine générale)

Professeur Jean-Marc BOIVIN – Professeur Paolo DI PATRIZIO

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET
Professeur Emmanuel RAFFO - Professeur Cyril SCHWEITZER

2^{ème} sous-section : (Chirurgie infantile)

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^{ème} sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

4^{ème} sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

2^{ème} sous-section : (Ophtalmologie)

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD - Professeur Jean-Luc GEORGE

3^{ème} sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)

Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61^{ème} Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur associé Sophie SIEGRIST

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Docteur Bruno GRIGNON

2^{ème} sous-section : (Histologie, embryologie et cytogénétique)

Docteure Chantal KOHLER

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

Docteur Jean-Marie ESCANYE

2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)

Docteur Damien MANDRY - Docteur Pedro TEIXEIRA

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN

Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteur Marc MERTEN - Docteur Abderrahim OUSSALAH

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Mathias POUSSEL

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)

Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2^{ème} sous-section : (Parasitologie et mycologie)

Docteure Anne DEBOURGOGNE

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)

Docteure Nelly AGRINIER - Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

2^{ème} sous-section (Médecine et Santé au Travail)

Docteure Isabelle THAON

3^{ème} sous-section (Médecine légale et droit de la santé)

Docteur Laurent MARTRILLE

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Docteure Aurore PERROT – Docteur Julien BROSEUS (*stagiaire*)

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Docteure Lina BOLOTINE – Docteur Guillaume VOGIN (*stagiaire*)

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Docteure Céline BONNET - Docteur Christophe PHILIPPE

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

2^{ème} sous-section : (Réanimation ; Médecine d'urgence)

Docteur Antoine KIMMOUN

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteure Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; Médecine d'urgence ; addictologie)

Docteur Nicolas GIRERD

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Docteure Anne-Christine RAT

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Docteure Anne-Claire BURSZTEJN

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)

Docteur Fabrice VANHUYSE

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Docteur Jean-Baptiste CHEVAUX

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE

3^{ème} sous-section : (Médecine générale)

Docteure Elisabeth STEYER

54^{ème} Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

5^{ème} sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)

Docteure Isabelle KOSCINSKI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (Oto-Rhino-Laryngologie)

Docteur Patrice GALLET

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

7^{ème} Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

19^{ème} Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

60^{ème} Section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE, GÉNIE CIVIL

Monsieur Alain DURAND

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA - Monsieur Pascal REBOUL

65^{ème} Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Jean-Louis GELLY

Madame Céline HUSELSTEIN - Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE - Monsieur Christophe NEMOS

66^{ème} Section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteur Pascal BOUCHE – Docteur Olivier BOUCHY - Docteur Arnaud MASSON – Docteur Cédric BERBE

Docteur Jean-Michel MARTY

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume-Uni)
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)
Université de Wuhan (CHINE)
Professeur David ALPERS (2011)
Université de Washington (U.S.A)
Professeur Martin EXNER (2012)
Université de Bonn (ALLEMAGNE)

A mon Président du jury

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements au Professeur Blum qui fut pour moi un directeur de thèse attentif et disponible malgré ses nombreuses charges.

Merci à vous pour tout ce que vous m'avez déjà transmis et ce que vous allez me transmettre.

Aux juges :

Pedro, je voudrais te remercier tout particulièrement car c'est toi qui m'as dirigé tout au long de mon internat. Tu as toujours été disponible, à l'écoute de mes nombreuses questions, et tu t'es toujours intéressé à l'avancée de mes travaux. Les nombreuses discussions que nous avons eues ainsi que tes conseils sont pour beaucoup dans le résultat final de ce travail. Ton enthousiasme m'a montré que le monde de la recherche pouvait être un univers passionnant. Pour tout cela merci.

Je voudrais également remercier Pr Dap et Pr Dautel d'avoir accepté de faire partie de mon jury. Mon travail a bénéficié de leur lecture très attentive et de leurs remarques précieuses.

Je remercie également tous les membres du jury d'avoir accepté d'assister à la présentation de ce travail, malgré l'horaire contraignant pour des chirurgiens.

Famille

Amandine. Tu as changé ma vie. C'est une chance d'avoir à mes côtés une personne qui me comprend, qui me soutient, qui me supporte et qui m'aime.

Louise, à l'heure où j'écris ces lignes je ne te connais pas encore. Mais en fait je te connais je pense comme si je t'avais fait...Merci d'avance des nuits de bonheur que tu me réserves...

A mes parents, le classique et efficace « je ne serais rien sans vous » est de mise. Merci beaucoup pour tout ce que vous avez fait, ce que vous faites et ce que vous ferez pour moi. Vous m'avez pratiquement tout appris, notamment à faire du vélo avant que je tienne correctement sur mes 2 jambes (sans me doper, enfin je ne le crois pas). Vous m'avez fait partager vos passions (peinture, sculpture, modélisme – même si j'ai 2 mains gauches-, les randonnées – mêmes si ça ne m'a pas toujours plu-, la radiologie). C'est grâce à vous que je rédige ces lignes. Papa, forcément au boulot beaucoup de personnes me disent que je te ressemble énormément, et c'est le plus beau compliment que l'on puisse me faire.

Alice et Vincent. En tant que grande sœur et grand beau-frère, vous avez un rôle capital à mon équilibre. Merci Alice d'avoir participé grandement à ce que je suis actuellement, à ne jamais m'avoir lâché malgré nos quelques disputes inutiles. Je vous aime et je suis très fier de faire partie de votre famille parfaite, avec GuGu et MaMa.

Charlotte et Jomphop. Malheureusement pour toi Charlotte, en tant que petite sœur j'aurai toujours tendance à vouloir te protéger. Alors que lorsque je deviens objectif et que je vois la femme que tu es devenue, notamment grâce à Jomphop, je ne peux qu'être fier de toi. (et oui je suis fier de toute ma famille). Votre bonne humeur et votre optimisme sont essentiels à notre famille. Merci pour tous ces souvenirs que vous nous apportez tous les jours depuis un peu plus de vingt ans.

Yaya. La plus fun des grand-mères. C'est une chance de te savoir si proche de nous. Ta finesse d'esprit, ta joie de vivre me servent d'exemple. Merci.

Grand-Papa. La pêche, les randonnées dans les Pyrénées dans des endroits sublimes, l'élagage du jardin d'Unjat, le square, les balades en bateau à Libourne. Tant de souvenirs gravés à tout jamais dans ma mémoire grâce à toi. Merci.

A mes beaux-parents. Merci pour votre accueil. Je me suis tout de suite senti chez moi chez vous. J'aime votre simplicité, votre bonheur de vivre, de profiter de chaque instant. Et ce que j'aime le plus chez vous, c'est votre fille.

Laurène et Pierre-Alain, Franck et Corinne. Qui aurait dit que le petit Piwit serait dans votre famille un jour ☺ En tout cas j'aime profiter des moments passés avec vous !

A toutes les personnes parties trop tôt, je pense très fort à vous.

Amis

« Le bonheur n'est pas au sommet de la montagne mais dans la façon de la gravir ». J'ai de la chance de vous avoir tous à mes côtés car grâce à vous j'atteins le bonheur.

Les Luconi. Barbecue sur votre balcon, footbalcon®, mémoire flash, quelques soirées légendaires, le rugby, tennis, le cabaret vert. J'écris ces mots avec un large sourire. Que de bons moments !

Les Hotton. Soirées Wii tennis, tennis, ton EVG (je ne dirai rien promis... Mais Judi tes habits t'alliaient comme un gant). Merci pour votre soutien et votre gentillesse ! Bisous à Clém et Pauline, vous êtes mes « 4 Fantastiques » !

Victor, tu m'as transmis The Force. Merci pour l'organisation de mon EVG ☺. Notre amitié est comme la saga Star Wars®, immortelle.

Matteucci, Vous avez fait plus que de nous accueillir il y a un peu plus de 20 ans (ça ne nous rajeunit pas tout ça...). Vous avez mis en place la première pierre d'une amitié qui est aussi grosse et importante que la cathédrale de Metz.

Guillaume. The Superman. Merci pour le demi-tour du Mont-Blanc. Désolé d'avoir eu un genou de « ... », mais ça t'a permis de voir tes limites physiques en portant mon sac en plus du tien tout en marchant dans le froid et la neige. Même si on ne l'a pas fait en entier, c'était génial. (et désolé que tu aies dû changer les règles du Ping-Pong pour me battre...)

La Team. Ou plutôt THE TEAM !!!!!!!! Vous êtes plus sympas et accueillants les uns que les autres. Même si je me souviendrai longtemps de mon bizutage (interdit aux moins de 18 ans...), je l'ai fait de bon cœur☺.

Michael. Merci pour les partages de vidéos de voitures télécommandées. ☺

Marvin et Fabien. Très beau couple, plein de bonheur. Heureux que vous vous rapprochiez de nous !

Amélie et Anthony. Mes petits Marseillais préférés. Marceau est top, bien que la distance nous éloigne beaucoup je suis content d'être son parrain !

Valentine, même si l'internat nous a un peu éloigné, les soirées geek avec toi sont un pur bonheur. Je suis content que tu aies troqué ta vieille Xbox contre une PS4.

A mes co internes, tout particulièrement Anne-Sophie, Chloé, Marine, Rémi. Votre soutien et nos moments complices tout au long de mon internat ont été capitaux pour moi. Vous êtes top et je suis ravi qu'on garde le contact en post internat☺.

A toutes les personnes que j'ai pu côtoyer dans les différents services au cours de mon internat et qui m'ont fait progresser tant professionnellement qu'humainement. Merci aux chefs d'avoir été assez patients pour m'apprendre tout ce que je sais. Merci aux manips pour leur professionnalisme et leur humour tellement importants.

Mes élèves : Matthieu et Sophie. Sophie merci pour ta niaque. Un sacré bout de femme. Matthieu, toujours d'accord pour que je t'apprenne à mesurer des fémurs en échographie ?

SERMENT

« **A**u moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux

lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque ».

Table des matières

1. INTRODUCTION :	14
2. MATÉRIELS ET MÉTHODES :	15
2.1 PATIENTS :	15
2.2 ACQUISITION DES EXAMENS :	16
2.3 ANALYSE DES EXAMENS :	17
2.4 ANALYSE STATISTIQUE :	18
3. RÉSULTATS :	19
4. DISCUSSION :	25
1. INTRODUCTION	30
2. MATERIALS AND METHODS	31
2.1 PATIENTS	31
2.2 IMAGING PROTOCOL	31
2.3 IMAGE ANALYSIS	33
2.4 STATISTICAL ANALYSIS	35
3. RESULTS	35
4. DISCUSSION	42

ANALYSE QUANTITATIVE DE LA BASCULE POSTERIEURE DU SCAPHOÏDE SUR DES ARTHROSCANNERS DU POIGNET CHEZ LES PATIENTS AYANT UNE RUPTURE DU LIGAMENT SCAPHO-LUNAIRE

1. Introduction :

Les ruptures du ligament scapho-lunaire sont les plus fréquentes des lésions ligamentaires du carpe et sont principalement dues à un traumatisme direct du poignet en hyper extension [1-3].

La rupture du ligament scapho-lunaire entraîne une perte de l'alignement du scaphoïde et du lunatum appelée dissociation scapho-lunaire.

La dissociation scapho-lunaire est associée à l'arthrose du poignet [4], décrite par Watson et al. [5,6] sous le nom de scapholunate advanced collapse (SLAC).

Le traitement du SLAC dépend de son stade et peut aussi bien être conservateur que chirurgical. Les traitements ont un but antalgique mais sont responsables d'une perte de fonction du poignet [7].

La surface articulaire proximale du scaphoïde et la fossette scaphoïdienne radiale sont normalement congruentes, comme deux cuillères superposées l'une sur l'autre [8]. En cas de dissociation scapho-lunaire, la flexion palmaire et la bascule postérieure du scaphoïde sont responsables d'une augmentation des contraintes mécaniques sur la partie latérale et postérieure de la fossette articulaire radiale. Le déplacement postérieur du scaphoïde est associé au développement du SLAC [8, 9]. Après un traumatisme du poignet, l'analyse de la bascule postérieure du scaphoïde est importante pour déterminer la prise en charge thérapeutique [8].

La majorité des défauts d'alignement des os du carpe est visible sur les radiographies standard de face et de profil du poignet [10, 11]. Cependant, l'analyse de la bascule postérieure du scaphoïde est difficilement analysable d'une part du fait des superpositions osseuses et d'autre part du fait des variations de position des patients pouvant influencer la projection du scaphoïde et du radius sur l'incidence de profil [8, 11, 12].

En complément des radiographies standard, l'IRM et l'arthroscanner sont fréquemment utilisés pour évaluer le ligament scapho-lunaire et le cartilage articulaire [13-15]. Malgré l'ensemble des moyens disponibles, il manque un critère objectif permettant d'évaluer le déplacement postérieur du scaphoïde en cas de rupture du ligament scapho-lunaire [16].

L'angle formé sur une reformation sagittale d'un arthroscanner entre la surface articulaire radiale et le point le plus postérieur du scaphoïde (angle radio-scaphoïdien postérieur) peut être un marqueur du défaut de congruence de l'articulation radio-scaphoïdienne. Notre hypothèse est que l'augmentation de l'angle radio-scaphoïdien postérieur est corrélée au SLAC en cas de rupture du ligament scapho-lunaire. Cette information peut avoir une implication dans la prise en charge du patient.

2. Matériels et méthodes :

2.1 Patients :

De janvier 2009 à décembre 2013, 605 patients présentant des douleurs de poignet ont bénéficié de radiographies standard et d'un arthroscanner dans notre service. Parmi ces patients, 150 ont été sélectionnés de manière randomisée.

L'arthroscanner, examen de référence pour l'étude du ligament scapho-lunaire, a été utilisé pour mesurer l'angle radio-scaphoïdien postérieur. Les études rétrospectives basées sur l'analyse anonyme d'exams ne nécessitent pas l'accord du comité d'éthique dans notre hôpital.

Trente-huit patients ayant des antécédents chirurgicaux du poignet, des pathologies inflammatoires articulaires touchant le poignet ou d'autres instabilités du carpe ont été exclus. La population finale de notre étude comporte donc cent douze patients.

En se basant sur l'analyse des segments du ligament scapho-lunaire sur l'arthroscanner, les patients ont été divisés en deux groupes : les patients ayant un ligament scapho-lunaire normal ou une rupture isolée du segment membraneux (groupe contrôle) ; les

patients ayant une rupture du segment postérieur et/ou antérieur du ligament scapho-lunaire (groupe témoin).

2.2 Acquisition des examens :

Les radiographies standard ont été réalisées à l'aide d'un Axiom Iconos R200 (Siemens Healthcare) (55kVp et 7-10 mA) ; ou avec un Prestige (GE healthcare) (55kVp et 2-10 mA). Trois incidences ont été étudiées dans notre étude : face, profil et poing serré. Les radiographies de profil ont été acquises en position neutre. Les radiographies de face ont été réalisées avec la main et la paume à plat sur la table d'examen. Le cliché poing serré a été réalisé avec une pronation afin de permettre une étude optimale de l'interligne articulaire scapho-lunaire.

L'injection de produit de contraste intra-articulaire a été réalisée sous guidage fluoroscopique dans des conditions d'asepsie strictes par un radiologue spécialisé en ostéo-articulaire. Les articulations médio-carpienne et radio-carpienne ont été opacifiées chez tous les patients. L'articulation médio-carpienne était opacifiée en première. En l'absence de diffusion spontanée du produit de contraste dans l'interligne articulaire radio-carpienne, une injection dans l'articulation radio-carpienne était réalisée.

Pour l'acquisition scanographique, les patients étaient en procubitus, la main au-dessus de la tête (position « superman »). Des cales pour l'épaule et le bras étaient mises en place pour que le patient conserve son épaule en extension dans une position confortable.

L'acquisition a été réalisée à l'aide de 2 scanners : un scanner 64 barrettes (Aquilion 64, Toshiba Medical) et un scanner de 320 barrettes (Aquilion One, Toshiba Medical). Une acquisition hélicoïdale a été réalisée avec le scanner 64 barrettes avec les paramètres suivant : FOV de 170 mm, matrice de 520x520, 120kVp, 100 mAs, épaisseur de coupe de 0,5mm, pitch de 0,9 et la rotation du tube de 1 seconde.

Une acquisition volumique a été réalisée sur le scanner 320 barrettes avec les paramètres suivants : FOV de 160 mm, matrice de 520 x 520, 100kVp, 50 mAs, épaisseur de coupe de 0,5mm, rotation de tube de 0,5 seconde.

Les examens ont été reconstruits dans les 3 plans. Le plan coronal est défini comme étant le plan passant par les 2 styloïdes et dont l'axe est celui du radius. Le plan sagittal est perpendiculaire au précédent.

2.3 Analyse des examens :

Deux radiologues de 2 et 6 ans d'expérience ont analysé les images de manière indépendante. Une session d'entraînement sur 10 cas, non inclus dans l'étude, a été réalisée afin d'avoir des mesures homogènes. Les radiographies et les arthroscanners ont été évalués dans deux sessions différentes à deux semaines d'intervalle. Les examens ont été évalués et toutes les mesures ont été réalisées sur les consoles PACS (V5 Impax, Agfa Healthcare). Un troisième lecteur avec 10 ans d'expérience relisait les cas discordants.

L'angle radio-scaphoïdien postérieur était mesuré sur les reformations sagittales en suivant la procédure suivante : nous faisons défiler les reformations sagittales afin d'identifier la coupe sur laquelle nous pouvions voir le point le plus postérieur du scaphoïde. Les remaniements ostéophytiques n'ont pas été considérés dans notre étude. Nous traçons une ligne passant par les points antérieur et postérieur de la surface articulaire radiale. Puis nous traçons une seconde ligne passant par le point le plus postérieur de la surface articulaire radiale et le point le plus postérieur du scaphoïde. L'angle entre ces deux droites est désigné comme l'angle radio-scaphoïdien postérieur (Fig 1).



Figure 1 : mesure de l'angle radio-scaphoïdien postérieur. La coupe ci-dessus est celle passant par le point le plus postérieur du scaphoïde (A). Puis les points le plus postérieur (B) et antérieur (C) de la surface articulaire radiale sont identifiés. Deux lignes sont ensuite tracées : une partant du point le plus postérieur du scaphoïde (A) jusqu'au point le plus postérieur de la surface articulaire radiale (B) ; une seconde passant par les points B et C. L'angle formé par ces deux droites est l'angle radio-scaphoïdien postérieur (ligne pointillée).

Les angles scapho-lunaire, radio-lunaire et le diastasis scapho-lunaire ont aussi été mesurés sur les radiographies standard. L'angle scapho-lunaire était considéré comme normal entre 30° et 70° [8, 17, 18]. L'angle radio-lunaire était considéré comme anormal au-dessus de 10° [8]. Le diastasis scapho-lunaire était défini comme étant une distance supérieure à 3 mm entre le scaphoïde et le lunatum sur les clichés de face [17].

La sévérité de l'atteinte dégénérative du carpe (SLAC) a été évaluée sur les radiographies standard à l'aide de la classification de Watson [3, 19]. Dans le stade I, les remaniements dégénératifs touchent la partie latérale de la surface articulaire radiale. Dans le stade II, l'ensemble de l'interligne articulaire radio-scaphoïdienne est touchée. Dans le stade III, l'articulation capito-lunaire est atteinte en plus de la radio-scaphoïdienne.

2.4 Analyse statistique :

Les arthroscanners ont été utilisés comme référence diagnostique pour les lésions du ligament scapho-lunaire. Lorsqu'une rupture du ligament scapho-lunaire était présente, les radiographies ont été utilisées pour grader le SLAC. Les angles scapho-lunaire, radio-lunaire,

radio-scaphoïdien postérieur ont été comparés à l'aide d'un *t* test pour des variables indépendantes. Une régression logistique multivariée a été utilisée pour générer des ROC et pour identifier le seuil permettant de déterminer la présence de SLAC. Les courbes ROC ont été comparées à l'aide du test de Delong. Les reproductibilités inter et intra observateurs ont été calculées à l'aide du coefficient intra classe (ICC) et de l'ANOVA.

3. Résultats :

Dans notre étude ont été inclus 68 hommes et 44 femmes (sex ratio 1,5), la moyenne d'âge (+/- SD) était de 41,3 +/- 12 ans.

Quarante-deux patients avaient un ligament scapho-lunaire intact (groupe contrôle) et 70 présentaient une rupture du ligament scapho-lunaire (groupe témoin).

Trente patients du groupe témoin étaient atteints de lésions dégénératives du carpe. Il y avait respectivement 4, 12 et 14 cas de SLAC I, II et III.

La mesure de l'angle radio-scaphoïdien postérieur était réalisable chez tous les patients. La reproductibilité inter-observateurs était considérée comme bonne (ICC de 0,75). Il n'y avait pas de différence significative de la reproductibilité entre les patients sans et avec SLAC (ICC respectivement de 0,87 et 0,82). La reproductibilité intra-observateur était quasiment parfaite (ICC de 0,92).

L'angle radio-scaphoïdien postérieur était augmenté de manière significative chez les patients ayant une rupture du ligament scapho-lunaire ($p < 0,0001$).

La moyenne de l'angle radio-scaphoïdien postérieur était de $98,3^\circ \pm 8^\circ$ et de $99,6^\circ \pm 7,2^\circ$ dans le groupe contrôle contre $112,7^\circ \pm 11,8^\circ$ et de $111,3^\circ \pm 12,7^\circ$ dans le groupe témoin respectivement pour les lecteurs 1 et 2. Parmi les patients ayant une rupture du ligament scapho-lunaire, l'angle radio-scaphoïdien postérieur était plus élevé chez les patients ayant un SLAC. ($p < 0,0001$ pour les deux lecteurs) (Fig. 2). Il n'y avait pas de corrélation statistique entre l'augmentation de l'angle radio-scaphoïdien et le stade de SLAC. ($p = 0,662$ et $p = 0,723$ respectivement pour les premier et deuxième lecteur).



Figure 2 : femme de 49 ans ayant des douleurs chroniques du poignet.

- A. Radiographie de face : remaniements dégénératifs de l'articulation radio-scaphoïdienne (flèches).
- B. Reconstruction frontale de l'arthroscanner : Erosions chondrales et irrégularité de la partie latérale de la surface articulaire radiale (flèche).
- C. Reformation oblique : diastasis scapho-lunaire (double flèche) et rupture complète du segment dorsal et partiel du segment ventral du ligament scapho-lunaire.
- D. Reformation sagittale : angle radio-scaphoïdien postérieur de 130°.

Les angles scapho-lunaire et radio-lunaire ont également été différents chez les patients sans et avec rupture de ligament scapho-lunaire ($p < 0,0001$). Le tableau 1 compare les valeurs des angles radio-scaphoïdien postérieur, scapho-lunaire et radio-lunaire. L'angle radio-scaphoïdien postérieur permet une meilleure distinction des patients sans et avec SLAC. (Fig 3).

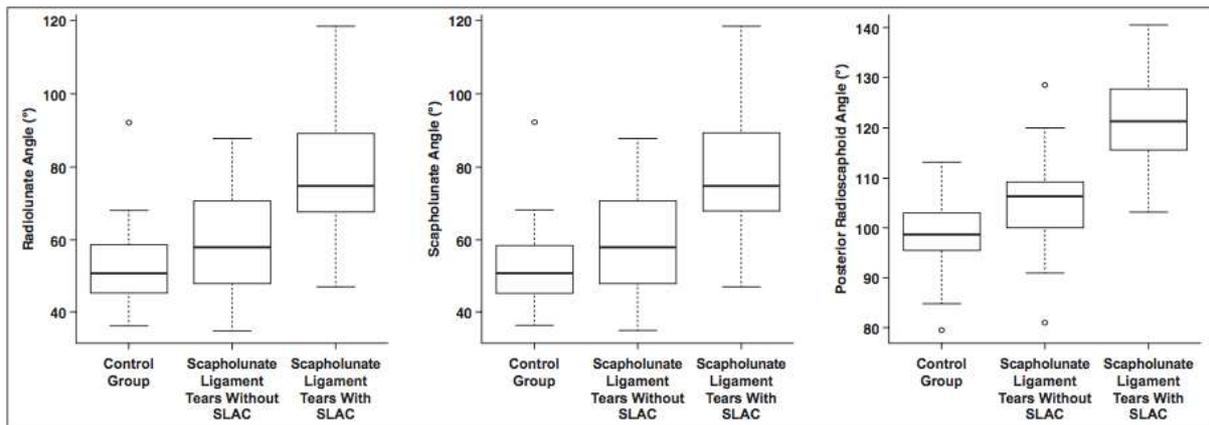


Figure 3 : distribution des angles radio-lunaire, scapho-lunaire et de l'angle radio-scaphoïdien postérieur. On note un chevauchement des angles dans les 3 groupes, mais l'angle radio-scaphoïdien postérieur permet une meilleure discrimination entre les patients sans et avec SLAC.

Angle	Control Subjects		Patients With Scapholunate Ligament Rupture Without SLAC Wrist		Patients With Scapholunate Ligament Rupture With SLAC Wrist	
	Reader 1	Reader 2	Reader 1	Reader 2	Reader 1	Reader 2
Scapholunate	53 ± 11	51 ± 10	59 ± 15	59 ± 13	76 ± 15	77 ± 17
Radiolunate	10 ± 7	9 ± 7	15 ± 10	15 ± 13	19 ± 10	14 ± 11
Posterior radioscaphoid	98 ± 8	99.6 ± 7.2	105 ± 8	104.7 ± 9.2	122 ± 9	120 ± 11.4

Note—Data are mean ± SD degrees. SLAC = scapholunate advanced collapse.

Tableau 1 : valeurs des angles radio-scaphoïdien, scapho-lunaire et radio-lunaire.

L'analyse des courbes ROC montre que l'angle radio-scaphoïdien postérieur était meilleur que les angles scapho-lunaire et radio-lunaire pour la différenciation des patients sans et avec SLAC ($p < 0,02$) (fig.4). En se basant sur l'analyse des courbes ROC, un angle radio-scaphoïdien postérieur de 114° était considéré comme seuil permettant de différencier les patients sans et avec SLAC. Après relecture par le troisième lecteur, l'angle radio-scaphoïdien postérieur avait une sensibilité de 80%, une spécificité de 89,7% une VPP de 85,7% et une VPN de 85,4%. Le tableau 2 montre les performances diagnostiques des différents angles pour l'identification de SLAC chez les patients ayant une rupture du ligament scapho-lunaire.

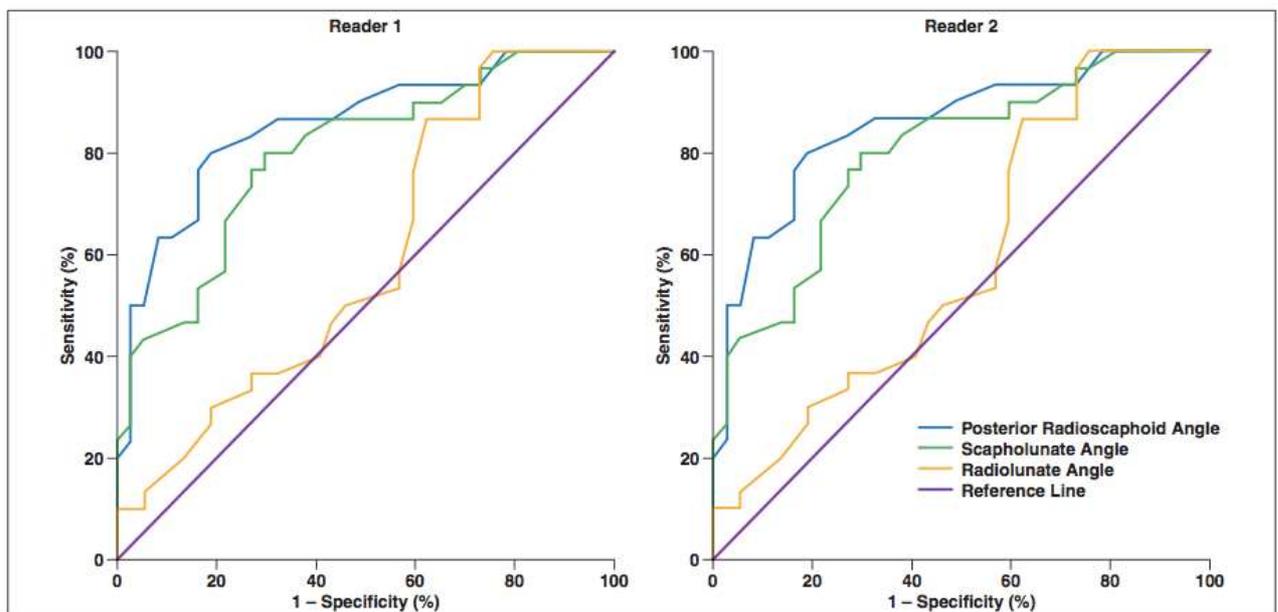


Figure 4 : diagnostic de SLAC en utilisant les angles radio-scaphoïdien postérieur, scapho-lunaire et radio-lunaire pour les lecteurs 1 et 2. On note une meilleure puissance diagnostique du SLAC par l'angle radio-scaphoïdien postérieur pour les 2 lecteurs.

Measure and Cutoff, Reader	Sensitivity	Specificity	Positive Predictive Value	Negative Predictive Value	Accuracy
Posterior radioscaploid angle, > 114°					
Reader 1	83.33	92.50	89.29	88.10	88.57
Reader 2	73.33	87.50	81.48	81.40	81.43
Radiolunate angle, > 10°					
Reader 1	93.33	29.73	51.85	84.62	58.21
Reader 2	86.67	24.32	48.15	69.23	52.24
Scapholunate angle, > 70°					
Reader 1	66.67	72.97	66.67	72.97	70.15
Reader 2	73.33	72.97	68.75	77.14	73.13
Scapholunate diastasis, > 3 mm					
Reader 1	66.67	72.97	66.67	72.97	70.15
Reader 2	50.00	83.78	75.00	63.27	67.12

Tableau 2 : performance diagnostique des angles radio-scaphoïdien postérieur, radio-lunaire, scapho-lunaire et du diastasis scapho-lunaire pour l'identification de SLAC chez les patients ayant des lésions du ligament scapho-lunaire.

Avec un seuil de 114°, il y avait une discordance entre les deux lecteurs sur 14 patients (12,5% de la population). Les variations de mesure étaient principalement dues à des remaniements ostéophytiques de la partie postérieure de l'articulation radio-scaphoïdienne (12 cas). Une discordance a aussi été mise en évidence pour les angles scapho-lunaire, radio-lunaire et pour le diastasis scapho-lunaire respectivement sur 8 (7,1%), 18 (16%) et 9 (8%) cas. Parmi les 40 patients ayant une rupture du ligament scapho-lunaire sans SLAC sur les radiographies standard, 4 avaient un angle radio-scaphoïdien postérieur de plus de 114°. Dans deux cas, même si les radiographies standard ne mettaient pas en évidence de SLAC, l'arthroscanner permettait d'objectiver une chondropathie radio-scaphoïdienne. (fig. 5). Les deux autres patients étaient jeunes (18 et 22 ans) et avaient une instabilité clinique nécessitant une prise en charge chirurgicale.



Figure 5 : homme de 45 ans avec des douleurs persistantes du poignet deux ans après un traumatisme.

A. Radiographie de face ne mettant pas en évidence de SLAC (flèches).

B. Arthroscanner en reformation frontale : rupture partielle du segment dorsal du ligament scapho-lunaire (flèche).

C. Réformation sagittale de l'arthroscanner passant par le point le plus postérieur du scaphoïde. L'angle radio-scaphoïdien postérieur est de 126°.

D. Reformation sagittale de l'arthroscanner : remaniements dégénératifs précoces de la surface articulaire radiale (flèche) et de l'interligne articulaire luno-capitale (têtes de flèche).

Parmi les 30 patients avec SLAC, 24 (80%) avaient un angle radio-scaphoïdien augmenté. Aucun des patients du groupe contrôle n'avait un angle radio-scaphoïdien postérieur au-dessus de 114°.

4. Discussion :

L'angle radio-scaphoïdien postérieur était significativement différent entre les patients sans et avec rupture du ligament scapho-lunaire ($p < 0,0001$). Chez les patients ayant une rupture de ligament scapho-lunaire, un angle radio-scaphoïdien postérieur élevé était corrélé à la présence de lésions dégénératives ($p < 0,0001$). Comparativement aux autres mesures de l'instabilité du carpe (angle scapho-lunaire, radio-lunaire et diastasis scapho-lunaire), il y avait moins de chevauchement des valeurs de l'angle radio-scaphoïdien postérieur, augmentant la performance de cet angle pour le diagnostic de SLAC. Dans la population étudiée, le seuil de 114° était optimal pour l'identification de SLAC. En utilisant ce seuil, aucun des patients du groupe contrôle n'avait un angle radio-scaphoïdien postérieur anormal. Enfin, dans quatre cas chez les patients ayant une atteinte du ligament scapho-lunaire, l'angle radio-scaphoïdien postérieur était anormal en l'absence de SLAC sur les radiographies standard. Parmi ces quatre patients, deux avaient une chondropathie visible sur l'arthroscanner et deux avaient une instabilité scapho-lunaire clinique nécessitant une prise en charge chirurgicale. Ces résultats indiquent la haute association entre l'angle radio-scaphoïdien postérieur et la présence de SLAC.

En cas d'instabilité scapho-lunaire, on visualise un déplacement postérieur et une flexion du scaphoïde. L'importance de ces modifications de position du scaphoïde dans le développement de lésions dégénératives a été décrite dans la littérature [20, 21]. Après un traumatisme, la présence d'un déplacement postérieur (angle radio-scaphoïdien postérieur supérieur à 114°) pourrait être utilisée comme marqueur de modifications biomécaniques potentiellement responsables du développement de lésions dégénératives du poignet. Le déplacement postérieur du scaphoïde est habituellement pris en considération par le chirurgien dans la décision du type de prise en charge chez le patient ayant une rupture du ligament scapho-lunaire.

Jusqu'à maintenant, l'évaluation du déplacement postérieur du scaphoïde était subjective, rendant difficile la décision du chirurgien [22-25].

Bien que l'angle radio-scaphoïdien postérieur ne soit pas mesurable sur les radiographies standard du fait de superpositions osseuses, il peut être mesuré sur une séquence sagittale en IRM sous réserve d'une position correcte du patient. L'évaluation de l'angle radio-scaphoïdien postérieur est intéressante du fait de sa reproductibilité et de son caractère quantitatif.

La principale difficulté dans l'évaluation de l'angle radio-scaphoïdien postérieur est due à la présence de remaniements ostéophytiques de l'articulation radio-scaphoïdienne. C'est pourquoi les ostéophytes postérieurs ne doivent pas être pris en compte.

Notre étude présente quelques limites. Il n'y a pas de confrontation arthroscopique des ruptures du ligament scapho-lunaire. Mais l'arthroscanner a une haute performance pour le diagnostic de rupture du ligament scapho-lunaire (95 % de sensibilité et 86 % de spécificité) [26, 27]. Le but de notre étude était de montrer l'association entre l'angle radio-scaphoïdien postérieur et la présence de lésions dégénératives du poignet, et non l'étude de la puissance diagnostique de cet angle pour le diagnostic d'une rupture du ligament scapho-lunaire, ce qui diminue l'importance de l'absence de confrontation arthroscopique.

Il y avait un petit nombre de patients avec un angle radio-scaphoïdien augmenté sans SLAC sur les radiographies standard. Afin d'avoir une meilleure connaissance du pronostic et de l'implication de l'angle radio-scaphoïdien postérieur sur l'apparition de SLAC, une étude prospective est nécessaire.

En conclusion, l'analyse de l'angle radio-scaphoïdien postérieur offre un outil quantitatif et reproductible pour l'évaluation du déplacement postérieur du scaphoïde en cas de rupture du ligament scapho-lunaire. Les valeurs au-dessus du seuil de 114° sont fortement associées à la présence de SLAC sur les radiographies standard. Des valeurs anormales de l'angle radio-scaphoïdien postérieur sans SLAC sur les radiographies standard ont été retrouvées chez les patients ayant une chondropathie dégénérative sur l'arthroscanner ou chez les patients ayant une instabilité scapho-lunaire clinique nécessitant une prise en charge chirurgicale. Une valeur anormale de l'angle radio-scaphoïdien postérieur dans un contexte de rupture de ligament scapho-lunaire est donc un marqueur de modification biomécanique du poignet ayant des implications potentielles sur la prise en charge thérapeutique du patient.

Références

1. Viegas SF, Yamaguchi S, Boyd NL, Patterson RM. The dorsal ligaments of the wrist: anatomy, mechanical properties, and function. *J Hand Surg Am* 1999; 24:456–468
2. Viegas SF, Patterson RM, Peterson PD, et al. Ulnarsided perilunate instability: an anatomic and biomechanic study. *J Hand Surg Am* 1990; 15:268–278
3. Kitay A, Wolfe SW. Scapholunate instability: current concepts in diagnosis and management. *J Hand Surg Am* 2012; 37:2175–2196
4. Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM. Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am* 1987; 12:514–519
5. Watson HK, Weinzweig J, Zeppieri J. The natural progression of scaphoid instability. *Hand Clin* 1997; 13:39–49
6. Watson HK, Ballet FL. The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg Am* 1984; 9:358–365
7. Rohman EM, Agel J, Putnam MD, Adams JE. Scapholunate interosseous ligament injuries: a retrospective review of treatment and outcomes in 82 wrists. *J Hand Surg Am* 2014; 39:2020–2026
8. Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW, Bryan RS. Traumatic instability of the wrist: diagnosis, classification, and pathomechanics. *J Bone Joint Surg Am* 1972; 54:1612–1632
9. Pappou IP, Basel J, Deal DN. Scapholunate ligament injuries: a review of current concepts. *Hand (N Y)* 2013; 8:146–156
10. Short WH, Werner FW, Green JK, Masaoka S. Biomechanical evaluation of the ligamentous stabilizers of the scaphoid and lunate. Part II. *J Hand Surg Am* 2005; 30:24–34
11. Wolfe SW, Neu C, Crisco JJ. In vivo scaphoid, lunate, and capitate kinematics in flexion and in extension. *J Hand Surg Am* 2000; 25:860–869

12. Garcia-Elias M, Lluch AL, Stanley JK. Three-ligament tenodesis for the treatment of scapholunate dissociation: indications and surgical technique. *J Hand Surg Am* 2006; 31:125–134
13. Meade TD, Schneider LH, Cherry K. Radiographic analysis of selective ligament sectioning at the carpal scaphoid: a cadaver study. *J Hand Surg Am* 1990; 15:855–862
14. Penteado FT, dos Santos JB, Caporrino FA, de Moraes VY, Belloti JC, Faloppa F. Scaphoid non-union advanced collapse classifications: a reliability study. *J Hand Microsurg* 2012; 4:12–15
15. Cerezal L, de Dios Berná-Mestre J, Canga A, et al. MR and CT arthrography of the wrist. *Semin Musculoskelet Radiol* 2012; 16:27–41
16. Magee T. Comparison of 3-T MRI and arthroscopy of intrinsic wrist ligament and TFCC tears. *AJR* 2009; 192:80–85
17. Strauch RJ. Scapholunate advanced collapse and scaphoid nonunion advanced collapse arthritis: update on evaluation and treatment. *J Hand Surg Am* 2011; 36:729–735
18. Schimmerl-Metz SM, Metz VM, Totterman SM, Mann FA, Gilula LA. Radiologic measurement of the scapholunate joint: implications of biologic variation in scapholunate joint morphology. *J Hand Surg Am* 1999; 24:1237–1244
19. Blum A, Bresler F, Voche P, Merle M, Regent D. CT arthrography of the wrist. In: Gilula LA, Yin Y, eds. *Imaging of the wrist and hand*. Philadelphia, PA: Saunders, 1996:367–400
20. Gilula LA, Mann FA, Dobyys JH, Yin Y; IWI Terminology Committee. Wrist terminology as defined by the International Wrist Investigators' Workshop (IWIW). *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84(suppl 1):S1–S66
21. Szabo RM. Scapholunate ligament repair with capsulodesis reinforcement. *J Hand Surg Am* 2008; 33:1645–1654
22. Leventhal EL, Moore DC, Akelman E, Wolfe SW, Crisco JJ. Conformational changes in the carpus during finger trap distraction. *J Hand Surg Am* 2010; 35:237–244

23. Crema MD, Zentner J, Guermazi A, Jomaah N, Marra MD, Roemer FW. Scapholunate advanced collapse and scaphoid nonunion advanced collapse: MDCT arthrography features. *AJR* 2012; 199:[web]W202–W207
24. Garcia-Elias M. The treatment of wrist instability. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79:684–690
25. Klausmeyer MA, Fernandez DL, Caloia M. Scaphocapitolunate arthrodesis and radial styloidectomy for posttraumatic degenerative wrist disease. *J Wrist Surg* 2012; 1:47–54
26. Vishwanathan K, Hearnden A, Talwalkar S, et al. Reproducibility of radiographic classification of scapholunate advanced collapse (SLAC) and scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC) wrist. *J Hand Surg Eur Vol* 2013; 38:780–787
27. Bille B, Harley B, Cohen H. A comparison of CT arthrography of the wrist to findings during wrist arthroscopy. *J Hand Surg Am* 2007; 32:834–841

POSTERIOR RADIOSCAPHOID ANGLE AS A PREDICTOR OF WRIST DEGENERATIVE JOINT DISEASE IN PATIENTS WITH SCAPHOLUNATE LIGAMENT TEARS

1. Introduction

Scapholunate ligament tears are the most common type of wrist ligament injury and are typically caused by hyperextension of the pronated hand during falls and collisions [1–3]. Scapholunate ligament ruptures lead to a loss of synchronous motion and alignment between the scaphoid and the lunate, known as scapholunate dissociation. Scapholunate dissociation is associated with wrist osteoarthritis [4], which is described by Watson et al. [5, 6] as scapholunate advanced collapse (SLAC), which not only can cause pain and disability but also has prognostic implications. Treatment of SLAC wrist depends on the disease stage and can be either conservative or surgical (e.g., arthrodesis, first row carpectomy, partial or complete scaphoid resection, or denervation). Treatment is mainly focused on pain resolution, and some surgical procedures can be associated with a loss of wrist function [7].

The scaphoid proximal articular surface and the scaphoid fossa of the distal radius are elliptical in shape and are normally congruent, like two spoons fitting together [8]. In cases of scapholunate dissociation, palmar flexion and dorsal displacement of the scaphoid are responsible for increased compressive and shear stress on the lateral aspect of the radioscaploid fossa and the dorsal rim of the scaphoid fossa of the radius. Dorsal scaphoid displacement has been associated with the development of SLAC wrist [8, 9]. After trauma, dorsal displacement and flexion of the scaphoid are important factors in determining whether surgical therapy is needed [8].

Most alterations of carpal alignment are well seen on standard anteroposterior and lateral views [10, 11]. However, the dorsal displacement of the scaphoid is difficult to assess on radiographs. Bone superimposition and patient positioning issues, such as small degrees of pronation or supination of the wrist, may influence the relative projection of the scaphoid and the radius on a lateral view [8, 11, 12]. In addition to radiographs, MRI and CT arthrography are frequently used to evaluate the scapholunate ligament and associated cartilage lesions [13–15]. Regardless of the evaluation method, objective diagnostic criteria for the evaluation of scaphoid dorsal displacement in cases of scapholunate dissociation are lacking [16].

The angle formed between the radial articular surface plane and the posterior-most point of the scaphoid on sagittal CT images (posterior radioscapoid angle) could be an indicator of radioscapoid incongruence. We hypothesize that the posterior radioscapoid angle is a predictor of SLAC wrist in patients with scapholunate ligament tear. This information may have prognostic and therapeutic implications in patients with scapholunate dissociation.

2. Materials and Methods

2.1 Patients

Between January 2009 and December 2013, 605 patients with wrist pain underwent radiography and CT arthrography in our institution. Among these patients, 150 were randomly selected and their images were retrospectively evaluated. CT arthrography was used for the measurement of the posterior radioscapoid angle because it is the most frequent study performed for patients suspected of having scapholunate ligament injuries at our institution. Retrospective studies based on the anonymous analysis of images acquired with conventional imaging methods do not require ethics committee approval at our institution. Thirty-eight patients with previous wrist surgery, known inflammatory joint disease of the wrist, and other types of carpal instability were excluded, giving a final study population of 112 patients.

On the basis of the integrity of the components of the scapholunate ligament on CT arthrography, subjects were divided in two groups: patients with normal scapholunate ligament or isolated tear of the membranous component (control group) and patients with tears of the dorsal or volar components of the scapholunate ligament, herein designated as scapholunate ligament rupture (study group).

2.2 Imaging Protocol

Radiography was performed in a radiography and fluoroscopy room with an Axiom Iconos R200 (Siemens Healthcare) system using a small focal spot tube (0.6 mm), 55 kVp, and 7–10 mA; or with a Prestige (GE Healthcare) system using a small focal spot tube (0.6 mm), 55 kVp, and 2–10 mA. Digitalization was performed with an AGFA Diagnostic Center compact-type digitizer (Musica² advanced image processing, Agfa HealthCare). Radiographic

evaluation involved at least three views: posteroanterior, lateral, and posteroanterior with a clenched fist. The lateral view was acquired in neutral rotation with the arm abducted 90° from the torso and the forearm flexed 90° to the arm. The posteroanterior view was acquired with the arm abducted 90° from the torso and the elbow extended with the palm of the hand flat on the table. The posteroanterior view with clenched fist was acquired with the same arm or elbow position as the latter but with a slight wrist pronation to allow optimal visualization of scapholunate diastasis. Intraarticular injection of contrast agent was performed under strict asepsis by a musculoskeletal radiologist using fluoroscopic guidance. The midcarpal and radiocarpal compartments were injected in all patients. The midcarpal compartment was injected first. Then, if spontaneous diffusion of the contrast medium to the radiocarpal compartment was not seen, radiocarpal injection was performed. A 25-gauge needle and 3 mL of a nondiluted arthrography-dedicated iodinated contrast medium (iodixanol, 270 mg I/mL; Visipaque, GE Healthcare) were used.

For CT acquisition, the patients were prone with the wrist overhead (superman position). Arm and elbow supports were used to keep the arm in a comfortable height with the elbow in extension. The wrist was centered in the gantry by positioning the patients slightly lateral on the scanner table to avoid elbow flexion. CT was performed with two different scanners, a 64-MDCT scanner (Aquilion 64, Toshiba Medical) and a 320-MDCT scanner (Aquilion One, Toshiba Medical). Helical acquisition

was performed with the 64-MDCT scanner with the following parameters: FOV of 170 mm, 520 X 520 matrix, 120 kVp, 100 mAs, slice thickness of 0.5 mm, pitch of 0.9, and tube rotation speed of 1 second. Sequential (volumic) acquisition was performed in the 320-MDCT scanner with the following parameters: FOV of 160 mm, 520 X 520 matrix, 100 kVp, 50 mAs, slice thickness of 0.5 mm, tube rotation time of 0.5 second, and 1.5-mm slices with a 0.3-mm gap. Iterative reconstruction was used on the 320-MDCT scanner. Images were reconstructed in all orthogonal planes using bone and soft-tissue kernels. The coronal plane was defined in the native axial images by the bi-styloid axis and the long axis of the radius. The sagittal plane was perpendicular to the bi-styloid axis and showed the third metacarpal, the capitate bone, and the radius in a single image.

2.3 Image Analysis

Two radiologists with 2 and 6 years of clinical experience analyzed all images independently. A training session was conducted with 10 cases not included in the study for the homogenization of measurements. Radiographs and CT arthrography images were evaluated in two different readout sessions with a 2-week interval between them. Images were evaluated and all measurements were performed on a PACS workstation (V5 Impax, Agfa HealthCare). A third reader with 10 years of experience in clinical radiology served as adjudicator and reviewed all the discordant cases.

All CT arthrograms were evaluated with a bone window setting (window, 2500 HU; level, 300 HU). The three components of the scapholunate ligament—dorsal, volar, and membranous—were analyzed on axial, sagittal, and coronal reformatted images. Scapholunate ligament ruptures were characterized by a clear loss in continuity of the dorsal or the ventral portion of the ligament.

The posterior radioscapoid angle was measured on sagittal reformatted images using the following procedure: Sagittal images were browsed to identify the image depicting the posterior-most point of the scaphoid. Osteophytic formations and periosseous calcifications were not considered in the analysis. If this point was similar in two or more images, the one located closest to the center of the scaphoid fossa of the radius was selected for analysis. A line passing through the dorsal and volar rims of the scaphoid fossa of the radius was drawn on this image. Then, a second line was drawn, passing through the dorsal rim of the radius and the posterior-most point of the scaphoid. The angle between these lines was designated the posterior radioscapoid angle (Fig. 1).



Fig. 1—Posterior radioscapoid angle measurement. Image that shows posterior-most point of scaphoid bone (A) is selected. Then posterior (B) and anterior (C) rims of scaphoid fossa of radius are identified. Two lines are then drawn, one from dorsal rim of scaphoid fossa to posterior-most point of scaphoid bone (A to B) and another between dorsal and ventral rims of radial scaphoid fossa (B to C). Angle formed by these two lines is posterior radioscapoid angle (dotted line).

The scapholunate angle, radiolunate angle, and scapholunate diastasis were also measured on conventional radiographs as follows: The scapholunate angle was measured on the lateral view. A line passing through the volar and dorsal horns of the lunate bone was drawn. A line perpendicular to that was considered to represent the main axis of the lunate. A line passing through the most proximal point of the proximal scaphoid pole and the most distal point of the distal pole was considered to represent the main axis of the scaphoid. The angle between the axis of the lunate and the scaphoid was measured [17, 18] and was considered normal if it was between 30° and 70° [8].

Also in the lateral view, the radiolunate angle was measured between a line parallel to the main axis of the distal radius and that of the main axis of the lunate bone (as described previously). A radiolunate angle over 10° was considered abnormal [8]. The scapholunate diastasis was measured in the posteroanterior and the posteroanterior with clenched fist views. The shortest distance between the scaphoid and the lunate bones was measured. The scapholunate diastasis was considered abnormal when it was over 3 mm in at least one of these views [17].

The severity of degenerative carpal disease (SLAC wrist) was evaluated on conventional radiographs with the Watson classification system [3, 19]. In stage I, osteoarthritic changes are seen in the radial portion of the radioscapoid (e.g., osteophyte

formation or loss of the normal curvature of the radial styloid). In stage II SLAC, the rest of the radioscaphoid joint is affected with progression to diffuse narrowing of the joint space. Stage III SLAC is characterized by narrowing of the capitulum joint in addition to radioscaphoid degenerative changes.

2.4 Statistical Analysis

CT arthrography was used as the diagnostic reference standard for scapholunate ligament tears. When a scapholunate ligament rupture was present, radiography was used to evaluate the presence of SLAC wrist. Continuous measures (scapholunate angle, radiolunate angle, and posterior radioscaphoid angle) were compared using the t test for independent samples. Binormal and multivariate logistic regression models were computed to generate ROC and diagnostic cutoff values for SLAC wrist. ROC analyses of the different measurements were compared with the Delong test. Interobserver agreement between readers and the intraobserver agreement were assessed by calculating the intraclass correlation coefficient (ICC) value and ANOVA. ICC values of 0–0.20 were considered slight agreement, 0.21–0.40 indicated fair agreement, 0.41–0.60 indicated moderate agreement, 0.61–0.80 indicated substantial agreement, and values of 0.81–1 were accepted as almost perfect agreement.

3. Results

There were 68 male and 44 female patients in the study population (male-to-female ratio, 1.5:1), and the mean (+/-SD) age was 41.3 +/-12 years (range, 15–68 years). On CT arthrography, 42 patients had an intact scapholunate ligament (control group) and 70 had a scapholunate ligament rupture (study group). Thirty of the study group patients had associated degenerative joint disease (SLAC wrist) and 40 did not. There were four, 12, and 14 cases of SLAC wrist types I, II, and III, respectively.

The calculation of posterior radioscaphoid angle was possible in all patients. Interobserver agreement of the measurements was considered substantial (ICC, 0.75). There was no meaningful difference in the interobserver agreement between patients with and

without SLAC wrist (ICC, 0.87 and 0.82, respectively). The intraobserver agreement was almost perfect (ICC, 0.924).

The posterior radioscapoid angle was statistically significantly larger in patients with scapholunate ligament rupture ($p < 0.0001$). The mean posterior radioscapoid angle values were $98.3^\circ \pm 8^\circ$ and $99.6^\circ \pm 7.2^\circ$ in the control group and $112.7^\circ \pm 11.8^\circ$ and $111.3^\circ \pm 12.7^\circ$ in the study group for readers 1 and 2, respectively. Among patients with a ruptured scapholunate ligament, posterior radioscapoid angle values were higher in patients with SLAC wrist ($122^\circ \pm 9.3^\circ$ and $105.6^\circ \pm 7.9^\circ$ for reader 1 and $120^\circ \pm 11.4^\circ$ and $104.7^\circ \pm 9.2^\circ$ for reader 2 in patients with and without SLAC wrist, respectively; $p < 0.0001$) (Fig. 2). There was no statistically significant correlation between posterior radioscapoid angle and SLAC wrist severity ($p = 0.662$ and $p = 0.723$ for readers 1 and 2, respectively).



Fig. 2—49-year-old woman with chronic wrist pain.

A, Anteroposterior radiograph shows osteoarthritic changes in radioscaphoid joint (arrows). Arthrography showed abnormal passage of contrast medium through ruptured scapholunate ligament (not shown).

B, Coronal post arthrography CT image confirming chondral erosion and irregularity in lateral portion of scaphoid fossa of radius (arrow).

C, Oblique axial CT image demonstrating scapholunate diastasis (two-headed arrow) and complete rupture of dorsal component (arrow) and partial rupture of ventral component (arrowhead) of scapholunate ligament.

D, Sagittal CT arthrography image shows posteriormost point of scaphoid. Lines show posterior radioscaphoid angle, which was measured at 130°.

Scapholunate and radiolunate angles were also different in patients with and without scapholunate ligament ruptures ($p < 0.0001$). Table 1 shows a comparison between the values of posterior radioscaphoid, scapholunate, and radiolunate angles in the study population. There was some overlap between the values of these three angles among control and study group patients. Posterior radioscaphoid angle values allowed the best distinction between patients with and without SLAC (Fig. 3).

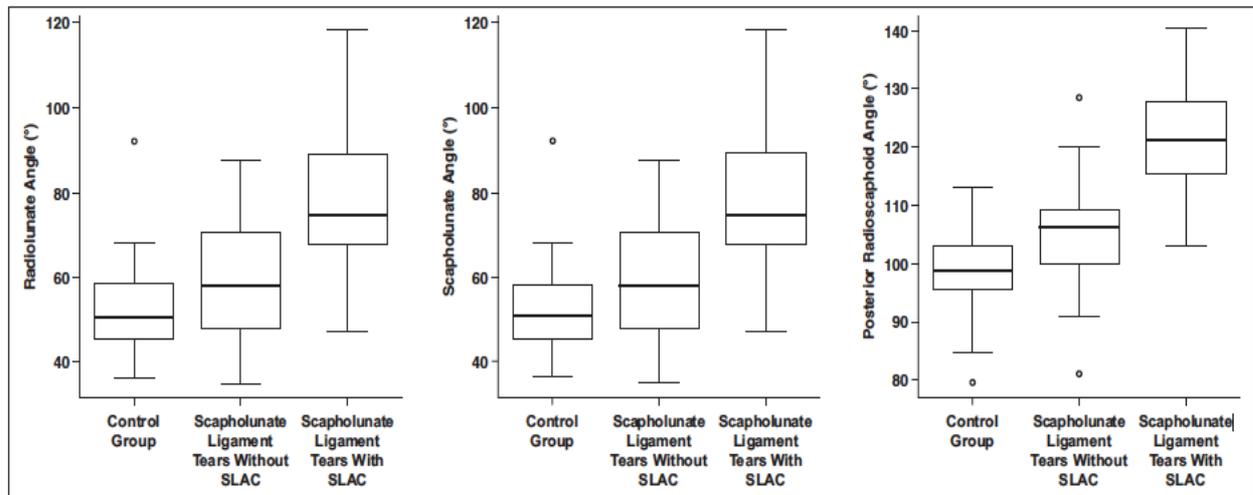


Fig. 3—Box-plot graphs showing distribution of radiolunate, scapholunate, and posterior radioscaphoid angles in studied patients. Although some degree of overlap occurs between values in these groups in all types of measurement, posterior radioscaphoid angle values allow better discrimination between patients with and without scapholunate advanced collapse (SLAC) wrist. Horizontal lines in boxes denote medians, dashed lines and whiskers denote 95% CIs, and circles denote outliers.

Angle	Control Subjects		Patients With Scapholunate Ligament Rupture Without SLAC Wrist		Patients With Scapholunate Ligament Rupture With SLAC Wrist	
	Reader 1	Reader 2	Reader 1	Reader 2	Reader 1	Reader 2
Scapholunate	53 ± 11	51 ± 10	59 ± 15	59 ± 13	76 ± 15	77 ± 17
Radiolunate	10 ± 7	9 ± 7	15 ± 10	15 ± 13	19 ± 10	14 ± 11
Posterior radioscaphoid	98 ± 8	99.6 ± 7.2	105 ± 8	104.7 ± 9.2	122 ± 9	120 ± 11.4

Note—Data are mean ± SD degrees. SLAC = scapholunate advanced collapse.

TABLE 1: Posterior Radioscaphoid, Scapholunate, and Radiolunate Angle Values in the Study Population, by Reader

ROC analysis showed that the posterior radioscapoid angle was better than the scapholunate and radiolunate angles for the differentiation of patients with and without SLAC wrist ($p < 0.02$) (Fig. 4). On the basis of the ROC analysis of posterior radioscapoid angle values, 114° was selected as the cutoff for optimal performance for the differentiation of patients with and without SLAC wrist. After adjudication by the third reader, posterior radioscapoid angle evaluation yielded a sensitivity of 80.0%, specificity of 89.7%, positive predictive value of 85.7%, negative predictive value of 85.4%, and accuracy of 85.5%. Table 2 shows the diagnostic performance of all the measurements for the identification of SLAC wrist in patients with a scapholunate ligament rupture.

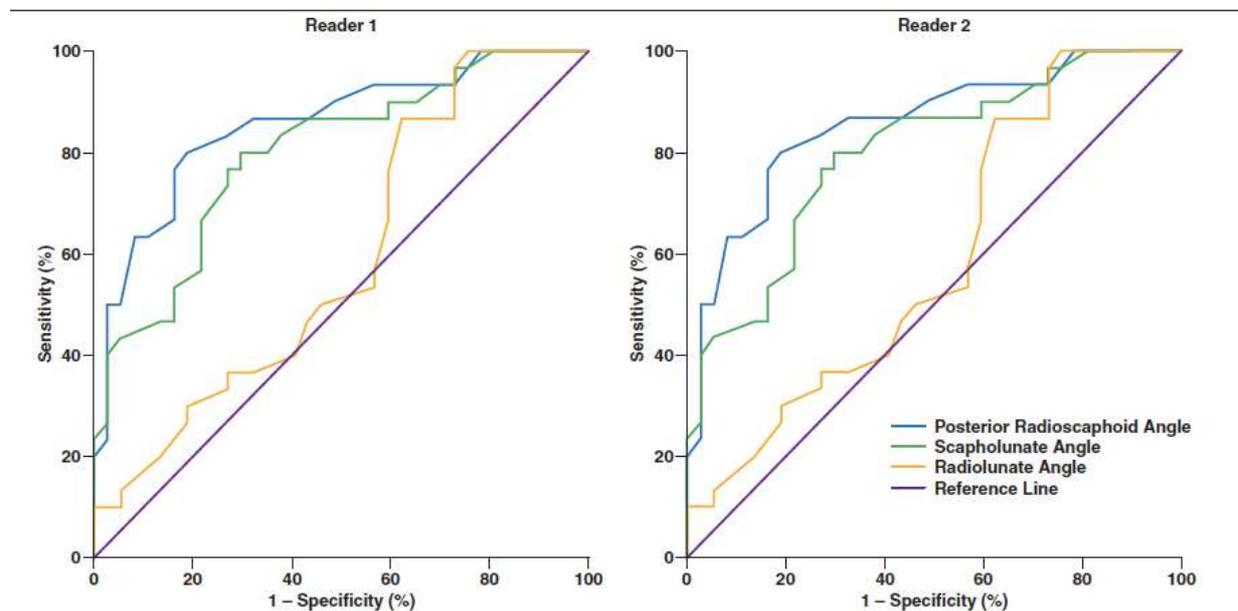


Fig. 4—ROC graphs for diagnosis of scapholunate advanced collapse wrist using posterior radioscapoid, scapholunate, and radiolunate angles for readers 1 and 2. Note that for both readers, posterior radioscapoid angle offers best diagnostic performance, underscoring association of this angle with degenerative joint disease in patients with scapholunate ligament ruptures.

With 114° as cutoff, there was discordance between readers 1 and 2 in the classification of 14 patients (12.5%). Variations in the measurements were mainly due to the presence of osteophytes in the posterior surface of the scaphoid or in the dorsal rim of the radial fossa (12 cases). In two cases, discordance was caused by a large scapholunate diastasis, which accounted for a change in the angulation of the scaphoid fossa of the radius in the slice depicting the posterior-most point of the scaphoid. Discordance was also seen for the scapholunate angle, radiolunate angle, and scapholunate diastasis in eight (7.1%), 18 (16.0%), and nine (8.0%) cases, respectively.

After a consensus reading, of the 40 patients with a scapholunate ligament rupture and without radiographic SLAC wrist, four had an abnormal posterior radioscapoid angle. In two of these cases, although radiography showed no signs of degenerative joint disease, chondral damage (fissuring, thinning, and irregularity) of the radioscapoid joint was seen on CT arthrograms (Fig. 5). The other two patients were young (18 and 22 years old), had significant clinical disability, and underwent surgery. Of the 30 patients with SLAC wrist, 24 (80%) had abnormal posterior radioscapoid angle. None of the patients in the control group had abnormal posterior radioscapoid angle values.



Fig. 5—45-year-old man with persistent wrist pain 2 years after wrist trauma.

A, Posteroanterior radiography shows no signs of scapholunate advanced collapse wrist, with normal appearing radioscaphoid and midcarpal joint lines (arrows). Arthrography showed abnormal passage of contrast medium through ruptured scapholunate ligament (not shown).

B, Coronal post-arthrography CT image shows irregular partially ruptured dorsal portion of scapholunate ligament (arrow).

C, Sagittal CT arthrography image shows posterior-most point of scaphoid. Lines show posterior radioscaphoid angle, which was measured at 126°.

D, Sagittal post-arthrography CT image shows early degenerative changes at radial articular surface (arrow) and at lunocapitate joint line, characterized by chondral wearing and subchondral bone irregularity (arrowheads).

4. Discussion

Posterior radioscaphoid angle values were statistically significantly different between patients with and without scapholunate ligament ruptures ($p < 0.0001$). In patients with scapholunate ligament ruptures, high posterior radioscaphoid angle values were correlated with the presence of wrist degenerative joint disease (i.e., SLAC wrist; $p < 0.0001$). Compared with other classic measures of carpal instability evaluated (scapholunate angle, radiolunate angle, and scapholunate diastasis), posterior radioscaphoid angle values in patients with and without SLAC wrist showed less overlap, yielding a better performance for the diagnosis of SLAC wrist. In the studied population, the cutoff value of 114° was deemed optimal for the identification of SLAC wrist. Using this cutoff, none of the patients without scapholunate ligament ruptures had abnormal posterior radioscaphoid angle values. Finally, in four cases, the posterior radioscaphoid angle was abnormal in the absence of radiographic SLAC wrist. Two of these patients had unequivocal chondral damage visible on CT arthrography, and the other two had significant anomalies of carpal function warranting early surgical treatment. These findings indicate that high posterior radioscaphoid angle is strongly associated with SLAC wrist.

Posterior displacement and flexion of the scaphoid bone in the context of scapholunate ligament tears is related to loss of wrist homeostasis. The importance of these positional abnormalities of the scaphoid in the development of degenerative wrist changes is well reported in the literature [20, 21]. After trauma, the presence of posterior scaphoid displacement (posterior radioscaphoid angle $> 114^\circ$) could be used as a marker of the biomechanical importance of the injury and the potential for the development of degenerative wrist disease. Posterior scaphoid displacement is usually taken in consideration when deciding whether to operate on patients with scapholunate ligament tears. In addition, capsulodesis, ligament reconstruction, and intercarpal arthrodesis are indicated according to the presence or absence of scaphoid positional changes [22–25]. Up to now, the evaluation of posterior scaphoid displacement has been subjective, hampering its use for therapeutic decision making. The posterior radioscaphoid angle had better inter- and intraobserver agreement than did the Watson radiographic classification of SLAC wrist (ICCs of 0.75 and 0.92 vs 0.59 and 0.65, respectively), with a sensitivity and specificity over 80% for the detection of SLAC wrist [26]. Therefore, the posterior radioscaphoid angle is an objective measurement that may be better than the Watson radiographic classification of SLAC wrist. Although the posterior radioscaphoid angle is not measurable on conventional radiographs

because of superimposition issues, it can be measured on sagittal MR images if patients are positioned adequately. Posterior radioscapoid angle evaluation is thus interesting because it is quantitative and reproducible.

The main difficulties in measuring posterior radioscapoid angle were related to the presence of osteophytosis of the bony landmarks used and to large degrees of scapholunate dissociation. Posterior osteophytes should not be considered in the determination of the posterior-most point of the scaphoid, but sometimes it is hard to define the boundary between osteophytes and normal cortical bone. The expected outline of the posterior scaphoid cortex should be used as the reference for calculation when osteophytes are present. In cases of large scapholunate diastasis, the posterior-most point of the scaphoid is displaced radially, and in this position (closer to the radial styloid), a dorsal angulation of the radial articular surface plane is seen, leading to underestimation of the posterior radioscapoid angle.

Various limitations of this study need to be acknowledged. There was no arthroscopic confirmation of the scapholunate ligament ruptures. CT arthrography has a high performance (95% sensitivity and 86% specificity) for the diagnosis of scapholunate ligament tears [26, 27]. The aim of this study was to show the association between the posterior radioscapoid angle and degenerative wrist disease, as opposed to testing the diagnostic performance of this angle for the diagnosis of scapholunate ligament ruptures, which limits the effect of the lack of arthroscopic correlation on the presented results. The degree of scaphoid flexion could influence the posterior radioscapoid angle values, especially in the presence of posterior osteophytes. To limit the influence of scaphoid flexion on the posterior radioscapoid angle, osteophytes and other bone contour irregularities were not considered in the calculations. There was a small number of patients with abnormal posterior radioscapoid angle and no radiographic SLAC wrist. Had they been more numerous, a better understanding of the prognostic implications of abnormal posterior radioscapoid angle would have been possible. A prospective study is necessary to fully appreciate the prognostic value of posterior radioscapoid angle values.

In conclusion, posterior radioscapoid angle analysis offers a quantitative tool for the evaluation of posterior displacement of the scaphoid bone in cases of scapholunate ligament tear. Posterior radioscapoid angle was invariably measurable and substantially reproducible. Values over 114° were strongly associated with radiographic SLAC wrist. Abnormal posterior radioscapoid angle values without radiographic SLAC wrist were found in patients with chondral degeneration on CT arthrograms and in cases of significant carpal instability

treated surgically. Abnormal posterior radioscaphoid angle values in the context of acute scapholunate ligament tears are indicative of significant biomechanical changes in the wrist with potential implications for patient management.

Bibliography

1. Viegas SF, Yamaguchi S, Boyd NL, Patterson RM. The dorsal ligaments of the wrist: anatomy, mechanical properties, and function. *J Hand Surg Am* 1999; 24:456–468
2. Viegas SF, Patterson RM, Peterson PD, et al. Ulnarsided perilunate instability: an anatomic and biomechanic study. *J Hand Surg Am* 1990; 15:268–278
3. Kitay A, Wolfe SW. Scapholunate instability: current concepts in diagnosis and management. *J Hand Surg Am* 2012; 37:2175–2196
4. Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM. Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am* 1987; 12:514–519
5. Watson HK, Weinzweig J, Zeppieri J. The natural progression of scaphoid instability. *Hand Clin* 1997; 13:39–49
6. Watson HK, Ballet FL. The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg Am* 1984; 9:358–365
7. Rohman EM, Agel J, Putnam MD, Adams JE. Scapholunate interosseous ligament injuries: a retrospective review of treatment and outcomes in 82 wrists. *J Hand Surg Am* 2014; 39:2020–2026
8. Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW, Bryan RS. Traumatic instability of the wrist: diagnosis, classification, and pathomechanics. *J Bone Joint Surg Am* 1972; 54:1612–1632
9. Pappou IP, Basel J, Deal DN. Scapholunate ligament injuries: a review of current concepts. *Hand (N Y)* 2013; 8:146–156
10. Short WH, Werner FW, Green JK, Masaoka S. Biomechanical evaluation of the ligamentous stabilizers of the scaphoid and lunate. Part II. *J Hand Surg Am* 2005; 30:24–34
11. Wolfe SW, Neu C, Crisco JJ. In vivo scaphoid, lunate, and capitate kinematics in flexion and in extension. *J Hand Surg Am* 2000; 25:860–869

12. Garcia-Elias M, Lluch AL, Stanley JK. Three-ligament tenodesis for the treatment of scapholunate dissociation: indications and surgical technique. *J Hand Surg Am* 2006; 31:125–134
13. Meade TD, Schneider LH, Cherry K. Radiographic analysis of selective ligament sectioning at the carpal scaphoid: a cadaver study. *J Hand Surg Am* 1990; 15:855–862
14. Penteado FT, dos Santos JB, Caporrino FA, de Moraes VY, Belloti JC, Faloppa F. Scaphoid non-union advanced collapse classifications: a reliability study. *J Hand Microsurg* 2012; 4:12–15
15. Cerezal L, de Dios Berná-Mestre J, Canga A, et al. MR and CT arthrography of the wrist. *Semin Musculoskelet Radiol* 2012; 16:27–41
16. Magee T. Comparison of 3-T MRI and arthroscopy of intrinsic wrist ligament and TFCC tears. *AJR* 2009; 192:80–85
17. Strauch RJ. Scapholunate advanced collapse and scaphoid nonunion advanced collapse arthritis: update on evaluation and treatment. *J Hand Surg Am* 2011; 36:729–735
18. Schimmerl-Metz SM, Metz VM, Totterman SM, Mann FA, Gilula LA. Radiologic measurement of the scapholunate joint: implications of biologic variation in scapholunate joint morphology. *J Hand Surg Am* 1999; 24:1237–1244
19. Blum A, Bresler F, Voche P, Merle M, Regent D. CT arthrography of the wrist. In: Gilula LA, Yin Y, eds. *Imaging of the wrist and hand*. Philadelphia, PA: Saunders, 1996:367–400
20. Gilula LA, Mann FA, Dobyns JH, Yin Y; IWI Terminology Committee. Wrist terminology as defined by the International Wrist Investigators' Workshop (IWIW). *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84(suppl 1):S1–S66
21. Szabo RM. Scapholunate ligament repair with capsulodesis reinforcement. *J Hand Surg Am* 2008; 33:1645–1654
22. Leventhal EL, Moore DC, Akelman E, Wolfe SW, Crisco JJ. Conformational changes in the carpus during finger trap distraction. *J Hand Surg Am* 2010; 35:237–244

23. Crema MD, Zentner J, Guermazi A, Jomaah N, Marra MD, Roemer FW. Scapholunate advanced collapse and scaphoid nonunion advanced collapse: MDCT arthrography features. *AJR* 2012; 199:[web]W202–W207
24. Garcia-Elias M. The treatment of wrist instability. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79:684–690
25. Klausmeyer MA, Fernandez DL, Caloia M. Scaphocapitolunate arthrodesis and radial styloidectomy for posttraumatic degenerative wrist disease. *J Wrist Surg* 2012; 1:47–54
26. Vishwanathan K, Hearnden A, Talwalkar S, et al. Reproducibility of radiographic classification of scapholunate advanced collapse (SLAC) and scaphoid nonunion

1. H. A comparison of CT arthrography of the wrist to findings during wrist arthroscopy in patients with scapholunate advanced collapse (SNAC) wrist. *J Hand Surg Eur Vol* 2013; 38:780–787

27. Bille B, Harley B, Cohen roscopy. *J Hand Surg Am* 2007; 32:834–841

VU

NANCY, le 15 juillet 2016

Le Président de Thèse

Professeur Alain BLUM

NANCY, le 31 août 2016

Pour le Doyen de la Faculté de
Médecine

Le Vice-Doyen,

Professeur Marc DEBOUVERIE

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ 9185

NANCY, le 2 septembre 2016
LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

Pierre MUTZENHARDT

RÉSUMÉ

Objectifs

Déterminer l'association de l'angle radio-scaphoïdien postérieur (PRSA) évaluant la bascule postérieure du scaphoïde avec l'apparition des arthroses secondaires aux ruptures du ligament scapho-lunaire (SLAC wrist).

Matériels et méthodes

Nous avons réalisé une étude rétrospective sur 150 patients ayant réalisé des radiographies standard et un arthroscanner de poignet dans le cadre de douleurs du poignet. Deux groupes ont été définis : un groupe témoin et un groupe cas comportant les patients présentant une rupture du ligament scapho-lunaire (LSL). Ce dernier a été divisé en deux suivant la présence de SLAC ou non. La présence de SLAC, les angles scapho-lunaire et radio-lunaire ont été évalués sur les radiographies standard. Les examens ont été analysés par 2 radiologues ; un troisième radiologue a relu les cas discordants.

Nous avons étudié le lien entre cet angle et la présence ou non de SLAC, et comparé le PRSA aux angles mesurés sur les radiographies standard.

Résultats

Une différence significative a été mise en évidence entre le PRSA et les angles mesurés sur les radiographies pour distinguer les groupes rupture du LSL sans et avec SLAC.

La concordance inter-observateurs est excellente (ICC : 0,75). De plus, une valeur du PRSA supérieure à 114° permet de détecter les SLAC avec des valeurs de sensibilité et de spécificité élevées (Se : 80% ; Sp : 89,7%).

Conclusion

L'angle radio-scaphoïdien postérieur, étudiant la bascule postérieure du scaphoïde, est fortement associé à la présence de SLAC.

TITRE EN ANGLAIS

Posterior Radioscaphoid Angle as a Predictor of Wrist Degenerative Joint Disease in Patients With Scapholunate Ligament Tears.

THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE – ANNÉE 2016

MOTS CLES

Instabilité scapho-lunaire. SLAC. Ligament scapho-lunaire. Recul du scaphoïde.

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex
