

Académie d'Orléans –Tours  
Université François-Rabelais

## FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

Année 2013

N°

Thèse

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'Etat

Par

*François GADEA*  
*Né le 09 mai 1982 à TOULON*

Présentée et soutenue publiquement le 28 Octobre 2013

TITRE

**Conception et validation d'un indice de mesure de l'usure  
glénoïdienne sur une radiographie d'épaule de face**

Jury

**Président de Jury :** Monsieur le Professeur Philippe ROSSET  
**Membres du jury :** Monsieur le Professeur Luc Favard  
Monsieur le Professeur Laurent BRUNEREAU  
Monsieur le Docteur Yves BOUJU

UNIVERSITE FRANCOIS RABELAIS  
**FACULTE DE MEDECINE DE TOURS**

**DOYEN**

**Professeur Dominique PERROTIN**

**VICE-DOYEN**

Professeur Daniel ALISON

**ASSESEURS**

Professeur Daniel ALISON, Moyens  
Professeur Christian ANDRES, Recherche  
Professeur Christian BINET, Formation Médicale Continue  
Professeur Laurent BRUNEREAU, Pédagogie  
Professeur Patrice DIOT, Recherche clinique

**SECRETAIRE GENERALE**

Madame Fanny BOBLETER

\*\*\*\*\*

**DOYENS HONORAIRES**

Professeur Emile ARON (†) – 1962-1966  
*Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962*  
Professeur Georges DESBUQUOIS (†)- 1966-1972  
Professeur André GOUAZÉ - 1972-1994  
Professeur Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004

**PROFESSEURS EMERITES**

Professeur Alain AUTRET  
Professeur Jean-Claude BESNARD  
Professeur Patrick CHOUTET  
Professeur Guy GINIES  
Professeur Olivier LE FLOCH  
Professeur Chantal MAURAGE  
Professeur Léandre POURCELOT  
Professeur Michel ROBERT  
Professeur Jean-Claude ROLLAND

**PROFESSEURS HONORAIRES**

MM. Ph. ANTHONIOZ - A. AUDURIER – Ph. BAGROS - G. BALLON – P.BARDOS - J. BARSOTTI  
A. BENATRE - Ch. BERGER –J. BRIZON - Mme M. BROCHIER - Ph. BURDIN - L. CASTELLANI  
J.P. FAUCHIER - B. GRENIER – A. GOUAZE – M. JAN –P. JOBARD - J.-P. LAMAGNERE - F. LAMISSE – J.  
LANSAC – J. LAUGIER - G. LELORD - G. LEROY - Y. LHUINTE - M. MAILLET - Mlle C. MERCIER - E/H.  
METMAN – J. MOLINE - Cl. MORAINÉ - H. MOURAY - J.P. MUH - J. MURAT - Mme T. PLANIOL - Ph.  
RAYNAUD – JC. ROLLAND – Ch. ROSSAZZA - Ph. ROULEAU - A. SAINDELLE - J.J. SANTINI - D.  
SAUVAGE - M.J. THARANNE – J. THOUVENOT - B. TOUMIEUX - J. WEILL.

## PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

MM.	ALISON Daniel	Radiologie et Imagerie médicale
	ANDRES Christian	Biochimie et Biologie moléculaire
	ANGOULVANT Denis	Cardiologie
	ARBEILLE Philippe	Biophysique et Médecine nucléaire
	AUPART Michel	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	BABUTY Dominique	Cardiologie
Mme	BARILLOT Isabelle	Cancérologie ; Radiothérapie
M.	BARON Christophe	Immunologie
Mme	BARTHELEMY Catherine	Pédopsychiatrie
MM.	BAULIEU Jean-Louis	Biophysique et Médecine nucléaire
	BERNARD Louis	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
	BEUTTER Patrice	Oto-Rhino-Laryngologie
	BINET Christian	Hématologie ; Transfusion
	BODY Gilles	Gynécologie et Obstétrique
	BONNARD Christian	Chirurgie infantile
	BONNET Pierre	Physiologie
Mme	BONNET-BRILHAULT Frédérique	Physiologie
MM.	BOUGNOUX Philippe	Cancérologie ; Radiothérapie
	BRILHAULT Jean	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	BRUNEREAU Laurent	Radiologie et Imagerie médicale
	BRUYERE Franck	Urologie
	BUCHLER Matthias	Néphrologie
	CALAIS Gilles	Cancérologie ; Radiothérapie
	CAMUS Vincent	Psychiatrie d'adultes
	CHANDENIER Jacques	Parasitologie et Mycologie
	CHANTEPIE Alain	Pédiatrie
	COLOMBAT Philippe	Hématologie ; Transfusion
	CONSTANS Thierry	Médecine interne ; Gériatrie et Biologie du vieillissement
	CORCIA Philippe	Neurologie
	COSNAY Pierre	Cardiologie
	COTTIER Jean-Philippe	Radiologie et Imagerie médicale
	COUET Charles	Nutrition
	DANQUECHIN DORVAL Etienne	Gastroentérologie ; Hépatologie
	DE LA LANDE DE CALAN Loïc	Chirurgie digestive
	DE TOFFOL Bertrand	Neurologie
	DEQUIN Pierre-François	Thérapeutique ; médecine d'urgence
	DESTRIEUX Christophe	Anatomie
	DIOT Patrice	Pneumologie
	DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague	Anatomie & Cytologie pathologiques
	DUMONT Pascal	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	FAUCHIER Laurent	Cardiologie
	FAVARD Luc	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	FOUQUET Bernard	Médecine physique et de Réadaptation
	FRANCOIS Patrick	Neurochirurgie
	FUSCIARDI Jacques	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence
	GAILLARD Philippe	Psychiatrie d'Adultes
	GOGA Dominique	Chirurgie maxillo-faciale et Stomatologie
	GOUDEAU Alain	Bactériologie -Virologie ; Hygiène hospitalière
	GOUPILLE Philippe	Rhumatologie
	GRUEL Yves	Hématologie ; Transfusion
	GUILMOT Jean-Louis	Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire
	GUYETANT Serge	Anatomie et Cytologie pathologiques
	HAILLOT Olivier	Urologie
	HALIMI Jean-Michel	Thérapeutique ; médecine d'urgence (Néphrologie et Immunologie clinique)
	HERAULT Olivier	Hématologie ; transfusion
	HERBRETEAU Denis	Radiologie et Imagerie médicale
Mme	HOMMET Caroline	Médecine interne, Gériatrie et Biologie du vieillissement
MM.	HUTEN Noël	Chirurgie générale
	LABARTHE François	Pédiatrie
	LAFFON Marc	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence
	LARDY Hubert	Chirurgie infantile
	LASFARGUES Gérard	Médecine et Santé au Travail
	LEBRANCHU Yvon	Immunologie
	LECOMTE Thierry	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

	LEMARIE Etienne	Pneumologie
	LESCANNE Emmanuel	Oto-Rhino-Laryngologie
	LINASSIER Claude	Cancérologie ; Radiothérapie
	LORETTE Gérard	Dermato-Vénérologie
	MACHET Laurent	Dermato-Vénérologie
	MAILLOT François	Médecine Interne
	MARCHAND Michel	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	MARCHAND-ADAM Sylvain	Pneumologie
	MARRET Henri	Gynécologie et Obstétrique
	MEREGHETTI Laurent	Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière
	MORINIERE Sylvain	O.R.L.
	MULLEMAN Denis	Rhumatologie
	PAGES Jean-Christophe	Biochimie et biologie moléculaire
	PAINTAUD Gilles	Pharmacologie fondamentale, Pharmacologie clinique
	PATAT Frédéric	Biophysique et Médecine nucléaire
	PERROTIN Dominique	Réanimation médicale ; médecine d'urgence
	PERROTIN Franck	Gynécologie et Obstétrique
	PISELLA Pierre-Jean	Ophtalmologie
	QUENTIN Roland	Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière
	ROBIER Alain	Oto-Rhino-Laryngologie
	ROINGEARD Philippe	Biologie cellulaire
	ROSSET Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	ROYERE Dominique	Biologie et Médecine du développement et de la Reproduction
	RUSCH Emmanuel	Epidémiologie, Economie de la Santé et Prévention
	SALAME Ephrem	Chirurgie digestive
	SALIBA Elie	Biologie et Médecine du développement et de la Reproduction
Mme	SANTIAGO-RIBEIRO Maria	Biophysique et Médecine Nucléaire
MM.	SIRINELLI Dominique	Radiologie et Imagerie médicale
	THOMAS-CASTELNAU Pierre	Pédiatrie
Mme	TOUTAIN Annick	Génétique
MM.	VAILLANT Loïc	Dermato-Vénérologie
	VELUT Stéphane	Anatomie
	WATIER Hervé	Immunologie.

#### **PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE**

Mme LEHR-DRYLEWICZ Anne-Marie Médecine Générale

#### **PROFESSEURS ASSOCIES**

MM. HUAS Dominique Médecine Générale  
LEBEAU Jean-Pierre Médecine Générale  
MALLET Donatien Soins palliatifs  
POTIER Alain Médecine Générale

#### **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS**

Mmes ANGOULVANT Theodora Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique : addictologie  
BAULIEU Françoise Biophysique et Médecine nucléaire  
M. BERTRAND Philippe Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication  
Mme BLANCHARD Emmanuelle Biologie cellulaire  
BLASCO Hélène Biochimie et biologie moléculaire  
MM. BOISSINOT Eric Physiologie  
DESOUBEUX Guillaume Parasitologie et mycologie  
Mme DUFOR Diane Biophysique et Médecine nucléaire  
M. EHRMANN Stephan Réanimation médicale  
Mmes FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie Anatomie et Cytologie pathologiques  
GAUDY-GRAFFIN Catherine Bactériologie - Virologie ; Hygiène hospitalière  
GOUILLEUX Valérie Immunologie  
MM. GUERIF Fabrice Biologie et Médecine du développement et de la reproduction  
GYAN Emmanuel Hématologie, transfusion  
HOARAU Cyrille Immunologie  
HOURIOUX Christophe Biologie cellulaire  
Mmes LARTIGUE Marie-Frédérique Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière

	LE GUELLEC Chantal	Pharmacologie fondamentale ; Pharmacologie clinique
	MACHET Marie-Christine	Anatomie et Cytologie pathologiques
	MARUANI Annabel	Dermatologie
MM.	PIVER Eric	Biochimie et biologie moléculaire
	ROUMY Jérôme	Biophysique et médecine nucléaire in vitro
Mme	SAINT-MARTIN Pauline	Médecine légale et Droit de la santé
M.	TERNANT David	Pharmacologie – toxicologie
Mme	VALENTIN-DOMELIER Anne-Sophie	Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière
M.	VOURC'H Patrick	Biochimie et Biologie moléculaire

### **MAITRES DE CONFERENCES**

Mmes	BOIRON Michèle	Sciences du Médicament
	ESNARD Annick	Biologie cellulaire
MM.	GIRAUDEAU Bruno	Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication
	LEMOINE Maël	Philosophie
Mme	MONJAUZE Cécile	Sciences du langage - Orthophonie
M.	PATIENT Romuald	Biologie cellulaire

### **MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE**

Mmes	HUAS Caroline	Médecine Générale
	RENOUX-JACQUET Cécile	Médecine Générale
M.	ROBERT Jean	Médecine Générale

### **CHERCHEURS C.N.R.S. – INSERM**

M.	BOUAKAZ Ayache	Chargé de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM 930
Mmes	BRUNEAU Nicole	Chargée de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM 930
	CHALON Sylvie	Directeur de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM 930
MM.	COURTY Yves	Chargé de Recherche CNRS – U 618
	GAUDRAY Patrick	Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292
	GOUILLEUX Fabrice	Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292
Mmes	GOMOT Marie	Chargée de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM 930
	HEUZE-VOURCH Nathalie	Chargée de Recherche INSERM – U 618
MM.	LAUMONNIER Frédéric	Chargé de Recherche INSERM - UMR CNRS-INSERM 930
	LE PAPE Alain	Directeur de Recherche CNRS – U 618
Mmes	MARTINEAU Joëlle	Chargée de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM 930
	POULIN Ghislaine	Chargée de Recherche CNRS – UMR CNRS-INSERM 930

### **CHARGES D'ENSEIGNEMENT**

#### ***Pour l'Ecole d'Orthophonie***

Mme	DELORE Claire	Orthophoniste
MM.	GOUIN Jean-Marie	Praticien Hospitalier
	MONDON Karl	Praticien Hospitalier
Mme	PERRIER Danièle	Orthophoniste

#### ***Pour l'Ecole d'Orthoptie***

Mme	LALA Emmanuelle	Praticien Hospitalier
M.	MAJZOUB Samuel	Praticien Hospitalier

#### ***Pour l'Ethique Médicale***

Mme	BIRMELE Béatrice	Praticien Hospitalier
-----	------------------	-----------------------

## Remerciements :

A **José François**, mon père, à qui je dois tout,  
et A **Christelle**, ma femme, à qui je dois tellement plus encore.

A **Monsieur le Professeur Luc Favard**, l'honneur de ma Vie aura été d'être un de vos élèves.

A **Monsieur le Professeur Philippe Rosset**, vous êtes l'âme de ce service, la sagesse de votre enseignement n'aura de cesse de me guider.

A **Monsieur le Professeur Brunereau**, en acceptant d'être dans mon jury, vous me confirmez que l'Orthopédie et la Radiologie sont des spécialités sœurs.

A **Monsieur le Docteur Bouju**, tu as pris un leadership incroyable sur l'épaule, merci et bravo de nous avoir ouvert le chemin.

**A Nathalie**, ma mère, j'ai une certitude dans ma Vie c'est que tu me défendras jusqu'au bout du monde, avec Toi dans mon équipe rien ne peut me faire peur.

**A Raphaël et Jérémy**, mes 2 garçons, si un de vous deux fait médecine, je lui souhaite bon courage, vous êtes ma fierté, je vous aime tant.

**A Monsieur le Professeur Christian Bonnard**, vous êtes de la race des seigneurs, vos méthodes pédagogiques, viriles mais correctes, me sont aussi utiles dans la Vie que dans la Chirurgie.

**A Monsieur le Professeur Jean Brillhault**, votre refus de la médiocrité m'a souvent poussé dans mes derniers retranchements, merci de poursuivre la transmission de l'enseignement de Monsieur Burdin.

**A Monsieur le Docteur Jacky Laulan**, ma fidélité envers votre enseignement devrait en agacer plus d'un dans l'avenir, je vous dédis le point G utilisé dans le manuscrit.

**A Monsieur le Docteur Bertrand Sonnery-Cottet**, avant de te connaître j'étais comme les autres, tu as transformé ma vision du monde, un triomphe complet.

**A Monsieur le Docteur Gilles Faizon**, votre resterez celui qui m'a fait faire ma première PTH, je me rappellerai toujours "si j'étais toi je ferais comme ça ... mais bon c'est pas moi qui opère", vous allez tellement me manquer.

**A Monsieur le Docteur Jérôme Druon**, le roi des chantiers, ça rassure de débiter son clinicat avec un porte-avion derrière soi.

**A Monsieur le Docteur Vincent Noël**, merci de m'accueillir dans ton royaume, la Royale Académie d'Amboise, j'espère que je porterai haut et loin les couleurs de la couronne.

**A mon MA, Jean Baptiste, Stano, Daminou, RChat, HMoub, Manu et belle Marianne**, mes potes des débuts on en a fait du chemin ensemble, on s'est bien marré en attendant les post-op sur le PACS (parfois un peu moins après ...).

**A Ludo la chnouffe, Walidou minou et Julien biroute**, un immense merci pour avoir accepté de faire partie de cette association de malfaiteurs.

**A Emilie et GuiGui**, le team "main", vous pouvez compter sur moi mais ... j'aurai sûrement besoin de vos lumières.

**A Monsieur le Docteur Merlo, Monsieur le Docteur Barthes, Hafid, Dorio et Aboud**, j'ai passé 1 an génial à vos cotés, j'emporterai toujours avec moi l'école Drouaise qui n'a rien à envier à personne, merci.

**A Monsieur Pascal Garaud**, le sorcier des statistiques, le joker dans mon jeu de carte, merci pour votre générosité incroyable.

**A Pierre**, mon frère, je t'admire pour ton intelligence et je t'adore pour ta connerie, bref ... ne change rien.

**A Marion**, ma soeur, tu es pour moi un rayon de soleil, tu mériteras bien tes 11% ....

**A John**, mon génial futur beau-frère, c'est une chance de t'avoir à mes côtés mais .... rappelle toi toujours du crâne !

**A Mamiche**, ma grand mère, merci de m'avoir tant gâté lors de mes séjours à Perpignan.

**A Tonton Paul, Maine, Tatie Nani, Christophe, Jean-Baptiste, Marie et Simon**, vous êtes une véritable richesse pour moi.

**A Adnan**, mon beau-père, tu m'as ouvert les portes de ta maison et de ta famille, j'espère m'en montrer digne.

**A Najwa**, ma belle-mère, merci pour t'occuper si bien de moi.

**A Sylvain**, mon beau frère, tu es probablement la personne la plus passionnante que je connaisse, tu es si imprévisible et si généreux, j'aimerais tellement t'être un peu utile.

**A Carole**, ma belle sœur, en tant que co-présidente d'honneur à Vie du fan club de Nana, tu auras toujours la meilleure place à mes cotés.

**A Michel et Agnès**, ma famille parisienne, tous les moments passés à Boulogne ont été comme des parenthèses enchantées dans les moments difficiles, je me sens si bien avec vous.

**A la famille Mallak, Zebian, Rémi, Khalil, Tonton Bassam, Tonton William, et toute la famille du Liban**, parce que vous m'avez fait vivre cette philosophie de la Vie : "Pour éviter qu'il n'y en ait pas assez, il faut qu'il y en ait trop".

**A Anaïs**, ma filleule si exotique, ma maison est ta maison, ma famille est ta famille, tes projets sont mes projets, je serai toujours là si tu en as besoin.

**A Maxime, Bérangère, Laurent et Hugo**, vous êtes ma boule de cristal du futur, j'aimerais faire aussi bien que vous! Merci d'être systématiquement présent pour moi.

**A Michel et Martial**, le talent à l'état pur, me lâchez pas les mecs, au départ j'aurai besoin de travailler avec un filet de sécurité !

**A Romain**, mon fréro, c'est dingue, à chaque fois qu'on se revoit j'ai toujours l'impression de t'avoir quitté la veille, c'est magique.

**Au laboratoire Euros**, à moins de vous mettre à faire des saucisses.... et encore ça pourrait m'intéresser.

**A l'équipe de Santy, notamment Cécilia, Sophie, Fabienne et Stéphanie**, pourquoi le temps est passé si vite ...

**A toute l'équipe du bloc 3ème de Trousseau**, vous m'avez vu et fait grandir, ensemble on va être des "cadors" et atteindre des sommets.

**A tous les infirmières, infirmiers, aide soignantes, secrétaires des services d'ortho et de consult de Trousseau**, je serai toujours dispo et à votre écoute en cas de besoin, et vous ?

**A mes copains de fac**, Martin, Claire, Sony, Olivier, Adel et Mezziane, bon, j'ai l'impression d'être le dernier à passer sa thèse, j'ai pris mon temps!

## SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté,  
de mes chers condisciples  
et selon la tradition d'Hippocrate,  
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de  
l'honneur  
et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent,  
et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon  
travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux  
ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira  
les secrets qui me seront confiés et mon état ne  
servira pas  
à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres,  
je rendrai à leurs enfants  
l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime  
si je suis fidèle à mes promesses.  
Que je sois couvert d'opprobre  
et méprisé de mes confrères  
si j'y manque.

## INTRODUCTION

L'usure glénoïdienne représente la première cause d'échec des hémiarthroplasties d'épaule [1]. Une usure asymétrique (postérieure ou supérieure) de la glène est étroitement corrélée à la diminution des scores fonctionnels [2-6]. En revanche, en cas d'usure concentrique, cette corrélation est moins évidente et les séries qui ont analysé ce paramètre rapportent des résultats contradictoires [6-15]. Une des raisons de cette incertitude tient probablement à la difficulté d'évaluer objectivement la sévérité de l'usure sur l'imagerie de routine [16,17] notamment parce que la reproductibilité des radiographies est médiocre même lorsque les clichés sont réalisés sous contrôle fluoroscopique [18,19]. Pourtant, l'appréciation de l'usure glénoïdienne permettrait une meilleure analyse des échecs des hémiarthroplasties et également une évaluation plus fiable de l'efficacité des moyens mis en œuvre pour protéger la glène (implants en métal, en céramique, en pyrocarbone, "ream and run procedure" ou resurfaçage biologique).

Malgré les recommandations de Neer, qui conseillait d'estimer l'usure glénoïdienne sur un profil axillaire [20,21], le cliché de face apparaît préférable car la reproductibilité d'un profil axillaire est mauvaise [18,19]. L'aspect radiologique de l'interligne gléno-huméral est soumis à des critères morphologiques intrinsèques dépendants de la morphologie de la glène (version glénoïdienne ou inclinaison frontale) [22-24], mais aussi à des critères extrinsèques comme la rotation du bras ou l'incidence des rayons X [13,16,17,23,25,26]. Le contrôle de tous ces paramètres est difficile à réaliser en pratique quotidienne et l'évaluation de l'usure glénoïdienne sur le seul aspect de l'interligne articulaire nous semble peu fiable. Ainsi, les résultats des séries évaluant qualitativement ou quantitativement le pincement gléno-huméral doivent être interprétés avec prudence [3,14,27,28].

Différentes méthodes de mesure de l'usure glénoïdienne, indépendantes de l'aspect de l'interligne articulaire, ont déjà été proposées [6,8,11,15,16,29,30]. La technique la plus remarquable a été publiée par Mercer qui utilise un calque gradué sur lequel sont reportés les contours de la scapula et le centre de la tête humérale [30]. Sur chaque nouvelle radiographie, le calque est ensuite superposé sur les contours de la scapula et la migration de la tête mesurée sur l'axe des abscisses. Cette méthode apparaît fiable mais reste laborieuse à utiliser en pratique quotidienne.

Sur une radiographie d'épaule de face, les marqueurs radiologiques potentiels sont nombreux. Mallon, dans un travail portant sur 28 os secs de scapula, a identifié 11 points, 9 lignes et 3 angles sur la radiographie de face [16]. Dans la littérature, de nombreux auteurs ont identifié d'autres lignes de référence radiologiques [17,29,31,32]. Nous avons testé ces différents marqueurs pour évaluer l'usure glénoïdienne mais aucun ne nous est apparu suffisamment reproductible ou incontestable pour élaborer un indice fiable. Les repères qui nous semblent naturellement peu modifiés par l'usure glénoïdienne sont le bord externe de l'acromion, le pôle inférieur de la glène et l'ovale qui se situe en regard de la base du processus coracoïde.

L'objectif de ce travail est de déterminer la fiabilité d'un outil de mesure utilisable pour évaluer l'usure glénoïdienne avec le temps. Notre hypothèse est que ces 3 points sont invariants dans le temps, et que la médialisation de la tête humérale, témoin indirect de l'usure glénoïdienne, peut être évaluée par rapport à eux.

## MATERIEL ET METHODES

### Cahier des charges d'un indice de mesure glénoïdienne

Nous avons choisi d'utiliser la médialisation de la tête humérale par rapport à une ligne dite de référence tracée entre 2 points invariants sur la scapula. Afin de limiter le risque d'erreur lié à des différences d'agrandissement, il nous est apparu souhaitable que cet indice soit le résultat d'un rapport, et non d'une mesure millimétrique. Nous avons donc identifié un 3ème point invariant à partir duquel pourrait être défini un segment variable rendant compte de l'usure glénoïdienne et un segment fixe reproductible quelle que soit l'usure glénoïdienne. Trois points sont particulièrement remarquables : le pôle inférieur de la glène, le bord externe de l'acromion et le bord latéral du processus coracoïde.

### Justification des points invariants

#### 1. Le pôle inférieur de la glène

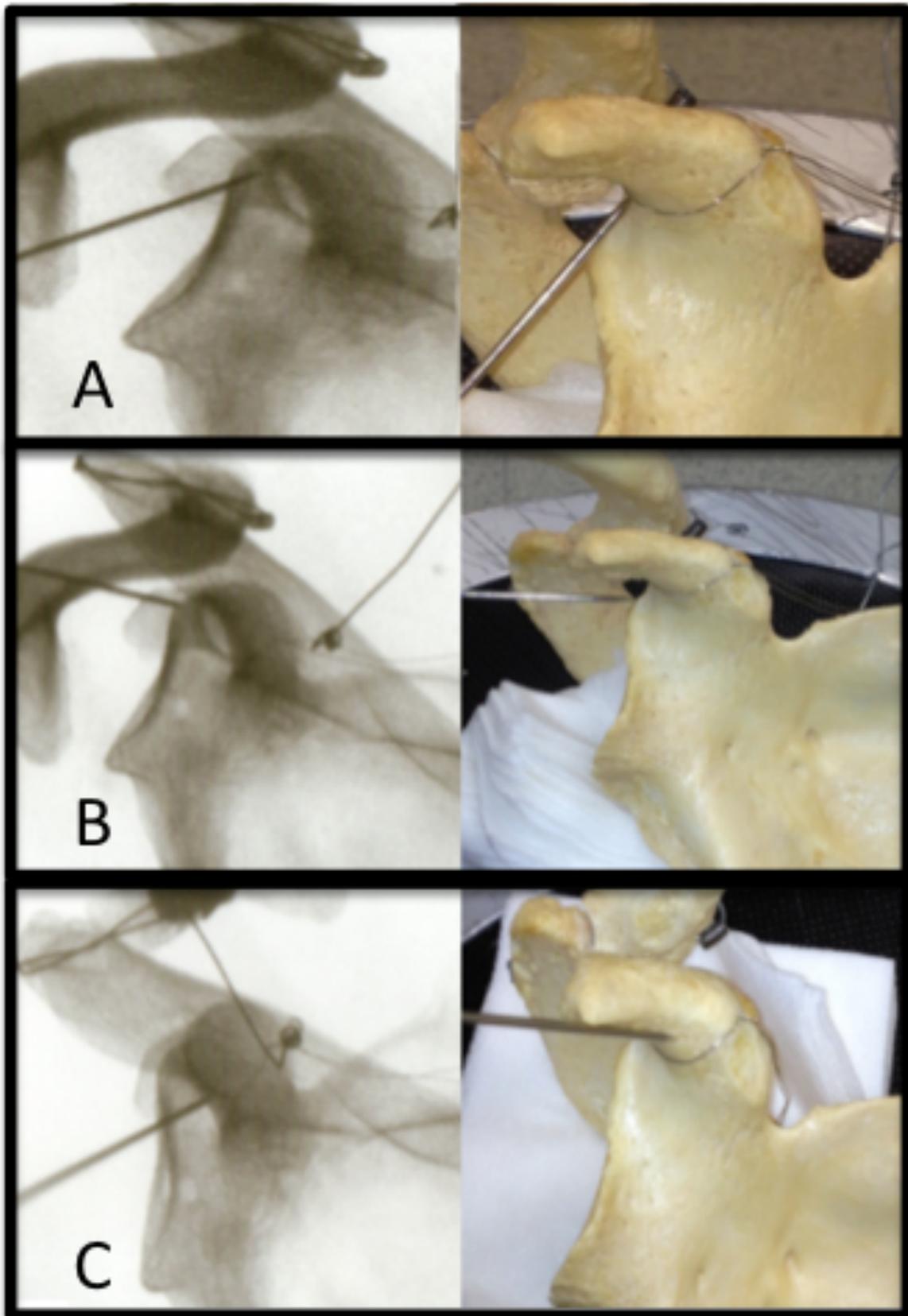
En dehors des rares usures antéro-inférieures [33], le pôle inférieur de la glène semble presque toujours épargné par l'usure glénoïdienne et sa situation apparaît peu évolutive avec le temps [24,34]. Au cours du temps, l'usure glénoïdienne peut être centrale et concentrique, ou biconcave et excentrique [33,35-37]. L'usure glénoïdienne, même lorsqu'elle est concentrique, est presque toujours supérieure et/ou postérieure [33,35]. Dans une étude anatomique à partir de 486 squelettes de sujets âgés de plus de 60 ans (collection Tery du musée d'histoire naturelle de Washington), Edelson a mis en évidence 1/3 d'arthrose gléno-humérale dont seulement 3,5% présentaient une usure postéro-inférieure et 4,7% une usure globale de l'ensemble de la glène [33]. Dans une étude à partir de 150 scanners d'épaule, De Wilde a décomposé la glène en 5 plans: le plan supérieur, le plan inférieur, le plan antérieur, le plan postérieur et le plan du corps de la scapula [34]. L'auteur a montré que le plan le plus reproductible est le plan glénoïdien inférieur. A partir de cette constatation anthropométrique, on peut raisonnablement penser que la position du pôle inférieur de la glène est relativement homogène et peut être facilement identifiée sur une radiographie de face.

## 2. L'ovale coracoïdien radiologique

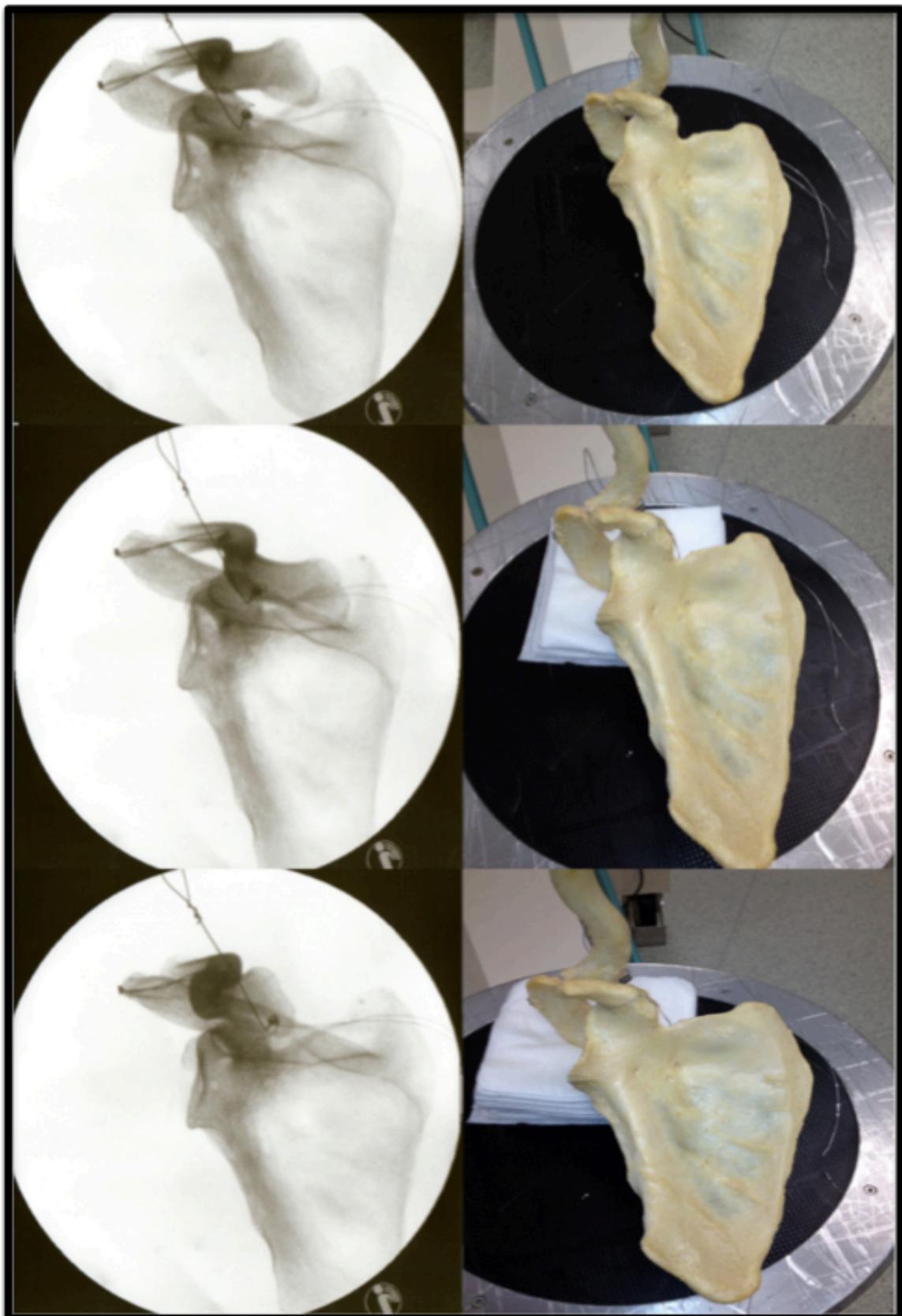
Le processus coracoïde a déjà été utilisé comme repère sur des radiographies d'épaule de face [6,11,29]. La plupart des auteurs définissent cet "ovale coracoïdien radiologique" comme la projection de la base du processus coracoïde, mais à notre connaissance, il n'a jamais été évalué spécifiquement à quelle partie du processus coracoïde cet ovale correspond réellement. Le processus coracoïde, du grec *corax* qui signifie corbeau [38], se divise en 3 segments : la portion ascendante, le genou et la portion horizontale. Nous avons réalisé des clichés fluoroscopiques d'un os sec de scapula en respectant les critères décrits par Mallon pour positionner la scapula sur la cuve [16]. Nous avons cerclé le genou du processus coracoïde avec un fil d'acier de 0,8 mm et marqué différents points au moyen d'une broche de Kirchner de 10mm de diamètre. La figure 1 présente la corrélation radio-anatomique entre différentes zones du processus coracoïde sur l'os sec et la position des marqueurs radio-opaques sur la scopie. Il apparaît que le bord latéral de "l'ovale coracoïdien radiologique" correspond au bord latéral du genou.

## 3. Le bord latéral de l'acromion

Ce point fait partie des points remarquables identifiés par Mallon dans son travail radio-anatomique [16]. Ce marqueur a été utilisé par Moor pour définir le "Critical Shoulder Angle" [32]. Nous avons voulu confirmer que le bord latéral anatomique de l'acromion correspondait bien au point le plus latéral visible sur la radiographie de face. Nous avons donc identifié le bord latéral de l'acromion sur un os sec de scapula en se servant comme repère de l'extrémité latérale du fil d'acier utilisé pour fixer l'articulation acromioclaviculaire. Nous avons réalisé plusieurs clichés en modifiant à chaque fois la bascule de la scapula dans le plan sagittal au moyen de compresses positionnées sous l'épine de la scapula. La figure 2 présente la corrélation radio-anatomique entre le bord externe de l'acromion sur os sec et sa projection sur la scopie à différents degrés de flexion de la scapula. A chaque fois, le bord externe de l'acromion correspond à la projection du toron sur le cliché fluoroscopique.



**Figure 1 : Corrélation radio-anatomique entre le processus coracoïde sur os sec et l'ovale coracoïdien radiologique, A: bord latéral du genou, B: bord latéral de la portion ascendante, C: face inférieure de la portion horizontale.**



**Figure 2 : Corrélation radio-anatomique entre le bord externe de l'acromion sur os sec et le point le plus latéral sur la fluoroscopie. Évaluation de la position du point acromial à 3 niveaux de bascule.**

### Choix d'un point sur l'humérus

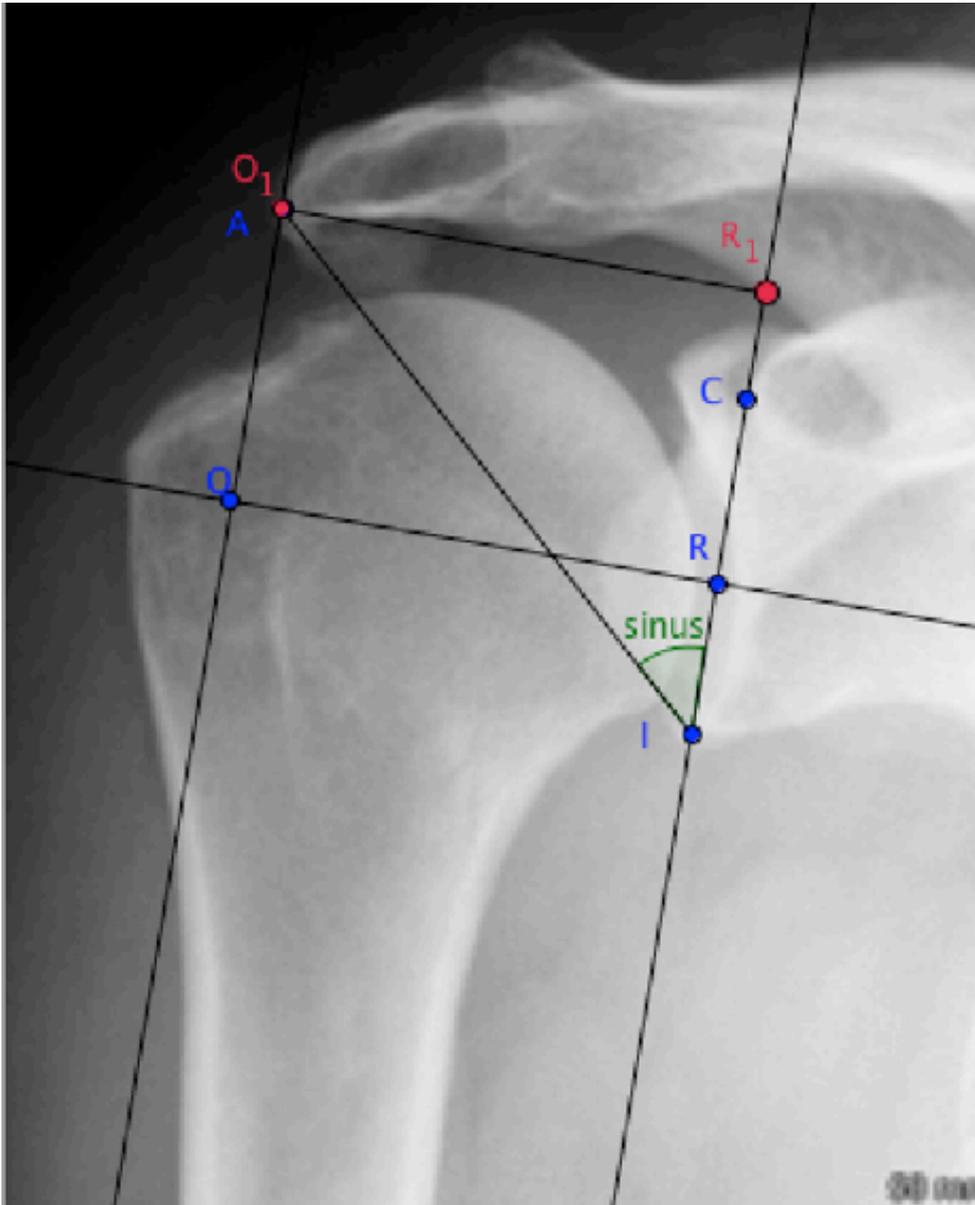
Sur le versant huméral, il existe également une grande variabilité en fonction de la morphologie individuelle et de la rotation du bras [39,40]. Nous avons pris comme référence le point de contact entre la glène et l'humérus qui correspond vraisemblablement à la zone où la glène est la plus usée. Nous n'avons pas retrouvé de travaux permettant de confirmer cette hypothèse probablement en raison de la difficulté à monter des protocoles pour tester in vivo la position de la calotte céphalique sur des sujets debouts. La cinématique de l'épaule est complexe et la position du point de contact gléno-huméral varie avec le mouvement du bras. Pour limiter l'influence radiologique de ce paramètre, l'incidence des rayons X doit être parfaitement tangente à l'interligne gléno-huméral, et le bras laissé au repos pendant le long du corps [13,20,41]. En respectant ces principes, la position de l'humérus et de la scapula semble relativement constante d'un cliché à l'autre pour un individu donné [34,40].

### Description de l'indice de médialisation

La figure 3 représente sur une radiographie de face les points repères utilisés pour le calcul de l'indice de médialisation. Les points invariants sont : le point A pour le bord externe de l'acromion, le point C pour le bord externe de l'ovale coracoïdien radiologique et le point I pour le pôle inférieur de la glène. Le point variable est le point G qui correspond au point de contact le plus intime entre la glène et l'humérus. La ligne IC est la ligne de référence et sa perpendiculaire passant par le point G est la ligne de médialisation. Le point O correspond à la projection de A sur la ligne de médialisation. Le point R correspond à l'intersection de la ligne de référence et de la ligne de médialisation. Par convention, l'indice de médialisation  $I_m$  est défini comme le rapport entre le segment OG et le segment OR. Pour évaluer la progression de l'usure entre deux clichés, nous avons défini l'indice d'usure  $I_u$  qui correspond au rapport entre les 2 indices  $I_m$  des deux clichés radiographiques effectués. Toutes les mesures ont été réalisées au moyen du logiciel libre de géométrie dynamique GéoGébra fonctionnant sous License GNU GPL.



(figure 4). Dans ce modèle géométrique de base, le sinus de l'angle  $\hat{A}IC$  est directement dépendant du segment  $O_1R_1$ , c'est-à-dire du segment  $OR$ . Pour un patient donné, la reproductibilité de la position de la scapula, et donc in fine le caractère invariant des points  $A$ ,  $I$  et  $C$ , pourrait être appréciée en comparant la valeur des angles  $\hat{A}IC$  sur 2 radiographies. Théoriquement, plus les valeurs des angles sont proches et plus la reproductibilité des contours de la scapula, et donc la fiabilité du segment  $OR$ , est forte.



**Figure 4 : Définition des points repères utilisés pour le calcul de l'angle  $\hat{A}IC$ , le segment  $AI$  est l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont les côtés sont les segments  $IR_1$  et  $O_1R_1$  avec  $R_1$  l'intersection entre la perpendiculaire à la ligne  $IC$  passant par  $A$  et  $O_1$  la projection de  $O$  sur  $A$ ; le sinus de l'angle  $\hat{A}IC$  varie en fonction de la longueur  $O_1R_1$  qui est la projection de  $OR$  sur une ligne orthogonale à la ligne de référence passant par  $A$ .**

### Validation de l'indice : méthodologie

La fiabilité de l'indice Im a été évaluée sur une série de 24 patients, en comparant sa valeur entre 2 radiographies d'épaule de face, bras en rotation neutre, réalisées à moins de 6 mois d'intervalle. La sélection des patients s'est faite de manière rétrospective à partir du PACS (Picture Archival and Communications System). Nous avons sélectionné tous les patients disposant d'une radiographie d'épaule de face avec le bras en rotation neutre réalisée en novembre 2012 dans notre centre. Nous avons ensuite recherché tous ceux qui avaient au moins une radiographie d'épaule de face archivée dans le PACS réalisée dans les 6 mois précédents novembre 2012 (période mai à octobre 2012). Nous avons exclu de l'analyse les radiographies réalisées dans le cadre d'une prothèse d'épaule, d'une fracture ou séquelle de fracture, d'une luxation gléno-humérale ou d'une butée ostéomyoplastique. L'aspect de l'interligne articulaire n'a jamais été pris en compte dans la sélection des radiographies. Dans notre série, l'aspect de l'interligne gléno-huméral, la morphologie de la glène, la morphologie de la calotte céphalique et la hauteur de l'espace acromio-huméral nous sont toujours apparus comparables entre les 2 radiographies. Ceci peut probablement s'expliquer par le repérage systématique de l'interligne articulaire sous fluoroscopie avant chaque radiographie d'épaule de face réalisée dans notre centre. Nous avons considéré, compte tenu de l'intervalle assez réduit entre les 2 radiographies, que l'usure de la glène était équivalente entre les 2 clichés. Par définition, Im0 désigne l'indice de médialisation sur la radiographie la plus ancienne, et Im1 l'indice de médialisation sur la radiographie réalisée en novembre 2012.

L'angle AÎC a été calculé pour chaque couple de radiographies par un examinateur en reprenant les points utilisés pour le calcul de l'indice d'usure. Par analogie aux indices Im 0 et Im 1, les angles ont été désignés par AÎC 0 et AÎC 1. Les radiographies ont été considérées comme reproductibles lorsque la différence entre les angles AÎC 1 et AÎC 0 était inférieure à 10%

La reproductibilité inter-observateur a été évaluée en comparant les résultats des couples de mesure (Im0 et Im1) de 4 examinateurs indépendants : 2 juniors et 2 séniors. La reproductibilité intra-observateur a été évaluée en comparant les résultats des couples de mesure de la même série, réalisés dans un ordre différent, par un des 4 examinateurs à 4 mois de la première série de mesure.

### Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée par un biostatisticien (P.Garaud) à l'aide du logiciel Statview (Abacus concepts Inc. Berkeley, CA). Les reproductibilités inter-observateur et intra-observateur de l'indice ont été évaluées par le coefficient de corrélation de Kendall. Les différences ont été considérées significatives pour  $p < 0,05$ .

Tableau 1 : Mesures effectuées par les 4 observateurs (FG/LL/WL/JBE) sur une série de 24 patients à partir de 2 radiographies d'épaule de face réalisées à moins de 6 mois d'intervalle.

Cas	Examinateurs																								
	FG					LL					WL					JBE					FGII				
	Im 0	Im 1	Iu	AfC 0 (°)	AfC 1 (°)	sinus (%)	Im 0	Im 1	Iu																
1	0,96	1	1,04	38,87	47,35	22	0,95	0,97	1,02	0,95	0,98	1,03	0,93	0,96	1,03	0,95	1,03	0,95	1	1,05					
2	1,01	1,12	1,11	33,51	27,51	18	0,97	1,10	1,13	1,02	1,10	1,08	1,00	1,11	1,11	1,01	1,11	1,01	1,1	1,09					
3	0,99	0,97	0,98	47,55	49,29	4	0,96	0,94	0,98	0,97	0,95	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,96	0,98	0,96	0,98					
4	0,97	1	1,03	49,83	43,76	12	0,95	0,97	1,02	0,97	0,98	1,01	0,96	0,99	1,03	0,97	0,99	0,99	1,02	1,02					
5	0,98	0,97	0,99	39,09	40,66	4	0,96	0,94	0,98	0,97	0,96	0,99	0,96	0,94	0,98	0,98	0,96	0,96	0,98	0,98					
6	0,96	0,95	0,99	49,65	50,83	2	0,94	0,94	1,00	0,96	0,95	0,99	0,93	0,94	1,01	0,95	0,95	1,00	0,95	1,00					
7	0,95	0,94	0,99	44,1	46,69	6	0,92	0,91	0,99	0,95	0,94	0,99	0,94	0,92	0,98	0,94	0,93	0,99	0,93	0,99					
8	0,94	0,93	0,99	37,23	34,86	6	0,92	0,91	0,99	0,93	0,93	1,00	0,93	0,91	0,98	0,95	0,93	0,98	0,93	0,98					
9	0,98	0,98	1,00	38,29	40,26	5	0,98	0,97	0,99	0,97	0,97	1,00	0,94	0,97	1,03	0,97	0,96	0,99	0,96	0,99					
10	0,97	1,03	1,06	33,73	39,92	18	1,01	0,95	0,94	0,98	0,97	0,99	1,00	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95					
11	0,97	0,99	1,02	39,26	38,34	2	0,97	0,96	0,99	1,00	0,99	0,99	0,96	0,96	1,00	0,99	0,96	0,98	0,98	0,99					
12	1,03	0,97	0,94	37,53	42,18	12	1,00	0,97	0,97	1,02	0,97	0,95	1,00	0,96	0,96	1	0,98	0,98	0,98	0,98					
13	0,94	0,93	0,99	37,2	35,52	5	0,95	0,94	0,99	0,95	0,94	0,99	0,93	0,95	1,02	0,94	0,93	0,99	0,93	0,99					
14	1	1	1,00	40,13	40,42	1	0,97	0,97	1,00	0,99	1,00	1,00	0,90	0,96	1,07	0,99	0,97	0,97	0,98	0,98					
15	0,99	0,97	0,98	37,39	37,41	0	0,95	0,96	1,01	0,97	0,97	1,00	0,95	0,95	1,00	0,95	0,95	1,00	0,96	1,01					
16	0,97	0,96	0,99	32,59	35,27	8	0,95	0,94	0,99	0,97	0,96	0,99	0,92	0,93	1,01	0,93	0,93	1,01	0,96	0,98					
17	1,01	1,01	1,00	39,36	37,94	4	0,99	1,01	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,02	0,97	0,99	0,97	1	1,00					
18	0,97	0,96	0,99	36,64	38,11	4	0,96	0,96	1,00	0,96	0,96	1,00	0,96	0,96	1,00	0,96	0,96	0,97	0,97	1,00					
19	1	1,01	1,01	35,83	35,13	2	0,98	0,98	1,00	1,00	1,02	1,02	0,97	0,99	1,03	0,99	1,03	0,99	0,98	0,99					
20	1	0,98	0,98	35,24	37,62	7	0,97	0,97	1,00	0,98	0,97	0,99	0,95	0,98	1,03	0,99	0,97	0,97	0,98	0,98					
21	0,97	0,96	0,99	37,35	34,86	7	0,93	0,91	0,98	0,94	0,93	0,99	0,92	0,93	1,01	0,92	0,91	0,99	0,91	0,99					
22	0,98	0,94	0,96	29,84	37,67	26	0,96	0,93	0,97	0,95	0,92	0,97	0,91	0,94	1,03	0,95	0,93	0,93	0,98	0,98					
23	0,88	0,93	1,06	36,86	29,34	20	0,87	0,88	1,01	0,90	0,91	1,01	0,87	0,88	1,01	0,9	0,92	0,92	0,98	1,02					
24	0,97	0,97	1,00	42,9	39,07	9	0,96	0,97	1,01	0,96	0,97	1,01	0,96	0,98	1,02	0,95	0,97	0,97	1,02	1,02					

Im : indice de médialisation, Iu : indice d'usure (Im I/Im 0), AfC : angle entre les points A, I et C, sinus : différence en % entre AfC 1 et AfC 0  
L'indice 0 désigne la radiographie la plus ancienne et 1 la plus récente  
FG II correspond à la deuxième série de mesures effectuées par FG après un intervalle libre de 4 mois

## RESULTATS

La série de 24 patients se compose de : 10 réinsertions arthroscopiques de coiffe classées Hamada 1 dans 8 cas et Hamada 2 dans 2 cas, d'une omarthrose centrée dans 8 cas, d'un traumatisme du membre supérieur sans lésion identifiée dans 3 cas, d'une omarthrose excentrée dans 2 cas, et d'une ostéonécrose avasculaire dans 1 cas. Pour les patients opérés de la coiffe des rotateurs, l'indice de médialisation a été calculé sur la radiographie préopératoire et sur la radiographie de contrôle entre 3 et 6 mois. Pour les patients avec un traumatisme du membre supérieur, l'indice de médialisation a été calculé sur la radiographie réalisée aux urgences et celle réalisée à la consultation d'orthopédie de contrôle. Le délai moyen entre les radiographies était de 142 jours (10-181).

L'ensemble des mesures effectuées est rapporté dans le tableau I.

La reproductibilité inter-observateurs, mesurée par le coefficient de corrélation de Kendall, est de 0,8983 (p 0,0001) et la reproductibilité intra-observateur 0,9244 (p 0,0004).

L'appréciation de la reproductibilité des clichés a été faite à l'aide de l'angle AÎC. Si l'on ne prend en compte que les dossiers des 17 patients pour lesquels la différence entre les angles AÎC 1 et AÎC 0 est inférieure à 10%, il y a 94% de concordance entre 4 observateurs à condition d'admettre une incertitude de  $\pm 0,01$  sur l'évaluation de l'indice d'usure. Le tableau 2 rapporte l'évolution de la concordance inter-observateurs en fonction de l'incertitude tolérée sur l'évaluation de l'indice.

**Tableau 2 : Pourcentage de concordance entre les observateurs en fonction de l'incertitude tolérée sur l'évaluation de l'indice lorsque les radiographies sont reproductibles (différence entre les angles AÎC < 10%).**

<i>Incrtitude sur la valeur de l'indice</i>	<i>0,000</i>	<i>0,005</i>	<i>0,010</i>	<i>0,015</i>	<i>0,020</i>	<i>0,025</i>
Aucune concordance entre les observateurs	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Concordance au sein d'au moins 1 couple d'observateurs	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Concordance entre 3 observateurs	65%	40%	100%	94%	94%	100%
Concordance entre 4 observateurs	29%	40%	94%	94%	94%	100%
Concordance entre les 5 observateurs	0%	40%	71%	74%	88%	100%

## DISCUSSION

Sur une radiographie d'épaule de face en rotation neutre, le bord latéral de l'ovale coracoïdien radiologique, le pôle inférieur de la glène et le bord externe de l'acromion peuvent être utilisés pour évaluer la médialisation de la tête humérale, sur deux radiographies successives d'un même patient. L'objectif de ce travail a été de déterminer la fiabilité d'un outil de mesure utilisable pour évaluer l'usure glénoïdienne avec le temps. Nos résultats montrent que la reproductibilité intra et inter-observateurs de l'Iu est bonne lorsque les clichés sont d'incidences similaires.

### *Evaluation de la méthodologie*

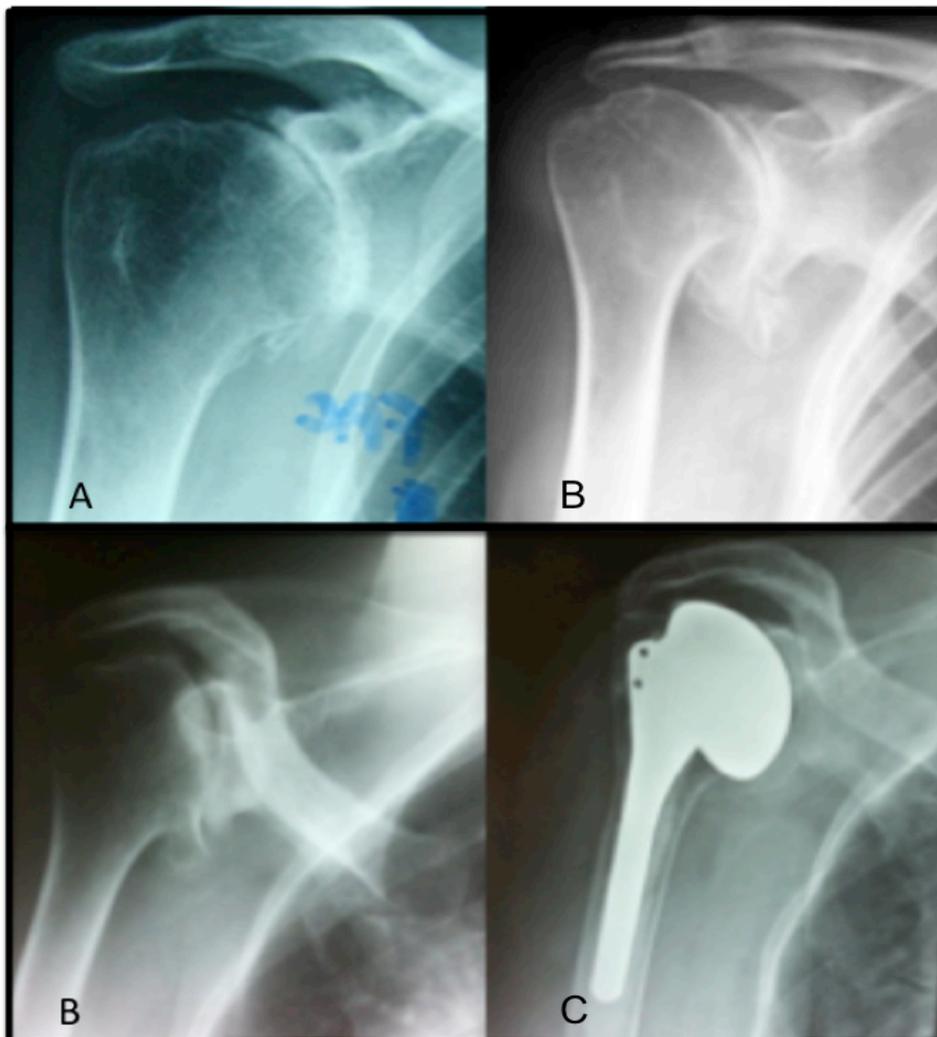
La méthodologie utilisée dans notre étude est critiquable du fait du faible nombre de sujets analysés et du caractère très hétérogène des radiographies. L'indice n'a pas été testé sur des sujets présentant une usure évolutive. Toutefois, nos résultats montrent que, lorsque les radiographies sont reproductibles, les Iu sont concordants, aussi bien en intra qu'en inter-observateurs, si on tolère une incertitude de  $\pm 0,01$ . Théoriquement, au delà de ce seuil, l'Iu pourrait permettre de détecter et de quantifier la progression de l'usure glénoïdienne dans le temps sur une radiographie de face.

### *Intérêt de l'ovale coracoïdien radiologique*

L'ovale coracoïdien radiologique est un repère qui se situe à proximité de la glène et qui, en dehors d'une érosion sévère, supérieure à 1 cm pour Rispoli [6], n'est pas modifié par l'usure glénoïdienne. Rispoli, Sperling et Lee ont proposé des méthodes d'évaluation qualitatives de l'usure glénoïdienne basées sur la relation entre la tête humérale et le bord latéral de cet ovale coracoïdien radiologique [6,8,15]. Le principal inconvénient du repère coracoïdien réside dans son incapacité à définir la sévérité de l'usure glénoïdienne sur une radiographie donnée. Gallino, à propos de l'analyse de 266 squelettes de momies égyptiennes (collection G Marro, Turin), a montré que la position et la morphologie du processus coracoïde constituaient un des paramètres anthropométriques les plus variables de la scapula [42]. L'ovale coracoïdien radiologique nous apparaît trop variable pour définir la sévérité de l'usure sur une radiographie donnée. En revanche si l'on introduit la notion d'évolutivité de l'usure glénoïdienne, l'ovale coracoïdien radiologique peut servir de référence pour évaluer la médialisation de la tête humérale, témoin direct de l'usure glénoïdienne, au cours du temps.

### Limites de nos points invariants

L'indice de médialisation ne peut être calculé dans deux situations (figure 5) : lorsque le pôle inférieur de la glène n'est pas identifiable en raison d'une usure inférieure de la glène ou de volumineux ostéophytes inférieurs, ou lorsque le bord externe de l'ovale coracoïdien radiologique est masqué par la calotte céphalique prothétique dans le cas des prothèses.



**Figure 5 : Situations où  $I_m$  ne peut être évalué, A : usure du pôle inférieur de la glène, B : ostéophytes inférieurs, C : ovale coracoïdien masqué par la calotte métallique.**

### Ecart maximal tolérable des angles $A\hat{I}C$

La forme tridimensionnelle du processus coracoïde est complexe et la rotation modifie la position de l'ovale coracoïdien radiologique par rapport à la glène (figure 6). L'influence de la rotation sur l'aspect radiologique de la scapula a été soulevée par Maurer pour le calcul de l'angle  $\beta$  (inclinaison frontale de la glène par rapport au plancher de la fosse du supra-épineux) et par Moor pour le calcul

du "Critical Shoulder Angle" (angle entre l'acromion et la glène) [17,32]. Afin de quantifier le risque d'erreur, Maurer a testé son angle  $\beta$  à partir de radiographies d'os secs de scapula en faisant varier la position de la scapula, dans toutes les directions, par incréments de  $10^\circ$  (extension, flexion, rotation interne et rotation externe). Moor a utilisé la même base de données pour quantifier le risque d'erreur du "Critical Shoulder Angle". Les 2 auteurs ont fixé à  $\pm 10\%$  l'écart maximal tolérable par rapport à la mesure réalisée en position neutre (incidence enfilant parfaitement l'interligne gléno-huméral). Ce taux d'incertitude est atteint à partir de  $20^\circ$  de flexion/rotation interne et de  $20^\circ$  d'extension/rotation externe. Moor constate que, dans ces secteurs, l'aspect de la glène, et donc de l'interligne, se modifie radicalement en passant d'1 ligne à une forme ovalaire [17].



**Figure 6 : Variabilité sur une radiographie de face du même patient de la position de l'ovale coracoïdien radiologique par rapport à la glène en fonction de la rotation. A : rotation neutre, B : rotation externe, C : rotation interne.**

Dans notre série, pour évaluer la reproductibilité entre 2 radiographies, nous avons utilisé la variation de l'angle  $\hat{A}IC$ . L'analyse de nos résultats montre que plus la variation de l'angle est faible et plus la valeur des Im des 2 clichés sont proches. Par analogie avec les travaux de Maurer, nous proposons de fixer à  $\pm 10\%$  l'écart maximal tolérable entre les angles  $\hat{A}IC$ . Au delà de ce seuil, l'Iu ne doit plus être considéré comme fiable et il est sans doute préférable de refaire la radiographie (figure 7).



**Figure 7 : Deux radiographies de face du même patient identifiées *rotation neutre* réalisées à 3 mois d'intervalle. La différence entre l'angle AIC de la radiographie A et celui de la radiographie B est de 28%, la différence entre Im 0 et Im 1 est de 0,11.**

*Intérêt d'un indice d'usure fiable dans les usures concentriques*

Les facteurs prédictifs préopératoires d'un bon résultat après une hémiarthroplastie dépendent essentiellement de l'étiologie [45,46]. Les meilleurs résultats sont obtenus dans les ostéonécroses avasculaires où la glène est intacte [44] et dans les omarthroses avec une usure concentrique à la fois dans le plan frontal et dans le plan antéropostérieur [2,3]. A l'inverse, en cas de glènes biconcaves dans le plan frontal (groupe E2 de la classification de Favard [36]), ou d'usures postérieures (glène B2 de la classification de Walch [18]), les résultats fonctionnels sont moins favorables [3,4,36]. Notre indice n'est pas conçu pour être utilisé dans ces cas où l'usure est asymétrique, notamment dans le plan frontal, car il ne rend pas compte de l'ascension de la tête humérale d'autant plus que le repère coracoïdien peut être modifié en cas d'usure supérieure. Ceci n'est pas dommageable, car l'apparition d'une glène biconcave est simple à détecter, et l'intérêt d'une évaluation quantitative est faible puisque la corrélation avec la dégradation des résultats fonctionnels est connue [2-6]. En revanche, en cas d'usure concentrique, cette corrélation est moins évidente. Les séries qui ont analysé ce paramètre,

notamment dans le suivi des hémiarthroplasties, rapportent des résultats contradictoires [6-15]. Après une hémiarthroplastie, la symptomatologie douloureuse est généralement attribuée à l'usure de la glène [7,43]. Pour autant, la méthodologie utilisée dans ces séries pour évaluer l'usure nous apparaît éminemment critiquable et ne permet pas de connaître la part réelle de l'usure glénoïdienne dans la symptomatologie douloureuse. Une meilleure compréhension des échecs des hémiarthroplasties est essentielle puisque, si les résultats fonctionnels des prothèses totales sont plus prévisibles à court et moyen terme que ceux des hémiarthroplasties, la survie à long terme d'un implant glénoïdien est préoccupante [47-48]. A l'heure actuelle, malgré le nombre d'implants et de techniques chirurgicales disponibles, il n'y a toujours pas de consensus sur l'indication à resurfacer la glène chez les sujets âgés de moins de 55 ans avec une omarthrose concentrique [49].

#### *Critiques des séries évaluant l'usure glénoïdienne dans les remplacements unipolaires*

Sperling, à propos de 79 hémiarthroplasties implantées chez des sujets âgés de moins de 50 ans et revues à plus de 10 ans de recul, affirme que 68% des glènes ont présenté une majoration de l'usure glénoïdienne avec le temps corrélée à une dégradation des résultats fonctionnels [10]. Il conclut que la prothèse totale est la solution à privilégier quel que soit l'âge du patient. La méthodologie est discutable car l'auteur a évalué l'usure glénoïdienne de manière qualitative à partir de radiographies de face et de profil, en classant l'usure en fonction de l'aspect de l'interligne articulaire (absence d'usure, usure faible en cas d'atteinte de l'os sous chondral, usure modérée en cas d'érosion concentrique dépassant l'os sous chondral et usure sévère en cas d'atteinte de la base de la coracoïde). La reproductibilité de cette méthode se basant sur l'aspect de l'interligne nous paraît discutable. Par ailleurs, les résultats de la série sont à interpréter avec prudence car près de la moitié de sa population était composée de séquelles de fracture dont le taux de survie et les résultats fonctionnels sont connus comme étant médiocres après une hémiarthroplastie [44].

Certains auteurs proposent de prévenir l'usure glénoïdienne en interposant des tissus entre la calotte métallique et la glène (fascia lata, tendon d'Achille, ménisque latéral, capsule gléno-humérale antérieure, matériel synthétique) [11,13-15]. Les objectifs radiologiques ne semblent pas remplis

puisque tous les articles sur le sujet décrivent une majoration de l'usure glénoïdienne. Toutefois, il est difficile de comparer entre elles ces séries car les méthodes d'évaluation de l'usure glénoïdienne sont contestables. Hassan [13] et Wirth [14] proposent d'évaluer l'usure en mesurant l'interligne sur le profil axillaire selon la méthode de Parsons [3] pour le premier et de Rispoli [6] pour le second. Quelles que soient leurs conclusions, le manque de fiabilité du profil axillaire pour évaluer l'usure glénoïdienne [18,19] limite l'intérêt de ces articles. Krishnan a évalué l'usure glénoïdienne sur une radiographie de face en utilisant le processus coracoïde comme point de référence [11]. Il retrouve des résultats fonctionnels équivalents à ceux des prothèses totales anatomiques alors que la progression moyenne de l'usure glénoïdienne à 7 ans est de 7,2 mm (3-9mm) [11]. Toutefois, sa méthode de mesure qui se base sur la distance entre la glène et la base du processus coracoïde est critiquable car la définition des points est assez floue. Encore une fois, l'absence d'un outil fiable pour évaluer la progression de l'usure glénoïdienne pénalise la portée de ces travaux.

Certains auteurs ont proposé la "Ream and Run procedure" (R&R) qui consiste à fraiser la glène de manière concentrique afin de corriger une usure asymétrique. Pour les promoteurs de la technique, la capacité de remodelage de la glène aurait l'avantage de prévenir l'usure glénoïdienne. Leurs résultats sont assez étonnants puisqu'à l'inverse de ce qui pourrait être attendu, ils retrouvent dans certains cas un élargissement de l'interligne articulaire [12]. Dans une étude radiologique, Mercer a évalué la variation de la position du centre de la tête humérale après un remplacement unipolaire associé à un R&R [12]. Sur les 14 patients de son étude, les auteurs retrouvent dans 5 cas une latéralisation de la tête, dans 8 cas une aggravation de l'usure et dans 1 cas une absence d'usure. Les auteurs expliquent la latéralisation par le développement d'un fibrocartilage [50] et proposent de généraliser le R&R dans les hémiarthroplasties chez le sujet jeune. Dans la mesure où il n'existe à ce jour aucun moyen d'évaluer objectivement la progression de l'usure glénoïdienne, ces conclusions nous apparaissent contestables et nous restons prudents quand à l'évolution réelle de l'usure de la glène après ce type de geste.

## CONCLUSION

Notre étude montre que la position du bord externe du processus coracoïde, le pôle inférieur de la glène et le bord externe de l'acromion sont des points radiologiques invariants dans le temps. Il s'agit d'une méthode originale permettant d'évaluer la position de la calotte céphalique par rapport à la scapula sur 2 radiographies d'un même patient. Théoriquement, cet indice pourrait permettre d'évaluer la progression de l'usure glénoïdienne avec le temps. La force de cet indice est de disposer, avec la mesure de l'angle AÎC, d'un moyen simple pour vérifier si 2 radiographies sont comparables. Dans l'avenir, l'indice d'usure pourrait permettre d'évaluer la corrélation radio-clinique entre la dégradation de la glène et les scores fonctionnels. Enfin, l'indice d'usure pourrait permettre de déterminer le rapport bénéfice-risque de méthodes controversées, comme le R&R, dont l'objectif premier est de réduire l'usure glénoïdienne.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Matsen FA 3rd, Bicknell RT, Lippitt SB. Shoulder arthroplasty: the socket perspective. *J Should Elb Surg.* 2007;16(5 Suppl):S241–247.
- [2]. Levine WN, Djurasovic M, Glasson JM, Pollock RG, Flatow EL, Bigliani LU. Hemiarthroplasty for glenohumeral osteoarthritis: results correlated to degree of glenoid wear. *J Should Elb Surg.* 1997;6:449–54.
- [3]. Parsons IM, Millett PJ, Warner JJ. Glenoid wear after shoulder hemiarthroplasty: quantitative radiographic analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 2004:120–5.
- [4]. Edwards TB, Kadakia NR, Boulahia A, et al. A comparison of hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty in the treatment of primary glenohumeral osteoarthritis: results of a multicenter study. *J Should Elb Surg.* 2003;12:207–13.
- [5]. Norris TR, Iannotti JP. Functional outcome after shoulder arthroplasty for primary osteoarthritis: a multicenter study. *J Should Elb Surg.* 2002;11:130–5.
- [6]. Rispoli DM, Sperling JW, Athwal GS, Schleck CD, Cofield RH. Humeral head replacement for the treatment of osteoarthritis. *J Bone Jt Surg Am.* 2006;88:2637–44.
- [7]. Sperling JW, Cofield RH, Rowland CM. Neer hemiarthroplasty and Neer total shoulder arthroplasty in patients fifty years old or less. Long-term results. *J Bone Jt Surg Am.* 1998;80:464–73.
- [8]. Sperling JW, Cofield RH, Schleck CD, Harmsen WS. Total shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for rheumatoid arthritis of the shoulder: results of 303 consecutive cases. *J Should Elb Surg.* 2007;16:683–90.
- [9]. Hasan SS, Leith JM, Campbell B, Kapil R, Smith KL, Matsen FA. Characteristics of unsatisfactory shoulder arthroplasties. *J Should Elb Surg.* 2002;11:431–41.
- [10]. Sperling JW, Cofield RH, Rowland CM. Minimum fifteen-year follow-up of Neer hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty in patients aged fifty years or younger. *J Should Elb Surg.* 2004;13:604–13.
- [11]. Krishnan SG, Nowinski RJ, Harrison D, Burkhead WZ. Humeral hemiarthroplasty with biologic resurfacing of the glenoid for glenohumeral arthritis. Two to fifteen-year outcomes. *J Bone Jt Surg Am.* 2007;89:727–34.
- [12]. Clinton J, Franta AK, Lenters TR, Mounce D, Matsen FA 3rd. Nonprosthetic glenoid arthroplasty with humeral hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty yield similar self-assessed outcomes in the management of comparable patients with glenohumeral arthritis. *J Should Elb Surg.* 2007;16(5):534–538.
- [13]. Wirth MA. Humeral head arthroplasty and meniscal allograft resurfacing of the glenoid. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(5):1109–1119.
- [14]. Elhassan B, Ozbaydar M, Diller D, Higgins LD, Warner JJP. Soft-tissue resurfacing of the glenoid in the treatment of glenohumeral arthritis in active patients less than fifty years old. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(2):419–424.
- [15]. Lee KT, Bell S, Salmon J. Cementless surface replacement arthroplasty of the shoulder with biologic resurfacing of the glenoid. *J Should Elb Surg.* 2009;18(6):915–919.
- [16]. Mallon WJ, Brown HR, Vogler JB 3rd, Martinez S. Radiographic and geometric anatomy of the scapula. *Clin Orthop.* 1992;(277):142–154.

- [17]. Maurer A, Fucentese SF, Pfirrmann CWA, et al. Assessment of glenoid inclination on routine clinical radiographs and computed tomography examinations of the shoulder. *J Should Elb Surg*. 2012;21(8):1096–1103.
- [18]. Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty*. 1999;14(6):756–760.
- [19]. Nyffeler RW, Jost B, Pfirrmann CWA, Gerber C. Measurement of glenoid version: conventional radiographs versus computed tomography scans. *J Should Elb Surg*. 2003;12(5):493–496.
- [20]. Neer CS 2nd, Morrison DS. Glenoid bone-grafting in total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1988;70(8):1154–1162.
- [21]. Neer CS. Replacement arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis. *J Bone Jt Surg Am*. 1974;56:1–13.
- [22]. Lettin AW, Copeland SA, Scales JT. The Stanmore total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 1982;64(1):47–51.
- [23]. Kondo M. Study on the movement of the scapula during elevation of the arm. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi*. 1986;60(2):175–185.
- [24]. De Wilde LF, Berghs BM, Audenaert E, Sys G, Van Maele GO, Barbaix E. About the variability of the shape of the glenoid cavity. *Surg Radiol Anat SRA*. 2004;26(1):54–59.
- [25]. Bokor DJ, O’Sullivan MD, Hazan GJ. Variability of measurement of glenoid version on computed tomography scan. *J Should Elb Surg*. 1999;8(6):595–598.
- [26]. Bryce CD, Pennypacker JL, Kulkarni N, et al. Validation of three-dimensional models of in situ scapulae. *J Should Elb Surg*. 2008;17(5):825–832.
- [27]. Lynch JR, Franta AK, Montgomery WH Jr, Lenters TR, Mounce D, Matsen FA 3rd. Self-assessed outcome at two to four years after shoulder hemiarthroplasty with concentric glenoid reaming. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(6):1284–1292.
- [28]. Saltzman MD, Chamberlain AM, Mercer DM, Warme WJ, Bertelsen AL, Matsen FA 3rd. Shoulder hemiarthroplasty with concentric glenoid reaming in patients 55 years old or less. *J Should Elb Surg*. 2011;20(4):609–615.
- [29]. Habermeyer P, Magosch P, Luz V, Lichtenberg S. Three-dimensional glenoid deformity in patients with osteoarthritis: a radiographic analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(6):1301–1307.
- [30]. Mercer DM, Gilmer BB, Saltzman MD, Bertelsen A, Warme WJ, Matsen FA 3rd. A quantitative method for determining medial migration of the humeral head after shoulder arthroplasty: preliminary results in assessing glenoid wear at a minimum of two years after hemiarthroplasty with concentric glenoid reaming. *J Should Elb Surg*. 2011;20(2):301–307.
- [31]. Saller K. Systematische Anthropologie A. Somatische Anthropologie. In: *Lehrbuch der Anthropologie*. Stuttgart: G Fisher; 1957.
- [32]. Moor BK, Bouaicha S, Rothenfluh DA, Sukthankar A, Gerber C. Is there an association between the individual anatomy of the scapula and the development of rotator cuff tears or osteoarthritis of the glenohumeral joint?: A radiological study of the critical shoulder angle. *Bone Jt*. 2013;95-B(7):935–941.

- [33]. Edelson JG. Patterns of degenerative change in the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77(2):288–292.
- [34]. De Wilde LF, Verstraeten T, Speeckaert W, Karelse A. Reliability of the glenoid plane. *J Should Elb Surg.* 2010;19(3):414–422.
- [35]. Mullaji AB, Beddow FH, Lamb GH. CT measurement of glenoid erosion in arthritis. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76(3):384–388.
- [36]. Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Molé D. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86(3):388–395.
- [37]. Walch G, Boulahia A, Boileau P, Kempf JF. Primary glenohumeral osteoarthritis: clinical and radiographic classification. The Aequalis Group. *Acta Orthop Belg.* 1998;64 Suppl 2:46–52.
- [38]. Bouchet A, Cuilleret J. os et articulations de l'épaule. In: *Anatomie topographique descriptive et fonctionnelle.* Vol le membre supérieur le membre inférieur. 2ème édition. SIMEP SA. Paris; 1983:1161.
- [39]. Iannotti JP, Gabriel JP, Schneck SL, Evans BG, Misra S. The normal glenohumeral relationships. An anatomical study of one hundred and forty shoulders. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74(4):491–500.
- [40]. Falaise V, Levigne C, Favard L, SOFEC. Scapular notching in reverse shoulder arthroplasties: the influence of glenometaphyseal angle. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* 2011;97(6 Suppl):S131–137. doi:10.1016/j.otsr.2011.06.007.
- [41]. Neer C. Fractures about the shoulder : Fractures of the proximal humerus. In: *Fractures in Adults.* Vol 1. JB Linpicott. Philadelphia: Rockwood CA, Green DP; 1984:679–680.
- [42]. Gallino M, Santamaria E, Doro T. Anthropometry of the scapula: clinical and surgical considerations. *J Should Elb Surg.* 1998;7(3):284–291.
- [43]. Sperling JW, Cofield RH. Revision total shoulder arthroplasty for the treatment of glenoid arthrosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80(6):860–867.
- [44]. Gadea F, Alami G, Pape G, Boileau P, Favard L. Shoulder hemiarthroplasty: Outcomes and long-term survival analysis according to etiology. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(6):659–665.
- [45]. Hettrich CM, Weldon E, Boorman RS, Parsons IM, Matsen FA. Preoperative factors associated with improvements in shoulder function after humeral hemiarthroplasty. *J Bone Jt Surg Am.* 2004;86-A:1446–51.
- [46]. Iannotti JP, Norris TR. Influence of preoperative factors on outcome of shoulder arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis. *J Bone Jt Surg Am.* 2003;85-A:251–8.
- [47]. Denard PJ, Raiss P, Sowa B, Walch G. Mid- to long-term follow-up of total shoulder arthroplasty using a keeled glenoid in young adults with primary glenohumeral arthritis. *J Should Elb Surg.* 2013;22(7):894–900.
- [48]. Fox TJ, Foruria AM, Klika BJ, Sperling JW, Schleck CD, Cofield RH. Radiographic survival in total shoulder arthroplasty. *J Should Elb Surg Am Should Elb Surg Al.* 2013;22(9):1221–1227.

[49]. Levine WN, Fischer CR, Nguyen D, Flatow EL, Ahmad CS, Bigliani LU. Long-term follow-up of shoulder hemiarthroplasty for glenohumeral osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(22):e164.

[50]. Matsen FA 3rd, Clark JM, Titelman RM, et al. Healing of reamed glenoid bone articulating with a metal humeral hemiarthroplasty: a canine model. *J Orthop Res.* 2005;23(1):18-26.

35 pages–2 tableaux-7 figures

## **RESUME**

L'usure glénoïdienne (Ug) représente la première cause d'échec des hémiarthroplasties d'épaule. Une usure asymétrique (glène biconcave) est étroitement corrélée à la diminution des scores fonctionnels. En revanche, en cas d'usure concentrique, la corrélation est nettement moins évidente. Une des raisons de cette incertitude tient à l'absence d'un outil fiable de mesure de l'Ug. Nous avons conçu et validé une méthode originale pour mesurer cette usure dans le temps sur la radiographie de face. Notre hypothèse était que la médialisation de la tête humérale, témoin indirect de l'Ug, pouvait être évaluée par rapport à 3 points invariants : le bord latéral de l'ovale coracoïdien radiologique (C), le pôle inférieur de la glène (I) et le bord externe de l'acromion (A).

Nous avons défini un indice de médialisation correspondant au rapport entre un segment variable, relatif au bord médial de la tête humérale, et un segment fixe, défini par rapport aux points A, C et I. L'Ug était calculée par l'indice d'usure (Iu) défini comme le rapport entre les indices de médialisation calculés sur 2 radiographies d'un patient donné. La reproductibilité de l'incidence des 2 radiographies était appréciée en comparant les angles AÎC. La fiabilité de l'indice d'usure a été évaluée par 5 observateurs sur une série de 24 patients ne présentant pas d'Ug entre les 2 radiographies. Les tests statistiques ont été réalisés par le coefficient de corrélation de Kendall.

Les reproductibilités intra et inter-observateurs étaient respectivement de 0,9244 (p 0,0004) et de 0,8983 (p 0,0001). Seuls 17 dossiers avaient des angles AÎC comparables. Pour ces patients, la concordance de l'Iu pour 4 des 5 observateurs était de 94% en tolérant une incertitude sur l'évaluation de l'Iu de  $\pm 0,01$ .

L'Iu est le premier indice fiable et reproductible de la littérature pour évaluer quantitativement l'Ug. Il faut tester notre indice sur des séries d'usures évolutives pour en évaluer la sensibilité. Dans l'avenir, l'Iu pourrait permettre de déterminer la corrélation, si elle existe, entre les scores fonctionnels et la progression de l'Ug dans les usures glénoïdiennes concentriques. L'Iu pourrait permettre d'évaluer l'efficacité de techniques de préservation de la glène dans les remplacements unipolaires, notamment pour les sujets âgés de moins de 55 ans pour lesquels l'implantation d'une prothèse totale anatomique est déconseillée.

## **Mots clés :**

- Usure glénoïdienne
- Hémiarthroplastie d'épaule

## **Jury**

Président : Monsieur le Professeur Philippe ROSSET

Membres : Monsieur le Professeur Luc FAVARD

Monsieur le Professeur Laurent BRUNEREAU

Monsieur le Docteur Yves BOUJU

**Date de la soutenance** : Lundi 28 octobre 2013