

Année 2022-2023

N°

Thèse

Pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'État

par

Alexandre MORANTE DE LOS REYES

Né le 20/08/1993 à Saintes (17)

Évolution de l'inclinaison scapulaire

après prothèse totale d'épaule inversée à 2 ans de recul

Présentée et soutenue publiquement le 03/03/2023 devant un jury composé de :

Président du Jury : Professeur Luc FAVARD, Chirurgie orthopédique et traumatologique, Faculté de médecine - Tours

Membres du Jury :

Professeur Émérite Philippe ROSSET, chirurgie orthopédique et traumatologique, Faculté de médecine - Tours

Docteur Marion BESNARD, chirurgie orthopédique et traumatologique, PH - CH Amboise

Docteur Yves BOUJU, chirurgie orthopédique et traumatologique , Clinique Atlantique - Nantes

Directeur de thèse : Professeur Julien BERHOUET, chirurgie orthopédique et traumatologique , Faculté de médecine - Tours

UNIVERSITE DE TOURS
FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

DOYEN

Pr Patrice DIOT

VICE-DOYEN

Pr Henri MARRET

ASSESSEURS

Pr Denis ANGOULVANT, *Pédagogie*

Pr Mathias BUCHLER, *Relations internationales*

Pr Theodora BEJAN-ANGOULVANT, *Moyens – relations avec l'Université*

Pr Clarisse DIBAO-DINA, *Médecine générale*

Pr François MAILLOT, *Formation Médicale Continue*

Pr Patrick VOURC'H, *Recherche*

RESPONSABLE ADMINISTRATIVE

Mme Carole ACCOLAS

DOYENS HONORAIRES

Pr Emile ARON (†) – 1962-1966

Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962

Pr Georges DESBUQUOIS (†) – 1966-1972

Pr André GOUAZE (†) – 1972-1994

Pr Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004

Pr Dominique PERROTIN – 2004-2014

PROFESSEURS EMERITES

Pr Daniel ALISON

Pr Gilles BODY

Pr Philippe COLOMBAT

Pr Etienne DANQUECHIN-DORVAL

Pr Pascal DUMONT

Pr Bernard FOUQUET

Pr Yves GRUEL

Pr Gérard LORETTE

Pr Dominique PERROTIN

Pr Philippe ROSSET

PROFESSEURS HONORAIRES

P. ANTHONIOZ – P. ARBEILLE – A. AUDURIER – A. AUTRET – P. BAGROS – C. BARTHELEMY – J.L. BAULIEU – C. BERGER – JC. BESNARD – P. BEUTTER – C. BONNARD – P. BONNET – P. BOUGNOUX – P. BURDIN – L. CASTELLANI – J. CHANDENIER – A. CHANTEPIE – B. CHARBONNIER – P. CHOUTET – T. CONSTANS – C. COUET – L. DE LA LANDE DE CALAN – J.P. FAUCHIER – F. FETISSOF – J. FUSCIARDI – P. GAILLARD – G. GINIES – D. GOGA – A. GOUDEAU – J.L. GUILMOT – O. HAILLOT – N. HUTEN – M. JAN – J.P. LAMAGNERE – F. LAMISSE – Y. LANSON – O. LE FLOCH – Y. LEBRANCHU – E. LECA – P. LECOMTE – AM. LEHR-DRYLEWICZ – E. LEMARIE – G. LEROY – M. MARCHAND – C. MAURAGE – C. MERCIER – J. MOLINE – C. MORAINÉ – J.P. MUH – J. MURAT – H. NIVET – L. POURCELOT – R. QUENTIN – P. RAYNAUD – D. RICHARD-LENOBLE – A. ROBIER – J.C. ROLLAND – D. ROYERE – A. SAINDELLE – E. SALIBA – J.J. SANTINI – D. SAUVAGE – D. SIRINELLI – J. WEILL

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ANDRES Christian.....	Biochimie et biologie moléculaire
ANGOULVANT Denis	Cardiologie
APETOH Lionel	Immunologie
AUPART Michel.....	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BABUTY Dominique	Cardiologie
BAKHOS David.....	Oto-rhino-laryngologie
BALLON Nicolas	Psychiatrie ; addictologie
BARBIER François.....	Médecine intensive et réanimation
BARILLOT Isabelle	Cancérologie ; radiothérapie
BARON Christophe	Immunologie
BEJAN-ANGOULVANT Théodora	Pharmacologie clinique
BERHOUE Julien	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BERNARD Anne	Cardiologie
BERNARD Louis	Maladies infectieuses et maladies tropicales
BLANCHARD-LAUMONNIER Emmanuelle	Biologie cellulaire
BLASCO Hélène.....	Biochimie et biologie moléculaire
BONNET-BRILHAULT Frédérique	Physiologie
BOURGUIGNON Thierry	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
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
CORCIA Philippe.....	Neurologie
COTTIER Jean-Philippe	Radiologie et imagerie médicale
DEQUIN Pierre-François.....	Thérapeutique
DESMIDT Thomas	Psychiatrie
DESOUBEAUX Guillaume.....	Parasitologie et mycologie
DESTRIEUX Christophe	Anatomie
DI GUISTO Caroline	Gynécologie obstétrique
DIOT Patrice.....	Pneumologie
DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague	Anatomie & cytologie pathologiques
DUCLUZEAU Pierre-Henri.....	Endocrinologie, diabétologie, et nutrition
EL HAGE Wissam.....	Psychiatrie adultes
EHRMANN Stephan	Médecine intensive – réanimation
FAUCHIER Laurent	Cardiologie
FAVARD Luc.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
FOUGERE Bertrand	Gériatrie
FRANCOIS Patrick.....	Neurochirurgie
FROMONT-HANKARD Gaëlle	Anatomie & cytologie pathologiques
GATAULT Philippe.....	Néphrologie
GAUDY-GRAFFIN Catherine.....	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
GOUPILLE Philippe	Rhumatologie
GUERIF Fabrice	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
GUILLON Antoine.....	Médecine intensive – réanimation
GUILLON-GRAMMATICO Leslie.....	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
GUYETANT Serge	Anatomie et cytologie pathologiques
GYAN Emmanuel.....	Hématologie, transfusion
HALIMI Jean-Michel.....	Thérapeutique
HANKARD Régis.....	Pédiatrie
HERAULT Olivier	Hématologie, transfusion
HERBRETEAU Denis	Radiologie et imagerie médicale
HOURIOUX Christophe.....	Biologie cellulaire
IVANES Fabrice	Physiologie
LABARTHE François	Pédiatrie
LAFFON Marc	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence
LARDY Hubert.....	Chirurgie infantile
LARIBI Saïd.....	Médecine d'urgence
LARTIGUE Marie-Frédérique.....	Bactériologie-virologie
LAURE Boris.....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
LECOMTE Thierry.....	Gastroentérologie, hépatologie
LEGRAS Antoine.....	Chirurgie thoracique
LESCANNE Emmanuel.....	Oto-rhino-laryngologie
LINASSIER Claude	Cancérologie, radiothérapie

MACHET Laurent	Dermato-vénéréologie
MAILLOT François	Médecine interne
MARCHAND-ADAM Sylvain	Pneumologie
MARRET Henri	Gynécologie-obstétrique
MARUANI Annabel	Dermatologie-vénéréologie
MEREGHETTI Laurent	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
MITANCHEZ Delphine	Pédiatrie
MORINIERE Sylvain	Oto-rhino-laryngologie
MOUSSATA Driffa	Gastro-entérologie
MULLEMAN Denis	Rhumatologie
ODENT Thierry	Chirurgie infantile
OUAISSI Mehdi	Chirurgie digestive
OULDAMER Lobna	Gynécologie-obstétrique
PAINTAUD Gilles	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PATAT Frédéric	Biophysique et médecine nucléaire
PERROTIN Franck	Gynécologie-obstétrique
PISELLA Pierre-Jean	Ophtalmologie
PLANTIER Laurent	Physiologie
REMERAND Francis	Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence
ROINGEARD Philippe	Biologie cellulaire
RUSCH Emmanuel	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
SAINT-MARTIN Pauline	Médecine légale et droit de la santé
SALAME Ephrem	Chirurgie digestive
SAMIMI Mahtab	Dermatologie-vénéréologie
SANTIAGO-RIBEIRO Maria	Biophysique et médecine nucléaire
THOMAS-CASTELNAU Pierre	Pédiatrie
TOUTAIN Annick	Génétique
VAILLANT Loïc	Dermato-vénéréologie
VELUT Stéphane	Anatomie
VOURC'H Patrick	Biochimie et biologie moléculaire
WATIER Hervé	Immunologie
ZEMMOURA Ilyess	Neurochirurgie

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

DIBAO-DINA Clarisse
LEBEAU Jean-Pierre

PROFESSEURS ASSOCIES

MALLET DonatienSoins palliatifs
ROBERT Jean.....Médecine Générale

PROFESSEUR CERTIFIE DU 2ND DEGRE

MC CARTHY Catherine.....Anglais

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AUDEMARD-VERGER Alexandra	Médecine interne
BARBIER Louise	Chirurgie digestive
BINET Aurélien	Chirurgie infantile
BISSON Arnaud	Cardiologie (CHRO)
BRUNAUT Paul	Psychiatrie d'adultes, addictologie
CAILLE Agnès	Biostat., informatique médical et technologies de communication
CARVAJAL-ALLEGRIA Guillermo	Rhumatologie (au 01/10/2021)
CLEMENTY Nicolas	Cardiologie
DENIS Frédéric	Odontologie
DOMELIER Anne-Sophie	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
DUFOUR Diane	Biophysique et médecine nucléaire
ELKRIEF Laure	Hépatologie – gastroentérologie
FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie	Anatomie et cytologie pathologiques
GOUILLEUX Valérie	Immunologie
HOARAU Cyrille	Immunologie

LE GUELLEC Chantal.....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
LEFORT Bruno.....	Pédiatrie
LEMAIGNEN Adrien.....	Maladies infectieuses
MACHET Marie-Christine.....	Anatomie et cytologie pathologiques
MOREL Baptiste.....	Radiologie pédiatrique
PARE Arnaud.....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
PIVER Éric.....	Biochimie et biologie moléculaire
ROUMY Jérôme.....	Biophysique et médecine nucléaire
SAUTENET Bénédicte.....	Thérapeutique
STANDLEY-MIQUELESTORENA Elodie.....	Anatomie et cytologie pathologiques
STEFIC Karl.....	Bactériologie
TERNANT David.....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
VAYNE Caroline.....	Hématologie, transfusion
VUILLAUME-WINTER Marie-Laure.....	Génétique

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

AGUILLON-HERNANDEZ Nadia.....	Neurosciences
NICOGLU Antonine.....	Philosophie – histoire des sciences et des techniques
PATIENT Romuald.....	Biologie cellulaire
RENOUX-JACQUET Cécile.....	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

AUMARECHAL Alain.....	Médecine Générale
BARBEAU Ludivine.....	Médecine Générale
CHAMANT Christelle.....	Médecine Générale
ETTORI-AJASSE Isabelle.....	Médecine Générale
PAUTRAT Maxime.....	Médecine Générale
RUIZ Christophe.....	Médecine Générale
SAMKO Boris.....	Médecine Générale

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRAE

BECKER Jérôme.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BOUAKAZ Ayache.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BRIARD Benoît.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
CHALON Sylvie.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
DE ROCQUIGNY Hugues.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
ESCOFFRE Jean-Michel.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
GILOT Philippe.....	Chargé de Recherche Inrae – UMR Inrae 1282
GOUILLEUX Fabrice.....	Directeur de Recherche CNRS – EA 7501 - ERL CNRS 7001
GOMOT Marie.....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
GUEGUINOU Maxime.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1069
HEUZE-VOURCH Nathalie.....	Directrice de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
KORKMAZ Brice.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
LATINUS Marianne.....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
LAUMONNIER Frédéric.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
LE MERREUR Julie.....	Directrice de Recherche CNRS – UMR Inserm 1253
MAMMANO Fabrizio.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
MEUNIER Jean-Christophe.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
PAGET Christophe.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
RAOUL William.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR CNRS 1069
SI TAHAR Mustapha.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
SUREAU Camille.....	Directrice de Recherche émérite CNRS – UMR Inserm 1259
WARDAK Claire.....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour l'Ecole d'Orthophonie

DELORE Claire.....	Orthophoniste
GOUIN Jean-Marie.....	Praticien Hospitalier

Pour l'Ecole d'Orthoptie

BOULNOIS Sandrine.....	Orthoptiste
------------------------	-------------

Pour l'Ethique Médicale

BIRMELE Béatrice.....	Praticien Hospitalier
-----------------------	-----------------------

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.

RESUME

Introduction : Dans les prothèses totales d'épaule inversées (PTEI), la modification de l'anatomie de l'épaule par abaissement et médialisation du centre de rotation peut entraîner des conflits précoces responsables d'encoche du pilier de la scapula. Une variation de l'inclinaison scapulaire dans les suites d'une PTEI peut avoir une influence sur les résultats post opératoires. L'objectif principal de cette étude était d'étudier l'évolution de l'inclinaison scapulaire dans le plan frontal après pose d'une PTEI. L'hypothèse était que l'inclinaison restait identique entre le pré opératoire et au cours du suivi post opératoire en position de repos debout.

Matériel et méthodes : Il s'agissait d'une étude rétrospective portant sur 31 épaules implantées d'une PTEI, au recul moyen de 2 ans post opératoires. La variation de l'angle entre l'horizontale et la ligne de fond de fosse supra épineuse (α), et des angles entre la ligne glénoïdienne et la verticale (β) ou la perpendiculaire à la ligne de fond de fosse (γ), a été analysée en pré opératoire, à J45, M3 ou M6, 1 an et 2 ans sur des radiographies standard. Une analyse de ces angles sur le scanner pré opératoire a également été effectuée. L'influence de l'indice de masse corporelle (IMC), de la trophicité musculaire et de l'infiltration graisseuse de la coiffe sur l'inclinaison scapulaire a été recherchée. L'influence de l'inclinaison scapulaire sur les mobilités post opératoires a enfin été analysée.

Résultats : L'angle α , reflétant l'inclinaison scapulaire, présentait une forte variation initiale jusqu'à 3 à 6 mois. Il se normalisait ensuite progressivement et revenait à la condition pré opératoire après 2 ans de recul. Aucun lien significatif n'a été retrouvé entre l'inclinaison scapulaire et l'IMC et la trophicité musculaire. L'angle α était significativement plus faible sur le scanner ($14.6^\circ (\pm 8.9^\circ)$) que sur les radiographies ($23.1^\circ (\pm 10.3^\circ)$) chez les patients à IMC normal ($p = 0,039$).

Un angle alpha moyen plus faible à $16,5^\circ (\pm 5,4^\circ)$ était significativement associé à une meilleure rotation interne active coude au corps $\geq L2$ ($p = 0,03$).

Conclusion : L'inclinaison scapulaire revient à son état initial pré opératoire, après l'implantation d'une PTEI, à 2 ans de recul.

Niveau de preuve : IV- Étude clinique rétrospective

Mots clés : Prothèse totale inversée d'épaule, Inclinaison scapulaire, Inclinaison glénoïdienne

ABSTRACT

Introduction: In reverse shoulder arthroplasty (RSA), the alteration of shoulder anatomy by lowering and medialization of the center of rotation can lead to early conflicts responsible for scapular pillar notching. Variation in scapular tilt in the follow-up to RSA may influence postoperative outcomes. The main objective of this study was to investigate the evolution of scapular tilt in the frontal plane after RSA. The hypothesis was that the inclination remained identical between the preoperative and during the postoperative follow-up in the standing rest position.

Material and methods: This is a retrospective study of 31 shoulders after an RSA, with a mean postoperative follow-up of two years. The variation of the angle between the horizontal and the supra-spinous fossa line (alpha α), and that of the angles between the glenoid inclination and the vertical (beta β) or the perpendicular to the fossa line (gamma γ), were analyzed preoperatively and also at D45, M3 or M6, 1 year and 2 years by standard radiography. An analysis of these angles on the preoperative CT scan was also performed. The influence of body mass index (BMI), muscle trophicity, and fatty infiltration of the cuff on scapular tilt was investigated. Finally, the influence of scapular tilt on postoperative mobility was analyzed.

Results: The angle α , reflecting the scapular tilt, showed a strong initial variation until 3 to 6 months. It then gradually normalized and returned to the preoperative condition after 2 years. No significant relationship was found between scapular tilt, BMI and muscle trophicity. The angle was significantly lower on CT ($14.6^\circ (\pm 8.9^\circ)$) than on X-ray ($23.1^\circ (\pm 10.3^\circ)$) in patients with normal BMI ($p = 0.039$). A lower mean alpha angle at $16.5^\circ (\pm 5.4^\circ)$ was significantly associated with a better active internal rotation elbow to body $\geq L2$ ($p = 0.03$).

Conclusion: Scapular tilt returns to its initial preoperative state after RSA implantation a two-year-follow-up.

Key words: Total reverse shoulder arthroplasty, Scapular orientation, Glenoid inclination

Table des matières

INTRODUCTION	11
PATIENTS ET METHODE	13
RESULTATS	19
DISCUSSION	26
REFERENCES	31

INTRODUCTION

La prothèse totale d'épaule inversée (PTEI), mise au point par Paul Grammont en 1985 pour le traitement de l'omarthrose excentrée, a pour principes d'abaisser et de médialiser le centre de rotation de l'épaule, permettant ainsi un meilleur recrutement du deltoïde, tout en garantissant une stabilité articulaire satisfaisante, alors même que la coiffe des rotateurs est déficiente (1,2). Cette modification de l'anatomie de l'épaule a pour conséquence la survenue de conflits mécaniques entre la prothèse et les structures osseuses péri-articulaires, limitant les mobilités post-opératoires et entraînant à terme l'encoche scapulaire. Celle-ci participerait au descellement prothétique glénoïdien (3–5).

Alors que d'importantes évolutions techniques et matérielles ont pu être apportées ces dernières années, il est désormais possible de planifier virtuellement, grâce à des logiciels modernes, l'influence du choix et du positionnement des implants prothétiques sur les mobilités articulaires (6–8). Néanmoins, seule l'articulation gléno-humérale est prise pour référence lors de cette analyse fonctionnelle. La participation de l'articulation scapulo-thoracique et l'orientation de la scapula ne sont pas simulées. Ces planifications virtuelles reposent de surcroît sur des reconstructions tridimensionnelles des segments osseux, dont l'acquisition scanner a été faite en position de décubitus dorsal (6–8).

Les modifications de la cinématique scapulo-thoracique induites par l'implantation d'une PTEI semblent pourtant déterminantes pour comprendre la survenue du conflit et prévenir l'ostéolyse d'origine mécanique du pilier scapulaire (2,6,9,10). Plusieurs études en analyse dynamique radiographique et scanographique ont montré que le ratio huméro-scapulaire diminue après PTEI, suggérant par rapport à une épaule saine, une participation plus importante de l'articulation scapulo-thoracique pour les mouvements d'abduction (4,11–13). L'effet de ce recrutement scapulo-thoracique prépondérant après prothèse reste dépendant de l'inclinaison scapulaire initiale au repos. La mobilité scapulaire par rapport au thorax, ou mouvement de

« sonnette », est d'autant plus importante que l'orientation de la scapula se fait vers le bas en position de repos (14). Dans ces conditions, la survenue du conflit os-prothèse est retardé et le risque d'encoche est moindre en adduction. En d'autres termes, l'inclinaison frontale pré opératoire de la scapula au repos pourrait avoir une valeur pronostique sur la survenue de l'encoche après implantation d'une PTEI, sous réserve que l'orientation scapulaire soit stable dans le temps, et qu'elle soit restituée après opération.

L'objectif principal de cette étude était d'étudier l'évolution de l'inclinaison de la scapula après la pose d'une PTEI. Notre hypothèse était que la position de la scapula reste la même entre le pré opératoire et au cours du suivi post opératoire en position de repos debout.

Les objectifs secondaires étaient de comparer les mesures de l'inclinaison scapulaire pré opératoire entre le scanner et les radiographies standard en position debout, d'évaluer l'influence de la trophicité et de l'involution graisseuse de la coiffe des rotateurs sur l'inclinaison scapulaire, et l'impact de celle-ci sur les mobilités de l'épaule.

PATIENTS ET METHODE

Schéma d'étude et patients

Il s'agissait d'une étude rétrospective avec un suivi prospectif de l'ensemble de la population opérée par deux chirurgiens seniors (LF et JB) au Centre Hospitalier Universitaire de Tours, entre le 17/02/2015 et le 21/08/2017. L'utilisation des données cliniques et paracliniques des patients inclus dans cette étude rentrait dans le cadre plus global d'un suivi prospectif à long terme des patients opérés d'une prothèse totale d'épaule (IRB: 13B-T-SHOULDER-RM).

Les critères d'inclusions étaient :

- l'implantation d'une PTEI pour omarthrose primitive, rupture massive de la coiffe des rotateurs, et omarthrose secondaire excentrée (« cuff tear arthropathy ») ;
- un suivi radiographique complet comprenant des clichés pré et post opératoires à 6 semaines (J45), 3 mois (M3), 6 mois (M6), 1 an (M12) et 2 ans (M24) ;
- la réalisation d'un scanner pré opératoire.

Les critères d'exclusions étaient :

- les indications de PTEI pour fractures et leurs séquelles, omarthrose post-instabilité, arthropathie d'origine inflammatoire, tumeurs et révision prothétique ;
- un suivi radiographique incomplet ou ne remplissant pas les critères de qualité de réalisation des clichés de l'épaule de face, pré et post opératoire (14) ;
- un scanner pré opératoire manquant.

Intervention chirurgicale

La technique opératoire utilisée par les 2 chirurgiens était la même pour l'ensemble des patients de l'étude. L'installation était en position transatlantique, avec un billot sous la scapula afin de la stabiliser lors de l'exposition glénoïdienne. La voie d'abord était delto-pectorale, avec ténotomie du sous-scapulaire mis sur fil repère, pour en faciliter le release et la réparation systématique en fin d'intervention, autant que possible par des points trans-osseux. La préparation et l'implantation humérale respectaient la rétroversion anatomique du patient. La préparation et l'implantation glénoïdienne reposaient sur une planification pré opératoire 3D, réalisée avec le logiciel Blueprint® (Stryker, Montbonnot-Saint-Martin, France). Une greffe osseuse de type BIO-RSA pouvait être utilisée selon les cas (15). Les modèles de PTEI utilisées sur le versant huméral étaient l'Aequalis Ascend flex ® (tige onlay avec inclinaison à 145°) ou l'Aequalis Reversed II ® (tige inlay avec inclinaison à 155°). Sur le versant glénoïdien, un même modèle de platine et de sphère, Aequalis Reversed II, de diamètre variable pour chaque implant, était utilisé indifféremment pour les 2 configurations humérales (Tornier-Stryker, Montbonnot-Saint-Martin, France).

Évaluation clinique

L'âge, le genre, les antécédents chirurgicaux de l'épaule opérée, l'index de masse corporelle, ainsi que les mobilités actives et passives de l'épaule opérée, pré et post opératoires au plus long recul, ont été relevées.

Évaluation radiographique et critères de jugement

Le protocole radiographique pré et post opératoire était standardisé afin de garantir la reproductibilité et la comparabilité des clichés de l'épaule de face en rotation neutre. Le patient

était en position debout, de face, le bras le long du corps, rayon descendant de 20° et avec une inclinaison médio-latérale de 20°. Un réglage sous scopie était réalisé pour s'assurer d'enfiler parfaitement l'interligne articulaire gléno-huméral sur les clichés pré opératoires, et le fond (bord postérieur) de la platine glénoïdienne sur les clichés post opératoires.

L'analyse radiographique a été effectuée avec le logiciel PACS (Picture Archiving and Communication System, Carestream-Health, Rochester, NY, USA). Les mesures radiographiques pré et post opératoires comprenaient (*Figure 1A, 1B*):

- l'angle Alpha (α), mesuré entre la ligne de fond de fosse supra-épineuse et l'horizontale ;
- les angles Béta natif (β) et Béta prothétique (β_p), mesurés respectivement entre la ligne passant par les points supérieur et inférieur de la glène osseuse ou de la platine prothétique, et la verticale ;
- les angles Gamma natif (γ) et Gamma prothétique (γ_p), mesurés entre la ligne passant par les points supérieur et inférieur de la glène osseuse, ou de la platine prothétique, et la perpendiculaire à la ligne de fond de fosse.

En pratique, les angles Alpha (α) et Béta (β) évaluaient l'inclinaison glénoïdienne extrinsèque, c'est-à-dire la position de la scapula. L'angle Gamma (γ) évaluait l'inclinaison glénoïdienne intrinsèque. Il devait donc être constant en post opératoire, sauf en cas de descellement de la platine glénoïdienne. Les mesures d'(α) étant égales à ($\beta + \gamma$), les angles β et γ avaient aussi pour intérêt de contrôler l'exactitude de mesure de l'angle α .

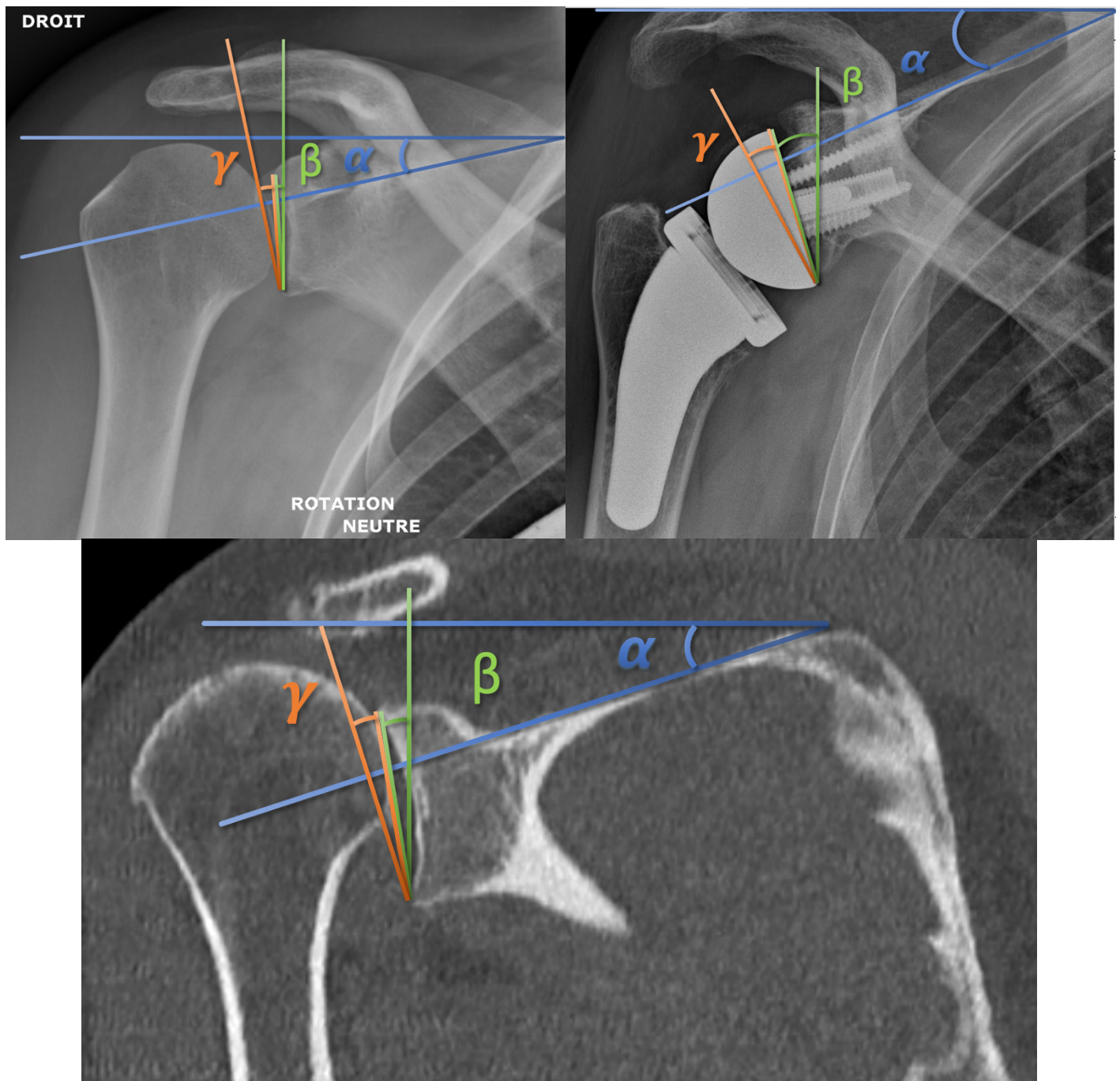


Figure 1 : Représentation des mesures angulaires A : radiographique pré opératoire ; B : radiographique post opératoire) et C : scanographique

L'objectif principal de l'étude étant d'évaluer la position de la scapula lors du suivi post opératoire d'une PTEI, il a été pris pour critère d'analyse principale la variation de l'angle α , sous le terme de critère α . Ainsi, un critère α « constant » correspondait à l'absence de variation

de l'angle α au-delà de 5° par rapport à sa valeur pré opératoire. Le même seuil de variation a aussi été utilisé pour les angles β et γ .

Évaluation scanographique et critères de jugement

Le scanner pré opératoire répondait au protocole d'acquisition nécessaire à l'application du logiciel de planification pré opératoire Blueprint® (Stryker, Montbonnot-Saint-Martin, France) utilisé en pratique courante.

Une évaluation pré opératoire de l'infiltration graisseuse des muscles de la coiffe des rotateurs, selon la classification de Goutallier, a été réalisée sur les coupes sagittales, en fenêtres tissulaires (16). L'atrophie musculaire a aussi été évaluée grâce au signe de la tangente et au ratio d'occupation de la fosse supra épineuse selon Thomazeau (17).

Les mêmes angles que ceux décrits précédemment pour l'analyse radiographique, ont été mesurés sur les coupes osseuses scanographiques, en utilisant une reconstruction MPR (MultiPlanar Reconstruction), dans les 3 plans (coronal, sagittal et axial), avec le logiciel PACS. L'objectif était de visualiser le mieux possible l'ensemble de la ligne de fond de fosse supra-épineuse, tout en étant dans le plan de la glène, avant de réaliser les mesures sur une coupe coronale (*Figure 1C*).

Analyse statistique

Les variables qualitatives étaient décrites en effectifs et pourcentages. Elles ont été comparées à l'aide des tests du Khi-2 ou de Fisher.

Les variables quantitatives étaient rapportées en moyennes et écarts types (σ). Elles ont été analysées grâce au test paramétrique de Student avec une éventuelle correction de Welch, et à défaut avec le test non paramétrique de Wilcoxon.

Un test de Student apparié (ou Wilcoxon apparié) était utilisé pour comparer la différence des valeurs radiographiques et scanographiques pré opératoires des angles Alpha, Beta et Gamma au sein d'un même groupe.

Le lien entre l'angle α à M24 et les variables d'intérêt a été étudié à l'aide d'un modèle de régression linéaire simple.

Le seuil de significativité était fixé à une valeur $p < 0,05$.

L'analyse a été conduite avec le logiciel open source R version 4.2.0.

RESULTATS

Parmi les 47 patients éligibles sur la période donnée, 16 ont été exclus en raison d'un suivi radiographique inférieur à 2 ans ou de clichés de mauvaise qualité. Au total, 31 patients, soit 31 épaules, ont pu être évalués. Il s'agissait de 26 (83,9%) femmes et 5 (16,1%) hommes, de 76,4 ans (61,7–81,9) d'âge moyen. Quatre patients avaient un antécédent de réparation de coiffe et 1 avait déjà eu une résection acromio-claviculaire. Pour tous les patients, l'indication de PTEI était une rupture massive de coiffe, avec ou sans arthrose associée (1 stade 1, 5 stade 2, 19 stade 4A, 4 stade 4B, 2 stade 5 selon Hamada-Fukuda (18)).

Évolution de l'inclinaison scapulaire en fonction des mesures angulaires

Lors du suivi radiographique, l'angle γ était constant pour chaque patient, sans variation de plus de 5° , témoignant d'une marge d'erreurs minime de nos mesures radiographiques sur le logiciel PACS. La différence de valeur d'angle γ entre le pré opératoire et le contrôle à J45 était expliquée par l'orientation de la platine prothétique donnée par le chirurgien à l'issue de l'intervention (pré opératoire : $-14,7^\circ (\pm 10^\circ)$ VS J45 : $-7,6^\circ (\pm 9^\circ)$) (*Tableau 1 et Figure 2*).

Il a été décidé pour la suite de l'analyse de répartir les patients de l'étude en deux groupes, en fonction de la valeur de l'angle α . Il était considéré comme constant si sa variation était inférieure à 5° , et inconstant s'il variait de plus de 5° (valeur absolue) entre les conditions pré et post opératoires, ainsi qu'entre chaque suivi post opératoire (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Valeurs moyennes des différents angles (en degrés) au cours du suivi
et effectifs-pourcentages des populations présentant un angle alpha constant ou inconstant

	PRE OP	J45	M3/M6	M12	M24
Alpha	21.2 (±8.9)	21.9 (±9.5)	20.3 (±7.5)	19.6 (±8.3)	20.1 (±7.9)
Beta	6.4 (±10.8)	14.3 (±12.9)	13 (±11.8)	12.1 (±12.4)	13.2 (±13.2)
Gamma	-14.7 (±10)	-7,6 (±9)	-7,3 (±8,6)	-7.4 (±8.9)	-7.2 (±8.8)
Population*					
N (%) avec					
α constant		14 (45.2%)	19 (61.3%)	16 (51.6%)	13 (41.9%)
Vs α inconstant		17 (54.8%)	12 (38.7%)	15 (48.4%)	18 (58.1%)

*population constante définie par un $\alpha = J \text{ post op} - \alpha \text{ pré op} \leq \pm 5^\circ$,
population inconstante définie par $\alpha = J \text{ post op} - \alpha \text{ pré op} > \pm 5^\circ$

L'analyse de l'angle α moyen au cours du suivi, entre les groupes de patients à angle α constant et angle α inconstant, montrait une même cinétique d'évolution importante à J45 (augmentation) et M3-M6 (diminution), puis une normalisation progressive avec une valeur α se rapprochant de la valeur pré opératoire à 2 ans post opératoire. L'angle β présentait une évolution superposable à celle de l'angle α , témoignant d'une variation commune de la valeur des angles β et α (*Figure 2*).

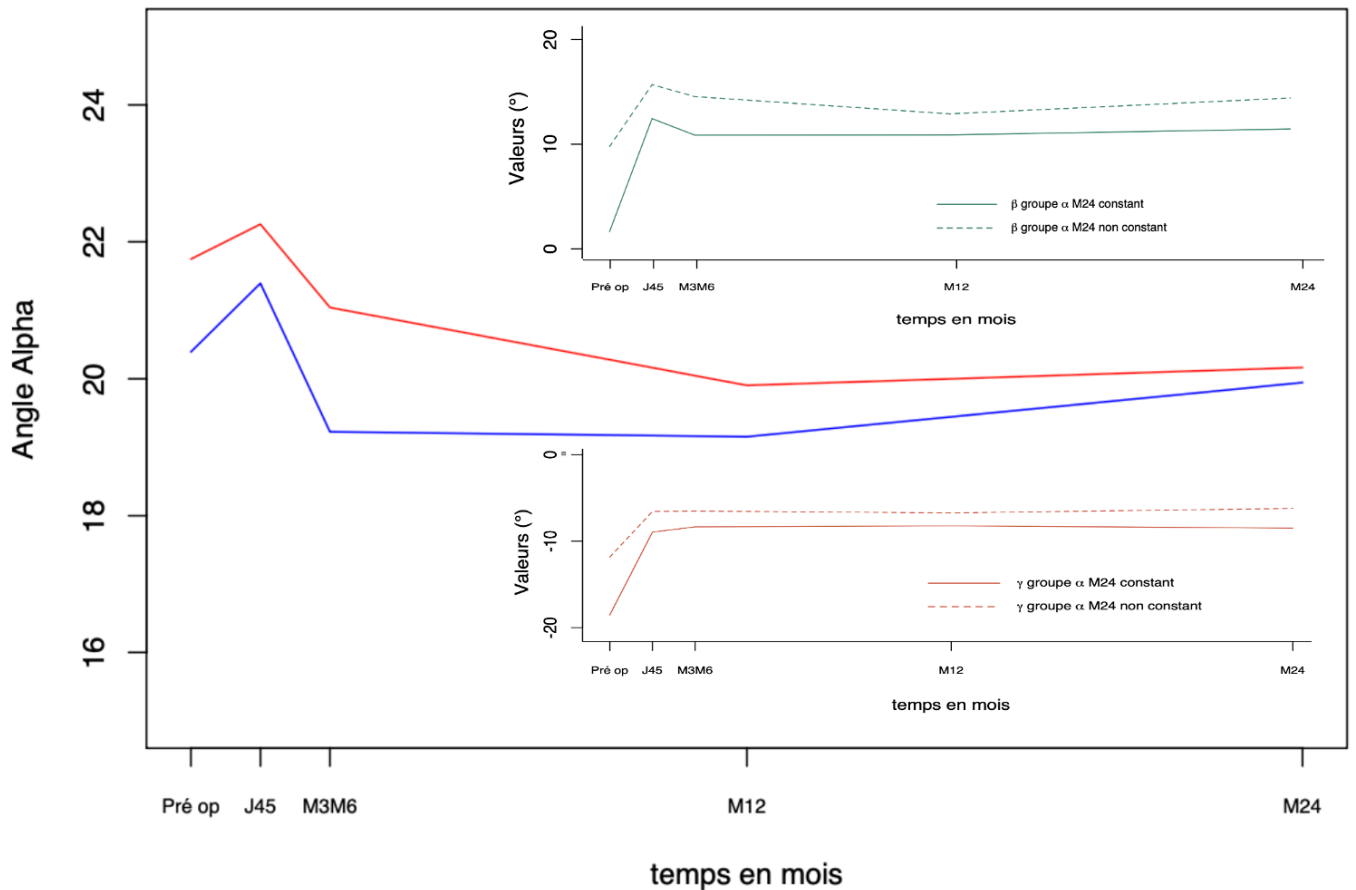


Figure 2 : Évolution des angles alpha moyen, beta moyen et gamma moyen (en degrés) au cours du suivi (pré opératoire, J45, M3, M6, M12, M24)

Courbe bleue : groupe alpha constant M24 Courbe rouge : groupe alpha inconstant M24
 Courbe verte en trait plein : Béta groupe alpha M24 constant Courbe verte en pointillés : Béta groupe alpha M24 inconstant
 Courbe orange en trait plein : Gamma groupe alpha M24 constant Courbe orange en pointillés : Gamma Groupe alpha M24 inconstant

Facteurs d'influence de l'évolution de l'inclinaison scapulaire

Seuls cinq patients (16,1%) présentaient un angle α constant tout au long du suivi. Du fait de la valeur moyenne stable de l'angle α aux différents suivis, il a été effectué une analyse comparant uniquement le groupe α constant (N=13) et le groupe α inconstant à 2 ans post-opératoire (N=18). Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les deux groupes pour l'IMC, les critères de dégénérescence graisseuse ou d'atrophie musculaire pré opératoire de la coiffe, le type d'implant utilisé et la réalisation ou non d'une BIO RSA (Tableau 2).

Tableau 2 : Comparaison des groupes alpha constant M24 VS alpha inconstant M24

	AlphaM24 constant n= 13	Alpha M24 non constant n= 18	p.value
Age	78.3 (± 6.9)	75 (± 6.9)	0.1965
Sexe F	12 (92.3%)	14 (77.8%)	0.3679
Sexe M	1 (7.7%)	4 (22.2%)	
ATCD chir épaule NON	10 (76.9%)	16 (88.9%)	0.6254
ATCD chir épaule OUI	3 (23.1%)	2 (11,1%)	
IMC	25.8 (± 4.3)	28.7 (± 5.6)	0.135
Classification Hamada 1	1 (7.7%)	0 (0%)	
Classification Hamada 2	2 (15.4%)	3 (16.7%)	
Classification Hamada 4A	7 (53.8%)	12 (66.7%)	
Classification Hamada 4B	3 (23.1%)	1 (5.6%)	
Classification Hamada 5	0 (0%)	2 (11.1%)	
Aequalis Ascend Flex	9 (69.2%)	15 (83.3%)	0.413
Aequalis Reversed	4 (30.8%)	3 (16.7%)	
BIO RSA 0	5 (38.5%)	6 (33.3%)	1
BIO RSA 1	8 (61.5%)	12 (66.7%)	
Alpha pre op	20.4 (± 5.1)	21.7 (± 11)	0.6511
Alpha J45	21.4 (± 6.9)	22.3 (± 11.2)	0.8075
Alpha M3 M6	19.2 (± 7.3)	21 (± 7.8)	0.5163
Alpha M12	19.2 (± 5.5)	19.9 (± 10.1)	0.7924
Alpha M24	19.9 (± 6.3)	20.2 (± 9.1)	0.6027
SE Goutallier 2 - 4			0.3294
IE Goutallier 1 - 4			0.5785
SSC Goutallier 1 - 4			0.9287
TM Goutallier 0 - 4			0.2209
SE ratio thomazeau 1- 3			0.511
SE tangente signe + ou -			0.2623

(ATCD : antécédents ; IMC : Index de masse corporelle ; SE : supra épineux ; IE : infra épineux, SSC : sub scapulaire ; TM : terres minor)

Comparaison des mesures radiographiques et scanographiques d'inclinaison scapulaire pré opératoires :

La valeur moyenne de l'angle α était différente sur les radiographies et les scanners pré opératoires, montrant une diminution significative, respectivement : $21.2^\circ (\pm 8.9^\circ)$ VS $16.5^\circ (\pm 8.5^\circ)$ ($p=0,02$). Cette différence n'était pas significative concernant l'angle β , mais il était également visualisé une tendance à la diminution : $6.4^\circ (\pm 10.8^\circ)$ VS $2.6^\circ (\pm 12.4^\circ)$ ($p= 0,07$). Concernant l'angle γ , cette différence n'était pas notée et il existait une stabilité de ses valeurs : $-14.7^\circ (\pm 10^\circ)$ VS $-13.5^\circ (\pm 11.4^\circ)$ ($p=0,8$).

Il a donc été conduit une analyse comparative de 2 groupes de patients, constitués sur la différence de l'angle α observée entre les mesures radiographiques et scanographiques : $\leq 5^\circ$, soit N= 13 patients avec α similaires, OU $> 5^\circ$, soit N= 18 patients avec α différents. Ainsi, dans ce dernier groupe, l'IMC apparaissait significativement moins élevé et l'angle α diminuait sur le scanner ($\alpha=14,6^\circ (\pm 8,9^\circ)$) par rapport à la radiographie ($23,1^\circ (\pm 10,3^\circ)$) ($p=0,01$), traduisant une position plus horizontale de la scapula sur l'examen en coupes. Il n'y avait sinon aucune différence significative concernant les autres critères d'analyse et notamment de trophicité musculaire et d'infiltration graisseuse de la coiffe, pouvant expliquer la différence de mesure d'angle α entre scanner et radiographie (*Tableau 3*).

Tableau 3 : Analyse comparative des caractéristiques pré opératoires des 2 groupes constitués sur la différence de l'angle α entre les mesures radiographiques et scanographiques

	Groupe α similaires N = 13	p value	Groupe α différents N = 18	p value	p value
Alpha RX pre op Alpha scanner	18.5 (± 6.1) 19.2 (± 7.3)	0,39	23.1 (± 10.3) 14.6 (± 8.9)	0,01	
Alpha (RX- Scanner)	-0.6 (± 2.6)		8.5 (± 13.3)		0.04
Beta RX pre op Beta scanner	6.8 (± 7.1) 5,6 ($\pm 6,9$)	0,39	6.3 (± 13) 1 (± 15.1)	0,11	
Gamma RX pre op Gamma scanner	-11.7 (± 7.4) 13.5 (± 7.8)	0,11	-16.8 (± 11.2) -13.6 (± 13.6)	0,31	
IMC	30.2 (± 4.6)		25.5 (± 4.8)		0.03
SE Goutallier 2 - 3					0.1
IE Goutallier 1 - 4					0.43
SSC Goutallier 1 - 4					0.46
TM Goutallier 0 - 4					0,37
SE ratio Thomazeau 1-3					0.51
SE tangente signe + ou -					0.48

(RX : radiographies, IMC : index de masse corporelle, SE : Supra épineux, IE : Infra épineux, SSC : Sub scapulaire, TM : Terres Minor)

Influence de l'inclinaison scapulaire sur les mobilités post opératoires au dernier recul

Aucune corrélation n'a été mise en évidence entre les valeurs de α et les mobilités en élévation antérieure, abduction, rotations externes (RE1 et RE2), et rotation interne bras en abduction à M24 pour l'ensemble des patients de l'étude.

Seule la rotation interne coude au corps active (RI1, valeur seuil considérée $\geq$ L2, soit N=12) était significativement meilleure en cas d'angle α plus faible (RI1 $\geq$ L2, $\alpha = 16,5^\circ (\pm 5,4^\circ)$ versus RI2 < L2, $\alpha = 22,3^\circ (\pm 9,1^\circ)$, $p = 0,03$).

DISCUSSION

De nombreuses études ont montré que la sollicitation de l'articulation scapulo-thoracique augmentait dans les suites d'une PTEI, afin de conserver l'ensemble des mobilités du complexe de l'épaule, qui tendent à être réduites du fait d'un centre de rotation abaissé et médialisé (2,11–13,19–22). La présente étude a montré en particulier qu'il existait lors des premiers mois post opératoires d'une PTEI des modifications du positionnement statique de la scapula avec, dans la première année, une variation importante de son inclinaison frontale, donnée par les angles α et β , pour reprendre finalement à 2 ans post opératoire sa position initiale avant chirurgie.

L'impact potentiel de l'orientation glénoïdienne sur la propension à développer une usure de la coiffe ou une omarthrose primitive est reconnu (23–25). Le CSA (critical shoulder angle) permet de prédire le profil évolutif des patients : un CSA supérieur à 35° prédispose aux ruptures de coiffes alors qu'un CSA inférieur à 30° prédispose à l'omarthrose centrée (25,26). Ce même type de lien a été cherché entre l'inclinaison glénoïdienne et les encoches du pilier de la scapula dans les suites d'une PTEI (4,9), permettant de mieux appréhender la mise en place des implants et d'augmenter la survie des prothèses.

Falaise et al. ont montré que les patients ayant une orientation glénoïdienne supérieure pré opératoire importante, ainsi qu'un IMC faible, présentaient plus fréquemment une encoche sur le pilier de la scapula en post opératoire. Ils ont émis l'hypothèse que la mobilité de la scapulo-thoracique pourrait diminuer l'incidence péjorative de l'inclinaison glénoïdienne supérieure sur le risque d'encoches (14). En d'autres termes, une réserve de mouvement de sonnette de la scapula par rapport au thorax serait protectrice. Cette réserve de sonnette est d'autant plus importante que l'inclinaison scapulaire vers le bas en position de repos est importante. La présente étude n'a pas recherché le lien entre les valeurs de l'angle α et l'apparition d'encoche du pilier à 2 ans de recul. On peut néanmoins penser que le retour de la

scapula à sa position d'inclinaison initiale dans le plan frontal après 2 ans a probablement pour effet d'entretenir une situation péjorative à risque ou non de conflit si celle-ci existait déjà dès le pré opératoire. Un angle α pré opératoire faible, correspondant à une scapula regardant vers le haut, semble fixer d'emblée le pronostic d'encoche. Au repos, le contact entre l'implant huméral et le pilier de la scapula sera plus précoce, car il y aura probablement moins de réserve de mouvement de la scapula par rapport au thorax, et donc de possibilité de prévenir le conflit.

Dans l'objectif de retarder l'apparition de l'encoche scapulaire tout en optimisant le résultat fonctionnel et la survie de la PTEI implantée, la planification sur logiciel à partir de reconstructions tomodensitométriques, ainsi que les guides sur mesure, sont désormais de plus en plus utilisés (6–8,27–29). En comparant l'inclinaison scapulaire obtenue sur les scanners par rapport à la radiographie, il a été montré que lors du scanner en position de décubitus dorsal, la scapula a tendance à s'horizontaliser notamment chez les sujets présentant un IMC < 30 kg/m². La principale explication serait que lors de la position de décubitus dorsal durant le scanner, l'appui plus direct, généré par la table d'examen modifie de façon plus importante la position native de la scapula chez les patients à IMC normal.

Boileau et al. dans leur étude sur l'analyse du « RSA angle » définissant l'angle du tiers inférieur de la glène par rapport à la ligne de fond de fosse, retrouvait également une différence de la valeur de l'angle entre les acquisitions radiographiques et scanographiques 2D (29). Il pourrait donc être important que les logiciels de planification actuels prennent en compte l'environnement péri-scapulaire et la position native de la scapula en position debout qui serait, moins impacté par le morphotype des patients.

De nombreuses études ont analysé la position de la scapula dans l'espace, à l'aide de marqueurs cutanés optoélectroniques repérés par des caméras infrarouges. L'objectif était d'étudier et de prendre en compte la participation de l'articulation scapulo-thoracique lors d'acquisitions dynamiques sur épaule saine et après prothèse d'épaule. Ces analyses nécessitent

cependant une grosse infrastructure et un matériel adapté afin de réaliser des reconstructions dans l'espace et déterminer la position de la scapula (12,21,30–32). Des modèles de reconstruction 3D existent néanmoins à partir de deux acquisitions radiographiques dans deux plans différents, initialement par radiographies standard (33), et désormais via un système à faible irradiation tel que l'EOS (Extensible and Object-oriented System)(34).

Récemment Ohl et al. ont montré qu'à partir de cette méthode EOS, il était possible de cibler de façon reproductible des repères osseux fixes sur la scapula, afin de pouvoir analyser sa position de façon pré dynamique et potentiellement dynamique. Elle offre le double avantage d'être moins irradiante qu'un scanner et de conserver la position des patients debout lors de l'acquisition de l'imagerie (35). Depuis, des études ont analysé la position de la scapula en combinant les acquisitions de face et de profil de l'EOS, à l'aide de ces repères, permettant de déterminer de façon précise la position réelle de la scapula dans l'espace (36,37). L'EOS pourrait donc être une solution future moins irradiante, et pouvant analyser de façon plus fonctionnelle et complète le complexe de l'épaule.

Dans notre étude nous avons réalisé une analyse purement frontale de la scapula. Il est aujourd'hui connu que la position de celle-ci est très variable dans les différents plans de l'espace et que chaque patient présente une position qui lui est propre notamment dans le plan axial, en fonction de l'importance de la cyphose thoracique, influençant les mobilités de l'épaule comme le montrent Moroder et al dans leurs études (38,39).

Il reste malgré tout possible à partir d'une analyse radiographique standard d'identifier des critères permettant d'estimer les mobilités post opératoires des patients. Rol et al. ont montré qu'une orientation glénoïdienne inférieure était liée à une meilleure rotation interne en post opératoire (40). De même, Boutsiadis et al. ont décrit des critères radiographiques permettant de prédire les mobilités en rotation, abduction et élévation antérieure dans les suites de PTEI, que sont les angles LSA (Latéralisation Shoulder Angle) et DSA (Distalisation Shoulder

Angle). Ces derniers prennent pour points de mesure le bord supérieur de la glène, les rebords latéraux de l'acromion et du tubercule majeur huméral (41).

Ainsi, la modification de l'orientation statique frontale de la scapula entraîne une variation de mesure de ces angles, du fait de son impact sur l'orientation glénoïdienne extrinsèque, et pourrait donc avoir une répercussion sur les mobilités. Dans notre étude une valeur moyenne de l'angle alpha à $16,5^\circ$ était associé à une rotation interne $\geq L2$ à 2 ans de recul post opératoire. Néanmoins, nous n'avons pas retrouvé de corrélation pour les autres secteurs de mobilités.

Les limites principales de l'étude sont son caractère rétrospectif et le manque de puissance du fait d'un faible nombre de patients. Les mesures ont été effectuées manuellement sur un logiciel PACS, par un seul observateur, et peuvent donc comporter des erreurs. Néanmoins, un protocole radiographique précis et identique en pré et post opératoire a été utilisé. L'absence de variation de l'angle γ mesuré au cours du suivi est aussi garant d'une certaine reproductibilité des mesures réalisées.

La durée de suivi est de 2 ans seulement et il serait intéressant d'étudier l'inclinaison de la scapula à long terme pour savoir si l'inclinaison obtenue à 2 ans post opératoires reste stable dans le temps. Enfin, pour l'étude des mobilités, nous avons comparé la scapula en position statique par rapport à des amplitudes articulaires dynamiques. Il serait donc préférable d'étudier l'amplitude articulaire de la scapulo-thoracique en réalisant des acquisitions dynamiques en fonction de la valeur de l'angle Alpha.

CONCLUSION

L'inclinaison scapulaire revient à son état initial pré opératoire, après l'implantation d'une PTEI, à 2 ans de recul. La connaissance de l'inclinaison scapulaire pré opératoire constitue donc une information supplémentaire sur le risque de survenue de l'encoche à terme, et sur le résultat fonctionnel possible à attendre de l'implantation d'une PTEI, notamment en RI1.

La variation de l'inclinaison scapulaire entraine celle de 2 angles, α et β , reflets de l'inclinaison glénoïdienne extrinsèque. Ces 2 angles ne sont pas influencés sur le plan radiographique par les caractéristiques pré et per opératoires des patients. Ils peuvent être aussi mesurés sur une coupe coronale de scanner, mais sont plus sensibles à aux variations du BMI.

L'inclinaison scapulaire évaluée par radiographie, pourrait être une nouvelle information intégrée dans la simulation fonctionnelle proposée par certains logiciels de planification pré opératoire pour l'implantation de PTEI, partant à ce jour d'un positionnement initial erroné de la scapula.

REFERENCES

1. Grammont P, Trouilloud P, Laffay JP, Deries X. Etude et réalisation d'une nouvelle prothèse d'épaule. Etude Réalis Une Nouv Prothèse Dépaule. 1987;39(10):407-18.
2. Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont reverse prosthesis: Design, rationale, and biomechanics. J Shoulder Elbow Surg. janv 2005;14(1):S147-61.
3. Lévigne C, Boileau P, Favard L, Garaud P, Molé D, Sirveaux F, et al. Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg. nov 2008;17(6):925-35.
4. Middernacht B, De Roo PJ, Van Maele G, De Wilde LF. Consequences of Scapular Anatomy for Reversed Total Shoulder Arthroplasty. Clin Orthop. juin 2008;466(6):1410-8.
5. Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Mole 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. avr 2004;86-B(3):388-95.
6. Gauci MO, Chaoui J, Berhouet J, Jacquot A, Walch G, Boileau P. Can surgeons optimize range of motion and reduce scapulohumeral impingements in reverse shoulder arthroplasty? A computational study. Shoulder Elb. 18 févr 2021;175857322199414.
7. Boileau P, Cheval D, Gauci MO, Holzer N, Chaoui J, Walch G. Automated Three-Dimensional Measurement of Glenoid Version and Inclination in Arthritic Shoulders. J Bone Jt Surg. 3 janv 2018;100(1):57-65.
8. Walch G, Vezeridis PS, Boileau P, Deransart P, Chaoui J. Three-dimensional planning and use of patient-specific guides improve glenoid component position: an in vitro study. J Shoulder Elbow Surg. févr 2015;24(2):302-9.
9. Favard L, Berhouet J, Walch G, Chaoui J, Lévigne C. Superior glenoid inclination and glenoid bone loss: Definition, assessment, biomechanical consequences, and surgical options.

Orthop. déc 2017;46(12):1015-21.

10. Boileau P, Morin-Salvo N, Gauci MO, Seeto BL, Chalmers PN, Holzer N, et al.

Angled BIO-RSA (bony-increased offset–reverse shoulder arthroplasty): a solution for the management of glenoid bone loss and erosion. J Shoulder Elbow Surg. déc 2017;26(12):2133-42.

11. Walker D, Matsuki K, Struk AM, Wright TW, Banks SA. Scapulohumeral rhythm in shoulders with reverse shoulder arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg. juill 2015;24(7):1129-34.

12. Lee KW, Kim YI, Kim HY, Yang DS, Lee GS, Choy WS. Three-Dimensional Scapular Kinematics in Patients with Reverse Total Shoulder Arthroplasty during Arm Motion. Clin Orthop Surg. 2016;8(3):316.

13. Terrier A, Scheuber P, Pioletti DP, Farron A. Activities of daily living with reverse prostheses: importance of scapular compensation for functional mobility of the shoulder. J Shoulder Elbow Surg. juill 2013;22(7):948-53.

14. Falaise V, Levigne C, Favard L. Scapular notching in reverse shoulder arthroplasties: The influence of glenometaphyseal angle. Orthop Traumatol Surg Res. oct 2011;97(6):S131-7.

15. Boileau P, Moineau G, Roussanne Y, O'Shea K. Bony Increased Offset-Reversed Shoulder Arthroplasty (BIO-RSA). JBJS Essent Surg Tech. 27 déc 2017;7(4):e37.

16. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty Muscle Degeneration in Cuff Ruptures: Pre- and Postoperative Evaluation by CT Scan. Clin Orthop. juill 1994;304:78-83.

17. Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C, Duval JM, Langlais F. Atrophy of the supraspinatus belly Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. Acta Orthop Scand. janv 1996;67(3):264-8.

18. Hamada K, Fukuda H, Mikasa M, Kobayashi Y. Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation. Clin Orthop Relat Res. mai 1990;(254):92-6.
19. Spranz DM, Bruttel H, Eckerle JM, Wolf SI, Berrsche G, Maier MW. Variation of the glenohumeral and scapulothoracic motion in progressive severity of glenohumeral osteoarthritis. Orthop Traumatol Surg Res. déc 2019;105(8):1503-7.
20. Kwon YW, Pinto VJ, Yoon J, Frankle MA, Dunning PE, Sheikhzadeh A. Kinematic analysis of dynamic shoulder motion in patients with reverse total shoulder arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg. sept 2012;21(9):1184-90.
21. Illyés Á, Kiss RM. Shoulder joint kinematics during elevation measured by ultrasound-based measuring system. J Electromyogr Kinesiol. juin 2007;17(3):355-64.
22. Läderrmann A, Denard PJ, Boileau P, Farron A, Deransart P, Terrier A, et al. Effect of humeral stem design on humeral position and range of motion in reverse shoulder arthroplasty. Int Orthop. nov 2015;39(11):2205-13.
23. Hughes RE, Bryant CR, Hall JM, Wening J, Huston LJ, Kuhn JE, et al. Glenoid Inclination is Associated With Full-Thickness Rotator Cuff Tears: Clin Orthop. févr 2003;407:86-91.
24. Itoi E, Motzkin NE, Morrey BF, An KN. Scapular inclination and inferior stability of the shoulder. J Shoulder Elbow Surg. mai 1992;1(3):131-9.
25. 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 J. juill 2013;95-B(7):935-41.
26. Daggett M, Werner B, Collin P, Gauci MO, Chaoui J, Walch G. Correlation between glenoid inclination and critical shoulder angle: a radiographic and computed tomography

study. *J Shoulder Elbow Surg.* déc 2015;24(12):1948-53.

27. Heylen S, Van Haver A, Vuylsteke K, Declercq G, Verborgt O. Patient-specific instrument guidance of glenoid component implantation reduces inclination variability in total and reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* févr 2016;25(2):186-92.

28. Venne G, Pickell M, Ellis RE, Bicknell RT. Reliability of a novel 3-dimensional computed tomography method for reverse shoulder arthroplasty postoperative evaluation. *JSES Open Access.* oct 2019;3(3):168-73.

29. Boileau P, Gauci MO, Wagner ER, Clowez G, Chaoui J, Chelli M, et al. The reverse shoulder arthroplasty angle: a new measurement of glenoid inclination for reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* juill 2019;28(7):1281-90.

30. Friesenbichler B, Grassi A, Grobet C, Audigé L, Wirth B. Is limited shoulder abduction associated with poor scapulothoracic mobility after reverse shoulder arthroplasty? *Arch Orthop Trauma Surg.* avr 2021;141(4):587-91.

31. Karduna AR, McClure PW, Michener LA, Sennett B. Dynamic Measurements of Three-Dimensional Scapular Kinematics: A Validation Study. *J Biomech Eng.* 1 avr 2001;123(2):184-90.

32. Fayad F, Hoffmann G, Hanneton S, Yazbeck C, Lefevre-colau MM, Poiraudau S, et al. 3-D scapular kinematics during arm elevation: Effect of motion velocity. *Clin Biomech.* nov 2006;21(9):932-41.

33. Berthonnaud E, Herzberg G, Zhao KD, An KN, Dimnet J. Three-dimensional in vivo displacements of the shoulder complex from biplanar radiography. *Surg Radiol Anat.* août 2005;27(3):214-22.

34. Yasunaga T, Wakabayashi T. Extensible and Object-Oriented System Eos Supplies a New Environment for Image Analysis of Electron Micrographs of Macromolecules. *J Struct Biol.* janv 1996;116(1):155-60.

35. Ohl X, Stanchina C, Billuart F, Skalli W. Shoulder bony landmarks location using the EOS® low-dose stereoradiography system: a reproducibility study. *Surg Radiol Anat.* févr 2010;32(2):153-8.
36. Duprey S, Billuart F, Sah S, Ohl X, Robert T, Skalli W, et al. Three-Dimensional Rotations of the Scapula During Arm Abduction: Evaluation of the Acromion Marker Cluster Method in Comparison With a Model-Based Approach Using Biplanar Radiograph Images. *J Appl Biomech.* oct 2015;31(5):396-402.
37. Lagacé PY, Billuart F, Ohl X, Skalli W, Tétreault P, de Guise J, et al. Analysis of humeral head displacements from sequences of biplanar X-rays: repeatability study and preliminary results in healthy subjects. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* mars 2012;15(3):221-9.
38. Moroder P, Urvoy M, Raiss P, Werthel JD, Akgün D, Chaoui J, et al. Patient Posture Affects Simulated ROM in Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Modeling Study Using Preoperative Planning Software. *Clin Orthop.* mars 2022;480(3):619-31.
39. Moroder P, Akgün D, Plachel F, Baur ADJ, Siegert P. The influence of posture and scapulothoracic orientation on the choice of humeral component retrotorsion in reverse total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* oct 2020;29(10):1992-2001.
40. Rol M, Favard L, Berhouet J. Factors associated with internal rotation outcomes after reverse shoulder arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res.* déc 2019;105(8):1515-9.
41. Boutsiadis A, Lenoir H, Denard PJ, Panisset JC, Brossard P, Delsol P, et al. The lateralization and distalization shoulder angles are important determinants of clinical outcomes in reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* juill 2018;27(7):1226-34.

Vu, le Directeur de Thèse à Tours le 03/02/2023

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'B' or 'P' shape with a horizontal line extending to the right.

Vu, le Doyen
De la Faculté de Médecine de
Tours, le

MORANTE DE LOS REYES Alexandre 37 pages – 3 tableaux – 2 figures

RESUME

Introduction : Dans les prothèses totales d'épaule inversées (PTEI), la modification de l'anatomie de l'épaule par abaissement et médialisation du centre de rotation peut entraîner des conflits précoces responsables d'encoche du pilier de la scapula. Une variation de l'inclinaison scapulaire dans les suites d'une PTEI peut avoir une influence sur les résultats post opératoires. L'objectif principal de cette étude était d'étudier l'évolution de l'inclinaison scapulaire dans le plan frontal après pose d'une PTEI. L'hypothèse était que l'inclinaison restait identique entre le pré opératoire et au cours du suivi post opératoire en position de repos debout.

Matériel et méthodes : Il s'agissait d'une étude rétrospective portant sur 31 épaules implantées d'une PTEI, avec un recul moyen de 2 ans post opératoires. La variation de l'angle entre l'horizontale et la ligne de fond de fosse supra épineuse (alpha α), et des angles entre la ligne glénoïdienne et la verticale (béta β) ou la perpendiculaire à la ligne de fond de fosse (gamma γ), a été analysée en pré opératoire, à J45, M3 ou M6, 1 an et 2 ans sur des radiographies standard. Une analyse de ces angles sur le scanner pré opératoire a également été effectuée. L'influence de l'indice de masse corporelle (IMC), de la trophicité musculaire et de l'infiltration graisseuse de la coiffe sur l'inclinaison scapulaire a été recherchée. L'influence de l'inclinaison scapulaire sur les mobilités post opératoires a enfin été analysée.

Résultats : L'angle α , reflétant l'inclinaison scapulaire, présentait une forte variation initiale jusqu'à 3 à 6 mois. Il se normalisait ensuite progressivement et revenait à la condition pré opératoire après 2 ans de recul. Aucun lien significatif n'a été retrouvé entre l'inclinaison scapulaire et l'IMC et la trophicité musculaire. L'angle α était significativement plus faible sur le scanner ($14.6^\circ (\pm 8.9^\circ)$) que sur les radiographies ($23.1^\circ (\pm 10.3^\circ)$) chez les patients à IMC normal ($p = 0,039$).

Un angle alpha moyen plus faible à $16,5^\circ (\pm 5,4^\circ)$ était significativement associé à une meilleure rotation interne active coude au corps $\geq L2$ ($p = 0,03$).

Conclusion : L'inclinaison scapulaire revient à son état initial pré opératoire, après l'implantation d'une PTEI à 2 ans de recul.

Mots clés : Prothèse totale inversée d'épaule, Inclinaison scapulaire, Inclinaison glénoïdienne

JURY :

Président : Professeur Luc FAVARD, Chirurgie orthopédique et traumatologique, Faculté de médecine - Tours

Membres :

Professeur Émérite Philippe ROSSET, chirurgie orthopédique et traumatologique, Faculté de médecine - Tours

Docteur Marion BESNARD, chirurgie orthopédique et traumatologique, PH - CH Amboise

Docteur Yves BOUJU, chirurgie orthopédique et traumatologique, Clinique Atlantique - Nantes

Professeur Julien BERHOUET, chirurgie orthopédique et traumatologique, Faculté de médecine - Tours

Date de soutenance : 03/03/2023