



HAL
open science

Variation de la morphologie glénoïdienne entre patients avec hyperlaxité de l'épaule et contrôles : identification de modifications osseuses en lien avec l'hyperlaxité

Sirine Hamitouche

► To cite this version:

Sirine Hamitouche. Variation de la morphologie glénoïdienne entre patients avec hyperlaxité de l'épaule et contrôles : identification de modifications osseuses en lien avec l'hyperlaxité. Médecine humaine et pathologie. 2023. hal-04516777

HAL Id: hal-04516777

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04516777v1>

Submitted on 22 Mar 2024

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

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



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

AVERTISSEMENT

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

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

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

Contact bibliothèque : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

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

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

UNIVERSITE DE LORRAINE

FACULTE DE MEDECINE DE NANCY

2023

Thèse

Pour obtenir le titre de

DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Dans le cadre du troisième cycle de médecine spécialisée

Par **SIRINE HAMITUCHE**

Le 28 Juin 2023

**VARIATION DE LA MOPHOLOGIE GLENOÏDIENNE ENTRE PATIENTS AVEC
HYPERLAXITE DE L'EPAULE ET CONTRÔLES: IDENTIFICATION DE
MODIFICATIONS OSSEUSES EN LIEN AVEC L'HYPERLAXITÉ**

Membres du jury :

Mr le Professeur GONDIM TEIXEIRA

Président et directeur

Mr le Professeur BLUM

Juge

Mr le Professeur SIRVEAUX

Juge

Présidente de l'Université de Lorraine :
Madame Hélène BOULANGER

Doyen de la Faculté de Médecine
Professeur Marc BRAUN

Vice-doyenne
Pr Louise TYVAERT

Assesseurs :

- *Premier cycle* : Pr Thomas SCHWITZER et Dr Nicolas GAMBIER
- *Deuxième cycle* : Pr Antoine KIMMOUN
- *Troisième cycle hors MG* : Pr Marie-Reine LOSSER
- *Troisième cycle MG* : Pr Paolo DI PATRIZIO
- *Finances* : Prs Eliane ALBUISSON et Louise TYVAERT
- *Vie hospitalo-universitaire* : Pr Stéphane ZUILY
- *Relations avec la Grande Région* : Pr Thomas FUCHS-BUDER
- *Relations Internationales* : Pr Jacques HUBERT
- *Valorisation* : Pr Pascal ESCHWEGE
- *Interface avec les métiers de la santé* : Pr Céline HUSELSTEIN
- *Docimologie* : Pr Jacques JONAS
- *ECOS* : Pr Patrice GALLET, Dr Eva FEIGERLOVA
- *Service sanitaire* : Pr Nelly AGRINIER
- *Lecture critique d'articles* : Drs Jonathan EPSTEIN et Aurélie BANNAY
- *Interface HVL & Réseau Nasce* : Prs Nicla SETTEMBRE, Fabienne ROUYER-LIGIER et Pablo MAUREIRA
- *Etudiant* : Mehdi BELKHITER

Chargé de mission

- *PASS Médecine* : Dr Nicolas GAMBIER

Présidente du Conseil Pédagogique : Pr Louise TYVAERT
Président du Conseil Scientifique : Pr Abderrahim OUSSALAH

=====

DOYENS HONORAIRES

Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY - Marc-André BIGARD Patrick BOISSEL - Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Louis BOUTROY - Serge BRACARD - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - François CHERRIER - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE - Gilles DAUTEL - Jean-Pierre DESCHAMPS - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE - Bernard FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Pierre GAUCHER - Jean-Luc GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - Philippe HARTEMANN - Dominique HESTIN - Bruno HOEN - Gérard HUBERT - Claude HURIET - Jean-Pierre KAHN - Gilles KARCHER - Michèle KESSLER - François KOHLER Pierre LANDES - Pierre LASCOMBES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Bruno LEHEUP - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - François MARCHAL - Jean-Claude MARCHAL - Yves MARTINET - Pierre MATHIEU - Thierry MAY - Michel MERLE - Daniel MOLÉ - Pierre MONIN - Pierre NABET - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Francis PENIN - Claude PERRIN - François PLENAT - Jacques POUREL Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Jean-Luc SCHMUTZ - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Paul VERT - Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET -Jean-Pierre VILLEMOT - Denis ZMIROU - Faïez ZANNAD

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Serge BRACARD - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE - Gilbert FAURE -

Bruno HOEN - Jean-Pierre KAHN - Gilles KARCHER - Michèle KESSLER - Alain LE FAOU - Bruno LEHEUP - Thierry MAY - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Michel SCHMITT - Jean-Luc SCHMUTZ - Faiez ZANNAD

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^e Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : *Anatomie*

Professeur Marc BRAUN - Professeure Manuela PEREZ

2^e sous-section : *Histologie, embryologie et cytogénétique*

Professeur Christo CHRISTOV

3^e sous-section : *Anatomie et cytologie pathologiques*

Professeur Guillaume GAUCHOTTE – Professeur Hervé SARTELET

43^e Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{re} sous-section : *Biophysique et médecine nucléaire*

Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER - Professeur Antoine VERGER

2^e sous-section : *Radiologie et imagerie médicale*

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeure Valérie CROISÉ - Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Benjamin GORY - Professeur Damien MANDRY - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

44^e Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : *Biochimie et biologie moléculaire*

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur David MEYRE - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER - Professeur Abderrahim OUSSALAH

2^e sous-section : *Physiologie*

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur Mathias POUSSEL - Professeur Jacques JONAS

3^e sous-section : *Biologie cellulaire*

Professeure Véronique DECOT-MAILLERET

4^e sous-section : *Nutrition*

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

45^e Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : *Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*

Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^e sous-section : *Parasitologie et Mycologie*

Professeure Marie MACHOUART

3^e sous-section : *Maladies infectieuses ; maladies tropicales*

Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

46^e Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

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

Professeure Nelly AGRINIER - Professeur Francis GUILLEMIN - Professeur Cédric BAUMANN

4^e sous-section : *Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

47^e Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : *Hématologie ; transfusion*

Professeur Pierre FEUGIER – Professeur Thomas LECOMPTE - Professeur Julien BROSEUS

2^e sous-section : *Cancérologie ; radiothérapie*

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT

3^e sous-section : *Immunologie*

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

4^e sous-section : *Génétique*

Professeur Philippe JONVEAUX

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{re} sous-section : Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

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

2° sous-section : Médecine intensive-réanimation

Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY - Professeur Antoine KIMMOUN

3° sous-section : Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

4° sous-section : Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie

Professeur Nicolas GIRERD

5° sous-section : Médecine d'urgence

Professeur Tahar CHOUIHED

49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{re} sous-section : Neurologie

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

2° sous-section : Neurochirurgie

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

3° sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie

Professeur Vincent LAPREVOTE - Professeur Raymund SCHWAN - Professeur Thomas SCHWITZER -
Professeure Fabienne ROUYER-LIGIER

4° sous-section : Pédiopsychiatrie ; addictologie

Professeur Bernard KABUTH

5° sous-section : Médecine physique et de réadaptation

Professeur Jean PAYSANT

50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{re} sous-section : Rhumatologie

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

2° sous-section : Chirurgie orthopédique et traumatologique

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

3° sous-section : Dermato-vénéréologie

Professeure Anne-Claire BURSZTEJN

4° sous-section : Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie

Professeur François DAP - Professeur Etienne SIMON

51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{re} sous-section : Pneumologie ; addictologie

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

2° sous-section : Cardiologie

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET – Professeur Olivier HUTTIN

Professeur Batric POPOVIC - Professeur Nicolas SADOUL

3° sous-section : Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

Professeur Juan-Pablo MAUREIRA - Professeur Stéphane RENAUD

4° sous-section : Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY - Professeure Nicla SETTEMBRE

52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{re} sous-section : Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

2° sous-section : Chirurgie viscérale et digestive

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeure Adeline GERMAIN

3° sous-section : Néphrologie

Professeur Luc FRIMAT

4° sous-section : Urologie

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

53° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE

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

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

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

3° sous-section : Médecine générale

Professeur Jean-Marc BOIVIN - Professeur Paolo DI PATRIZIO

54° Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{re} sous-section : Pédiatrie

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

2° sous-section : Chirurgie infantile

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

3° sous-section : Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

4° sous-section : Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{re} sous-section : Oto-rhino-laryngologie

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER - Professeure Cécile RUMEAU - Professeur Patrice GALLET

2° sous-section : Ophtalmologie

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Jean-Baptiste CONART

3° sous-section : Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61° Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeure Céline HUSELSTEIN

66° Section : PHYSIOLOGIE

Professeur Nguyen TRAN

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53° Section, 3° sous-section : Médecine générale

Professeure associée Sophie SIEGRIST - Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42° Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : Anatomie

Docteur Bruno GRIGNON

44° Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : Biochimie et biologie moléculaire

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN – Docteure Catherine MALAPLATE - Docteur Marc MERTEN

2° sous-section : Physiologie

Docteure Iulia-Cristina IOAN

45° Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2° sous-section : Parasitologie et mycologie

Docteure Anne DEBOURGOGNE

46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

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

Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Arnaud FLORENTIN - Docteur Jonathan EPSTEIN – Docteur Abdou OMOROU

2° sous-section Médecine et Santé au Travail

Docteure Isabelle THAON

4° sous-section : Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication

Docteure Aurélie BANNAY (stagiaire)

47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : Hématologie ; transfusion

Docteure Maud D'AVENI

2° sous-section : Cancérologie ; radiothérapie

Docteure Lina BOLOTINE

3° sous-section : Immunologie

Docteure Alice AARNINK

4° sous-section : Génétique

Docteure Céline BONNET - Docteure Mathilde RENAUD

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

3° sous-section : Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteur Julien SCALA-BERTOLA -

Docteure Élise PAPE (stagiaire)

49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

2° sous-section : Neurochirurgie

Docteur Fabien RECH

50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

4° sous-section : Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3° sous-section : Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire

Docteur Fabrice VANHUYSE

54° Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1° sous-section : Pédiatrie

Docteure Cécile POCHON – Docteur Amandine DIVARET-CHAUVEAU

3° sous-section : Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

Docteur Charline BERTHOLD

4° sous-section : Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; Gynécologie médicale

Docteure Eva FEIGERLOVA

5° sous-section : Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale

Docteur Mikaël AGOPIANTZ

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5° Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

63° Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE, ÉLECTRONIQUE, PHOTONIQUE ET SYSTÈMES

Madame Pauline SOULET LEFEBVRE

64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET – Madame Rümeyza BASCETIN - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ –

Monsieur Christophe NEMOS – Monsieur Simon TOUPANCE

69° Section : NEUROSCIENCES

Madame Sylvie MULTON

90° Section : MAÏEUTIQUE

Madame Gaëlle AMBROISE (stagiaire)

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53^e Section, 3^e sous-section : (*Médecine générale*)

Docteur Antoine CANTON - Docteur Jean-Charles VAUTHIER

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)

Brown University, Providence (U.S.A)

Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)

Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)

Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)

Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)

*Research Institute for Mathematical Sciences de
Kyoto (JAPON)*

Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)

Université d'Helsinki (FINLANDE)

Professeur Duong Quang TRUNG (1997)

Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)

Professeur Daniel G. BICHET (2001)

Université de Montréal (Canada)

Professeur Marc LEVENSTON (2005)

Institute of Technology, Atlanta (USA)

Professeur Brian BURCHELL

(2007)

*Université de Dundee (Royaume-
Uni)*

Professeur Yunfeng ZHOU (2009)

Université de Wuhan (CHINE)

Professeur David ALPERS (2011)

Université de Washington (U.S.A)

Professeur Martin EXNER (2012)

Université de Bonn (ALLEMAGNE)

Remerciements

A notre Maitre et Président du Jury et Directeur de thèse

Monsieur le Professeur Pedro Gondim Teixeira,

Professeur des universités – Praticien hospitalier – Radiologie et imagerie médicale

Je vous remercie pour votre encadrement, votre accompagnement ainsi que votre investissement à la fois dans mon projet de thèse et dans l'enseignement aux internes au quotidien.

A notre Maitre et juge

Monsieur le Professeur Alain Blum,

Professeur des universités – Praticien hospitalier – Radiologie et imagerie médicale

Je vous remercie de me faire l'honneur de juger notre travail.

Veillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance et de ma profonde considération.

A notre Maitre et juge

Monsieur le Professeur Sirveaux,

Professeur des université – Praticien hospitalier – Chirurgie orthopédique

Je vous remercie de nous faire l'honneur d'accepter de juger notre travail et j'espère qu'il saura retenir votre intérêt.

Veillez recevoir l'assurance de ma gratitude et de mon profond respect

A mes parents, merci de m'avoir offert le meilleur, de m'avoir aidé à atteindre mes objectifs professionnels et de me supporter au quotidien.

A ma sœur, Lina, merci pour ces années de sororité, pour nos fous rires et nos disputes qui ont façonné mon sens de l'humour... et ma répartie. Merci pour ces moments de complicité qui ont façonné notre relation et qui ont participé à faire de moi la personne que je suis aujourd'hui.

A mes frères Yacine et Kafil, un remerciement commun pour votre unicité et toutes vos petites singularités. Merci de me faire l'honneur de votre présence en ce jour important. J'espère à mon tour être spectatrice de votre épanouissement professionnel et participer à votre épanouissement personnel.

A Mojen, preuve s'il en est que la nourriture unit bien des cœurs. Merci pour ton soutien infailible et ton écoute, toujours, ô combien attentive.

A Lucile et Sara, de belles rencontres nancéennes qui je l'espère continueront à perdurer et à dépasser le cadre de l'internat.

A Hélène Wurtz, aussi appelée « maman », merci pour tous les fous rires partagés autour d'une tasse de thé, d'un pot de paillette ou d'une compétition de drag queen, merci d'être présente, attentive, merci pour tes conseils toujours avisés.

A Mehdi, merci pour l'aide que tu m'as apporté dès les premiers jours, pour les dimanches staffs guilloziens qui ont laissé place aux confessions dominicales. Merci d'être l'un des piliers de mon internat.

A Loïc, pour cette passion commune du transformisme qui nous a vite soudée : « je t'aime d'amour ».

A Hippolyte, loulou originel en la présence de qui les locaux de la radiologie ne sont jamais sombres.

A Benjamin Rohse, confident de la première heure nancéenne, la légende raconte que nos vocaux sont inscrits au patrimoine culturel de l'UNESCO.

Sinan, compagnon des premières galères, une rencontre qui ne peut pas être un hasard. J'ai hâte de voir ce que l'avenir te réserve, particulièrement en RIA.

A Hélène Aguiar, pour ta sincérité et la sérénité que tu me procures.

A Aurélie Grandmougin dont l'humilité est une véritable leçon, j'espère me montrer à la hauteur de ce que tu m'as appris.

A Astrée, pour nos rendez-vous dominicaux hebdomadaires de ce début de semestre

A la troupe de Lobau, Fanny, Alexis, Mathilde et Elodie, à nos heures de confidences sur la terrasse de l'internat qui ont adouci le confinement.

A Kamilia, amitié lilloise, puis nancéienne.

A Sirine, à nos diners, déjeunes et gouters confidences

A tous les co internes avec qui j'ai partagé un semestre, Pauline compagne de « paillettes », Armance pour ta magic touch, Avi et Thibault compagnons et piliers de Tacos, au gold standard incarné par Guillaume, Patrice, Pierre et Pierre-Antoine, Malik (le sang), Samy, Eren, Ayoub, Armance, Mike, François, Camille, Nicolas, Emmanuel, Céline, Ismaël, Samuel, Vincent, Lydia, Sara, Florence...

Aux co internes lyonnaises, Lorraine, Alexandra, Laure et Sigolène.

Aux co internes qui n'ont pas eu à me supporter au quotidien, à Solène, Ulysse, Clément... et j'en oublie certainement.

A l'équipe d'Epinal, particulièrement à Sarah, Philippe et Sophie, pour leur bienveillance et pour m'avoir conforté dans mon choix de spécialité.

Aux chefs rencontrés sur les différents terrains de stages, pour tout ce qu'ils m'ont appris, Fatma, merci pour le travail que tu as fourni et pour ta disponibilité, à Gauthier, Tanguy, Ayla, Charles, Romain, Liang, François, Emmanuelle Schmitt, et j'en oublie certainement plus d'un.

A l'équipe du service de Radiologie de la croix rousse, particulièrement à Agnès Rode, Andrea Fleury, Ammar Fooz, Ali Al Ameen et Samia Dib.

Aux équipes de manipulateur radio des hôpitaux de Nancy qui, eux aussi, m'apprennent mon métier, aux MMF Nouredine et Mounim, à Typhelle, à Christelle, à Justine et bien sûr à tous les autres.

Et, enfin, aux amis de la première heure, à nos rencontres respectives dans le nord pas de calais –et ailleurs, Charles, Nadir, Angèle, Margot, Claire, Julian... et la liste est longue.

SERMENT D'HYPPOCRATE

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire. Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément. Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés. J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.

Table des matières

PREAMBULE : FORME DE LA GLENE ET EQUILIBRE MUSCULAIRE AUTOUR DE L'EPAULE	15
INTRODUCTION	16
DEFINITION ET EPIDEMIOLOGIE.....	16
DIAGNOSTIQUE	16
HYPERLAXITE GENERALISEE	16
HYPERLAXITE DE L'EPAULE.....	17
SUR LE PLAN RADIOLOGIQUE.....	19
POTENTIEL IMPLICATIONS LESIONNELLES ET THERAPEUTIQUE.....	19
IMPLICATIONS LESIONNELLES	19
IMPLICATIONS THERAPEUTIQUES	20
INTERET D'UNE ETUDE MORPHOLOGIQUE	21
HYPOTHESE ET CRITERES DE JUGEMENT.....	21
ARTICLE	22
TABLES ET FIGURES.....	34
DISCUSSION	40
RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS.....	40
FORCES ET APPLICATIONS.....	40
APPORT DU GCA	40
PERSPECTIVE D'APPLICATION EN IRM	41
LIMITES	41
MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES ACQUISES DE LA GLENE	42
EMBRYOLOGIE ET PEDIATRIE.....	42
CONCLUSION	43

PREAMBULE : FORME DE LA GLENE ET EQUILIBRE MUSCULAIRE AUTOUR DE L'EPAULE

Sur le plan biomécanique, l'instabilité fait partie inhérente de l'articulation gléno-humérale. En effet, c'est une enarthrose peu couvrante dans la mesure où la couverture articulaire de la surface de la glène sur la tête humérale est proportionnellement de 0.57 dans le plan axial en position neutre (1,2). Cette instabilité relative confère à l'épaule de grandes possibilités de mouvements et va de pair avec une structure anatomique stabilisante riche (3).

Parmi les structures stabilisatrices on retrouve tout d'abord le labrum qui vient cercler l'articulation gléno-humérale, augmentant ainsi la couverture de la surface articulaire. Il sert également d'ancrage aux ligaments capsulaires.

S'y ajoutent, des structures ligamentaires et musculaires ainsi qu'une pression intra-articulaire physiologiquement négative permettent d'augmenter la congruence de l'articulation.

Par ailleurs, les structures ligamentaires participant à la stabilité gléno-humérales sont intra et extra-capsulaire. Parmi les ligaments capsulaires, on trouve les ligaments gléno-huméraux supérieur moyen et inférieur qui participent à la stabilité de l'épaule dans le plan antéro-postérieur (4,5). Par exemple la translation antérieure est restreinte par la portion antéro-supérieure du ligament gléno-huméral inférieur –ce dernier prenant attache sur le labrum (6).

Ces éléments anatomiques apparaissent essentiels au bon fonctionnement articulaire. En effet, il est observé que des lésions de ces derniers pouvaient s'accompagner de changements morphologiques de la surface articulaire de la glène ; aplatissement et dysplasie et modification de la version de la glène on notamment été décrits (7–9).

L'hyperlaxité pourrait altérer la tension prodiguée par ces différentes structures anatomiques. Il serait intéressant d'étudier les éventuels changements morphologiques associés.

INTRODUCTION

DEFINITION ET EPIDEMIOLOGIE

L'hyperlaxité ou syndrome d'hypermobilité est une entité nosologique décrite depuis la fin du XIX^e siècle comme l'association hypermobilité et de symptômes musculo-squelettiques (1,10). La définition désormais communément admise est celle d'une augmentation de la mobilité articulaire (10,11).

C'est une pathologie qui concerne 4-5% des enfants et 5-7% des adultes, et qui touche préférentiellement les patients jeunes avec une prévalence qui diminue avec l'âge (12-14). Une prédominance féminine est par ailleurs retrouvée dans différentes populations étudiées (10-13,15,16).

DIAGNOSTIQUE

HYPERLAXITE GENERALISEE

Le diagnostic clinique d'hyperlaxité généralisée est classiquement établi via le score de Beighton et Harlan communément appelé score de Beighton. Ce dernier modifie le score de Carter Wilkinson et propose une mesure standardisée et reproductible de l'hyperlaxité (11).

Pour mémoire, nous nous intéressons au score de Beighton car il est communément utilisé en orthopédie, d'autres scores existent notamment le score de Brighton plutôt utilisé en rhumatologie(12,17).

Le score de Beighton est évalué dans les populations adultes et pédiatriques en 9 catégories de la façon suivante :

- Flexion du tronc et de la hanche : mettre les mains à plat au sol genou tendu
- Extension bilatérale des genoux : au moins 10° d'hyperextension.
- Extension bilatérale des coudes : au moins 10° d'hyperextension.
- Apposition bilatérale du pouce sur l'avant-bras
- Extension bilatérale de l'auriculaire : au moins 90° d'hyperextension

Le score peut aller de 0 à 9, un score supérieur ou égal à 4 est communément admis comme indicateur d'une mobilité articulaire accrue (18,19)

Cependant, le lien entre hyperlaxité généralisée et hyperlaxité de l'épaule est mal défini. De plus, l'hyperlaxité de l'épaule n'est pas évaluée par les critères de Beighton, c'est en effet une entité à part entière qui peut être difficile à diagnostiquer et pour laquelle il n'existe pas de gold standard (3,11).

HYPERLAXITE DE L'EPAULE

Généralités

Le dépistage de l'hyperlaxité de l'épaule est ardu car il s'agit d'une entité classiquement asymptomatique. Par ailleurs la symptomatologie est peu spécifique. Elle peut évoluer de la douleur lors de la sur sollicitation articulaire aux luxations et sub luxations récurrentes. De plus, l'hyperlaxité de l'épaule est associée à l'instabilité de l'épaule et prédispose à cette dernière(1,11,20,21).

L'hyperlaxité de l'articulation gléno humérale est en pratique évaluée par un interrogatoire et un examen clinique systématiques qui s'attellent à la recherche d'une mobilité pathologique, et se superpose ainsi avec celui de l'instabilité. On différencie classiquement l'hyperlaxité inférieure de l'hyperlaxité antérieuro-postérieure (1).

Laxité inférieure

Les patients présentant une laxité inférieure accrue peuvent se plaindre de douleurs lors du port de sacs lourds ou autres activités exerçant une traction sur le bras. Il existe différents test cliniques pour la mettre en évidence (1,19,22,23):

- Recherche d'un « Sulcus sign » consiste à exercer une traction sur vers le bas sur le bras du patient. Il se grade en mesurant la distance acromio-humérale en traction : <1 1+, 1 à 2cm 2+ et >2 cm 3+
- Manoeuvre de Gagey : recherche après stabilisation de la scapula d'une abduction de l'épaule supérieure à 105 °.
- Translation inférieure lorsque le bras est au-dessus de la tête

Laxité antéropostérieure

Les patients présentant une laxité antéropostérieure peuvent se plaindre de lors de mouvements en abduction, extension et rotation externe lorsque le bras est dessus de la tête comme par exemple lors des mouvements de jet ou encore en flexion adduction et rotation interne comme par exemple lors de l'ouverture d'une porte lourde. La symptomatologie dépend là de l'existence d'une laxité avec une composante antérieure ou postéro supérieure ou bien postéro-externe ou antéro-supéro-interne (1,24).

La mobilité antéro postérieure de l'articulation gléno-humérale est évaluée de façon passive et active(1,25–27). L'évaluation passive s'attèle à rechercher un tiroir

L'évaluation active comporte plusieurs test, notamment :

- Test d'appréhension antéropostérieures
- Fulcrum test : recherche d'appréhension lors de la rotation externe en abduction
- Jerk test : recherche d'appréhension lors de la rotation interne en adduction et traction axiale et postérieure

Point particulier de la rotation externe

L'évaluation de la rotation externe apporte des information quant à la présence d'un conflit de la coiffe des rotateur associé, par ailleurs il permet de démasquer les translation inférieure(1,28).

SUR LE PLAN RADIOLOGIQUE

L'imagerie est souvent considérée comme normale chez les patients hyperlaxes; et des critères morphologiques permettant d'identifier l'hyperlaxité de l'épaule sont rares et peu décrits (1,29).

Toutefois, l'interprétation peut être influencée par la connaissance d'une mobilité pathologique de l'articulation gléno-humérale, notamment avec un recherche plus attentive de d'une hypertrophie capsulaire ou de lésions labrocapsulaires (26,29–31).

Ainsi, en pratique radiologique, la connaissance a priori du statut hyperlaxité d'un patient influe quant aux paramètres d'acquisition. En effet, l'étude en abduction et rotation externe (ABER) ainsi que l'arthroscanner sont à favoriser (31).

Par ailleurs, l'imagerie en stress -notamment radiographique (fluoroscopie) et échographique- a été testée et s'est montrée peu concluante (22). En effet, en fluoroscopie les valeurs de translation se superposaient de façon importante chez les patients hyperlaxes et indemnes d'hyperlaxité (22,32). De plus s'agissant de l'une ou l'autre de ces modalités d'imagerie il n'existe pas de mesure de la translation en valeur absolue (33,34). Cela rend difficile leur intégration à la démarche diagnostique, malgré une reproductibilité inter et intra observateur satisfaisante (32).

L'identification de critères morphologiques quantitatifs pourraient être utiles à l'identification de l'hypermobilité gléno-humérale, particulièrement lorsque le statut hyperlaxité n'est pas connu par le radiologue.

POTENTIEL IMPLICATIONS LESIONNELLES ET THERAPEUTIQUE

IMPLICATIONS LESIONNELLES

Une association entre hyperlaxité et instabilité est communément décrite ; les lésions d'hyperlaxités sont ainsi classiquement décrites comme superposables à celles de l'instabilité (20,21).

Une mobilité accrue de l'articulation gléno-humérale peut également faire le lit de lésion de la coiffe des rotateurs. Ces lésions peuvent par exemple prendre la forme de conflit sous-acromial. Des conflits avec le processus coracoïde sont également décrits de même qu'avec le bord antéro-supérieur ou postéro-supérieur de la glène (35,36).

IMPLICATIONS THERAPEUTIQUES

Le traitement de l'hyperlaxité lorsque celle-ci est symptomatique et se complique d'instabilité se superpose au traitement de l'instabilité.

Lorsque l'instabilité est associée à des lésions des parties molles ou osseuses, le traitement est classiquement chirurgical. En revanche lorsqu'on ne retrouve pas d'anomalie structurelle de l'épaule le traitement peut être ou non chirurgical.

Le traitement non chirurgical cherche à renforcer à l'aide d'exercices avec résistance progressives (exercices lestés ou avec élastiques) dans la direction instable. S'y associent des exercices visant à stabiliser l'articulation glénohumérale. Ceux-ci peuvent s'appuyer sur une rééducation à la proprioception, des étirements, un renforcement de la coiffe des rotateurs mais aussi des exercices permettant de stabiliser la scapula comme ceux du watson program (1,28,37,38)

Le traitement chirurgical des hyperlaxités non lésionnelles est retenu lorsque les symptômes persistent après 1 an de traitement par kinésithérapie, il vise à tendre les éléments stabilisateurs de la statique capsulo-labrale (1,29).

Chez les patients instables, la présence d'une hyperlaxité est reconnue comme limitant le succès de la chirurgie, c'est donc un élément important à connaître a priori (29).

INTERET D'UNE ETUDE MORPHOLOGIQUE

Le diagnostic d'hyperlaxité de l'épaule repose jusqu'à présent essentiellement sur la clinique et pâtit d'argument morphologiques décrits en imagerie pour l'étayer ou dépister cette condition (21).

Enfin, le lien entre hypermobilité et lésions ligamentaires au niveau de l'épaule est peu connu, bien qu'il soit exploré et connu pour d'autres articulation (11). Pour autant, des modification morphologiques ont été décrites dans plusieurs situation où les contraintes articulaires étaient modifiées (8).

Il n'existe par ailleurs pas de consensus quant à l'évaluation morphologique de la glène. Il semble important d'établir des critères morphologiques qui pourraient corroborer le diagnostic clinique.

HYPOTHESE ET CRITERES DE JUGEMENT

Il apparait pertinent de penser qu'une hyperlaxité aboutit à une diminution des contraintes mécaniques sur l'articulation gléno-humérale et ainsi à une modification de la surface articulaire de la glène.

L'hypothèse d'une différence dans la concavité de la glène chez les patients hyperlaxes est intéressante et semble utile pour la recherche d'éventuelles lésions associées à l'hypermobilité gléno-humérale.

ARTICLE

Glenoid morphology variation between patients with hypermobile shoulder joints and controls: Identification of hyperlaxity-related morphologic bone changes

Abstract

Objective: To quantitatively assess the glenoid articular surface concavity in patients with and without hypermobile shoulders.

Method: Medical records of patients who underwent shoulder CT and CT arthrography on from 2017 to 2022 were screened. 48 patients with clear clinical signs of joint hypermobility were retrospectively included. A control group of 60 was randomly created. Two readers, blinded to the diagnosis of hypermobility, independently evaluated the glenoid morphology by calculating the glenoid concavity angle (GCA) and subjectively evaluating the morphology of the glenoid articular surface. The presence and grade of glenoid dysplasia was also noted. Measurements from both readers were compared between these two groups.

Results: The GCA was significantly lower in patients with hyperlax shoulders ($P < 0.03$). The mean GCA was 2.4 ± 3.3 - 3.6° in the hyperlax group and 5.4 - 6.7 ± 3.8 - 4° in the control group. The GCA interobserver reproducibility was substantial (ICC=0.76). Glenoid morphology was significantly different between patients with and without shoulder hyperlaxity ($P < 0.0001$ for both readers) with flat and convex glenoid present in 81-84% of hyperlax patients. However, the interobserver variability was lower (Kappa=0.33). GCAs progressively decreased from hyperlax and dysplastic shoulders to non hyperlax and non dysplastic

shoulders. The sensitivity and specificity of GCA values for the identification of shoulder hyperlaxity with a cutoff of 4° was 77-80% and 55-82% among the readers.

Conclusion: GCA measurements are related to the presence of shoulder hyperlaxity with a good diagnostic performance and a substantial inter-observer reproducibility.

Clinical relevance statement: The identification of GCA values under 4° should lead to search for a clinical signs of shoulder hyperlaxity and associated rotator cuff and labral lesion with potential implications in patients management.

Key points

- Shoulder hyperlaxity is common and underdiagnosed with potential implications in patient care.
- The glenoid concavity angle under 4° is significantly smaller in hypermobile shoulders compared to controls with a good diagnostic performance for the detection of shoulder hyperlaxity.
- Patients with low glenoid concavity angles should be actively screened for shoulder hyperlaxity.

Key words

Shoulder joint; Joint hypermobility; Computed tomography; Glenoid Cavity; Diagnostic Imaging.

Introduction

Hyperlaxity or hypermobility is a common condition defined by an increased joint range of motion and distractibility a condition termed benign joint hypermobility syndrome (BJHS)(10,11,39). The clinical diagnosis of BJHS is based on the Beighton score, but shoulder hypermobility is not always associated with this syndrome (20). Patients with hypermobile shoulders tend to have an increased risk of sport-related injury and have an increased frequency of labroligamentous lesions associated with increased humeral head translation and recurrent subluxation/luxation (20). There is also an increase in recurrence rates after glenohumeral instability repair in these patients (40). Shoulder hypermobility has been linked to various conditions such as unidirectional or multidirectional instability, glenoid dysplasia, and rotator cuff impingement being an important factor in the surgical decision making process (39,41,42). Shoulder hypermobility may also influence imaging acquisition protocols (e.g., abduction and external rotation – ABER sequences, arthrography, etc.) and the interpretation of shoulder MRI and CT arthrography studies.

The clinical diagnosis of shoulder hypermobility is based on various well-documented clinical tests such as the sulcus sign, drawer test, shoulder external rotation over 85° and hyperabduction tests (26,30). However, when the clinical scenario is not suggestive or physicians are not sufficiently aware of the importance of this condition, shoulder hyperlaxity may be overlooked as there are no clear diagnostic criteria on conventional imaging studies. When arthrography is performed in the ABER position, imaging signs assessing capsular redundancy and laxity have been described and shown to be correlated with patients with multidirectional glenohumeral instability (31). However, information on capsular morphology and other imaging findings in the presence of shoulder hypermobility is scarce. Quantitative imaging criteria could improve the identification of and grading of glenohumeral

hypermobility with potential surgical implications in addition to preventing interpretation and lesion identification errors when clinical hyperlaxity signs are unknown to the radiologist.

Glenohumeral hypermobility may influence the morphology of the glenoid as a reduced tension generated by capsular structures could lead to changes in the compression force of the humeral head to the glenoid (43,44). This could explain differences in the morphology and version of the glenoid bone. We hypothesize there is a difference in the glenoid articular surface concavity in patients with and without shoulder hypermobility diagnosed clinically. This information could be useful for the diagnosis of hypermobility-associated injuries in patients without a prior diagnosis of shoulder hypermobility with potential clinical and acquisition protocol implications.

Materials and methods

Population

From January 2017 to June 2021, shoulder CT and CT-arthrography studies of 4269 patients acquired in our institution were reviewed retrospectively. These patients had been referred for the evaluation of shoulder pain and 48 patients had well-documented clinical signs of shoulder hyperlaxity evaluated by an orthopedic surgeon. Glenohumeral hyperlaxity was defined by the presence of both of the following criteria: the presence of a sulcus sign (e.g., subacromial skin depression when downward traction is applied to the elbow of the patient with the arm relaxed to the side of the patient) and range of passive shoulder abduction over 90° (e.g., evaluated with the elbow flexed and arm at the side of the patient)(45,46). A control group of 60 patients with similar age and sex ratios without clinical signs of shoulder

instability and normal shoulder CT-arthrography was formed. Thus, the final study population was composed of 108 patients.

Patients with major glenohumeral degenerative joint disease, prior shoulder surgery affecting the glenoid articular surface morphology, or missing physical exam findings were not included.

In our institution, retrospective studies with anonymized data analysis do not require ethics committee approval (institutional review board waived).

Image acquisition technique

CT was performed on 320-detector row CT scanners (Aquilion ONE and Aquilion PRECISION Canon Medical Systems, Otawara, Japan). Intra-articular contrast injection (Iodixanol, Visipaque 270mg, GE Healthcare) was performed by a radiologist under fluoroscopic guidance. A rotator interval anterior approach was used and 8-12 ml of contrast medium was injected. Images were acquired with either a helical or volume mode with the patients supine and the shoulder in neutral position using the following parameters: FOV 180 mm, 520 x 520 matrix, 120 or 135 kVp depending on the patient's body habitus, 200 mA (150 mAs effective), slice thickness 0.5mm and tube rotation time 0.75s. Iterative reconstruction with a bone kernel was systematically used. CT was performed within 30 minutes after intra-articular contrast injection.

Anteroposterior shoulder radiographs were available for all patients.

Data analysis and post-processing

CT images from all patients were randomly displayed and independently analyzed by two radiologists with three and six years of clinical experience with musculoskeletal imaging

blind to the presence of shoulder Hyperlaxity on a picture archive and communication system workstation (PACS Carestream v11.4, Carestream Health, USA).

Glenoid morphology was evaluated axial image showing the largest diameter of the glenoid. Sagittal and coronal reformats parallel to the glenoid plane were used to confirm the level of the glenoid's largest diameter. The morphology of the glenoid articular surface was subjectively evaluated and classified as: concave, flat, or convex (Fig. 1).

The glenoid concavity, related to circumference and depth, was evaluated by measuring the angle between a line drawn between the anterior and posterior articular rims and another drawn between the posterior articular rim and the center of the glenoid, termed the glenoid concavity angle (GCA)(47)(Fig. 2).

The morphology of the posterior glenoid rim was also evaluated at the level of the greatest diameter of the glenoid and was graded according to Harper et al.: no dysplasia (symmetric morphology between the anterior and posterior glenoid articular rims and labrum); mild (mild truncation of the posterior glenoid rim with a normal appearance of the labrum); moderate or severe (moderate or severe truncation of the posterior glenoid rim with a posterior tilt of the glenoid surface and a thickened posterior labrum) (48).

The critical shoulder angle (CSA) was also assessed as it is an indicator of the deltoid force vector on the glenoid articular surface (49). The CSA is measured between the superior and inferior bone margin of the glenoid and the most inferolateral border of the acromion on anteroposterior shoulder radiographs.

Statistics

Statistical analysis was performed with the Jamovi software (Version 2.3, 2022). Quantitative variables were presented as mean \pm standard deviation (range). The student T-test was used

to assess the variation of the GCA between patients with and without joint hyperlaxity. The ANOVA test was used to assess the association of the GCA with joint laxity and glenoid dysplasia. A *P* value of 0.05 was considered as the threshold of statistical significance. GCA interobserver variability was evaluated using the Shrout and Fleiss intraclass correlation coefficient (ICC) while Kappa values were calculated to assess the interobserver variability for the diagnosis of glenoid dysplasia. Kappa and ICC values of 0 – 0.20 were considered to represent a slight agreement, 0.21 – 0.40 fair agreement, 0.41 – 0.60 moderate agreement, 0.61 – 0.80 substantial agreement, and 0.81 – 1 excellent agreement (33). Receiver operating characteristics curves (ROC) were generated, using the tool easyROC, to evaluate the diagnostic performance of GCA values for the diagnosis of shoulder hyperlaxity (50). The cutoff values were selected according to the following equation: $(1-Se)^2+(1-Sp)^2$.

Results

Population

Among patients with shoulder hyperlaxity, there were 25 men and 23 women (sex ratio of 1) with a mean age of 29.6 ± 9.4 (17;53) years. In the control group, there were 36 men and 24 women (M/F sex ratio of 0.6) with a mean age of 38.6 ± 11.24 (18;62) years. The mean age was significantly higher in the control group ($P < 0.0001$). There was no significant difference in the sex ratio between the two groups ($P = 0.29$). There was no significant variation between CSA values between patients with and without shoulder hyperlaxity ($P = 0.36$). Mean CSA values were 33.8 ± 3.6 (19.9;37.5) $^{\circ}$ and 32.7 ± 3.2 (25.6;38.4) $^{\circ}$ in these groups, respectively. Glenoid dysplasia was identified in 35 (22 in the hyperlaxity group and 13 in the control group) by reader 1, and 32 (21 in the hyperlaxity group and 11 in the control group) by reader 2. The inter-observer variability for the diagnosis of glenoid dysplasia was considered fair (Kappa=0.35). Table 1 shows the distribution of all evaluated parameters in the study population.

Glenoid morphology was significantly different between patients with and without shoulder hyperlaxity ($P < 0.0001$ for both readers). The inter-observer variability for the evaluation of glenoid morphology was considered fair (Kappa = 0.33). For reader 1, in the hyperlaxity group, 42 patients (84%) had a flat and convex glenoid, while 8 (16%) had a concave glenoid. For reader 2 these figures were 39 (81.3%) and 9 (18.8%) respectively.

The inter-observer variability of GCA values was considered to be substantial (ICC=0.76). There was a significant decrease in the GCA values in patients with shoulder hyperlaxity (2.4 ± 3.6 (-7;10) $^{\circ}$ and 2.4 ± 3.3 (-7.6; 9) $^{\circ}$ for readers 1 and 2) indicating a shallower glenoid compared to controls (6.7 ± 3.8 (-5;12) $^{\circ}$ and 5.4 ± 4 (-5.6; 18.4) $^{\circ}$ for readers 1 and 2) ($P < 0.0001$, for both readers). The same was true when only patients without shoulder

dysplasia were considered ($P < 0.0001$, for reader 1 and 0.028 for reader 2). In patients with a non-dysplastic glenoid, the GCA was 3.5 ± 3.4 (-3;10) $^\circ$ in patients with shoulder hyperlaxity and 7.2 ± 2.7 (2;12) $^\circ$ in the control group for reader 1. For reader 2 these figures were 4.1 ± 3.1 (-2.3;9) and 6.1 ± 3.6 (1.2;18.4), respectively.

As expected the GCA was lower in patients with glenoid dysplasia compared to those without ($P < 0.0001$ for reader 1 and $P = 0.0007$ for reader 2). Mean GCA values were 2.1 ± 4.3 (-7;13) $^\circ$ versus 5.9 ± 3.5 (-3; 15) $^\circ$ for reader 1 and 1.3 ± 4 (-7.6; 11.9) $^\circ$ versus 5.3 ± 3.6 (-2.3; 18.4) $^\circ$ for reader 2. For both readers, there was a progressive decrease in GCA values from non-hyperlax non-dysplastic patients to hyperlax non-dysplastic, to dysplastic non-hyperlax to dysplastic and hyperlax (Fig. 3). For reader 1 these differences were significant for all comparisons ($P < 0.04$) with the exception of hyperlax non dysplastic patients versus non hyperlax dysplastic patients and non hyperlax dysplastic patients versus non hyperlax non dysplastic patients ($P = 0.6$ and 0.05, respectively). For reader 2, these differences were significant for all comparisons ($P < 0.01$) with the exception of non hyperlax dysplastic patients versus hyperlax patients with or without dysplasia, and non hyperlax non dysplastic patients versus hyperlax non dysplastic patients ($P > 0.09$) (Fig. 4).

GCA values presented a good diagnostic performance for the identification of shoulder hyperlaxity with ROC area-under-the-curve (AUC) varying (0.84 and 0.69 for readers 1 and 2). Using a cut-off of 4 $^\circ$ the sensitivity and specificity values were 80% and 82% for reader 1 and 77% and 55% for reader 2.

Discussion

There was a significant association between clinical signs of shoulder hyperlaxity and glenoid articular surface concavity estimated with the GCA on CT ($P < 0.0001$). Indeed, shoulder hyperlaxity was associated with a shallower glenoid and 77-82% of patients with GCA under 4° presented clinical shoulder hyperlaxity. GCA inter-observer reproducibility was considered substantial, measurements do not necessarily require arthrography to be performed as all landmarks used were bony landmarks easily identified on conventional CT. It is also likely that the same landmarks can also be identified in CT-like MR sequences (51). Similarly, flat or convex glenoids were also significantly more frequent in patients with shoulder hyperlaxity but the reproducibility of subjective analysis was considered fair and lower than of GCA. Glenoid morphology is highly variable among individuals and influenced by various factors (e.g., genetics, age, sex, peri-articular soft tissue, etc.) (52). Soft-tissue balance around the glenoid is particularly important and heavily influences glenoid morphology (52–55). Additionally, morphologic changes including glenoid concavity were associated with multidirectional and recurrent glenohumeral instability (56,57). There is no consensus on the method of assessing the glenoid concavity and most studies used a subjective analysis method. Contrary to the presented results, prior studies reported excellent reproducibility for the subjective analysis of glenoid shape (56,57). This difference could be related to a patient selection bias as these studies evaluated patients who underwent shoulder arthroscopy or had a prior history of shoulder dislocation, who are likely to have more prominent glenoid morphologic changes compared to patients with shoulder pain and joint hyperlaxity evaluated herein.

As shoulder hyperlaxity may have a variable and non-specific clinical presentation, CT studies showing a low GCA should warrant a search for clinical signs of shoulder hyperlaxity

as this may have therapeutic implications as patients with shoulder hyperlaxity may require inferior capsular shift, do not respond well to nonoperative treatment and may be associated with high recurrence rates after Bankart repair (58). Similarly, low GCAs should trigger an active search for lesions associated with hyperlaxity and multidirectional shoulder instability, such as internal joint impingement, labral tears articular sided rotator cuff tears, which may require specific imaging protocols (e.g., MR or CT arthrography and acquisitions in abduction external rotation) (59).

Humeral stability is strongly associated with glenoid concavity, which has contributions of the bony glenoid, articular cartilage and labrum (60). Glenoid dysplasia, despite its various degrees, is characterized by a bony deficiency of the posteroinferior glenoid rim combined with hypertrophy of adjacent cartilage and labrum (48). Although glenoid dysplasia is associated with multidirectional and posterior of glenohumeral instability, it is fundamentally distinct from glenoid concavity, which is also a crucial factor for glenohumeral stability (61). Glenoid dysplasia does have a strong influence on glenoid concavity and GCA values were particularly low when shoulder hyperlaxity was associated with glenoid dysplasia. GCA values were higher in patients with hyperlaxity without dysplasia and highest in controls suggesting this angle allows a quantitative assessment of the severity of glenoid morphologic changes.

Various limitations of this work need to be acknowledged. The sample size was relatively small. Although shoulder hyperlaxity is frequent, most patients are asymptomatic or paucisymptomatic, not requiring imaging (39,62,63). We did not evaluate associated other morphologic glenoid parameters (e.g., version, tilt, etc.). The influence of age and sex was also not evaluated. Finally, only CT images were evaluated, further studies are required to

ascertain if GCA measured on MRI, particularly on CT-like MR sequences have the same clinical implications (64–66).

In conclusion, GCA measurements allow the assessment of glenoid concavity quantitatively with substantial inter-observer reproducibility. The GCA was significantly reduced in patients with shoulder hyperlaxity compared to controls and in patients with glenoid dysplasia indicating an association between this angle and the severity of glenoid morphologic changes. The identification of GCA values under 4° should warrant a search for clinical signs of shoulder hyperlaxity and associated rotator cuff and labral lesions, with potential implications in patient management.

TABLES ET FIGURES

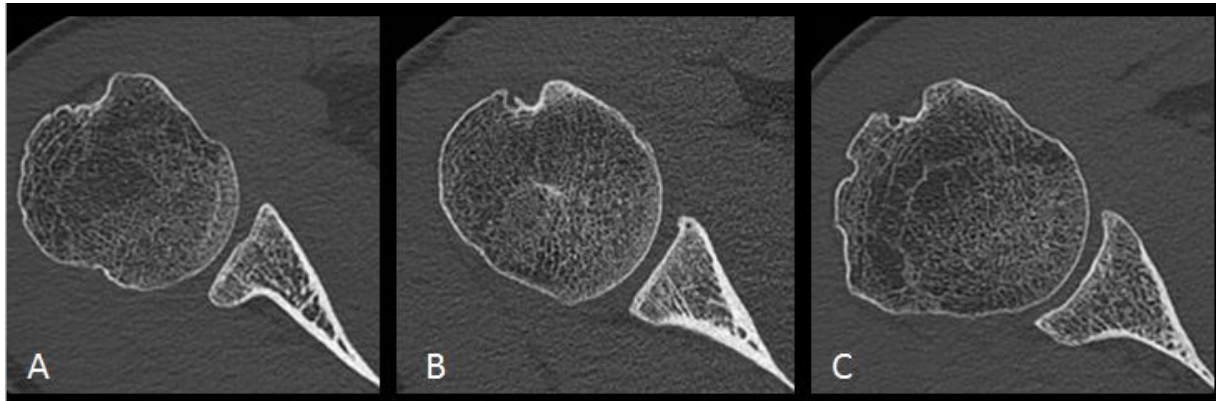


Fig. 1 – Subjective evaluation of the glenoid articular surface concavity on axial CT images at the mid level of the glenoid. A) Convex glenoid articular surface in the right shoulder of a 21 year-old female with clinical hyperlaxity. B) Flat glenoid articular surface in the right shoulder of a 28 year-old male with clinical shoulder hyperlaxity. C) Concave glenoid articular surface in the right shoulder of a 41 year-old male with no signs shoulder hyperlaxity.

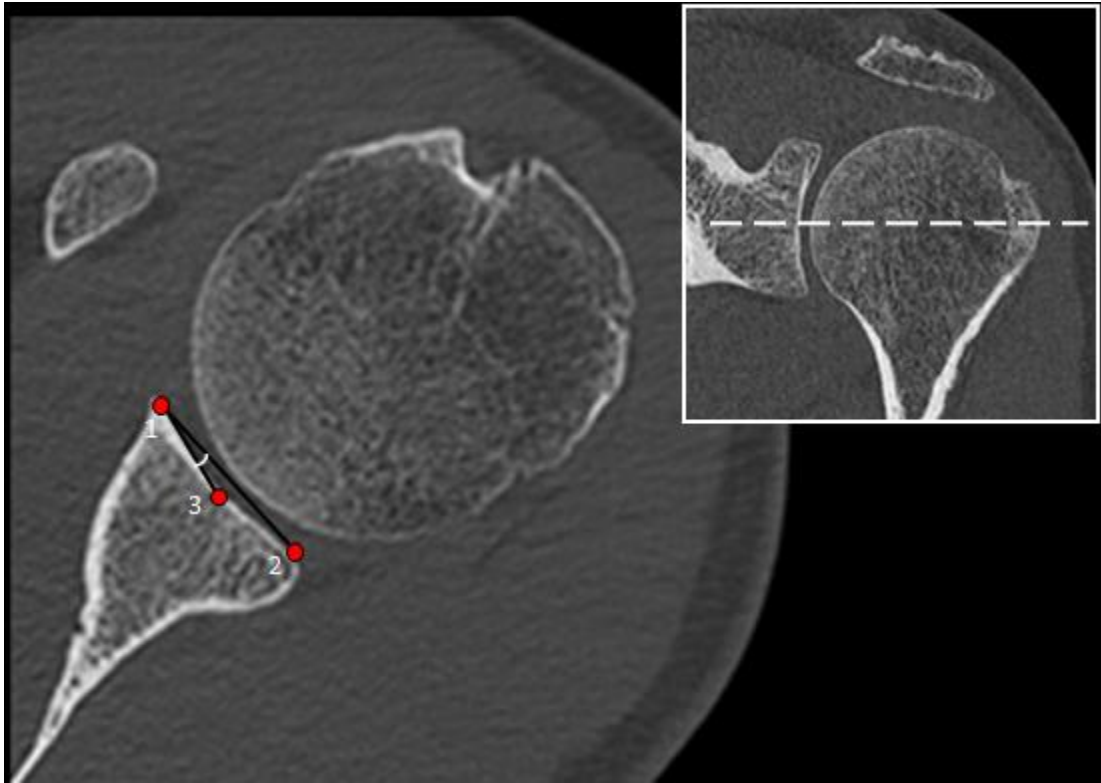


Fig. 2 – Glenoid convexity angle (GCA) measurement on an axial CT image passing through the center of the glenoid (the dotted lines on the upper and lower left images show the corresponding level in the coronal and sagittal planes, respectively) of a 33 year-old male with no clinical signs of shoulder hyperlaxity. The angle formed by the lines connecting points 1-2 and that connecting points 1-3 corresponds to the GCA.



Fig. 3 – Variation of the glenoid concavity angle in the sub-groups studied. A) Axial CT-arthrography image from the right shoulder of a 55 year-old female without shoulder hyperlaxity and no glenoid dysplasia. Glenoid articular surface was concave and the GCA was 11°. B) Axial CT-arthrography image from the left shoulder of 23 year-old male with shoulder hyperlaxity and no glenoid dysplasia. Glenoid articular surface was fat and the GCA was 4°. Note the signs of anterior shoulder dislocation and a chronic lesion of the

anteroinferior labrocapsular structures (arrow). C) Axial CT-arthrography image from the right shoulder of 36 year-old female with no shoulder hyperlaxity with a mild glenoid dysplasia. Glenoid articular surface was flat and the GCA was -5° . Note the associated intra substance tear of the posterior labrum (arrow). D) Axial CT-arthrography image from the left shoulder of 30 year-old female with shoulder hyperlaxity and severe glenoid dysplasia. Glenoid articular surface was convex and the GCA was -7° . Note the presence of glenoid chondral erosions and subchondral geode (arrowhead), as well as an intra substance tear of an hypertrophic the posterior labrum (arrow).

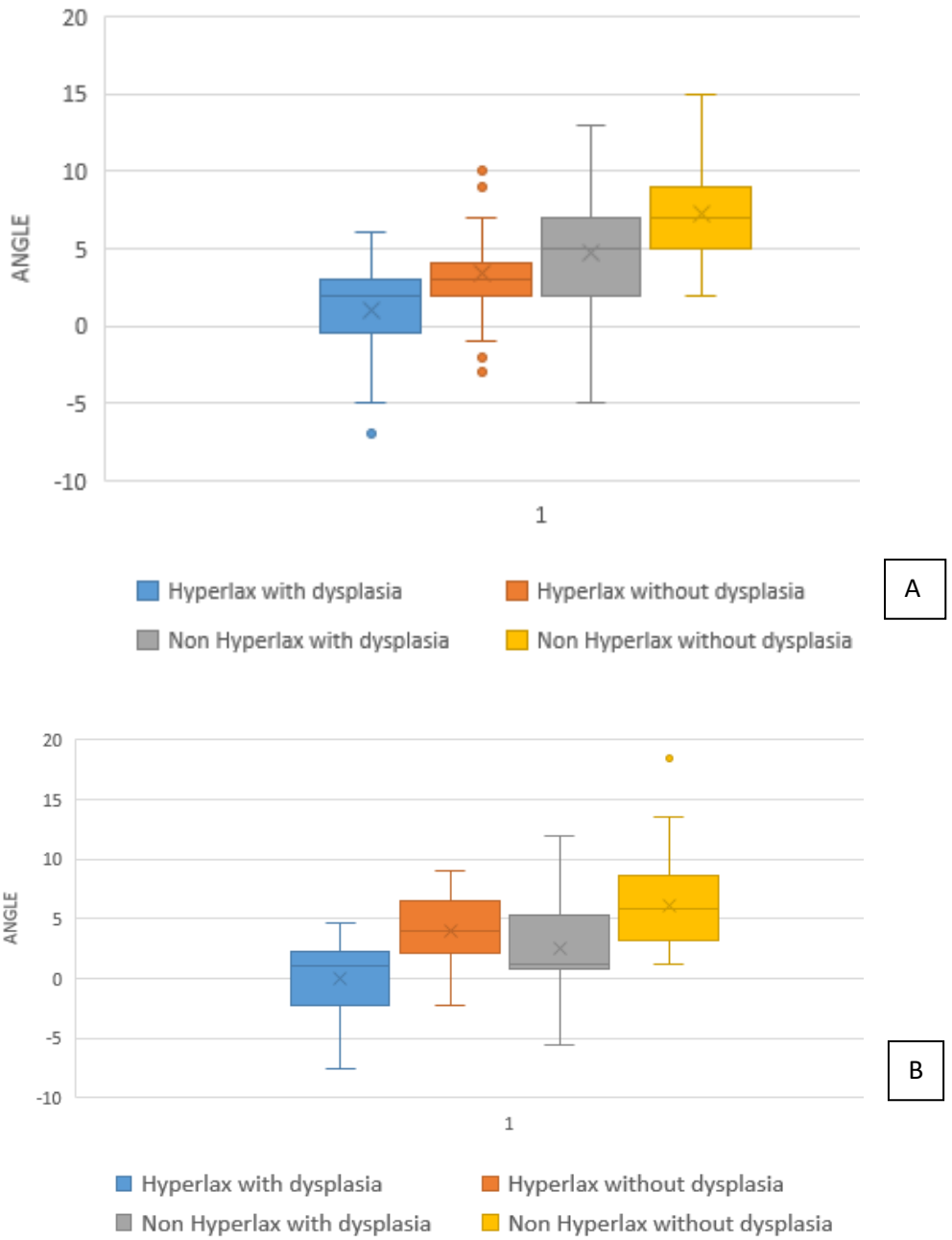


Fig. 4 – Box plot showing glenoids concavity angle ranked and increasing from hyperlax shoulder with dysplasia to non hyperlax shoulders without dysplasia for (A) reader 1 and (B) reader 2.

Table 1 – Distribution of all glenoid morphology parameters in the population subgroups.

		Hyperlax		Non Hyperlax		P value		Kappa / ICC
		Reader1	Reader2	Reader1	Reader2	Reader1	Reader2	
GCA		2.4± 3.6 (-;10)	2.4± 3.3(-.6 ;9)	6.7± 3.8(5;12)	5.4±4(5.6;18.4)	<0.0001	0.028	0.76
Glenoid Depth (n)	Concave	7	9	39	27	<0.0001	<0.0001	0.33
	Flat	31	20	20	28			
	Convex	10	19	1	5			
Dysplasia (n)		21	21	13	11	0.012	0.002	0.35

n: number of patients; SD: standard deviation ; min: minimum; max: maximum.

GDA: Glenoid concavity angle (presented as mean ± standard deviation (range))

DISCUSSION

RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS

L'hyperlaxité est étroitement liée à la concavité de la glène que nous avons estimée avec le GCA au scanner. En effet, chez les patients hyperlaxes, la probabilité d'avoir un GCA de moins de 4° était de 80 %. De plus la probabilité d'être hyperlaxe chez les patients qui avait un GCA de 4° ou moins était de 78 %. La reproductibilité dans la mesure du GCA était considérée comme important dans notre étude.

Par ailleurs, bien que la reproductibilité soit moindre, les glènes interprétées comme plates ou convexes étaient significativement plus fréquentes parmi les patients hyperlaxes.

Enfin la dysplasie glénoïdienne est corrélée à sa concavité. On observe une gradation avec des valeurs croissantes de GCA pour les groupes hyperlaxes avec dysplasia, puis sans dysplasia, puis non hyperlaxe avec dysplasia et finalement non hyperlaxes sans dysplasia. En effet, les valeurs du GCA étaient particulièrement basses chez les patients hyperlaxes avec une dysplasia de la glène. Les valeurs les plus hautes étaient quant à elles observées chez les patients non hyperlaxes et sans dysplasia.

FORCES ET APPLICATIONS

APPORT DU GCA

La première force de notre étude réside dans la reproductibilité du GCA.

De plus, sa mesure ne requiert pas la réalisation d'un arthroscanner.

Dans la mesure où l'hyperlaxité de l'épaule a une présentation clinique variable et peu spécifique la découverte d'un petit GCA devrait induire la recherche d'une hyperlaxité. En effet, lorsque symptomatique, l'hyperlaxité présente des implications thérapeutiques souvent chirurgicales avec une récurrence importante après réparation de type Bankart, (58).

De la même façon la découverte d'un petit GCA doit faire adapter le protocole d'acquisition (acquisition en ABER) et faire rechercher des lésions associée à l'hyperlaxité et particulièrement à l'instabilité multidirectionnelle comme des lésions capsulo-labiales (59).

PERSPECTIVE D'APPLICATION EN IRM

Il est, enfin, vraisemblable que ces marqueurs morphologiques osseux puissent être identifiés sur des séquences IRM CT-like (51).

En effet, l'IRM et ses propriétés non irradiantes séduit comme alternative au scanner. Des séquences IRM « CT-like » voient le jour et permettent une analyse des structures osseuses proches de celles du scanner (64,66). Elles prodiguent en effet une résolution en contraste satisfaisante pour l'analyse des parties molles.

Toutefois les structures osseuses étant pauvres en protons elle n'entre pas en compétition avec la résolution spatiale et en contraste du scanner. Ce dernier lui est donc préféré ; particulièrement pour l'analyse des corticales (66,67).

De plus, afin de procurer une analyse osseuse superposable à celle du scanner, il faut pouvoir proposer des acquisitions en 3D. En effet dans nombre de situation comme par exemple l'analyse de la perte osseuse de la glène le scanner permet de réaliser des reconstructions multi-planaires et une analyse en 3D (68,69)

Cependant, acquisition 3D IRM au niveau de l'épaule ont été évaluées pour l'analyse de la perte osseuse au niveau de la glène et présentent une bonne corrélation avec les images scannographiques avec une bonne reproductibilité (66,70).

Il semble ainsi envisageable de transposer nos constatations sur des séquences IRM, élargissant ainsi leur champ d'application.

LIMITES

L'âge moyen du groupe hyperlaxe dans notre étude était inférieur à celui du groupe indemne d'hyperlaxité et l'influence de cette variable n'a pas été étudiée dans notre étude. Toutefois, la laxité a tendance à diminuer avec l'âge et c'est une différence qui se retrouve dans d'autres populations étudiées (10,12).

Les mesures ont été faites sur des petits groupes d'étude, la réalisation d'études de plus grandes envergures semble importante afin d'étayer notre propos. Une des explications à la taille de notre échantillon est liée au fait que nombre de patients avec une hyperlaxité de l'épaule sont asymptomatique ou paucisymptomatique et ne sont donc pas adressés en imagerie (9,29).

Ensuite, la reproductibilité de l'analyse de la forme de la glène et notamment de la dysplasie était moins importante que dans d'autres études (56,57). Cette singularité peut être liée à une différence dans l'expérience radiologique des 2 lecteurs. Par ailleurs dans la littérature, les études ont été conduites sur les patients avec des antécédents d'arthroscopie ou qui avaient déjà présenté une luxation de l'articulation gléno-humérale. Tandis que la population éligible

dans notre étude était majoritairement adressée dans notre centre d'imagerie pour une hyperlaxité de l'épaule avec des douleurs comme principal symptôme.

Enfin, nombre de caractéristiques morphologiques n'ont pas été évaluées dans notre étude, comme la version.

MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES ACQUISES DE LA GLENE

Un nombre important de critères influent sur les changements morphologiques de la glène, comme l'âge, le sexe, la génétique, mais aussi les tissus mous péri articulaire (52).

Par ailleurs, l'instabilité gléno humérale a été observée comme associée à des modification de la concavité de la glène (56,57).

L'équilibre des parties molles autour de l'articulation glénohumérale influe de façon importante sur la morphologie de la glène (52-55).

Enfin, la stabilité de l'articulation gléno-humérale est fortement associée avec sa concavité, à laquelle participent les composantes ostéo-cartilagineuses et labrales. (60).

La dysplasie de la glène est aussi un facteur entrant en jeu dans la stabilité de l'articulation gléno-humérale (61). Cette dernière est définie comme une déficience osseuse postéro-inférieure qui s'associe avec une hypertrophie du cartilage et du labrum adjacent (48).

EMBRYOLOGIE ET PEDIATRIE

Une explication aux constatations de notre étude réside probablement dans la foetogénèse de la glène. Chez le fœtus l'ossification de la scapula se fait de façon enchondral via un noyau d'ossification proche de la glène (55). Lors du développement in utero la surface articulaire de la glène est convexe, cet aspect perdure à la naissance (54,55). La glène adopte progressivement une surface plate vers l'âge de 5-10 ans puis concave à 14 ans (54)

Notre hypothèse est que chez le patients hyperlaxes, les structures tendino-ligamentaires n'exercent pas de force de pression suffisante pour aboutir à une glène concave.

CONCLUSION

La mesure du GCA permet d'évaluer de façon quantitative et reproductible la concavité de la glène. Il est significativement plus petit chez les patients hyperlaxes par rapport aux contrôles mais aussi chez les patients avec une dysplasie de la glène, suggérant une association entre cet angle et la sévérité des changements morphologiques de la surface articulaire de la cavité glénoïdale.

La mise en évidence d'un GCA inférieur à 4° doit conduire à la recherche de signes cliniques d'hyperlaxité de l'épaule et de lésions associées de la coiffe de rotateurs ainsi que du labrum ; potentiellement impliquées dans la prise en charge des patients.

BIBLIOGRAPHIE

1. Johnson SM, Robinson CM. Shoulder Instability in Patients with Joint Hyperlaxity: *J Bone Jt Surg-Am Vol.* 2010 Jun;92(6):1545–57.
2. Saha AK. Dynamic Stability of the Glenohumeral Joint. *Acta Orthop Scand.* 1971 Jan;42(6):491–505.
3. McFarland EG, Torpey BM, Curl LA. Evaluation of Shoulder Laxity: *Sports Med.* 1996 Oct;22(4):264–72.
4. Gibb TD, Sidles JA, Harryman DT, McQuade KJ, Matsen FA. The effect of capsular venting on glenohumeral laxity. *Clin Orthop.* 1991 Jul;(268):120–7.
5. Ferrari DA. Capsular ligaments of the shoulder: Anatomical and functional study of the anterior superior capsule. *Am J Sports Med.* 1990 Jan;18(1):20–4.
6. O'Brien SJ, Schwartz RS, Warren RF, Torzilli PA. Capsular restraints to anterior-posterior motion of the abducted shoulder: A biomechanical study. *J Shoulder Elbow Surg.* 1995 Jul;4(4):298–308.
7. Moroder P, Danzinger V, Maziak N, Plachel F, Pauly S, Scheibel M, et al. Characteristics of functional shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020 Jan;29(1):68–78.
8. Rassi J, Subhas N, Bullen J, Forney M, Polster J. Characterization of glenoid bone remodeling in professional baseball pitchers. *Skeletal Radiol.* 2019 Jul;48(7):1095–102.
9. Eichinger JK, Galvin JW, Grassbaugh JA, Parada SA, Li X. Glenoid Dysplasia: Pathophysiology, Diagnosis, and Management. *J Bone Jt Surg.* 2016 Jun 1;98(11):958–68.
10. Jessee EF, Owen DS, Sagar KB. The benign hypermobile joint syndrome. *Arthritis Rheum.* 1980 Sep;23(9):1053–6.
11. Wolf JM, Cameron KL, Owens BD. Impact of Joint Laxity and Hypermobility on the Musculoskeletal System: *Am Acad Orthop Surg.* 2011 Aug;19(8):463–71.
12. Larsson LG, Baum J, Mudholkar GS. Hypermobility: features and differential incidence between the sexes. *Arthritis Rheum.* 1987 Dec;30(12):1426–30.
13. Klemp P. Articular mobility in Maori and European New Zealanders. *Rheumatology.* 2002 May 1;41(5):554–7.
14. Kirk JA, Ansell BM, Bywaters EG. The hypermobility syndrome. Musculoskeletal complaints associated with generalized joint hypermobility. *Ann Rheum Dis.* 1967 Sep 1;26(5):419–25.
15. Scher DL, Owens BD, Sturdivant RX, Wolf JM. Incidence of Joint Hypermobility Syndrome in a Military Population: Impact of Gender and Race. *Clin Orthop.* 2010 Jul;468(7):1790–5.

16. Decoster LC. Prevalence and Features of Joint Hypermobility Among Adolescent Athletes. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 1997 Oct 1;151(10):989.
17. Juul-Kristensen B, Rogind H, Jensen DV, Remvig L. Inter-examiner reproducibility of tests and criteria for generalized joint hypermobility and benign joint hypermobility syndrome. *Rheumatology.* 2007 Aug 5;46(12):1835–41.
18. Smits-Engelsman B, Klerks M, Kirby A. Beighton Score: A Valid Measure for Generalized Hypermobility in Children. *J Pediatr.* 2011 Jan;158(1):119-123.e4.
19. Whitehead NA, Mohammed KD, Fulcher ML. Does the Beighton Score Correlate With Specific Measures of Shoulder Joint Laxity? *Orthop J Sports Med.* 2018 May 1;6(5):232596711877063.
20. Cameron KL, Duffey ML, DeBerardino TM, Stoneman PD, Jones CJ, Owens BD. Association of Generalized Joint Hypermobility With a History of Glenohumeral Joint Instability. *J Athl Train.* 2010 May 1;45(3):253–8.
21. Saccomanno M, Fodale M, Capasso L, Cazzato G, Milano G. Generalized joint laxity and multidirectional instability of the shoulder. *Joints.* 2013 Oct;01(04):171–9.
22. Bahk M, Keyurapan E, Tasaki A, Sauers EL, McFarland EG. Laxity Testing of the Shoulder: A Review. *Am J Sports Med.* 2007 Jan;35(1):131–44.
23. Cordasco FA. Understanding multidirectional instability of the shoulder. *J Athl Train.* 2000 Jul;35(3):278–85.
24. Schenk TJ, Brems JJ. Multidirectional Instability of the Shoulder: Pathophysiology, Diagnosis, and Management: *J Am Acad Orthop Surg.* 1998 Jan;6(1):65–72.
25. Silliman JF, Hawkins RJ. Classification and physical diagnosis of instability of the shoulder. *Clin Orthop.* 1993 Jun;(291):7–19.
26. Gerber C, Ganz R. Clinical assessment of instability of the shoulder. With special reference to anterior and posterior drawer tests. *J Bone Joint Surg Br.* 1984 Aug;66-B(4):551–6.
27. Bell RH, Noble JS. An appreciation of posterior instability of the shoulder. *Clin Sports Med.* 1991 Oct;10(4):887–99.
28. Spanhove V, De Wandele I, Kjær BH, Malfait F, Vanderstukken F, Cools A. The effect of five isometric exercises on glenohumeral translations in healthy subjects and patients with the hypermobility type of the ehlers-danlos syndrome (heds) or hypermobility spectrum disorder (hsd) with multidirectional shoulder instability: an observational study. *Physiotherapy.* 2020 Jun;107:11–8.
29. Best MJ, Tanaka MJ. Multidirectional Instability of the Shoulder: Treatment Options and Considerations. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2018 Sep;26(3):113–9.
30. Walch G, Agostini JY, Levigne C, Nové-Josserand L. [Recurrent anterior and multidirectional instability of the shoulder]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1995;81(8):682–90.

31. Schaeffeler C, Waldt S, Bauer JS, Kirchhoff C, Haller B, Schröder M, et al. MR arthrography including abduction and external rotation images in the assessment of atraumatic multidirectional instability of the shoulder. *Eur Radiol*. 2014 Jun;24(6):1376–85.
32. Borsa PA, Sauers EL, Herling DE, Manzour WF. In Vivo Quantification of Capsular End Point in the Nonimpaired Glenohumeral Joint Using an Instrumented Measurement System. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001 Aug;31(8):419–31.
33. Ellenbecker TS, Mattalino AJ, Elam E, Caplinger R. Quantification of Anterior Translation of the Humeral Head in the Throwing Shoulder: Manual Assessment Versus Stress Radiography. *Am J Sports Med*. 2000 Mar;28(2):161–7.
34. Tibone JE, Lee TQ, Csintalan RP, Dettling J, McMahon PJ. Quantitative Assessment of Glenohumeral Translation: *Clin Orthop*. 2002 Jul;400:93–7.
35. NeerII CS. Anterior Acromioplasty for the Chronic Impingement Syndrome in the Shoulder. *J Bone Jt Surg Am*. 2005 Jun 1;87(6):1399.
36. Gerber C, Terrier F, Ganz R. The role of the coracoid process in the chronic impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Br*. 1985 Nov;67-B(5):703–8.
37. Watson L, Warby S, Balster S, Lenssen R, Pizzari T. The treatment of multidirectional instability of the shoulder with a rehabilitation program: Part 1. *Shoulder Elb*. 2016 Oct;8(4):271–8.
38. Coulthard C, Cairns MC, Williams D, Hughes B, Jaggi A. Management of atraumatic shoulder instability in physiotherapy (MASIP): a survey of physiotherapy practice. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021 Dec;22(1):840.
39. Johnson SM, Robinson CM. Shoulder Instability in Patients with Joint Hyperlaxity: *J Bone Jt Surg-Am Vol*. 2010 Jun;92(6):1545–57.
40. Zhang M, Liu J, Jia Y, Zhang G, Zhou J, Wu D, et al. Risk factors for recurrence after Bankart repair: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg*. 2022 Dec;17(1):113.
41. Saccomanno M, Fodale M, Capasso L, Cazzato G, Milano G. Generalized joint laxity and multidirectional instability of the shoulder. *Joints*. 2013 Oct;01(04):171–9.
42. Rassi J, Subhas N, Bullen J, Forney M, Polster J. Characterization of glenoid bone remodeling in professional baseball pitchers. *Skeletal Radiol*. 2019 Jul;48(7):1095–102.
43. Kon DS, Darakjian AB, Pearl ML, Kosco AE. Glenohumeral Deformity in Children with Internal Rotation Contractures Secondary to Brachial Plexus Birth Palsy: Intraoperative Arthrographic Classification. *Radiology*. 2004 Jun;231(3):791–5.
44. Aleem AW, Chalmers PN, Bechtold D, Khan AZ, Tashjian RZ, Keener JD. Association Between Rotator Cuff Muscle Size and Glenoid Deformity in Primary Glenohumeral Osteoarthritis. *J Bone Jt Surg*. 2019 Nov 6;101(21):1912–20.

45. Magee DJ. Orthopedic physical assessment. 6th edition. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2014. 1173 p.
46. Gagey OJ, Gagey N. The hyperabduction test: AN ASSESSMENT OF THE LAXITY OF THE INFERIOR GLENOHUMERAL LIGAMENT. *J Bone Joint Surg Br.* 2001 Jan;83-B(1):69–74.
47. Moroder P, Ernstbrunner L, Pomwenger W, Oberhauser F, Hitzl W, Tauber M, et al. Anterior Shoulder Instability Is Associated With an Underlying Deficiency of the Bony Glenoid Concavity. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2015 Jul;31(7):1223–31.
48. Harper KW, Helms CA, Haystead CM, Higgins LD. Glenoid Dysplasia: Incidence and Association with Posterior Labral Tears as Evaluated on MRI. *Am J Roentgenol.* 2005 Mar;184(3):984–8.
49. 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.* 2013 Jul;95-B(7):935–41.
50. Goksuluk D, Korkmaz S, Zararsiz G, Karaagaoglu A Ergun. easyROC: An Interactive Web-tool for ROC Curve Analysis Using R Language Environment. *R J.* 2016;8(2):213.
51. Breighner RE, Endo Y, Konin GP, Gulotta LV, Koff MF, Potter HG. Technical Developments: Zero Echo Time Imaging of the Shoulder: Enhanced Osseous Detail by Using MR Imaging. *Radiology.* 2018 Mar;286(3):960–6.
52. Landau JP, Hoenecke HR. Genetic and biomechanical determinants of glenoid version: Implications for glenoid implant placement in shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009 Jul;18(4):661–7.
53. Gumina S, Villani C, Carbone S, Venditto T, Candela V. Glenoid version: the role of genetic and environmental factors on its variability. An MRI study on asymptomatic elderly twins. *Shoulder Elb.* 2022 Feb;14(1):55–9.
54. Kothary S, Rosenberg ZS, Poncinelli LL, Kwong S. Skeletal development of the glenoid and glenoid–coracoid interface in the pediatric population: MRI features. *Skeletal Radiol.* 2014 Sep;43(9):1281–8.
55. Ogden JA, Phillips SB. Radiology of postnatal skeletal development: VII. The scapula. *Skeletal Radiol.* 1983 Feb;9(3):157–69.
56. Yoo YS, Kim J, Im W, Jeong JY. Glenoid Orientation and Profile in Atraumatic or Microtraumatic Posterior Shoulder Instability: Morphological Analysis Using Computed Tomography Arthrogram. *Orthop J Sports Med.* 2021 Feb 1;9(2):232596712098296.
57. Song HT, Huh YM, Kim S, Lee SA, Kim SJ, Shin KH, et al. Anterior-inferior labral lesions of recurrent shoulder dislocation evaluated by MR arthrography in an adduction internal rotation (ADIR) position. *J Magn Reson Imaging.* 2006 Jan;23(1):29–35.

58. Balg F, Boileau P. The instability severity index score: A SIMPLE PRE-OPERATIVE SCORE TO SELECT PATIENTS FOR ARTHROSCOPIC OR OPEN SHOULDER STABILISATION. *J Bone Joint Surg Br.* 2007 Nov;89-B(11):1470–7.
59. Blum A, Coudane H, Molé D. Gleno-humeral instabilities. *Eur Radiol.* 2000 Jan 10;10(1):63–82.
60. Souleiman F, Zderic I, Pastor T, Varga P, Helfen T, Richards G, et al. Cartilage decisively shapes the glenoid concavity and contributes significantly to shoulder stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022 Nov;30(11):3626–33.
61. Wermers J, Schliemann B, Raschke MJ, Michel PA, Heilmann LF, Dyrna F, et al. Glenoid concavity has a higher impact on shoulder stability than the size of a bony defect. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021 Aug;29(8):2631–9.
62. Best MJ, Tanaka MJ. Multidirectional Instability of the Shoulder: Treatment Options and Considerations. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2018 Sep;26(3):113–9.
63. Eichinger JK, Galvin JW, Grassbaugh JA, Parada SA, Li X. Glenoid Dysplasia: Pathophysiology, Diagnosis, and Management. *J Bone Jt Surg.* 2016 Jun 1;98(11):958–68.
64. Yıldız AE, Yaraşır Y, Huri G, Aydınöz Ü. Optimization of the Grashey View Radiograph for Critical Shoulder Angle Measurement: A Reliability Assessment With Zero Echo Time MRI. *Orthop J Sports Med.* 2022 Aug 1;10(8):232596712211095.
65. Blum A, Gillet R, Rauch A, Urbaneja A, Biouichi H, Dodin G, et al. 3D reconstructions, 4D imaging and postprocessing with CT in musculoskeletal disorders: Past, present and future. *Diagn Interv Imaging.* 2020 Nov;101(11):693–705.
66. Florkow MC, Willemsen K, Mascarenhas VV, Oei EHG, van Stralen M, Seevinck PR. Magnetic Resonance Imaging Versus Computed Tomography for Three-Dimensional Bone Imaging of Musculoskeletal Pathologies: A Review. *J Magn Reson Imaging.* 2022 Jul;56(1):11–34.
67. Hudgins PA, Baugnon KL. Head and Neck: Skull Base Imaging. *Neurosurgery.* 2018 Mar;82(3):255–67.
68. Rerko MA, Pan X, Donaldson C, Jones GL, Bishop JY. Comparison of various imaging techniques to quantify glenoid bone loss in shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013 Apr;22(4):528–34.
69. Bishop JY, Jones GL, Rerko MA, Donaldson C. 3-D CT is the Most Reliable Imaging Modality When Quantifying Glenoid Bone Loss. *Clin Orthop.* 2013 Apr;471(4):1251–6.
70. Vopat BG, Cai W, Torriani M, Vopat ML, Hemma M, Harris GJ, et al. Measurement of Glenoid Bone Loss With 3-Dimensional Magnetic Resonance Imaging: A Matched Computed Tomography Analysis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2018 Dec;34(12):3141–7.

VU

NANCY, le 26 mai 2023
Le Président de Thèse

NANCY, le 29 mai 2023
Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur Pedro GONDIM-TEIXEIRA

Professeur Marc BRAUN

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ 13006C

NANCY, le 07 juin 2023

La Présidente de l'Université de Lorraine

Madame Hélène BOULANGER

Résumé

Objectif: Evaluer de façon quantitative la concavité de la surface articulaire de la glène chez des patients avec et sans hyperlaxité de l'épaule.

Méthode: Le dossier médical du patient ayant passé un scanner ou un arthroscanner de l'épaule entre 2017 et 2022 a été relu. 48 patients pour qui le diagnostic d'hyperlaxité de l'épaule a été porté avec certitude ont été inclus rétrospectivement. Un groupe contrôle de 60 patients a été créé. 2 lecteurs indépendants ont évalué la morphologie de la glène en mesurant l'angle de concavité de la glène (CCA) ainsi que la morphologie de sa surface articulaire de façon subjective en aveugle du stade hyperlaxé. La présence d'une dysplasie de la glène a aussi été considérée. Les mesures des deux lecteurs ont été comparées entre les deux groupes.

Résultats: Le GCA était significativement plus petit chez les patients atteints d'hyperlaxité de l'épaule ($P < 0,03$). Le GCA moyen était de $2,4 \pm 3,3-3,6^\circ$ dans le groupe hyperlaxé et de $5,4-6,7 \pm 3,8-4^\circ$ dans le groupe témoin. La reproductibilité interobservateur GCA était substantielle (ICC = 0,76). La morphologie glénoïdienne était significativement différente entre les patients avec et sans hyperlaxité de l'épaule ($P < 0,0001$ pour les deux lecteurs) avec une glène plate et convexe présente chez 81 à 84 % des patients hyperlaxés. Cependant, la variabilité inter-observateur était plus importante (Kappa = 0,33). Le GCA diminue progressivement depuis les épaules hyperlaxées et dysplasiques aux épaules non hyperlaxées et non dysplasiques. La sensibilité et la spécificité des valeurs GCA pour l'identification de l'hyperlaxité de l'épaule avec un seuil de 4° étaient de 77-80 % et de 55-82 % pour les 2 lecteurs.

Conclusion: La valeur du GCA est corrélée à la présence d'une hyperlaxité de l'épaule avec une bonne performance diagnostique et une reproductibilité inter-observateur importante.

Pertinence clinique: L'identification d'un GCA inférieur à 4° doit conduire à rechercher des signes cliniques d'hyperlaxité de l'épaule et de lésions associées de la coiffe des rotateurs et du labrum avec des implications potentielles dans la prise en charge des patients.

Titre en anglais: Glenoid morphology variation between patients with hypermobile shoulder joints and controls: identification of hyperlaxity-related morphologic bone changes

THÈSE :RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE – ANNÉE 2023

Mots clés :Articulation de l'épaule; hyperlaxité de l'épaule; Scanner; concavité de la glène; Imagerie diagnostique

Faculté et adresse :

UNIVERSITE DE LORRAINE – Faculté de médecine

9 Avenue de la Forêt de Haye, 54500 Vandoeuvre lès Nancy.
