



Evaluation de la couverture acétabulaire cartilagineuse en IRM chez l'enfant : étude comparative de sujets sains et pathologiques : à propos de 174 dossiers

Marc Legname

► To cite this version:

Marc Legname. Evaluation de la couverture acétabulaire cartilagineuse en IRM chez l'enfant : étude comparative de sujets sains et pathologiques : à propos de 174 dossiers. Sciences du Vivant [q-bio]. 2009. hal-01732423

HAL Id: hal-01732423

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732423>

Submitted on 14 Mar 2018

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

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



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

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

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

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ,
NANCY 1

FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

N° 167

2009

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement

dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

par

Marc LEGNAME

le 9 Décembre 2009

Evaluation de la couverture acétabulaire cartilagineuse en IRM chez l'enfant

Etude comparative de sujets sains et pathologiques : à propos de 174 dossiers

Examineurs de la thèse :

Président :

M. le Professeur Henry COUDANE

Juges :

M. le Professeur Pierre LASCOMBES

M. le Professeur Pierre JOURNEAU

Mme. le Docteur Laurence MAINARD-SIMARD

M. le Docteur Philippe BOCACCIO

2009

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement

dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

par

Marc LEGNAME

le 9 Décembre 2009

Evaluation de la couverture acétabulaire cartilagineuse en IRM chez l'enfant

Etude comparative de sujets sains et pathologiques : à propos de 174 dossiers

Examineurs de la thèse :

Président :

M. le Professeur Henry COUDANE

Juges :

M. le Professeur Pierre LASCOMBES

M. le Professeur Pierre JOURNEAU

Mme. le Docteur Laurence MAINARD-SIMARD

M. le Docteur Philippe BOCACCIO

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, NANCY 1

FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Président de l'Université : Professeur Jean-Pierre FINANCE

Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Henry COUDANE

Vice Doyen Recherche : Professeur Jean-Louis GUEANT

Vice Doyen Pédagogie : Professeur Annie BARBAUD

Vice Doyen Campus : Professeur Marie-Christine BÉNE

Assesseurs :

du 1^{er} Cycle :

du 2^{ème} Cycle :

du 3^{ème} Cycle :

Filières professionnalisées :

Prospective :

FMC/EPP :

M. Christophe NEMOS

M. le Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI

M. le Professeur Pierre-Edouard BOLLAERT

M. le Professeur Christophe CHOSEROT

M. le Professeur Laurent BRESLER

M. le Professeur Jean-Dominique DE KORWIN

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ – Professeur Jean-Bernard DUREUX

Professeur Jacques ROLAND – Professeur Patrick NETTER

PROFESSEURS HONORAIRES

Pierre ALEXANDRE – Jean-Marie ANDRE – Daniel ANTHOINE – Alain BERTRAND – Pierre BEY – Jean BEUREY
Jacques BORRELLY – Michel BOULANGE – Jean-Claude BURDIN – Claude BURLET – Daniel BURNEL – Claude CHARDOT
Jean-Pierre CRANCE – Gérard DEBRY – Jean-Pierre DELAGOUTTE – Emile de LAVERGNE – Jean-Pierre DESCHAMPS
Michel DUC – Jean DUMHILLE – Adrien DUPREZ – Jean Bernard DUREUX – Gabriel FAIVRE – Gérard FIEVE – Jean FLOQUET
Robert FRISCH – Alain GAUCHER – Pierre GAUCHER – Hubert GERARD – Jean-Marie GILGENKRANTZ
Simone GILGENKRANTZ – Oliéro GUERCI – Pierre HARTEMANN – Claude HURIET – Christian JANOT – Jacques LACOSTE
Henri LAMBERT – Pierre LANDES – Alain LARCAN – Marie-Claire LAXENAIRE – Michel LAXENAIRE – Jacques LECLERE
Pierre LEDERLIN – Bernard LEGRAS – Michel MANCIAUX – Jean-Pierre MALLIÉ – Pierre MATHIEU
Denise MONERET-VAUTRIN – Pierre NABET – Jean-Pierre NICOLAS – Pierre PAYSANT – Francis PENIN – Gilbert PERCEBOIS
Claude PERRIN – Guy PETIET – Luc PICARD – Michel PIERSON – Jean-Marie POLU – Jacques POUREL – Jean PREVOT
Antoine RASPILLER – Michel RENARD – Jacques ROLAND – René-Jean ROYER – Paul SADOUL – Daniel SCHMITT
Jean SOMMELET – Danièle SOMMELET – Michel STRICKER – Gilbert THIBAUT – Augusta TREHEUX – Hubert UFFHOLTZ
Gérard VAILLANT – Paul VERT – Colette VIDAILHET – Michel VIDAILHET – Michel WAYOFF – Michel WEBER

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS
PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Professeur Gilles GROSIDIER

Professeur Pierre LASCOMBES – Professeur Marc BRAUN

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Professeur Bernard FOLIGUET

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

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

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

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

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

Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER

Professeur René ANXIONNAT

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

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

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUFI – Professeur Christian BEYAERT

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

Professeur Ali DALLOUL

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT

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

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

Professeur Alain LE FAOU – Professeur Alain LOZNIOWSKI

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

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

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

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

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON

Professeur Francis GUILLEMIN – Professeur Denis ZMIROU-NAVIER

2^{ème} sous-section : (Médecine et santé au travail)

Professeur Christophe PARIS

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

Professeur Henry COUDANE

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

Professeur François KOHLER – Professeur Éliane ALBUISSON

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

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

Professeur Thomas LECOMPTE – Professeur Pierre BORDIGONI

Professeur Jean-François STOLTZ – Professeur Pierre FEUGIER

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

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY

Professeur Didier PEIFFERT – Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marie-Christine BENE

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

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

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

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ

Professeur Paul-Michel MERTES – Professeur Gérard AUDIBERT

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

Professeur Alain GERARD – Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT

Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

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

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

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

Professeur François PAILLE – Professeur Gérard GAY – Professeur Faiez ZANNAD

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

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Hervé VESPIGNANI

Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE

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

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE

Professeur Thierry CIVIT

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

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

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

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

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

Professeur Jean PAYSANT

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

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeur Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

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

Professeur Daniel MOLÉ – Professeur Didier MAINARD

Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

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

Professeur Jean Luc SCHMUTZ – Professeur Annick BARBAUD

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

Professeur François DAP – Professeur Gilles DAUTEL

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIORESPIRATOIRE et VASCULAIRE

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

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

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE – Professeur Nicolas SADOUL

Professeur Christian de CHILLOU

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

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT – Professeur Jean-Pierre CARTFAUX – Professeur Loïc MACÉ

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

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

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

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

Professeur Marc-André BIGARD – Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN BIROULET

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

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeur Michèle KESSLER – Professeur Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Philippe MANGIN – Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

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

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

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY

Professeur Athanase BENETOS – Professeur Gisèle KANNY

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

Professeur Patrick BOISSEL – Professeur Laurent BRESLER

Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

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

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

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

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

Professeur Michel SCHMITT – Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

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

Professeur Michel SCHWEITZER – Professeur Jean-Louis BOUTROY

Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Patricia BARBARINO

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

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

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

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

Professeur Claude SIMON – Professeur Roger JANKOWSKI

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

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Karine ANGIOI-DUPREZ

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

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeur Etienne SIMON

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeur Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Docteur Edouard BARRAT - Docteur Françoise TOUATI – Docteur Chantal KOHLER

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

Docteur Béatrice MARIE

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

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

Docteur Marie-Hélène LAURENS – Docteur Jean-Claude MAYER

Docteur Pierre THOUVENOT – Docteur Jean-Marie ESCANYE – Docteur Amar NAOUN

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

Docteur Damien MANDRY

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

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

Docteur Jean STRACZEK – Docteur Sophie FREMONT

Docteur Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN – Docteur Catherine MALAPLATE-ARMAND

Docteur Shyue-Fang BATTAGLIA

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Docteur Nicole LEMAU de TALANCE

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

Docteur Véronique DECOT-MAILLERET

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Docteur Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

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

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

Docteur Francine MORY – Docteur Véronique VENARD

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

Docteur Nelly CONTET-AUDONNEAU – Madame Marie MACHOUART

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

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

Docteur Alexis HAUTEMANIERE – Docteur Frédérique CLAUDOT

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

Docteur Laurent MARTRILLE

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

Docteur Pierre GILLOIS – Docteur Nicolas JAY

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

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

Docteur François SCHOONEMAN

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique)

Docteur Lina BOLOTINE

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteur Céline BONNET

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

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

Docteur Françoise LAPICQUE – Docteur Marie José ROYER MORROT – Docteur Nicolas GAMBIER

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

Docteur Patrick ROSSIGNOL

50^{ème} Section : RHUMATOLOGIE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Docteur Anne-Christine RAI

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

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

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} section : SCIENCE ÉCONOMIE GÉNÉRALE

Monsieur Vincent LHUILLIER

40^{ème} section : SCIENCES DU MÉDICAMENT

Monsieur Jean-François COLLIN

60^{ème} section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE ET GÉNIE CIVILE

Monsieur Alain D'URAND

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

Monsieur Jean REBSTOCK – Monsieur Walter BLONDEL

64^{ème} section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
Mademoiselle Marie-Claire LANHERS

65^{ème} section : BIOLOGIE CELLULAIRE
Mademoiselle Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY
Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE – Monsieur Christophe NEMOS
Madame Natalia DE ISLA – Monsieur Pierre TANKOSIC

66^{ème} section : PHYSIOLOGIE
Monsieur Nguyen TRAN

67^{ème} section : BIOLOGIE DES POPULATIONS ET ÉCOLOGIE
Madame Nadine MUSSE

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale
Professeur associé Alain AUBREGE
Docteur Francis RAPHAËL
Docteur Jean-Marc BOIVIN
Docteur Jean-Louis ADAM
Docteur Elisabeth STEYER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Pierre BEY - Professeur Michel BOULANGE
Professeur Jean-Pierre CRANCE - Professeur Jean FLOQUET - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ
Professeur Simone GILGENKRANTZ – Professeur Henri LAMBERT - Professeur Alain LARCAN
Professeur Denise MONERET-VAUTRIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS – - Professeur Guy PETIET
Professeur Luc PICARD - Professeur Michel PIERSON - Professeur Jacques POUREL
Professeur Jacques ROLAND - - Professeur Michel STRICKER - Professeur Gilbert THIBAUT
Professeur Paul VERT - Professeur Michel VIDAILHET

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Norman SHUMWAY (1972)
Université de Stanford, Californie (U.S.A)
Professeur Paul MICHIELSEN (1979)
Université Catholique, Louvain (Belgique)
Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeur Mamish Nisbet MUNRO (1982)
Massachusetts Institute of Technology (U.S.A)
Professeur Mildred T. STAHLMAN (1982)
Wanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Harry J. BUNCKE (1989)
Université de Californie, San Francisco (U.S.A)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume Uni)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Professeur Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Centre Universitaire de Formation et de Perfectionnement des Professionnels de Santé d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)

Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (U.S.A)

Au Président du jury,

Monsieur le Professeur Coudane

Professeur de médecine Légale

Chevalier dans l'Ordre National de la Légion d'Honneur

Officier dans l'Ordre des Palmes Académiques

Vous nous avez guidé lors de nos premiers pas en chirurgie

Vos connaissances chirurgicales et des rapports humains sont pour nous un
exemple

Vous nous faites l'honneur de présider ce jury

Veillez recevoir l'expression de notre profonde reconnaissance.

Aux membres du jury

A Monsieur le Professeur Lascombes

Professeur d'Anatomie (Option clinique chirurgie infantile)

Vous nous avez accueilli dans votre service où nous avons pu profiter de votre grande expérience

Nous sommes très honoré de votre présence dans ce jury.

Soyez assuré de notre respect.

A Monsieur le Professeur Journeau

Professeur de Chirurgie Infantile

Vous avez initié ce travail

Pour votre disponibilité et vos encouragements tout au long de la réalisation de ce travail nous souhaitons vous exprimer tous nos remerciements.

A Madame le Docteur Mainard

Pour vos conseils et votre écoute lors de la réalisation de ce travail

Veillez recevoir l'expression de notre profonde gratitude.

A Monsieur le Docteur Bocaccio

Chevalier dans l'Ordre National de la Légion d'Honneur

Chevalier dans l'Ordre National du Mérite

Vous nous avez guidé tout au long de notre formation

Nous vous devons l'essentiel de nos connaissances chirurgicales

Pour votre patience et votre disponibilité, trouvez ici l'expression

de notre profond respect

A Marie

La vie est plus belle avec toi.

Pour tout ce que nous avons vécu et ce que nous vivrons, merci.

A mes Parents et ma Soeur

Vous m'avez apporté votre soutien toutes ces années.

Merci pour votre aide et votre réconfort.

A ma belle famille

Vous m'avez tout de suite adopté.

Merci pour votre accueil chaleureux.

A Gonzo et Grans

Merci pour cette colocation et tous ces bons moments...

A Anzime, Julien, Vincent, Maxime, Matthieu, Christel et tous les autres.

Merci pour toutes ces années passées ensemble.

A tous mes chefs et tous mes co-internes

Merci d'avoir permis que l'internat se passe dans la joie et la bonne humeur.

SERMENT

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

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

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

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

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

Table des matières

I. Introduction :	16
Buts de notre étude :	18
II. Matériel :	19
III. Méthode :	22
1. Données connues de la coxométrie osseuse :	23
2. Problèmes posés par la détermination des différents repères chez l'enfant :	26
Le centre de la tête fémorale :	26
Le toit du cotyle et le bord externe du cotyle (point E) :	27
3. Méthode d'acquisition des images :	29
4. Application des mesures osseuses à l'IRM et aux éléments radiotransparents :	30
Mesure de l'obliquité du toit du cotyle :	30
Mesure de la couverture externe :	31
Mesure de «l'épaisseur» du cartilage acétabulaire :	32
5. Statistiques :	33
IV. Résultats :	34
1. Les hanches saines :	35
Groupe 1 :	35
Groupe 2 :	36
Groupe 3 :	38

2. Les hanches pathologiques :	40
Groupe 1 :	40
Groupe 2 :	41
Groupe 3 :	43
3. Les hanches «saines» des sujets pathologiques:	45
V. Discussion :	46
1. Anatomie et morphogenèse de la hanche de l'enfant :	47
Période embryonnaire :	47
Période foetale :	47
A la naissance :	49
De la naissance à 1 an :	50
De l'âge de la marche à l'adolescence :	51
2. Apport des différents examens d'imagerie dans l'analyse de la hanche de l'enfant :	53
Arthrographie :	53
Echographie :	55
Scanner :	56
3. IRM :	58
4. Discussion des résultats des sujets sains :	61
Courbes évolutives:	61
Validation des mesures cartilagineuses :	64
Validation des mesures labrales :	66

Discussion de la mesure OC :	68
5. Discussion des résultats des sujets pathologiques par rapport aux sujets sains :	69
Pour les angles HTE :	69
Pour les angles VCE :	73
Pour la distance OC :	75
6. Comparaison des résultats des sujets sains et du côté «sain» des sujets pathologiques :	76
7. Limites de notre étude :	78
Choix des mesures :	78
Méthode de mesures :	78
Pertinence de nos résultats :	78
Pertinence de notre analyse :	79
VI. Conclusions :	80
Bibliographie :	83
Liste des figures :	92

I. Introduction :

La hanche de l'enfant est le siège de plusieurs pathologies dont le diagnostic et la prise en charge précoce sont indispensables afin de préserver au mieux l'avenir de l'articulation ^{2, 14, 15, 52, 56, 59, 61 51, 69}.

L'examen de la hanche est avant tout un examen clinique suivi d'une étude de la marche qui peut s'avérer délicate chez l'enfant en période d'acquisition. La situation profonde de cette articulation ainsi que le volume important des masses musculaires qui l'entourent rend difficile, voire impossible, l'étude morphologique de cette articulation. L'imagerie revêt donc une importance cruciale pour l'étude de la hanche.

L'étude morphologique de la hanche en imagerie est relativement ancienne et bien codifiée chez l'adulte. La situation est différente pour le jeune enfant qui présente une articulation immature, cartilagineuse, dont une vaste part échappe à la radiographie standard, celle-ci ne révélant que la partie calcifiée.

Pendant longtemps seule l'arthrographie a permis l'exploration des structures radiotransparentes au prix d'une anesthésie et d'un geste invasif. L'imagerie de la hanche pédiatrique a pleinement bénéficié des progrès de l'imagerie moderne. L'échographie dans un premier temps a permis une visualisation des éléments fibrocartilagineux invisibles à la radiographie standard. Cet examen capital considéré comme un prolongement de l'examen clinique est employé de manière courante dans le dépistage de la maladie luxante. Mais c'est l'IRM qui a véritablement changé l'iconographie de la hanche chez l'enfant ainsi que l'exploration de bien d'autres articulations en orthopédie. De plus cet examen apporte une donnée nouvelle et jusque là inconnue qui est l'évaluation de la vascularisation des tissus en imagerie. En progrès constant depuis son apparition cet examen apporte de riches informations sur les tissus radiotransparents. Son utilisation est très appréciée pour l'ostéochondrite où il permet d'évaluer les zones de nécrose.

Il est surprenant de constater qu'au XXIème siècle, après vingt ans d'utilisation régulière de l'IRM et de nombreuses publications sur son application à la hanche de l'enfant, on ne dispose pas comme pour la radiographie standard d'abaques permettant de réaliser des mesures pour évaluer la morphologie de la hanche et sa normalité. Aujourd'hui encore l'étude morphologique de la hanche est

régulièrement réalisée sur des clichés standard. Sans en négliger l'importance on peut se demander si cela est suffisant et surtout si l'os rend compte fidèlement du cartilage.

Buts de notre étude :

Guillaumat³⁴ avait étudié des hanches saines sur des radiographies de face ce qui lui avait permis de tracer des courbes figurant l'évolution de la couverture acétabulaire avec la croissance. De la même façon nous étudierons en IRM des hanches saines de face afin de réaliser des mesures osseuses, cartilagineuses et labrales. Nous pourrons ainsi vérifier si nos résultats osseux correspondent à ceux de Guillaumat. Nous pourrons surtout déterminer des courbes figurant l'évolution de la couverture cartilagineuse et labrale avec la croissance, et comparer celles-ci avec les résultats osseux.

Nous avons constaté que certains enfants présentant une dysplasie osseuse similaire au moment de l'acquisition de la marche présentaient une évolution différente lors de la croissance. Nous pouvons présumer que cette différence s'explique par des potentiels de croissance plus ou moins importants. Le potentiel de croissance d'une hanche peut être estimé par l'étude du cartilage en IRM. Afin de confirmer ou d'infirmer ce postulat nous réaliserons, pour des sujets présentant une hanche dysplasique au niveau osseux, les mêmes mesures que celles effectuées pour les sujets sains. Ainsi nous pourrons comparer les résultats que nous obtenons pour ces deux groupes afin de voir s'il existe des sujets à os pathologique mais à cartilage sain.

II. Matériel :

Nous avons réalisé une étude rétrospective sur des enfants ayant eu une IRM dans notre établissement. Pour des raisons de commodité nous avons revu les patients depuis la mise en place du système informatique de stockage des examens. La période de révision s'étend donc de l'été 2003 à l'été 2009. Notre population est composée de 104 enfants de 1 à 13 ans répartis en 47 filles et 57 garçons. 174 hanches ont été analysées à partir de cette population.

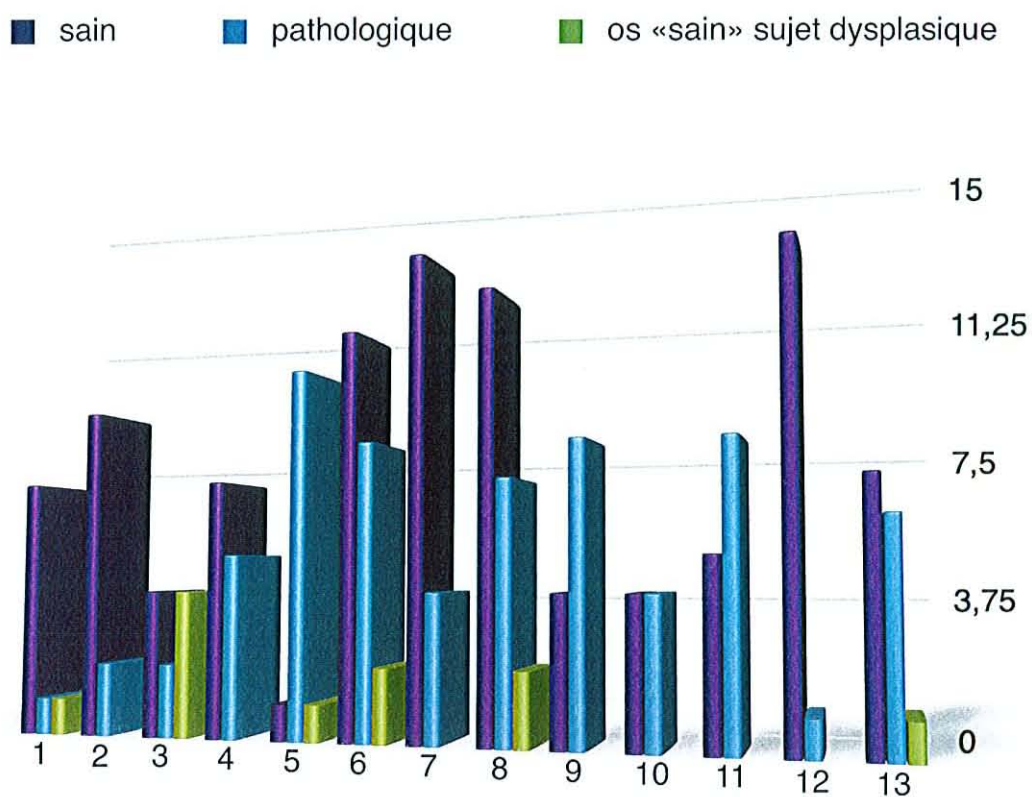
Nous avons constitué trois groupes d'âge différents de manière à nous rapprocher des groupes d'âge de Guillaumat³⁴. Ces groupes d'âge sont les suivants : de la naissance à 4 ans inclus, de 5 à 8 ans inclus, et de 9 à 13 ans inclus. Pour chaque groupe nous avons réparti les sujets en deux catégories : une première représentant les sujets sains et une deuxième représentant les sujets pathologiques.

Etaient considérés comme sains les sujets exempts de pathologie de hanche affectant l'anatomie de celle-ci, ou de pathologie affectant la croissance et la biologie osseuse. Les côtés sains des patients porteurs d'ostéochondrite ont été inclus, bien que cela soit sujet à controverse dans cette catégorie^{5, 20, 37}.

Les hanches pathologiques étaient celles considérées comme radiographiquement anormales. Nous ne nous sommes intéressés dans ce cas qu'aux patients porteurs de dysplasie. Un certain nombre de hanches prétendues normales ont révélé des résultats osseux en dehors des courbes de Guillaumat. Ces hanches qui étaient initialement considérées comme saines ont donc été intégrées à la catégorie des hanches pathologiques. Ce sous-groupe représente tout de même 34 hanches.

Les patients anciennement traités pour une dysplasie avec une hanche normale d'un point de vue osseux au moment de l'examen ainsi que les hanches «saines» au niveau osseux des patients porteur d'une dysplasie controlatérale nous ont posé un problème. En effet nous ne pouvions ni les mettre dans la catégorie pathologique en raison de la normalité des mesures ni les introduire dans la catégorie saine étant donné le terrain particulier de ces enfants. Nous avons donc pris le parti de constituer un groupe à part entière pour ces hanches.

Figure 1 : Répartition des hanches par âge et par type de sujet.



III. Méthode :

1. Données connues de la coxométrie osseuse :

La coxométrie classique osseuse consiste en la mesure d'angles sur la radiographie du bassin de face et de profil au niveau du cotyle et de l'extrémité supérieure du fémur. Nous n'évoquerons pas les mesures de profil ainsi que celles effectuées sur l'extrémité supérieure du fémur puisque ce n'est pas le sujet de notre étude.

Le cliché radiographique est réalisé debout les deux membres inférieurs en rotation interne de 15 à 20° afin d'annuler l'antéversion fémorale. Les axes du sacrum et de la symphyse sont situés sur la même verticale, le coccyx se projetant au-dessus de la symphyse. Le petit trochanter est peu saillant, le grand trochanter non superposé au col¹⁹.

La réalisation d'un cliché en position debout s'avère difficile chez le petit enfant pour qui cette station est encore mal acquise. La radiographie est donc réalisée préférentiellement en position couchée. Dans notre service nous appliquons le protocole suivant : enfant en décubitus et en rectitude, rotules au zénith (position dite indifférente), fémurs parallèles (aucunes rotations). Chez le nourrisson, une légère flexion des genoux (15°) est nécessaire afin d'éviter une antéversion du bassin (les jambes plaquées sur la table entraîne une compensation de la cyphose rachidienne par une hyperlordose lombaire).

Ces angles sont tracés à partir de points et de lignes repérés sur la radiographie. Le repérage de ces points peut s'avérer difficile chez le petit enfant dont le squelette immature fausse les repères habituels.

Le point E est l'extrémité externe du toit du cotyle. Le point T est son extrémité interne. Chez l'enfant, c'est le point inférieur du cotyle osseux. Le point C est le centre de la tête fémorale, le point C' le point de rencontre de l'axe du col avec l'axe du fémur. V est la verticale passant par le centre de la tête. H l'axe horizontal passant par T. La ligne des Y est l'horizontale joignant les zones claires correspondant à la projection du cartilage en Y. Pour Hilgenreiner, c'est la tangente au bord supérieur des ischions³⁹ et pour Bedouelle au bord inférieur des ilions^{7, 8}.

Le cintre cervico-obturateur (ou ligne de Ménard ou ligne de Shenton) est formé par les bords inférieurs du col fémoral et du pubis. Cet élément ne fait pas partie de la coxométrie proprement dite mais constitue un critère indirect de positionnement de la tête fémorale. L'arc harmonieux formé par le cintre est rompu en cas de rotation externe excessive des fémurs.

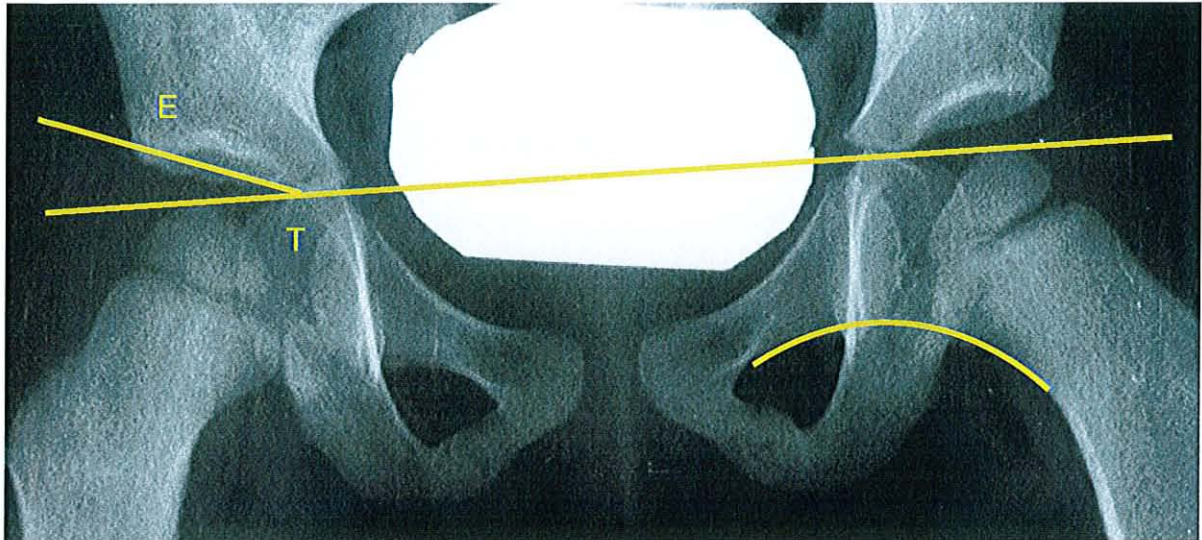
La ligne de Perkins ou de Putti est la verticale passant par le bord externe (ou latéral) de la métaphyse fémorale supérieure. Cette ligne est utilisée comme repère dans différentes mesures¹³.

Les angles décrits au niveau du cotyle sont les suivants :

- La mesure d'obliquité en haut et en dehors du toit du cotyle par rapport à l'horizontale :
 - *angle HTE* à maturité osseuse (fermeture du cartilage en Y) normalement inférieur ou égal à 10° , dysplasique s'il est supérieur à 12° ¹⁹.
 - *angle d'Hilgenreiner* aussi appelé angle cotyloïdien ou C, ou TE, (ou HTE), index acétabulaire (acetabular index pour les anglophones) est formé par l'intersection de la ligne des Y et de la ligne figurant le toit du cotyle (TE) dont la détermination peut s'avérer délicate. Son sommet se trouve à la pointe inférieure et externe de l'ilion^{7, 8}. L'angle d'Hilgenreiner diminue au cours de la croissance pour atteindre la valeur adulte. Les auteurs s'accordent sur la valeur seuil : 35° à 3 mois, 30° à un an, 25° à 3 ans, il diminue plus lentement pendant le reste de la croissance. Cette diminution est le fait du développement distal du toit osseux^{7, 8}. La radiographie du bassin doit être parfaitement de face afin d'éviter une erreur de mesure.

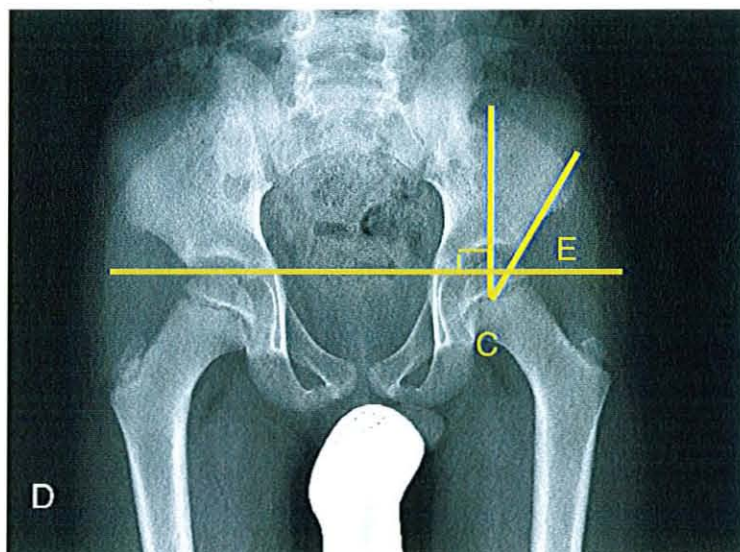
Ces deux angles sont utilisés en fonction de la fermeture ou non du cartilage en Y. Ils sont fréquemment confondus.

Figure 2 : angle HTE (Hilgenreiner) et cintre cervico-obturateur



- La mesure de couverture externe de la tête fémorale par le toit cotyloïdien communément appelé angle VCE de Wiberg⁷² (*center edge angle* des anglophones). V est la perpendiculaire à la ligne des Y passant par C le centre de la tête fémorale. E représente le bord externe du toit du cotyle. La détermination du point C chez l'enfant peut être délicate comme nous le reverrons ultérieurement. Cet angle est supérieur ou égal à 26° chez l'adulte¹⁹. Chez l'enfant, sont considérées comme pathologiques des valeurs inférieures à 10° à 3 ans, 20° entre 5 et 8 ans, 25° entre 9 et 12, 26 à 30° après 13 ans²⁵. La mesure de cet angle n'a été effectuée par Tönnis⁷⁰ qu'à partir de l'âge de 5 ans et ce à cause des difficultés à déterminer le centre de la tête fémorale chez les plus jeunes et du déplacement externe du point d'ossification lors de la rotation externe. Pour Fredensborg²⁶, le centre de la tête fémorale ne peut être mesuré avec précision avant l'âge de 8 ans.

Figure 3 : Angle VCE (Wiberg)



Au niveau de l'extrémité proximale du fémur : sur la radiographie du bassin de face, l'angle CC'D aussi appelé cervicodiaphysaire mesure l'inclinaison du col sur la diaphyse. Il est compris entre 125° et 135° chez l'adulte, dysplasique au-delà de 140°¹⁹. Selon Guillaumat³⁴, au cours de la croissance, d'après Lude et Taillard⁵³, cet angle est remarquablement fixe avec une valeur moyenne de 130° (compris entre 125° et 140°). Dans la revue de la littérature de Tönnis il y a une variation individuelle très importante et de grands écarts types pour cet angle. Il est également possible de mesurer la distance sommet du grand trochanter, sommet de l'épiphyse fémorale supérieure.

2. Problèmes posés par la détermination des différents repères chez l'enfant :

Le centre de la tête fémorale :

La difficulté de détermination du centre de la tête fémorale sur un squelette immature fait que Tönnis⁷⁰ renonce à l'utiliser avant 5 ans, et Fredensborg²⁶ avant 8 ans.

Selon Bedouelle^{7, 8}, il est difficile de trouver le centre exact de la tête fémorale sur une radiographie d'enfant du fait de l'importance des parties cartilagineuses qui varient avec l'âge. Il préconise sur une radiographie de face de placer ce point un peu en dedans du milieu du cartilage de croissance et sur sa berge inférieure ou même en dessous d'elle. En effet sur une radiographie de face prise en rotation indifférente de la hanche le noyau céphalique osseux se trouve légèrement excentré dans la tête cartilagineuse. De plus la partie interne du col contribue à former la partie inférieure de la tête fémorale. On considère qu' à partir de 7 ans la tête fémorale est suffisamment développée pour que l'on puisse en situer le centre avec exactitude.

Le centre de la tête fémorale a été déterminé chez des enfants de 0 à 33 mois à partir de comparaison entre une étude radiologique et des dissections. Ce travail a été réalisé par Amador⁴. Le centre de la tête fémorale est déterminé sur la physe à une distance de la métaphyse de 3,7 mm chez l'enfant de moins de 3 mois, 2,3 mm de 3 à 6 mois, 1,4 mm de 7 à 18 mois, et 0,2 mm de 19 à 33 mois. Ce complément d'information peut permettre de mesurer l'angle de Wiberg chez les enfants de moins de 3 ans.

Plus récemment Inan⁴⁴ a évalué le centre de la tête fémorale par résonance magnétique nucléaire chez l'enfant de moins de 8 ans. Les résultats de leur étude montre que dans les hanches normales, le milieu du noyau d'ossification fémoral proximale adjacent à la physe peut être utilisé afin de déterminer le centre de la tête fémorale. Les auteurs l'utilisent pour déterminer l'axe mécanique du membre inférieur.

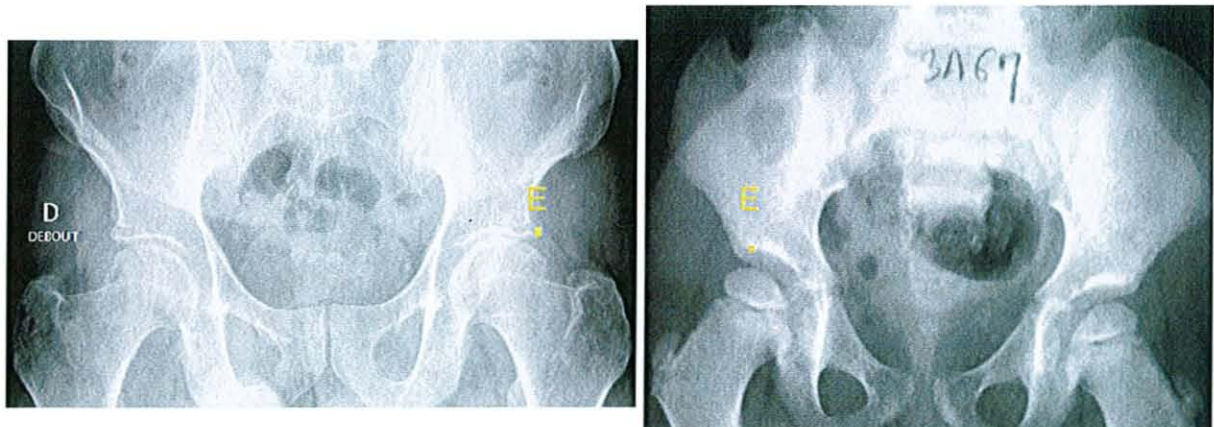
Il est donc possible à partir de 19 mois, pour des hanches saines, de considérer que le centre du cartilage de croissance fémoral supérieur est superposable au centre de la tête fémorale. C'est sur cette donnée récente que nous nous baserons dans notre étude.

Le toit du cotyle et le bord externe du cotyle (point E) :

Chez l'adulte le point E est situé à l'extrémité externe du cotyle.

Chez l'enfant, ce point se trouve à la partie externe de la ligne qui figure le toit du cotyle. En fait, sur une radiographie du bassin de face, on distingue deux lignes plus ou moins concaves vers le bas formant un arc de cercle et sa corde décrit sous le terme de bilabiation par Howorth et précisé par Bollini¹¹ : la corde de l'arc représente le bord antérieur du cotyle. L'arc, qui est une construction radiologique, correspond à la partie la plus élevée du cotyle. C'est en fait la véritable zone d'appui de la tête fémorale, comme en témoignent sa concavité vers le bas et sa densité plus importante. Sur une hanche saine, ces deux lignes se rejoignent au bord externe du cotyle (bilabiation convergente). Dans les cotyles dysplasiques, ces deux lignes ne se rejoignent pas au bord externe du toit (bilabiation divergente) . C'est la lèvre supérieure de la bilabiation qui représente la zone d'appui supérieure de la tête fémorale. Elle doit être utilisée comme repère de la mesure de l'angle acétabulaire.

Figures 4 et 5 : bassin adulte (gauche) et bassin immature à bilabiation divergente (droite)



En ce qui concerne la détermination du point E, dans les cotyles à bilabiation convergente (non dysplasiques), l'union des deux lignes représente le point E. mais dans les cotyles où existe une bilabiation divergente (dysplasiques) le point le plus externe de la lèvre inférieure n'est que le point le plus externe du bord antérieur du cotyle qui participe pour une faible part à la couverture externe de la tête fémorale. C'est le point le plus externe de la lèvre supérieure de la bilabiation qui est le plus représentatif de cette couverture. C'est donc lui que l'on doit utiliser comme repère.

Le bord latéral de l'acétabulum a fait l'objet d'une évaluation par une équipe coréenne, sur une série de 53 patients traités pour luxation congénitale de hanche, afin de localiser le point le plus précis pour mesurer l'index acétabulaire et l'angle VCE⁴⁶. Les conclusions de cette étude sont que le point le plus latéral du toit de l'acétabulum sur la radiographie représente la portion antérolatérale de l'acétabulum. La portion moyenne de l'acétabulum est, elle, représentée par le bord externe du sourcil, figuré par la zone condensée.

3. Méthode d'acquisition des images :

Tous les examens ont été pratiqués au CHU Nancy Brabois. Les examens ont été réalisés sur des IRM 1,5 et 3 tesla. Pour les enfants de moins de 3 ans une anesthésie générale était nécessaire. Les examens étaient réalisés en décubitus dorsal, rotule en position neutre. Plusieurs séquences d'IRM étaient effectuées selon le type de lésions recherchées. La totalité des patients a eu une séquence T1 spin echo qui permet d'avoir une bonne visualisation des différents éléments de la hanche. Les patients chez qui une étude plus fine du cartilage était souhaitée ont eu une séquence T2 écho de gradient (GRE) pour les dossiers plus anciens et une séquence 3D COSMIC® (Coherent Oscillatory State acquisition for the Manipulation of Image Contrast) pour les plus récents. Ces deux séquences renforcent le contraste entre l'os sous chondral, le cartilage, et le liquide articulaire ce qui permet de bénéficier d'un effet arthrographique et d'améliorer la précision des mesures.

L'utilisation d'une imagerie en coupe impose le choix et la détermination d'un plan de coupe de référence. Etant donné les mesures que nous souhaitons effectuer seules les coupes coronales ont été analysées. Nous avons opté comme d'autres auteurs²⁰ pour la coupe passant par le plus grand diamètre de la tête fémorale.

L'analyse des images et les mesures ont été effectuées sur une console de visualisation et de post-traitement à l'aide du logiciel d'exploitation qui permet la réalisation de mesures de distances et d'angles à partir des données bruts DIACOM.

4. Application des mesures osseuses à l'IRM et aux éléments radiotransparents :

Les mesures corrélant tête fémorale et cotyle sont influencées par la position du bassin donc par le positionnement du patient lors de la réalisation de l'examen. Le positionnement du patient est normalisé en radiographie standard selon des critères strictes. Il ne l'est pas ou beaucoup moins en IRM. C'est pour cette raison et aussi pour leur utilisation importante que nous nous sommes concentrés sur les angles d'Hilgenreiner^{16, 29, 36, 60} et de Wiberg^{2, 18, 21, 29, 54, 56}. Ce dernier est influencé par la position du patient mais nous l'avons tout de même retenu pour son utilisation fréquente.

Nous avons donc pour chaque hanche mesuré l'angle d'Hilgenreiner avec des repères osseux, cartilagineux et labraux, et l'angle de Wiberg avec des repères osseux et cartilagineux. Nous avons également mesuré l'épaisseur du cartilage comme nous le détaillerons plus loin.

L'ensemble des mesures a été effectué sur les coupes d'IRM, la concordance entre les mesures osseuses IRM et radiographiques étant attestée par plusieurs publications^{20, 57}, et par un seul opérateur. Partant du constat que les goniomètres que nous utilisons en pratique courante sont gradués de 2 en 2 nous avons donc accordé une marge de plus ou moins 2 degrés à nos mesures angulaires.

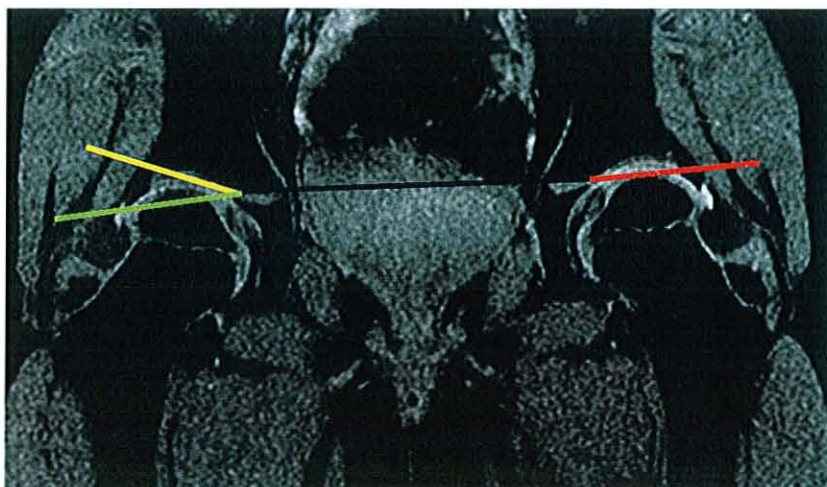
Mesure de l'obliquité du toit du cotyle :

Il correspond à l'angle d'Hilgenreiner ou HTE. Nous réalisons pour chaque hanche trois mesures de cet angle. Une mesure osseuse, une mesure cartilagineuse et une mesure labrale. Cet angle est formé par l'intersection de la droite unissant les cartilages en Y et de la droite figurant le toit du cotyle. Cette dernière est déterminée en traçant une droite qui relie l'arrière fond du cotyle au niveau de la ligne des Y (point invariant dans les différentes mesures) et un point E figurant la partie la plus externe du cotyle. Si la détermination du point E peut s'avérer délicate sur un examen radiographique comme nous l'avons vu précédemment il n'en est rien sur une IRM qui, comme le scanner, étant une imagerie en coupe, sursoit aux problèmes

posés par la superposition d'une structure tridimensionnelle sur une représentation bidimensionnelle. Ce point varie en fonction des mesures. Pour la mesure osseuse il représente le point le plus externe du cotyle osseux ; pour la mesure cartilagineuse il représente le point le plus externe du cotyle cartilagineux et pour la mesure labrale le point le plus externe du labrum.

De cette manière sont déterminés trois angles HTE que nous nommerons : HTE oss, HTE cart et HTE lab.

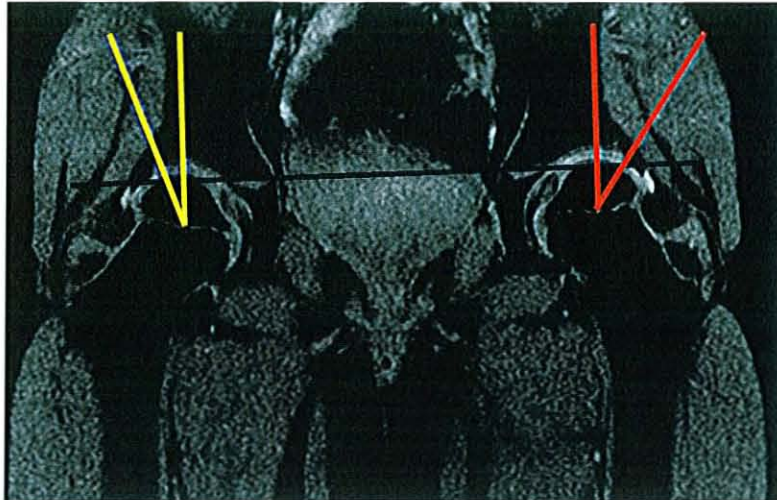
Figure 6 : Les angles HTE : oss (jaune), cart (rouge), lab (vert) sur IRM GRE



Mesure de la couverture externe :

Elle correspond à l'angle VCE de Wiberg. Pour chaque hanche deux mesures de cet angle ont été réalisées. Une mesure osseuse et une mesure cartilagineuse. La détermination du point C est délicate chez le jeune enfant. Certains auteurs la considèrent même comme impossible et ne réalisent cette mesure qu'à partir de l'âge de 6 ans^{12, 26, 70}. Nous nous sommes basés sur une publication récente pour déterminer le point C à partir de la plaque de croissance de la tête fémorale⁴⁴. En ce qui concerne le point E nous avons déterminé le point le plus externe du toit osseux pour les mesures osseuses et le point le plus externe du toit cartilagineux pour les mesures cartilagineuses, comme il avait déjà été fait pour la mesure de l'obliquité du toit. Les angles obtenus sont nommés : VCE oss et VCE cart.

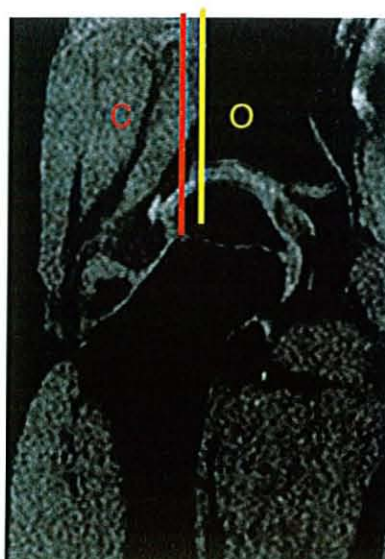
Figure 7 : Les angles VCE : oss (jaune), cart (rouge) sur IRM GRE



Mesure de «l'épaisseur» du cartilage acétabulaire :

L'épaisseur du cartilage nous semblant être un bon indicateur de la croissance résiduelle de la hanche^{3, 52, 58}. Nous avons mesuré la distance entre la verticale passant par le point le plus externe du cotyle osseux et la verticale passant par le point le plus externe du cotyle cartilagineux. Ces deux points correspondent aux points E utilisés pour la mesure des angles sus-cités. La distance séparant ces deux droites est nommée : OC pour distance os cartilage.

Figure 8 : mesure de la distance OC : verticale passant par le point osseux en jaune et verticale passant par le point cartilagineux en rouge sur IRM GRE



5. Statistiques :

Le recueil des données et leur analyse a été effectué sur le logiciel Numbers 09® d'Apple®. Nous avons pour chaque mesure calculé les caractéristiques statistiques principales. L'analyse des données a été effectuée par groupe d'âge. Nous avons recherché par comparaison des différences entre les mesures osseuses et cartilagineuses, et entre les mesures osseuses et labrales. Un test t de Student et un test de régression ont été utilisés pour ces comparaisons.

IV. Résultats :

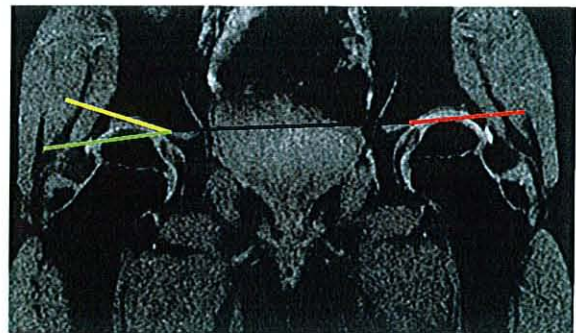
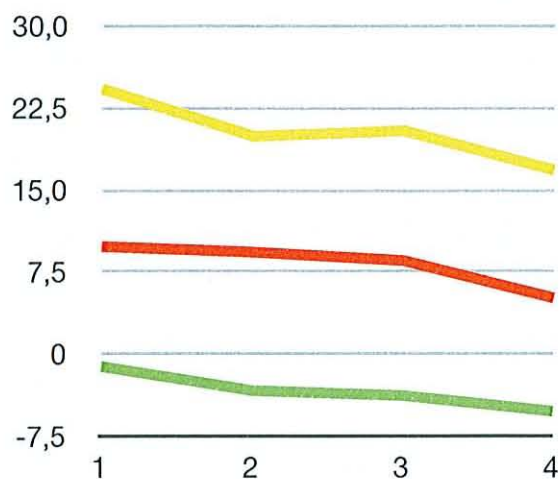
1. Les hanches saines :

Groupe 1 :

Ce groupe est constitué de 17 sujets, 11 filles et 6 garçons, représentant 27 hanches. Le plus jeune est âgé d'un an et le plus âgé de 4 ans avec un âge moyen pour ce groupe de 2,4 ans.

La valeur moyenne de l'angle HTEoss dans ce groupe est de $20,3^\circ$ avec des extrêmes allant de $12,7^\circ$ à $29,1^\circ$. L'écart type est de 5,95. Pour l'angle HTEcart ces valeurs sont respectivement de $8,2^\circ$ (1° ; $15,5^\circ$) avec un écart type de 4,75 et pour l'angle HTElab elles sont de $-3,3^\circ$ ($-9,2^\circ$; $3,8^\circ$) avec un écart type de 5,1.

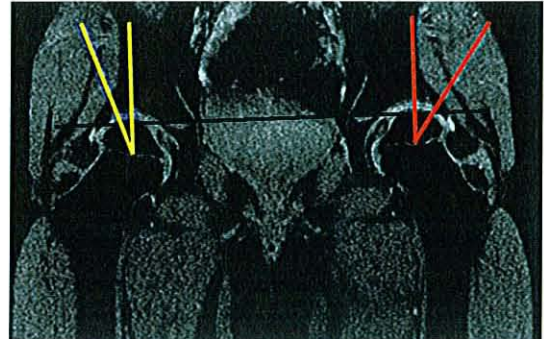
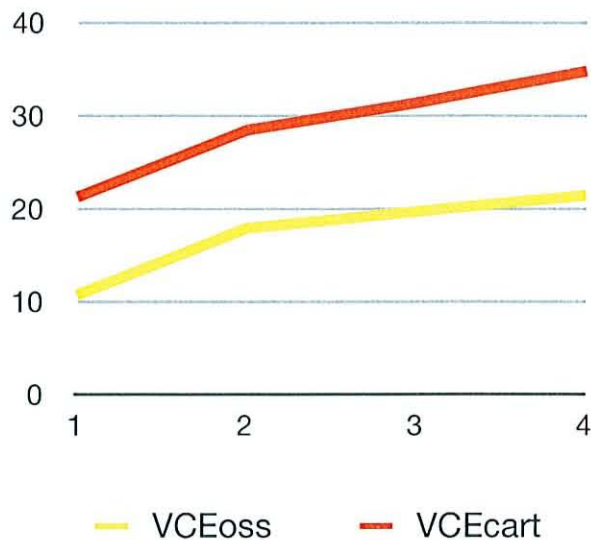
Figure 9 : Evolution des angles HTE dans le groupe 1



— HTEoss — HTEcart — HTElab

En ce qui concerne l'angle de Wiberg nous obtenons les valeurs suivantes : pour VCEoss une moyenne de $17,2^\circ$ ($6,6^\circ$; $29,4^\circ$) l'écart type pour cet angle est de 5,05 ; pour VCEcart une moyenne de $28,7^\circ$ ($15,2^\circ$; $41,5^\circ$) avec un écart type de 4,4.

Figure 10 : Evolution des angles VCE dans le groupe 1



Pour la mesure de la distance os cartilage nous avons retrouvé une moyenne de 0,3 cm (0,2 ; 0,46) avec un écart type nul.

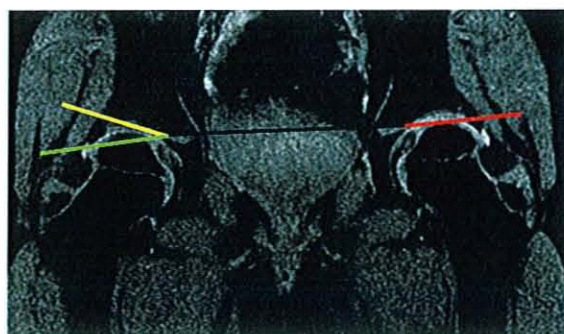
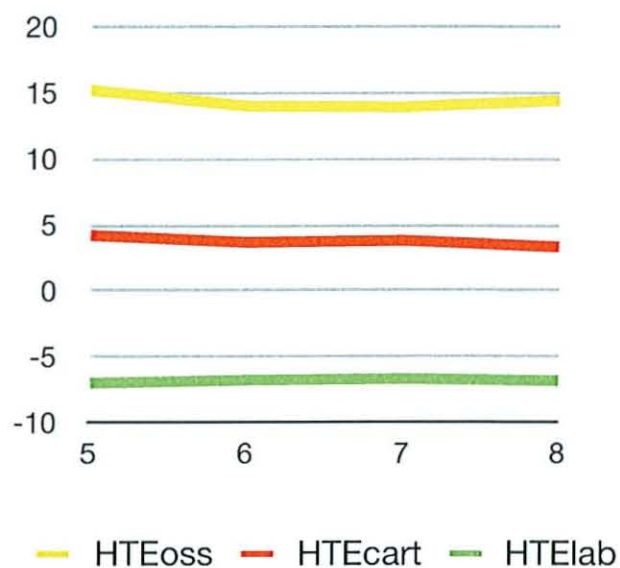
Les valeurs des angles HTE diminuent pendant la croissance et à l'inverse celle des angles VCE augmentent. La différence entre les mesures osseuses, cartilagineuses et labrales est constante dans ce groupe.

Groupe 2 :

Ce groupe est constitué de 28 sujets, 9 filles et 19 garçons, représentant 37 hanches. L'âge pour ce groupe va de 5 à 8 ans inclus avec une moyenne à 6,9 ans.

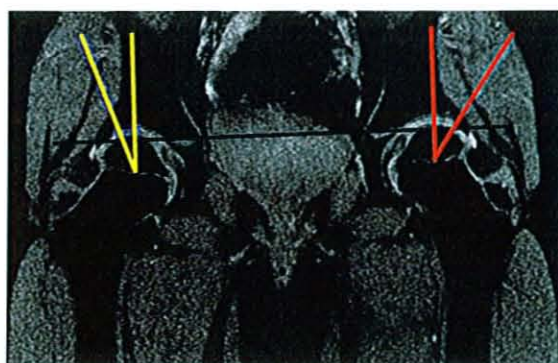
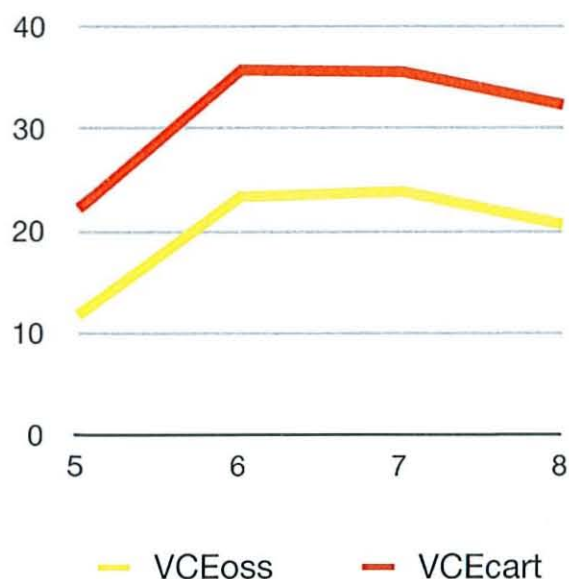
La valeur moyenne de l'angle HTEoss dans ce groupe est de 14,1° avec des extrêmes allant de 9,3° à 17,3°. L'écart type est de 1,5. Pour les angles HTEcart et HTElab ces valeurs sont respectivement de 3,6° (-2,2° ; 9,1°) avec un écart type de 2,1 et de -6,7° (-12° ; -2,5°) avec un écart type de 1,3.

Figure 11 : Evolution des angles HTE dans le groupe 2



Pour l'angle de Wiberg nous obtenons les valeurs suivantes : pour VCEoss une moyenne de 22,3° (11,2° ; 30,6°) l'écart type étant de 6,5 ; pour VCEcart une moyenne de 34,2° (20,6° ; 48,7°) avec un écart type de 6,3.

Figure 12 : Evolution des angles VCE dans le groupe 2



La moyenne pour la distance os cartilage est de 0,31 (0,14 ; 0,58) avec un écart type de 0,075.

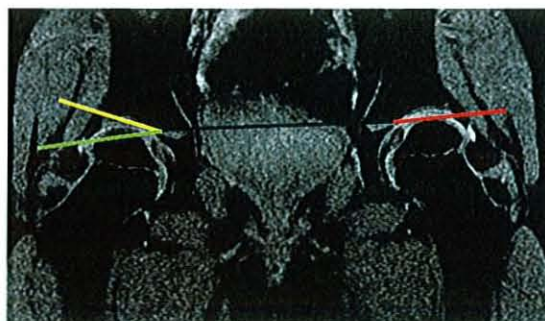
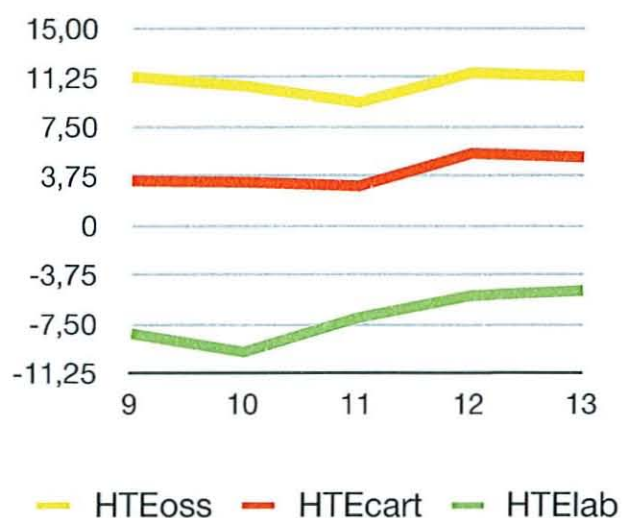
L'évolution de l'angle HTE se fait très progressivement à la baisse alors qu'après une hausse assez nette au début du groupe l'angle VCE marque un léger retrait. L'écart entre les différents types de mesures est constant dans ce groupe.

Groupe 3 :

Constitué de 21 sujets répartis en 7 filles et 14 garçons, pour un total de 33 hanches, ce groupe représente les sujets les plus âgés de notre étude. La moyenne d'âge est de 11,4 ans (9 ; 13 ans).

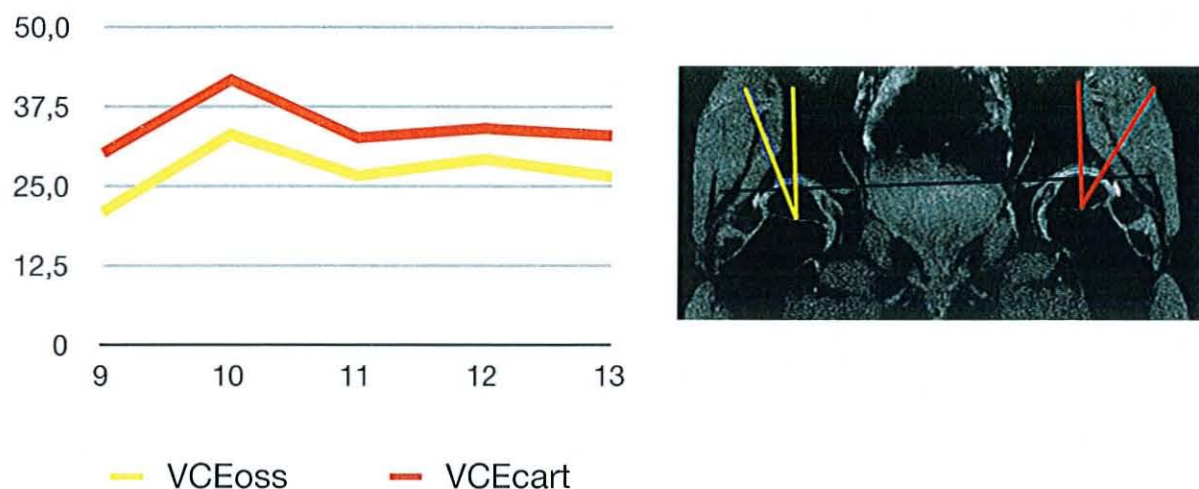
L'angle HTEoss dans ce groupe a une valeur moyenne de 11° ($6,1^{\circ}$; $14,2^{\circ}$) avec un écart type de 1. Pour l'angle HTEcart la moyenne est de $4,5^{\circ}$ (0° ; $11,8^{\circ}$), l'écart type étant de 0,15, pour finir l'angle HTElab a une valeur moyenne de $-6,4^{\circ}$ (-12° ; $-2,6^{\circ}$) avec un écart type de 1,35.

Figure 13 : Evolution des angles HTE dans le groupe 3



L'angle VCEoss a une valeur moyenne de $27,7^{\circ}$ ($14,5^{\circ}$; $38,6^{\circ}$) avec un écart type de 3,4. Pour l'angle VCEcart on retrouve une moyenne de $34,1^{\circ}$ ($19,2^{\circ}$; $43,3^{\circ}$) l'écart type étant de 3,8.

Figure 14 : Evolution des angles VCE dans le groupe 3



La moyenne pour la distance os cartilage est de 0,17 (0 ; 0,45) avec un écart type de 0,07.

L'évolution des angles HTE se stabilise avec une diminution des écarts entre mesures osseuses et cartilagineuses. Pour l'angle VCE après une dernière augmentation vers 10 ans les valeurs diminuent un peu et se stabilisent avec une diminution là aussi de l'écart os cartilage.

L'évolution des valeurs d'HTE oss et HTE cart est fortement corrélée avec un coefficient de 0,71. Ce coefficient est de 0,68 entre HTE oss et HTE lab, et de 0,85 entre VCE oss et VCE cart. Il existe une différence significative entre les mesures osseuses, cartilagineuses et labrales avec un $p < 0,01$ au test de Student appliqué à chacune de ces moyennes.

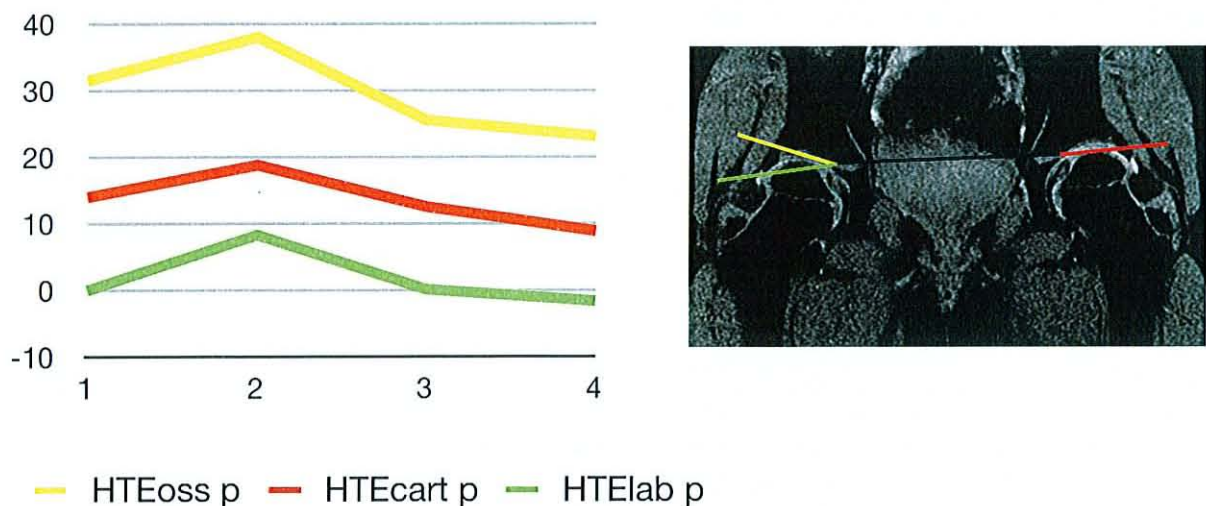
2. Les hanches pathologiques :

Groupe 1 :

Constitué de 7 sujets, 6 filles et 1 garçon, représentant 10 hanches, ce groupe contient comme pour les sujets sains les sujets les plus jeunes de notre étude. La moyenne d'âge est de 3,1 ans (1 an à 4 ans).

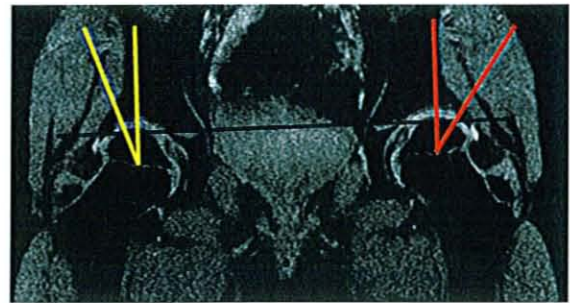
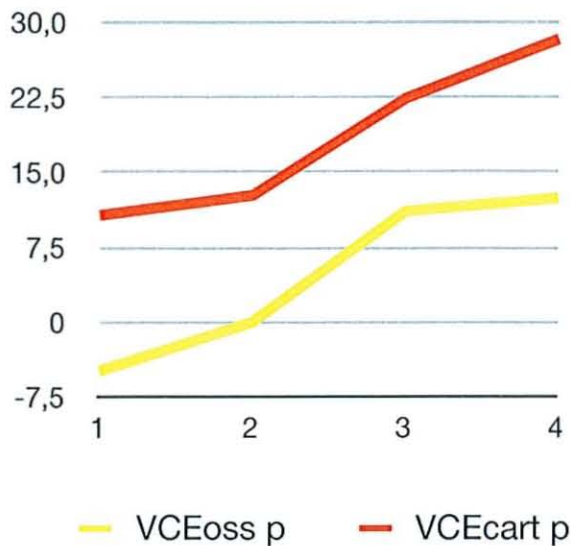
Nous avons retrouvé pour les angles HTE les valeurs suivantes : pour HTEoss une moyenne de $27,4^{\circ}$ ($19,9^{\circ}$; $38,4^{\circ}$) avec un écart type de 5,3 ; pour HTEcart la moyenne est de $12,1^{\circ}$ ($5,4^{\circ}$; $18,8^{\circ}$) et l'écart type de 4,3 ; pour finir l'angle HTElab présente une moyenne de $0,9^{\circ}$ ($-4,7^{\circ}$; $8,4^{\circ}$) avec un écart type de 1,8.

Figure 15 : Evolution des angles HTE dans le groupe 1 pathologique



L'angle VCEoss a une valeur moyenne de $7,9^{\circ}$ ($-4,9^{\circ}$; 20°) avec un écart type de 8,05. Pour l'angle VCEcart ces valeurs sont de $22,2^{\circ}$ ($8,2^{\circ}$; $37,7^{\circ}$) et 5,6.

Figure 16 : Evolution des angles VCE dans le groupe 1 pathologique



La distance OC présente une valeur moyenne de 0,44 (0,29 ; 0,64) avec un écart type de 0,11.

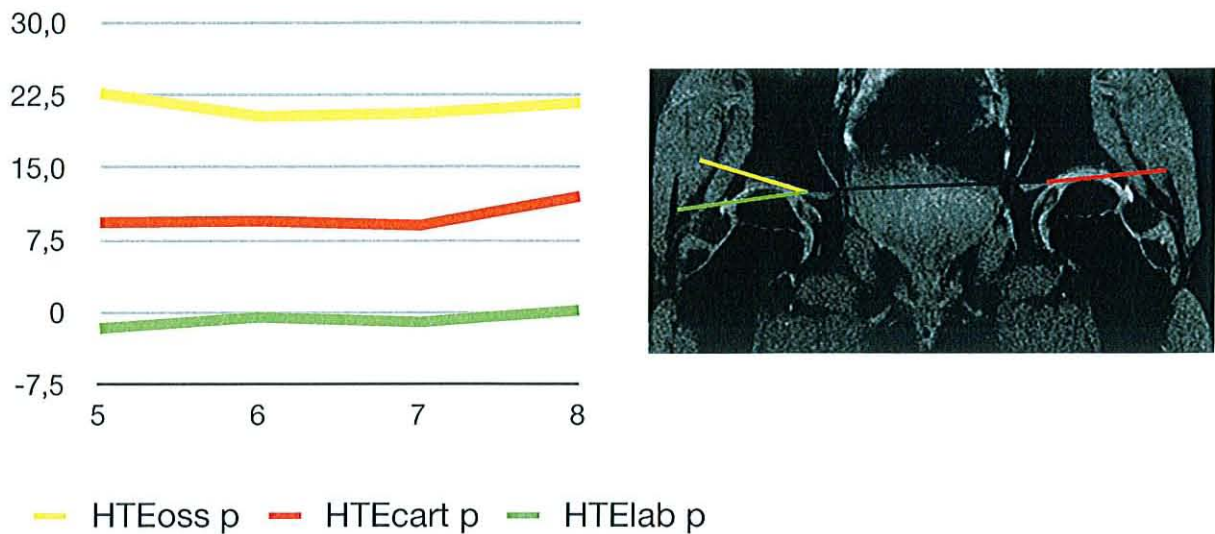
On note une évolution à la baisse en fonction de l'âge pour l'angle HTE au sein de ce groupe. L'évolution de l'angle VCE est, elle, inverse. Les écarts entre les différents types de mesures restent constants au sein de ce groupe.

Groupe 2 :

Ce groupe représentant la tranche d'âge intermédiaire de 5 à 8 ans inclus avec une moyenne de 6,3 ans est composé de 21 sujets (8 filles et 13 garçons) représentant 29 hanches.

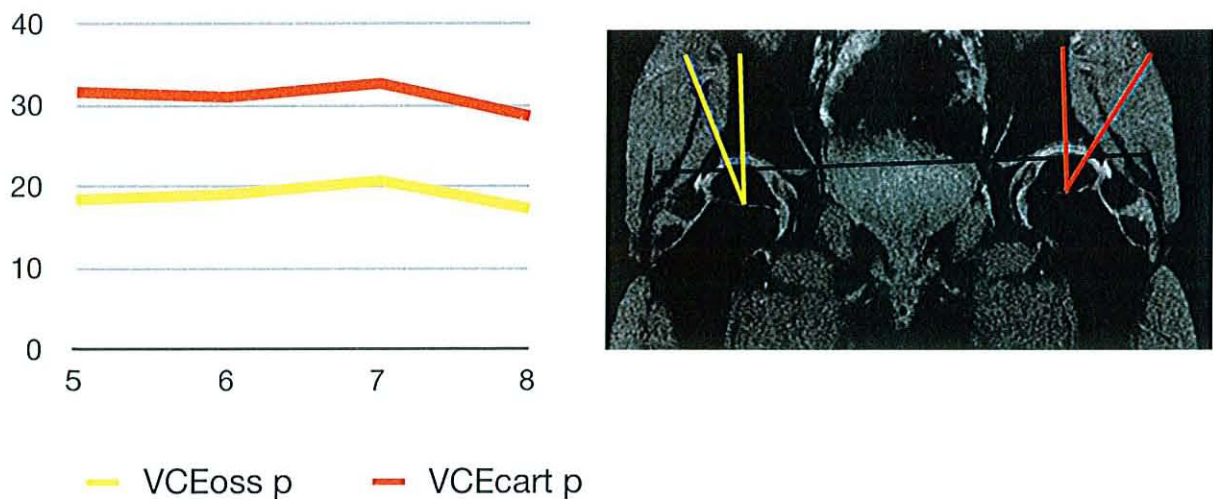
Nous avons retrouvé pour l'angle HTEoss une valeur moyenne de 21,5° (16,3° ; 32,7°) avec un écart type de 2,6. Pour l'angle HTEcart la moyenne est de 9,9° (3,8° ; 19,5°) et l'écart type de 1,7 et pour l'angle HTElab ces valeurs sont de -0,8° (-6,8° ; 8,9°) et 2,45.

Figure 17 : Evolution des angles HTE dans le groupe 2 pathologique



En ce qui concerne l'angle VCE la moyenne pour les mesures osseuses est de 18,6° (4,9° ; 35,2°) avec un écart type de 0,55. Pour les mesures cartilagineuses ces valeurs sont de 31° (17,5° ; 51,3°) et 2,2 pour l'écart type.

Figure 18 : Evolution des angles VCE dans le groupe 2 pathologique



Pour la distance OC nous retrouvons une valeur moyenne de 0,33 (0,11 ; 0,59) avec un écart type de 0,155.

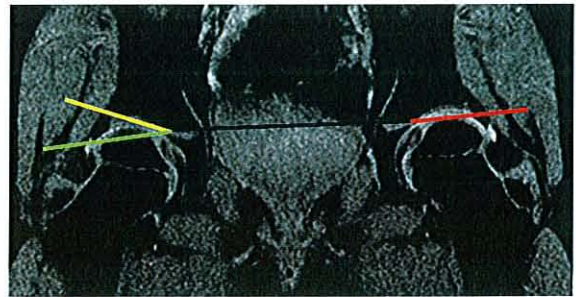
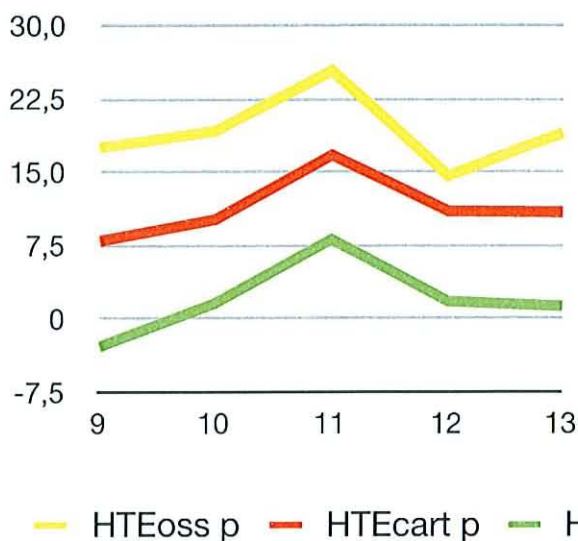
L'évolution des mesures au sein de ce groupe est très modérée. Les écarts entre les différents types de mesures restent constants.

Groupe 3 :

Ce groupe représentant les sujets les plus âgés, compris entre 9 et 13 ans, avec une moyenne de 10,7 ans est composé de 19 sujets. Ces derniers se répartissent en 6 filles et 13 garçons pour un total de 27 hanches.

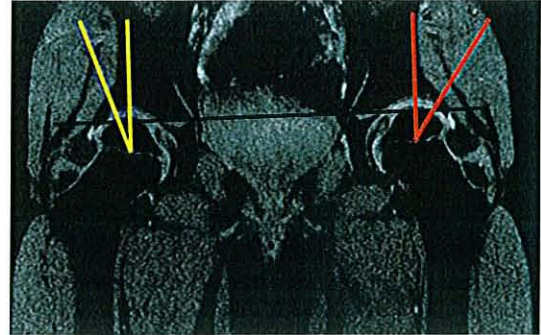
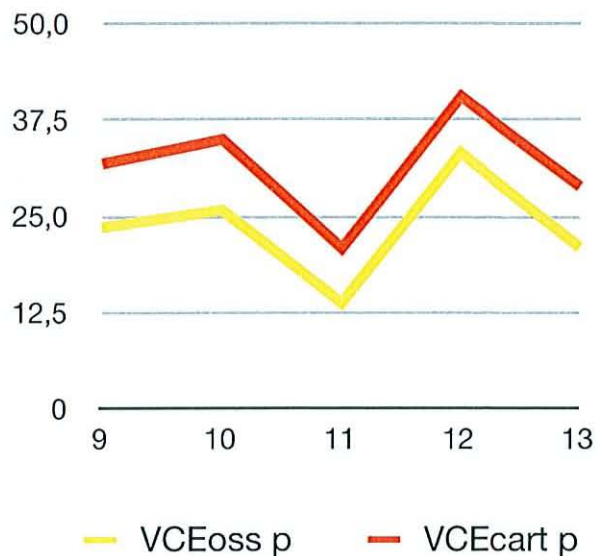
La moyenne de l'angle HTEoss dans ce groupe est de $20,3^{\circ}$ ($13,2^{\circ}$; $47,7^{\circ}$) avec un écart type de 1,2. L'angle HTEcart présente quant à lui des valeurs de $11,6^{\circ}$ ($1,6^{\circ}$; $40,8^{\circ}$) et un écart type de 1,85. Pour l'angle HTElab la moyenne est de $2,1^{\circ}$ ($-6,3^{\circ}$; $31,6^{\circ}$) et l'écart type de 0,3.

Figure 19 : Evolution des angles HTE dans le groupe 3 pathologique



Pour les angles VCE les valeurs sont de $20,7^{\circ}$ (0° ; $37,6^{\circ}$) avec un écart type de 2,5 pour l'os et de $28,6^{\circ}$ (0° ; $46,4^{\circ}$) avec un écart type de 3,95 pour le cartilage.

Figure 20 : Evolution des angles VCE dans le groupe 3 pathologique



Nous retrouvons pour la distance OC une valeur moyenne de 0,26 (0 ; 0,59) avec un écart type de 0,055.

Les différences entre les mesures osseuses, cartilagineuses et labrales diminuent à la fin de ce groupe. Les angles HTE marquent un pic à 11 ans avant de diminuer à l'adolescence. Pour les angles VCE l'évolution dans ce groupe est en dent de scie avec un resserrement important de l'écart os cartilage.

L'évolution des valeurs d'HTE oss et HTE cart est fortement corrélée avec un coefficient de 0,84. Ce coefficient est de 0,79 entre HTE oss et HTE lab, et de 0,88 entre VCE oss et VCE cart. Comme pour les sujets sains la différence entre mesures osseuses, cartilagineuses et labrales est significative avec un $p < 0,01$ au test de Student.

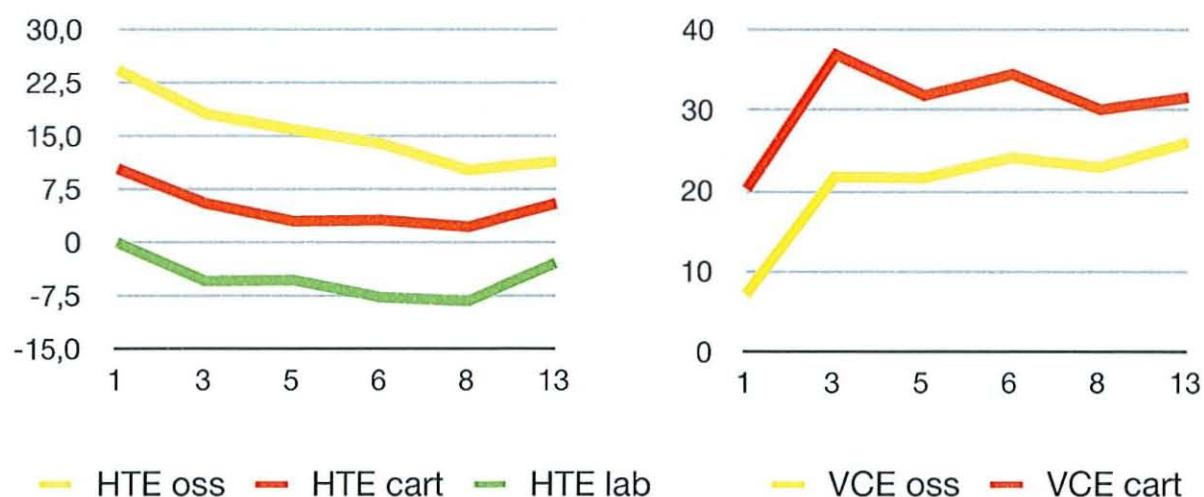
3. Les hanches «saines» des sujets pathologiques:

Ce groupe constitué de 9 enfants, 7 filles et 2 garçons, entre 1 et 13 ans (moyenne de 5,4 ans) est trop hétérogène, de part les étiologies et les âges qu'il regroupe, et trop petit pour que nous ayons réalisé une analyse statistique dessus.

Pour HTE oss les valeurs sont comprises entre $24,3^{\circ}$ et $6,6^{\circ}$, pour HTE cart elles sont comprises entre $10,4^{\circ}$ et $-1,1^{\circ}$. L'angle HTE lab est compris entre 0° et -12° .

Les valeurs des angles VCE sont comprises entre $7,1^{\circ}$ et $27,2^{\circ}$ pour VCE oss et entre $20,2^{\circ}$ et $40,5^{\circ}$ pour VCE cart.

Figures 21 et 22 : évolution des angles HTE et VCE dans ce groupe



V. Discussion :

1. Anatomie et morphogenèse de la hanche de l'enfant :

La connaissance du développement et de l'anatomie normale de la hanche²⁷ à différentes périodes de la vie est un élément fondamental pour la compréhension et l'interprétation des différents examens d'imagerie. En effet la hanche de l'enfant étant une structure ostéo-cartilagineuse, l'évaluation de son anatomie en imagerie n'est ni une chose aisée ni une donnée constante étant donnée l'ossification progressive des pièces cartilagineuses.

Période embryonnaire :

Elle correspond aux 2 premiers mois de la vie intra-utérine. C'est la période de l'organogenèse et donc celle des malformations. Chez l'embryon de 4 semaines (qui mesure 5 mm) apparaissent les bourgeons des membres inférieurs. Les cellules mésenchymateuses se multiplient et s'orientent pour dessiner l'ébauche fémorale (tronc de cône) et l'ébauche pelvienne (disque). Une densification cellulaire signale très tôt l'emplacement de la future articulation de la hanche au sein d'une ébauche commune entre fémur et os iliaque.

C'est vers la fin de la septième semaine (embryon de 22 mm) qu'apparaît la fente articulaire correspondant au début de la séparation des ébauches de la tête fémorale et de l'acétabulum. Ceci est la résultante d'un phénomène de dégénérescence cellulaire couplé à des sollicitations mécaniques liées aux premiers mouvements des membres inférieurs.

La cavité articulaire est achevée à la neuvième semaine de la gestation lorsque le fœtus mesure 40 mm.

Cette fin de période embryonnaire est également marquée par la transformation du tissu mésenchymateux en tissu cartilagineux conjointement à la mise en place des nerfs , des vaisseaux et des muscles.

Période foetale :

L'organogenèse est achevée, la hanche possède tous ses constituants et va passer par la période foetale de son développement.

C'est une phase de croissance et de maturation cartilagineuse. Le mécanisme de croissance est double :

- la croissance interstitielle : pluridirectionnelle par division cellulaire et accumulation de substance fondamentale. Cette croissance est exponentielle, très rapide, non spécifique ; elle réalise le programme génétique et produit une structure extrêmement malléable sur laquelle les forces mécaniques auront de plus en plus d'action au fur et à mesure que l'organisme augmente de volume, met en place son activité physique et sa motricité²³. La croissance interstitielle persiste après la naissance mais sa vitesse diminue considérablement. Elle se superpose ensuite à la croissance sériée ;
- la croissance sériée : c'est aux extrémités de chaque pièce diaphysaire ossifiée que se mettent en place les plaques conjugales, lieux de la croissance sériée, qui réalisent un double phénomène : croissance axiale et partiellement transversale au sein du cartilage (par augmentation de volume et de longueur) puis résorption du cartilage et construction du tissu osseux qui fige le produit de la croissance cartilagineuse. La croissance sériée est d'apparition secondaire. Sa vitesse diminue progressivement avec l'âge. Elle est beaucoup moins malléable que la croissance interstitielle.

Durant le troisième mois, les artères centrales des maquettes cartilagineuses induisent un mécanisme de calcification puis d'ossification qui aboutit à l'apparition des noyaux osseux primitifs (de type diaphysaire) : du côté fémoral, le noyau primitif de la diaphyse fémoral et du côté pelvien, les noyaux primitifs des trois constituants de l'os iliaque, l'ilion, l'ischion et le pubis. C'est à l'union de ces trois pièces que se situe le cotyle, et plus particulièrement, le futur cartilage en Y⁵⁸.

À partir du cinquième mois, la hanche du fœtus poursuit sa croissance globale qui fait passer le diamètre de la tête fémorale de 7 mm à 5 mois à 12 mm à la naissance. Le col du fémur reste très court et trapu alors que le grand trochanter est particulièrement développé. La cavité cotyloïdienne, qui engainait complètement

la tête fémorale au quatrième mois, laisse apparaître un découvert partiel : la profondeur du cotyle diminue en effet dans les derniers mois de la vie intra-utérine⁵⁰.

A la naissance :

Même si la cavité cotyloïdienne est relativement peu profonde, elle représente quand même une demi-sphère et la hanche demeure parfaitement stable⁶⁸ et non dislocable, même par des manoeuvres de force qui engendreraient un décollement épiphysaire supérieur du fémur et non une luxation. Le bord inféro-externe de l'ilion forme la partie osseuse du toit du cotyle. A ce moment ce dernier est plat, le bord externe ou talus est rond.

La capsule articulaire forme un manchon très résistant et particulièrement épais en avant où il est renforcé par le ligament de Bertin. Même après ablation de la capsule, la tête fémorale tient bien dans la cavité acétabulaire et il faut exercer une certaine force pour la luxer hors du cotyle avec un effet de succion lié à la pression négative à l'intérieur de la hanche. Le pourtour du cotyle est représenté par le bord saillant du limbus qui enserre solidement la tête fémorale.

Du côté fémoral, le col très court supporte la tête qui n'est pas parfaitement sphérique. L'angle cervicodiaphysaire est de l'ordre de 135 à 145°. La torsion fémorale qui oriente vers l'avant l'extrémité supérieure du fémur est habituellement de 25 à 30° chez le nouveau-né.

Avant la naissance, le fémur est hyperfléchi sur le bassin, et du fait de l'antétorsion fémorale, la tête regarde légèrement vers l'arrière et se trouve donc parfaitement orientée vers le fond du cotyle qui, lui, est un peu antéversé.

En revanche, si le fémur est en rotation externe ou présente une antétorsion importante, la tête regarde directement en arrière au contact du bord postérieur de l'acétabulum et de la capsule⁶⁸.

Les changements qui vont se produire au moment de la naissance et peu après concernent :

- des modifications hormonales avec imprégnation oestrogénique du fœtus, génératrice de laxité ligamentaire et capsulaire diffuse pouvant jouer un rôle dans le déterminisme d'une instabilité de hanche. En fait, des travaux plus récents n'ont pas confirmé cette hypothèse⁶⁶ ;
- la déflexion de la hanche, qui a été autrefois incriminée comme mécanisme luxant⁵⁰, ne présente en fait aucun danger si elle se fait naturellement ;
- la liberté de mouvement de l'enfant après la naissance contraste avantageusement avec la gêne à la motricité occasionnée par les contraintes intra-utérines. Ainsi, les mouvements qui étaient ralentis, voire bloqués à la fin de la grossesse et pendant l'engagement, sont libérés et permettent un remodelage harmonieux du cotyle cartilagineux et de la tête fémorale.

De la naissance à 1 an :

Durant cette période on observe deux modifications dans l'architecture de la hanche :

- l'allongement du col fémoral, phénomène important car il éloigne le grand trochanter du bassin et améliore le bras de levier des muscles fessiers ;
- la diminution de l'antétorsion fémorale qui passe progressivement de 30° à une dizaine de degrés.

La maturation osseuse progresse considérablement pendant cette période, ce qui se traduit par des changements progressifs dans l'image radiographique^{9, 67} :

- l'apparition du noyau d'ossification fémoral supérieur à un âge très variable, souvent entre 3 et 6 mois mais parfois plus tôt ou plus tard (jusqu'à 1 an), sans qu'il y ait de véritables anomalies ;
- les modifications de l'image acétabulaire, le cotyle devenant concave vers le bas et le talus devient angulaire, s'accompagne d'une diminution progressive de l'obliquité du cotyle. L'U radiologique apparaît entre 1 et 2 ans et permet d'apprécier le fond du cotyle. L'ischion et le pubis forment une pince dont les extrémités se rapprochent pour former le trou obturateur. Les variations de la partie inférieure de l'ilion dont la pente (angle acétabulaire) est mesurée avec

tant de minutie chez le nouveau-né et le nourrisson, n'a souvent pas d'autre signification qu'un degré de maturation très variable.

De l'âge de la marche à l'adolescence :

La hanche poursuit régulièrement sa croissance avec une phase de développement préférentiel du cotyle vers l'âge de 3 à 5 ans en ce qui concerne la maturation osseuse radiologique.

Le point d'ossification du grand trochanter apparaît entre 3 et 4 ans, celui du petit trochanter entre 7 et 12 ans. La soudure complète de la tête et du col ayant lieu vers 16 ans.

Au début de la puberté s'achève la croissance de la hanche avec l'apparition et la soudure de points d'ossification complémentaire, dans le cartilage en Y ainsi que dans le bord externe du toit du cotyle. Les points d'ossification secondaire de l'épine iliaque antéro-inférieure, de l'épine sciatique et de l'ischion apparaissent entre la 13ème et la 15ème année et se soudent entre 16 et 18 ans pour l'épine iliaque antéro-inférieure, entre 20 et 25 ans pour les autres apophyses. Les points apophysaires pubiens sont d'apparition plus tardive, entre 18 et 20 ans. Les points d'ossification du cotyle apparaissent entre 8 et 13 ans, et se soudent entre 15 et 17 ans. Ils peuvent cependant persister. Un défaut de couverture, un cotyle court peuvent apparaître à cet âge sur une hanche qui pouvait paraître normale au préalable. La maturation définitive correspond à la fusion de tous les cartilages de croissance : cartilage en Y, cartilage sous-capital, cartilage trochantérien. Notons à cette phase le rôle capital de la crête iliaque qui apparaît entre la 12ème et la 15ème année et qui se soude à l'os iliaque entre la 21ème et la 25ème année. Son ossification se fait dans un sens bien précis correspondant au stade de Risser⁶² et dont le suivi est particulièrement précieux en fin de croissance. Les paramètres de la hanche adulte sont alors établis de manière définitive : c'est à cette période seulement que l'on peut évaluer réellement le résultat d'un traitement de luxation ou de dysplasie de hanche.

Rappelons que l'individualisation des plaques de croissance de la tête fémorale et du grand trochanter n'est qu'une description radiologique. En effet, à la

naissance, la chondro-épiphyse comprend l'ensemble tête fémorale, bord supérieur du col fémoral et grand trochanter²⁸.

Figure 23 : Apparition des noyaux épiphysaires et apophysaires, et fermeture du cartilage en Y et de la synchondrose ischio-pubienne. (d'après R. Birkner¹⁰)

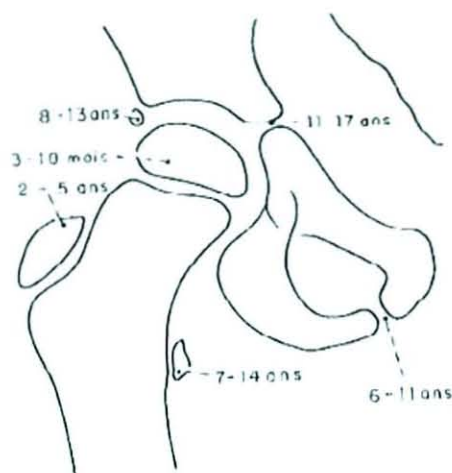
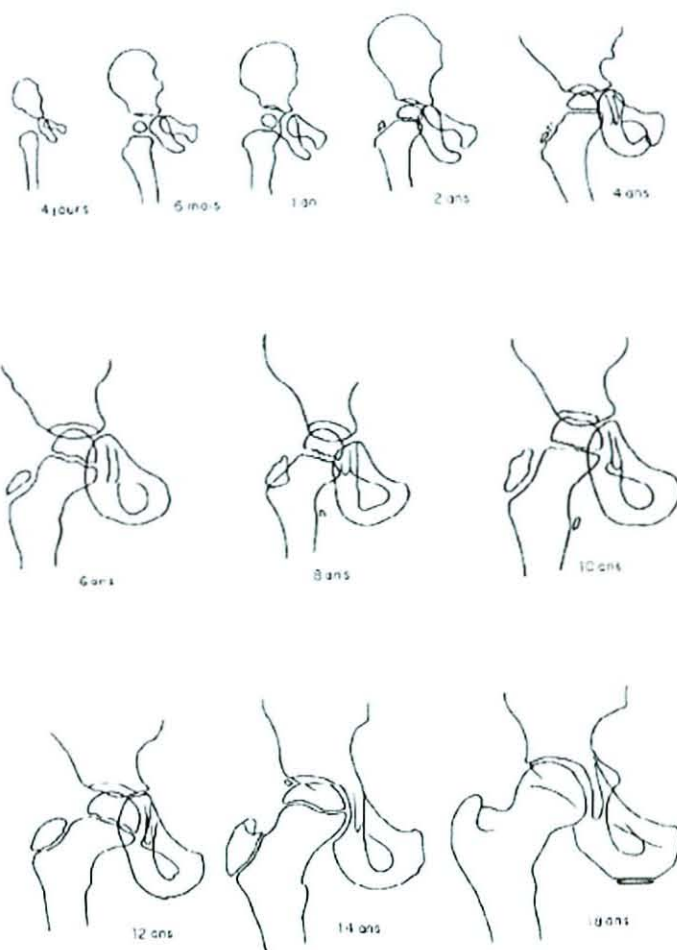


Figure 24 : Aspect radiographique de la hanche, par ordre chronologique, du nouveau-né à l'âge de 18 ans. (d'après R. Birkner¹⁰)

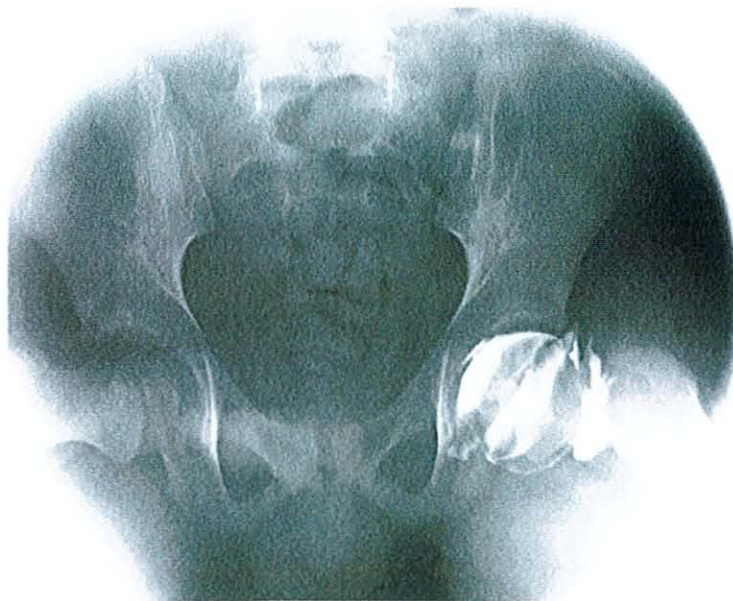


2. Apport des différents examens d'imagerie dans l'analyse de la hanche de l'enfant :

Nous ne sommes pas les premiers à être insatisfait de l'analyse en radiographie standard. Au fur et à mesure des progrès de l'imagerie médicale différents examens ont été utilisés afin d'améliorer la qualité des mesures et l'évaluation des éléments radiotransparents. Nous détaillons ces examens ci-après.

Arthrographie :

Figure 25 : Aspect arthrographique de la hanche de l'enfant (d'après C. Bronfen¹³ avec autorisation)



L'arthrographie permet d'apprécier de manière indirecte les structures radio-transparentes (cartilage, capsule, ligaments) non visibles sur les radiographies simples. Elle nécessite l'introduction par une ponction d'un produit de contraste (produit iodé) dans l'articulation mélangé ou non à de la xylocaïne. Elle est faite le plus souvent chez l'enfant sous anesthésie générale par une voie obturatrice en ponctionnant dans le pli génito-crural sous la corde des adducteurs en visant l'épaule homolatérale. L'asepsie doit être rigoureuse.

L'arthrographie commence par une aspiration à la recherche d'un épanchement qui serait prélevé pour analyse bactériologique, puis on injecte le produit hydrosoluble triodé (Hexabrix®) en petite quantité. L'amplificateur de brillance permet de contrôler la répartition du produit. Un examen de la hanche sous anesthésie générale peut être pratiqué. Des clichés sont faits dans diverses positions.

L'arthrographie permet de juger avec exactitude des rapports de la tête fémorale avec le cotyle, de sa forme, de l'étendue de la synoviale en dessinant ses différents culs de sac, du contenu de l'articulation.

Le produit de contraste entoure la tête fémorale qui est sphérique et régulière quelque soit l'incidence. Le cartilage cotyloïdien est parfaitement régulier et congruent à la tête fémorale, un fin liséré de produit de contraste borde ces deux cartilages. Dans la région supéro-externe, prolongeant le toit du cotyle se situe une zone claire triangulaire (en négatif sur les clichés) correspondant au bourrelet fibro-cartilagineux cotyloïdien ou limbus. Le bord périphérique du limbus est entouré par le liquide de contraste qui opacifie un petit recessus : le recessus sus limbique. Le ligament rond est parfois visualisé à la partie inférieure de l'interligne, surtout en cas d'hyperlaxité. La cavité articulaire est divisée en deux par la zone orbiculaire de Weber qui correspond au rétrécissement circulaire de la capsule. Cela détermine le recessus supérieur de la tête et du col et le recessus inférieur de la tête et du col. L'empreinte du ligament transverse de l'acétabulum est visible en négatif, limitée par deux replis synoviaux opaques. La répartition du produit de contraste est harmonieuse, des images de tonalité claire correspondent à des corps étrangers¹³.

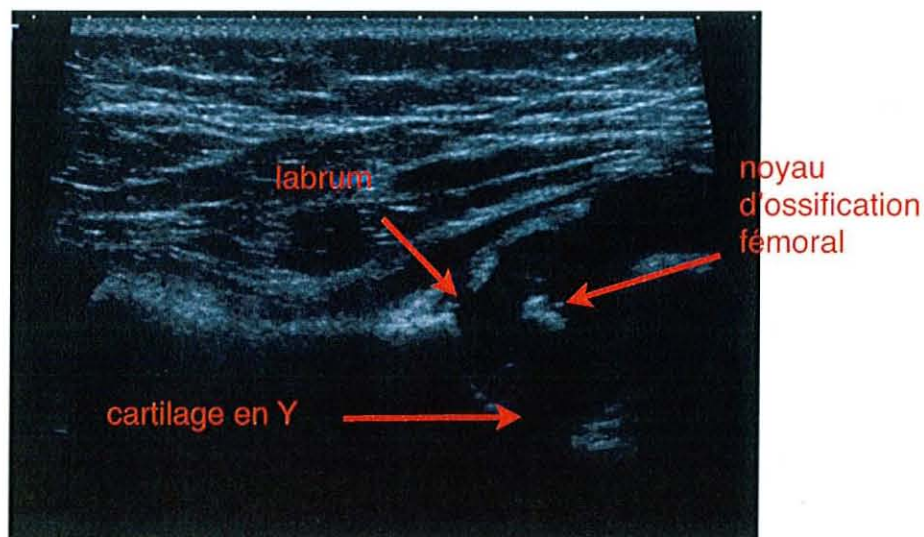
Si l'intérêt de l'arthrographie est indéniable on peut lui reprocher la nécessité d'une anesthésie, ainsi que son invasivité. De plus la distinction entre les différents éléments radiotransparents n'est pas toujours aisée. Cet examen est surtout performant et intéressant pour l'étude dynamique de l'articulation.

Une étude récente rapporte l'utilisation de cet examen chez le petit enfant afin de mesurer l'index acétabulaire cartilagineux⁷³. L'auteur note une discordance entre mesures osseuses et cartilagineuses ainsi qu'une sensibilité accrue des mesures cartilagineuses pour prédire l'évolution des hanches dysplasiques. Cependant il peut

être difficile de distinguer le cartilage du labrum lors de cet examen. Cette étude a le mérite de fixer des valeurs seuils de normalité et de nécessité d'intervention chirurgicale. Elle s'intéresse également à une population d'enfants très jeunes assez peu étudiée par ailleurs. On peut lui reprocher de n'étudier qu'une population pathologique.

Echographie :

Figure 26 : Echographie de hanche chez le nouveau-né



L'échographie est un moyen simple, rapide et répétable, utilisable chez les nouveau-nés et les enfants pour examiner l'articulation de la hanche. Cet examen c'est beaucoup développé depuis 1985^{31, 45, 55, 65}. Elle permet une bonne visualisation des structures cartilagineuses, de la capsule et des éléments musculaires invisibles en radiographie conventionnelle. Son utilisation est particulièrement utile dans le dépistage des luxations congénitales. Il est d'ailleurs recommandé d'effectuer une échographie à 1 mois chez les cas suspects de luxation. L'utilisation de l'échographie est également très fréquente en pratique courante pour la recherche d'épanchements articulaires.

Un des avantages de l'échographie est la possibilité de réaliser une étude dynamique de l'articulation. Ceci est très utile notamment pour les hanches instables du nouveau-né.

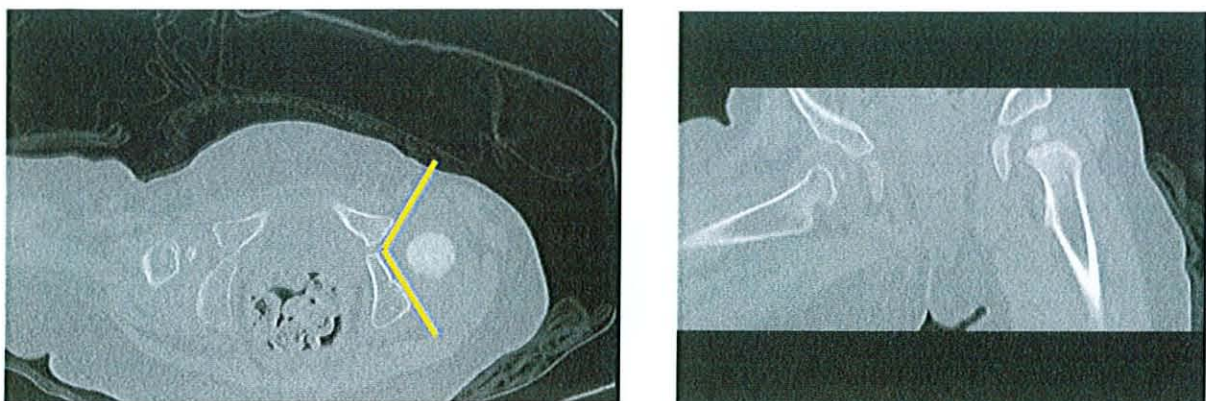
L'étude des dysplasies de hanche chez le nourrisson est tout à fait possible grâce à l'échographie et a bien été décrite par Graf³⁰⁻³². Elle consiste en la réalisation d'une échographie en coupe coronale externe qui reproduit l'aspect observé sur une radiographie conventionnelle. Il s'agit essentiellement d'une étude morphologique qui repose donc sur les impressions du radiologue. Deux angles ont été décrit : α qui apprécie la pente du cotyle osseux et β qui apprécie la qualité de la couverture du cotyle cartilagineux. Ces deux angles ne sont pas mesurés en pratique courante car ils ne répondent pas à un parallèle radio-clinique fiable.

Si l'échographie est un examen très performant pour l'étude de la hanche de l'enfant il n'en demeure pas moins qu'elle présente plusieurs points négatifs : la nécessité de posséder un matériel performant n'est plus un obstacle de nos jours, en revanche l'expérience de l'opérateur est un élément irremplaçable et malheureusement très variable. L'étude dynamique est à la fois une force et une faiblesse de cet examen car elle complique la relecture et l'analyse ultérieure. Le résultat de l'échographie doit impérativement être corrélé à l'examen clinique pour délivrer toute sa pertinence, ce qui fait de l'échographie plus un prolongement de l'examen clinique qu'un examen d'imagerie à part entière. Dernier élément la performance de l'échographie diminue de manière inverse avec l'âge de l'enfant.

En conclusion l'échographie est un très bon examen pour apprécier la couverture cotyloïdienne tant que le noyau d'ossification n'est pas apparu.

Scanner :

Figure 27 : Scanner de hanche de l'enfant ; à gauche index acétabulaire axial de Weiner⁷¹



Le scanner est actuellement la méthode de référence pour mesurer l'antéversion du col fémoral. Le scanner peut être utilisé, dans le plan axial, en reconstruction 2D et 3D.

Dans le plan axial Weiner⁷¹ a défini l'index acétabulaire axial qui est un indicateur du creusement du cotyle. Il passe de $131,4^{\circ}$ à 1 an à $93,2^{\circ}$ à 13 ans de façon linéaire, l'acétabulum se creusant et devenant sphérique à 13 ans.

La mesure des angles de couverture antérieure et postérieure du cotyle^{17, 33} (anterior center edge angle anterior CEA , posterior center edge angle posterior CEA) montre que la paroi antérieure du cotyle se développe moins que la paroi postérieure. La tête fémorale n'est jamais couverte de plus de 50% en avant. Le CEA antérieur reste relativement constant de 6 mois à 6 ans ($31,5^{\circ}$ en moyenne). Après 6 ans, cet angle diminue reflétant la couverture osseuse progressive de la tête fémorale par le mur antérieur (14° en moyenne à 13 ans).

La couverture postérieure est plus importante que la couverture antérieure, elle est un élément important de la stabilité de la hanche en développement. Elle augmente plus vite que la couverture antérieure de $15,2^{\circ}$ en moyenne à 1 an à $-6,7^{\circ}$ à 13 ans. Une valeur négative indique que plus de 50% de la tête fémorale a une couverture osseuse. 50% de la tête fémorale est couverte vers 11, 12 ans¹³.

Figure 28 : Scanner 3D de la hanche de l'enfant



Ce sont les reconstructions 3 D qui donnent le plus de renseignements sur les rapports entre la tête fémorale et le cotyle et le degré de déformation de la tête fémorale et du cotyle. Elles permettent d'évaluer la congruence et la couverture de la tête fémorale⁴⁹. Elles servent à poser les indications des ostéotomies de réorientation chez l'adulte en étudiant les simulations opératoires, un des points les plus essentiels de la couverture de la tête fémorale semblant être la distance entre le pôle supérieur de la tête fémorale et le bord interne et externe du cotyle⁴⁸.

Les reconstructions 3D permettent de mesurer l'angle cervicodiaphysaire avec certitude en faisant tourner la reconstruction 3D du fémur¹.

Pour Kim⁴⁷ les reconstructions 3D donnent une « carte topographique de contact » qui reproduit les rapports entre l'acétabulum et la tête fémorale. Pour eux certains types de dysplasies (forme avec déficit de la partie moyenne supérieure du cotyle et forme de déficit globale) sont mieux identifiés que sur les radiographies simples. La reconstruction 3D les aide à mieux planifier la correction chirurgicale.

Le scanner garde l'inconvénient chez l'enfant jeune, pour lequel l'ossification est peu avancée, de ne pas montrer le cartilage et d'irradier de manière directe les organes génitaux externes.

3. IRM :

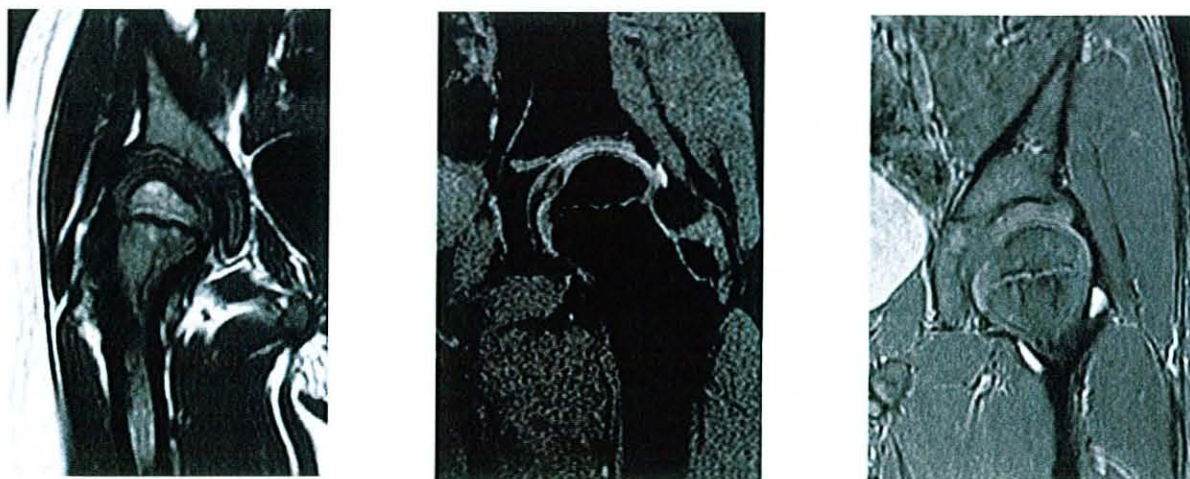
Par son utilisation importante, la richesse des informations qu'il délivre et son utilisation dans notre étude cet examen mérite qu'un sous-chapitre lui soit entièrement consacré.

C'est un examen «récent», depuis 1987 à Nancy, qui a l'intérêt de permettre une bonne visualisation du cartilage et des fibrocartilages tel que le labrum. Il a également la particularité de permettre l'évaluation de la vascularisation des tissus. Les séquences utilisées pour l'étude du cartilage sont principalement l'écho de gradient (cartilage visualisé en blanc et os en noir). Plus récemment, des séquences spécifiques tels que la séquence 3D COSMIC® permet une visualisation encore plus

fine du cartilage en dégradé de gris avec des coupes de 0,7 mm d'épaisseur et des reconstructions dans les trois plans de l'espace. La réalisation d'une I.R.M. reste délicate sans anesthésie chez l'enfant de moins de 3 ans.

L'IRM est un mode d'imagerie multiparamétrique à haut contraste. De ces capacités résulte l'existence d'études visant à analyser la morphologie du labrum. Aydingoz a réalisé une étude de la morphologie du labrum chez des sujets sains⁶. Une étude portant sur le signal du labrum a été réalisée par Hachiya³⁵. Son utilisation est très répandue pour l'ostéochondrite. En effet elle permet précocement l'analyse de l'étendue de la nécrose et secondairement du retentissement sur le cotyle. De nombreuses études ont été réalisées portant sur le diagnostic, le pronostic, la classification et l'évolution de l'ostéochondrite, surtout sur l'atteinte ou non de la colonne externe en IRM, ce qui donne une certaine valeur pronostic à cet examen^{22, 24, 40-42, 63, 64}.

Figure 29 : IRM de hanche de l'enfant : séquence T1 à gauche, T2 écho de gradient (GRE) au centre, 3D COSMIC® à droite



Horii⁴³ a utilisé des séquences coronales radiaires dans différentes positions pour clarifier le degré de couverture acétabulaire par le labrum chez l'enfant de 6 à 13 ans et le comparer avec une référence adulte. Il a utilisé pour chaque coupe coronales radiaires deux positions pour la marge de l'acetabulum et mesuré le centre de la tête fémorale par des cercles concentriques. Il estime qu'il est nécessaire d'avoir l'image de la hanche droite et gauche séparément pour obtenir une bonne

image du labrum. Il conclut que le labrum est plus grand chez l'enfant que chez l'adulte et que le degré de couverture par l'acetabulum et le labrum est légèrement plus grand que chez l'adulte. A la puberté la taille du labrum devient presque la même en antérosupérieur et en moyen supérieur que chez l'adulte mais reste plus grande en position postérosupérieure. Cette étude analyse surtout l'évolution de la couverture au cours de la croissance par rapport aux adultes. Elle est très intéressante de part la prise en compte des différentes parties de l'acetabulum et du labrum. En revanche nous pouvons lui reprocher l'âge des patients (le plus jeune a 6 ans) et l'absence de détermination de valeurs seuils de normalité.

Pirpiris⁵⁷ a utilisé la radio et l'IRM pour mesurer l'index acétabulaire (HTE, Hilgenreiner) chez des enfants de 3,3 à 10,5 ans (moyenne 7,3 ans). Par IRM ils ont mesuré l'index acétabulaire osseux et cartilagineux. Il y a une différence significative entre la mesure de l'index acétabulaire osseux et cartilagineux ($6,8^\circ +$ ou $- 3,3$ en moyenne) représentant l'épiphyse acétabulaire non ossifiée de l'ilion et de l'ischion. L'ossification de la partie latérale de l'acetabulum commence à 9 ans et se termine à 15 ans. Il n'y a pas de différence significative entre l'index acétabulaire osseux mesuré par IRM ou radio simple au-delà de 3 ans. La marge osseuse de l'acetabulum peut être représentative de l'anneau non ossifié après l'âge de 3 ans. Donc la radio simple reste un outil approprié pour suivre les hanches dysplasiques non opérées et peut être un indicateur du développement cartilagineux de la hanche. Le point faible de cette étude est le faible nombre de patient (seulement 14 hanches étudiées). Ce faible nombre les empêche de fixer des valeurs seuils. Leur observation est cependant intéressante sur plusieurs points : tout d'abord la bonne concordance des mesures osseuses qu'elles soient réalisées sur radiographie ou IRM et ensuite la différence significative entre mesures osseuses et cartilagineuses.

Domenech²⁰ a réalisé une étude sur 72 hanches saines, chez des enfants entre 4 et 13 ans. Il a réalisé des mesures dans le plan frontal de l'index de Heyman et Herdon³⁸ en prenant des repères osseux et cartilagineux. Rappelons que l'index de Heyman et Herdon est le rapport exprimé en pourcentage de la largeur de la tête fémorale couverte par le cotyle sur la largeur totale de la tête. Selon lui une hanche présente un défaut de couverture si l'index de Heyman est inférieur à 83 %. Les résultats qu'il obtient entre mesures osseuses et cartilagineuses sont relativement proches. Il a également réalisé des mesures dans le plan sagittal sur le même

principe. Cette étude respecte une méthodologie rigoureuse. Ses points forts sont nombreux. Elle a le mérite de comparer des mesures osseuses, cartilagineuses et labrales. Elle est très complète car elle présente des mesures dans le plan frontal et sagittal. Elle donne surtout des valeurs seuils de normalité. Elle n'est cependant pas exempte de reproches. L'index de Heyman et Herdon n'est pas la mesure la plus couramment utilisée au niveau de la hanche de l'enfant. De plus cette mesure a le défaut d'utiliser un rapport fémur acétabulum qui est donc soumis à la position du patient. L'utilisation d'un rapport a également pour effet de minimiser la différence os cartilage, la proportion de cartilage étant identique au niveau de la tête fémorale et de l'acétabulum. Un autre défaut de cette étude est de n'inclure que des sujets de plus de 4 ans.

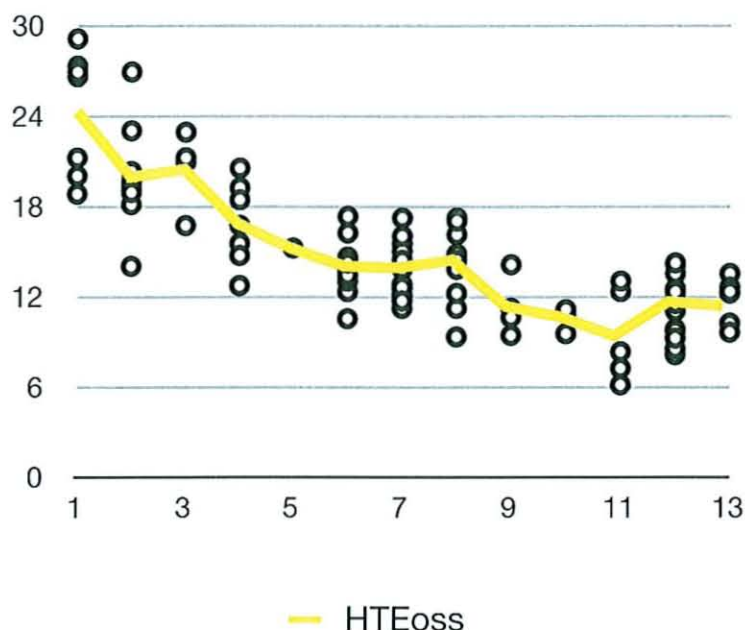
Bos¹² a réalisé une étude sur des hanches dysplasiques en mesurant l'angle d'Hilgenreiner chez les enfants de moins de 6 ans et l'angle de Wiberg pour ceux de plus de 6 ans. Les mesures ont été effectuées en radiologie standard et en IRM. Il constate une amélioration de la couverture lors de la prise en compte du cartilage. Fait intéressant, l'auteur précise que suite à l'utilisation de l'IRM il a modifié sa stratégie opératoire à plusieurs reprises. Cette étude concerne certes un petit nombre de patients (18 hanches pour 15 enfants) avec des âges compris entre 4 et 8 ans.

4. Discussion des résultats des sujets sains :

Courbes évolutives:

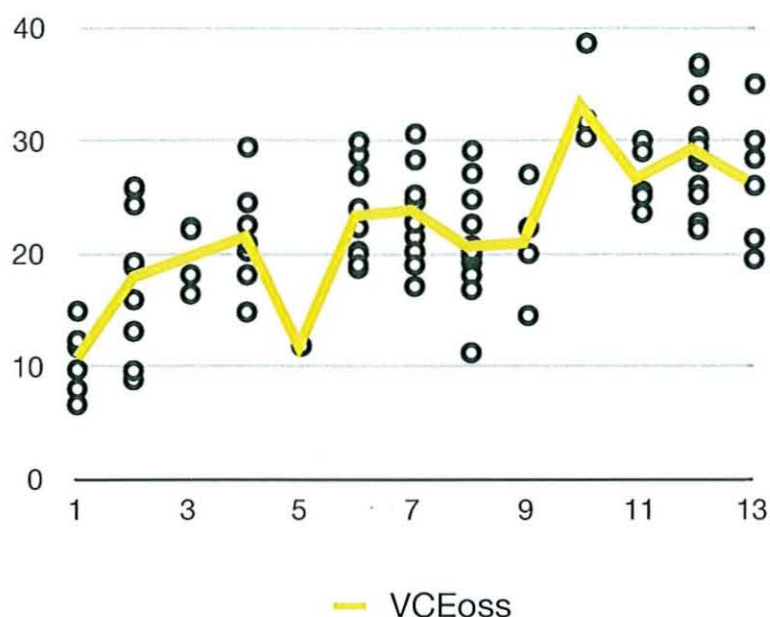
L'angle HTE diminue progressivement durant la croissance. Rapide durant les 5 premières années, avec une baisse de 8° en moyenne pour le groupe 1 cette décroissance ralentie par la suite pour se stabiliser vers 10 ans. En effet HTE oss diminue de un peu plus d'un degré dans le groupe 2 et reste stable dans le groupe 3. L'écart type est assez élevé dans le premier groupe avec une valeur de 5,95 dans le groupe 1 il est ensuite beaucoup plus faible dans les groupes 2 et 3 avec respectivement des valeurs de 1,5 et 1. Ceci n'est pas surprenant du fait d'une évolution beaucoup plus faible des valeurs de cet angle dans les groupes 2 et 3.

Figure 30 : Représentation en nuage de points de HTE oss et moyenne de cet angle



L'angle VCE augmente durant la croissance. Cette croissance est rapide durant les 5 premières années, avec une valeur moyenne qui progresse de 11° dans le groupe 1. Elle est ensuite plus progressive jusqu'à 10 ans où l'on observe un pic de croissance avant une décroissance modérée à l'adolescence. Le pic de décroissance à 5 ans ne peut être considéré comme significatif du fait qu'il n'y a qu'un seul sujet pour cet âge. Si l'écart type diminue avec la croissance comme pour l'angle HTE il reste assez élevé avec des valeurs qui vont de 6,5 à 3,4. La variabilité plus grande observée pour les mesures de cet angle est probablement liée à deux éléments. L'angle VCE contrairement à l'angle HTE n'est pas complètement indépendant de la position du sujet. En effet le repère C se trouve sur le fémur. La position du sujet a donc une influence sur la valeur de cet angle et notre série étant rétrospective il est possible que pour certains sujets la position n'est pas été surveillée de manière stricte. Ensuite la détermination du point C même en utilisant la méthode décrite par Inan⁴⁴ reste délicate et peut être source d'erreurs.

Figure 31 : Représentation en nuage de points de VCE oss et moyenne de cet angle



Nos mesures ont intégralement été effectuées sur des IRM à la différence de la référence constituée par les courbes de Guillaumat³⁴ qui, elles, ont été réalisées à partir de radiographies. Plusieurs études récentes font état d'une bonne concordance entre les mesures radiographiques et les mesures osseuses effectuées sur IRM^{12, 57}. Pour notre part nous retrouvons des courbes dont le profil évolutif est proche de celles de Guillaumat. De même les valeurs que nous retrouvons sont proches de celles de Guillaumat avec pour l'angle HTE une valeur aux alentours de 20° à 3 ans qui diminue progressivement pour atteindre les valeurs adultes à l'adolescence, et pour l'angle VCE une valeur qui dépasse les 20° à l'âge de 4 ans pour avoisiner les 30° à la puberté.

Nous avons donc une bonne concordance entre les valeurs de nos mesures osseuses, effectuées sur IRM, et celles, radiographiques, issues de la littérature.

Validation des mesures cartilagineuses :

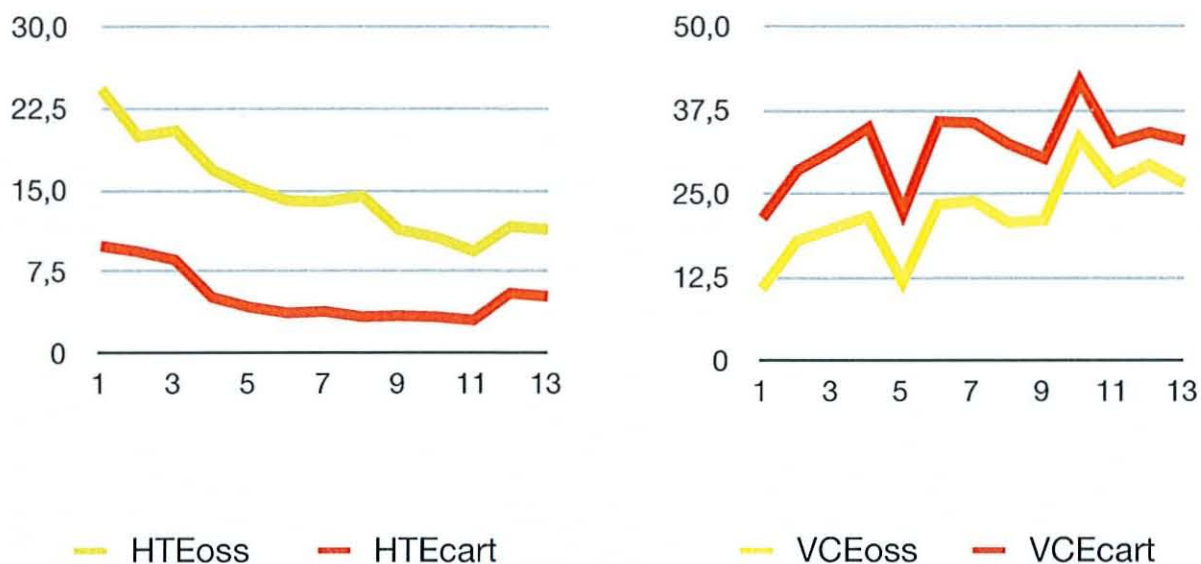
L'angle HTE cart diminue avec la croissance. Cette diminution est rapide dans le groupe 1 avec une baisse pour la valeur moyenne de 5°. La baisse n'est que de 1° dans le groupe 2. Dans le groupe 3 on note au contraire une augmentation de 2° de cette valeur. Ceci s'explique par la disparition du cartilage de croissance et donc de l'angle HTE cart. Relativement élevé pour le groupe 1 avec une valeur de 4,75 l'écart type diminue dans le groupe 2 avec une valeur de 2,1 pour finir par être quasi nul dans le groupe 3. Cette variabilité correspond parfaitement au profil évolutif de cet angle.

L'angle VCE cart augmente pendant la croissance. Cette augmentation est rapide dans le premier groupe avec un accroissement de 13°. L'évolution est ensuite beaucoup plus irrégulière pour finir par une légère baisse à l'adolescence. Les écarts types sont relativement élevés avec des valeurs comprises entre 6,3 et 3,8. Cette hétérogénéité des mesures s'expliquant comme nous l'avons déjà précisé par une difficulté de repérage.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre résultats nous obtenons des différences significatives entre mesures osseuses et cartilagineuses. En revanche l'évolution des résultats obtenus pour ces deux mesures se fait de manière conjointe. La différence entre les deux ne diminuant qu'à l'adolescence avec la fin de la croissance et donc la disparition du cartilage de conjugaison. Cette constatation est vraie pour les deux angles mesurés. Tout comme pour les résultats osseux l'angle VCE montre une courbe moins harmonieuse que l'angle HTE. Cette différence s'explique probablement, comme nous l'avons déjà expliqué dans le chapitre sur les résultats osseux, par une plus grande difficulté à déterminer les repères de cet angle.

Il est intéressant de constater que les écarts types des mesures osseuses et ceux des mesures cartilagineuses sont très proches. Nous pouvons donc en conclure que la fiabilité des mesures cartilagineuses est très proche de celle des mesures osseuses.

Figure 32 : Comparaison des moyennes de HTE oss et HTE cart à gauche, et comparaison des moyennes de VCE oss et VCE cart à droite.



Domenech, dans son étude de 2001, ne retrouve pas de différence significative entre mesures osseuses et cartilagineuses²⁰. Contrairement à ce qu'il serait facile de penser au premier abord leurs résultats ne sont pas en contradiction avec les nôtres. En effet ils ont choisi d'étudier un rapport tête cotyle ce qui a pour effet d'annuler la différence os cartilage dans leurs résultats. Ils retrouvent comme nous une évolution parallèle des mesures osseuses et cartilagineuses avec une bonne corrélation entre les deux et une tendance à la diminution avec la croissance. Les écarts types que nous obtenons sont plus petits que les leurs ce qui montre une meilleure homogénéité de nos mesures.

Pirpiris⁵⁷ a réalisé en 2006 une étude plus proche de la nôtre au niveau des mesures effectuées. En revanche il s'intéresse exclusivement à une population pathologique. Les résultats qu'il retrouve sont similaires aux nôtres, ainsi que la corrélation os cartilage. Sa population est inférieure en nombre à la nôtre avec une dispersion des âges inférieure.

Bos en 1991¹² avait mesuré la couverture acétabulaire en radiologie standard et IRM en utilisant les mêmes angles que nous mais en réalisant plusieurs niveaux de coupe. Il note une différence moyenne de 10° entre mesures osseuses et cartilagineuses ce qui correspond également à nos résultats.

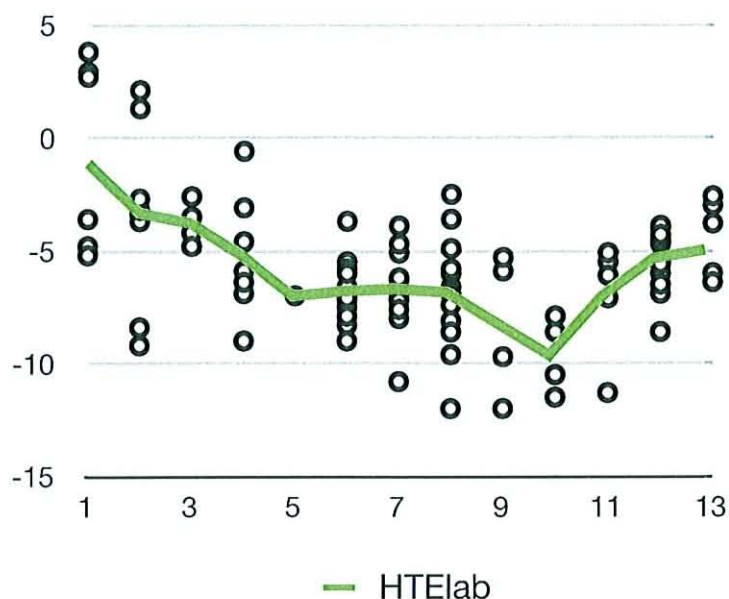
Si les valeurs de la courbe cartilagineuse sont différentes de celles de la courbe osseuse en revanche leur aspect est identique sauf à la fin de la croissance. Le coefficient de corrélation entre les mesures osseuses et cartilagineuses est très bon (0,71 pour HTE et 0,85 pour VCE). Nous pouvons donc en conclure que pour des sujets sains l'os est un reflet fidèle du cartilage. Cette conclusion nous conforte dans notre attitude de ne pas réaliser d'IRM chez les sujets sains.

Validation des mesures labrales :

Nous avons effectué des mesures labrales uniquement pour l'angle HTE. HTE lab diminue pendant la croissance. On observe une diminution de 4° dans le groupe 1. Pour le groupe 2 cet angle montre une remarquable stabilité et pour le groupe 3 après une diminution de 3° les 2 premières années on observe une augmentation des valeurs qui se stabilisent autour de -5°. Cette baisse en fin de croissance s'explique par la fermeture du cartilage ainsi qu'une diminution de la couverture labrale⁴³. L'écart type pour l'angle HTE lab diminue avec la croissance puisqu'il passe de 5,1 pour le groupe 1 à 1,3 et 1,35 pour les groupes 2 et 3. Cette diminution des valeurs de l'écart type est conforme au profil évolutif de cet angle.

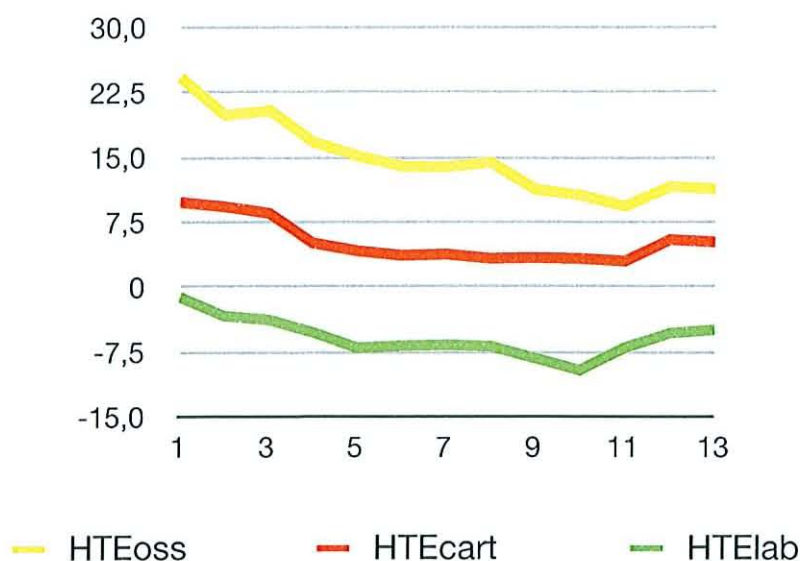
Un élément intéressant est le fait de constater que moins de 5% des enfants sains ont une valeur positive de HTE lab. De plus ces enfants font tous partie du groupe des plus jeunes.

Figure 33 : Représentation en nuage de points de HTE lab et moyenne de cet angle



L'allure globale de la courbe labrale est identique à celle de la courbe osseuse avec un coefficient de corrélation de 0,69. Les valeurs de HTE lab évoluent moins avec la croissance que celles des angles HTE oss et HTE cart. Les écarts types des mesures labrales sont superposables à ceux des mesures osseuses et cartilagineuses. La fiabilité de ces trois mesures est donc comparable et de bonne qualité.

Figure 34 : Comparaison des moyennes de HTE oss, cart et lab



Domenech²⁰ dans son étude de 2001 a effectué des mesures labrales également. Comme lui nous trouvons une couverture labrale supérieure aux résultats osseux et cartilagineux. Le type de mesure qu'il a réalisée nous interdit de pousser plus loin la comparaison.

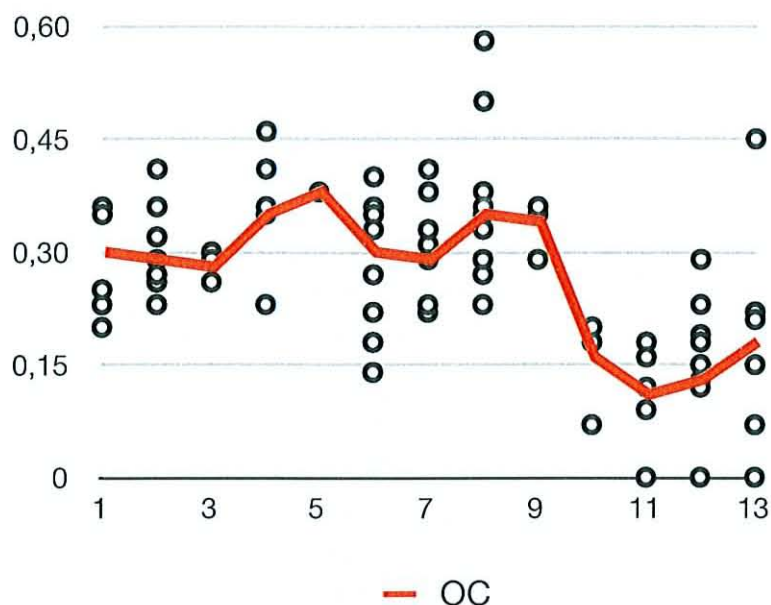
Horii⁴³ dans une étude en 2002 s'est intéressé à la couverture acétabulaire et labrale et ce sur différentes portions du cotyle. Il n'a mesuré que l'angle VCE. Il note une augmentation de la couverture osseuse avec l'âge, en revanche la couverture labrale ainsi que la couverture globale diminuent légèrement. Il est à noter que dans cette étude la couverture labrale est la couverture par le seul labrum et non la couverture complète de la tête incluant le labrum. Bien que nos mesures labrales soient différentes puisque nous nous sommes intéressés à l'angle HTE et à la totalité de la couverture de la tête, nous constatons également après une augmentation de la couverture de la naissance à 8 ans une diminution de celle-ci à l'adolescence pour revenir à un résultat proche de celui du petit enfant en ce qui concerne la couverture globale.

Il existe une bonne corrélation entre mesures osseuses et labrales. Les sujets sains à angle HTE lab positif sont inexistantes à partir de 2 ans.

Discussion de la mesure OC :

Nous n'avons pas retrouvé d'utilisation de cette mesure de l'épaisseur du cartilage dans la littérature. Il est intéressant de constater que cette mesure présente des écarts types quasi nuls. De plus l'évolution des valeurs de cette mesure montre une bonne stabilité jusqu'à l'adolescence où l'épaisseur de cartilage s'effondre avec la fermeture de la plaque de croissance. Cela nous incite à penser que le cartilage de croissance pousse au fur et à mesure qu'il s'ossifie.

Figure 35 : Représentation en nuage de points de OC et moyenne de cette mesure



5. Discussion des résultats des sujets pathologiques par rapport aux sujets sains :

Pour les angles HTE :

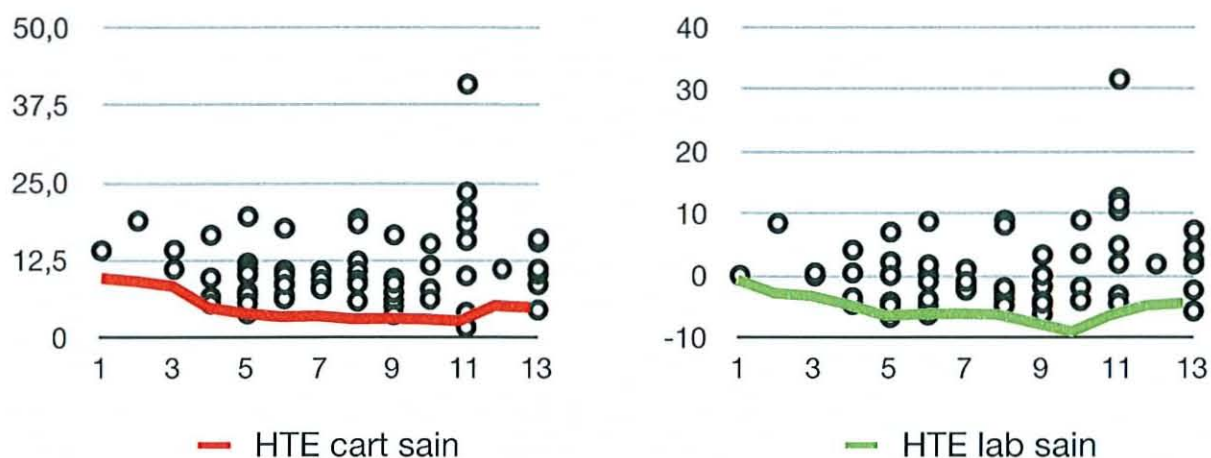
Les valeurs de l'angle HTE osseux, pour les sujets pathologiques, sont selon la méthode de notre étude supérieures d'au moins 2 degrés par rapport à la valeur moyenne de leur tranche d'âge donnée par les courbes de Guillaumat.

Nous souhaitons vérifier par notre étude s'il en va de même pour les valeurs cartilagineuses et labrales. Nous avons donc fait fusionner la courbe des valeurs moyennes cartilagineuses et labrales pour les sujets sains avec les représentations en nuage de points des relevés de mesures pour les sujets pathologiques.

Il ressort de cette observation que pour les mesures cartilagineuses à quelques exceptions près l'ensemble des sujets présente des valeurs supérieures à la moyenne des sujets sains. En ce qui concerne les mesures labrales c'est la totalité

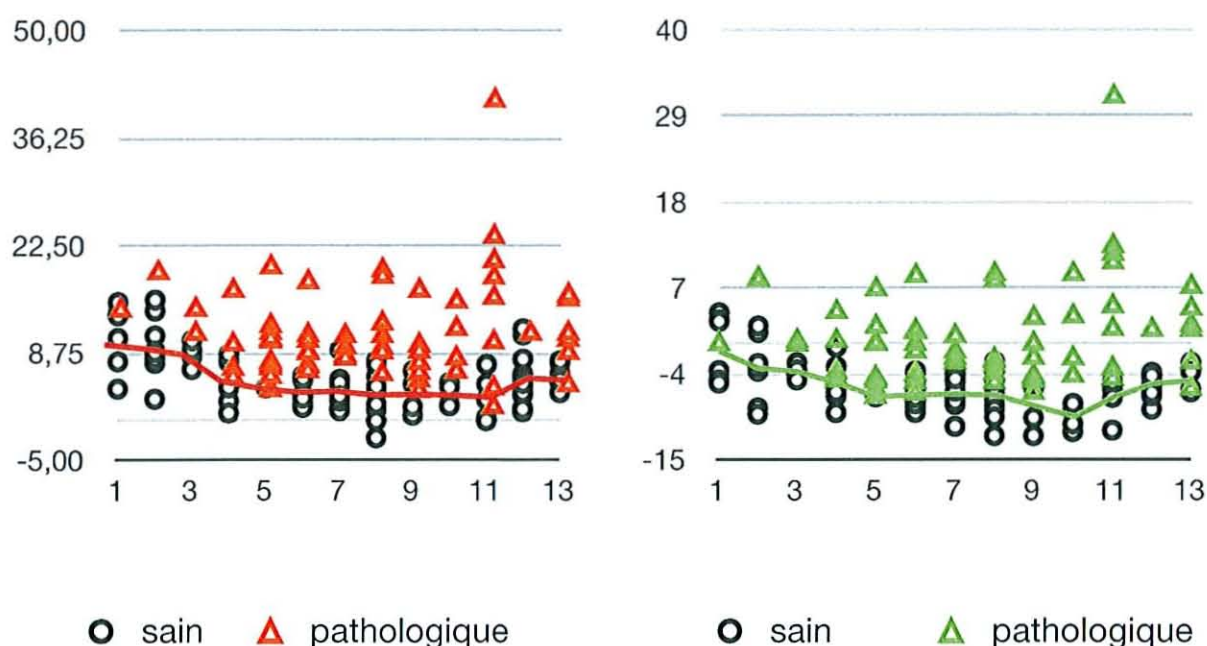
des sujets pathologiques qui présente des valeurs supérieures ou égales à la moyenne des sujets sains.

Figure 36 : Comparaison de la représentation en nuage de points de HTE cart p avec la moyenne de HTE cart sain, idem pour HTE lab p



Nous avons souhaité affiner cette constatation et nous avons donc fait fusionner les représentations en nuage de points des sujets sains et pathologiques. Nous avons procédé de la sorte pour les mesures cartilagineuses et pour les mesures labrales. Il apparaît alors clairement qu'un certain nombre de sujets pathologiques présente des valeurs cartilagineuses se superposant à celle des sujets sains. Bien évidemment ces valeurs sont les valeurs supérieures des sujets sains. Nous avons pu effectuer la même observation avec les mesures labrales. Il semble donc qu'il existe deux types de sujets pathologiques. Les sujets pathologiques à os pathologique et éléments radiotransparents pathologiques d'une part et d'autre part des sujets à os pathologique mais à éléments radiotransparents sains.

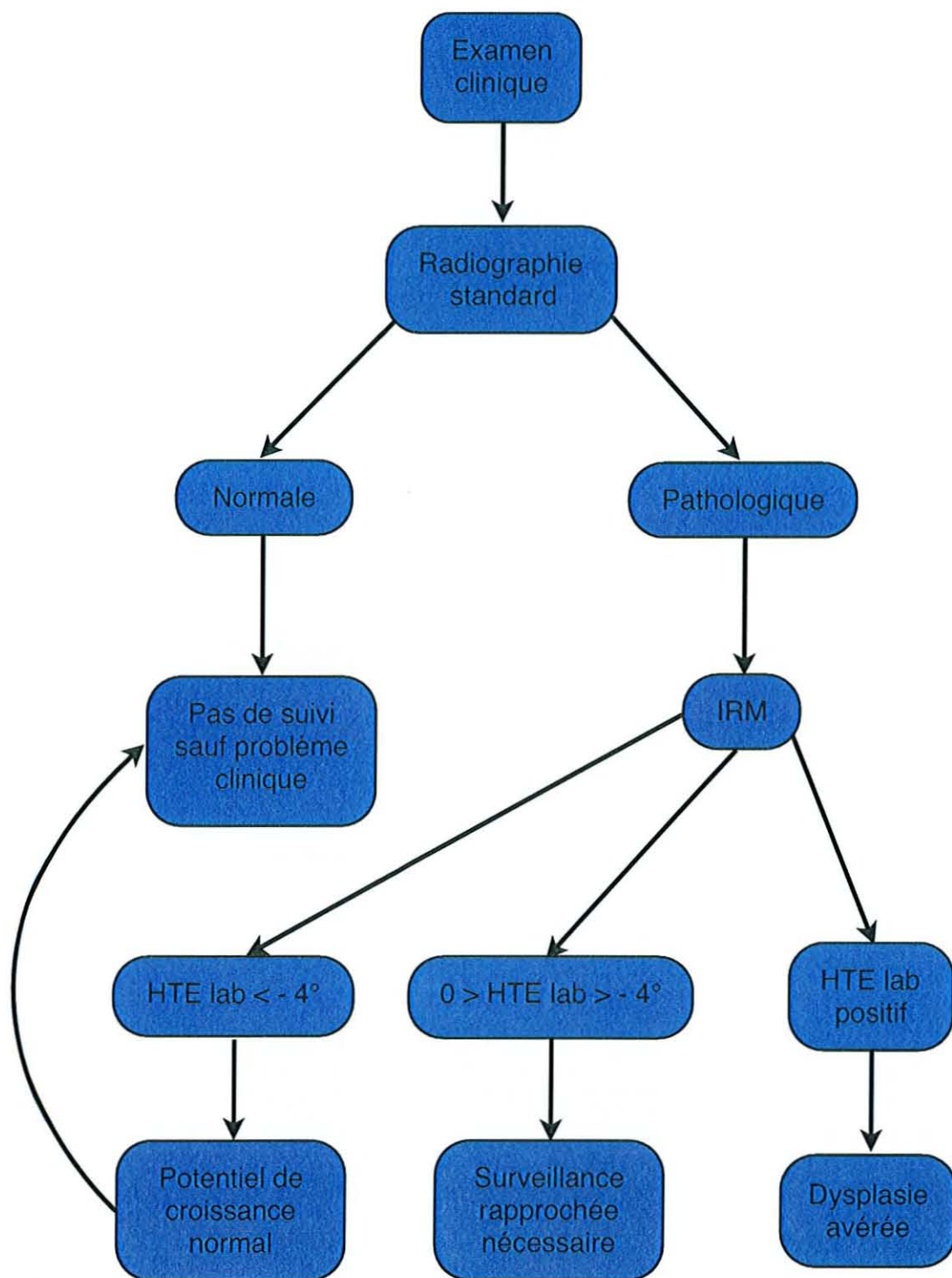
Figure 37 : Comparaison des représentations en nuage de points des angles HTE cart et HTE lab sains et pathologiques avec courbes des moyennes des sujets sains.



Un intervalle de plus ou moins 2° pour la moyenne des valeurs cartilagineuses et labrales, comme nous l'avons appliqué pour les mesures osseuses nous semble approprié pour identifier les hanches complètement pathologiques. Nous avons constaté pour les hanches saines la négativité quasi constante de la mesure labrale. L'association des sujets sains et pathologiques fait ressortir trois cas de figure pour cette mesure. Les hanches à mesures positives synonyme de pathologie à partir de 18 mois. Les hanches à mesures nettement négatives et des hanches à mesures faiblement négatives. La limite entre ces deux groupes semblant se situer à environ -4°. Les hanches à mesures nettement négatives sont saines et les hanches à mesures faiblement négatives méritent très probablement une surveillance rapprochée.

Il existe des sujets porteur d'une dysplasie osseuse de hanche dont les éléments radiotransparents (cartilage et labrum) sont sains. Nous proposons le schéma décisionnel suivant pour l'analyse de la hanche.

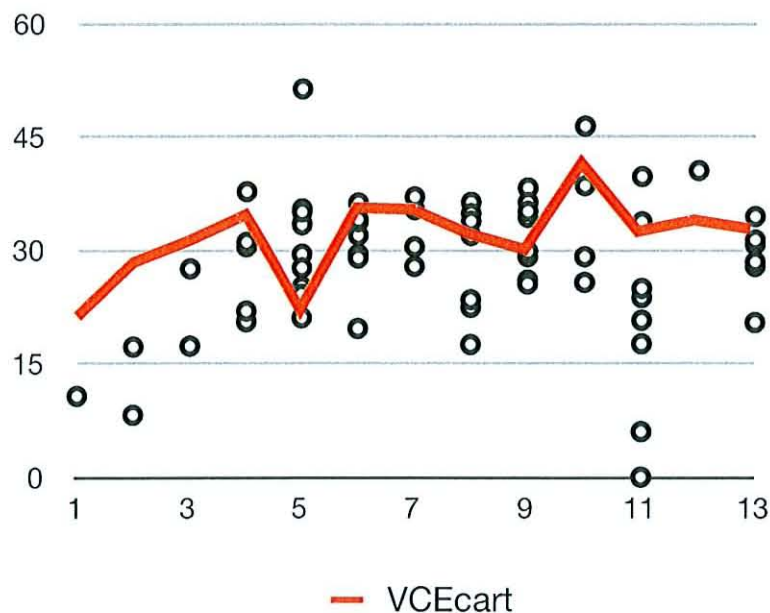
Figure 38 : Algorithme décisionnel de réalisation des examens complémentaires pour l'analyse de la hanche de l'enfant. (à partir de 18 mois)



Pour les angles VCE :

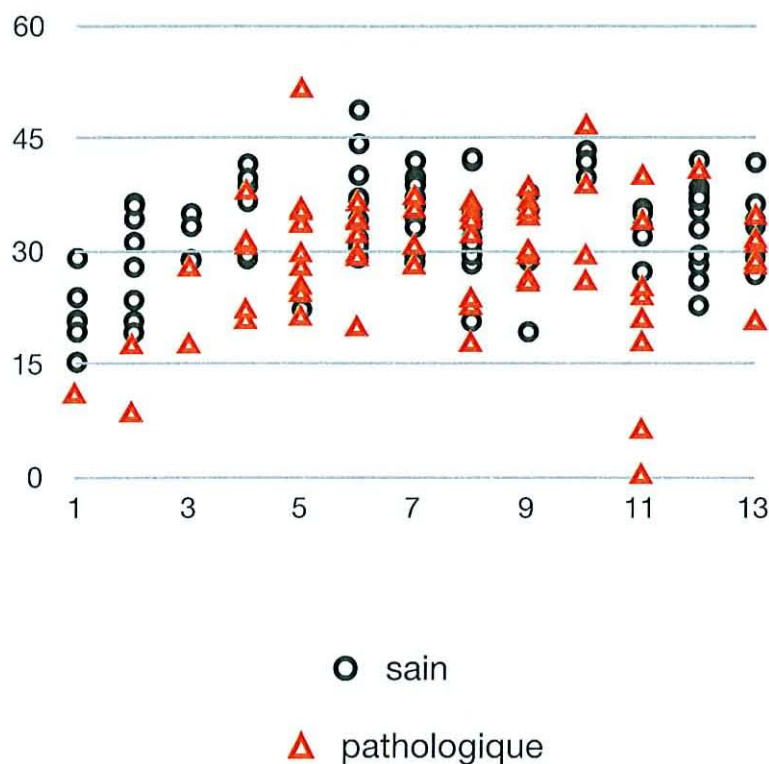
L'angle VCE est plus difficile à mesurer que l'angle HTE. Guillaumat déjà n'obtenait pas une courbe à évolution linéaire pour cet angle ce qui est le cas pour nous également. Nous avons procédé comme pour les angles HTE en faisant fusionner la représentation en nuage de points des sujets pathologiques avec la courbe moyenne des sujets sains. Cette représentation nous montre une répartition beaucoup plus hétérogène des sujets pathologiques par rapport à la moyenne des sujets sains que pour l'angle HTE. Cette représentation nous conforte dans l'idée qu'il existe deux groupes de sujets pathologiques.

Figure 39 : Comparaison de la représentation en nuage de points de VCE cart p et de la moyenne de VCE cart sain



Nous avons également procédé à une fusion des représentations en nuage de points des sujets sains et pathologiques afin d'avoir une visualisation plus complète des différences entre les deux groupes. Le nombre de sujets pathologiques ayant des valeurs de VCE cart identiques à celles des sujets sains est plus important que pour l'angle HTE. Cette observation confirme donc notre hypothèse de l'existence de différents types de sujets pathologiques.

Figure 40 : Comparaison des représentations en nuage de points des angles VCE cart sains et pathologiques

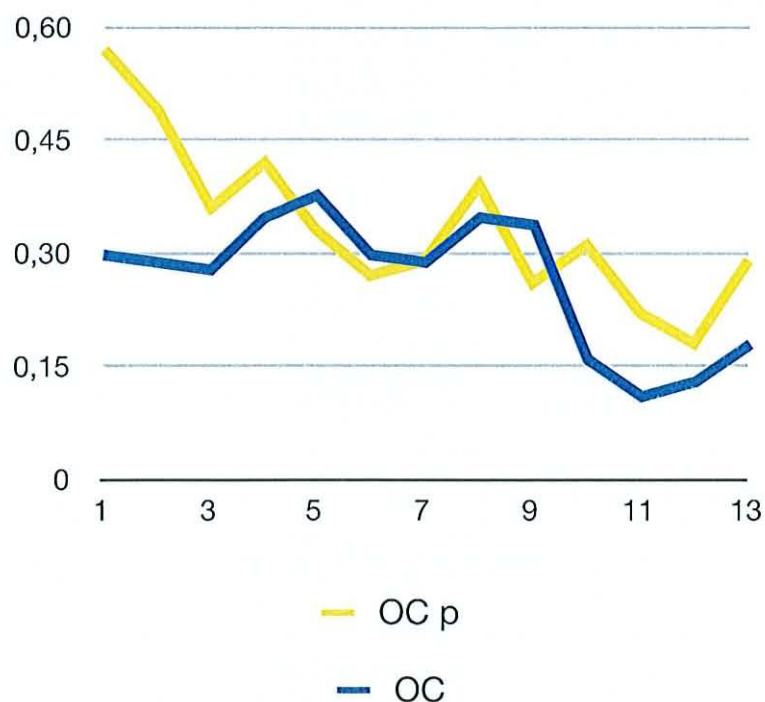


Il nous semble cohérent de proposer comme nous l'avons fait précédemment, pour les mesures osseuses et pour l'angle HTE, de pondérer les valeurs moyennes des sujets sains de plus ou moins 2° afin de déterminer le seuil pathologique pour les valeurs cartilagineuses de VCE. On pourrait même se poser la question de porter ce seuil à plus ou moins 3° pour l'angle VCE au vue de sa plus grande variabilité et de sa difficulté de mesure.

Pour la distance OC :

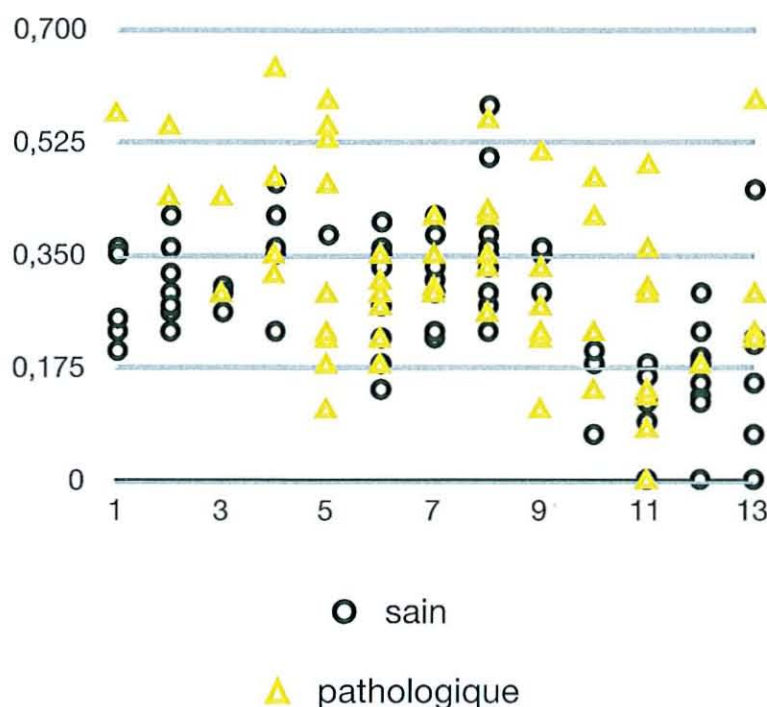
De part la nature de cette mesure il nous a semblé préférable de réaliser une comparaison des deux courbes de valeur moyenne (saine et pathologique) plutôt que de procéder à une représentation mixte courbe et nuage de points comme nous l'avions fait pour les angles. Il est intéressant de constater que si les deux courbes se superposent globalement pour le deuxième groupe d'âge, la distance OC est plus grande chez les sujets pathologiques du premier et du troisième groupe. Une hypothèse pouvant être avancée pour expliquer cette différence en faveur des sujets pathologiques serait un retard d'ossification lié à la dysplasie de hanche.

Figure 41 : Comparaison des moyennes de OC sain et pathologique



Nous avons également réalisé une fusion des représentations en nuage de points des sujets sains et pathologiques. Il existe une correspondance entre les sujets à potentiel de croissance élevé et ceux avec une couverture cartilagineuse normale.

Figure 42 : Comparaison des représentations en nuage de points des mesures OC sain et pathologique



6. Comparaison des résultats des sujets sains et du côté «sain» des sujets pathologiques :

Nous avons procédé comme pour le chapitre précédent en faisant fusionner les courbes de valeurs moyennes des sujets sains avec la représentation en nuage de points de notre groupe hanches «saines» sujets pathologiques et ce pour chaque angle mesuré.

Cette comparaison ne laisse aucun doute, les sujets du troisième groupe ont des hanches normales. En effet pour la totalité des angles mesurés le nuage de points de ce dernier groupe se superpose parfaitement avec la courbe moyenne des sujets sains. Rappelons que ce groupe est composé de sujets dont les hanches sont radiographiquement normales, mais avec un potentiel de développement jugé pathologique. Le résultat des mesures cartilagineuses pour ce groupe infirme donc ce postulat et au contraire confirme l'hypothèse de l'existence de différents types de

hanches pathologiques. Ces conclusions doivent bien sûr être tempérées par la petitesse de ce groupe et donc par la faible valeur statistique de ces résultats.

Figure 43 : Comparaison de la représentation en nuage de points de HTE cart et HTE lab pour les hanches «saines» des sujets pathologiques avec les moyennes de ces angles pour les sujets sains.

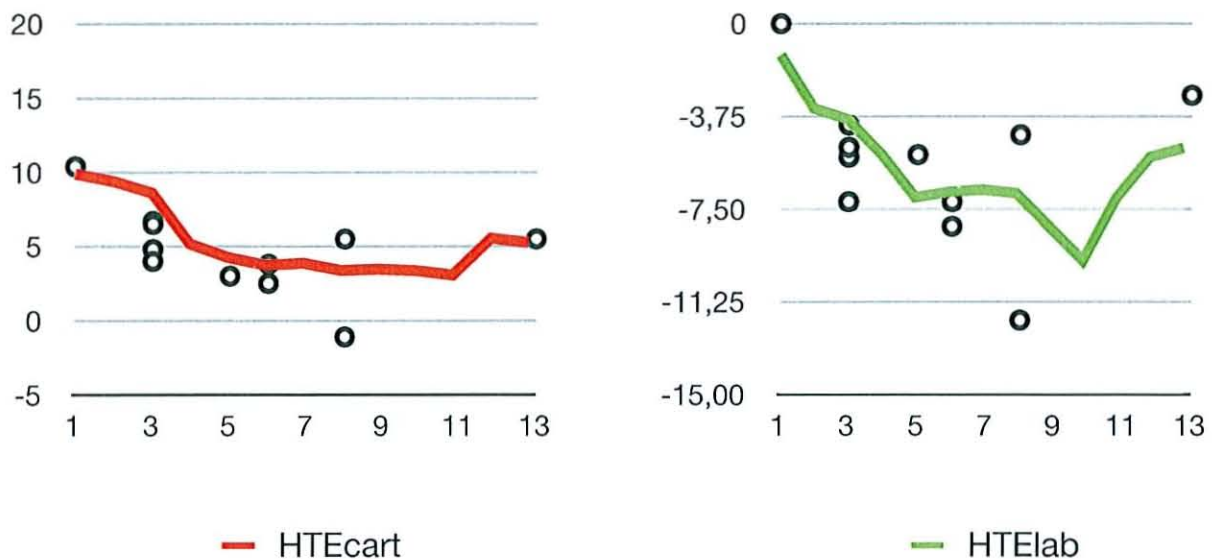
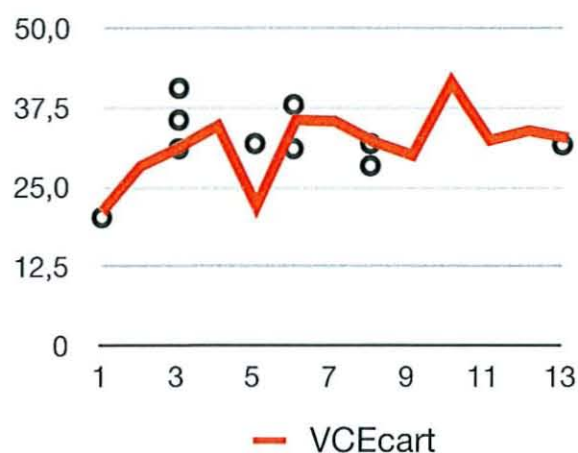


Figure 44 : Comparaison de la représentation en nuage de points de VCE cart des hanches «saines» des sujets pathologiques avec la moyenne de cet angle pour les sujets sains



Les hanches «saines» pour les mesures osseuses des sujets pathologiques possèdent un potentiel de croissance normal.

7. Limites de notre étude :

Choix des mesures :

Si l'angle HTE est complètement indépendant de la position du sujet ce n'est pas le cas de l'angle VCE. La réalisation d'une position normalisée chez les enfants est faisable mais délicate. De plus la détermination du centre de la tête est délicate et mérite sûrement l'emploi d'un logiciel dédié comme l'avait fait Milani pour son étude échographique⁵⁴. L'intérêt de la mesure OC est discutable et dans tous les cas bien moins informative que les angles HTE et VCE. Nous n'avons d'ailleurs pas retrouvé de description de cette mesure dans la littérature. Cette mesure présente très probablement un intérêt en tant que mesure secondaire dans les cas douteux (c'est à dire à HTE lab faiblement négatif). Il faudrait probablement d'autres études pour pouvoir conclure au sujet de cette mesure.

Méthode de mesures :

Nous avons pu nous rendre compte de la difficulté de réalisation de ces mesures. Il serait souhaitable de réaliser une étude avec plusieurs observateurs dont des radiologues et des chirurgiens seniors et que chaque opérateur répète avec un intervalle de temps minimum les mesures. Cela augmenterait la fiabilité des mesures et permettrait d'en calculer les variabilités intra et inter-observateurs.

Pertinence de nos résultats :

Pour obtenir les résultats les plus pertinents possibles il faut disposer d'un effectif de patients à étudier suffisant et homogène. Notre effectif est respectable mais insuffisant, une centaine de patients par groupe serait l'idéal. Nos groupes sont relativement homogènes à l'exception du groupe 1. Hors ce groupe est le plus intéressant car c'est dans cette tranche d'âge que les changements sont les plus importants. Ce groupe mérite donc un effectif bien plus conséquent, et même qu'une étude ne s'intéresse qu'à lui. Même constat pour notre groupe «inclassables» dont l'effectif est très faible associé à une grande hétérogénéité d'âge.

Pertinence de notre analyse :

Un de nos objectifs lors de la réalisation de cette étude est d'évaluer la croissance et le potentiel de croissance des hanches, en particulier dysplasiques. Malheureusement nous ne disposons pour y parvenir que de groupes d'âge différents et des déductions que nous pouvons faire de nos résultats. Il serait bien plus profitable et bien plus probant de disposer d'un suivi longitudinal de nos patients afin de pouvoir évaluer concrètement le potentiel de croissance des hanches. La réalisation d'une telle étude impose un travail de longue haleine que nous ne pouvions envisager.

VI. Conclusions :

Notre étude ayant plusieurs objectifs nous avons donc plusieurs conclusions à lui apporter.

Nous avons rappelé la complexité de la hanche en formation ainsi que les nombreux défis que son analyse présente. La radiographie standard tient une place prépondérante dans l'analyse de la hanche de l'enfant. Les informations qu'elle fournit sont précieuses, bien qu'incomplètes. Sa facilité d'accès et de réalisation en font un examen incontournable et irremplaçable. L'irradiation, de plus en plus faible aujourd'hui, ne doit pas être un obstacle à sa réalisation.

L'IRM est un examen moderne, non irradiant et au potentiel informatif encore incomplètement exploré. Son utilisation pour l'analyse de la hanche de l'enfant est courante. C'est donc tout naturellement que nous avons choisi cet examen pour réaliser notre étude. Son défaut principal est la nécessité d'anesthésie générale chez l'enfant de moins de trois ans.

Conformément à ce qui est décrit dans la littérature nous retrouvons une bonne concordance entre les résultats de nos mesures osseuses effectuées en IRM et les résultats d'études plus anciennes donc radiographiques.

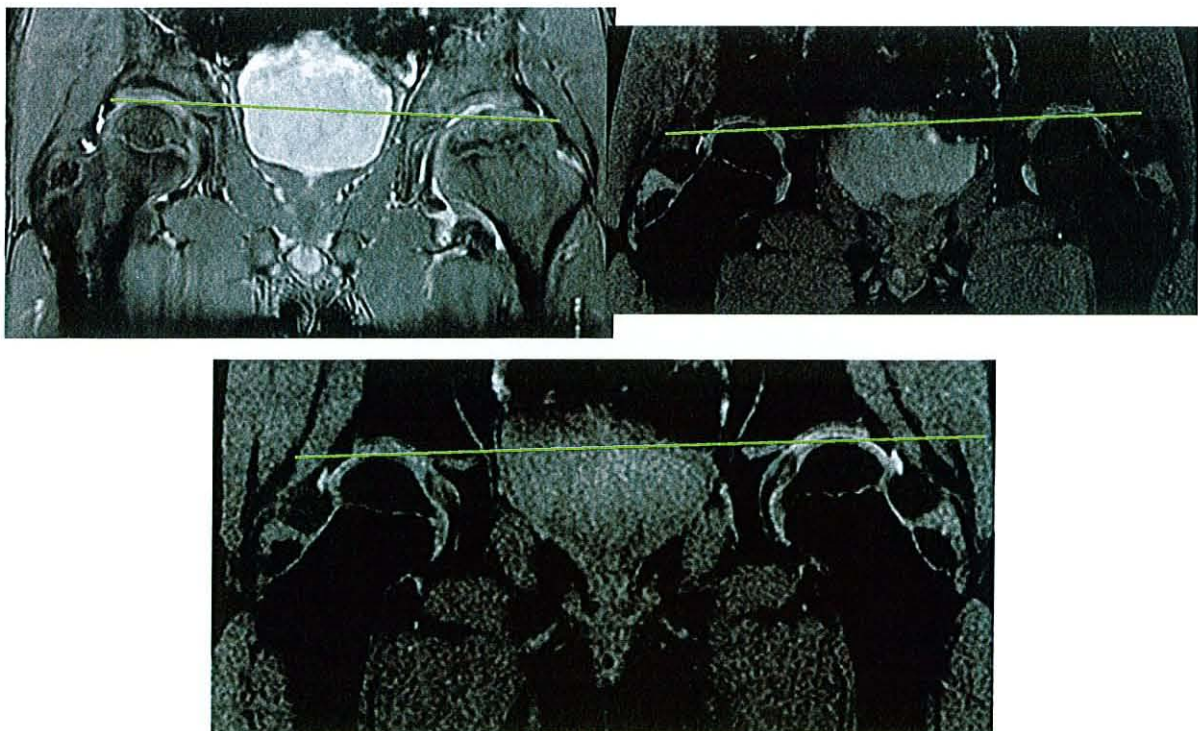
Nous avons donc pu tracer une courbe figurant l'évolution de la couverture acétabulaire cartilagineuse et labrale avec la croissance. Ces résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Figure 45 : Tableau récapitulatif des valeurs moyennes des différents angles chez les sujets sains en fonction de l'âge.

âge	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Groupe 1				Groupe 2				Groupe 3				
HTE oss	24,27	19,92	20,43	16,81	15,2	13,99	13,91	14,41	11,33	10,63	9,38	11,63	11,37
HTE cart	9,843	9,322	8,55	5,114	4,2	3,673	3,8	3,317	3,4	3,3	3	5,477	5,2
HTE lab	-1,11	-3,32	-3,78	-5,21	-7	-6,78	-6,68	-6,83	-8,23	-9,63	-7,02	-5,34	-4,96
VCE oss	10,76	17,92	19,73	21,49	11,8	23,34	23,85	20,63	20,95	33,13	26,64	29,27	26,49
VCE cart	21,31	28,48	31,4	34,81	22,2	35,74	35,54	32,31	30,2	41,7	32,58	34,08	32,91

La comparaison des sujets sains et pathologiques nous a permis de mettre en évidence deux types de sujets pathologiques : les sujets pathologiques concordants, dont l'os et le cartilage sont pathologiques, et les sujets pathologiques discordants, dont l'os est pathologique mais le cartilage sain. Ceci confirme notre postulat de départ sur les différences d'évolution des hanches dysplasiques. Cette comparaison nous a également permis de mettre en évidence un paramètre intéressant qui est la valeur de l'angle HTE lab. En effet nous avons observé que pour des sujets de plus de 18 mois un angle HTE lab positif est synonyme de défaut de couverture globale. Les sujets à angle HTE lab négatif se répartissant en sujets sains et sujets à os pathologiques mais cartilage sain. Cette constatation est très intéressante car elle permet une première approche sans avoir besoin de mesurer des angles. En effet, tracer la ligne joignant les cartilages en Y est suffisant pour déterminer la positivité de l'angle HTE lab. Cette méthode extrêmement simple permet de réduire considérablement le risque d'erreurs de mesure.

Figure 46 : les différents types de HTE lab : positif à gauche (IRM 3D COSMIC®), faiblement négatif à droite (IRM GRE), et négatif en dessous (IRM GRE).



Dans l'avenir il faudrait compléter et confirmer ces données par la réalisation d'une étude comportant un suivi des patients pendant la croissance.

Bibliographie :

1. **Abel M, Sutherland D, Wenger D, Mubarak S.** Evaluation of CT scans and 3-D reformatted images for quantitative assessment of the hip. *J Pediatr Orthop.* 1994;14:48-53.
2. **Akagi S, Tanabe T, Ogawa R.** Acetabular development after open reduction for developmental dislocation of the hip. 15-year follow-up of 22 hips without additional surgery. *Acta Orthop Scand.* 1998;69:17-20.
3. **Alexiev VA, Harcke HT, Kumar SJ.** Residual dysplasia after successful Pavlik harness treatment : early ultrasound predictors. *J Pediatr Orthop.* 2006;26:16-23.
4. **Amador A, Gil C, Gutierrez J, Duque C.** Center of the femoral head in children. Anatomic-radiologic correlation. *J Pediatr Orthop.* 2003;23:703-707.
5. **Arie E, Johnson F, Harrison M, Hughes J, Small P.** Femoral head shape in Perthes' disease. Is the contralateral hip abnormal? *Clin Orthop.* 1986;209:77-88.
6. **Aydingoz U, Ozturk MH.** MR imaging of the acetabular labrum: a comparative study of both hips in 180 asymptomatic volunteers. *Eur Radiol.* 2001;11:567-574.
7. **Bedouelle J.** Le développement du cotyle normal. Etude radiologique. *Rev. Chir. Orthop.* 1954;40:526-541.
8. **Bedouelle J.** Antéversion des cols fémoraux. *Acta Orthop Belg.* 1977;43:416-432.
9. **Bedouelle J.** Dysplasie de hanche chez l'enfant et l'adolescent. *In Cahier d'enseignement de la SOFCOT n° 20.* Paris: Expansion Scientifique Française.; 1984.

10. **Birkner R.** *L'image radiologique typique du squelette.* Paris: Maloine; 1980.485-507.
11. **Bollini G.** *La réorientation du cotyle dans les luxations congénitales de hanche découvertes après l'âge de la marche.*Thèse Marseille; 1980.
12. **Bos C, Bloem J, Verbout A.** Magnetic resonance imaging in acetabular residual dysplasia. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;265:207-217.
13. **Bronfen C.** Coxométrie normale de l'enfant et de l'adolescent.*In Déformations des membres inférieurs.*Montpellier: Sauramps médical; 2009.81-94.
14. **Brougham DI, Broughton N, Cole W, et al.** The predictability of acetabular development after closed reduction for congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70:733-736.
15. **Chen IH, Kuo KN, Lubicky JP.** Prognosticating factors in acetabular development following reduction of developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop.* 1994;14:3-8.
16. **Cherney D, Westin G.** Acetabular development in the infant's dislocated hips. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;242:98-103.
17. **Chung CY, Park MS, Choi IH.** Morphometric analysis of acetabular dysplasia in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:243-246.
18. **Cotillo J, Molano C, Albinana J.** Correlative study between arthrograms and surgical findings in congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop B.* 1998;7:62-65.
19. **Coussement A, Faure C, Coussement-Beylard N.** *Repères et mesures en imagerie médicale.* 4ème ed: Paris Expansion scientifique française.

20. **Domenech B, Baunin C, Sales de Gauzy J, Cahuzac JP, Guitard J, Puget C, Leclet H, Railhac JJ.** Imaging of the hip in healthy children in MRI: evaluation of the acetabular coverage. *J Radiol.* 2001;82:1711-1718.
21. **Drummond D, O'Donnell J, Breed A, et al.** Arthrography in the evaluation of congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;243:148-156.
22. **Ducou le Pointe H, Haddad S, Silberman B, Filipe G, Monroc M, Montagne JP.** Legg-Perthes-Calve disease: staging by MRI using gadolinium. *Pediatr Radiol.* 1994;24:88-91.
23. **Dunn P.** Perinatal observations on the etiology of congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop* 1976;119:11-22.
24. **Eckerwall G, Hochbergs P, Simesen K, Willen H, Egund N, Wingstrand H.** Metaphyseal histology and magnetic resonance imaging in Legg-Calve-Perthes disease. *J Pediatr Orthop.* 1997;17:659-662.
25. **Fournet-Fayard J, Kohler R.** Morphologie normale. *In Cahier d'enseignement de la SOFCOT n° 32: La hanche de l'enfant.* Paris Expansion scientifique française; 1988.17-28.
26. **Fredensborg N.** The CE angle of normal hips. *Acta Orthop Scand.* 1976;47:403-405.
27. **Gardner E.** Prenatal development of the human hip joint, femur and hip bone. *Instr Course Lect.* 1972;21:138-154.
28. **Gerber R, Hoeffel J, Bretagne M, Marchal A.** Etude radiologique de la hanche normale. *In Cahier d'enseignement de la SOFCOT n° 32:* Paris Expansion Scientifique Française;1988.3-16.

29. **Gotoh E, Tsuji M, Matsuno T, et al.** Acetabular development after reduction in developmental dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;378:174-182.
30. **Graf R.** The diagnosis of congenital hip dislocation by the ultrasonic compound treatment. *Arch. Orthop. Traumat. Surg.* 1980;97:117-133.
31. **Graf R.** New possibilities for the diagnosis of congenital hip joint dislocation by ultrasonography. *J Pediatr Orthop.* 1983;3:354-359.
32. **Graf R, Schuler P.** *Echographie de la hanche du nouveau-né et du nourrisson.* Montpellier: Sauramps Médical; 1986.
33. **Gugenheim J, Gerson L, Sadler C.** Pathologic morphology of the acetabulum in paralytic and congenital hip instability. *J Pediatr Orthop.* 1982;2:397-400.
34. **Guillaumat M.** La croissance de la hanche normale. *.In Conférence d'enseignement de la SOFCOT.* Paris Expansion Scientifique Française; 1977.157-176.
35. **Hachiya Y, Kubo T, Horii M, Hirasawa Y, Muramatsu K, Morita C, Ando K, Yoshizawa H.** Characteristic features of the acetabular labrum in healthy children. *J Pediatr Orthop B.* 2001;10:169-172.
36. **Harris N, Lloyd-roberts G, Gallien R.** Acetabular development in congenital dislocation of the hip. With special reference to the indications for acetabulopasty and pelvic or femoral realignement osteotomy. *J Bone Joint Surg Br.* 1975;57:46-52.
37. **Harrison M, Blakemore M.** A study of the "norm" hip in children with unilateral perthes'disease. *J Bone Joint Surg.* 1980;62 :31-36.
38. **Heyman C, Herdon C.** Legg-perthes disease. A method for the measurement of the roentgenographic result. *J Bone Joint Surg* 1950;32 :767-778.

39. **Hilgenreiner H.** Zur fruhdiagnose und fruhbehandlung der angeborenen huft gelen kuernen kung. *Medizininische Klinik.* 1925;21:1385-1388.
40. **Hochbergs P, Eckervall G, Wingstrand H, Egund N, Jonsson K.** Epiphyseal bone-marrow abnormalities and restitution in Legg-Calve-Perthes disease. Evaluation by MR imaging in 86 cases. *Acta Radiol.* 1997;38:855-862.
41. **Hochbergs P, Eckerwall G, Egund N, Jonsson K, Wingstrand H.** Femoral head shape in Legg-Calve-Perthes disease. Correlation between conventional radiography, arthrography and MR imaging. *Acta Radiol.* 1994;35:545-548.
42. **Hoffinger SA, Henderson RC, Renner JB, Dales MC, Rab GT.** Magnetic resonance evaluation of "metaphyseal" changes in Legg-Calve-Perthes disease. *J Pediatr Orthop.* 1993;13:602-606.
43. **Horii M, Kubo T, Hachiya Y, Nishimura T, Hirasawa Y.** Development of the acetabulum and the acetabular labrum in the normal child: Analysis with radial-sequence magnetic resonance imaging. *J Pediatr Orthop.* 2002;22:222-227.
44. **Inan M, Senaran H, Mackenzie G.** Center of the femoral head: a magnetic resonance imaging study. *J Pediatr Orthop.* 2006;26:471-473.
45. **Kalifa G, Koifman P, Demange.** Apport de l'échographie dans le dépistage et l'aide au diagnostic de la LCH. Résultat d'une enquête sur 2000 cas. *Rev Int Med.* 1991;3:93-97.
46. **Kim H, Kim J, Yoo C.** Diagnosing childhood acetabular dysplasia using the lateral margin of the sourcil. *J Pediatr Orthop.* 2000;20:709-717.
47. **Kim H, Wenger D.** The morphology of residual acetabular deficiency in childhood hip dysplasia : Three-dimensional computed tomographic analysis. *J Pediatr Orthop.* 1997;17:637-647.

48. **Klaue K.** Applications de l'imagerie tridimensionnelle en chirurgie orthopédique. *In Cahiers d'enseignement de la SOFCOT.* Paris Expansion Scientifique Française; 1994.219-232.
49. **Klaue K, Wallin A, Ganz R.** CT evaluation of coverage and congruency of the hip prior to osteotomy. *Clin.Orthop.* 1988;232:15-25.
50. **Le Damany P.** *La luxation congénitale de hanche.* Paris: Felix Alcan; 1912.
51. **Li YH, Hafeez M, Emery RJ, et al.** The c/b ratio in the radiological monitoring of the hip joint in congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop.* 1995;15:806-811.
52. **Lindstrom JR, Ponseti I, Wenger D.** Acetabular development after reduction in congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61:112-118.
53. **Lude L, Taillard W.** Le développement de la congruence articulaire de la hanche chez l'enfant : étude d'un profil radiologique. *Rev Chir Orthop* 1964;50:757-775.
54. **Milani C, Ishida A, Laredo Filho J, et al.** A new methodology for the measurement of the Wiberg angle in infants under 3 months. *J Pediatr Orthop B.* 2000;9:108-113.
55. **Morin C, Harcke H, Mac Ewen D.** The infant hip : real-time US assessment of acetabular development. *Radiology.* 1985;157:673-677.
56. **Noritake K, Yoshihasi Y, Hattori T, et al.** Acetabular development after closed reduction of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75:737-743.
57. **Pirpiris M, Payman K, Otsuka N.** The assessment of acetabular index. Is there still a place for plain radiography. . *J Pediatr Orthop.* 2006;26:310-315.

58. **Ponseti I.** Growth and development of the acetabulum in the normal child. Anatomical, histological and roentgenographic studies. *J Bone Joint Surg.* 1978;60:575-585.
59. **Portinaro NM, Murray DW, Bhullar TP, et al.** Errors in measurement of acetabular index. *J Pediatr Orthop.* 1995;15:780-784.
60. **Race C, Herring J.** Congenital dislocation of the hip : an evaluation of closed reduction. *J Pediatr Orthop.* 1983;3:166-172.
61. **Rachbauer F, Sterzinger W, Klestil T, et al.** Acetabular development following early treatment of hip dysplasia by Pavlik harness. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1994;113:281-284.
62. **Risser J.** Important practical facts in the treatment of scoliosis. *Am Acad Orthop Surg.* 1948;5:248-260.
63. **Sales de Gauzy J, Kerdiles N, Baunin C, Kany J, Darodes P, Cahuzac JP.** Imaging evaluation of subluxation in Legg-Calve-Perthes disease: magnetic resonance imaging compared with the plain radiograph. *J Pediatr Orthop B.* 1997;6:235-238.
64. **Sebag G, Ducou Le Pointe H, Klein I, Maiza D, Mazda K, Bensahel H, Hassan M.** Dynamic gadolinium-enhanced subtraction MR imaging--a simple technique for the early diagnosis of Legg-Calve-Perthes disease: preliminary results. *Pediatr Radiol.* 1997;27:216-220.
65. **Seringe R.** La hanche dysplasique du nouveau-né et du nourrisson. *In Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°40.* Paris: Expansion Scientifique Française.; 1991.
66. **Seringe R, Bonnet J, Katti E.** Pathogénie et histoire naturelle de la luxation congénitale de hanche. *Rev Chir Orthop.* 1990;76:391-402.

67. **Seringe R, Kalifa G, Maynie M, Blanchon Y.** La radiographie du bassin au quatrième mois : sa place dans le dépistage de la luxation congénitale de hanche. *Ann Pediatr.* 1984;31:109-116.
68. **Seringe R, Kharrat K.** Dysplasie et luxation congénitale de la hanche. Anatomie pathologique chez le nouveau-né et le nourrisson. *Rev Chir Orthop.* 1982;68:145-160.
69. **Taylor GR, Clarke NM.** Monitoring the treatment of developmental dysplasia of the hip with Pavlik harness. The role of ultrasound. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79:719-723.
70. **Tönnis D.** Normal values of the hip joint for the evaluation of X-rays in children and adults. *Clin. Ortop.* 1976;119:39-47.
71. **Weiner L, Kelley M, Ulin R, Wallach D.** Development of the acetabulum and hip: computed tomography analysis of the axial plane. *J Pediatr Orthop.* 1993;13:421-425.
72. **Wiberg G.** Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint. With special reference to the complications of osteoarthritis. *Acta Chir Scand.* 1939;83:1-135.
73. **Zamzam MM, Kremli MK, Khoshhal KI, Abak AA, Bakarman KA, Alsiddiky AM, Alzain KO.** Acetabular cartilaginous angle: a new method for predicting acetabular development in developmental dysplasia of the hip in children between 2 and 18 months of age. *J Pediatr Orthop.* 2008;28:518-523.

Liste des figures :

Figure 1 : Répartition des hanches par âge et par type de sujet.	21
Figure 2 : angle HTE (Hilgenreiner) et cintre cervico-obturateur	25
Figure 3 : Angle VCE (Wiberg)	26
Figure 4 : Bassin adulte	28
Figure 5 : Bassin immature à bilabiation divergente	28
Figure 6 : Les angles HTE : oss (jaune), cart (rouge), lab (vert)	31
Figure 7 : Les angles VCE : oss (jaune), cart (rouge)	32
Figure 8 : mesure de la distance OC : verticale passant par le point osseux en jaune et verticale passant par le point cartilagineux en rouge sur IRM GRE	32
Figure 9 : Evolution des angles HTE dans le groupe 1	35
Figure 10 : Evolution des angles VCE dans le groupe 1	36
Figure 11 : Evolution des angles HTE dans le groupe 2	37
Figure 12 : Evolution des angles VCE dans le groupe 2	37
Figure 13 : Evolution des angles HTE dans le groupe 3	38
Figure 14 : Evolution des angles VCE dans le groupe 3	39
Figure 15 : Evolution des angles HTE dans le groupe 1 pathologique	40
Figure 16 : Evolution des angles VCE dans le groupe 1 pathologique	41
Figure 17 : Evolution des angles HTE dans le groupe 2 pathologique	42
Figure 18 : Evolution des angles VCE dans le groupe 2 pathologique	42
Figure 19 : Evolution des angles HTE dans le groupe 3 pathologique	43
Figure 20 : Evolution des angles VCE dans le groupe 3 pathologique	44
Figures 21 et 22 : évolution des angles HTE et VCE dans ce groupe	45
Figure 23 : Apparition des noyaux épiphysaires et apophysaires, et fermeture du cartilage en Y et de la synchondrose ischio-pubienne. (d'après R. Birkner ¹⁰)	52
Figure 24 : Aspect radiographique de la hanche, par ordre chronologique, du nouveau-né à l'âge de 18 ans. (d'après R. Birkner ¹⁰)	52
Figure 25 : Aspect arthrographique de la hanche de l'enfant (d'après C. Bronfen ¹³ avec autorisation)	53
Figure 26 : Echographie de hanche chez le nouveau-né	55

Figure 27 : Scanner de hanche de l'enfant à gauche index acétabulaire axial de Weiner ⁷¹	56
Figure 28 : Scanner 3D de la hanche de l'enfant	57
Figure 29 : IRM de hanche de l'enfant : séquence T1 à gauche, T2 écho de gradient (GRE) au centre, 3D COSMIC® à droite	59
Figure 30 : Représentation en nuage de points de HTE oss et moyenne de cet angle	62
Figure 31 : Représentation en nuage de points de VCE oss et moyenne de cet angle	63
Figure 32 : Comparaison des moyennes de HTE oss et HTE cart à gauche, et comparaison des moyennes de VCE oss et VCE cart à droite.	65
Figure 33 : Représentation en nuage de points de HTE lab et moyenne de cet angle	67
Figure 34 : Comparaison des moyennes de HTE oss, cart et lab	67
Figure 35 : Représentation en nuage de points de OC et moyenne de cette mesure	69
Figure 36 : Comparaison de la représentation en nuage de points de HTE cart p avec la moyenne de HTE cart sain, idem pour HTE lab p	70
Figure 37 : Comparaison des représentations en nuage de points des angles HTE cart et HTE lab sains et pathologiques avec courbes des moyennes des sujets sains.	71
Figure 38 : Algorithme décisionnel de réalisation des examens complémentaires pour l'analyse de la hanche de l'enfant. (à partir de 18 mois)	72
Figure 39 : Comparaison de la représentation en nuage de points de VCE cart p et de la moyenne de VCE cart sain	73
Figure 40 : Comparaison des représentations en nuage de points des angles VCE cart sains et pathologiques	74
Figure 41 : Comparaison des moyennes de OC sain et pathologique	75
Figure 42 : Comparaison des représentations en nuage de points des mesures OC sain et pathologique	76
Figure 43 : Comparaison de la représentation en nuage de points de HTE cart et HTE lab pour les hanches «saines» des sujets pathologiques avec les moyennes de ces angles pour les sujets sains.	77
Figure 44 : Comparaison de la représentation en nuage de points de VCE cart des hanches «saines» des sujets pathologiques avec la moyenne de cet angle pour les sujets sains	77
Figure 45 : Tableau récapitulatif des valeurs moyennes des différents angles chez les sujets sains en fonction de l'âge.	81
Figure 46 : les différents types de HTE lab : positif à gauche (IRM 3D COSMIC®), faiblement négatif à droite (IRM GRE), et négatif en dessous (IRM GRE).	82

VU

NANCY, le 5 novembre 2009
Le Président de Thèse

NANCY, le 5 novembre 2009
Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur H. COUDANE

Professeur H. COUDANE

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE

NANCY, 12 novembre 2009

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY 1
Par délégation

Madame C. CAPDEVILLE-ATKISON

Résumé de la thèse :

Objectifs : Nous souhaitons évaluer la couverture acétabulaire cartilagineuse chez l'enfant sain et proposer des valeurs de références. En comparant des mesures effectuées chez l'enfant sain et l'enfant pathologique nous allons déterminer s'il existe un sous-groupe d'enfants dont l'acétabulum osseux est dysplasique mais dont l'acétabulum cartilagineux est sain.

Matériel et méthodes : Il s'agit d'une étude rétrospective menée sur 104 enfants âgés de 1 à 13 ans, permettant l'étude de 174 hanches, se répartissant en 97 hanches saines, et 66 hanches pathologiques. Nous avons utilisé des coupes IRM SE T1, T2 en écho de gradient et 3D COSMIC®. Les angles d'Hilgenreiner et de Wiberg ont été mesurés avec des repères osseux, cartilagineux et labraux dans le plan frontal. L'évolution en fonction de l'âge a été étudiée et nous avons comparé les mesures des sujets sains et pathologiques.

Résultats : L'angle d'Hilgenreiner diminue avec l'âge. L'angle de Wiberg augmente avec l'âge. Ces valeurs sont reproductibles.

Conclusion : L'IRM nous a permis de réaliser une courbe figurant l'évolution de la couverture cartilagineuse de la hanche. Ces mesures sont fiables et reproductibles. Nous proposons des valeurs seuils allant de 8,2° à 4,5° pour HTE et allant de 28,7° à 34,1° pour VCE (plus ou moins 2° pour chaque valeur). Nous avons mis en évidence l'existence d'un sous-groupe d'enfants à os pathologique mais à cartilage sain.

Titre en anglais :

Evaluation of the acetabular cartilaginous coverage in MRI at the child : comparative Study of healthy and pathological subjects: about 174 files

Thèse :

Médecine spécialisée-année 2009

Mots clefs :

IRM. Hanche normale. Hanche dysplasique. Couverture acétabulaire. Cartilage.

Intitulé et adresse de l'U.F.R. :

Faculté de Médecine de Nancy
9, avenue de la Forêt de Haye
54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex