

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTES DE MEDECINE

ANNEE 2014

2014 TOU3 1543

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

MEDECINE SPECIALISEE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement

par

Jérôme Murgier

Le 23 septembre 2014

**Fréquence des déformations à type d'épiphyse dans le conflit
de hanche par effet came et la coxarthrose**

Directeur de thèse : Pr Philippe Chiron

JURY

Monsieur le Professeur Paul Bonneville	Président
Monsieur le Professeur Philippe Chiron	Assesseur
Monsieur le Professeur Jérôme Sales De Gauzy	Assesseur
Monsieur le Docteur Jean-Louis Tricoire	Assesseur
Monsieur le Docteur Michel Rongières	Suppléant
Monsieur le Docteur Jean-Louis Labbé	Membre Invité



Fréquence des déformations à type d'épiphyse dans le conflit de hanche par effet came et la coxarthrose.

Table des matières

Introduction	p 4
1) Objectifs	p 12
2) Hypothèse de travail	p 12

3) L'index cervico-céphalique de profil

3.1) Introduction	p 14
3.2) Matériel et méthode	p 14
3.2.1) Incidence Frog-Leg (45°/45°/30°)	p 15
3.2.2) Critères de qualité radiographique	p 16
3.2.3) L'index cervico-céphalique de profil (ICCP)	p 16
3.2.4) Méthodes	p 18
3.2.5) Statistiques	p 19
3.3) Résultats	p 20
3.4) Discussion	p 23

4) Fréquence des déformations à type d'épiphysiolyse dans le conflit de hanche par effet came

4.1) Introduction	p 27
4.2) Matériel et méthode	p 28
4.2.1) Méthode d'évaluation	p 29

4.2.2) Angle alpha	p 30
4.2.3) Analyses statistiques	p 31
4.3) Résultats	p 31
4.4) Discussion	p 32

5) Fréquence des déformations à type d'épiphyse dans la coxarthrose au stade de prothèse

5.1) Introduction	p 36
5.2) Matériel et méthode	p 36
5.2.1) Patients	p 36
5.2.2) Critères diagnostics	p 37
5.2.3) Analyse radiographique	p 38
5.2.4) Statistiques	p 39
5.3) Résultats	p 39
5.4) Exemples de déformations à type d'épiphyse	p 43
5.5) Discussion	p 45
6) Discussion générale	p 47
7) Conclusion	p 50
➤ Bibliographie	p 51
➤ Annexes	p 60
➤ Communications	p 71
➤ E-poster	p 72
➤ Articles	p 73

Introduction

La coxarthrose est une pathologie fréquente concernant 3% à 6% des sujets de plus de 55 ans [1]. Dans de nombreux cas, l'étiologie reste encore inconnue et l'on parle alors de coxarthrose primitive ou idiopathique. Cette proportion varie en fonction des séries et des outils diagnostics mais est retrouvée dans la littérature aux alentours de 50 % [2, 3] pouvant aller jusqu'à 80 % dans le registre danois [4]. La coxarthrose secondaire, principalement reliée à l'évolution dégénérative de pathologies de l'enfance, peut être liée à une anomalie architecturale concernant le fémur ou le cotyle. La dysplasie de hanche en est la première cause reconnue [5, 6] suivie classiquement des séquelles d'épiphysiolyse fémorale supérieure (EFS). Toutefois, et l'idée n'est pas récente, plusieurs auteurs [7, 8] ont émis l'hypothèse que certaines épiphysiolyses passent inaperçues durant l'adolescence pour ne se révéler qu'à l'âge adulte sous forme de conflit de hanche ou de coxarthrose. Cette hypothèse est née de l'observation fréquente, sur des radiographies de bassin de face, d'une anomalie architecturale de l'extrémité supérieure du fémur évoquant une séquelle d'épiphysiolyse : la déformation en crosse de pistolet (« pistol grip » ou « tilt deformity ») (Figure 1) [8], pouvant être mesurée par le Femoral Head Ratio (Figure 2) [6]).

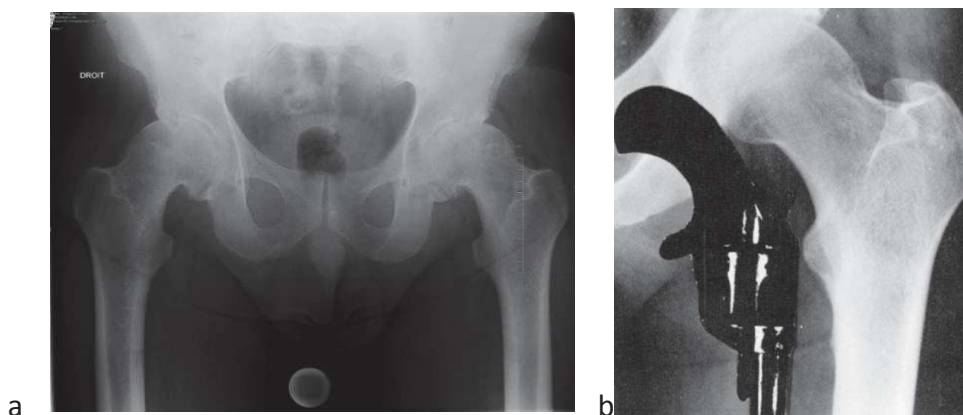


Figure 1 : a,b) Radiographie de bassin de face montrant une déformation en crosse de pistolet bilatérale de l'extrémité supérieure du fémur.



Figure 2 : Radiographie de bassin de face avec calcul de femoral head ratio qui correspond au rapport entre la mesure du segment passant par le centre de la tête fémorale sous l'axe du col sur la mesure du segment au dessus de l'axe du col.

Une controverse est née de cette observation et a abouti à deux théories opposées :

- D'un côté, selon Resnick [9-11] cette déformation de l'extrémité supérieure du fémur (appelée « tilt deformity ») faisait partie intégrante du processus dégénératif de l'articulation et ne correspondait pas à une séquelle de pathologie de l'enfance. Il exprimait cette idée suite à l'observation de radiographies de hanches de face présentant une arthrose avancée avec une usure supéro externe occasionnant une perte de sphéricité de la tête associée à une ostéophytose capitale en goutte décalant virtuellement le centre de la tête fémorale vers le bas (Figure 3). Il considérait cette déformation comme responsable de l'aspect radiographique en « tilt deformity ».

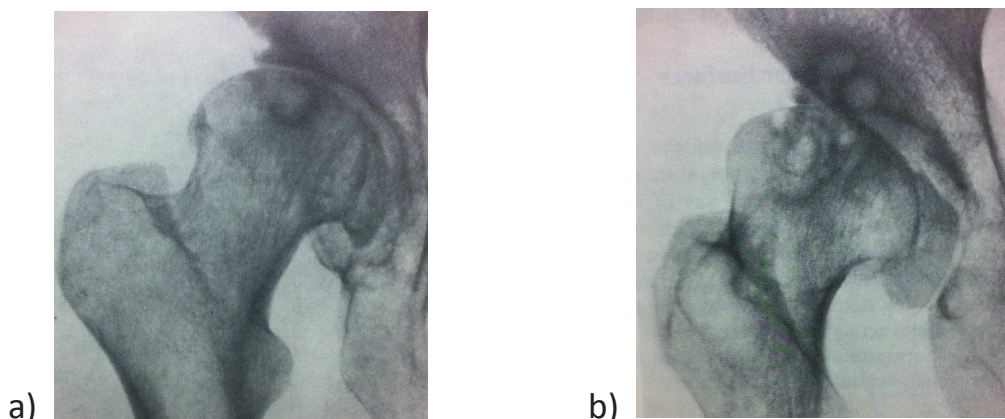


Figure 3 : Radiographies (a,b) de hanche droite présentant une coxarthrose évoluée avec ostéophytose capitale inférieure en goutte évoquant faussement une décentralisation du centre de la tête fémorale.

- De l'autre côté, Goodman et al. [12], à travers une étude cadavérique et radiographique de face et de profil de 2665 fémurs, ont pu prouver que la prévalence du glissement postérieur de la tête fémorale par rapport au col, nommée « post-slip deformity », était identique dans différentes tranches d'âge (moins de 40 ans ; de 41 à 55 ans ; plus de 55 ans). Ceci démontrait le caractère acquis et non pas dégénératif de cette déformation (sinon la prévalence aurait augmenté dans les tranches d'âges les plus élevées). Cette idée s'est imposée dans la littérature et a été confirmée par plusieurs travaux ultérieurs [13-16] ; elle a également eu le mérite d'orienter la réflexion sur l'analyse des clichés radiographiques de profil par analogie au diagnostic des épiphysiolyse chez l'adolescent (profil de Lauenstein [17]). Peu d'études sont basées sur une analyse de profil pour rechercher des séquelles d'épiphysiolyse alors que le glissement s'effectue principalement vers l'arrière (Figure 4). A la lumière des récents résultats des travaux de Rab G. [18] et de Ganz R. et al.[19-21] notamment, l'épiphysiolyse semble être plus fréquente que décrite dans la littérature et responsable d'une partie des coxopathies dites primitives (dont le conflit de hanche [22-25]). Toutefois, aucune mesure radiographique ne permet spécifiquement de détecter et quantifier la translation postérieure de la tête fémorale par rapport au col, justifiant l'élaboration d'un nouvel index radiographique.



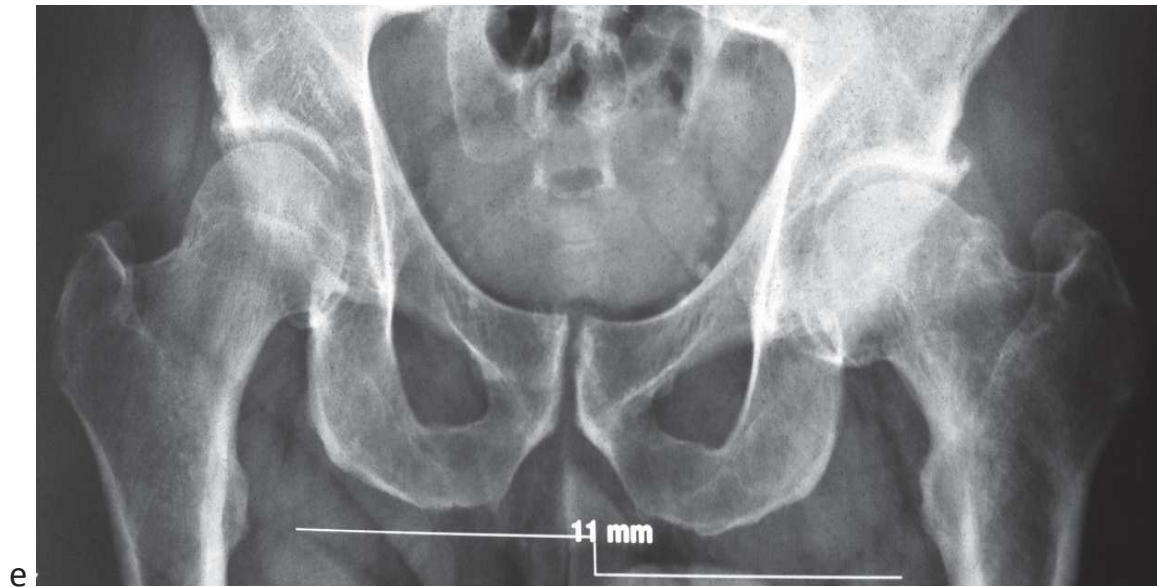


Figure 4 : Dossier radiographique complet d'un homme né en 1958, présentant une épiphysiolyse gauche aiguë stade 1 de Southwick traitée par fixation in situ en 1973 (a,b,c,d). Bilan radiographique en 2012 (54 ans) devant la présence de douleurs de hanche à gauche montrant une coxarthrose avec des signes radiographiques de conflit de hanche (bump) et une déformation séquellaire d'épiphysiolyse (translation postérieure de la tête fémorale) (e,f). Cet aspect radiographique séquellaire est fréquemment retrouvé chez des sujets n'ayant pas d'antécédent connu d'épiphysiolyse.

L'épiphysiolyse fémorale supérieure (EFS) correspond à un glissement atraumatique de l'épiphyse fémorale proximale par rapport au col vers le bas (« coxa vara ») et l'arrière (« coxa retorsa ») en rapport avec une fragilité du cartilage de croissance au niveau de sa couche hypertrophique [26]. Il s'agit d'une pathologie considérée comme peu fréquente dans la littérature pédiatrique (1 cas sur 100 000 en Europe [27]), touchant préférentiellement les sujets de sexe masculin (sex ratio H/F = 1,65)[28] et certaines races ou ethnies (asiatiques, polynésiens, africains) [29]. Elle se manifeste durant l'adolescence (âge moyen de 13 ans et 6 mois chez le garçon et de 12 ans chez la fille) [30] et touche la hanche opposée dans 25% des cas [31].

Elle est à l'origine, chez l'adulte, d'une incongruence articulaire dont les conséquences à moyen et long terme sont bien décrites dans la littérature. En effet, la translation postérieure de la tête fémorale va générer un contact précoce en flexion de hanche entre les faces antérieures du col fémoral et du cotyle pouvant être à l'origine, d'un conflit antérieur fémoro acétabulaire par effet came (CAFA) [20] ou d'une coxarthrose [19](Figure 5). Cette évolution est fonction de plusieurs facteurs dont la sévérité du déplacement initial [32] ou le type de traitement réalisé [33], avec des taux variables selon la littérature allant de 6% à 100% [6, 19, 21, 34-38].



Figure 5: Aspect évolutif d'une épiphysiolyse

- a) Radiographie de profil de hanche gauche type Lauenstein chez un sujet de 13 ans: Epiphysiolyse fémorale supérieure gauche stade 2 de Southwick.
- b) Radiographie de profil de hanche gauche type Frog-Leg (45°/45°/30°) chez un sujet de 34 ans: Conflit antérieur de hanche fémoro acétabulaire par effet came avec aspect de déformation à type d'épiphysiolyse.
- c) Radiographie de profil de hanche gauche type Frog-Leg (45°/45°/30°) chez un sujet de 57 ans : Coxarthrose stade 3 de Tonnis avec aspect de déformation à type d'épiphysiolyse, le centre de la tête fémorale est le siège d'une translation postérieure par rapport au milieu du col fémoral.

L'origine de ce glissement est pluri factorielle. Il résulte d'un déséquilibre entre les contraintes subies par l'épiphyse fémorale proximale et la résistance de la plaque de croissance soit du fait d'une augmentation des contraintes en cisaillement, soit d'une diminution de la résistance de la plaque de croissance. Les principales causes d'augmentation des contraintes sont l'obésité, dont la responsabilité a été objectivée dans plusieurs études [39-41], mais également une activité physique excessive durant l'adolescence chez des patients à risque (obèses ou musclés) [15]. Aussi, la morphologie de l'extrémité supérieure du fémur peut être un facteur de risque : les patients ayant un col long en varus auront une majoration des contraintes en cisaillement au contraire des sujets ayant un col court en valgus (Figure 6).

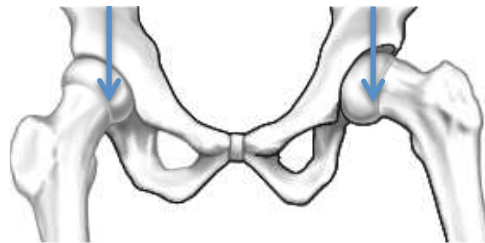


Figure 6 : Majoration des contraintes en cisaillement en cas de morphotype du col fémoral en varus (à gauche).

La diminution de la résistance du cartilage conjugal peut être le fait de facteurs infectieux, hormonaux (excès d'hormones de croissance, hyperparathyroïdie, déficit en hormones thyroïdiennes), métaboliques (déficit en vitamine D), iatrogènes (radiothérapie, chimiothérapie), ou génétiques [42-46].

Le diagnostic de l'EFS est radio-clinique. Cliniquement, elle se présente comme une douleur de hanche ou de genou d'apparition plus ou moins récente. Outre la démarche en rotation externe, une diminution de la rotation interne de hanche associée à une rotation externe dite automatique en flexion (signe de Drehmann) [47] oriente le diagnostic. Toutefois, son expression clinique peut revêtir plusieurs formes, ce qui nous intéresse particulièrement pour la suite de cet exposé. En effet, l'épiphyseolyse peut être aiguë (les symptômes douloureux apparaissent brutalement et évoluent depuis moins de trois semaines) chronique (les symptômes évoluent depuis plus de trois semaines) ou aiguë sur chronique (il s'agit d'une combinaison des deux premiers types avec exacerbation aiguë des symptômes d'une épiphysiolyse chronique) [48]. Parmi ces différents tableaux, Loder et al. [49] ont introduit la notion de stabilité de la physe : l'EFS est considérée comme stable si le sujet peut se tenir

debout ou marcher avec ou sans l'aide de cannes, elle est considérée comme instable si le sujet ne peut plus se tenir debout même avec l'aide de cannes. Enfin, et surtout, plusieurs auteurs ont évoqué une forme d'épiphysiolyse sub-clinique pouvant passer inaperçue durant l'adolescence et qui se révèle à l'âge adulte au stade séquellaire (conflit de hanche ou coxarthrose) [6, 12, 21, 50]. Du fait de son caractère asymptomatique, rendant son diagnostic complexe durant l'adolescence, il pourrait s'agir d'une forme mineure d'épiphysiolyse chronique et stable.

Le diagnostic est ensuite confirmé grâce à un bilan radiographique (face et profil de hanche) qui objectivera le glissement de l'épiphyse fémorale vers le bas mais surtout vers l'arrière sur la radiographie de profil (Profil de Lauenstein). Toutefois, sur la radiographie de bassin de face, plusieurs signes indirects peuvent orienter le diagnostic (Figure 7) :

- Diminution de la hauteur de l'épiphyse
- Élargissement du cartilage de croissance
- Condensation métaphysaire (double contour de Steel)
- Ostéopénie de l'hémi bassin



Figure 7 : Radiographie de bassin de face chez un sujet présentant une épiphysiolyse fémorale supérieure à gauche. On peut remarquer les quatre signes indirects de bascule postérieure de la tête fémorale indiquant une probable épiphysiolyse.

- Ligne de Klein : La tangente au bord supérieur du col fémoral (ligne de Klein [51]) doit croiser le noyau épiphysaire. En cas de glissement de l'épiphyse vers le bas, cette ligne ne croise plus, ou peu, le noyau. Une comparaison avec le côté contro-latéral peut-être utile, il s'agit toutefois d'un signe peu sensible [52] (Figure 8).

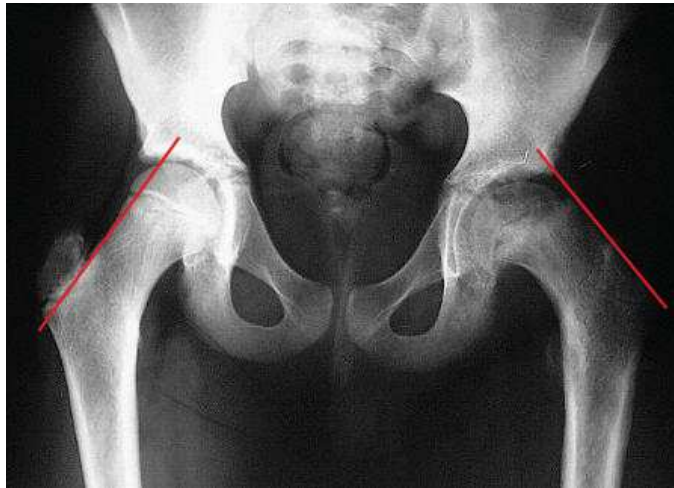


Figure 8: Radiographie de bassin d'un sujet présentant une épiphysiolyse fémorale supérieure gauche. La ligne de Klein est pathologique à gauche puisqu'elle ne croise pas le noyau épiphysaire contrairement au côté contro-latéral.

Mais c'est sur l'incidence radiographique de profil de Lauenstein que l'on pose le diagnostic de manière formelle en mettant en évidence le glissement vers l'arrière de l'épiphyse fémorale supérieure qui sera quantifié à des fins diagnostiques et pronostiques par la mesure de l'angle de Southwick [53] (Figure 9).



Figure 9: Radiographie de hanche de profil type Lauenstein permettant de mesurer l'angle de Southwick (α).

Les critères diagnostics d'EFS chez l'enfant ne sont pas transposables à l'âge adulte pour rechercher une séquelle d'épiphyse. En effet, la ligne de Klein est perturbée par la présence d'ostéophytes antérieurs consécutifs à l'arthrose et l'angle de Southwick n'est pas mesurable du fait de la fusion du cartilage de croissance. Différents auteurs ont cherché à prouver que l'épiphyse était une cause importante de coxarthrose précoce mais en ne s'intéressant qu'à la radiographie de bassin de face à la recherche d'une déformation en crosse de pistolet. Celle-ci, peut être évaluée par divers index radiographiques peu utilisés du fait de leur faible reproductibilité (fémoral head ratio [6], index de Compere et Lequesne [54, 55] qui quantifie la distance entre le centre de la tête fémorale et l'axe du col sur la face, triangulaire index de Gosvig [56]). La déformation en crosse de pistolet est considérée comme le « gold standard » pour rechercher les séquelles d'épiphyse sur une radiographie de bassin de face chez l'adulte [23, 57-59].

L'intérêt porté à l'anatomie de la jonction tête-col est en plein essor depuis une dizaine d'années [16, 60] avec l'apparition de diverses mesures utiles au diagnostic de conflit de hanche. Les deux principales qui sont l'offset ratio antérieur [61] et l'angle alpha de Notzli [62] ont contribué au diagnostic du conflit de hanche par la mise en évidence d'un « bump » antérieur au niveau de la jonction tête-col. Mais, ces index ne permettent pas de quantifier la translation postérieure de la tête fémorale par rapport au col afin de démasquer les déformations à type d'épiphyse.

1) Objectifs de l'étude :

Notre travail avait pour objectifs de déterminer la proportion de hanches présentant une déformation à type d'épiphyse (sur une radiographie de profil de hanche), à l'aide d'un nouvel index, dans les populations présentant un conflit de hanche par effet came ou une coxarthrose. Nous avons utilisé préférentiellement le terme de « déformation à type d'épiphyse » au lieu de « séquelles d'épiphyse » pour caractériser les hanches présentant une translation postérieure excessive.

2) Hypothèse de travail :

Notre hypothèse était que la fréquence des anomalies radiographiques à type d'épiphyse chez l'adulte présentant un conflit de hanche ou une arthrose était supérieure aux données récentes de la littérature (entre 6% [2, 63, 64] et 15% [5]). Pour évaluer cette hypothèse, nous avons utilisé l'index cervico-céphalique de profil (ICCP) [65] qui permet de détecter et quantifier la

translation postérieure de la tête fémorale par rapport au col sur une radiographie de profil de hanche spécifique.

Ce travail épidémiologique comporte trois études : après avoir validé dans un premier temps l'index cervico-céphalique de profil en cherchant à déterminer sa reproductibilité et une valeur seuil à partir de laquelle la translation postérieure de la tête fémorale peut être considérée comme pathologique, nous avons utilisé cet index afin de déterminer la fréquence d'une telle déformation chez l'adulte présentant un conflit de hanche par effet came puis chez l'adulte présentant une coxarthrose au stade de prothèse.

L'index cervico-céphalique de profil

3.1) Introduction

Dans le but de diagnostiquer et d'évaluer la déformation à type d'épiphyse (correspondant à une translation postérieure de la tête fémorale par rapport au col visible sur une radiographie de profil de hanche) nous avons validé un nouvel index : l'index cervico céphalique de profil. Afin de raccorder au mieux cette déformation à une épiphysiolyse, nous avons corrélié l'ICCP à la présence d'une déformation en crosse de pistolet (« pistol-grip ») sur la radiographie de face et dont le lien avec une séquelle d'épiphyse est reconnu [58, 59]. La validation de l'index passait par la mesure de sa reproductibilité, et la recherche d'une valeur seuil à partir de laquelle la translation postérieure de la tête était considérée comme pathologique. L'idée était de pouvoir diagnostiquer toutes les séquelles d'épiphyse dont celles qui ne sont pas visibles sur la radiographie de face [56].

3.2) Matériel et méthode

Nous avons réalisé une étude mono-centrique et continue, analysant les radiographies de 157 hanches ayant bénéficié d'une arthroplastie de hanche (prothèse totale de hanche ou resurfaçage [66, 67]) pour coxarthrose entre janvier 2010 et décembre 2011. Tous les patients bénéficiaient du même bilan radiographique la veille de l'intervention, dans le même centre de radiologie, à savoir:

- Une radiographie de bassin de face en charge, en abduction-adduction neutre et en rotation interne de 15° des membres inférieurs pour corriger l'antéversion naturelle du col du fémur et réfléchir dans un plan strictement frontal.
- Un cliché de profil spécifique type Frog Leg à 45° de flexion, 45° d'abduction et 30° de rotation externe [68].

La déformation en crosse de pistolet sur la face était recherchée et la mesure de l'ICCP sur le profil était réalisée.

3.2.1) Incidence Frog-Leg (45°/45°/30°)

Elle correspond à un profil de hanche type Frog – Leg dont nous avons défini la position de la cuisse par rapport au bassin [68] (Figure 10):

- 45 ° d'abduction
- 45 ° de flexion
- 30 ° de rotation externe

Celle-ci qui a été validée expérimentalement et cliniquement [68, 69], expose les faces antérieure et postérieure du col fémoral permettant de déterminer, avec précision, l'axe vrai du col ainsi que sa position par rapport au centre de la tête fémorale. Elle fait partie du bilan pré-opératoire systématiquement réalisé la veille de toute arthroplastie de hanche. Le tube de rayon X était placé à 120cm du malade et le faisceau, de direction antéro-postérieur, centré sur la symphyse pubienne.

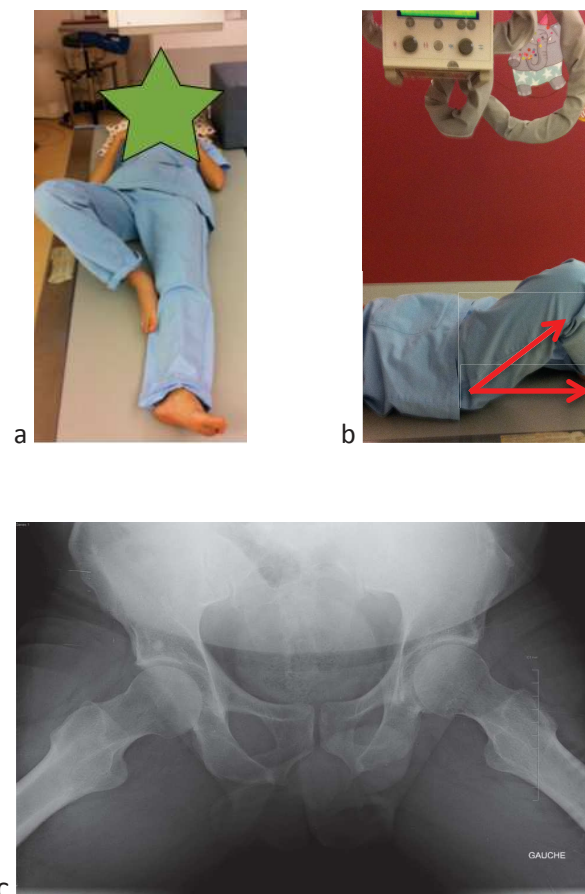


Figure 10 : a,b) Position du patient en flexion de hanche 45°, abduction 45° et rotation externe 30°.

c) Image radiographique de profil (Frog-Leg 45°/45°/30°) chez un patient sain.

3.2.2) Critères de qualité radiographique

Afin de diminuer au maximum les biais de mesure, les critères de qualité radiographique étaient examinés avec attention avant toute analyse. Les critères subjectifs comme la symétrie apparente des trous obturateurs et des ailes iliaques [70] étaient recherchés et complétés par les mesures des critères objectifs permettant de s'assurer que la rotation pelvienne (alignement entre la pointe coccygienne et la symphyse pubienne +/- 1cm) et la version pelvienne (distance entre pointe coccygienne et symphyse pubienne entre 1 et 3cm) [71, 72] étaient neutres. La rotation interne fémorale de 15° était validée si la base du petit trochanter n'était pas visible et qu'elle était barrée par la corticale interne de la diaphyse fémorale [54]. Ces critères étaient recherchés avec attention car une modification rotationnelle minimale est à l'origine de différences de mesures importantes [73] (Figure 11).

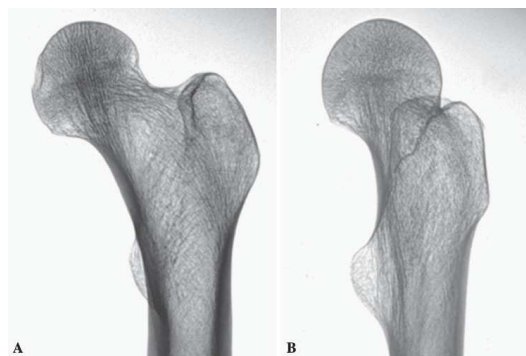


Figure 11 : L'angle CC'D est majoré (coxa valga) en rotation externe (B), comme on peut le voir sur cette radiographie de hanche en contraste inversé.

3.2.3) L'index cervico-céphalique de profil (ICCP):

L'index cervico-céphalique de profil, quantifie la translation postérieure du centre de la tête fémorale par rapport à l'axe du col sur une incidence de profil spécifique en flexion 45°/ abduction 45°/ rotation externe 30° [68].

L'ICCP correspond au rapport de la plus petite distance (d) séparant l'axe vrai du col fémoral du centre de la tête fémorale (correspondant à la perpendiculaire de l'axe vrai du col passant par le centre de la tête) divisé par le diamètre de la tête fémorale (D') en centimètres. Il s'agit d'un ratio, exprimé en pourcentage, afin de prévenir les erreurs de mesures centimétriques obligatoires du fait de différences d'agrandissement inter – individuelles liées à l'épaisseur du patient.

$$\text{ICCP} = d / D' \times 100$$

L'axe vrai du col du fémur est déterminé par le positionnement de 2 points sur la face antérieure du col et 2 points sur sa face postérieure en les plaçant à un écart maximum en proximo-distal, les points distaux devant être proches de la base du col fémoral sans inclure le prolongement du petit trochanter (source d'augmentation de l'index) et les points proximaux proches de la jonction tête-col sans inclure les ostéophytes antérieurs. L'axe correspond à la droite unissant le milieu des deux segments (proximal et distal) établis précédemment. Le centre de la tête fémorale est déterminé numériquement après le positionnement de trois points (P1, P2, P3) situés à la périphérie de celle-ci, ce qui correspond à la méthode numérisée dite «Mose template» [74]. Les points sont placés au niveau des zones où la tête fémorale ne présente pas d'ostéophytes ni de déformation afin d'éviter tout biais de mesure (Figure 12). A partir de sept points nous pouvons donc définir l'index cervico-céphalique de profil.

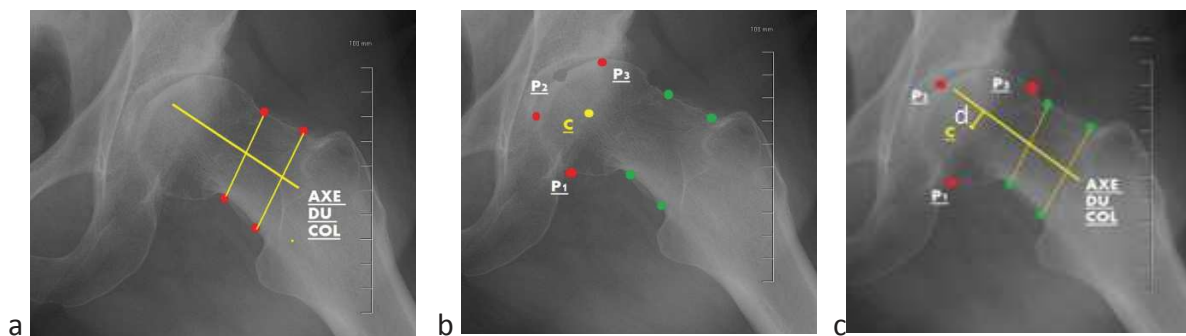


Figure 12 : Positionnement des points permettant le calcul de l'ICCP.

a) 4 points sont positionnés de part et d'autre de l'axe du col formant deux segments. La droite unissant le milieu de ces deux segments représente l'axe réel du col fémoral.

b) P1, P2 et P3 sont placés à la circonférence de la tête fémorale permettant de déterminer son centre (c) et son diamètre D'.

c) d est la distance entre le centre de la tête fémorale et la perpendiculaire à l'axe réel du col passant par le centre de la tête.

3.2.4) Méthodes

Une analyse radiographique préopératoire de face et de profil de tous les patients était réalisée et trois données étaient recherchées :

- la présence d'une déformation en crosse de pistolet [8] sur la Rx de face,
- la mesure de l'ICCP sur le profil,
- le stade d'arthrose selon la classification de Tönnis [75] (Cf annexe).

On été exclus de l'étude les patients ayant des antécédents connus de chirurgie ou de pathologie coxofémorale, les cas d'arthrose trop évoluée avec une raideur importante ne permettant pas de réaliser un profil, les patients ne satisfaisant pas les critères de qualité radiographiques (Cf 3.2.3) dont une déformation de la tête fémorale n'autorisant pas une analyse fine. Au total, l'étude a porté sur 131 hanches concernant 120 patients (26 exclues).

Les mesures ont été réalisées par trois observateurs indépendants à l'aide du même logiciel d'acquisition Pictin™ (Aria Sarl, Houdain, France) que nous avons adapté en incluant les diverses mesures souhaitées (Figure 13). Le logiciel est intégré au site Orthowave® Software (www.orthowave.net, Aria Sarl, Houdain, France) dans lequel les données préopératoires personnelles (âge, sexe, indice de masse corporelle [IMC], antécédents) étaient stockées dans une fiche patient. Les clichés n'étaient pas appariés initialement (face - profil) afin de ne pas influencer les mesures.

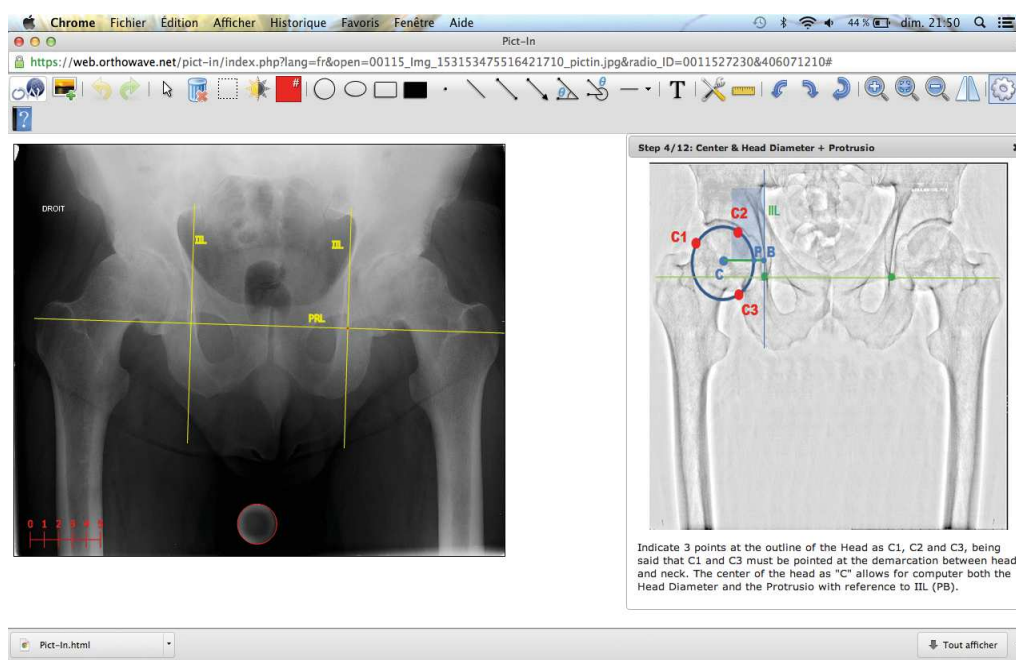


Figure 13 : Logiciel Pictin° permettant l'acquisition des différentes mesures.

3.2.5) Statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées avec les logiciels Excel 2007TM (Microsoft, Redmond, États-Unis) et MedCalcTM version 11.6.1.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgium). Les valeurs ont été exprimées par leur moyenne, leurs valeurs minimales et maximales et leur intervalle de confiance à 95 % de la moyenne (IC 95 %).

Pour la comparaison des moyennes des valeurs quantitatives (âges et ICCP) de ces groupes indépendants, avec des échantillons suffisants ($n > 30$), une distribution normale (test de D'Agostino-Pearson) et des variances égales (F test), les échantillons indépendants ont été analysés avec les tests t de Student.

Pour la comparaison des stades arthrosiques, la distribution non normale de ces valeurs ordinales a nécessité un test de Mann & Whitney.

Les reproductibilités inter et intra-observateur ont été déterminées avec le coefficient de corrélation intra-classe et interprétées selon les règles de Fleiss [76]. La corrélation était considérée comme excellente pour un coefficient entre 80 et 100 %, bonne entre 60 et 80% et modérée à mauvaise pour les valeurs inférieures.

Une valeur de « p » inférieure ou égale à 0,05 était considérée comme statistiquement significative.

3.3) Résultats

L'analyse a porté sur 131 hanches (120 patients), l'âge moyen de l'effectif était de 61ans (37 - 91), le stade d'arthrose moyen était de 2,5 selon la classification de Tönnis. L'ICCP moyen était de 10%.

La reproductibilité inter-observateur était bonne pour l'index (coefficient de corrélation intra-classe (CCI) = 0,61 ; intervalle de confiance (IC) 95 % = 0,51 - 0,71) et la recherche du *pistol grip* (CCI = 0,74 ; IC 95 % = 0,62 - 0,85) et la reproductibilité intra-observateur était excellente pour l'ICCP (CCI = 0,78 ; IC 95 % = 0,57—0,88) et le *pistol grip* (CCI = 0,85 ; IC 95 % = 0,74 - 0,92) selon les règles d'interprétation de Fleiss [76].

L'aire sous la courbe ROC était calculée à 0,91 ce qui traduit une forte corrélation entre déformation en crose de pistolet et ICCP (IC 95 % : 0,86 - 0,96); (figure 14).

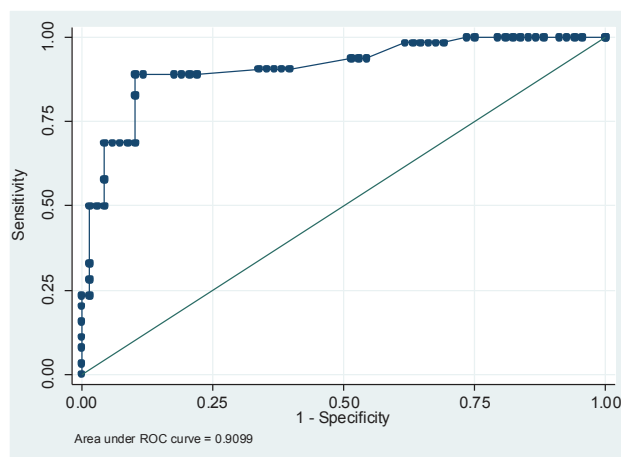


Figure 14 : Courbe ROC. Le point d'inflexion de la courbe se situe pour une valeur seuil de 10%. Une diminution de ce seuil entraîne une augmentation de la sensibilité et une diminution de la spécificité et inversement.

En corrélant la présence d'un *pistol grip* sur la radiographie de face et la valeur de l'ICCP, nous avons constaté qu'une valeur de l'ICCP de 10% permettait d'obtenir une sensibilité de 89,1% (IC 95%: 78,8—95,5%) et une spécificité de 89,7% (IC 95%: 79,9—95,8%) maximales pour dépister un *pistol grip* avec un indice de Youden à 78,77 %. Une valeur inférieure (9 %) entraînait une diminution de la spécificité à 82,4 % (IC 95 %: 71,2—89,7 %) mais la même sensibilité à déterminer la présence d'un *pistol grip*, avec un indice de Youden acceptable, ce qui se traduit en termes cliniques par une augmentation du

nombre de patients sans anomalies sur la radiographie de face ayant un index pathologique (augmentation du nombre de faux négatifs permettant de détecter les malades sans anomalies sur la radiographie de face) ; (Tableau 1). Une valeur seuil de 8 % en revanche diminuait de manière importante l'indice de Youden (56,81%) et donc la corrélation de l'index avec le pistol grip. Il était ainsi logique de sélectionner la valeur seuil de 9%.

Seuil	Sensibilité (%)	Spécificité (%)	Classification correcte (%)	Indice de Youden (%)
8%	90,6	66,2	78,0	56,81
9%	89,1	82,4	85,6	71,41
10%	89,1	89,7	89,4	78,77

Tableau 1: Rapport de la sensibilité/spécificité de l'ICCP à mettre en évidence un pistol grip en fonction de son seuil.

La majorité des patients ayant un ICCP au dessus de 9 % ont également une déformation en « pistol grip » (56/69 hanches) sur la radiographie de face contrairement à ceux ayant un index inférieur à 9 % (7/68 hanches). Avec une valeur seuil à 9 %, 13 hanches sur 68 (soit 20 %) analysées sans déformation en en crose de pistolet sur la radiographie de face avaient un index pathologique et 89% des patients avec une déformation en crose de pistolet ont un index pathologique (Tableau 2, Figures 15 et 16).

	PG + (63 hanches)	PG – (68 hanches)
ICCP < 9%	7 cas (11%)	55 cas (80%)
ICCP > 9%	56 cas (89%)	13 cas (20%)

PG = pistol grip. ICCP = index cervico-céphalique de profil

Tableau 2 : Répartition de l'effectif en fonction de la valeur de l'index et de la présence d'un pistol grip sur la radiographie de face.

Il y avait 69 hanches dans le groupe ICCP > 9% et 62 dans le groupe ICCP < 9%. Ces deux effectifs étaient comparables en ce qui concerne le stade d'arthrose, ils ne l'étaient pas en terme de répartition par genre puisque le sex-ratio est très nettement en faveur des hommes dans le groupe ICCP > 9% (7,3/1) contre 1,13/1 dans l'autre groupe. On remarquait également que l'âge moyen des patients du groupe « ICCP pathologique » était plus jeune d'environ huit ans que celui du groupe sain (Tableau 3).

	Groupe ICCP > 9% 69 cas	Groupe ICCP < 9% 62 cas	p-value
Âge	57,5 ans (37 - 78)	65,2 ans (44 - 91)	p = 0,0040
Stade d'arthrose	2,4	2,6	p = 0,0850
ICCP moyen	14,7 % (9% - 24%)	5,5 % (0% - 8%)	p < 0,0001
Sexe ratio (H/F)	7,3 / 1	1,13 / 1	p < 0,0001

ICCP : Index Cervico-Céphalique de Profil. H : Homme

Tableau 3 : Répartition de l'effectif en fonction de la valeur de l'ICCP.

On notait par ailleurs une tendance à la rétroversion de la tête fémorale de toutes les hanches analysées. Parmi celles-ci, seulement trois avaient un index nul et aucune un index négatif (Figure 15).

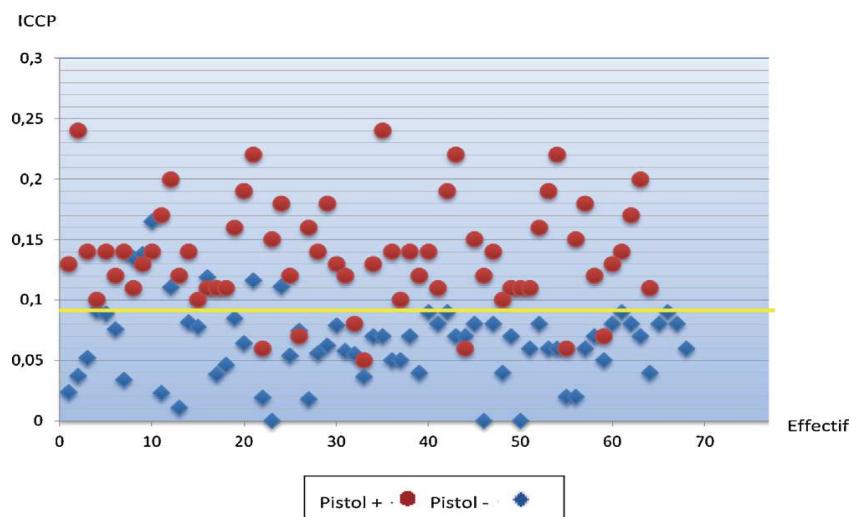
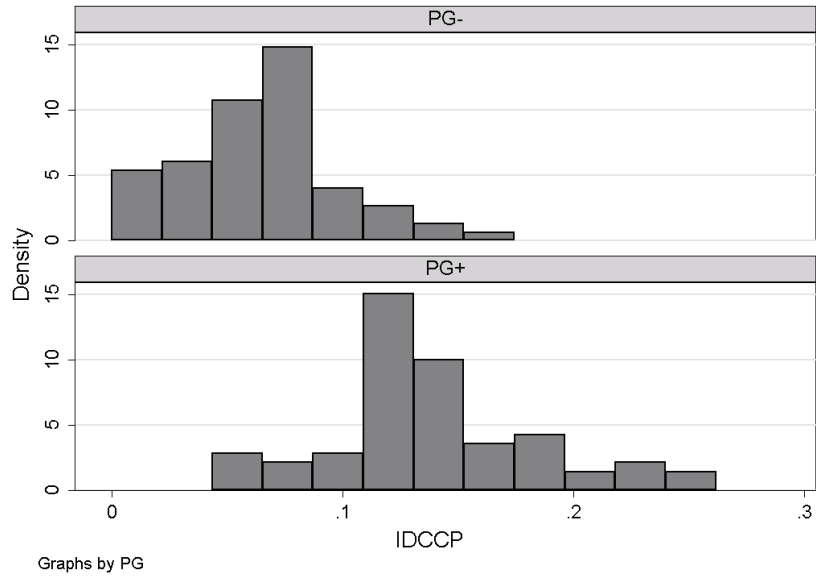


Figure 15 : Répartition de l'effectif total (abscisses) en fonction de l'ICCP (ordonnées). La valeur seuil de 9% est tracée en jaune. Le groupe pistol grip + correspond aux points rouges et le groupe pistol grip - aux losanges bleus.

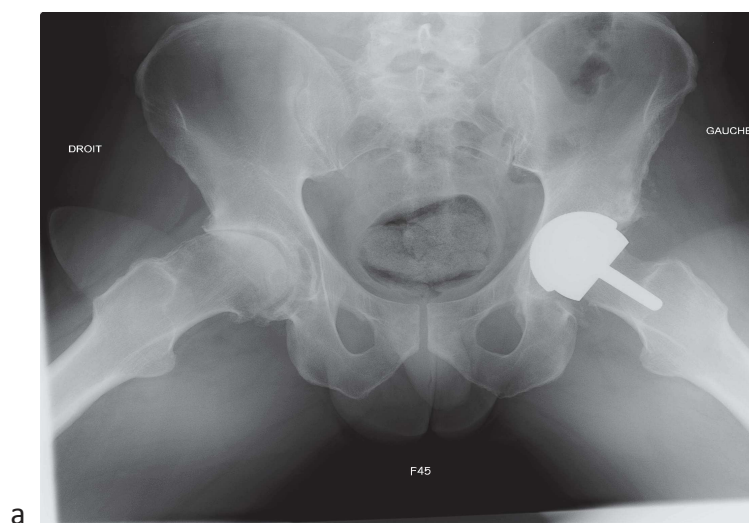


PG- : pistol grip -, PG+ : pistol grip +.

Figure 16 : Graphique représentant la répartition de l'effectif (ordonnée) en fonction de l'IDCCP (en abscisse) comparant le groupe ne présentant pas de déformation en crose de pistolet (PG-) au groupe qui en présente une (PG+).

3.4) Discussion

Notre hypothèse de départ est confirmée: l'IDCCP permet de juger et de quantifier la translation postérieure du centre de la tête fémorale par rapport à l'axe du col du fémur avec une bonne reproductibilité intra et inter-observateur et sa mesure est considérée comme pathologique à partir d'une translation postérieure du centre de la tête fémorale de 9 % (Figures 17 et 18).



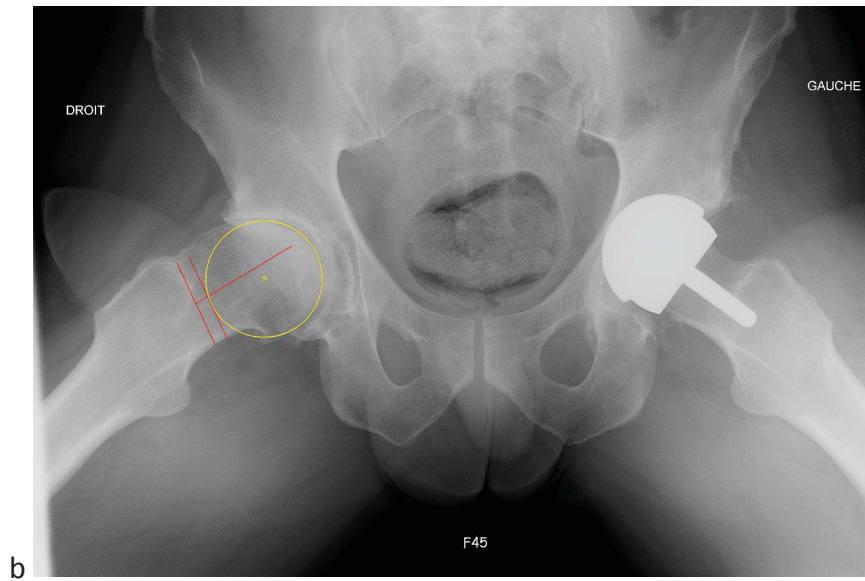


Figure 17 : a) Radiographie de Profil de hanche ($45^\circ / 45^\circ / 30^\circ$) chez un patient de 57 ans présentant une coxarthrose à droite et un resurfaçage à gauche.

b) ICCP mesuré à 14%, il s'agit d'un patient présentant une déformation à type d'épiphyseolyse.

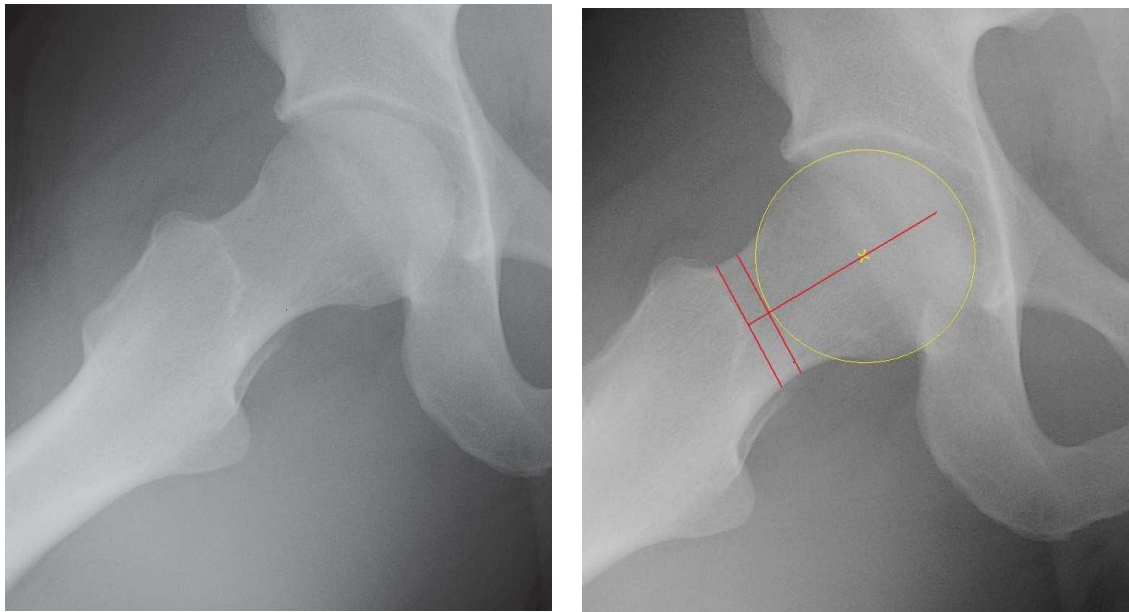


Figure 18 : a) Radiographie de profil de hanche ($45^\circ / 45^\circ / 30^\circ$) chez un patient sain.

b) L'axe du col du fémur coupe le centre de la tête fémorale. L'ICCP est nul.

La référence à la déformation en crosse de pistolet comme témoin d'une épiphysiolyse séquellaire était le critère le plus pertinent et son utilisation, par analogie à la pédiatrie, était basée sur l'idée qu'une épiphysiolyse vue sur une radiographie de face est également déplacée sur le profil alors qu'un déplacement sur le profil peut ne pas s'accompagner d'une déformation en crosse de pistolet sur la face (20 % des cas dans notre série). Bien que l'analyse de cette déformation soit subjective et observateur dépendante [77], sa reproductibilité est bonne [78].

Un autre point de réflexion concerne la précision de la direction de l'axe réel du col fémoral par la méthode employée lors de ce travail. Le col fémoral étant considéré comme un cylindre ovoïde, on pourrait estimer que l'axe réel devrait être analysé par une étude radiographique en trois dimensions. Cependant, le fait de standardiser la position de profil de manière précise et rigoureuse (45°/45°/30°) nous autorise à réfléchir en deux dimensions en considérant la forme géométrique du col fémoral comme rectangulaire. Ceci permet de diminuer les biais de mesure au maximum. De plus, il n'est pas dans les pratiques courantes de proposer une analyse scannographique ou IRM pour un bilan pré opératoire de prothèse standard.

En ce qui concerne la détermination du centre de la tête fémorale, celle-ci a été réalisée selon la méthode classique des trois points. Pour les patients présentant une arthrose avancée avec une déformation de la tête fémorale, nous avons positionné les points sur la partie sphérique de la tête fémorale. En cas de déformation trop importante l'analyse était annulée.

Le nombre de patients exclus est assez important en comparaison de l'effectif total (26 sur 157 soit 16,6 %). Cette valeur, qui reste acceptable, est liée à un souci d'optimisation des mesures et des résultats en excluant les radiographies ne rentrant pas dans les critères de qualité stricts que nous avons appliqués. Ces radiographies étant exclues avant l'analyse coxométrique à proprement parler cela n'interfère pas sur la validité de ce travail.

L'incidence radiographique utilisée était adaptée à une telle étude, le « faux profil de Lequesne » [79] classiquement réalisé dans le bilan d'arthrose de hanche ne permettant pas d'explorer le col fémoral. En effet, il a pour objectif d'évaluer la couverture antérieure de la tête fémorale par l'acétabulum (Figure 19).

Enfin, la valeur seuil de 9% est la plus logique puisque l'objectif de l'index est de pouvoir démasquer une déformation architecturale à type d'épiphysiolyse sur un profil de hanche et non pas détecter la déformation en crosse de pistolet sur la face tout en conservant une bonne corrélation avec la présence de cette anomalie.



Figure 19 : Radiographie de hanche selon un faux profil de Lequesne, la vision du col fémoral est très réduite en comparaison à l'incidence Frog Leg.

Récemment, Lehmann et al.[57] ont recherché les signes de séquelles d'épiphyse sur une incidence radiographique de profil avec la mesure de l'angle de Southwick et sur la face avec la mesure du Femoral Head Ratio de Murray («Murray's tilt index») [6] dans une population de 17 à 20 ans (2072 sujets). Il est intéressant de noter l'utilisation de l'angle de Southwick chez l'adulte dans ce travail avec toutefois un taux assez important d'impossibilité de mesure du fait de la fusion du cartilage de croissance (23 % des cas). Dans une autre étude [80], concernant l'adulte avec un squelette mature, la reproductibilité inter et intra observateur de cet index est mise en cause du fait de la difficulté à repérer l'ancienne localisation du cartilage conjugal (40% des radiographies non mesurables). En ce qui concerne le femoral head ratio, la reproductibilité de cet index est également jugée comme faible et ne permet pas de conclusion quant à la présence d'une séquelle d'épiphyse. Nous retrouvons à travers ces études la nécessité et l'intérêt d'avoir créé un index radiographique permettant de démasquer les déformations à type d'épiphyse.

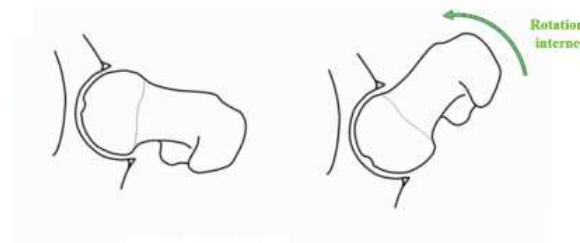
Les coxarthroses primitives sont prédominantes dans les diverses études épidémiologiques probablement en raison de l'absence de moyens diagnostics fiables pour rechercher les séquelles d'épiphyse sur un profil de hanche. Nous avons prouvé la validité clinique de l'ICCP et déterminé une valeur seuil (9%) à partir de laquelle la translation postérieure de la tête fémorale pouvait être considérée comme pathologique.

Fréquence des déformations à type d'épiphyse dans le conflit de hanche par effet came

4.1) Introduction

Le conflit antérieur fémoro-acétabulaire (CAFA), est une cause reconnue de douleur et de limitation des mobilités de hanche chez le sujet jeune et sportif [69, 81]. Il occasionne à long terme une coxarthrose dont les taux varient en fonction des études [3, 21, 63, 64, 82]. Une des étiologies du conflit par effet came est la séquelle d'une épiphysiolyse fémorale supérieure [19, 24, 83] qui, du fait de la bascule vers le bas et l'arrière de la tête fémorale par rapport au col, entraîne une diminution des offset-ratio antérieur et supérieur favorisant un contact précoce entre le cotyle et la face antérieure du col à l'origine de lésions osseuses, labrales ou cartilagineuses [84-86] (Figure 20).

Hanche normale



CAFA par effet came



Figure 20 : a) Mobilités de hanche normale. b) Mobilités de hanche limitées en flexion rotation interne du fait de la présence d'une bosse osseuse à la jonction cervico céphalique faisant conflit avec la face antérieure du cotyle.

Les autres étiologies sont rares (Legg-Perthes-Calvé [87], fracture du col du fémur [88]...) et dans une majorité de cas son origine reste méconnue, on parle alors de conflit primaire [89].

Plusieurs études rapportent le taux d'évolution d'une EFS (traitée ou non) vers le CAFA par effet came [25, 90, 91]. A notre connaissance, aucune n'étudie la proportion de séquelles d'épiphysiolyse chez les patients présentant un conflit de hanche par effet came. Notre hypothèse était qu'une proportion importante de patients souffrant d'un CAFA par effet came présentait une déformation à type d'épiphysiolyse. L'objectif de notre travail était de quantifier cette proportion à l'aide de la mesure de l'ICCP et de la comparer à un groupe témoin.

4.2) Matériel et Méthodes

Nous avons réalisé une étude cas-témoin des patients opérés d'un CAFA par effet came dans le même centre (CHU Toulouse Rangueil) entre juillet 2005 et mai 2011. Nous avons inclus tous les cas, soit 96 hanches correspondant à 75 patients. Ils ont bénéficié d'une levée du conflit grâce à une ostéoplastie cervicale par voie d'abord minimale invasive antéro latérale type Rottinger [69, 92, 93]. Les patients ont tous réalisé le même bilan radiographique la veille de l'intervention dans le même service de radiologie et ne présentaient pas d'antécédent au niveau de leur hanche.

Le groupe témoin, comprenant 54 sujets sains (soit 108 hanches) provenant de patients admis aux urgences en 2011, sans antécédent pathologique de l'articulation coxo-fémorale, ayant présenté un traumatisme du bassin post traumatique (sans suspicion de fracture du col) et dont la radiographie de profil était réalisée de manière systématique.

Le diagnostic de conflit était posé à partir de critères cliniques (douleurs de hanches avec diminution des amplitudes articulaires prédominant en flexion et rotation interne) et radiographiques (mesure de l'angle alpha supérieur à 55° [62], diminution de l'offset antérieur avec présence d'un bump radiographique [94]) ; (Figure 21).



Figure 21 : Radiographie en Frog Leg (45°/45°/30°) permettant de démasquer un conflit de hanche bilatéral par effet came chez un homme de 36 ans plus important à droite avec une déformation à type d'épiphyse bilatérale (ICCP 16% à droite et 11% à gauche).

Le bilan radiographique comportait une radiographie de bassin de face et de profil spécifique tel que défini précédemment. Une analyse des critères de qualité radiographique était réalisée afin de diminuer les biais de mesure (cf. première partie).

4.2.1) Méthode d'évaluation

Une analyse radiographique numérisée de chaque hanche était réalisée à l'aide du module d'imagerie Pictin™ (Aria Sarl, Houdain, France). Ce module permet, à l'aide du placement de sept points sur le profil, de recueillir les mesures souhaitées (ICCP et angle alpha). Celles-ci étaient ensuite sauvegardées, au même titre que les données préopératoires personnelles (âge, sexe, indice de masse corporelle (IMC), antécédents médico-chirurgicaux), dans une fiche patient sur le logiciel OrthoWave™ Software (www.orthowave.net, Aria Sarl, Houdain, France). L'analyse était effectuée par trois examinateurs indépendants (M.J., E.A., X.B-I.) et la moyenne de ces mesures était retenue.

Le critère de jugement principal était la mesure de l'ICCP [95].

La mesure de l'angle alpha [62] et la classification du stade d'arthrose selon Tönnis D.[75] étaient également enregistrées.

4.2.2) Angle alpha

L'angle α [62] est une mesure permettant d'estimer la zone de perte de sphéricité de la tête fémorale au niveau de sa face antérieure, et par là même mettre en évidence un éventuel effet came, au moyen d'une mesure angulaire initialement réalisée sur des coupes axiales d'IRM.

L'angle α , qui a pour sommet le centre de la tête fémorale, est déterminé par deux lignes : l'une part du centre de la tête fémorale et passe par le milieu du col fémoral au niveau de sa partie la plus distale, l'autre part du centre céphalique et passe par le point au niveau duquel la tête perd sa sphéricité (Figure 22).

La mesure de cet angle sur des radiographies standards dans diverses incidences de profil (dont le Frog Leg ($45^\circ/45^\circ/30^\circ$) [68]) a par la suite été validée par plusieurs travaux [13, 96, 97]. On comprend aisément que l'angle alpha serve au diagnostic de conflit de hanche par effet came et non pas à la recherche étiologique de celui-ci.

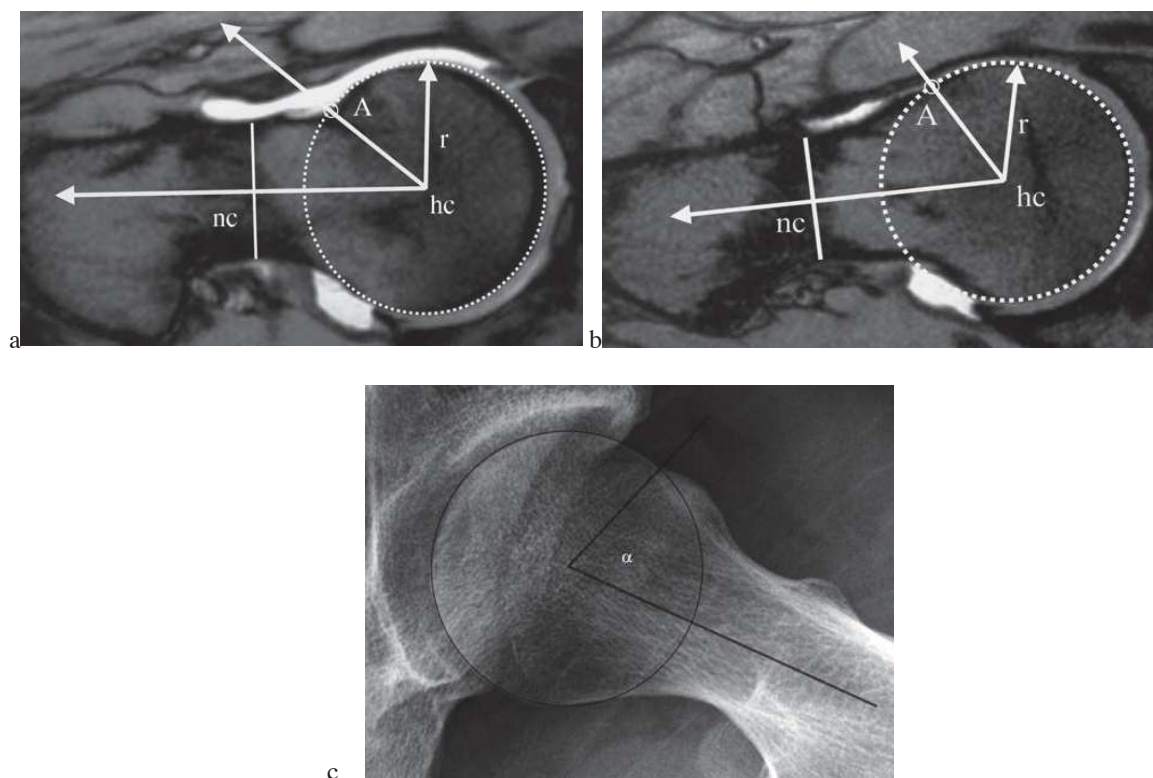


Figure 22 : Mesure de l'angle alpha selon Notzli et al. sur des coupes axiales d'IRM et radiographique (Frog-Leg).

- a) Hanche saine avec un angle alpha inférieur à 55°
- b) Hanche pathologique avec un angle alpha à 65°
- c) Hanche pathologique sur un profil de hanche strict avec un angle alpha mesuré à 70° .

4.2.3) Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées avec les logiciels Microsoft Excel[®] 2007 et MedCalc[®] Version 11.6.1.0, Copyright © 1993-2011 MedCalc Software bvba. Les valeurs ont été exprimées par leur moyenne, leurs valeurs minimales et maximales et leur intervalle de confiance à 95% de la moyenne (IC 95%) ; les valeurs normales ont été estimées par le calcul des limites de l'intervalle de référence à 95%, en accord avec les recommandations du Clinical and Laboratory Standards Institute (CLCI), Guidelines C28-A3.

Pour la comparaison des moyennes, le choix du test statistique dépendait de l'importance de l'échantillon (N) et de la distribution de la variable à étudier. Le test de D'Agostino-Pearson a été utilisé pour vérifier la normalité des distributions. Lorsque N était inférieur à 30 ou si la distribution de la variable n'adhérait pas à la loi normale, les échantillons indépendants et appariés étaient analysés respectivement avec le test de Mann-Whitney et celui de Wilcoxon signé. Pour $N > 30$ avec une distribution normale, les échantillons indépendants et appariés étaient analysés respectivement avec les tests t de Student pour échantillons indépendants et pour échantillons appariés. L'association entre variables qualitatives a été déterminée par le test Chi2. Une valeur de p inférieure ou égale à 0.05 était considérée comme statistiquement significative.

Les reproductibilités inter-observateur et intra-observateur ont été déterminées par le calcul du coefficient de corrélation intra-classe pour les variables quantitatives et par le coefficient Kappa de Fleiss pour les variables qualitatives [98].

4.3) Résultats

Les deux groupes étaient comparables en ce qui concerne l'âge moyen : 36,5 ans (24,3 – 53,9) pour le groupe témoin contre 38 ans (15,4 – 63,5) ($p > 0,05$) pour le groupe conflit ainsi que le sex ratio très en faveur des hommes dans les deux groupes : 5H/F dans le groupe conflit contre 4.3H/F dans le groupe témoin.

La valeur de l'ICCP moyen dans le groupe conflit était de 7,6% (16,7% à -2%) ; (IC 95% : 8,3%-6,9%) contre 3,2% dans le groupe témoin (10,8% à -3%) (IC95% : 4,1%-2,4%) avec une différence significative ($p < 0,0001$). Sur les 96 hanches du groupe CAFA, 42 avaient un index supérieur à 9% (soit 43,7%) contre 6 (soit 5,5%) dans le groupe témoin ($p < 0,0001$). Le sous groupe ayant un index $> 9\%$

était principalement masculin (35 hommes vs 6 femmes soit un sex ratio de 5:1) et avait un âge moyen de 43,6 ans (28-63) ; (Tableau 4).

La valeur de l'angle alpha moyen dans le groupe conflit était de 73,9° (96,2° - 53,4°) ; (IC 95% : 72,02°-75,81°) contre 48,2° (65° - 37°) ; (IC 95% : 46,48°-49,96°) avec une différence significative ($p < 0,0001$).

La reproductibilité inter-observateur de cette mesure était excellente (CCI=0,770 ; IC 95% : 0,843-0,668) de même que la reproductibilité intra-observateur (CCI=0,910 ; IC 95% : 0,946-0,840).

L'arthrose, quantifiée selon la classification de Tönnis, était en moyenne de 1 (0-3) dans le groupe conflit contre 0 (0-1) dans le groupe témoin avec une reproductibilité inter-observateur modérée (CCI=0,571 ; IC 95% : 0,651-0,492) et intra-observateur bonne (CCI=0,774 ; IC 95% : 0,853-0,694).

	Groupe CAFA 96 hanches	Groupe Témoin 108 hanches	p
Age (années)	38 (15.4 – 63.5)	36.5 (24.3 – 53.9)	p = 0.13
Sex ratio H/F	5/1	4.3/1	p = 0.10
Valeur ICCP	7.6% (16.7% to -2%) ----- 95% CI : 8.3%-6.9%	3.2% (10.8% to -3%) ----- 95% CI: 4.1%-2.4%	p < 0.0001
Angle Alpha	73.9° (96.2° - 53.4°) ----- 95% CI: 72.02°-75.81°	48.2° (65° - 37°) ----- 95% CI: 46.48°-49.96°	p < 0.0001
Stade d'arthrose (Tönnis)	1 (0-3)	0 (0-1)	p < 0.0001

ICCP = index cervico céphalique de profil

Tableau 4: Comparaison des données des groupes CAFA et témoin.

4.4) Discussion

L'objectif de ce travail était de quantifier la proportion de conflits de hanche par effet came présentant une déformation à type d'épiphysiolyse. Nous avons pu montrer que cette proportion s'élève à 43,7% dans le groupe conflit de hanche contre 5,5 % dans le groupe témoin.

Les points forts de ce travail sont le caractère multi observateur avec la réalisation de corrélations inter et intra observateur validant la qualité des

mesures ainsi que le caractère mono-centrique assurant une reproductibilité dans la réalisation de ce cliché radiographique effectué en routine par la même équipe. De plus la présence d'un groupe témoin améliore le niveau de preuve (Figures 23 et 24). L'épiphyse fémorale supérieure est une pathologie rare de l'adolescence qui peut évoluer vers un conflit de hanche à moyen terme et une coxarthrose à long terme [23, 33, 99]. Ce conflit est d'autant plus fréquent que la bascule initiale est importante ou que la fixation de l'EFS est réalisée en position non anatomique [38, 83]. De nombreuses études rapportent les taux d'évolution vers un conflit de hanche à distance de la prise en charge d'une EFS [23, 24, 32, 100, 101]. En revanche, aucune étude, à notre connaissance, ne s'est intéressée à la proportion de séquelles d'épiphyse dans la population présentant un conflit de hanche.

Cette étude a le mérite de soulever la question des épiphyse subcliniques [12] pouvant passer inaperçues durant l'enfance. Cette pathologie décrite comme rare chez l'enfant semble être une cause fréquente de coxopathie chez l'adulte [12, 57] puisqu'elle représente près de la moitié des conflits de hanche par effet came dans notre étude (43,7%). Ces résultats supportent le fait qu'une partie des EFS passe inaperçue durant l'enfance.

Nos résultats sont également en accord avec la littérature concernant la présence d'un effet came radiographique [102, 103] chez des patients asymptomatiques et actifs (5,5% dans le groupe témoin) et dont l'évolution vers une coxopathie n'est pas toujours effective [104] (10 à 24 % de conflits par effet came radiographiques dans la population générale asymptomatique [105, 106]). Il n'était toutefois pas possible d'évaluer cette évolution dans notre étude car elle aurait nécessité un suivi au long cours de ces patients. Bien que de nombreux indices radiographiques permettent de diagnostiquer ou quantifier le conflit de hanche [3, 25, 56, 62, 102, 107-109] ils n'orientent pas l'étiologie de celui-ci contrairement à l'ICCP.

Le conflit de hanche concerne majoritairement les hommes [107], tous les travaux évaluant les séquelles d'épiphyse font état d'un sex ratio nettement en faveur des hommes quel que soit le critère de jugement utilisé (pistol grip, fémoral head ratio, analyse cadavérique) allant de 1,3 H / 1 F à 14H / 1F [19, 72, 84, 89, 110]. Notre série se situe dans la fourchette moyenne avec un sex-ratio de 5H/1F, ce qui est toutefois supérieur aux taux rapportés par les séries pédiatriques d'épiphyse (1,65H / 1F [28]). Cette valeur pourrait s'expliquer par le poids moyen plus important chez l'homme et l'activité sportive durant l'adolescence qui concerne majoritairement les garçons.

Les diverses études pédiatriques évaluant au long terme la fixation en position non anatomique de l'épiphyse fémorale dans les EFS déplacées mettent en évidence l'évolution vers une déformation « type came » du fémur proximal et

une arthrose précoce (d'autant plus que le déplacement initial était important) [25, 58, 111]. D'où l'évolution des pratiques dans certaines équipes qui préconisent une réduction anatomique des épiphysiolyse fémorales supérieures (ostéotomie de Dunn modifiée par exemple [112]) ou une correction précoce du « bump » radiographique [113-115] afin de prévenir l'évolution dégénérative. Ce geste est toutefois à mettre en balance avec les risques post-opératoires d'ostéonécrose de la tête fémorale [116-118]. Ainsi, nous avons pu mettre en évidence que presque la moitié des sujets opérés d'un conflit de hanche par effet came avaient une translation postérieure de la tête fémorale excessive. Les séquelles d'épiphysiolyse semblent donc être plus fréquentes que décrites dans la littérature.

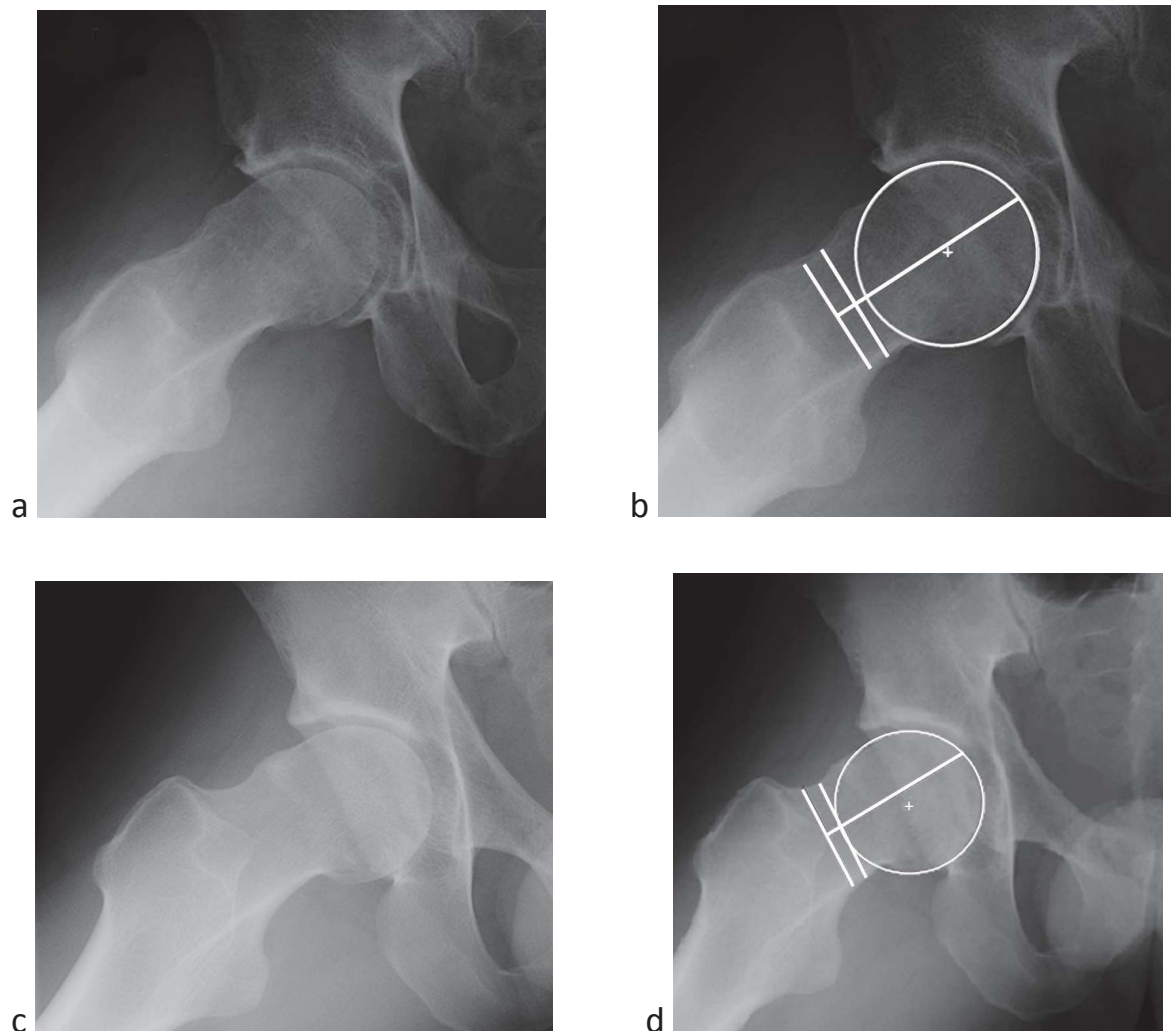


Figure 23 : *a,b*) Radiographie de hanche droite (Frog-Leg) : conflit de hanche par effet came avec ICCP mesuré à 4 %.
c,d) Radiographie de hanche droite (Frog-Leg) : conflit de hanche par effet came avec ICCP mesuré à 16 %.



Figure 24 : Déformation à type d'épiphysiolyse de la hanche droite chez ce patient de 43 ans présentant un conflit antérieur de hanche clinique et radiographique par effet came avec une coxarthrose débutante. L' ICCP est mesuré à 15%.

Fréquence des déformations à type d'épiphyse dans la coxarthrose au stade de prothèse

5.1) Introduction :

L'ICCP permet de mettre en évidence une déformation à type d'épiphyse (Cf. première partie), nous avons utilisé cet index afin de déterminer la fréquence d'une telle déformation chez l'adulte présentant une coxarthrose au stade de prothèse. Notre hypothèse était que cette proportion était supérieure aux données récentes de la littérature (entre 6% [2, 63, 64] et 15% [5]).

5.2) Matériel et méthode :

5.2.1) Patients

Nous avons réalisé une étude épidémiologique, radiographique, continue, analysant les prothèses de hanche réalisées entre janvier 2010 et mai 2012 (soit 368 arthroplasties) dans le même centre (CHU Toulouse Rangueil). Nous avons éliminé les étiologies non arthrosiques (traumatologie, ostéonécrose, arthrite septique ou inflammatoire, tumorale) soit 154 hanches. Nous avons ainsi pu étudier 201 patients (214 hanches) dont le dossier était complet opérés d'une arthroplastie de hanche (prothèse totale de hanche ou resurfaçage) pour coxarthrose. Le bilan radiographique comportait une radiographie de bassin de face en charge et un profil spécifique tel que défini précédemment. De même, les radiographies ne satisfaisant pas aux critères de qualité (Cf. première partie) étaient exclues (soit 28 hanches).

Au total, sur les 214 hanches analysées, 186 (soit 178 patients) ont été intégrées dans l'étude (155 PTH et 31 resurfaçages) et 28 exclues soit 13% (Tableau 5).

Etiologie	Nombre
- Post traumatique	71
- Ostéonécrose	64
- Radio de mauvaise qualité	28
- Arthrite rhumatismale	14
- Tumeur	3
- Arthrite infectieuse	2
Total	182

Tableau 5 : *Etiologies des patients exclus de l'étude.*

5.2.2) Critères diagnostics :

L'analyse radiographique était complète (coxométrie de face et profil) à l'aide du module d'imagerie PictIn® (Aria Sarl, Houdain, France) et permettait le diagnostic des principales étiologies des coxarthroses secondaires:

- La dysplasie de hanche était diagnostiquée à l'aide des mesures des angles fondamentaux (VCE 25° – 45°, HTE<13° et CC'D 125°-135°) [119-121] et le respect ou non de la ligne de Shenton [122] (figure 25).
- La maladie protrusive était diagnostiquée en cas de coxa profunda (l'arrière fond cotyloïdien dépasse la ligne ilio-ischiatique) ou de protrusion acétabulaire (la tête fémorale dépasse la ligne ilio-ischiatique [16]).
- Les diagnostics plus rares étaient regroupés dans une même catégorie (maladie de Paget, pathologie labrale, ostéopétrose..).
- Une déformation à type d'épiphysiolyse (nommée « épiphysiolyse » dans ce travail) était retenue en cas d'ICCP supérieur à 9%.
- Le diagnostic d'arthrose primitive était attribué dès lors qu'aucune de ces étiologies n'était retrouvée.

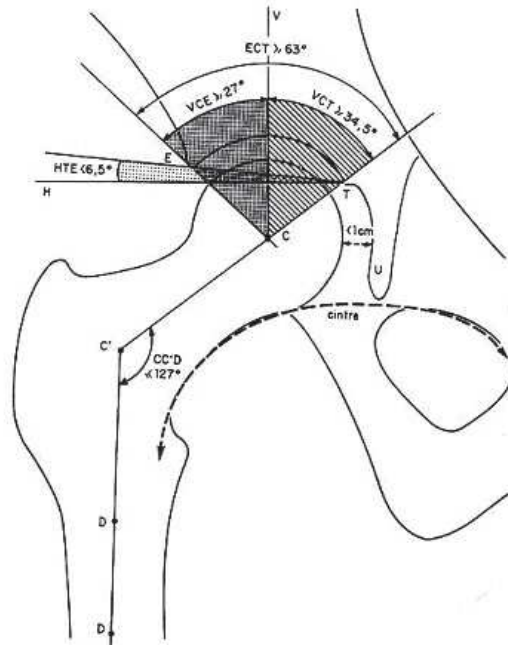


Figure 25 : Représentation schématique des angles fondamentaux permettant de diagnostiquer une dysplasie de hanche (Ficat « coxarthroses post dysplasiques ». Cahiers d'enseignements de la Sofcot.1980).

5.2.3) Analyse radiographique:

L'analyse radiographique était réalisée sur une radio de bassin de face et de profil de hanche (45°/45°/30°). Elle consistait au placement de 7 points sur le profil et 20 sur la face après étalonnage de l'image à l'aide d'un référentiel inclus dans l'image radiographique. Lors de notre étude, le référentiel était une tête de prothèse de hanche dont le diamètre était connu à l'avance, et constant (28 mm), placée entre les cuisses du patient lors de la réalisation du cliché. En cas de présence d'une prothèse totale de hanche contro-latérale, le référentiel pris pouvait être la tête fémorale de la prothèse à condition d'en connaître la dimension (compte rendu opératoire).

Le placement des points permettait de recueillir 29 mesures angulaires ou métriques sur la face et 4 sur le profil qui étaient automatiquement intégrées à la fiche patient sur le site Orthowave® (www.orthowave.net).

Il est à noter que les mesures de l'angle alpha et la recherche du « pistol grip » faisaient également partie des mesures de cette étude.

L'analyse radiographique était effectuée par un seul examinateur.

5.2.4) Statistiques

Les mesures des différences statistiques ont été réalisées à l'aide du test t de Student ou celui de Wilcoxon en fonction de la normalité des distributions (test de Shapiro-Wilk). Le seuil de significativité était de 5 %. Le logiciel Excel (Microsoft, Redmond, Washington, États-Unis) a permis de réaliser ces analyses statistiques, complété par le logiciel XLSTAT 2012 (Addinsoft, Paris, France).

5.3) Résultats:

La série globale (186 hanches) présentait un âge moyen de 61,53 ans +/- 14,38 (26-91 ans) avec un sex ratio légèrement masculin (1,27/1). L'Index de Masse Corporelle (IMC) moyen était de 25,91 kg/m² +/- 4,22 (17,3-50,15), 21 sujets étaient classés comme obèses (IMC > 30 kg/m²). Le « pistol grip » était retrouvé chez 43 patients (soit 23% de l'effectif). L'ICCP moyen était retrouvé à 7,8% (0% à 24%), et l'angle alpha moyen était de 59,6° +/- 14,7° (33°-111°). L'arthrose était considérée comme primitive pour 51 patients (27,4%), elle était secondaire à une dysplasie de hanche pour 42 (22,5%), à une maladie protrusive pour 38 (20,5%) ou à une autre pathologie pour 9 (4,9%). Il y avait 46 patients (24,7%) qui présentaient une déformation à type d'épiphysiolyse (soit un ICCP > 9%). Cette « pathologie » représentait la première étiologie de coxarthrose des patients de moins de 60 ans (30 sur 84 soit 35,7%) ; (Figures 26 et 27).

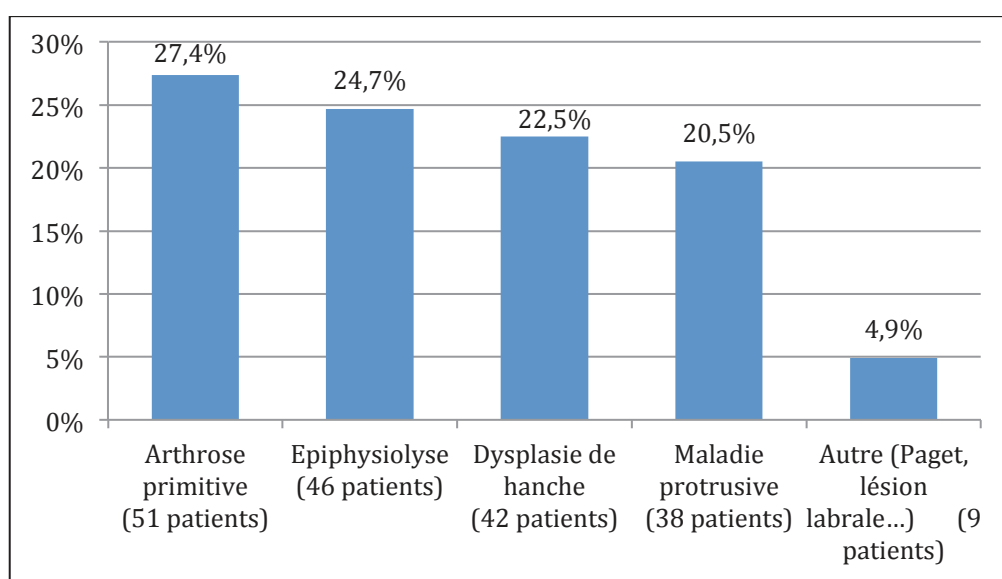


Figure 26 : Étiologies de la coxarthrose dans la série globale (186 hanches).

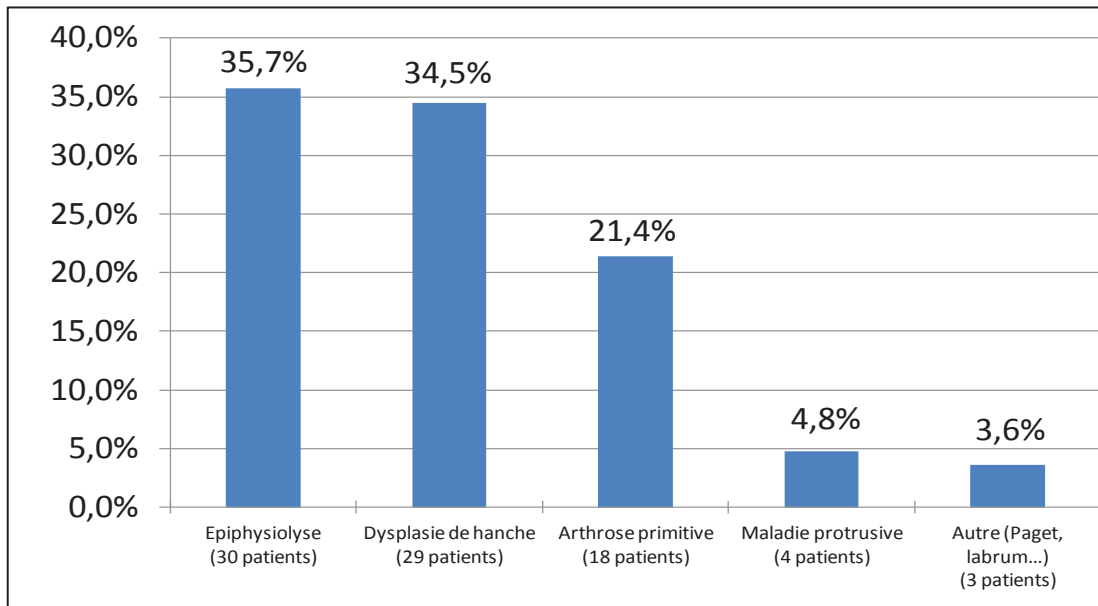


Figure 27 : Étiologies de la coxarthrose chez les sujets de moins de 60 ans (84 patients).

L'analyse en fonction des tranches d'âge révélait que l'épiphysiolyse était également la première cause d'arthrose entre 40 et 50 ans (14 sur 33 soit 42%) et entre 50 et 60 ans (14 sur 43 soit 32%). Cette proportion diminuait aux âges extrêmes de la vie.

On peut également remarquer que chez le sujet jeune la première étiologie de coxarthrose était la dysplasie de hanche et pour le sujet âgé de plus de 60 ans, il s'agissait des formes primitives (32,4%) ou protrusives (33,3%) (Figure 28 et 29, Tableau 6).

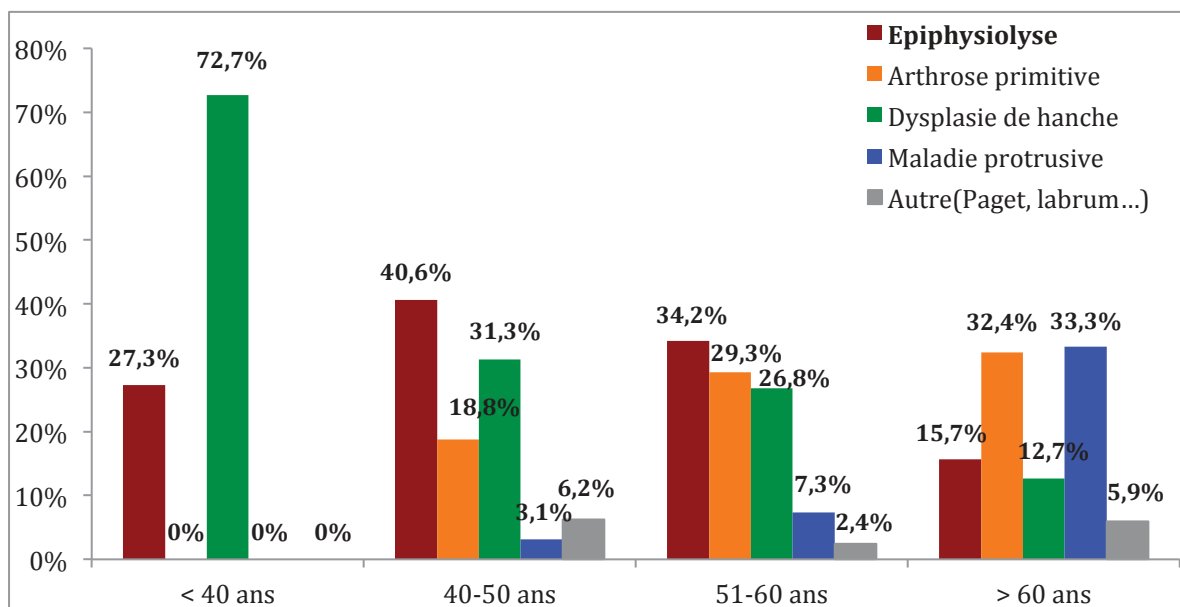


Figure 28 : Répartition des étiologies de la coxarthrose en fonction des tranches d'âge.

	< 40 ans (11 hanches)	40 - 50 ans (32)	51-60 ans (41)	> 60 ans (102)	total 186 hanches
Épiphyseolyse	27,3 % (3)	40,6 % (13)	34,2 % (14)	15,7 % (16)	46
Arthrose primitive	0	18,8 % (6)	29,3 % (12)	32,4 % (33)	51
Dysplasie de hanche	72,7 % (8)	31,3 % (10)	26,8 % (11)	12,7 % (13)	42
Maladie protrusive	0	3,1 % (1)	7,3 % (3)	33,3 % (34)	38
Autre	0	6,2 % (2)	2,4 % (1)	5,9 % (6)	9

Tableau 6 : Répartition des étiologies de coxarthrose en fonction de l'âge.

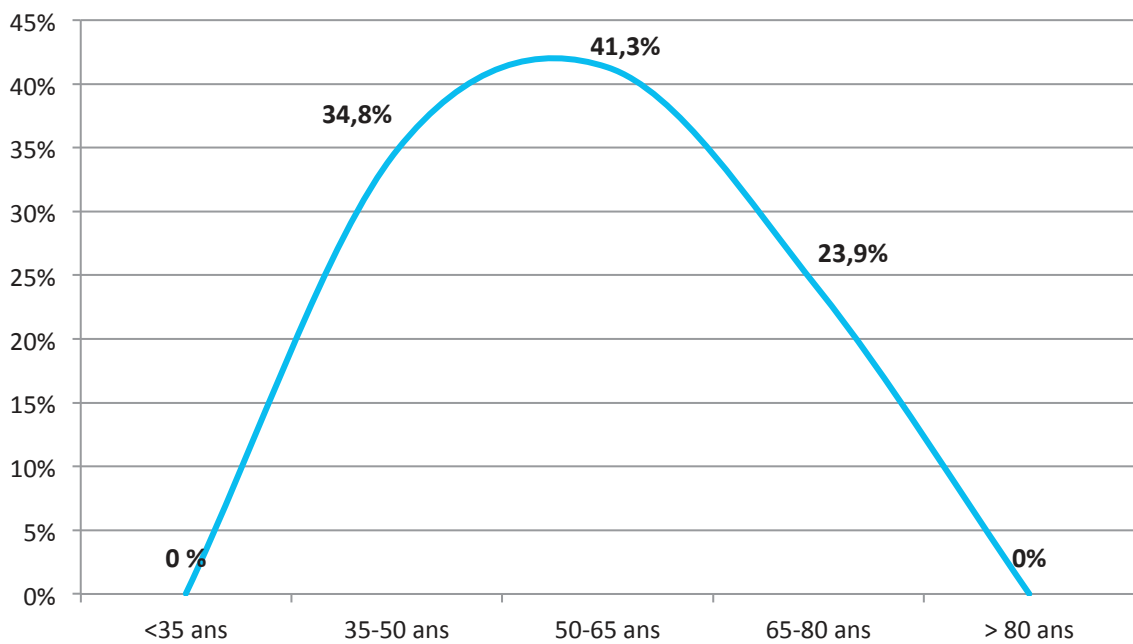


Figure 29 : Courbe représentant la proportion de séquelles d'épiphyseolyse en fonction des tranches d'âge.

Le groupe épiphysiolyse avait 56,23 ans +/-12,46 (26-80 ans) d'âge moyen, sa population était principalement masculine (sex ratio : 7,3/1) et l'IMC moyen était de 27,1 kg/m² +/-3,5 (18,25-35,4). L'ICCP moyen était de 13% (9% - 24%) et la présence d'un pistol grip était retrouvée dans 36 cas sur 46 (soit 78%). L'angle alpha moyen était de 76,7° +/- 11,92 (44-111).

La comparaison de cet effectif avec le groupe arthrose primitive relevait plusieurs différences :

- L'âge moyen de pose de prothèse dans le groupe épiphysiolyse était d'environ 10 ans plus jeune que celui du groupe arthrose primitive qui était de 66,6 ans +/-12,66 (54-91) (p<0,0001).

- La prédominance masculine était moins importante dans le groupe arthrose primitive (sex ratio : 1,13/1).

- L'IMC moyen (27,1 kg/m² vs 25,81 kg/m² ; p=0,11) et l'angle alpha moyen (76,7° vs 56,7° ; p < 0,001) étaient supérieurs dans le groupe épiphysiolyse.

- La grande majorité des mesures de l'angle alpha était supérieure à 55° dans le groupe épiphysiolyse (91%) contre 43% pour le groupe arthrose primitive.

- Le pistol grip était plus fréquent dans le groupe épiphysiolyse (78% vs 6%). Cependant 22% des hanches présentant une épiphysiolyse n'avaient pas cette déformation (Tableau 7)

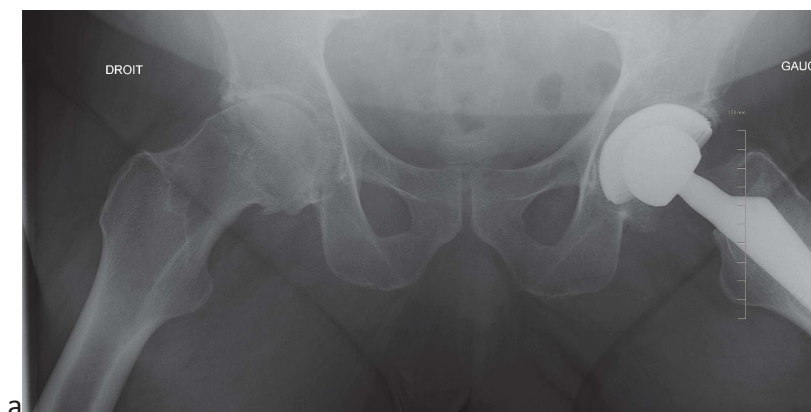
	Groupe arthrose primitive (51 hanches)	Groupe épiphysiolyse (46 hanches)	Groupe dysplasie de hanche (42 hanches)	Groupe maladie protrusive (38 hanches)	Groupe Autre (9 hanches)	Effectif complet
Age moyen (années)	66,60 +/- 12,66 (54-91)	56,23 +/- 12,46 (26-80) (a)	52,8 +/- 14,23 (26-87) (a)	70,1 +/- 10,04 (90-41) (NS)	64,3 +/- 14,51 (41-80) (NS)	61,53 +/- 14,38 (26-91)
Sexe ratio	1,13 H / 1 F	7,3 H / 1 F (a)	0,72 H / 1 F (NS)	0,74 H / 1 F (NS)	0,5 H / 1 F (a)	1,27 H / 1 F
Indice de masse corporelle (IMC)	25,81 kg/m ² +/- 4,55 (19,28-35,4)	27,1 kg/m ² +/- 3,5 (18,25-35,4) (NS)	24,83 kg/m ² +/- 3,84 (17,3-31) (NS)	25,8 kg/m ² +/- 4,2 (19,26-50,15) (NS)	26,3 kg/m ² +/- 3,3 (23-33,1) (NS)	25,91 kg/m ² +/- 4,22 (17,3-50,15)
Pistol grip	6%	78% (a)	2% (NS)	8% (NS)	0% (a)	23%
ICCP	4,3% (0%-8%)	13% (9%-24%) (a)	6,3 % (0%-11%) (NS)	7,7% (0%-14%) (NS)	5,5% (0%-8%) (NS)	7,8 % (0-24)
Angle alpha	56,7° +/- 14,31° (36°-89°)	76,7° +/- 11,92° (44°-111°) (a)	51,7° +/- 8,9° (35°-76°) (NS)	53,9° +/- 9,7° (74°-37°) (NS)	50,2° +/- 12,6° (74°-33°) (NS)	59,6° +/- 14,7 (33-111)

(a) = différence significative ; (NS) = différence non significative

Tableau 7 : Tableau récapitulatif comparant les données radio cliniques du groupe arthrose primitive avec les différentes étiologies. La comparaison statistique est rapportée au groupe arthrose primitive.

5.4) Exemples de déformations à type d'épiphysiolyse :

- a) Homme de 54 ans. Radiographie de bassin (Frog Leg). Coxarthrose à droite, déformation à type d'épiphysiolyse (ICCP mesuré à 16%)

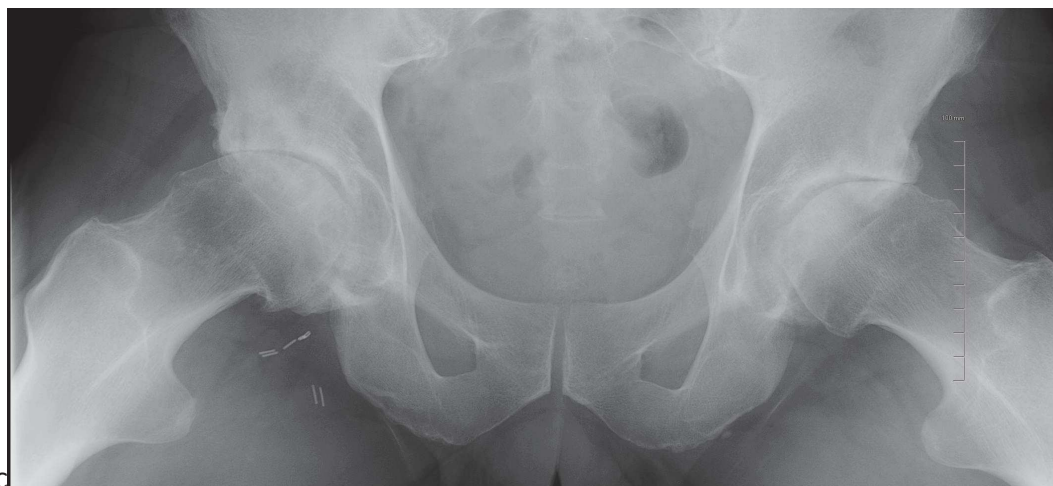


a

- b) Homme de 47 ans, conflit de hanche bilatéral par effet came, déformation à type d'épiphyse à droite (ICCP à 12%)



- c) Homme de 62 ans : Radiographie de bassin (Frog – Leg). Coxarthrose bilatérale prédominant à droite avec déformation à type d'épiphyse à droite (ICCP à 10%) à droite. A gauche, l'ICCP est dans les limites de la normale (5%).



5.5) Discussion

Le but de cette étude était de déterminer la fréquence des déformations à type d'épiphyse chez l'adulte présentant une coxarthrose au stade d'arthroplastie à l'aide d'un nouvel outil diagnostique (L'ICCP). Cette étude nous a permis d'établir que l'on sous-estime probablement cette pathologie puisqu'elle était la première cause de coxarthrose chez le sujet jeune (< 60 ans, 35,7%) et la deuxième si l'on inclut toutes les tranches d'âge (24,7 %).

Le caractère monocentrique de cette étude permet de diminuer les biais d'examen (toutes les radiographies étaient effectuées dans le même service selon le même protocole et interprétées par un même opérateur à l'aide d'un logiciel informatique). Le nombre de patients exclus est assez important en comparaison de l'effectif total (28 sur 214 soit 13%). Cette valeur, qui reste acceptable, est liée à un souci d'optimisation des mesures et des résultats en excluant les radiographies ne rentrant pas dans les critères de qualité stricts que nous avons appliqués. Ces radiographies étaient exclues, avant analyse, n'interférant pas sur la validité de ce travail. Enfin, l'analyse mono-observateur comporte un biais de subjectivité mais diminue ceux d'interprétations.

Les études épidémiologiques sur l'étiologie de la coxarthrose retiennent des chiffres très variables en fonction des critères diagnostics choisis. Le registre norvégien (53698 patients) retrouvait seulement 6% d'épiphyse chez les patients de moins de 60 ans mais avec un bilan radiographique de face uniquement [2]. Lequesne et al. [123] sur 200 patients souffrant de coxarthrose notaient que 15% d'entre eux présentaient une anomalie morphologique secondaire à une épiphyse en se basant uniquement sur une radiographie de face à la recherche d'un caput varum. Solomon [7] au moyen d'une étude radio-anatomique de 327 patients, montrait que 59 des 189 patients ayant une coxarthrose (35,4%) présentaient des séquelles d'épiphyse ou avaient un antécédent d'épiphyse avéré. Murray [6], qui analysait le « femoral head ratio » de 200 patients, retrouvait 39,5% de « tilt deformity » à l'aide d'une analyse radiographique de face. Toutefois, du fait du manque de reproductibilité et de précision du femoral head ratio [9] ce résultat est assez critiquable.

Dans une étude récente, Clohisy et al. [63] étudiaient les radiographies de 337 patients de moins de 50 ans qui bénéficiaient d'une PTH pour coxarthrose. Ils retrouvaient seulement 6,2% de séquelles d'épiphyse (critères de jugement non décrits) contre 35,9% de coxarthrose primitive et 48,4% de maladie luxante de hanche. Si on compare ces valeurs avec celles de notre série des sujets de moins de 50 ans (regroupant les groupes < 40 ans et 40-50

ans) nous présentons des chiffres légèrement inférieurs concernant la proportion de dysplasie de hanche (42%) mais supérieurs pour l'épiphyse (37%), ce qui diminue la part de coxarthrose primitive (14%). Celle-ci est certainement une entité mineure surestimée comme le suggèrent de nombreux auteurs [3, 6, 7, 124-127]. La proportion de coxarthroses dites primitives a diminué au cours des dernières années en rapport avec une meilleure compréhension des mécanismes physiopathologiques et grâce à une amélioration des moyens diagnostics. Ce qui est le cas de notre série (27,4% tous âges confondus) avec des chiffres inférieurs à la fourchette de 36 à 84% observée dans la littérature [1, 3, 124].

Nous retiendrons également la répartition de l'effectif présentant une déformation à type d'épiphyse dans ce travail. En effet celle-ci suit une courbe en forme de cloche avec comme message principal que cette déformation occasionne de l'arthrose chez le sujet d'âge moyen (40 – 60 ans) et diminue fortement dans les autres tranches d'âge. Les sujets de plus de 60 ans présentent une coxarthrose principalement primitive ou secondaire à une maladie protrusive contrairement aux sujets jeunes pour lesquels la dysplasie de hanche est la principale étiologie comme le confirme l'étude de Engesaeter et al. [128]. De plus, notre étude va dans le sens de Goodman et al. [12] car elle prouve que les déformations à type d'épiphyse ne sont pas secondaires à la dégénérescence articulaire mais bien contemporaines de celle-ci ; en effet, l'ICCP moyen des patients âgés (> 60 ans) est inférieur à celui de la population jeune.

➤ Sex ratio :

Tous les travaux évaluant les séquelles d'épiphyse font état d'un sex ratio nettement en faveur des hommes quel que soit le critère de jugement utilisé (pistol grip, fémoral head ratio, analyse cadavérique) allant de 1,3/1 pour Goodman et al. [12] à 14/1 pour Solomon [7] ou l'étiologie (conflit de hanche ou coxarthrose [129, 130]). Notre série se situe dans la fourchette moyenne avec un sex-ratio de 7,3/1, ce qui est supérieur aux taux rapportés par les séries de chirurgie pédiatrique (1,65/1 [28] et 1,9/1 [131]).

Cette déformation concerne également majoritairement les sujets de sexe masculin dans les séries évaluant les sujets asymptomatiques [107].

➤ Pistol Grip :

Nous estimons que la détection de la déformation en crosse de pistolet sous estime une déformation séquellaire d'une épiphysiolyse puisque seulement 78% des patients du groupe épiphysiolyse présentaient cette déformation soit beaucoup moins que les 95% évoqués par Gosvig et al. [3].

Il est intéressant de noter que nous retrouvons un chiffre assez similaire à celui de la première partie qui rapportait que 20% des patients n'ayant pas d'anomalie sur la face présentaient un index pathologique (contre 22% ici).

➤ L'indice de masse corporelle :

L'indice de masse corporelle moyen des sujets du groupe épiphysiolyse (27,1 kg/m²) est légèrement supérieur à celui du groupe coxarthrose quelle que soit l'étiologie (25,91 kg/m²) suggérant comme d'autres auteurs que l'épiphysiolyse a un lien avec le surpoids des patients, majorant les contraintes exercées sur le cartilage de croissance [41]. Ces contraintes peuvent également être en rapport avec un surentrainement sportif [81, 132]. On peut par ailleurs remarquer que l'IMC moyen de la série globale (178 patients) est relativement faible (25,91 kg/m²) alors qu'un lien entre coxarthrose et obésité a été démontré par plusieurs auteurs [133, 134].

6) Discussion générale

Notre étude a ainsi permis d'isoler une population présentant une anomalie morphologique de l'extrémité supérieure du fémur (ICCP > 9%) responsable d'une coxarthrose précoce (entre 40 et 60 ans) et concernant un effectif majoritairement masculin. Ces données rejoignent les résultats épidémiologiques du conflit de hanche (deuxième partie), donnant une cohérence certaine à ce travail. Elle a par ailleurs permis de diminuer la part de coxarthrose primitive et donc d'avancer dans son enquête étiologique. Par ailleurs, le fait que la dégénérescence articulaire se manifeste à partir de 40 ans pour la population la plus jeune peut expliquer le fait que certaines études pédiatriques objectivent de bons résultats dans la suite de traitement d'épiphysiolyse déplacées. Le recul de ces études devant être important afin de démasquer l'évolution dégénérative.

A la lumière de nos résultats il ne nous est cependant pas possible d'affirmer à coup sûr que cette déformation « à type d'épiphysiolyse » est une séquelle d'épiphysiolyse passée inaperçue, nous pouvons toutefois le supposer au vu

des nombreux arguments évoqués tout au long de ce travail , qu'ils soient anatomiques (corrélation avec le « pistol grip », translation postérieure de la tête fémorale) épidémiologiques (population masculine, léger surpoids, arthrose précoce) ou factuels (translation postérieure non dégénérative du fait de la répartition par âge, aspect radiographique).

S'agissant d'un sujet d'actualité, plusieurs études récentes apportent une vision nouvelle, mais pas si différente, quant à l'origine de cette déformation à l'aide de moyens d'investigations plus performants (TDM /IRM) en ciblant les sujets sportifs et en analysant la zone du cartilage de croissance de l'extrémité supérieure du fémur [135].

Siebenrock et al.[136] en 2004 ont réalisé des arthro IRM de hanche à une population jeune (24,8 ans de moyenne) présentant un CAFA qu'ils ont comparé à des IRM de hanche d'un groupe témoin sain. Ils ont ainsi démontré un lien entre une extension antéro supérieure de la ligne du cartilage de croissance (zone du conflit de hanche [137]) et une diminution de l'offset ratio supérieur dans le groupe conflit en comparaison au groupe sain avec une différence statistiquement significative (Figures 30 et 31). Cette étude a ainsi soulevé l'idée que cette déformation attribuée à une séquelle d'épiphysiolyse pouvait éventuellement être liée à une croissance asymétrique du cartilage conjugal (prédominant sur le quadrant antéro supérieur).

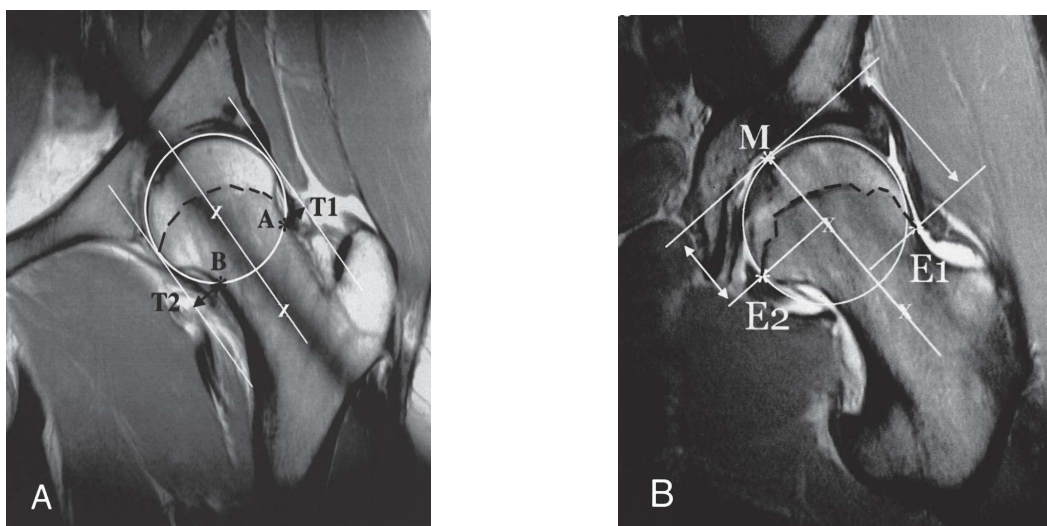


Figure 30 : IRM de hanche gauche chez un patient sain (A) et un patient présentant un conflit de hanche par effet came (B). On remarque l'extension de la ligne de cartilage (ligne noire s'étendant de E1 à E2) de croissance chez le sujet présentant une CAFA en comparaison au sujet sain.

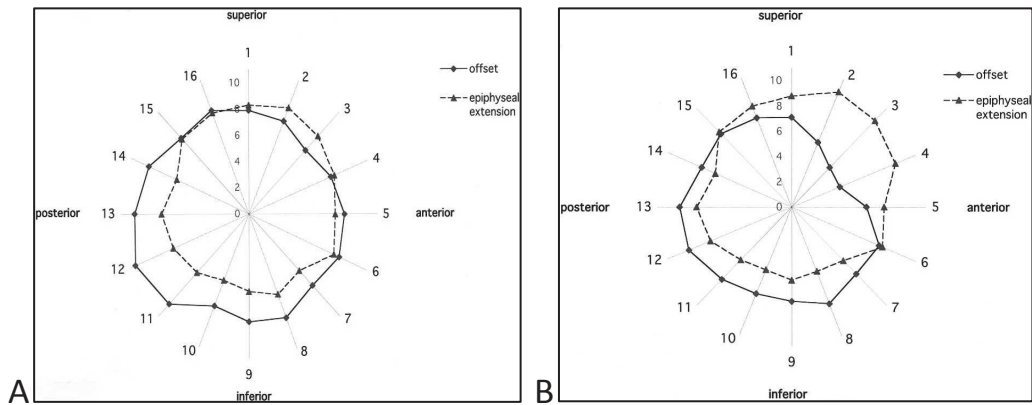


Figure 31 : Graphique démontrant l'extension antéro supérieure du cartilage de croissance dans le groupe conflit (B) en comparaison au groupe sain (A).

Dans une autre étude [132], ils ont comparé les IRM de hanche d'un groupe de jeunes sportifs (17,6 ans de moyenne) de haut niveau (basket ball) asymptomatique à un groupe de volontaires sains du même âge. Les résultats sont en faveur d'une augmentation du risque de conflit de hanche pour le groupe pratiquant le sport à haut niveau (angle alpha supérieur au groupe volontaire sain et diminution de la rotation interne de hanche). Ils confirmaient par ailleurs que la déformation avait bien lieu au niveau du cartilage de croissance [81] et qu'elle se majorait avec le temps (la déformation maximale étant effective à la fermeture du cartilage de croissance dans un groupe de hockeyeurs de haut niveau [138]). Monazzam et al. [109] grâce à une étude à l'aide de scanners de hanche confirmaient que la déformation débutait aux alentours de 10 – 12 ans. Ces travaux sont en accord avec les conclusions de Agricola et al. [139, 140] qui ont prouvé à l'aide d'une étude prospective, avec un suivi moyen de 2,4 ans, analysant les images radiographiques de sujets jeunes sportifs de haut niveau (14,3 ans de moyenne) que la déformation se produisait durant la phase de croissance et qu'elle stoppait à la fusion du cartilage conjugal, ce qui était confirmé par l'étude IRM de Carsen et al [15]. Ils ajoutaient comme explication possible que les contraintes répétées sur ce cartilage pouvaient être responsables de cette croissance asymétrique en le stimulant (faisant ainsi référence à la loi de Pauwels).

Les études convergent donc vers la même conclusion, à savoir que la déformation à type d'épiphysiolyse est acquise durant la phase de croissance de l'adolescent et qu'elle concerne essentiellement les sujets de sexe masculin pratiquant une activité sportive intensive [141, 142] (avec certainement un lien de cause à effet). Le mécanisme physiopathologique supposé serait une

stimulation du cartilage de croissance épiphysaire, au niveau du quadrant antéro supérieur, en rapport avec une hyper sollicitation de la hanche.

On peut toutefois regretter qu'aucune étude ne compare le signal IRM de patients ayant présenté une EFS avérée. Cependant, les conclusions de ces divers travaux complètent notre travail et confortent notre idée selon laquelle les patients présentant une déformation à type d'épiphysiolyse ont acquis cette déformation durant l'adolescence, certainement en rapport avec une hyper activité sportive, que cette déformation siège au niveau du cartilage de croissance et qu'elle a pour conséquence d'être à l'origine d'un conflit par effet came et/ou d'une coxarthrose précoce. Ces données remplissent toutes les conditions pour parler de séquelle d'épiphysiolyse.

7) Conclusion

Notre étude a ainsi permis d'individualiser une population présentant une anomalie morphologique de l'articulation coxo-fémorale, orientant vers une séquelle d'épiphysiolyse (translation postérieure de l'épiphyse fémorale supérieure), qui est retrouvée dans 43,7% des CAFA par effet came et 35,7% des coxarthroses des sujets de moins de 60 ans. Cette population, qui présente les mêmes caractéristiques dans les différents travaux, est jeune, majoritairement masculine et légèrement en surpoids (obèses ou musclés). Bien que le débat sur l'étiologie même de cette déformation à type d'épiphysiolyse reste sujette à controverse dans la littérature, notre travail a permis de témoigner, à l'aide d'une simple analyse radiographique, de la présence plus fréquente qu'on ne le pense d'une telle déformation et dont l'évolution vers une dégénérescence de l'articulation a été prouvée. Ces données nous permettent de nous interroger quant à la possibilité de mettre en place une prévention chez les adolescents à risque en diminuant les activités sportives intensives entraînant des contraintes répétées sur le cartilage de croissance.

Bibliographie

1. Hoaglund, F.T. and L.S. Steinbach, *Primary osteoarthritis of the hip: etiology and epidemiology*. J Am Acad Orthop Surg, 2001. **9**(5): p. 320-7.
2. Furnes, O., et al., *Hip disease and the prognosis of total hip replacements. A review of 53,698 primary total hip replacements reported to the Norwegian Arthroplasty Register 1987-99*. J Bone Joint Surg Br, 2001. **83**(4): p. 579-86.
3. Gosvig, K.K., et al., *Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis: a population-based survey*. J Bone Joint Surg Am, 2010. **92**(5): p. 1162-9.
4. Pedersen, A., et al., *Registration in the danish hip arthroplasty registry: completeness of total hip arthroplasties and positive predictive value of registered diagnosis and postoperative complications*. Acta Orthop Scand, 2004. **75**(4): p. 434-41.
5. Lequesne, M., *[Coxarthrosis. Etiology, physiopathology, diagnosis, treatment]*. Rev Prat, 1996. **46**(10): p. 1273-9.
6. Murray, R.O., *The aetiology of primary osteoarthritis of the hip*. Br J Radiol, 1965. **38**(455): p. 810-24.
7. Solomon, L., *Patterns of osteoarthritis of the hip*. J Bone Joint Surg Br, 1976. **58**(2): p. 176-83.
8. Stulberg SD, C.L., Harris WH., *Unrecognized childhood hip disease: a major cause of idiopathic osteoarthritis of the hip*. St Louis: CV Mosby; 1975., 1975.
9. Resnick, D., *The 'tilt deformity' of the femoral head in osteoarthritis of the hip: a poor indicator of previous epiphysiolysis*. Clin Radiol, 1976. **27**(3): p. 355-63.
10. Resnick, D., *Patterns of migration of the femoral head in osteoarthritis of the hip. Roentgenographic-pathologic correlation and comparison with rheumatoid arthritis*. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med, 1975. **124**(1): p. 62-74.
11. Resnick, D., *Osteophytosis of the femoral head and neck*. Arthritis Rheum, 1983. **26**(7): p. 908-13.
12. Goodman, D.A., et al., *Subclinical slipped capital femoral epiphysis. Relationship to osteoarthritis of the hip*. J Bone Joint Surg Am, 1997. **79**(10): p. 1489-97.
13. Clohisy, J.C., et al., *AOA symposium. Hip disease in the young adult: current concepts of etiology and surgical treatment*. J Bone Joint Surg Am, 2008. **90**(10): p. 2267-81.
14. Ecker, T.M., et al., *Pathomorphologic alterations predict presence or absence of hip osteoarthritis*. Clin Orthop Relat Res, 2007. **465**: p. 46-52.

15. Carsen, S., et al., *The Otto Aufranc Award. On the Etiology of the Cam Deformity: A Cross-sectional Pediatric MRI Study*. Clin Orthop Relat Res, 2013.
16. Beck, M., et al., *Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip*. J Bone Joint Surg Br, 2005. **87**(7): p. 1012-8.
17. Santili, C., et al., *Southwick's head-shaft angles: normal standards and abnormal values observed in obesity and in patients with epiphysiolysis*. J Pediatr Orthop B, 2004. **13**(4): p. 244-7.
18. Rab, G.T., *The geometry of slipped capital femoral epiphysis: implications for movement, impingement, and corrective osteotomy*. J Pediatr Orthop, 1999. **19**(4): p. 419-24.
19. Leunig, M., et al., *Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis*. Acta Orthop Scand, 2000. **71**(4): p. 370-5.
20. Leunig, M., K. Horowitz, and R. Ganz, *Femoroacetabular impingement after slipped capital femoral epiphysis: does slip severity predict clinical symptoms? Dodds et Al. J Pediatr Orthop. 2009 September; Volume 29: Number 6*. J Pediatr Orthop, 2011. **31**(1): p. 6.
21. Ganz, R., et al., *The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept*. Clin Orthop Relat Res, 2008. **466**(2): p. 264-72.
22. Leunig, M., P.E. Beaulé, and R. Ganz, *The concept of femoroacetabular impingement: current status and future perspectives*. Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(3): p. 616-22.
23. Castaneda, P., et al., *The natural history of osteoarthritis after a slipped capital femoral epiphysis/the pistol grip deformity*. J Pediatr Orthop, 2013. **33 Suppl 1**: p. S76-82.
24. Fraitzl, C.R., et al., *Radiological evidence of femoroacetabular impingement in mild slipped capital femoral epiphysis: a mean follow-up of 14.4 years after pinning in situ*. J Bone Joint Surg Br, 2007. **89**(12): p. 1592-6.
25. Wensaas, A., et al., *Femoroacetabular impingement after slipped upper femoral epiphysis: the radiological diagnosis and clinical outcome at long-term follow-up*. J Bone Joint Surg Br, 2012. **94**(11): p. 1487-93.
26. Guzzanti, V., et al., *Slipped capital femoral epiphysis: physeal histologic features before and after fixation*. J Pediatr Orthop, 2003. **23**(5): p. 571-7.
27. Odent, *Épiphysiolyse fémorale supérieure*. EMC, 2006. **appareil locomoteur**.
28. Lehmann, C.L., et al., *The epidemiology of slipped capital femoral epiphysis: an update*. J Pediatr Orthop, 2006. **26**(3): p. 286-90.
29. Loder, R.T., et al., *Acetabular depth and race in young adults: a potential explanation of the differences in the prevalence of slipped capital femoral epiphysis between different racial groups?* J Pediatr Orthop, 2003. **23**(6): p. 699-702.
30. Loder, R.T., *The demographics of slipped capital femoral epiphysis. An international multicenter study*. Clin Orthop Relat Res, 1996(322): p. 8-27.
31. Castro, F.P., Jr., J.T. Bennett, and K. Douzens, *Epidemiological perspective on prophylactic pinning in patients with unilateral slipped capital femoral epiphysis*. J Pediatr Orthop, 2000. **20**(6): p. 745-8.
32. Dodds, M.K., D. McCormack, and K.J. Mulhall, *Femoroacetabular impingement after slipped capital femoral epiphysis: does slip severity predict clinical symptoms?* J Pediatr Orthop, 2009. **29**(6): p. 535-9.

33. Novais, E.N. and M.B. Millis, *Slipped capital femoral epiphysis: prevalence, pathogenesis, and natural history*. Clin Orthop Relat Res, 2012. **470**(12): p. 3432-8.
34. Carney, B.T., S.L. Weinstein, and J. Noble, *Long-term follow-up of slipped capital femoral epiphysis*. J Bone Joint Surg Am, 1991. **73**(5): p. 667-74.
35. Hansson, G., et al., *Radiographic assessment of coxarthrosis following slipped capital femoral epiphysis. A 32-year follow-up study of 151 hips*. Acta Radiol, 1993. **34**(2): p. 117-23.
36. Oram, V., *Epiphysiolytic of the head of the femur; a follow-up examination with special reference to end results and the social prognosis*. Acta Orthop Scand, 1953. **23**(2): p. 100-20.
37. Boyer, D.W., M.R. Mickelson, and I.V. Ponseti, *Slipped capital femoral epiphysis. Long-term follow-up study of one hundred and twenty-one patients*. J Bone Joint Surg Am, 1981. **63**(1): p. 85-95.
38. Monin, J.O., et al., *[Late results of the treatment of the slipped upper femoral epiphysis (26 cases with follow-up study over 10 years)]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1995. **81**(1): p. 35-43.
39. Manoff, E.M., M.B. Banffy, and J.J. Winell, *Relationship between Body Mass Index and slipped capital femoral epiphysis*. J Pediatr Orthop, 2005. **25**(6): p. 744-6.
40. Nguyen, A.R., et al., *Slipped capital femoral epiphysis: rising rates with obesity and aboriginality in South Australia*. J Bone Joint Surg Br, 2011. **93**(10): p. 1416-23.
41. Bhatia, N.N., M. Pirpiris, and N.Y. Otsuka, *Body mass index in patients with slipped capital femoral epiphysis*. J Pediatr Orthop, 2006. **26**(2): p. 197-9.
42. Madhuri, V., S.K. Arora, and V. Dutt, *Slipped capital femoral epiphysis associated with vitamin D deficiency: a series of 15 cases*. Bone Joint J, 2013. **95-B**(6): p. 851-4.
43. Walter, R.P., R.S. Jeffery, and B. Holroyd, *Bilateral epiphyseal migration following fixation for slipped capital femoral epiphyses in a hypothyroid child*. Acta Orthop Belg, 2013. **79**(2): p. 235-8.
44. Mostoufi-Moab, S., et al., *Childhood cancer survivors exposed to total body irradiation are at significant risk for slipped capital femoral epiphysis during recombinant growth hormone therapy*. Pediatr Blood Cancer, 2013. **60**(11): p. 1766-71.
45. Sikora, P., et al., *Bilateral slipped capital femoral epiphysis in a male adolescent with familial hypomagnesemia with hypercalciuria and nephrocalcinosis (FHHNC), chronic renal failure, and severe hyperparathyroidism*. Eur J Pediatr, 2013.
46. Skelley, N.W., et al., *Three cases of slipped capital femoral epiphysis in one family*. Orthopedics, 2011. **34**(8): p. e408-12.
47. Kamegaya, M., et al., *Drehmann sign and femoro-acetabular impingement in SCFE*. J Pediatr Orthop, 2011. **31**(8): p. 853-7.
48. Fahey, J.J. and E.T. O'Brien, *Acute Slipped Capital Femoral Epiphysis: Review of the Literature and Report of Ten Cases*. J Bone Joint Surg Am, 1965. **47**: p. 1105-27.
49. Loder, R.T., et al., *Acute slipped capital femoral epiphysis: the importance of physeal stability*. J Bone Joint Surg Am, 1993. **75**(8): p. 1134-40.
50. Cooperman, D.R., et al., *Post-mortem description of slipped capital femoral epiphysis*. J Bone Joint Surg Br, 1992. **74**(4): p. 595-9.
51. Klein, A., et al., *Slipped capital femoral epiphysis; early diagnosis and treatment facilitated by normal roentgenograms*. J Bone Joint Surg Am, 1952. **34-A**(1): p. 233-9.

52. Pinkowsky, G.J. and W.L. Hennrikus, *Klein line on the anteroposterior radiograph is not a sensitive diagnostic radiologic test for slipped capital femoral epiphysis*. J Pediatr, 2013. **162**(4): p. 804-7.
53. Southwick, W.O., *Osteotomy through the lesser trochanter for slipped capital femoral epiphysis*. J Bone Joint Surg Am, 1967. **49**(5): p. 807-35.
54. Lequesne, M., A. Lemoine, and C. Massare, [*the "Complete" Coxo-Femoral Radiographic Examination. Detection and Preoperative Aspects of Structural Defects of the Hip*]. J Radiol Electrol Med Nucl, 1964. **45**: p. 27-44.
55. Compaore C, L.M., *Risk factors of the incidence of hip osteoarthritis*. Revue du rhumatisme, 2009. **76**: p. 325-330.
56. Gosvig, K.K., et al., *A new radiological index for assessing asphericity of the femoral head in cam impingement*. J Bone Joint Surg Br, 2007. **89**(10): p. 1309-16.
57. Lehmann, T.G., et al., *Radiological findings that may indicate a prior silent slipped capital femoral epiphysis in a cohort of 2072 young adults*. Bone Joint J, 2013. **95-B**(4): p. 452-8.
58. Abraham, E., et al., *Clinical implications of anatomical wear characteristics in slipped capital femoral epiphysis and primary osteoarthritis*. J Pediatr Orthop, 2007. **27**(7): p. 788-95.
59. Ipach, I., et al., *A classification-system improves the intra- and interobserver reliability of radiographic diagnosis of "pistol-grip-deformity"*. Hip Int, 2011. **21**(6): p. 732-9.
60. Toogood, P.A., A. Skalak, and D.R. Cooperman, *Proximal femoral anatomy in the normal human population*. Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(4): p. 876-85.
61. Eijer H, L.M., *Cross-table lateral radiographs for screening of anterior femoral head-neck offset in patients with femoro-acetabular impingement*. Hip Int, 2001: p. 37-41.
62. Notzli, H.P., et al., *The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement*. J Bone Joint Surg Br, 2002. **84**(4): p. 556-60.
63. Clohisy, J.C., et al., *Radiographic structural abnormalities associated with premature, natural hip-joint failure*. J Bone Joint Surg Am, 2011. **93 Suppl 2**: p. 3-9.
64. Hamilton, H.W. and J. Jamieson, *The classification of degenerative hip disease*. J Bone Joint Surg Br, 2012. **94**(9): p. 1193-201.
65. Murgier, J., et al., *The lateral view head-neck index (LVHNI): A diagnostic tool for the sequelae of slipped capital femoral epiphysis*. Orthop Traumatol Surg Res, 2013. **99**(5): p. 501-8.
66. Chiron, P., et al., *Radiological validation of a fluoroscopic guided technique for femoral implant positioning during hip resurfacing*. Int Orthop, 2013. **37**(3): p. 361-8.
67. Pailhe, R., et al., *Hip resurfacing: a systematic review of literature*. Int Orthop, 2012. **36**(12): p. 2399-410.
68. Cavaignac, E., et al., *Experimental study of an original radiographic view for diagnosis of cam-type anterior femoroacetabular impingement*. Int Orthop, 2012. **36**(9): p. 1783-8.
69. Chiron, P., et al., *Surgery for femoroacetabular impingement using a minimally invasive anterolateral approach: analysis of 118 cases at 2.2-year follow-up*. Orthop Traumatol Surg Res, 2012. **98**(1): p. 30-8.
70. Godefroy, D., et al., [*Plain films of pelvis*]. J Radiol, 2008. **89**(5 Pt 2): p. 679-90; quiz 691.

71. Tannast, M., et al., *Estimation of pelvic tilt on anteroposterior X-rays--a comparison of six parameters*. Skeletal Radiol, 2006. **35**(3): p. 149-55.
72. Tannast, M., et al., *Tilt and rotation correction of acetabular version on pelvic radiographs*. Clin Orthop Relat Res, 2005. **438**: p. 182-90.
73. Siebenrock, K.A., D.F. Kalbermatten, and R. Ganz, *Effect of pelvic tilt on acetabular retroversion: a study of pelvises from cadavers*. Clin Orthop Relat Res, 2003(407): p. 241-8.
74. Mose, K., *Methods of measuring in Legg-Calve-Perthes disease with special regard to the prognosis*. Clin Orthop Relat Res, 1980(150): p. 103-9.
75. Tonnis, D., *Normal values of the hip joint for the evaluation of X-rays in children and adults*. Clin Orthop Relat Res, 1976(119): p. 39-47.
76. fleiss, J., *Methods for rates and proportions*. New York: Wiley, 1982.
77. Tanzer, M. and N. Noiseux, *Osseous abnormalities and early osteoarthritis: the role of hip impingement*. Clin Orthop Relat Res, 2004(429): p. 170-7.
78. Doherty, M., et al., *Nonspherical femoral head shape (pistol grip deformity), neck shaft angle, and risk of hip osteoarthritis: a case-control study*. Arthritis Rheum, 2008. **58**(10): p. 3172-82.
79. Lequesne, M.G. and J.D. Laredo, *The faux profil (oblique view) of the hip in the standing position. Contribution to the evaluation of osteoarthritis of the adult hip*. Ann Rheum Dis, 1998. **57**(11): p. 676-81.
80. Lehmann, T.G., et al., *Intra- and inter-observer repeatability of radiographic measurements for previously slipped capital femoral epiphysis at skeletal maturity*. Acta Radiol, 2013.
81. Siebenrock, K.A., et al., *Growth plate alteration precedes cam-type deformity in elite basketball players*. Clin Orthop Relat Res, 2013. **471**(4): p. 1084-91.
82. Bardakos, N.V. and R.N. Villar, *Predictors of progression of osteoarthritis in femoroacetabular impingement: a radiological study with a minimum of ten years follow-up*. J Bone Joint Surg Br, 2009. **91**(2): p. 162-9.
83. Hosalkar, H.S., et al., *Hip impingement in slipped capital femoral epiphysis: a changing perspective*. J Child Orthop, 2012. **6**(3): p. 161-72.
84. Tannast, M., et al., *Hip damage occurs at the zone of femoroacetabular impingement*. Clin Orthop Relat Res, 2008. **466**(2): p. 273-80.
85. Konan, S., et al., *Validation of the classification system for acetabular chondral lesions identified at arthroscopy in patients with femoroacetabular impingement*. J Bone Joint Surg Br, 2011. **93**(3): p. 332-6.
86. Sink, E.L., et al., *Acetabular cartilage and labral damage observed during surgical hip dislocation for stable slipped capital femoral epiphysis*. J Pediatr Orthop, 2010. **30**(1): p. 26-30.
87. Snow, S.W., et al., *Anterior impingement of the femoral head: a late phenomenon of Legg-Calve-Perthes' disease*. J Pediatr Orthop, 1993. **13**(3): p. 286-9.
88. Eijer, H., S.R. Myers, and R. Ganz, *Anterior femoroacetabular impingement after femoral neck fractures*. J Orthop Trauma, 2001. **15**(7): p. 475-81.
89. Langlais, F., et al., *[Hip dysplasia and misalignment in patients aged 20-50 years]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2006. **92**(4 Suppl): p. 1S41-1S81.
90. Zilkens, C., et al., *Significance of clinical and radiographic findings in young adults after slipped capital femoral epiphysis*. Int Orthop, 2011. **35**(9): p. 1295-301.
91. Larson, A.N., et al., *Outcomes of slipped capital femoral epiphysis treated with in situ pinning*. J Pediatr Orthop, 2012. **32**(2): p. 125-30.

92. Bertin, K.C. and H. Rottinger, *Anterolateral mini-incision hip replacement surgery: a modified Watson-Jones approach*. Clin Orthop Relat Res, 2004(429): p. 248-55.
93. Aebi, J. and M. Giraud, *Non invasive modified anterolateral approach in total hip arthroplasty*. Orthop Traumatol Surg Res, 2011. **97**(6): p. 675-80.
94. Ito, K., et al., *Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset*. J Bone Joint Surg Br, 2001. **83**(2): p. 171-6.
95. Murgier, J., et al., *The lateral view head-neck index (LVHNI): A diagnostic tool for the sequelae of slipped capital femoral epiphysis*. Orthop Traumatol Surg Res, 2013.
96. Konan, S., F. Rayan, and F.S. Haddad, *Is the frog lateral plain radiograph a reliable predictor of the alpha angle in femoroacetabular impingement?* J Bone Joint Surg Br, 2010. **92**(1): p. 47-50.
97. Meyer, D.C., et al., *Comparison of six radiographic projections to assess femoral head/neck asphericity*. Clin Orthop Relat Res, 2006. **445**: p. 181-5.
98. Fleiss, J.L., *Statistical Methods for Rates and Proportions, second edition*. New York : Wiley, 1982.
99. Azegami, S., D. Kosuge, and M. Ramachandran, *Surgical treatment of femoroacetabular impingement in patients with slipped capital femoral epiphysis: A review of current surgical techniques*. Bone Joint J, 2013. **95-B**(4): p. 445-51.
100. Millis, M.B. and E.N. Novais, *In situ fixation for slipped capital femoral epiphysis: perspectives in 2011*. J Bone Joint Surg Am, 2011. **93 Suppl 2**: p. 46-51.
101. Hansson, G., et al., *Long-term results after nailing in situ of slipped upper femoral epiphysis. A 30-year follow-up of 59 hips*. J Bone Joint Surg Br, 1998. **80**(1): p. 70-7.
102. Jung, K.A., et al., *The prevalence of cam-type femoroacetabular deformity in asymptomatic adults*. J Bone Joint Surg Br, 2011. **93**(10): p. 1303-7.
103. Omoumi, P., et al., *Anatomic features associated with femoroacetabular impingement are equally common in hips of old and young asymptomatic individuals without CT signs of osteoarthritis*. AJR Am J Roentgenol, 2014. **202**(5): p. 1078-86.
104. Hartofilakidis, G., et al., *An examination of the association between different morphotypes of femoroacetabular impingement in asymptomatic subjects and the development of osteoarthritis of the hip*. J Bone Joint Surg Br, 2011. **93**(5): p. 580-6.
105. Reichenbach, S., et al., *Prevalence of cam-type deformity on hip magnetic resonance imaging in young males: a cross-sectional study*. Arthritis Care Res (Hoboken), 2010. **62**(9): p. 1319-27.
106. Laborie, L.B., et al., *Prevalence of radiographic findings thought to be associated with femoroacetabular impingement in a population-based cohort of 2081 healthy young adults*. Radiology, 2011. **260**(2): p. 494-502.
107. Hack, K., et al., *Prevalence of cam-type femoroacetabular impingement morphology in asymptomatic volunteers*. J Bone Joint Surg Am, 2010. **92**(14): p. 2436-44.
108. Dwek, J.R., S. Monazzam, and C.B. Chung, *Radiologic analysis of femoral acetabular impingement: from radiography to MRI*. Pediatr Radiol, 2013. **43 Suppl 1**: p. S61-70.

109. Monazzam, S., et al., *Development and prevalence of femoroacetabular impingement-associated morphology in a paediatric and adolescent population: a CT study of 225 patients*. Bone Joint J, 2013. **95-B**(5): p. 598-604.
110. Ganz, R., et al., *Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip*. Clin Orthop Relat Res, 2003(417): p. 112-20.
111. Aronson, D.D. and W.E. Carlson, *Slipped capital femoral epiphysis. A prospective study of fixation with a single screw*. J Bone Joint Surg Am, 1992. **74**(6): p. 810-9.
112. Slongo, T., et al., *Treatment of slipped capital femoral epiphysis with a modified Dunn procedure*. J Bone Joint Surg Am, 2010. **92**(18): p. 2898-908.
113. Huber, H., et al., *Adolescent slipped capital femoral epiphysis treated by a modified Dunn osteotomy with surgical hip dislocation*. J Bone Joint Surg Br, 2011. **93**(6): p. 833-8.
114. Murgier, J., et al., *Long-term Evolution of Slipped Capital Femoral Epiphysis Treated by in Situ Fixation: A 26 Years Follow-up of 11 Hips*. Orthop Rev (Pavia), 2014. **6**(2): p. 5335.
115. Wiemann, J.M.t. and J.A. Herrera-Soto, *Can we alter the natural history of osteoarthritis after SCFE with early realignment?* J Pediatr Orthop, 2013. **33 Suppl 1**: p. S83-7.
116. Leunig, M., T. Slongo, and R. Ganz, *Subcapital realignment in slipped capital femoral epiphysis: surgical hip dislocation and trimming of the stable trochanter to protect the perfusion of the epiphysis*. Instr Course Lect, 2008. **57**: p. 499-507.
117. Loder, R.T., et al., *Slipped capital femoral epiphysis*. Instr Course Lect, 2008. **57**: p. 473-98.
118. Ganz, R., et al., *Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis*. J Bone Joint Surg Br, 2001. **83**(8): p. 1119-24.
119. Steppacher, S.D., et al., *Femoral morphology differs between deficient and excessive acetabular coverage*. Clin Orthop Relat Res, 2008. **466**(4): p. 782-90.
120. Ficat, P. and J. Arlet, *[Dysplasias, osteoarthritis and osteonecrosis of the hip]*. Sem Hop, 1974. **50**(8): p. 567-79.
121. Ficat, P., *[Physiopathology of hip dysplasia]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1976. **62**(5): p. 536-7.
122. Rhee, P.C., et al., *The Shenton line in the diagnosis of acetabular dysplasia in the skeletally mature patient*. J Bone Joint Surg Am, 2011. **93 Suppl 2**: p. 35-9.
123. Lequesne, M., *[Coxarthrosis, Statistical and etiological concepts]*. Rev Prat, 1974. **24**(49): p. 4261-, 4265-6, 4269-70.
124. Gardner, D.L., *The nature and causes of osteoarthrosis*. Br Med J (Clin Res Ed), 1983. **286**(6363): p. 418-24.
125. Mutter, K. and K.F. Schlegel, *[The causes of arthrosis of the hip-joint. A radiologic study (author's transl)]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1975. **113**(3): p. 402-5.
126. Harris, W.H., R.B. Bourne, and I. Oh, *Intra-articular acetabular labrum: a possible etiological factor in certain cases of osteoarthritis of the hip*. J Bone Joint Surg Am, 1979. **61**(4): p. 510-4.
127. Langlais, *Minor anatomic abnormalities of the hip joint persisting from childhood and their possible relationship to idiopathic osteoarthrosis* Rev. Chir. Orthop, 2006. **Société d'Orthopédie et de Traumatologie de l'Ouest**(Réunion Annuelle 2005 suppl. au n° 4): p. 92, 1S41-1S81.
128. Engesaeter, I.O., et al., *Total hip replacement in young adults with hip dysplasia: age at diagnosis, previous treatment, quality of life, and validation of diagnoses*

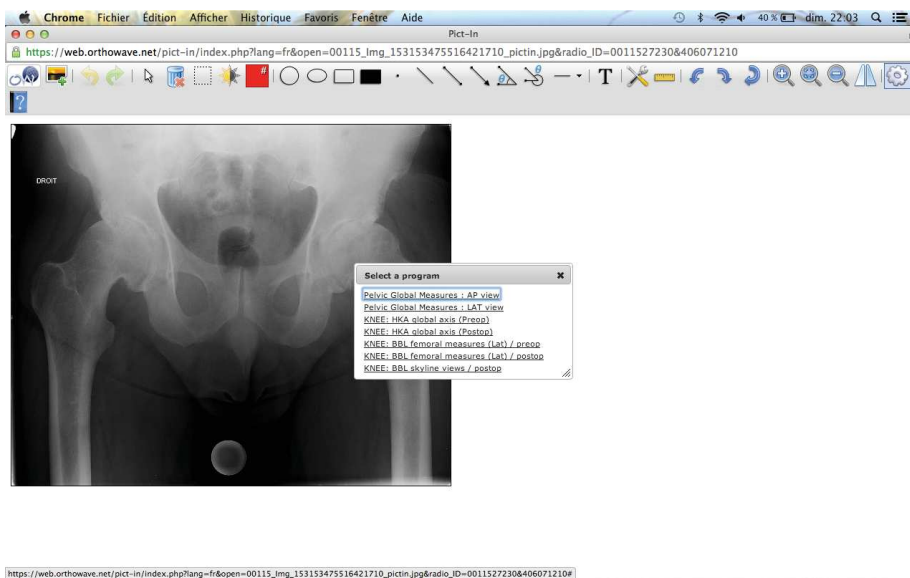
- reported to the Norwegian Arthroplasty Register between 1987 and 2007. *Acta Orthop*, 2011. **82**(2): p. 149-54.
129. Murgier, J., et al., *Frequency of radiographic signs of slipped capital femoral epiphysiolysis sequelae in hip arthroplasty candidates for coxarthrosis*. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2013.
 130. Murgier, J., et al., *The frequency of sequelae of slipped upper femoral epiphysis in cam-type femoroacetabular impingement*. *Bone Joint J*, 2014. **96-B**(6): p. 724-9.
 131. Job-Deslandre, C., *Diagnosis of hip pain in childhood*. *Revue du rhumatisme*, 2009. **7**(4): p. 361-366.
 132. Siebenrock, K.A., et al., *The cam-type deformity of the proximal femur arises in childhood in response to vigorous sporting activity*. *Clin Orthop Relat Res*, 2011. **469**(11): p. 3229-40.
 133. Jiang, L., et al., *The relationship between body mass index and hip osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis*. *Joint Bone Spine*, 2011. **78**(2): p. 150-5.
 134. Vingard, E., L. Alfredsson, and H. Malchau, *Lifestyle factors and hip arthrosis. A case referent study of body mass index, smoking and hormone therapy in 503 Swedish women*. *Acta Orthop Scand*, 1997. **68**(3): p. 216-20.
 135. Reider, B., *Round hole, square PEG*. *Am J Sports Med*, 2014. **42**(4): p. 789-92.
 136. Siebenrock, K.A., et al., *Abnormal extension of the femoral head epiphysis as a cause of cam impingement*. *Clin Orthop Relat Res*, 2004(418): p. 54-60.
 137. Espie, A., *Intérêt de l'incidence radiographique F45 dans la prise en charge diagnostique et thérapeutique du conflit fémoro-acétabulaire antérieur*. mémoire de DESC, 2011. <http://www.descorthopedie.org/memoire/espie.pdf>.
 138. Kienle, K.P., et al., *Femoral morphology and epiphyseal growth plate changes of the hip during maturation: MR assessments in a 1-year follow-up on a cross-sectional asymptomatic cohort in the age range of 9-17 years*. *Skeletal Radiol*, 2012. **41**(11): p. 1381-90.
 139. Agricola, R., et al., *The development of Cam-type deformity in adolescent and young male soccer players*. *Am J Sports Med*, 2012. **40**(5): p. 1099-106.
 140. Agricola, R., et al., *A cam deformity is gradually acquired during skeletal maturation in adolescent and young male soccer players: a prospective study with minimum 2-year follow-up*. *Am J Sports Med*, 2014. **42**(4): p. 798-806.
 141. Kang, A.C., et al., *Computed tomography assessment of hip joints in asymptomatic individuals in relation to femoroacetabular impingement*. *Am J Sports Med*, 2010. **38**(6): p. 1160-5.
 142. Philippon, M.J., et al., *Prevalence of increased alpha angles as a measure of cam-type femoroacetabular impingement in youth ice hockey players*. *Am J Sports Med*, 2013. **41**(6): p. 1357-62.
 143. Wiberg, G., *Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint with special reference to the complication of osteoarthritis*. *Acta Chir Scand Suppl*, 1939. **83**: p. 1-130.
 144. Sharp, *Acetabular dysplasia: the acetabular angle*. *J Bone Joint Surg Br*, 1961. **43**: p. 268-272.
 145. Preininger, B., et al., *Femoral Offset (3D) in Patients without Osteoarthritis - Index Values from 200 Hip Joints*. *Open Orthop J*, 2012. **6**: p. 578-81.
 146. Iyem, C., et al., *Morphometric evaluation of proximal femur in patients with unilateral total hip prosthesis*. *Clin Anat*, 2013.
 147. Bouttier, R., et al., *Reproducibility of radiographic hip measurements in adults*. *Joint Bone Spine*, 2013. **80**(1): p. 52-6.

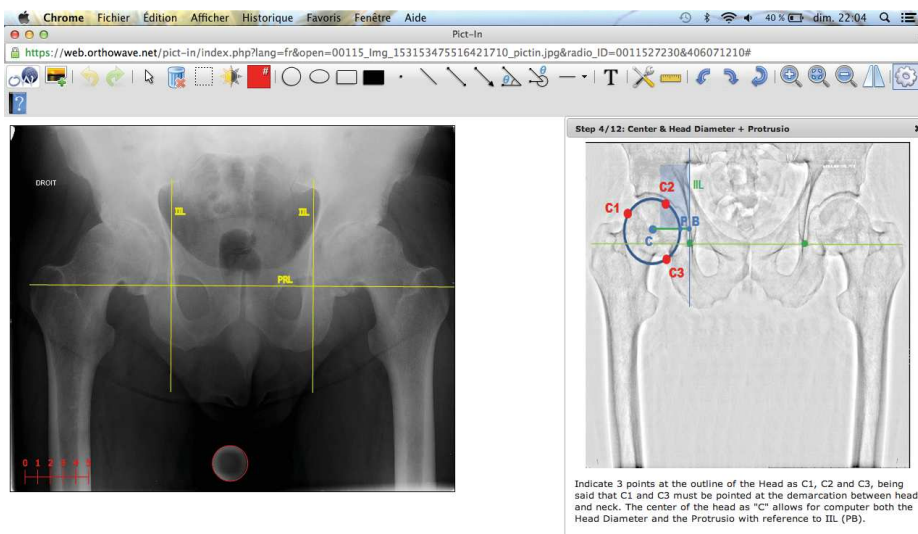
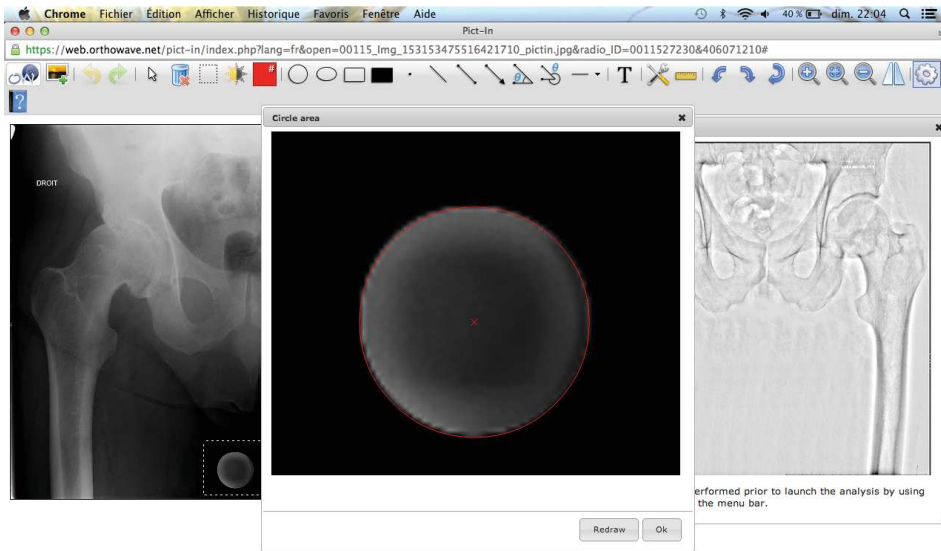
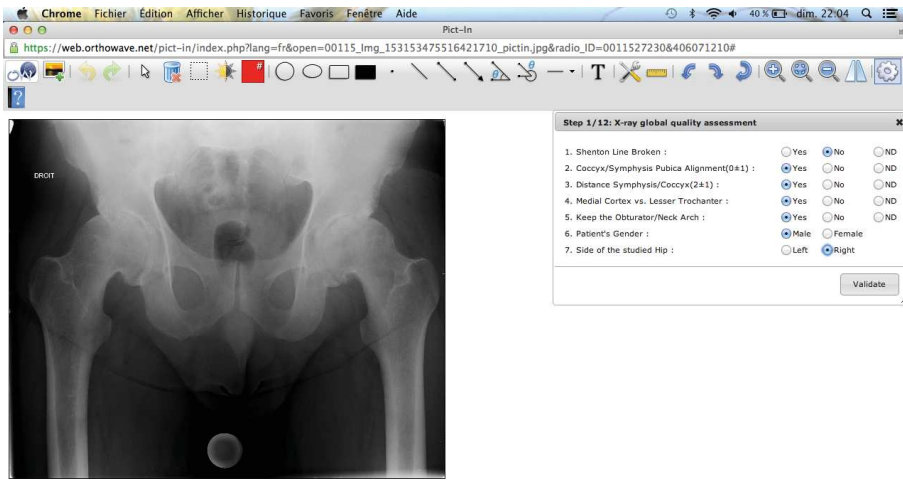
148. Jacobsen, S., et al., *Pelvic orientation and assessment of hip dysplasia in adults*. Acta Orthop Scand, 2004. **75**(6): p. 721-9.
149. Girard, J., et al., *Biomechanical reconstruction of the hip: a randomised study comparing total hip resurfacing and total hip arthroplasty*. J Bone Joint Surg Br, 2006. **88**(6): p. 721-6.
150. Delaunay, S., et al., *Radiographic measurements of dysplastic adult hips*. Skeletal Radiol, 1997. **26**(2): p. 75-81.
151. Pierchon, F., et al., *[Radiologic evaluation of the rotation center of the hip]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1993. **79**(4): p. 281-4.
152. Ficat, P., *Coxarthroses post-dysplasiques*. Cahiers d'Enseignement de la SO.F.C.O.T, Expansion scientifique, 1980. **11**: p. 25-39.

Annexe

1) Acquisition d'une analyse coxométrique complète étape par étape à l'aide du logiciel Pictin® (Orthowave)

Analyse radiographique de face





Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=0011527230&406071210#

Step 5/12: Head Roofing Angle VCE and Sharp angle

Indicate as "E" the lateral edge of the acetabular roof (leaving off osteophytes), so as to define from the Head Center as apex, the Head Roofing Angle "VCE" as well as the Sharp Angle between the PRL and "E", the "U" point being the apex of this acute angle).

Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=0011527230&406071210#

Step 6/12: Femoral Axis and Offsets (Femoral and Acet)

Check 4 points at the outer cortex of the femoral shaft, firstly F1 and F2 at about 2 cm below the lesser trochanter, then F3 and F4 as below as allowed by the film length... The distance of D to C and IL are defined respectively as Femoral (FO) and Acet (AO) offsets.

Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=0011527230&406071210#

Step 7/12: Neck-Diaphysis Angle and Neck Width

Check N1 and N2 as the narrower part of the neck, normally forming an isocetes triangle with C at apex. This allows for computing the neck with N1N2 as well as the Neck-Shaft Angle CCD and Neck length CC'

Chrome Fichier Édition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=00115272308406071210#

Step 8/12: GT and LT Height vs. Head Center and Pelvis

Check GT and LT as peaks of respectively Greater and Lesser Trochanter. This allows for computing heights of these two points with reference to respectively the Head Center and the Pelvic Line (PRL).

Chrome Fichier Édition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=00115272308406071210#

Step 9/12: Pelvic Anteversion - Rotation + Offset

Locate S1 as the apex of coccyx then S2 at upper aspect of Pubes Symphysis. Height of S1 with reference to S2 estimates in the pelvic anteversion while the S1S2 distance checks the Pelvic Rotation and the C-S2 distance defines the Pelvic Offset (PO).

Chrome Fichier Édition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=00115272308406071210#

Step 10/12: Theoretical Head Center (Pierchon)

The P1 point is placed at the bottom of the Ilio-Sacral Joint. The projection of P1 onto the Ilio-ischiatric line (IL) defines the y-axis while PRL is the x-axis. These two axes allow for computing with U1U2 the Pierchon model to check the theoretical Head Center.

Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide Pict-In

https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=0011527230&406071210#

Step 11/12: Neck Axis versus Head-Neck Angle

Two points have to be located at junction between neck and respectively Greater and Lesser Trochanter. The line joining the middle of B1&B2 and N1&N2 defines the Neck axis of which variation (delta) vs. Head-Neck axis (from CCD angle) can be computed.

Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide Pict-In

https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=0011527230&406071210#

Step 12/12: Acetabular inclination; HTE, VCT, ECT angles

The "T" point corresponds to the medial limit of the acetabular chondral aspect (most fine-grained zone). This point allows for computing the HTE angle (Acetab Inclination/PRL), then VCT as Acetab Inclination Head Center, and ECT (Chondral acet zone).

Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide Pict-In

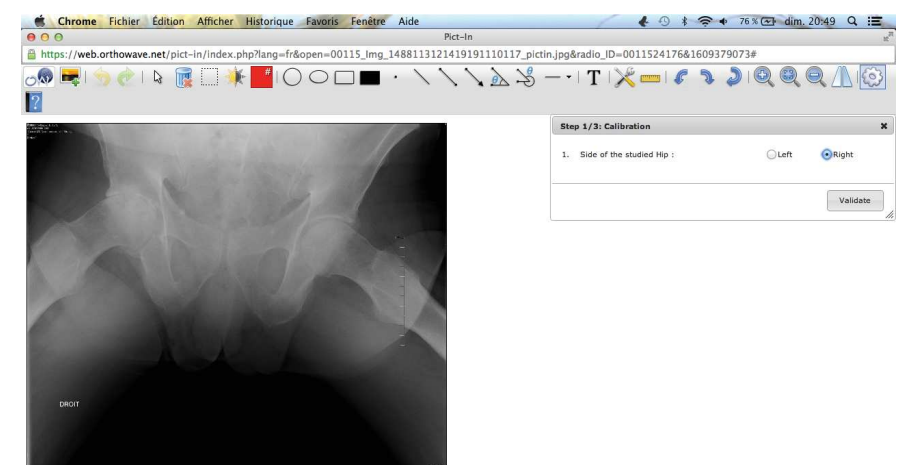
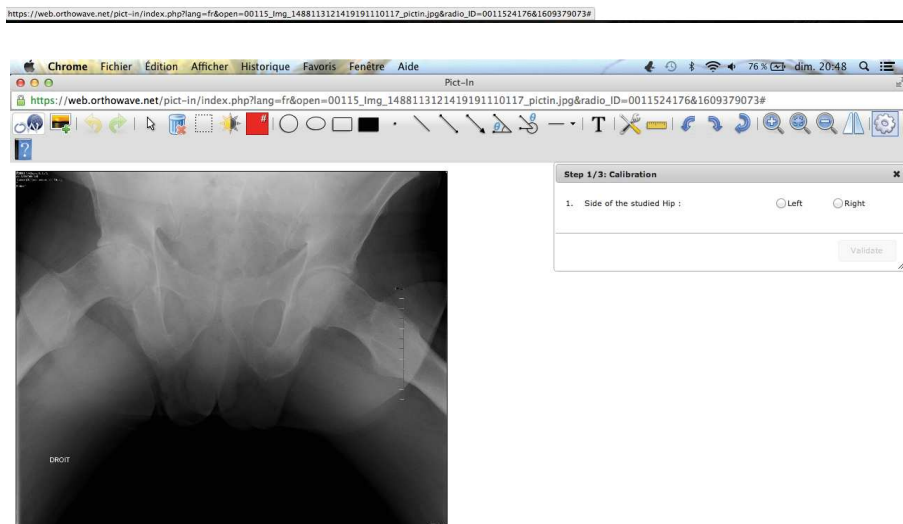
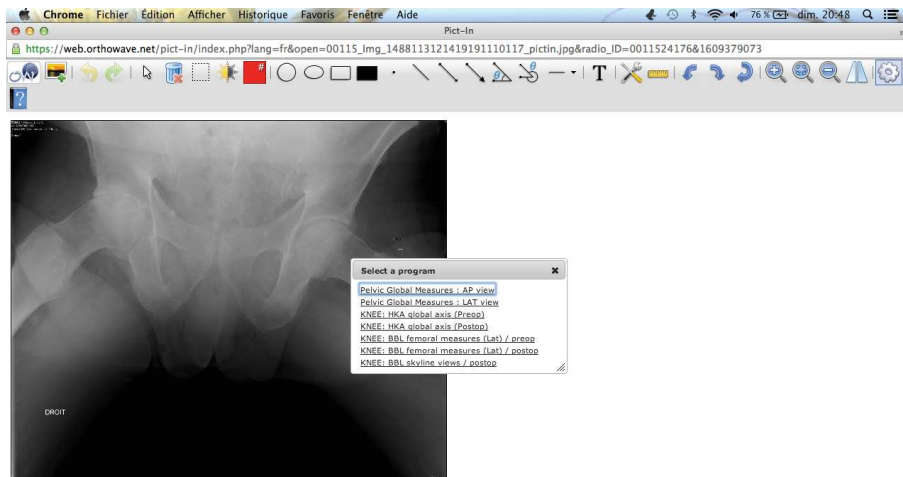
https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_153153475516421710_pictin.jpg&radio_ID=0011527230&406071210#

Results

1	Shenton Line Broken	no	Yes/No/Not Documented
2	Alignment coccyx/Symphysis	Yes	Yes/No/Not Documented
3	Distance symphysis/coccyx	Yes	Yes/No/Not Documented
4	Medial Cortex vs Lesser Troch	Yes	Yes/No/Not Documented
5	Keeping Obturator/Neck Arch	Yes	Yes/No/Not Documented
6	Head diameter	58	mm Absolute value
7	Head protrusion	16	mm Absolute value
8	VCE angle	17	° Degree
9	Sharp Angle	43	° Degree
10	Femoral Offset	35	mm Absolute value
11	Acetabular Offset	60	mm Absolute value
12	Neck Width	40	mm Absolute value
13	CC Neck Length	44	mm Absolute value
14	Neck Width/Neck Length ratio	0.91	Absolute value
15	Head Diameter/Neck Length ratio	1.32	Absolute value
16	CCD Neck Shaft Angle	127	° Degree
17	GTroch / Pelvic Line Height	15	mm Absolute value
18	GTroch / Head Center Height	-6	mm Absolute value
19	LTroch / Pelvic Line Height	37	mm Absolute value
20	LTroch / Head Center Height	58	mm Absolute value
21	Coccyx/Pubis Height	9	mm Absolute value
22	Pelvic rotation	-9	mm *° if lateral *;° if med
23	Pelvic Offset	103	mm Absolute value
24	Distance True C vs Theor Ct	18	mm Absolute value
25	Dist CCT / Head diameter ratio	0.31	Absolute value
26	Height of true C vs Theoret Ct	7	mm *° if higher *;° if lower
27	Medial/ab true C vs Theoret Ct	-30	mm *° if medial *;° if lateral
28	Distance C-Ac (True Neck Axis)	9	mm
29	Dist C-Ac/Head Diam ratio	0.16	Absolute value
30	Delta true neck axis vs CC axis	24	° *° if valg *;° if varus
31	Sup Offset head-neck/H diam	0.01	Absolute value
32	Inclination acetab/pelvic HTE	13	° Degree
33	Inclination acet / Head Center-VCT	51	° Degree
34	Chondral zone ECT	68	° Degree

Send to OW


Analyse radiographique de profil



Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

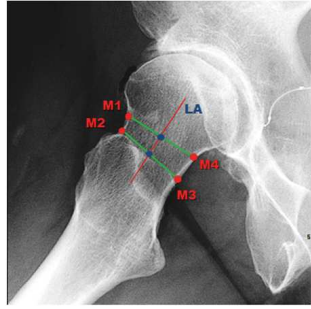
https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_1488113121419191110117_pictin.jpg&radio_ID=0011524176&1609379073#



DEROIT

0 1 2 3 4 5

Step 2/3: "True" Femoral Neck Axis




Indicate 4 points (M1, M2, M3, M4) at outer cortex of femoral neck, while leaving a gap of at least 1cm between the two groups... This allows for defining the "true" lateral axis (LA) of the femoral neck (as a line joining the middle of the two segments).

Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

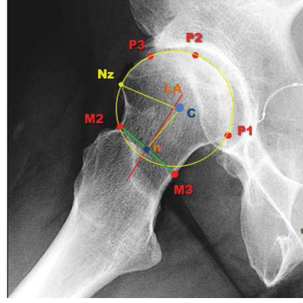
https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_1488113121419191110117_pictin.jpg&radio_ID=0011524176&1609379073#



DEROIT

0 1 2 3 4 5

Step 3/3: Head Center, Various axes, Notzli angle

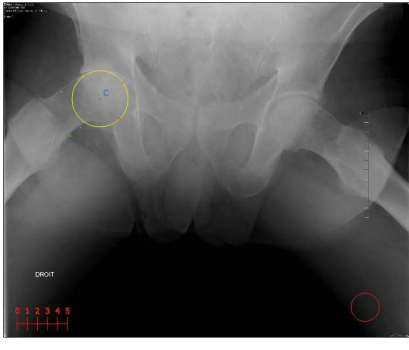


Check 3 points at the head of the circumference as P1, P2 and P3 (P3 being located at the anterior aspect of the head), then the Nz point at the anterior demarcation between head contour and neck cortex. The ratio between the distance of C to LA / head diameter is computed, as well as the Notzli angle (Nz-C-n).

Chrome Fichier Edition Afficher Historique Favoris Fenêtre Aide

Pict-In

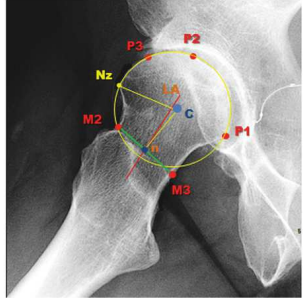
https://web.orthowave.net/pict-in/index.php?lang=fr&open=00115_img_1488113121419191110117_pictin.jpg&radio_ID=0011524176&1609379073#



DEROIT

0 1 2 3 4 5

Step 3/3: Head Center, Various axes, Notzli angle



Check 3 points at the head of the circumference as P1, P2 and P3 (P3 being located at the anterior aspect of the head), then the Nz point at the anterior demarcation between head contour and neck cortex. The ratio between the distance of C to LA / head diameter is computed, as well as the Notzli angle (Nz-C-n).

Fiche patient sur orthowave

Etat-Civil

Sexe : **Homme** M/F

PatientDetails_PatientAg : **55** ans

Taille : **172** cm

Poids : **74** kg

BMI : **25.01**

Qualité des radiographies : Excellente Bonne Mauvaise Inutilisable

Date Analyse Radio : **10/09/2011**

Analyse globale Bassin: Profil

1	Diamètre tête	47	mm	<i>oui/non</i>
2	Distance C-Axe vrai du col	8	mm	<i>oui/non</i>
3	Rapport Dist C-Axe/ Diam tête	0.17		<i>oui/non</i>
4	Angle Notzli	94	°	<i>degrés</i>

ARIA - OrthoWave © 2009

Etat-Civil

Sexe : **Homme** M/F

PatientDetails_PatientAg : **55** ans

Taille : **172** cm

Poids : **74** kg

BMI : **25.01**

Qualité des radiographies : Excellente Bonne Mauvaise Inutilisable

Date Analyse Radio : **05/09/2011**

Analyse globale Bassin: Face

1	Symétrie trous obturateurs	no		<i>oui/non</i>	21	Hauteur Coccyx /Pubis	15	mm	<i>valeur absolue</i>
2	Alignement Coccyx/Symphise	yes		<i>oui/non</i>	22	Rotation bassin	-15	mm	<i>"+" si S1 lateral "; -" si méd</i>
3	Distance Symphise/coccyx	yes		<i>oui/non</i>	23	Offset pelvien	93	mm	<i>valeur absolue</i>
4	Cortic Med vs Petit troch	yes		<i>oui/non</i>	24	Dist Centre C vrai / C théorique	14	mm	<i>valeur absolue</i>
5	Conserv Centre cerv-obturateur	yes		<i>oui/non</i>	25	Rapport Dist CCI / Diam Tête	0.28		<i>valeur absolue</i>
6	Diamètre tête	51	mm	<i>valeur absolue</i>	26	Hauteur C vrai / C théorique	8	mm	<i>"+" si S1 lateral "; -" si méd</i>
7	Protrusion tête	13	mm	<i>valeur absolue</i>	27	Médialist C vrai/ C théorique	-36	mm	<i>"+" si S1 lateral "; -" si méd</i>
8	Angle VCE	18	°	<i>degrés</i>	28	IbPiam_PriopFace_28	4	mm	<i>valeur absolue</i>
9	Angle Sharp	45	°	<i>degrés</i>	29	IbPiam_PriopFace_29	0.08		<i>valeur absolue</i>
10	Offset fémoral	39	mm	<i>valeur absolue</i>	30	Diff Delta Axe vrai col - Axe CCD	11	°	<i>"+" si S1 lateral "; -" si méd</i>
11	Offset scétabulaire	77	mm	<i>valeur absolue</i>	31	Offset sup col/tête / diam tête	0.24		<i>valeur absolue</i>
12	Largeur minimale du col	35	mm	<i>valeur absolue</i>	32	Inclinaison cotyle/ bassin HTE	13	°	<i>degrés</i>
13	Longueur Col CC'	49	mm	<i>valeur absolue</i>	33	Inclinaison/ Centre tête VCT	56	°	<i>degrés</i>
14	Rapport largeur/longueur col	0.71		<i>valeur absolue</i>	34	Surf cartilage en contact ECT	73	°	<i>degrés</i>
15	Rapport diam tête/longueur col	1.04		<i>valeur absolue</i>					
16	Angle cervico-diaph CCD	128	°	<i>degrés</i>					
17	Hauteur G Troch / bassin	20	mm	<i>valeur absolue</i>					
18	Hauteur G Troch /Centre tête	-1	mm	<i>valeur absolue</i>					
19	Hauteur F Troch /bassin	33	mm	<i>valeur absolue</i>					
20	Hauteur F Troch / Centre tête	54	mm	<i>valeur absolue</i>					

ARIA - OrthoWave © 2009

2) Différentes mesures à partir du logiciel Pictin®

a) Mesures sur la radiographie de face:

- Diamètre de la tête en mm.
- Distance entre la ligne ilio ischiatique et le bord interne de la tête fémorale permettant de détecter la maladie protrusive.
- Angle de couverture externe de la tête fémorale par l'acétabulum (angle de Wiberg) VCE [143].
- Angle d'obliquité du toit de l'acétabulum de Sharp [144].
- L'offset fémoral [145] qui correspond à la distance entre le sommet du grand trochanter et le centre de la tête fémorale.
- L'offset acétabulaire qui correspond à l'offset global (distance entre le sommet du grand trochanter et la ligne ilio ischiatique).
- Largeur du col au niveau de son épaisseur minimale [146].
- Longueur du col fémoral [146]
- Rapport largeur / longueur du col fémoral
- Rapport diamètre tête / longueur du col
- Angle cervico-diaphysaire CC'D [147]
- 4 mesures permettant d'évaluer le rétablissement de la bonne longueur des membres inférieurs (distances sommet grand trochanter – ligne des U ; sommet grand trochanter – centre de la tête fémorale ; sommet du petit trochanter – ligne des U ; sommet du petit trochanter – centre de la tête fémorale)
- Distance entre le bord supérieur de la symphyse pubienne et la pointe coccygienne permettant d'évaluer la version pelvienne [72, 148, 149]
- Distance latérale entre le sommet de la symphyse pubienne et l'axe du sacrum permettant d'évaluer la rotation pelvienne [150]
- L'offset pelvien: distance entre le sommet du grand trochanter et la symphyse pubienne. Mis en rapport avec l'offset acétabulaire, cette mesure permet d'évaluer le bras de levier du moyen fessier en fonction de la largeur du bassin (thèse J. Cailliez).
- Distance entre le centre théorique de la tête fémorale estimée à l'aide du modèle de Pierchon [151] et le centre réel qui est automatiquement déterminé lors de la saisie des points. Cette distance peut être rapportée au diamètre de la tête fémorale afin d'éviter les biais de mesures liés à la variation de l'agrandissement de la radiographie. La médialisation et l'abaissement du centre de la tête par rapport au centre théorique étaient également recherchés.
- L'ICCP était mesuré en valeur absolue (sans rapporter au diamètre de la tête fémorale) et relative sur la radiographie de face [65].
- Différence angulaire (delta) entre l'axe cervico-diaphysaire et l'axe réel du col fémoral visant à détecter et quantifier la bascule vers le bas de la tête fémorale.
- L'offset supérieur qui correspond à la distance entre la tangente passant par le point le plus latéral de la tête fémorale et la tangente passant par la zone la plus étroite du col fémoral rapporté au diamètre de la tête fémorale. Les tangentes sont strictement parallèles à l'axe du col fémoral. En cas de translation inférieure de la tête fémorale, cet index diminue.

- L'angle d'inclinaison du toit du cotyle HTE dont la valeur normale doit être inférieure à 13°.
- L'angle VCT qui correspond à la couverture cartilagineuse interne de la tête fémorale par le toit du cotyle ($N > 34,5^\circ$) [152].
- L'angle ECT qui correspond à la couverture cartilagineuse complète de la tête fémorale par le toit du cotyle ($N > 63^\circ$) [152].

b) Mesures sur la radiographie de profil:

- Diamètre de la tête fémorale (en mm).
- Distance entre l'axe réel du col fémoral et le centre de la tête fémorale (en mm).
- Index cervico-céphalique de profil (ICCP).
- Angle alpha de Notzli

3) Classification de Tönnis

Grade	Characteristics
0	Absence of signs of osteoarthritis
1	Slight narrowing of the joint space, small marginal osteophytosis and slight sclerosis of the femoral head or acetabulum
2	Small cysts in the femoral head or acetabulum, increased narrowing of the joint space, moderate loss of sphericity of the femoral head
3	Large cysts, severe narrowing or obliteration of the joint space, severe deformation of the femoral head, avascular necrosis

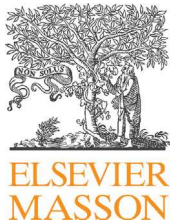
➤ Communications :

- HIP 2011 : *Prévalence des séquelles de l'épiphyse chez l'adulte présentant une coxarthrose au stade prothétique.*
- HIP 2011 : *Prévalence des séquelles de dysplasie de hanche chez l'adulte présentant une coxarthrose au stade prothétique.*
- SOFCOT 2012 : *Prévalence des séquelles de l'épiphyse chez l'adulte présentant une coxarthrose au stade prothétique.*
- SOFCOT 2013 (symposium) : *Fréquence des séquelles de l'épiphyse chez l'adulte présentant une coxarthrose au stade prothétique ou un conflit fémoro acétabulaire antérieur.*
- GECO 2014 : *Fréquence des signes radiographiques de séquelle d'épiphyse chez des sujets candidats à une prothèse totale de hanche pour coxarthrose.*
- EFFORT 2014 : *The lateral view head-neck index (LVHNI): a diagnostic tool for the sequelae of slipped capital femoral epiphysis.*
- SOFCOT 2014 : *Fréquence des déformations à type d'épiphyse chez les sujets présentant un conflit fémoro acétabulaire par effet came.*

➤ E poster :

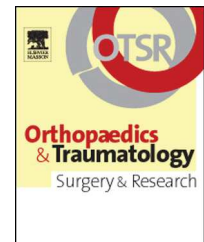
- SOFCOT 2012 : *L'index cervico céphalique de profil : outil diagnostique des séquelles d'épiphyseolyse.*

ARTICLES



Available online at
SciVerse ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com/en



ORIGINAL ARTICLE

The lateral view head-neck index (LVHNI): A diagnostic tool for the sequelae of slipped capital femoral epiphysis

J. Murgier^{a,*}, P. Chiron^a, E. Cavaignac^a, A. Espié^a,
X. Bayle-Iniguez^a, B. Lepage^b

^a Orthopaedics and Trauma Surgery, Musculoskeletal Institute, 5th floor, Pierre-Paul-Riquet Hospital, 308, avenue de Grande-Bretagne, 31059 Toulouse, France

^b Epidemiology Department, Health, Society and Rehabilitation Unit, Faculty of Medicine, 37, allée Jules-Guesde, 31073 Toulouse, France

Accepted: 6 March 2013

KEYWORDS

Slipped capital femoral epiphysis;
Lateral view head-neck index;
Hip osteoarthritis;
Hip X-ray;
Hip deformity

Summary

Introduction: It is a well-known fact that slipped capital femoral epiphysis (SCFE) is one of the causes of premature hip osteoarthritis and anterior femoroacetabular impingement. But there are no reliable, published diagnostic methods to measure the residual deformity of slipped capital femoral epiphysis. We propose using the lateral view head-neck index (LVHNI) measurement on a specific lateral X-ray view of the hip for this purpose.

Hypothesis: The LVHNI can detect and quantify the posterior translation of the femoral head and this index can be measured reliably.

Materials and methods: A prospective radiography study was performed by three observers. The hip X-rays of patients who were being treated by arthroplasty for hip osteoarthritis (total hip replacement or hip resurfacing) between January 2010 and December 2011 were analyzed. The LVHNI, which quantifies the posterior translation of the femoral head, was measured on a lateral view of the hip in 45° flexion/45° abduction/30° external rotation. The presence of a pistol grip deformity on A/P X-rays was also assessed.

Results: The analysis was performed on 131 hips in 120 patients having an average age of 61 years (range 37–91). The chosen LVHNI threshold of 9% resulted in a sensitivity of 89.1% (95% CI: 78.8%–95.5%) and a specificity of 82.4% (95% CI: 71.2%–89.7%) for detecting the presence of a pistol grip deformity. Twenty percent of the hips with no visible deformity on A/P X-rays had a pathological index value. The inter-observer reproducibility was good for the LVHNI [intraclass correlation coefficient (ICC): 0.61; 95% CI: 0.51–0.71] and for detecting a pistol grip deformity (ICC: 0.74; 95% CI: 0.62–0.85). The intra-observer reproducibility was excellent for the LVHNI (ICC: 0.78; 95% CI: 0.57–0.88) and the pistol grip deformity (ICC: 0.85; 95% CI: 0.74–0.92).

* Corresponding author. Tel.: +33 6 19 19 84 91; fax: +33 5 61 72 22 32.
E-mail address: murgier.jerome@hotmail.fr (J. Murgier).

Conclusion: The LVHNI is a reliable and reproducible tool to identify deformities secondary to SCFE on specific lateral femoral neck X-rays. If the index value is greater than 9%, SCFE sequelae may be present. In addition, this study showed that 20% of hips with normal A/P X-rays had a pathological index.

Level of evidence: Level IV, prospective diagnostic study without control group.

© 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

Slipped capital femoral epiphysis (SCFE) is usually diagnosed in adolescents based on intense or persistent pain in the hip joint [1]. Many have suggested that minor forms of subclinical SCFE exist that go undetected during childhood. These may be responsible for certain primary hip osteoarthritis cases because of the resulting cam-effect [2,3]. Studies that have sought to confirm this hypothesis by performing measurements on A/P X-rays have had debatable reproducibility [4]. Although the femoral head slips downwards relative to the neck axis, it mainly moves backwards. It seems logical to analyze this pathology using a lateral hip view, as described in children (Lauenstein view) [5].

The purpose of this study was to determine the reproducibility and threshold value for the lateral view head-neck index (LVHNI). This index quantifies the posterior translation of the femoral head center relative to the femoral neck axis on a specific lateral hip view (hip in 45° flexion/45° abduction/30° external rotation) [6]. This index was measured on X-rays of patients having advanced hip osteoarthritis that required hip arthroplasty. Our working hypothesis was that the LVHNI could be measured reliably and can detect and quantify posterior translation of the femoral head.

Material and methods

Patients

This was a prospective, continuous, single-center study where the X-rays of patients receiving hip arthroplasty (total hip replacement or hip resurfacing) for osteoarthritis between January 2010 and December 2011 were analyzed. This study consisted of performing of hip measurements on A/P and lateral views of each patient's hip. Three variables were defined on the X-rays: presence of a pistol grip deformity [7] on the A/P view, osteoarthritis stage according to the Tonnis classification [8] and LVHNI measurement on the lateral view. In all, 157 hips were analyzed during this period. All patients received a standard X-ray assessment at the same radiology center on the eve of the surgical procedure. This consisted of a weight-bearing A/P view of the pelvis and a special lateral frog-leg view with the patient supine and the hip in 45° flexion, 45° abduction and 30° external rotation. This experimentally [6] and clinically [9] validated frog-leg view, shows the anterior and posterior margins of the femoral neck and allows the true neck axis to be accurately determined, along with its position relative to the femoral head center (Fig. 1). The X-ray tube was placed 120 cm from the patient, and the A/P direction of the beam was centered over the pubic symphysis.

Patients were excluded if they had documented previous surgery or hip-femur pathology, very advanced osteoarthritis that does not allow the lateral X-ray to be performed because of significant hip stiffness, or a femoral head deformity that would interfere with precise analysis of the head center. The quality of the X-ray was ensured by evaluating the following criteria: obvious symmetry of the obturator holes and ilium wings [10], and also objective criteria to ensure that pelvic rotation (end of coccyx and symphysis pubis aligned within 1 cm) and pelvic version (end of coccyx and symphysis pubis within 1–3 cm of each other) were neutral [11]. The desired 15° of femur internal rotation was achieved when the base of the lesser trochanter was not visible and was obscured by the medial cortex of the femoral diaphysis [12]. These criteria were assessed carefully because even a slight rotational change could result in significant measurement differences [13]. When these criteria were applied to the 157 hips operated for hip osteoarthritis over the study period, only 131 were retained for the analysis (26 excluded or 16.6%).

Methods

The LVHNI was analyzed on a lateral view of the hip (Fig. 2). It was defined as the ratio between the smallest distance (d) separating the true femoral neck axis from the femoral head center (corresponding to the perpendicular line from the true neck axis passing through the head center) divided by the diameter of the femoral head (D') in centimeters. This ratio was expressed as a percentage to prevent inevitable centimeter-level measurement errors that occur because of inter-individual magnification differences related to a patient's size.

$$\text{LVHNI} = d/D' \times 100$$



Figure 1 Frog-leg 45°/45°/30° view that provides good visualization of the anterior and posterior margins of the femoral neck.

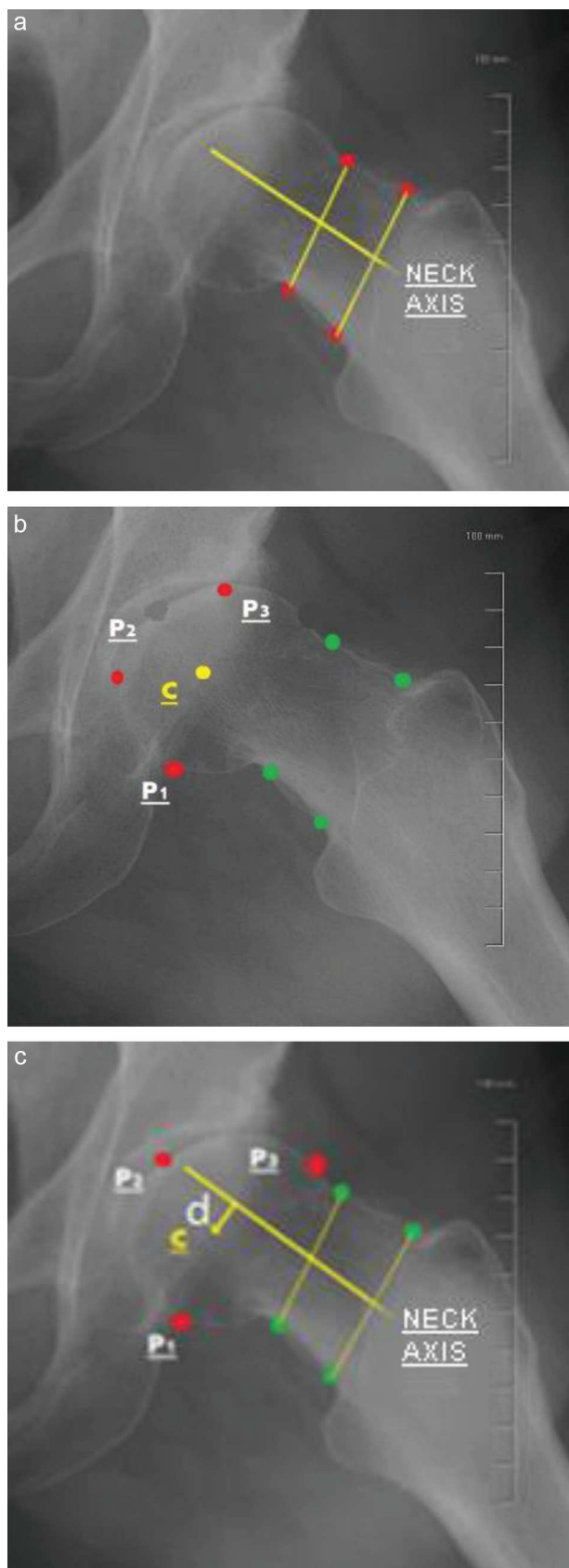


Figure 2 Placement of the points used to calculate the lateral view head-neck index. a: four points are placed on either side of the femoral neck axis forming two segments. The line joining

The true femoral neck axis was determined by placing two points on the anterior margin of the neck and two points on its posterior margin, with the points being as far apart as possible proximally and distally. The distal points had to be near the base of the femoral neck and the proximal points near the head-neck junction without including any anterior osteophytes. The axis corresponded to the line joining the middle of the two segments (proximal and distal) described above. The extension of the lesser trochanter must not be included when these points are positioned because this would [artificially] increase the index. The femoral head center was defined as the middle of three points (P1, P2, P3) placed on its periphery, which corresponds to a digitized version of the "Mose template" [14]. To avoid measurement bias, the points were placed in areas where the femoral head was free of osteophytes and not visibly deformed. These seven points were used to define the lateral view head-neck index (Fig. 2). When a pistol grip deformity is seen on A/P pelvis X-rays, it is thought to be the visible sequelae of slipped femoral epiphysis [7]. This appears as the superior margin of the head-neck junction being convex and the inferior head-neck junction being more concave (Fig. 3). We believe that the presence of this deformity on A/P views is a sign of significant displacement on a lateral view (by analogy with SCFE in adolescents where the displacement is less pronounced on A/P views than lateral views). As a consequence, a certain number of SCFE will only be visible on a lateral view.

Each patient's hip X-rays were imported into the Pictin™ imaging module of the OrthoWave™ software (Aria Sarl, Houdain, France). Automated digital measurements of the hip were performed based on the placement of various predefined points. The points needed to measure the LVHNI were integrated into this software by the developers. The measurements were performed by three independent observers (J.M., A.E., X.B-I.) using the same image acquisition software. The views were not initially paired (lateral, A/P) so as to not affect the measurements. Preoperative personal data [age, gender, body mass index (BMI), history] were stored in each patient's file.

Statistical methods

Statistical tests were performed with two software programs (Excel 2007, Microsoft, Redmond, USA; MedCalc™ version 11.6.1.0, MedCalc Software, Mariakerke, Belgium). The average, minimum and maximum values and 95% confidence intervals (95% CI) were calculated for each variable.

The Student's *t*-test was used to compare the averages of quantitative variables (age, LVHNI) between independent groups when the sample size was large enough ($n > 30$) and the assumptions of normality (D'Agostino-Pearson test) and

the middle of these two segments represents the true femoral neck axis; b: P1, P2 and P3 are placed around the femoral head perimeter to determine the head center (c); c: d is defined as the distance in centimeters between the femoral head center and a line perpendicular to the true neck axis that passes through the head center. D' is the diameter in centimeters of the femoral head. (LVHNI = $d/D' \times 100$).

Table 1 Sensitivity and specificity of index to reveal a pistol grip deformity as function of its threshold. A 9% threshold maintains enough sensitivity to detect a deformity on A/P X-rays and also to detect deformities on lateral views that are not visible on A/P views of the pelvis (specificity of 82.4%).

Threshold (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Correct classification (%)	Youden index (%)
8	90.6	66.2	78.0	56.8
9	89.1	82.4	85.6	71.4
10	89.1	89.7	89.4	78.7

equal variances (*F*-test) were met. The Mann-Whitney *U* test was used with osteoarthritis stage ordinal data because it was not normally distributed. The inter- and intra-observer reproducibility were determined with the intraclass correlation coefficient and interpreted using the Fleiss rules [15]. The correlation was considered excellent if the coefficient was between 80% and 100%, good if between 60% and 80%, and moderate to poor when lower. A *P*-value of 0.05 or less was considered as statistically significant.

Results

The analysis included 131 hips (120 patients); the average age was 61 years (range 37–91); the average osteoarthritis stage was 2.5 according to the Tönnis classification. The average LVHNI was 10%. The inter-observer reproducibility was good for the LVHNI [intraclass correlation coefficient (ICC)=0.61; 95% CI=0.51–0.71] and for detecting a pistol grip deformity (ICC=0.74; 95% CI=0.62–0.85). The intra-observer reproducibility was excellent for the LVHNI (ICC=0.78; 95% CI=0.57–0.88) and the pistol grip deformity (ICC=0.85; 95% CI=0.74–0.92). The area under the ROC curve was 0.91 (95% CI: 0.86–0.96) (Fig. 4). By correlating the presence of a pistol grip deformity on the A/P view with the lateral view head-neck index, we determined that a LVHNI value of 10% resulted in achieving a maximum sensitivity of 89.1% (95% CI: 78.8%–95.5%) and specificity of 89.7% (95% CI: 79.9%–95.8%) to detect a pistol grip deformity, along with a Youden index of 78.7% (Table 1). A lower

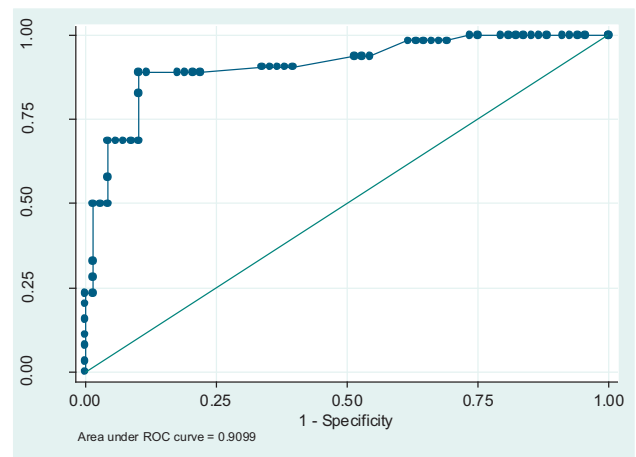


Figure 4 ROC curve. The inflection point of the curve defines a 10% threshold value. A reduction in this threshold leads to higher sensitivity and lower specificity; the inverse is also true.

value (9%) led to the detection of slipped femoral epiphysis that was visible only on the lateral view. This 9% threshold reduced the specificity to 82.4% (95% CI: 71.2%–89.7%) but had the same sensitivity for detecting a pistol grip deformity. Clinically, this translates to a greater number of patients without abnormal findings on the A/P X-rays having a pathological index value (greater number of false negatives). Most of the patients (56/69 hips) having a LVHNI above 9% also had a pistol grip deformity on A/P X-rays, unlike those having an index below 9% (7/68 hips). With a 9% threshold value, 13 of the 68 hips (20%) without a pistol grip deformity on A/P X-rays had a pathological index; 10% of hips with a pistol grip deformity had a non-pathological index value (Table 2).

There were 69 patients in the pathological LVHNI group > 9% and 62 in the LVHNI group < 9%. These two group

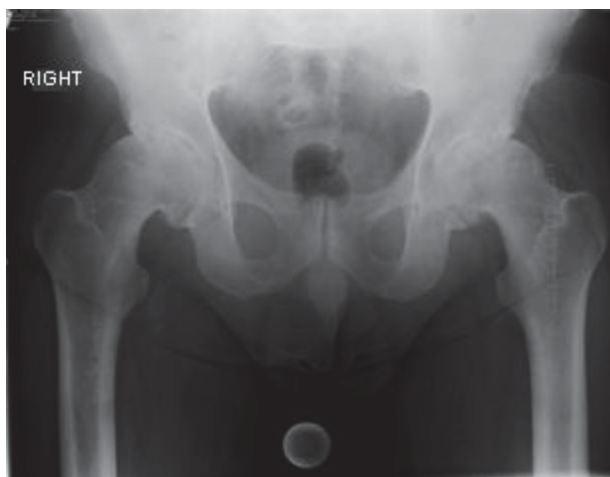


Figure 3 A/P X-rays of the pelvis showing a bilateral pistol grip deformity of the proximal femur.

Table 2 Number of patients in each group as a function of the index value and the presence of a pistol grip deformity (on A/P X-rays). This table shows that 20% of patients without a deformity on A/P X-rays actually have greater than 9% posterior translation and that 90% of patient with a pistol grip deformity have a pathological index.

	PG +	PG –
	63 hips	68 hips
LVHNI < 9%	7 cases (11%)	55 cases (80%)
LVHNI > 9%	56 cases (89%)	13 cases (20%)

PG: pistol grip; LVHNI: lateral view head-neck index.

Table 3 Number of patients in each group as a function of LVHNI value. The group with a lateral view head-neck index above 9% mostly consisted of men and developed osteoarthritis at a younger age than the group with a LVHNI below 9%.

	LVHNI > 9% group 69 cases	LVHNI < 9% group 62 cases	P-value
Age	57.5 years (37–78)	65.2 years (44–91)	0.0040
OA stage	2.4	2.6	0.0850
Average LVHNI	14.7% (9%–24%)	5.5% (0%–8%)	< 0.0001
Sex-ratio (M:F)	7.3:1	1.13:1	< 0.0001

Oa: osteoarthritis; LVHNI: lateral view head-neck index; M: male; F: female.

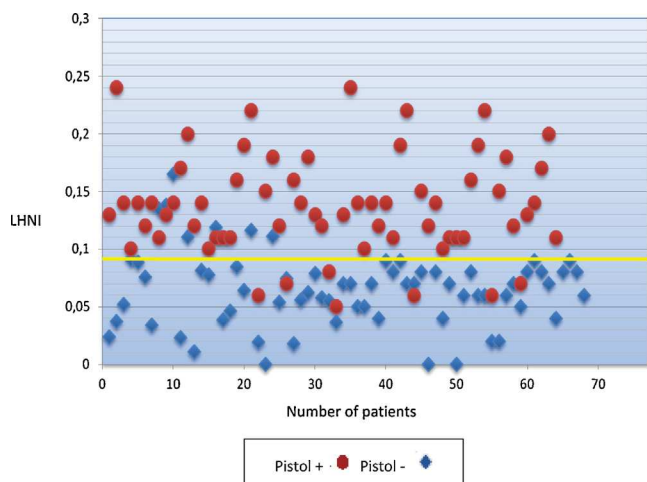


Figure 5 Scatter plot showing the number of patients (X-axis) as a function of the lateral view head-neck index (Y-axis). The 9% threshold value is shown in yellow. The circles correspond to pistol grip positive patients (PG+) and the diamonds correspond to the pistol grip negative patients (PG-).

sizes were comparable in terms of the osteoarthritis stage, but not in terms of gender. The male to female sex ratio was 7.3:1 in the LVHNI > 9% group and 1.13:1 in the other group. Also, the average age of patients in the pathological LVHNI group was about eight years less than in the non-pathological group (Table 3). There was also a trend towards femoral head retroversion in comparison to the neck of all the analyzed hips. Only three hips had an index value of 0 and none had a negative index value (Fig. 5).

Discussion

Our initial hypothesis was confirmed. The LVHNI can be used to determine and quantify the posterior translation of the femoral head center relative to the femoral neck axis, with good intra- and inter-observer reproducibility. The index value was considered pathological if the posterior translation of the femoral head was greater than 9%. Patients with a pathological index value were mostly male and younger than patients having a LVHNI within normal limits (below 9%). This is a reliable diagnostic method to measure the deformity sequelae of slipped femoral epiphysis in adults with osteoarthritis (Figs. 6 and 7). The LVHNI could also be measure on other standard lateral views of the femoral neck (Dunn, cross-table, etc.) or on CT scan slices or MRI

in the anteroposterior plane of the neck axis, which would be performed upon request or reconstructed with imaging software [16].

Our study has numerous limitations, the first being that a pistol grip deformity was used as evidence for SCFE sequelae. Although recognized as being the visible sequelae of SCFE [17,18], its etiology is currently debated, since some reports have suggest that it could be the result of femoroacetabular impingement [19] or osteoarthritis-related degeneration [20–22]. Stulberg et al. believed that this deformity was the sequelae of pathology acquired during childhood, either Legg-Perthes-Calve disease or SCFE [7]. Although the analysis of this deformity is subjective and observer-dependent, its reproducibility is good [23] and there is a proven relationship between a pistol grip deformity and hip osteoarthritis [23,24]. This was the most pertinent criterion and its use, by analogy in pediatrics, was based on the idea that SCFE viewed on A/P X-rays is also displaced on the lateral view, while a displacement visible on the lateral view might not be associated with a pistol grip deformity on A/P view (20% of cases in this study). Thus, we used this reference to set a high threshold value and to assume that an index value above 9% was a sign of SCFE sequelae, so as to minimize the bias relative to this reference. A second limitation involves the precision of the measurement methods used in this study to define the true femoral neck axis and femoral head center. Since the shape of the femoral neck resembles an ovoid cylinder, the true neck axis should be analyzed in a three-dimensional radiographic study. But the fact that we precisely and strictly standardized the lateral view position (45°/45°/30°) allows us to think in two dimensions and assume that the neck has a rectangular shape, which greatly reduces the measurement bias. In addition, our current clinical practice does not include a preoperative CT scan or MRI for standard hip replacement surgery. The location of the femoral head center was determined with a standard three-point method. For patients with advanced osteoarthritis and femoral head deformity, the points were placed on the spherical part of the femoral head. If the deformity was too extensive, the analysis was not performed. The EOS™ system (EOS, Paris, France) could be an alternative to the 3D analysis of this index. Third, a significant number of patients (16.6%, 26 of 157) were excluded. Although this number of exclusions is acceptable, we excluded X-rays that did not fit within our predefined, strict quality criteria because we were concerned with optimizing the measurement and results. Since these X-rays were excluded a priori from the hip measurements, the validity of this study should not be affected.

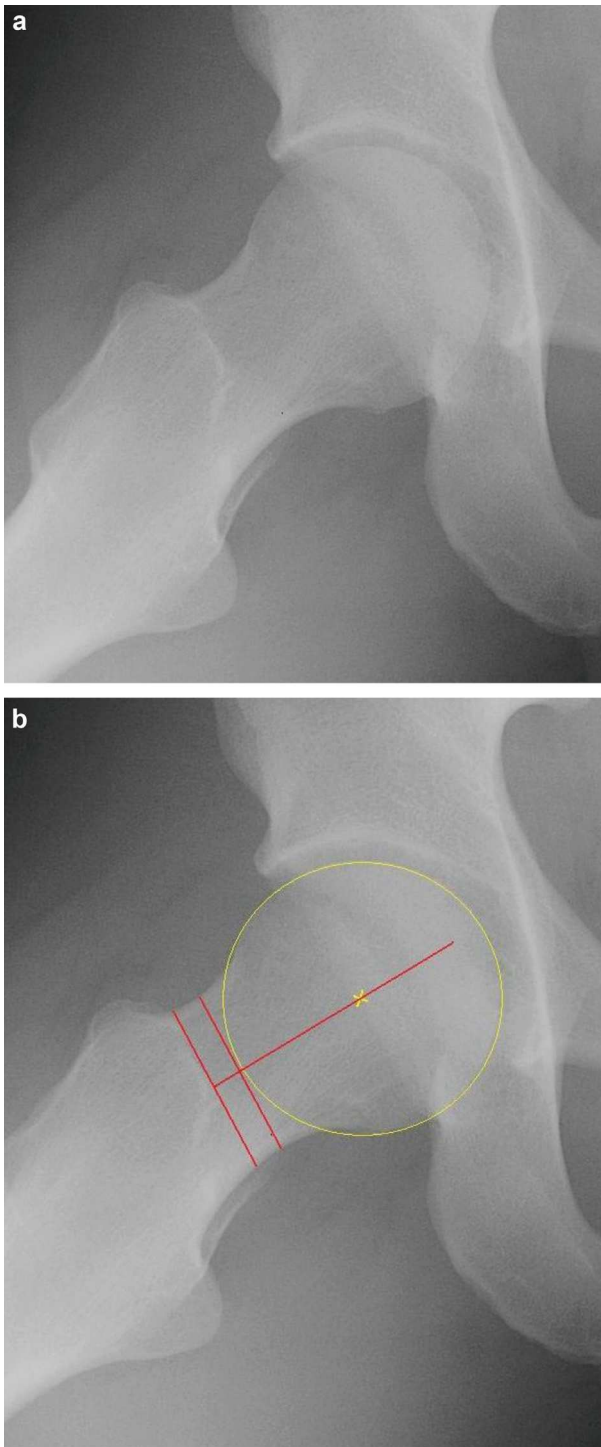


Figure 6 a: lateral view ($45^\circ/45^\circ/30^\circ$) of normal hip (index < 9%); b: the femoral neck axis bisects the femoral head center. The lateral view head-neck index was 0%.

Various series have found that idiopathic hip osteoarthritis makes up 30 to 80% of cases [25–27]. This is in part related to the lack of validated diagnostic methods to look for SCFE sequelae on lateral views of the hip, while its mechanical impact (cam-effect) on the progression of arthritis has been clearly demonstrated in femoroacetabular impingement studies [3,9,25,28]. The standard diagnostic criteria

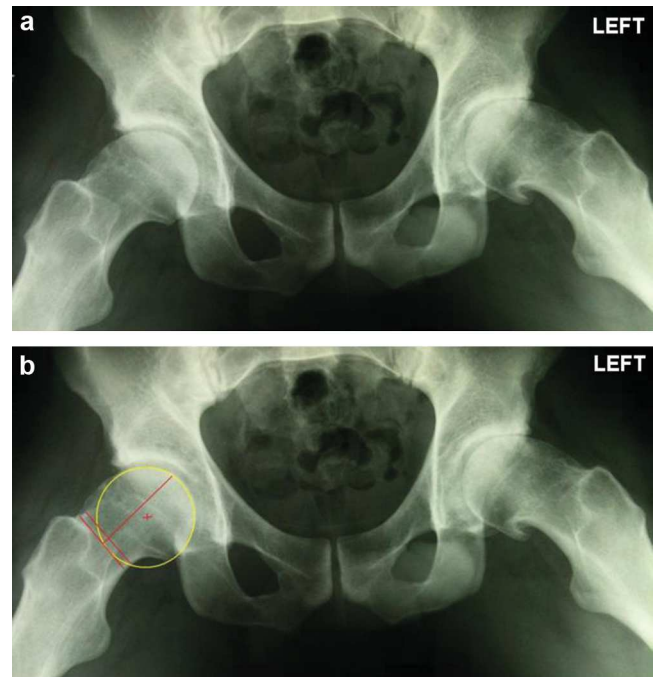


Figure 7 a: lateral view ($45^\circ/45^\circ/30^\circ$) of pathological hip; b: the neck axis does not pass through the femoral head center. The lateral view head-neck index was 14%.

for SCFE in children cannot be used in adults. Klein's line is disrupted by the presence of anterior osteophytes secondary to the arthritis and Southwick angle [29] cannot be measured since the growth plates are closed. Various authors have sought to prove with X-rays that SCFE is a significant cause of early hip osteoarthritis, but only A/P views were used: measurement of femoral head ratio [30], pistol grip deformity [7], distance between the femoral head center and neck axis [12,31]. There has been growing interest in the anatomy of the head-neck junction over the past 10 years, with the development of measurements that can be used in the diagnosis of hip impingement [20,32]. The measurement of the anterior femoral head-neck offset on lateral radiographs (cross-table) [33], the alpha angle [34] and the triangular index [24] have advanced hip impingement research by demonstrating the presence of an anterior bump at the head-neck junction, but have not shed light on the causes of this impingement. These measurements cannot be used to look for SCFE sequelae because they included all the known etiologies for hip impingement.

Our study was also based on previous anatomy work [17,18] on X-rays of mature cadaver specimens where the posterior and inferior tilting of the femoral head could be easily visualized on lateral views. Goodman et al. [18] demonstrated that the incidence of this deformity was the same in the various age brackets studied, which meant that this was not a degenerative deformity secondary to arthritis-related remodeling, but a deformity acquired in young subjects that progressed to osteoarthritis. This was in direct conflict with the conclusions of Resnick [35]. He proposed using a measurement similar to the Southwick angle in adults, but it could not be performed on standard X-rays [34]. The LVHNI was inspired by conclusions drawn

from these various published studies and guided by the goal of moving towards determining the etiology of hip osteoarthritis using simple, standard X-rays. An X-ray analysis could be performed to compare the value of this index between a young, healthy population and a population with hip impingement to help refine the threshold value and to have a prognostic value for hip osteoarthritis progression in these patients. This work could be supplemented by an epidemiological study where the LVHNI is used to determine the proportion of SCFE sequelae in hip osteoarthritis.

Conclusion

The lateral view head-neck index is a simple, reproducible radiography tool that reveals the sequelae of SCFE in adults with hip osteoarthritis using a specific lateral X-ray view. Its implementation could be beneficial in the search for etiological factors in hip osteoarthritis and also anterior femoroacetabular impingement.

Disclosure of interest

P. Chiron is a consultant for Zimmer, Smith and Nephew and Sanofi, and has received royalties from Zimmer and Integra. The other authors have no conflict of interest to disclose relative to this article.

Acknowledgements

We are grateful to Jean-Alain Epinette, inventor of the OrthoWave™ software for collaborating with us on this project.

References

- [1] Odent T, Pannier S, Glorion C. Épiphyse fémorale supérieure. EMC- appareil locomoteur 2006, [http://dx.doi.org/10.1016/S0246-0521\(06\)40309-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0246-0521(06)40309-0) [14-321-A-21].
- [2] Elmslie RC. Remarks on aetiological factors in osteoarthritis of the hip joint. *Br Med J* 1933;1:1–46.
- [3] Nogier A, Bonin N, May O, Gedouin JE, Bellaiche L, Boyer T, et al. Descriptive epidemiology of mechanical hip pathology in adults under 50 years of age. Prospective series of 292 cases: clinical and radiological aspects and pathophysiological review. *Orthop Traumatol Surg Res* 2010;96:53–8.
- [4] Clohisy JC, Carlisle JC, Trousdale R, et al. Radiographic evaluation of the hip has limited reliability. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:666–75.
- [5] Santili C, de Assis MC, Kusabara FI, Romero IL, Sartini CM, Longui CA. Southwick's head-shaft angles: normal standards and abnormal values observed in obesity and in patients with epiphysiolysis. *J Pediatr Orthop B* 2004;13:244–7.
- [6] Cavaignac E, Chiron P, Espie A, Reina N, Lepage B, Laffosse JM. Experimental study of an original radiographic view for diagnosis of cam-type anterior femoroacetabular impingement. *Int Orthop* 2012;36:1783–8.
- [7] Stulberg SD, Cordell LD, Harris WH. Unrecognized childhood hip disease: a major cause of idiopathic osteoarthritis of the hip. In: Amstutz HC, editor. *The hip: proceedings of the third open scientific meeting of the hip society*. St Louis: CV Mosby; 1975.
- [8] Tonnis D. Normal values of the hip joint for the evaluation of x-rays in children and adults. *Clin Orthop Relat Res* 1976;119:39–47.
- [9] Chiron P, Espie A, Reina N, Cavaignac E, Molinier F, Laffosse JM. Surgery for femoroacetabular impingement using a minimally invasive anterolateral approach: analysis of 118 cases at 2.2-year follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012;98:30–8.
- [10] Godefroy D, Chevrot A, Morvan G, Rousselin B, Sarazin L. Plain films of pelvis. *J Radiol* 2008;89:679–90.
- [11] Tannast M, Murphy SB, Langlotz F, Anderson SE, Siebenrock KA. Estimation of pelvic tilt on anteroposterior x-rays – a comparison of six parameters. *Skeletal Radiol* 2006;35:149–55.
- [12] Lequesne M, Lemoine A, Massare C. The "Complete" Coxo-femoral radiographic examination. Detection and preoperative aspects of structural defects of the hip. *J Radiol Electrol Med Nucl* 1964;45:27–44.
- [13] Siebenrock KA, Kalbermatten DF, Ganz R. Effect of pelvic tilt on acetabular retroversion: a study of pelvis from cadavers. *Clin Orthop Relat Res* 2003;241–8.
- [14] Mose K. Methods of measuring in Legg-Calve-Perthes disease with special regard to the prognosis. *Clin Orthop Relat Res* 1980;103–9.
- [15] Fleiss J. *Methods for rates and proportions*. New York: Wiley; 1982.
- [16] Rosset A, Spadola L, Ratib O. Osirix: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. *J Digit Imaging* 2004;17:205–16.
- [17] Cooperman DR, Charles LM, Pathria M, Latimer B, Thompson GH. Post-mortem description of slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg (Br)* 1992;74:595–9.
- [18] Goodman DA, Feighan JE, Smith AD, Latimer B, Buly RL, Cooperman DR. Subclinical slipped capital femoral epiphysis. Relationship to osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg (Am)* 1997;79:1489–97.
- [19] Ito K, Minka 2nd MA, Leunig M, Werlen S, Ganz R. Femoroacetabular impingement and the cam-effect. An MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset. *J Bone Joint Surg (Br)* 2001;83:171–6.
- [20] Beck M, Kalhor M, Leunig M, Ganz R. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg (Br)* 2005;87:1012–8.
- [21] Resnick D. The "tilt deformity" of the femoral head in osteoarthritis of the hip: a poor indicator of previous epiphysiolysis. *Clin Radiol* 1976;27:355–63.
- [22] Tanzer M, Noiseux N. Osseous abnormalities and early osteoarthritis: the role of hip impingement. *Clin Orthop Relat Res* 2004;429:170–7.
- [23] Doherty M, Courtney P, Doherty S, Jenkins W, Maciewicz RA, Muir K, et al. Nonspherical femoral head shape (pistol grip deformity), neck shaft angle, and risk of hip osteoarthritis: a case-control study. *Arthritis Rheum* 2008;58:3172–82.
- [24] Gosvig KK, Jacobsen S, Sonne-Holm S, Palm H, Troelsen A. Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis: a population-based survey. *J Bone Joint Surg (Am)* 2010;92:1162–9.
- [25] Clohisy JC, Dobson MA, Robison JF, Warth LC, Zheng J, Liu SS, et al. Radiographic structural abnormalities associated with premature, natural hip-joint failure. *J Bone Joint Surg (Am)* 2011;93(Suppl. 2):3–9.
- [26] Hoaglund FT, Steinbach LS. Primary osteoarthritis of the hip: etiology and epidemiology. *J Am Acad Orthop Surg* 2001;9:320–7.
- [27] Pedersen A, Johnsen S, Overgaard S, Soballe K, Sorensen HT, Lucht U. Registration in the Danish hip arthroplasty registry: completeness of total hip arthroplasties and positive predictive

- value of registered diagnosis and postoperative complications. *Acta Orthop Scand* 2004;75:434–41.
- [28] Ganz R, Leunig M, Leunig-Ganz K, Harris WH. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:264–72.
- [29] Southwick WO. Osteotomy through the lesser trochanter for slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1967;49:807–35.
- [30] Murray RO. The aetiology of primary osteoarthritis of the hip. *Br J Radiol* 1965;38:810–24.
- [31] Compaore C, Lequesne M. Risk factors of the incidence of hip osteoarthritis. *Rev Rhum* 2009;76:325–30.
- [32] Toogood PA, Skalak A, Cooperman DR. Proximal femoral anatomy in the normal human population. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:876–85.
- [33] Eijer H, Leunig M. Cross-table lateral radiographs for screening of anterior femoral head-neck offset in patients with femoro-acetabular impingement. *Hip Int* 2001;16:37–41.
- [34] Notzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, Schmid MR, Treiber K, Hodler J. The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg (Br)* 2002;84:556–60.
- [35] Resnick D. Osteophytosis of the femoral head and neck. *Arthritis Rheum* 1983;26:908–13.

■ HIP

The frequency of sequelae of slipped upper femoral epiphysis in cam-type femoroacetabular impingement

J. Murgier,
N. Reina,
E. Cavaignac,
A. Espié,
X. Bayle-Iniguez,
P. Chiron

From Pierre Paul Riquet Hospital, Toulouse, France

Slipped upper femoral epiphysis (SUFE) is one of the known causes of cam-type femoroacetabular impingement (FAI). The aim of this study was to determine the proportion of FAI cases considered to be secondary to SUFE-like deformities.

We performed a case–control study on 96 hips (75 patients: mean age 38 years (15.4 to 63.5)) that had been surgically treated for FAI between July 2005 and May 2011. Three independent observers measured the lateral view head–neck index (LVHNI) to detect any SUFE-like deformity on lateral hip radiographs taken in 45° flexion, 45° abduction and 30° external rotation. A control group of 108 healthy hips in 54 patients was included for comparison (mean age 36.5 years (24.3 to 53.9)).

The impingement group had a mean LVHNI of 7.6% (16.7% to -2%) versus 3.2% in the control group (10.8% to -3%) ($p < 0.001$). A total of 42 hips (43.7%) had an index value $> 9\%$ in the impingement group versus only six hips (5.5%) in the control group ($p < 0.001$). The impingement group had a mean α angle of 73.9° (96.2° to 53.4°) versus 48.2° (65° to 37°) in the control group ($p < 0.001$).

Our results suggest that SUFE is one of the primary aetiological factors for cam-type FAI.

Cite this article: *Bone Joint J* 2014; 96-B:724–9.

Femoroacetabular impingement (FAI) is a known cause of hip pain and reduction in range of hip movement in young, athletic subjects.^{1,2} A variable number of hips with FAI progress to osteoarthritis (OA) in the long term.^{3–7} One of the aetiological factors for cam-type FAI is a slipped upper femoral epiphysis (SUFE).^{8–10} Because the femoral head is tilted downwards and backwards relative to the femoral neck, the anterior and superior offset ratio is reduced, thereby causing premature contact between the acetabulum and the anterior edge of the femoral neck, which results in bony, labral and cartilaginous injuries.^{11–13} Other aetiological factors, such as Legg–Calvé–Perthes’ disease¹⁴ and fracture of the femoral neck,¹⁵ are much less common. In most cases, the origin of FAI is uncertain, meaning that it is usually termed primary hip impingement.¹⁶

We developed a radiological measurement tool called the lateral view head–neck index (LVHNI)¹⁷ and used it to detect SUFE-like deformity, which is surprisingly common and often goes undetected in teenagers.¹⁸ It seems difficult to relate such a morphological abnormality to an asymptomatic pathology during childhood or adolescence; however, several studies have reported the presence of FAI following SUFE^{19–21}; none have looked into the frequency of residual SUFE-like deformities in

symptomatic patients. We put forward the hypothesis that a large proportion of cam-type FAI cases are secondary to SUFE. We have determined the frequency of SUFE-like deformity by measuring the LVHNI on specific lateral radiographs of the hip,²² and compared these findings with a group of healthy control patients.

Patients and Methods

We performed a case–control study of patients undertaking an operation for cam-type FAI impingement at a single centre between July 2005 and May 2011. During this period, all 96 cases of cam-type hip impingement involving 75 patients were included. All of the FAI patients underwent femoral neck osteoplasty using a minimally invasive Rottinger approach.^{2,23} They were evaluated by radiographs on the day before their procedure.

The FAI patients were compared with a control group, which consisted of 54 subjects (108 hips) admitted to the emergency room during a single calendar year (2011). These control patients had suffered a pelvic injury after a fall, and had no history of hip-joint disease. Radiographs were indicated for pain in their pelvis – but not the hip – when they attempted to stand. A lateral frog-leg

■ J. Murgier, MD, Orthopaedic Surgeon
 ■ N. Reina, MD, MSc, Orthopaedic Surgeon
 ■ A. Espié, MD, Orthopaedic Surgeon
 ■ E. Cavaignac, MD, Orthopaedic Surgeon
 ■ X. Bayle-Iniguez, MD, Orthopaedic Surgeon
 ■ P. Chiron, MD, Professor Pierre Paul Riquet Hospital, Orthopaedics and Trauma Surgery, Musculoskeletal Institute, 308 avenue de Grande Bretagne, 31059, Toulouse, France.

Correspondence should be sent to Dr J. Murgier; e-mail: murgier.jerome@hotmail.fr

©2014 The British Editorial Society of Bone & Joint Surgery
 doi:10.1302/0301-620X.96B6.33000 \$2.00

Bone Joint J
 2014;96-B:724–9.
 Received 11 August 2013;
 Accepted after revision 12 March 2014



Fig. 1

Lateral frog-leg radiograph of a 43-year-old man, with the hip in 45° flexion, 45° abduction and 30° external rotation. The anterior bump can be easily seen on this view, along with bilateral residual slipped upper femoral epiphysis-like deformity.

radiograph was performed routinely on these controls in order to ensure that the hip itself was not injured. These two groups were similar, with a mean age of 38 years (15.4 to 63.5) for the impingement group and 36.5 years (24.3 to 53.9) for the control group ($p > 0.3$, chi squared). The gender ratio (male:female) revealed more men in both groups: 5:1 in the impingement group (80 males *vs* 16 females) and 4.4:1 in the control group (88 males *vs* 20 females).

Diagnosis. The diagnosis of hip impingement was made based on the clinical criteria of hip pain with reduced range of movement, particularly in flexion and internal rotation, and radiographic criteria of an α angle $> 55^\circ$ ²⁴ (this is the angle between a line drawn from the centre of the femoral head through the centre of the femoral neck, and a line from the centre of the femoral head to the femoral head-neck junction), reduced anterior offset ratio and the presence of a bump on the femoral neck.²⁵ The radiographic exposures consisted of an anteroposterior (AP) view of the pelvis and a specific lateral frog-leg view with the patient supine and the hip in 45° flexion, 45° abduction and 30° external rotation.²² This frog-leg view reveals the anterior and posterior sides of the femoral neck, and allows precise analysis of the neck axis and its position relative to the centre of the femoral head (Fig. 1). The x-ray tube was placed 120 cm from the patient, and the AP direction of the beam was centred over the pubic symphysis. Radiographic quality criteria were assessed to reduce measurement bias, as even slight changes in alignment can lead to substantial variations.²⁶ These included the symmetry of both obturator foramina,²⁷ pelvic rotation (coccyx to symphysis pubis alignment) and pelvic tilt (coccyx to symphysis pubis distance of 1 cm to 3 cm).²⁸

Assessment method. The LVHNI was measured in all patients. This index detects SUFE-like deformity by quanti-

fying the posterior translation of the centre of the femoral head relative to the neck axis, irrespective of the cause. The primary outcome was the LVHNI; a value $\geq 9\%$ was evidence of SUFE-like deformity.¹⁷ Secondary outcomes were the α angle²⁴ and the Tönnis OA stage.²⁹

Automated digital measurements of each hip were taken using Pictin imaging software (Aria Sarl, Houdain, France), into which the various reference measurements had been integrated. After seven reference points were identified on the lateral view, this module was used to calculate and collect the desired values (LVHNI and α angle) (Fig. 2). These values were saved, along with each patient's pre-operative information (age, gender, body mass index (BMI), medical and surgical history) in patient data files using OrthoWave Software (Aria Sarl, Houdain, France). The analysis was performed by three independent examiners (JM, AE, XB-I) and the mean of the three values obtained for the LVHNI was recorded. Each examiner analysed the radiographs twice within 45 days to evaluate intra-observer variability.

Statistical analysis. Statistical analyses were performed using Excel (2007 version, Microsoft, Redmond, Washington) and MedCalc (version 11.6.1.0, MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium). Variables were described using mean, range and 95% confidence intervals (CI). Normal values were estimated by calculating the 95% reference intervals according to Clinical and Laboratory Standards Institute recommendations, Guidelines C28-A3.³⁰ Tests to compare mean values were chosen based on the sample size and distribution of the studied variable. Normality was determined using the D'Agostino-Pearson test. When the sample size was < 30 or the data were not normally distributed, independent and paired samples were analysed using Mann-Whitney and Wilcoxon's signed tests, respectively. When the sample size was > 30 and the data were normally distributed, independent and paired samples were analysed with corresponding versions of Student's *t*-test. The chi-squared test was used to determine relationships between qualitative variables. A p -value ≤ 0.05 was considered statistically significant. Inter- and intra-observer reproducibility was determined by calculating the intraclass correlation coefficient (ICC) for the quantitative variables and with the Fleiss κ coefficient for qualitative variables.

Results

The impingement group had a significantly higher mean LVHNI of 7.6% *versus* 3.2% for the control group ($p < 0.001$, chi-squared test) (Table I), (Figs 3 and 4). Of the 96 hips in the impingement group, 42 (43.7%) had an index value $> 9\%$ compared with only six hips (5.5%) of the 108 hips in the control group ($p < 0.001$, chi-squared test). Thus, 42 hips (43.7%) had impingement secondary to SUFE-like deformities *versus* six (5.5%) in the control group. The subgroup of patients with LVHNI $> 9\%$ was primarily male (35 males *vs* 7 females) (5:1) and had a mean age of 43.6 years (28 to 63). The LVHNI had a good inter-observer reproducibility (ICC = 0.611, 95% CI 0.706

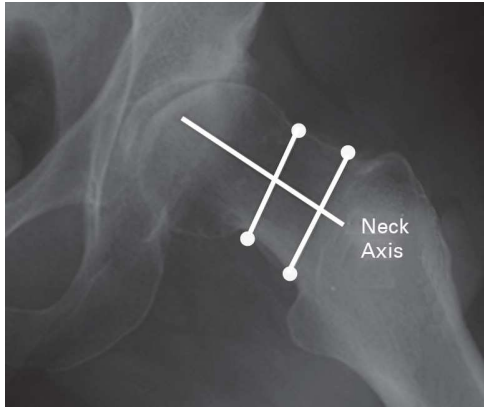


Fig. 2a

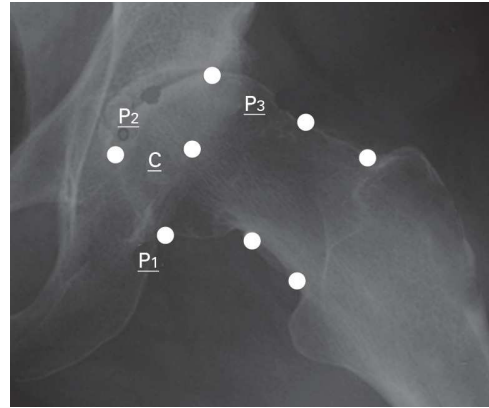


Fig. 2b

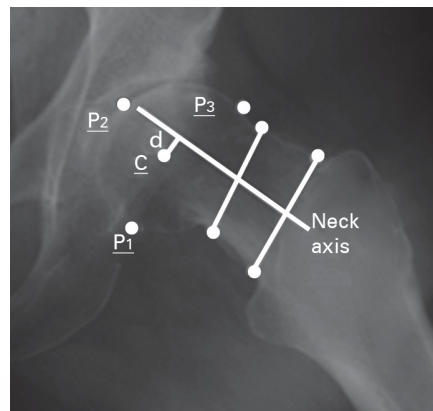


Fig. 2c

Radiographs showing placement of points used to determine the lateral view head-neck index (LVHNI) on a sample radiograph from a 38-year-old man. The LVHNI is defined as $d/D \times 100$, where d = the distance between the centre of the femoral head and a line perpendicular to the true neck axis, which passes through the centre of the head, and D = the diameter of the femoral head. Figure 2a – Four points are placed on either side of the femoral neck axis, forming two segments. The true neck axis corresponds to the line joining the mid-points of these two segments (proximal and distal). Figure 2b – P1, P2 and P3 are placed around the perimeter of the femoral head to determine the centre of the femoral head (c). Figure 2c – The distance d is measured automatically and related to the diameter of the femoral head in order to measure the LVHNI.

Table I. Clinical and radiographic data for the femoroacetabular impingement (FAI) and control groups

	FAI group (96 hips)	Control group (108 hips)	p-value*
Mean age (range) (years)	38 (15.4 to 63.5)	36.5 (24.3 to 53.9)	0.13
Gender ratio (M:F)	80:16 (5:1)	88:20 (4.4:1)	0.10
Mean lateral view head-neck index (range)	7.6% (16.7% to -2%) 95% CI 8.3% to 6.9%	3.2% (10.8% to -3%) 95% CI 4.1% to 2.4%	< 0.001
Mean α angle	73.9° (96.2° to 53.4°) 95% CI 72.02° to 75.81°	48.2° (65° to 37°) 95% CI 46.48° to 49.96°	< 0.001
Median Tönnis osteoarthritis stage	1 (0 to 3)	0 (0 to 1)	

*chi squared test

to 0.506) and excellent intra-observer reproducibility (ICC = 0.778, 95% CI 0.876 to 0.569).

The impingement group had a significantly greater mean α angle (73.9°) than the control group (48.2°) (Table I) ($p < 0.001$, chi-squared test). Both the inter-observer (ICC = 0.770, 95% CI 0.843 to 0.668) and the intra-

observer reproducibility (ICC = 0.910; 95% CI 0.946 to 0.840) were excellent for this variable.

The median Tönnis OA grade was 1 (0 to 3) for the impingement group and 0 (0 to 1) for the control group. The inter-observer reproducibility (ICC = 0.571, 95% CI 0.651 to 0.492) and intra-observer reproducibility



Fig. 3a

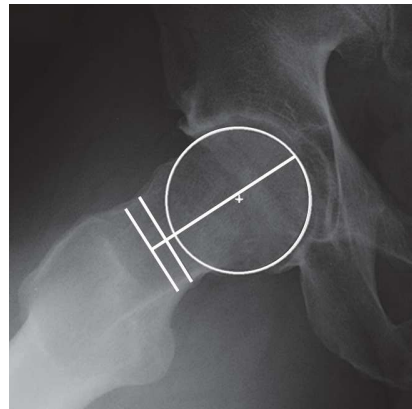


Fig. 3b

Radiographs showing a) frog-leg view in a 40-year-old woman with hip impingement and b) the measured lateral view head-neck index (LVHNI) of 2%, indicating no residual slipped upper femoral epiphysis-like deformity.

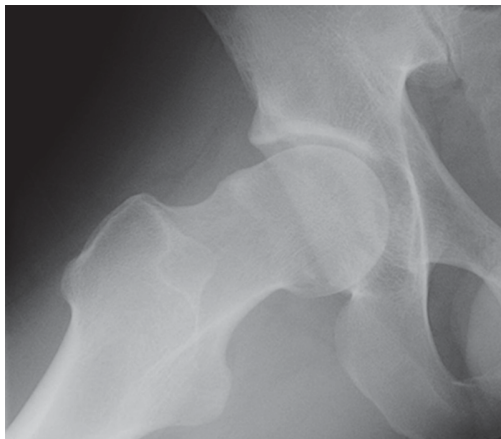


Fig. 4a

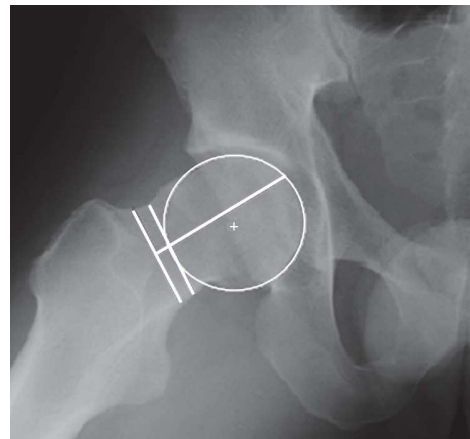


Fig. 4b

Radiographs showing a) frog-leg view in a 42-year-old man with cam-type hip impingement, and b) the measured lateral view head-neck index (LVHNI) of 10.5%, suggestive of a slipped upper femoral epiphysis-like deformity.

(CCI = 0.774, 95% CI 0.853 to 0.694) were good for this measurement.

Discussion

Our aim was to quantify the proportion of cam-type impingement cases that are probably due to SUFE. We were able to show that 43.7% of cam-type impingement cases had a SUFE-like deformity, *versus* 5.5% in a control group.

SUFE is a hip disorder affecting teenagers that can progress to hip impingement in the medium term, and may develop into premature OA in the longer term.³¹⁻³³ Impingement is more prevalent when the initial head tilt is significant or the SUFE is surgically stabilised in a non-anatomical position.^{8,34} Several studies have reported on the progression of hip impingement over the long term after treatment of SUFE.^{8,32,35-37} However, to our knowledge no study has looked into the frequency of such morphology in a population of FAI patients.

One of the strengths of this study is that it revealed potential subclinical SUFE cases that may have gone unnoticed during childhood.¹⁸ Although this problem is said to be rare in children, it appears to be a common cause of hip OA in adults.^{18,38} It is the most common aetiology for hip OA in persons < 60 years of age (35.7%)³⁹ and for nearly half of cam-type FAI cases (43.7%) in our study. This supports our view that a portion of SUFE cases are not being detected. This idea is controversial but is supported by Goodman et al,¹⁸ whose cadaver investigation found the prevalence of residual SUFE deformity to be similar in the different age brackets. This finding contradicts the idea that this characteristic head-neck junction abnormality could be secondary to hip joint degeneration.⁴⁰ However, a substantial portion of the active, asymptomatic population with cam-type neck deformity⁴¹ will not develop OA of the hip over time.⁴² We could not evaluate this possibility in this study.

Although numerous radiography-based indices have been used to diagnose or quantify hip impingement, such as Nötzli's α angle^{24,42,43,44,45} triangular index⁴⁶ or anterior offset ratio,²⁴ none can shed light on its aetiology. The standard diagnostic criteria for SUFE in children cannot be used in adults. Klein's line⁴⁷ is disrupted by the presence of anterior osteophytes, and the Southwick⁴⁸ and posterior sloping⁴⁹ angles cannot be measured because the growth plates have fused. The head is tilted backwards instead of downwards, which can only be seen on a lateral view. Pistol-grip deformity and femoral head ratio⁵⁰ are evaluated on AP views of the pelvis, but these measures cannot be used because of their poor reproducibility and the risk of underestimating the true number of SUFE cases.^{51,52} We have previously validated the ability of the LVHNI to reveal SUFE-like deformity in adults on a suitable lateral view of the hip (45°/45°/30°).¹⁷ This index allows us to see beyond the presence of anterior osteophytes and precisely detects posterior femoral head-translation relative to the femoral neck, no matter the cause. However, we cannot conclusively state that these deformities are secondary to undetected SUFE, because some form of abnormal bone remodelling can appear in adolescents.¹ As a consequence, we have qualified our patients as having a SUFE-like deformity.

Every study evaluating the sequelae of SUFE reports that men have this problem more often than women, regardless of which outcome measurement is used. The gender ratio ranges from 1.3 to 14 men to one woman.^{9,11,16,53,54} The gender ratio in this study (5:1) is within this range, but is much higher than the ratio reported in a paediatric study (1.65:1).⁵⁵

The prevalence of cam-type hip impingement on radiographs in the general population^{56,57} varies between 10% and 24%, with this finding most common in men.⁴³ MR imaging was used in asymptomatic subjects to show that cam-type deformity occurred as the growth plate was closing, especially in male athletes.⁵⁸ In a CT study of asymptomatic teenagers, cam-type deformity appeared at between ten and 12 years of age, which confirms that it is acquired during the teenage years and can go unnoticed.⁴⁵ It is also known that subclinical slipped upper femoral epiphysis can go unnoticed during the teenage years because it is chronically stable, but goes on to have clinical signs in young adults who overtax their hip in flexion during sporting activity, and cause impingement.¹ Our study found that 43.7% of patients with cam-type impingement had this problem. These data bring into question the current diagnostic criteria for SUFE in children, as they apparently fail to detect all cases. It also raises the possibility of implementing preventive programmes in at-risk subjects by altering their sports activities to reduce the repeated loads placed on the growth plate as it is closing.⁵⁹

Our study has limitations. Recruiting patients for the control group among patients seen in the emergency room could have resulted in bias. However, their recruitment was

performed continuously, taking the first 54 sequential patients who had emergency lateral view hip radiographs performed.

The strength of our study included the multi-observer design with inter- and intra-observer correlations that validate measurement quality, and the use of a single-radiology centre, which ensured that radiographs were performed in a reproducible manner by the same team on a routine basis. The inclusion of a comparison group increased the level of evidence.

In conclusion, we found that a significant number of patients with cam-type FAI had a SUFE-like deformity. This reinforces the hypothesis that SUFE is a relatively common problem, with many undetected subclinical cases.

No benefits in any form have been received or will be received from a commercial party related directly or indirectly to the subject of this article.

This article was primarily edited by G. Scott and first proof edited by D. Rowley.

References

1. Siebenrock KA, Behning A, Mamisch TC, Schwab JM. Growth plate alteration precedes cam-type deformity in elite basketball players. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471:1084–1091.
2. Chiron P, Espie A, Reina N, et al. Surgery for femoroacetabular impingement using a minimally invasive anterolateral approach: analysis of 118 cases at 2.2-year follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012;98:30–38.
3. Clohisy JC, Dobson MA, Robison JF, et al. Radiographic structural abnormalities associated with premature, natural hip-joint failure. *J Bone Joint Surg [Am]* 2011;93-A(Suppl):3–9.
4. Ganz R, Leunig M, Leunig-Ganz K, Harris WH. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:264–272.
5. Gosvig KK, Jacobsen S, Sonne-Holm S, Palm H, Troelsen A. Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis: a population-based survey. *J Bone Joint Surg [Am]* 2010;92-A:1162–1169.
6. Hamilton HW, Jamieson J. The classification of degenerative hip disease. *J Bone Joint Surg [Br]* 2012;94-B:1193–1201.
7. Bardakos NV, Villar RN. Predictors of progression of osteoarthritis in femoroacetabular impingement: a radiological study with a minimum of ten years follow-up. *J Bone Joint Surg [Br]* 2009;91-B:162–169.
8. Hosalkar HS, Pandya NK, Bomar JD, Wenger DR. Hip impingement in slipped capital femoral epiphysis: a changing perspective. *J Child Orthop* 2012;6:161–172.
9. Leunig M, Casillas MM, Hamlet M, et al. Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis. *Acta Orthop Scand* 2000;71:370–375.
10. Fraitz CR, Käfer W, Nelitz M, Reichel H. Radiological evidence of femoroacetabular impingement in mild slipped capital femoral epiphysis: a mean follow-up of 14.4 years after pinning in situ. *J Bone Joint Surg [Br]* 2007;89-B:1592–1596.
11. Tannast M, Goricki D, Beck M, Murphy SB, Siebenrock KA. Hip damage occurs at the zone of femoroacetabular impingement. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:273–280.
12. Konan S, Rayan F, Meermans G, Witt J, Haddad FS. Validation of the classification system for acetabular chondral lesions identified at arthroscopy in patients with femoroacetabular impingement. *J Bone Joint Surg [Br]* 2011;93-B:332–336.
13. Sink EL, Zaltz I, Heare T, Dayton M. Acetabular cartilage and labral damage observed during surgical hip dislocation for stable slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop* 2010;30:26–30.
14. Snow SW, Keret D, Scarangella S, Bowen JR. Anterior impingement of the femoral head: a late phenomenon of Legg-Calvé-Perthes' disease. *J Pediatr Orthop* 1993;13:286–289.
15. Eijer H, Myers SR, Ganz R. Anterior femoroacetabular impingement after femoral neck fractures. *J Orthop Trauma* 2001;15:475–481.
16. Langlais F, Frieh JM, Gédouin JE, et al. Hip dysplasia and misalignment in patients aged 20–50 years. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2006;92(Suppl):1S41–1S81.
17. Murgier J, Chiron P, Cavaignac E, et al. The lateral view head-neck index (LVHNI): a diagnostic tool for the sequelae of slipped capital femoral epiphysis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99:501–508.
18. Goodman DA, Feighan JE, Smith AD, et al. Subclinical slipped capital femoral epiphysis: relationship to osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg [Am]* 1997;79-A:1489–1497.

19. Wensaas A, Gunderson RB, Svenningsen S, Terjesen T. Femoroacetabular impingement after slipped upper femoral epiphysis: the radiological diagnosis and clinical outcome at long-term follow-up. *J Bone Joint Surg [Br]* 2012;94-B:1487–1493.
20. Zilkens C, Bittersohl B, Jäger M, et al. Significance of clinical and radiographic findings in young adults after slipped capital femoral epiphysis. *Int Orthop* 2011;35:1295–1301.
21. Larson AN, Sierra RJ, Yu EM, Trousdale RT, Stans AA. Outcomes of slipped capital femoral epiphysis treated with in situ pinning. *J Pediatr Orthop* 2012;32:125–130.
22. Cavaignac E, Chiron P, Espié A, et al. Experimental study of an original radiographic view for diagnosis of cam-type anterior femoroacetabular impingement. *Int Orthop* 2012;36:1783–1788.
23. Bertin KC, Röttinger H. Anterolateral mini-incision hip replacement surgery: a modified Watson-Jones approach. *Clin Orthop Relat Res* 2004;429:248–255.
24. Nötzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, et al. The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg [Br]* 2002;84-B:556–560.
25. Ito K, Minka MA 2nd, Leunig M, Werlen S, Ganz R. Femoroacetabular impingement and the cam-effect: a MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset. *J Bone Joint Surg [Br]* 2001;83-B:171–176.
26. Siebenrock KA, Kalbermatten DF, Ganz R. Effect of pelvic tilt on acetabular retroversion: a study of pelvis from cadavers. *Clin Orthop Relat Res* 2003;407:241–248.
27. Godefroy D, Chevrot A, Morvan G, Rousselin B, Sarazin L. Plain films of pelvis. *J Radiol* 2008;89:679–690.
28. Tannast M, Murphy SB, Langlotz F, Anderson SE, Siebenrock KA. Estimation of pelvic tilt on anteroposterior X-rays: a comparison of six parameters. *Skeletal Radiol* 2006;35:149–155.
29. Tönnis D. Normal values of the hip joint for the evaluation of X-rays in children and adults. *Clin Orthop Relat Res* 1976;119:39–47.
30. Horowitz GL. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory; approved guideline. 3rd ed, C28A3E. Philadelphia; Clinical and Laboratory Standards Institute, 2008.
31. Azegami S, Kosuge D, Ramachandran M. Surgical treatment of femoroacetabular impingement in patients with slipped capital femoral epiphysis: a review of current surgical techniques. *Bone Joint J* 2013;95-B:445–451.
32. Castañeda P, Ponce C, Villareal G, Vidal C. The natural history of osteoarthritis after a slipped capital femoral epiphysis/the pistol grip deformity. *J Pediatr Orthop* 2013;33(Suppl):S76–S82.
33. Novais EN, Millis MB. Slipped capital femoral epiphysis: prevalence, pathogenesis, and natural history. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470:3432–3438.
34. Monin JO, Gouin F, Guillard S, Rogez JM. Late results of the treatment of the slipped upper femoral epiphysis (26 cases with follow-up study over 10 years). *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1995;81:35–43 (in French).
35. Millis MB, Novais EN. In situ fixation for slipped capital femoral epiphysis: perspectives in 2011. *J Bone Joint Surg [Am]* 2011;93-A(Suppl):46–51.
36. Dodds MK, McCormack D, Mulhall KJ. Femoroacetabular impingement after slipped capital femoral epiphysis: does slip severity predict clinical symptoms? *J Pediatr Orthop* 2009;29:535–539.
37. Hansson G, Billing L, Högstedt B, Jerre R, Wallin J. Long-term results after nailing in situ of slipped upper femoral epiphysis: a 30-year follow-up of 59 hips. *J Bone Joint Surg [Br]* 1998;80-B:70–77.
38. Lehmann TG, Engesaeter IO, Laborie LB, et al. Radiological findings that may indicate a prior silent slipped capital femoral epiphysis in a cohort of 2072 young adults. *Bone Joint J* 2013;95-B:452–458.
39. Murgier J, Espié A, Bayle-Iniguez X, Cavaignac E, Chiron P. Frequency of radiographic signs of slipped capital femoral SCFE sequelae in hip arthroplasty candidates for coxarthrosis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99:791–797.
40. Resnick D. The 'tilt deformity' of the femoral head in osteoarthritis of the hip: a poor indicator of previous epiphysiolysis. *Clin Radiol* 1976;27:355–363.
41. Jung KA, Restrepo C, Hellman M, et al. The prevalence of cam-type femoroacetabular deformity in asymptomatic adults. *J Bone Joint Surg [Br]* 2011;93-B:1303–1307.
42. Hartofilakidis G, Bardakos NV, Babis GC, Georgiades G. An examination of the association between different morphotypes of femoroacetabular impingement in asymptomatic subjects and the development of osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg [Br]* 2011;93-B:580–586.
43. Hack K, Di Primio G, Rakhra K, Beaulé PE. Prevalence of cam-type femoroacetabular impingement morphology in asymptomatic volunteers. *J Bone Joint Surg [Am]* 2010;92-A:2436–2444.
44. Dwek JR, Monazzam S, Chung CB. Radiologic analysis of femoral acetabular impingement: from radiography to MRI. *Pediatr Radiol* 2013;43(Suppl):S61–S70.
45. Monazzam S, Bomar JD, Dwek JR, Hosalkar HS, Pennock AT. Development and prevalence of femoroacetabular impingement-associated morphology in a paediatric and adolescent population: a CT study of 225 patients. *Bone Joint J* 2013;95-B:598–604.
46. Gosvig KK, Jacobsen S, Palm H, Sonne-Holm S, Magnusson E. A new radiological index for assessing asphericity of the femoral head in cam impingement. *J Bone Joint Surg [Br]* 2007;89-B:1309–1316.
47. Klein A, Joplin RJ, Reidy JA, Hanelin J. Slipped capital femoral epiphysis; early diagnosis and treatment facilitated by normal roentgenograms. *J Bone Joint Surg [Am]* 1952;34-A:233–239.
48. Southwick WO. Osteotomy through the lesser trochanter for slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg [Am]* 1967;49-A:807–835.
49. Barrios C, Blasco MA, Blasco MC, Gascó J. Posterior sloping angle of the capital femoral physis: a predictor of bilaterality in slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop* 2005;25:445–449.
50. Murray RO. The aetiology of primary osteoarthritis of the hip. *Br J Radiol* 1965;38:810–824.
51. Lehmann TG, Vetti N, Laborie LB, et al. Intra- and inter-observer repeatability of radiographic measurements for previously slipped capital femoral epiphysis at skeletal maturity. *Acta Radiol* 2013;(Epub).
52. Ipach I, Arlt EM, Mittag F, et al. A classification-system improves the intra- and interobserver reliability of radiographic diagnosis of "pistol-grip-deformity". *Hip Int* 2011;21:732–739.
53. Ganz R, Parvizi J, Beck M, et al. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 2003;417:112–120.
54. Tannast M, Zheng G, Anderegg C, et al. Tilt and rotation correction of acetabular version on pelvic radiographs. *Clin Orthop Relat Res* 2005;438:182–190.
55. Lehmann CL, Arons RR, Loder RT, Vitale MG. The epidemiology of slipped capital femoral epiphysis: an update. *J Pediatr Orthop* 2006;26:286–290.
56. Laborie LB, Lehmann TG, Engesaeter IO, et al. Prevalence of radiographic findings thought to be associated with femoroacetabular impingement in a population-based cohort of 2081 healthy young adults. *Radiology* 2011;260:494–502.
57. Reichenbach S, Jüni P, Werlen S, et al. Prevalence of cam-type deformity on hip magnetic resonance imaging in young males: a cross-sectional study. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2010;62:1319–1327.
58. Carsen S, Moroz PJ, Rakhra K, et al. The Otto Aufranc Award. On the etiology of the cam deformity: a cross-sectional pediatric MRI study. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472:430–436.
59. Siebenrock KA, Ferner F, Noble PC, et al. The cam-type deformity of the proximal femur arises in childhood in response to vigorous sporting activity. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:3229–3240.



Available online at
SciVerse ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com/en



ORIGINAL ARTICLE

Frequency of radiographic signs of slipped capital femoral epiphysis sequelae in hip arthroplasty candidates for coxarthrosis

J. Murgier*, A. Espié, X. Bayle-Iniguez, E. Cavaignac, P. Chiron

Service d'orthopédie-traumatologie, Institut de l'appareil locomoteur, Hôpital Pierre-Paul-Riquet, cinquième étage, 308, avenue de Grande-Bretagne, 31059 Toulouse, France

Accepted: 2 July 2013

KEYWORDS

Slipped capital femoral epiphysis;
Lateral view head-neck index;
Osteoarthritis of the hip;
Hip X-ray;
Femoroacetabular impingement

Summary

Introduction: The rate of osteoarthritis of the hip secondary to slipped capital femoral epiphysis (SCFE) is a subject of debate, and its frequency is underestimated in particular because of subclinical forms that may not be diagnosed during childhood.

Hypothesis: The frequency of radiographic anomalies subsequent to SCFE in adults requiring hip arthroplasty is higher than that reported in recent studies (6% to 15%).

Materials and methods: A prospective single-center epidemiological radiography study was performed by one observer. Hip X-rays of patients who were being treated by arthroplasty for advanced hip osteoarthritis between January 2010 and May 2012 were analyzed. The etiology of osteoarthritis was classified in each patient according to the data obtained (primary, SCFE, dysplasia, protrusio acetabuli, other). The lateral view head-neck index (LVHNI) was used to quantify posterior translation of the femoral head, and identify SCFE sequelae.

Results: One hundred and eighty-six hips were included. Osteoarthritis was considered primary in 51 patients (27.4%), secondary to dysplasia in 42 (22.5%), protrusio acetabuli in 38 (20.5%) or another disease in nine (4.9%) while 46 hips (24.7%) presented a radiographic image suggesting SCFE past history. SCFE type deformities were the primary etiology of osteoarthritis in patients less than 60 years old (30/84 or 35.7%). The mean age of patients in the SCFE group was 56.2 years old (26–80) compared to 66 (54–91) for the primary osteoarthritis group ($P < 0.0001$). The mean LVHNI was 13% (9–24%) in the SCFE group, the mean body mass index was 27.1 kg/m² (± 3.5 ; 18.2–35.4) in the SCFE group and the male to female ratio was 7.3/1.

Conclusion: Our study identified a population with a morphological SCFE type anomaly of the coxofemoral joint (LVHNI > 9%), which results in the development of earlier osteoarthritis than that found in the rest of the population. SCFE is more common than reported in the literature because it is the first etiology of osteoarthritis of the hip in subjects less than 60 years old.

Level of evidence: Level III. Diagnostic prospective study with a control group.

© 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Corresponding author. Tel.: +33 06 19 19 84 91; fax: +33 05 61 72 22 32.
E-mail address: murgier.jerome@hotmail.fr (J. Murgier).

Introduction

Slipped capital femoral epiphysis (SCFE) which corresponds to a downwards but especially posterior tilt of the femoral head relative to the neck axis [1–3] is the cause of early osteoarthritis of the hip in adults at rates ranging from 6–15% in the literature [4–10]. The diagnosis of chronic stable forms may be difficult, which is why certain authors have suggested [6,11–16] that there may be a minor form of subclinical SCFE which may remain undiagnosed during childhood and be responsible for certain cases of so-called primary hip osteoarthritis [11]. Nevertheless, these results are debated in the literature because certain authors feel that radiographic signs that are interpreted as SCFE sequelae are the result of arthritis and others, the cause [12–17]. Goodman et al. [12] have confirmed the latter hypothesis by proving that the prevalence of these deformities was stable with age, excluding the presence of degenerative disease. However, very few studies have been performed to evaluate the proportion of osteoarthritis of the hip secondary to SCFE and there are no studies using lateral view hip X-rays to identify this entity.

The hypothesis of this study was that the frequency of radiographic anomalies of SCFE sequelae in adults with end-stage osteoarthritis requiring arthroplasty would be higher than the recent results reported in the literature (between 6% [18–20] and 15% [21]). To evaluate this hypothesis, we used the lateral view head-neck index (LVHNI) [22] which detects and quantifies posterior translation of the femoral head in relation to the neck with good reproducibility based on a specific lateral view of the hip in 45° flexion, 45° abduction and 30° lateral rotation [23]. Posterior translation is considered to be SCFE sequelae when it is greater than 9% [22]. The goal of this study was to provide updated epidemiological results on the frequency of radiographic images suggesting SCFE sequelae in adults presenting with end-stage osteoarthritis of the hip requiring total hip arthroplasty (THA).

Materials and methods

Patients

We performed an epidemiological radiographic, prospective, continuous, single-center study in patients who underwent hip arthroplasty between January 2010 and May 2012 (or 368 arthroplasties). We excluded non-arthritic etiologies (traumatology, osteonecrosis, septic arthritis, inflammatory or tumoral) or 154 hips. Thus, 201 patients (214 hips) whose file was complete and who underwent hip arthroplasty (THA or resurfacing) for osteoarthritis were included. A series of X-rays of the pelvis were performed the day before surgery in the same radiology department including: full weight-bearing, abduction-adduction, neutral and 15° internal rotation of the lower limbs (to correct natural anteversion of the femoral neck); as well as a specific frog leg lateral view in the decubitus-dorsal position in 45° flexion, 45° abduction and 30° lateral rotation. This view, which has been experimentally [23] and clinically [24] validated, exposes the anterior and posterior sides of the femoral neck to identify the real axis of the neck as well as its precise



Figure 1 Frog leg view 45°/45°/30° providing good visualisation of the anteroposterior sides of the femoral neck.

position in relation to the center of the femoral head (Fig. 1). The X-ray tube was placed 120 cm from the patient and the anterior-posterior beam was centered on the pubic symphysis.

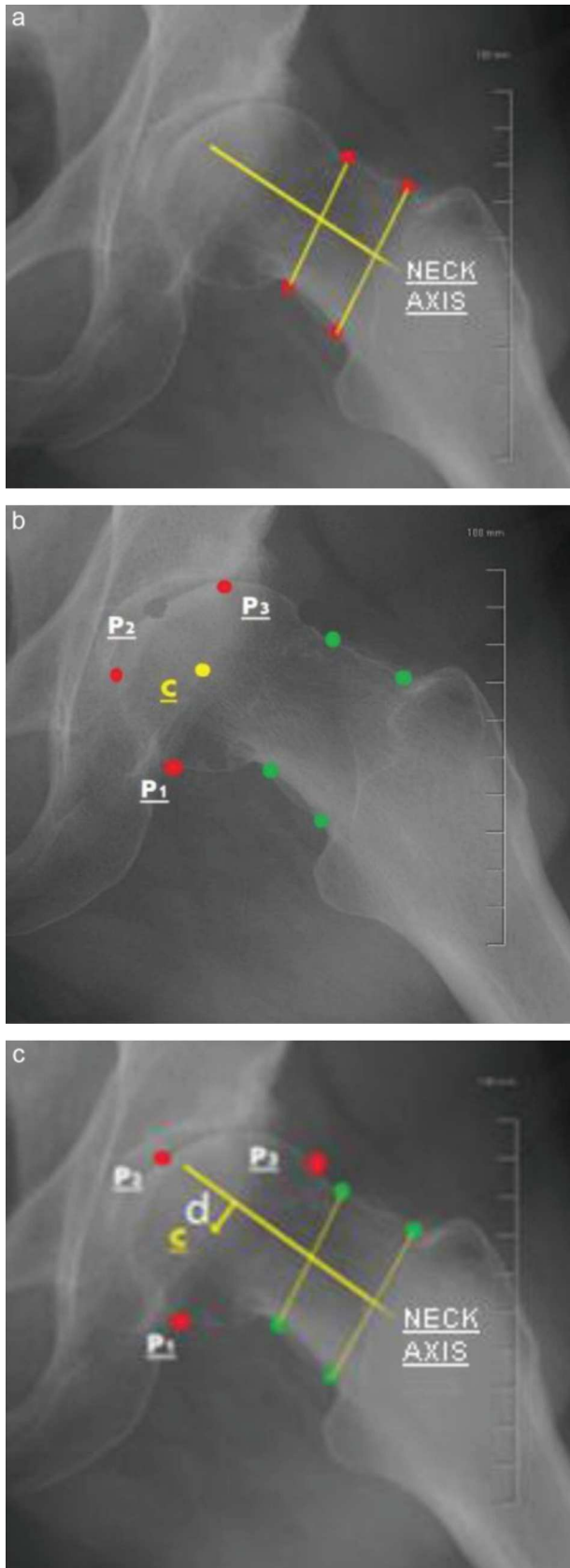
Patients were excluded when the severity or type of hip disease made it impossible to obtain high quality AP or lateral X-rays (severely advanced osteoarthritis) (28 hips). Besides the obvious symmetry of the obturator holes and the iliac wings [25,26], we searched for objective criteria on AP X-rays to ensure neutral pelvic rotation (end of coccyx and symphysis pubis aligned within 1 cm) and pelvic version (end of coccyx and symphysis pubis within 1–3 cm of each other) [27–29]. Fifteen degrees of internal femoral rotation was validated if the base of the lesser trochanter was not visible because it was obscured by the internal femoral cortex [30]. These criteria were carefully assessed because a slight modification in rotation can result in significant measurement differences [31]. A total of 186/214 hips (or 178 patients) were included in the study (155 THA and 31 resurfacing) and 28 were excluded or 13%.

Method of evaluation

An automatic, digital AP and lateral X-rays analysis (analysis of hip values) was performed in each hip with the PictIn™ imaging module (Aria, Houdain, France) which we adapted by integrating various specific measurements. This module makes it possible to gather 32 hip measurements (28 on the frontal plane and 4 lateral) with the help of 20 points on AP X-rays, 7 on lateral X-rays. These were then saved along with personal preoperative data (age, gender, body mass index [BMI], medico-surgical history), in a patient file on OrthoWave™ Software (www.orthowave.net, Aria, Houdain, France). The analysis was performed by one examiner (M.J.).

To define SCFE sequelae we used the lateral view head-neck index (LVHNI) which is defined as the ratio between the perpendicular line of the real axis of the femoral neck which passes through the center of the femoral head (d) divided by the diameter of the femoral head (D') in centimeters (Fig. 2) [22].

$$LVHNI = d/D' \times 100$$



This ratio is expressed as a percentage to prevent metric measurement errors that occur because of inter-individual magnification differences related to a patient's size. SFCE sequelae were considered to be present when the LVHNI was 9% or more [22]. We also looked for the presence of a pistol grip deformity on AP views of the pelvis and measured the alpha angle [32] on lateral views. The LVHNI was the only criteria that identified the SFCE patient group.

This complete hip X-ray analysis diagnosed other architectural anomalies: hip dysplasia was diagnosed by measuring the fundamental angles (CE angle 25–45°, Acetabular Roof Inclination < 13° and CC'D 125–135°) [33,34] and a broken or unbroken Shenton line [29]. Protrusio acetabuli included the diagnosis of coxa profunda if the floor of the fossa acetabuli touched the ilio-ischial line and acetabular over cover if the head went beyond the ilio-ischial line [17]. More rare diagnoses were grouped into the same category (Paget's disease, labral disease, osteopetrosis...). Finally, the diagnosis of primary arthritis was made when none of these other etiologies was confirmed (Table 1).

Statistical methods

The measurement of statistical differences was performed with a Student *t*-test or Wilcoxon test according to distribution normality (Shapiro-Wilk test). $P < 0.05$ was considered to be significant. Excel software (Microsoft, Redmond, Washington, USA) as well as XLSTAT 2012 software (Addinsoft, Paris, France) were used to perform statistical analyses.

Results

The mean age of the series (186 hips) was 61.53 ± 14.38 years old (26–91) with a slightly larger ratio of men (1.27/1). The mean BMI was 25.91 ± 4.22 kg/m² (17.3–50.15) and 21 subjects were classified as obese (BMI > 30 kg/m²). The pistol grip deformity was found in 43 patients (or 23% of the series). The mean LVHNI was 7.8% (0–24%). Finally, the mean alpha angle was $59.6 \pm 14.7^\circ$ (33–111°). Fifty-one patients (27.4%) had primary osteoarthritis, 42 (22.5%) hip dysplasia, 38 (20.5%) protrusio acetabuli and nine (4.9%) another disease. There were 46 patients (24.7%) who presented with images suggesting SCFE sequelae (or a LVHNI > 9%) (Fig. 3). SCFE represented the first etiology of osteoarthritis of the hip in patients under the age of 60 (30/84 or 35.7%) (Fig. 4). Analysis by age group showed that SCFE was also the first cause of osteoarthritis in patients between 40 and 50 years

Figure 2 Position of points to calculate the HVFNI: a: 4 points are positioned along the axis of the neck forming two line segments. The line joining the middle of these two segments represents the real axis of the femoral neck; b: P1, P2 and P3 are placed on the circumference of the femoral head and used to determine its center (c); c: *d* is the distance between the center of the femoral head and the perpendicular line where the real axis of the neck that passes through the center of the head.

Table 1 Table summarizing the comparison of radiological and clinical data for the primary osteoarthritis group and osteoarthritis from different etiologies. The statistical comparison is in relation to the primary osteoarthritis group.

	Primary osteoarthritis group (51 hips)	SCFE group (46 hips)	Hip dysplasia group (42 hips)	Protrusio acetabuli group (38 hips)	Other causes group (9 hips)
Mean age (years)	66.60 ± 12.66 (54–91)	56.23 ± 12.46 (26–80)*	52.8 ± 14.23 (26–87)*	70.1 ± 10.04 (90–41) (NS)	64.3 ± 14.51 (41–80) (NS)
Gender ratio	1.13 M/1 W	7.3 M/1 W*	0.72 M/1 W (NS)	0.74 M/1 W (NS)	0.5 M/1 W*
Body mass index (kg/m ²)	25.81 ± 4.55 (19.28–35.4)	27.1 ± 3.5 (18.25–35.4) (NS)	24.83 ± 3.84 (17.3–31) (NS)	25.8 ± 4.2 (19.26–50.15) (NS)	26.3 ± 3.3 (23–33.1) (NS)
Pistol grip (%)	6	78*	2 (NS)	8 (NS)	0*
LVHNI (%)	4.3 (0–8)	13 (9–24)*	6.3 (0–11) (NS)	7.7 (0–14) (NS)	5.5 (0–8) (NS)
Alpha angle (°)	56.7 ± 14.31 (36–89)	76.7 ± 11.92 (44–111)*	51.7 ± 8.9 (35–76) (NS)	53.9 ± 9.7 (74–37) (NS)	50.2 ± 12.6 (74–33) (NS)

*: significant difference; NS: non-significant difference; SCFE: slipped capital femoral epiphysis; LVHNI: lateral view head-neck index.

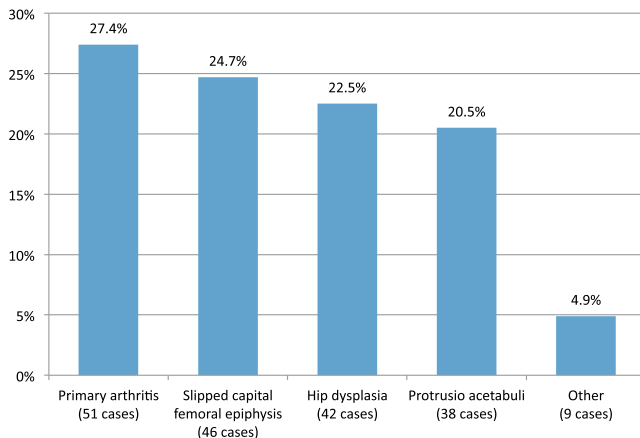


Figure 3 Etiologies of osteoarthritis of the hip in the entire series (186 hips).

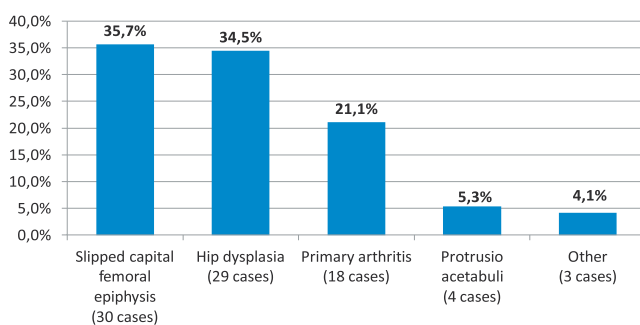


Figure 4 Etiology of osteoarthritis of the hip in subjects under 60 (84 patients).

old (14/33 or 42%) and between 50 and 60 years old (14/43 or 32%) while this proportion decreased in the youngest and oldest patients. It can also be noted that the first etiology of osteoarthritis of the hip in young patients was hip dysplasia while in subjects older than 60 it was either primary osteoarthritis (32.4%) or protrusio acetabuli (33.3%) (Fig. 5).

The mean age of the group with SCFE was 56.23 ± 12.46 years old (26–80), they were mostly men (sex-ratio: 7.3/1) and slightly overweight with a mean BMI of 27.1 ± 3.5 kg/m² (18.25–35.4). The mean LVHNI was 13% (9–24%) and a pistol grip deformity was found in 36/46 cases (or 78%). Finally, the mean alpha angle was 76.7 ± 11.92° (44–111°) (*P* < 0.01).

There were several differences between this group and the group with primary osteoarthritis:

- the mean age of patients in the SCFE group was approximately 10 years younger than in the primary arthritis group which was 66.6 ± 12.66 years old (54–91) (*P* < 0.0001);
- the higher proportion of men was not as marked in the primary osteoarthritis group (sex-ratio: 1.13/1) (Table 1);
- the mean BMI (27.1 kg/m² vs 25.81 kg/m²; *P* = 0.11) and the mean alpha angle (76.7° vs 56.7°; *P* < 0.001) was higher in the SCFE group;
- 91% of the alpha angle measurements were above 55° in the SCFE group compared to 43% in the primary arthritis group;
- the pistol grip deformity was more frequent in the SCFE group (78% vs 6%). However, 22% of the hips presenting with SCFE did not have this deformity (Table 1).

Discussion

The goal of this study was to identify the frequency of SFCE using a new diagnostic tool in adults with end-stage osteoarthritis of the hip requiring hip arthroplasty. This study made it possible to determine that the real number of SFCE is more important than described in literature because this etiology was the first cause of osteoarthritis in young subjects (< 60 years old, 35.7%) and the second cause if all age groups were included (24.7%).

There are several limits to this study. First, the results of this epidemiological study cannot be extended to the general population because it was a single-center study. On the other hand with this design, the test bias was reduced

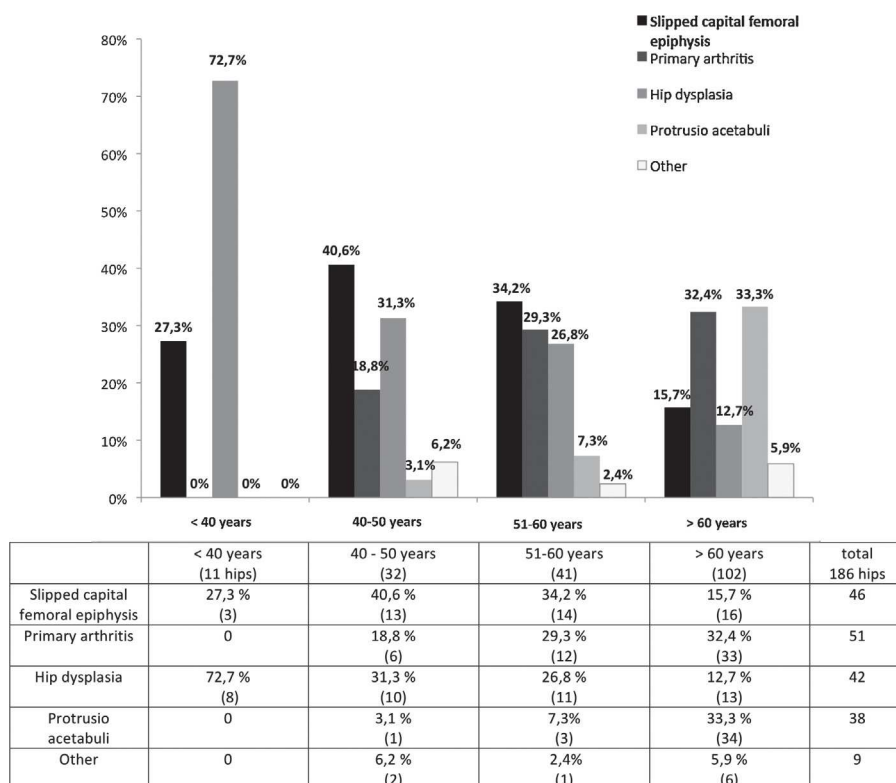


Figure 5 Distribution of the etiologies of osteoarthritis of the hip by age group. Hip dysplasia was the first cause of osteoarthritis of the hip in young subjects under the age of 40, SCFE type sequelae was the first cause in subjects whose mean age was between 40 and 60, protrusio acetabuli was the first cause in subjects over 60.

(all X-rays were performed in the same unit, using the same protocol and were interpreted by the same operator with computer software). Also the number of excluded patients was high compared to the total number of patients (28/214 or 13%). However, this percentage was still acceptable and necessary because the goal of this study was to optimize measurements and results by excluding X-rays that did not meet our strict criteria of quality. Finally, the single observer analysis creates a subjective bias, but reduces the interpretation bias. The role of SFCE in the progression of osteoarthritis of the hip has been suggested by several authors [4,17,35]. It causes local cam-effect lesions (labral or cartiliginous), resulting in medium term osteoarthritis [6,8,18,36]. The development of anterior femoroacetabular impingement due to head-neck deformity has been contested [13,14] but Goodman et al. [17] showed that the prevalence of SFCE was identical in all age groups suggesting that this anomaly is not the consequence of osteoarthritis, but the cause.

The frequency of deformities from SFCE sequelae varies greatly depending on the diagnostic criteria: the Norwegian register only identified SCFE in 6% of patients under 60 based on APX-rays [19]. Lequesne et al. [37] noted that 15% of 200 patients with osteoarthritis of the hip presented with a morphological anomaly secondary to SFCE (caput varum) based on AP X-rays. Solomon [38] (anatomical study) showed that 59/188 (35.4%) patients with osteoarthritis of the hip presented with SCFE sequelae, Murray [6] found that 39.5% had a "tilt deformity" based on analysis of AP X-rays. Our figure of 24.7% is lower than that in previous series.

Nevertheless, we should mention the lack of reproducibility and precision of the femoral head ratio of Murray or caput varum of Lequesne [14] and especially that most of those series were limited to AP X-rays.

More recently, Clohisy et al. [18] evaluated the hip X-rays of 337 patients under 50 years old who underwent hip arthroplasty for osteoarthritis and only found SCFE sequelae in 6.2% (however judgment criteria were not described), primary osteoarthritis in 35.9% and hip dysplasia in 48.4%. The proportion of hip dysplasias (42%) was slightly lower in the subjects under 50 in our series while the percentage of SFCE (37%) was higher, which reduced the percentage of subjects with primary osteoarthritis of the hip (14%) showing that the frequency of the latter was overestimated which has been suggested by numerous other authors [6,11,33,38–41]. Over time as the understanding of the physiopathological mechanisms and available diagnostic means have improved, the proportion of patients with so-called primary hip osteoarthritis has decreased. Our series identified 27.4% of patients with primary hip osteoarthritis all ages combined, which is much lower than the range of 36–84% reported in the literature [33,39–42].

All of the studies in the literature evaluating SCFE have reported a large majority of men whatever the judgment criteria (pistol grip deformity, femoral head ratio, cadaveric study) with a male to female sex-ratio from 1.3/1 to 14/1 [5,11,28,35,38,43]. Our series is in the middle of this range with a sex-ratio of 7.3/1, which is higher than the rates reported in pediatric surgical series (1.65/1 [2] and 1.9/1 [44]). Detection of the pistol grip deformity underestimates

SFCE sequelae because only 78% of patients in the SFCE group had this deformity which is much less than the 95% suggested by Gosvig et al. [33].

Nevertheless, the main limitation of the pistol grip deformity is its subjectivity since Tanzer and Noizeux [16] showed that 100% of the subjects with hip osteoarthritis presented with this deformity. The body mass index of the subjects in the SCFC group (27.1 kg/m²) was slightly higher than the hip osteoarthritis group whatever the etiology (25.91 kg/m²) suggesting, like other authors, that SCFE is associated with being overweight which increases the mechanical stress on the cartilaginous growth plate [42]. These stresses can also be due to overtraining in sports [43,45]. It should be noted that the mean BMI of our entire series (178 patients) was fairly low (25.91 kg/m²) while a link between obesity and osteoarthritis of the hip has been shown [44,46].

The Notzli et al. [32] alpha angle can be used to identify cam-effect femoroacetabular impingement which may be caused by SCFE [5,35]. This measurement has been validated on axial MRI images and has been used to search for impingement in the hip on standard X-rays [47–50]. This measurement was validated experimentally on a 45°/45°/30° frog leg view [23]. We therefore determined this angle to confirm the relationship between radiographic impingement and SCFE sequelae. The mean alpha angle was 76.7 ± 11.92 (44–111°) in the SCFE group which is largely more than the pathological alpha angle (55°). The difference was highly significant compared to the primary hip osteoarthritis group (56.7 ± 14.31 [36–89]) (*P* < 0.001). These results suggest that there is a relationship between cam-effect anterior femoroacetabular impingement and SCFE but this needs to be confirmed in a longitudinal study.

Conclusion

Our study identified a population with a morphological SCFE type anomaly of the coxofemoral joint LVHNI > 9% which results in the development of early osteoarthritis of the hip. This population is young, male and slightly overweight compared to the population presenting with primary osteoarthritis. SCFE is more frequent than described in the literature because it is the primary etiology of osteoarthritis of the hip in subjects under the age of 60.

Disclosure of interest

P. Chiron is a consultant for Zimmer, Smith and Nephew and Sanofi and has received royalties from Zimmer and Integra. The other authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article.

References

- [1] Odent T, Pannier S, Glorion C. Épiphyse fémorale supérieure. EMC (Elsevier Masson SAS), Appareil locomoteur 2006, 14-321-A-21; [http://dx.doi.org/10.1016/S0246-0521\(06\)40309-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0246-0521(06)40309-0)
- [2] Lehmann CL, Arons RR, Loder RT, Vitale MG. The epidemiology of slipped capital femoral epiphysis: an update. *J Pediatr Orthop* 2006;26:286–90.
- [3] Wensaas A, Gunderson RB, Svenningsen S, Terjesen T. Femoroacetabular impingement after slipped upper femoral epiphysis: the radiological diagnosis and clinical outcome at long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 2012;94:1487–93.
- [4] Ganz R, Leunig M, Leunig-Ganz K, Harris WH. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:264–72.
- [5] Leunig M, Casillas MM, Hamlet M, et al. Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis. *Acta Orthop Scand* 2000;71:370–5.
- [6] Murray RO. The aetiology of primary osteoarthritis of the hip. *Br J Radiol* 1965;38:810–24.
- [7] Carney BT, Weinstein SL, Noble J. Long-term follow-up of slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:667–74.
- [8] Hansson G, Jerre R, Sanders SM, Wallin J. Radiographic assessment of coxarthrosis following slipped capital femoral epiphysis. A 32-year follow-up study of 151 hips. *Acta Radiol* 1993;34:117–23.
- [9] Oram V. Epiphysiolysis of the head of the femur; a follow-up examination with special reference to end results and the social prognosis. *Acta Orthop Scand* 1953;23:100–20.
- [10] Boyer DW, Mickelson MR, Ponseti IV. Slipped capital femoral epiphysis. Long-term follow-up study of one hundred and twenty-one patients. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63:85–95.
- [11] Langlais. Minor anatomic abnormalities of the hip joint persisting from childhood and their possible relationship to idiopathic osteoarthritis. *Rev Chir Orthop* 2006;92(Suppl.), 1S41–81.
- [12] Goodman DA, Feighan JE, Smith AD, Latimer B, Buly RL, Cooperman DR. Subclinical slipped capital femoral epiphysis. Relationship to osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79:1489–97.
- [13] Resnick D. Osteophytosis of the femoral head and neck. *Arthritis Rheum* 1983;26:908–13.
- [14] Resnick D. The 'tilt deformity' of the femoral head in osteoarthritis of the hip: a poor indicator of previous epiphysiolysis. *Clin Radiol* 1976;27:355–63.
- [15] Carsen S, Moroz PJ, Rakhra K, et al. The Otto Aufranc Award. On the etiology of the cam deformity: a cross-sectional pediatric MRI study. *Clin Orthop Relat Res* 2013, <http://dx.doi.org/10.1007/s11999-013-2990-y> [Epub ahead of print].
- [16] Tanzer M, Noizeux N. Osseous abnormalities and early osteoarthritis: the role of hip impingement. *Clin Orthop Relat Res* 2004;429:170–7.
- [17] Beck M, Kalhor M, Leunig M, Ganz R. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:1012–8.
- [18] Clohisy JC, Dobson MA, Robison JF, Warth LC, Zheng J, Liu SS, et al. Radiographic structural abnormalities associated with premature, natural hip-joint failure. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(Suppl. 2):3–9.
- [19] Furnes O, Lie SA, Espehaug B, Vollset SE, Engesaeter LB, Havelin LI. Hip disease and the prognosis of total hip replacements. A review of 53,698 primary total hip replacements reported to the Norwegian Arthroplasty Register 1987–99. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83:579–86.
- [20] Hamilton HW, Jamieson J. The classification of degenerative hip disease. *J Bone Joint Surg Br* 2012;94:1193–201.
- [21] Lequesne M. [Coxarthrosis. Etiology, physiopathology, diagnosis, treatment]. *Rev Prat* 1996;46:1273–9.
- [22] Murgier J, Cavaignac CP, Espié E, Bayle-Iniguez AX. The lateral head neck index (LHNI): A diagnostic tool for the sequelae of slipped capital femoral epiphysis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99, <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2013.03.020> [in press].

- [23] Cavaignac E, Chiron P, Espie A, Reina N, Lepage B, Laffosse JM. Experimental study of an original radiographic view for diagnosis of cam-type anterior femoroacetabular impingement. *Int Orthop* 2012;36:1783–8.
- [24] Chiron P, Espie A, Reina N, Cavaignac E, Molinier F, Laffosse JM. Surgery for femoroacetabular impingement using a minimally invasive anterolateral approach: analysis of 118 cases at 2.2-year follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012;98:30–8.
- [25] Godefroy D, Chevrot A, Morvan G, Rousselin B, Sarazin L. Plain films of pelvis. *J Radiol* 2008;89:679–90 [quiz 691].
- [26] Delaunay S, Dussault RG, Kaplan PA, Alford BA. Radiographic measurements of dysplastic adult hips. *Skeletal Radiol* 1997;26:75–81.
- [27] Tannast M, Murphy SB, Langlotz F, Anderson SE, Siebenrock KA. Estimation of pelvic tilt on anteroposterior X-rays—a comparison of six parameters. *Skeletal Radiol* 2006;35:149–55.
- [28] Tannast M, Zheng G, Anderegg C, Burckhardt K, Langlotz F, Ganz R, et al. Tilt and rotation correction of acetabular version on pelvic radiographs. *Clin Orthop Relat Res* 2005;438:182–90.
- [29] Rhee PC, Woodcock JA, Clohisy JC, Millis M, Sucato DJ, Beaulé PE, et al. The Shenton line in the diagnosis of acetabular dysplasia in the skeletally mature patient. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(Suppl. 2):35–9.
- [30] Lequesne M, Lemoine A, Massare C. The “complete” coxo-femoral radiographic examination. Detection and preoperative aspects of structural defects of the hip. *J Radiol Electrol Med Nucl* 1964;45:27–44.
- [31] Girard J, Lavigne M, Vendittoli PA, Roy AG. Biomechanical reconstruction of the hip: a randomised study comparing total hip resurfacing and total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88:721–6.
- [32] Notzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, Schmid MR, Treiber K, Hodler J. The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:556–60.
- [33] Gosvig KK, Jacobsen S, Sonne-Holm S, Palm H, Troelsen A. Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis: a population-based survey. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:1162–9.
- [34] Steppacher SD, Tannast M, Werlen S, Siebenrock KA. Femoral morphology differs between deficient and excessive acetabular coverage. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:782–90.
- [35] Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Notzli H, Siebenrock KA. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 2003;417:112–20.
- [36] Hansson G, Billing L, Hogstedt B, Jerre R, Wallin J. Long-term results after nailing in situ of slipped upper femoral epiphysis. A 30-year follow-up of 59 hips. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:70–7.
- [37] Lequesne M. Coxarthrosis. Statistical and etiological concepts. *Rev Prat* 1974;24:4261 [4265–6,4269–70].
- [38] Solomon L. Patterns of osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 1976;58:176–83.
- [39] Gardner DL. The nature and causes of osteoarthritis. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1983;286:418–24.
- [40] Mutter K, Schlegel KF. [The causes of arthrosis of the hip-joint. A radiologic study (author’s transl)]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1975;113:402–5.
- [41] Harris WH, Bourne RB, Oh I. Intra-articular acetabular labrum: a possible etiological factor in certain cases of osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1979;61:510–4.
- [42] Bhatia NN, Pirpiris M, Otsuka NY. Body mass index in patients with slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop* 2006;26:197–9.
- [43] Siebenrock KA, Behning A, Mamisch TC, Schwab JM. Growth plate alteration precedes cam-type deformity in elite basketball players. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471:1084–91.
- [44] Jiang L, Rong J, Wang Y, Hu F, Bao C, Li X, et al. The relationship between body mass index and hip osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Joint Bone Spine* 2011;78:150–5.
- [45] Siebenrock KA, Ferner F, Noble PC, Santore RF, Werlen S, Mamisch TC. The cam-type deformity of the proximal femur arises in childhood in response to vigorous sporting activity. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:3229–40.
- [46] Vingard E, Alfredsson L, Malchau H. Lifestyle factors and hip arthrosis. A case referent study of body mass index, smoking and hormone therapy in 503 Swedish women. *Acta Orthop Scand* 1997;68:216–20.
- [47] Konan S, Rayan F, Haddad FS. Is the frog lateral plain radiograph a reliable predictor of the alpha angle in femoroacetabular impingement? *J Bone Joint Surg Br* 2010;92:47–50.
- [48] Meyer DC, Beck M, Ellis T, Ganz R, Leunig M. Comparison of six radiographic projections to assess femoral head/neck asphericity. *Clin Orthop Relat Res* 2006;445:181–5.
- [49] Clohisy JC, Beaulé PE, O’Malley A, Safran MR, Schoenecker P. AOA symposium. Hip disease in the young adult: current concepts of etiology and surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:2267–81.
- [50] Clohisy JC, Cartlisle JC, Beaulé PE, Kim YJ, Trousdale RT, Sierra RJ, et al. A systematic approach to the plain radiographic evaluation of the young adult hip. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90(Suppl. 4):47–66.

Long-term evolution of slipped capital femoral epiphysis treated by *in situ* fixation: a 26 years follow-up of 11 hips

Jérôme Murgier,¹ Jérôme Sales de Gauzy,² Fouad C. Jabbour,³ Xavier Bayle Iniguez,¹ Etienne Cavaignac,¹ Régis Pailhé,¹ Franck Accadbled²

¹Department of Orthopedics and Trauma Surgery, Musculoskeletal Institute, Pierre Paul Riquet Hospital, Toulouse, France;

²Department of Pediatric Orthopedics, Hôpital des Enfants, Toulouse, France;

³Department of Orthopedics, Saint George University Hospital, University of Balamand, Beirut, Lebanon

Abstract

Slipped capital femoral epiphysis (SCFE) may lead to femoro acetabular impingement and long-term function impairment, depending on initial displacement and treatment. There are several therapeutic options which include *in situ* fixation (ISF). The objective of this study was to evaluate long-term functional and radiographic outcomes of patients with SCFE treated with ISF. We conducted a single-center, retrospective study evaluating the clinical and radiographic outcomes of SCFE *in situ* fixation with a mean follow-up of 26 years (10-47). Analysis of preoperative and last follow up radiographs was performed. The functional status of the hip was evaluated according to the Oxford hip score-12 and the radiographic osteoarthritis stage was rated according to Tönnis classification. Signs of femoro acetabular impingement were sought. Ten patients (11 hips) were included. The average initial slip was 33.5° (10-62). At final follow up, the average Oxford hip score was 19.3 (12-37), it was good for groups who had a small initial slip (16.7) or moderate (17) and fair for the severe group (27). Average Tönnis grade was 1.3 (0-3). The average alpha angle was 65.3° (50-80°). Femoro acetabular impingement was likely in 100% of patients with severe slip, in 50% of patients with moderate slip and in 33% of patients with a slight slip. *In situ* fixation generated poor functional results, substantial hip osteoarthritis and potential femoro acetabular impingement in moderate to severe SCFE's. However, in cases with minor displacement, functional and radiographic results are satisfactory. The cut off seems to be around 30° slip angle, above which other treatment options should be considered.

Introduction

The treatment of slipped capital femoral epiphysis (SCFE) is a controversial subject.¹⁻⁵ *In situ* fixation (ISF), a widely used technique, limits the initial risk of necrosis and chondrolysis, but leaves a persistent deformity at the level of the head neck junction which can be responsible for the intermediate and long term evolution of hip impingement and subsequent osteoarthritis.^{6,7} On the other side, realizing a sub-capital osteotomy (Dunn or modified Dunn osteotomy),⁸ re-establish a better anatomy and limits the risk of hip impingement and the evolution into osteoarthritis on one hand, but increases the risk of the necrosis of the head on the other.⁹ Estimating the risk of the evolution into hip impingement and subsequent osteoarthritis depending on the importance of the initial displacement seems to be a defining element in the initial therapeutic strategy.¹⁰⁻¹²

The objective of our study is to evaluate the long term functional and radiological outcome in patients presenting with slipped capital epiphysis treated by ISF, by looking for hip impingement.

Materials and Methods

We realized a monocentric, retrospective, continuous study evaluating the clinical and radiological evolution of patients presenting with slipped capital femoral epiphysis treated by ISF with a minimum follow up of 10 years. A search by the key word (slipped capital femoral epiphysis) was made in our establishment allowing the selection of 35 patients operated between 1950 and 2002. Among these patients, 16 were impossible to contact for further follow up, and 9 were excluded because they underwent a secondary osteotomy. Finally we were left with 10 patients (11 hips), 8 men and 2 women. The average age at the time of the intervention was 13.9 years (12-17). Patients were divided into acute and chronic cases of slipped capital epiphysis by reviewing their respective medical files (acute if the duration of symptoms was less than 3 weeks, and chronic if more).¹³ The element of stability could not be investigated.¹⁴ The severity of displacement was measured radiologically using the Southwick angle,¹⁵ and subdivided into 3 stages: stage 1 if the angle was inferior to 30°, stage 2 if the angle was between 30° and 60° and stage 3 if the angle was beyond 60°.

All patients were contacted by phone and were given a questioner allowing the evaluation of the status of the hip using the Oxford Hip score-12 (OHS-12).¹⁶ The results were considered excellent if the OHS-12 was below 19,

Correspondence: Jérôme Murgier, Pierre Paul Riquet Hospital, Orthopaedics and Trauma Surgery, Musculoskeletal Institute, 308 avenue de Grande Bretagne, 31059, Toulouse, France.
E-mail: murgier.jerome@hotmail.fr

Key words: slipped capital femoral epiphysis, hip osteoarthritis, femoro acetabular impingement.

Contributions: the authors contributed equally.

Conflict of interests: the authors declare no potential conflict of interests.

Received for publication: 31 January 2014.

Accepted for publication: 18 April 2014.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0).

©Copyright J. Murgier et al., 2014
Licensee PAGEPress, Italy
Orthopedic Reviews 2014; 6:5335.
doi:10.4081/or.2014.5335

good if the results were between 19 and 26, average if between 27 and 33 and bad if beyond 33. If the patient underwent a total hip arthroplasty then the results were bad. A prescription was given to all patients in order to undergo a radiological evaluation including a standing AP pelvic X-ray, an axial lateral view of Dunn and a false profile view of Lequesne. The pre-operative radiological evaluation was realized by the same examiner (J.M), including the measurement of the fundamental angles (VCA, VCE, HTE and CC'D) and the alpha angle searching for signs of hip impingement.^{10,17} The diagnosis of impingement was evoked by the presence of pain upon hip flexion, and the presence of a radiological bump or an alpha angle exceeding 55°.¹⁸ The staging of osteoarthritis was done using the Tönnis classification.¹⁹ The operative complications were also classified (chondrolysis and avascular necrosis).

Results

The average follow up between the time of the surgical intervention and the latest follow-up was 26 years (10-47), only one patient presented with a bilateral slipped capital epiphysis. There were 8 chronic and 3 acute cases of slipped capital epiphysis. The average delay before the intervention was 4.6 days (1-9). The average amount of displacement was 33.5° (10-62), 6 hips presented with a displacement of stage 1, 2 of stage 2 and 3 of stage 3. Only one avascular necrosis was found and there were no cases of chondrolysis. Seven patients

had a preventive concomitant contralateral fixation. At the time of the last follow-up 2 patients had already underwent a total hip arthroplasty, one for an avascular necrosis of the femoral head 8 months following the initial intervention and the second 41 years after the occurrence of the slipped capital epiphysis for secondary osteoarthritis. For the 9 remaining hips, the average oxford score was 19.4 (12-37), the average Tonnis stage was 1.2 (0-3), the average VCE angle was 37,7° (28-58°), the average HTE angle was 8,9° (3-17°), the average VCA was 42.9° (31-55°) and the average CC'D was 126.2° (117-138°). The average alpha angle was 64.3° (50-80°) and an anterior bump was found in 6 different radiographs. Patients presenting with a stage 1 displacement had an excellent average Oxford score at the time of the last follow-up found at 16.6 (12-21), an average Tonnis score of 1 (0-2) and an average alpha angle of 59.8° (50-78°). Patients presenting with a stage 2 displacement had an excellent average Oxford score found at 17 (14-20), an average Tonnis score of 1 and an average alpha angle of 62.5° (57-68°). Finally, the patients presenting with a stage 3 displacement had an average Oxford score found at 28 (17-39), an average Tonnis score of 2 (1-3) and an average alpha angle of 77.5° (75-80°) (Table 1). All patients with a stage 2 or 3 Southwick presented a radiographic bump against 1 out of 5 for those with stage 1. Hip impingement was found in 100% of the patients with a stage 3 displacement against 50 % in those with a stage 2 displacement and 33% in those with stage 1 if we include the patient who underwent a total hip arthroplasty.



Figure 1. Evolution at a 37 years follow-up of a chronic slipped capital epiphysis stage 1 treated by 2 pins. Evolution towards radiological osteoarthritis (stage 2 of Tonnis) and a diminution of the anterior offset with a presence of a bump indicating a probable impingement.

Table 1. Patients' characteristics.

Sex	Date of birth	Age at diagnosis	Side	Southwick pre-op angle/stage	Southwick Post-op LV	Alpha angle post-op	Time follow up	Oxford total	VCE revision	HTE revision	VCA revision	CC'D revision	Alpha revision	Tonnis	Bump	Impingement
M	25/10/55	13 y 1 m	L	10°/1	10°	50°	41 y (THA)									
M	26/01/55	17 y	L	15°/1	0°	63°	10 y	19	29	10	48	122	50	0	N	N
M	21/08/66	12 y	R	20°/1	13°	60°	18 y	14	30	5	40	138	66	1	Y	N
M	29/12/52	12 y 6 m	L	20°/1	17°	45°	47 y	21	30	3	55	133	50	1	N	N
M	04/02/64	12 y 10 m	L	20°/1	18°	54°	36 y	17	42	8	43	125	55	1	N	N
M	13/12/58	16 y 10 m	L	23°/1	19°	70°	36 y	12	40	6	45	117	78	2	Y	Y
M	24/11/64	11 y 11 m	R	39°/2	20°	50°	36 y	14	37	11	40	126	57	1	Y	N
M	10/02/56	15 y 2 m	R	40°/2	30°	60°	11 y	20	45	13	32	125	68	1	Y	Y
F	21/04/87	12 y	R	60°/3	20°	58°	13 y	39	58	7	52	128	75	3	Y	Y
F	14/03/76	15 y	L	60°/3	45°	76°	13 y	17	28	17	31	122	80	1	Y	Y
M	29/12/52	15 y	R	62°/3°	55°	79°	8 m (THA)									

Discussion

The objective of the study was to assess the long term radiological and clinical evolution of patients with SCFE treated by ISF (Figure 1). Our study demonstrates that the functional prognosis depends on the degree of the initial displacement. The same can be said about the evolution into radiological osteoarthritis knowing that the limit of that displacement being between 30° and 60°, the fact that is confirmed by the literature.^{3,20}

There are also limitations to our study. First is the small number of patients, a fact that can be explained by the difficulty of contacting the patients retrospectively after more than ten years of the initial intervention. Second, even if validated, the estimation of the functional becoming using the Oxford hip score-12 is influenced by the subjectivity of the patients and does not include a physical examination. In addition to that, the diagnosis of hip impingement, which is primarily clinical,²¹ is based on a questionnaire filled on the phone leading to a bias in the interpretation procedure. Finally, concerning the reported results, our study does not have a control group allowing for a functional and an activity level comparison with a pool of patients of the same age subject to different types of hip surgery or any intervention with the main goal of restoring the anatomy of the proximal femur (ostetomy). Nevertheless, the value of this study resides in its long term follow-up giving an added value to the stated conclusions. The ISF by a screw is actually the reference procedure in the cases where there is a mild displacement.^{22,23} This technique insures good results according to the literature.²⁴⁻²⁶ but puts a question mark on the functional and radiological long term becoming of the hips fixed in a non-anatomical position and with a persistent deformity at the level of the head neck junction.²⁷ Many studies report bad outcomes manifested by a decrease in the range of motion (mainly when it comes to internal rotation),^{28,29} hip pain secondary to impingement,^{10,30-33} and a premature evolution into osteoarthritis.^{24,34-36} The different studies evaluating the ISF with a long term follow-up demonstrate an important rate of osteoarthritis despite an early and optimal surgical intervention, Monin *et al.*³ report 60 % of osteoarthritis with an average follow-up of 19 years with a 100% rate of osteoarthritis when the initial displacement exceeds 40°. Larson *et al.*³⁷ report with an average follow up of 16 years a 5% rate of hip arthroplasty knowing that 1/3 of the patients present with pain interfering with their daily activities. Wensaas *et al.* report an osteoarthritic evolution in 28% of the cases with an average follow-up of 33 years.³⁶ Finally, Hansson *et al.*²⁴ found osteoarthritis in 31% of the patients with an average follow up to 30 years. In our series, there is 22% of patients with radiological

osteoarthritis (stage 2 or 3 of Tönnis) at the time of the last follow-up. The evolution towards hip impingement can be explained by the diminution of the anterior offset at the level of the head neck junction creating a cam effect induced by an early contact of the anterior part of the neck with the anterior border of the acetabulum during hip flexion, a mechanism that is at the origin of the pain.

The different studies insist on the clinical character of the diagnosis of impingement, which undermines the radiological diagnosis, keeping in mind the great inter-individual morphological variability of the proximal femur specially the possibility of asymptomatic radiological bump (24% for Hack *et al.*)^{1,38} Wensaas *et al.*¹⁷ depict the radiological signs of impingement more frequently and up to a statistically significant level with the patients operated by ISF *versus* the control group with an average follow-up of 37 years. This study also finds a correlation between the severity of the persistent deformity and the bad clinical and radiological evolution. Similarly, Delullo *et al.*²⁹ found a correlation between the persistence of the deformity of the head-neck junction and the diminution of the functional scores with an average follow up of 7.6 years; they also noted an augmentation in hip pain. Our study is not in contradiction with the literature in that regard, since we also found a correlation between the severity of the initial displacement on one hand and the bad functional scores (OHS-12) and the evolution into hip impingement on the other (100% in patients with a displacement exceeding 60°). We also found that the bigger the displacement is, the higher the alpha angle value, knowing that it remained stable with time. We depicted only one diminution in the alpha angle (from the time of the intervention to the time of the last follow-up) which can lead us to think that we cannot count on bone remodeling after ISF for a better outcome. The evolution towards hip impingement concerns 20% of our patients presenting with a minor slipped capital epiphysis. This goes hand in hand with the recent studies describing subclinical cases of slipped capital epiphysis that remained undiagnosed during childhood only to be accounted for as one of the reasons of hip cam impingement later on in the patient's life.²⁹ Nevertheless, the clinical tolerance of hip impingement for minor displacement is good. Finally we find an interesting long term evolution at the level of the hip joint. The angles VCA and VCE are mildly superior than the normal value due to the displacement of the center of the femoral head inferiorly and posteriorly, the cervico-diaphysal CC'D angle is at the lower limit (varus) due to the inferior displacement of the femoral head and the residual growth of the greater trochanter. The average alpha angle, which reflects the presence of hip impingement, is above the normal value. No other article to our knowledge has reported such coxometric results with such a long term follow up. If it is certain that

the abstention or the continuous traction are no longer viable solutions,^{39,40} the modified Dunn osteotomy seems to be an alternative to the ISF.^{8,41,42} This surgery is performed by an anterior approach, respecting the posterior circumflex artery and diminishing the risk of necrosis of the femoral head in comparison to a posterior approach. The reduction and the fixation in a good position of the proximal epiphysis allows protecting the hip from impingement and osteoarthritis.⁴³ Anyway, two other options can be discussed: performing an ISF associated with an offset procedure (bumpectomy) by a minimally invasive anterior approach or arthroscopy thus preventing the evolution towards hip impingement,⁴⁴ or performing an ISF with a secondary per-trochanteric osteotomy.¹⁵ This final option, with all the anatomical modifications that it brings to the table, can make a potentially necessary future arthroplasty complicated. From this work comes the following indications: in the case of a stage 1 displacement (<30°) the in situ fixation seems to be the best solution with moderate medium and long term risks, in the case of a stage 2 (30-60°) or stage 3 (>60°) the results of the in situ fixation are less promising and the Dunn osteotomy by an anterior approach can be discussed. In addition to those two scenarios and in the case of a stage 2 displacement, an in situ fixation can be complemented by an offset procedure. ISF is then the treatment of choice in the case of a small displacement, the patient must be informed about the risk of the evolution towards hip impingement, which also necessitates a close follow up and surveillance by the orthopedic surgeon who will follow the child in his adult life.

Conclusions

ISF in a non-anatomic position in the patients presenting with slipped capital epiphysis may have long term consequences. In correlation with the initial displacement, it can be at the origin of hip impingement or of osteoarthritis if the initial displacement was stage 2 or 3. On the other hand, in the case of minor displacement, the consequences are less pronounced with the results of the functional scores found to be satisfactory. The limit is situated somewhere around 30°, an amount of displacement beyond which other therapeutic options can be considered.

References

1. Ziebarth K, Leunig M, Slongo T, et al. Slipped capital femoral epiphysis: relevant pathophysiological findings with open surgery. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471:2156-62.
2. Novais EN, Millis MB. Slipped capital femoral epiphysis: prevalence, pathogenesis, and nat-

- ural history. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470:3432-8.
3. Monin JO, Gouin F, Guillard S, Rogez JM. [Late results of the treatment of the slipped upper femoral epiphysis (26 cases with follow-up study over 10 years)]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1995;81:35-43. [Article in French].
 4. Loder RT, Aronsson DD, Weinstein SL, et al. Slipped capital femoral epiphysis. *Instr Course Lect* 2008;57:473-98.
 5. Exner GU, Schai PA, Notzli HP. [Treatment of acute slips and clinical results in slipped capital femoral epiphysis]. *Orthopade* 2002;31:857-65. [Article in German].
 6. Aronson DD, Carlson WE. Slipped capital femoral epiphysis. A prospective study of fixation with a single screw. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74:810-9.
 7. Goodman WW, Johnson JT, Robertson WW Jr. Single screw fixation for acute and acute-on-chronic slipped capital femoral epiphysis. *Clin Orthop Relat Res* 1996;86-90.
 8. Slongo T, Kakaty D, Krause F, Ziebarth K. Treatment of slipped capital femoral epiphysis with a modified Dunn procedure. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:2898-908.
 9. Leunig M, Slongo T, Ganz R. Subcapital realignment in slipped capital femoral epiphysis: surgical hip dislocation and trimming of the stable trochanter to protect the perfusion of the epiphysis. *Instr Course Lect* 2008;57:499-507.
 10. Dodds MK, McCormack D, Mulhall KJ. Femoroacetabular impingement after slipped capital femoral epiphysis: does slip severity predict clinical symptoms? *J Pediatr Orthop* 2009;29:535-9.
 11. Spencer S, Millis MB, Kim YJ. Early results of treatment of hip impingement syndrome in slipped capital femoral epiphysis and pistol grip deformity of the femoral head-neck junction using the surgical dislocation technique. *J Pediatr Orthop* 2006;26:281-5.
 12. Azegami S, Kosuge D, Ramachandran M. Surgical treatment of femoroacetabular impingement in patients with slipped capital femoral epiphysis: a review of current surgical techniques. *Bone Joint J* 2013;95:445-51.
 13. Fahey JJ, O'Brien ET. Acute slipped capital femoral epiphysis: review of the literature and report of ten cases. *J Bone Joint Surg Am* 1965;47:1105-27.
 14. Loder RT, Richards BS, Shapiro PS, et al. Acute slipped capital femoral epiphysis: the importance of physeal stability. *J Bone Joint Surg Am* 1993;75:1134-40.
 15. Southwick WO. Osteotomy through the lesser trochanter for slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am* 1967;49:807-35.
 16. Delaunay C, Epinette JA, Dawson J, et al. Cross-cultural adaptations of the Oxford-12 HIP score to the French speaking population. *Orthop Traumatol Surg Res* 2009;95:89-99.
 17. Wensaas A, Gunderson RB, Svenningsen S, Terjesen T. Femoroacetabular impingement after slipped upper femoral epiphysis: the radiological diagnosis and clinical outcome at long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 2012;94:1487-93.
 18. Notzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, et al. The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:556-60.
 19. Tonnis D. Normal values of the hip joint for the evaluation of X-rays in children and adults. *Clin Orthop Relat Res* 1976;39-47.
 20. Ross PM, Lyne ED, Morawa LG. Slipped capital femoral epiphysis long-term results after 10-38 years. *Clin Orthop Relat Res* 1979;176-80.
 21. Hack K, Di Primio G, Rakhra K, Beaulé PE. Prevalence of cam-type femoroacetabular impingement morphology in asymptomatic volunteers. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:2436-44.
 22. Stevens DB, Short BA, Burch JM. In situ fixation of the slipped capital femoral epiphysis with a single screw. *J Pediatr Orthop B* 1996;5:85-9.
 23. Millis MB, Novais EN. In situ fixation for slipped capital femoral epiphysis: perspectives in 2011. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:46-51.
 24. Hansson G, Billing L, Hogstedt B, et al. Long-term results after nailing in situ of slipped upper femoral epiphysis. A 30-year follow-up of 59 hips. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:70-7.
 25. Gordon JE, Abrahams MS, Dobbs MB, et al. Early reduction, arthrotomy, and cannulated screw fixation in unstable slipped capital femoral epiphysis treatment. *J Pediatr Orthop* 2002;22:352-8.
 26. Carney BT, Weinstein SL, Noble J. Long-term follow-up of slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:667-74.
 27. Abraham E, Gonzalez MH, Pratap S, et al. Clinical implications of anatomical wear characteristics in slipped capital femoral epiphysis and primary osteoarthritis. *J Pediatr Orthop* 2007;27:788-95.
 28. Mamisch TC, Kim YJ, Richolt JA, et al. Femoral morphology due to impingement influences the range of motion in slipped capital femoral epiphysis. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:692-8.
 29. DeLullo JA, Thomas E, Cooney TE, et al. Femoral remodeling may influence patient outcomes in slipped capital femoral epiphysis. *Clin Orthop Relat Res* 2007;457:163-70.
 30. Miese FR, Zilkens C, Holstein A, et al. MRI morphometry, cartilage damage and impaired function in the follow-up after slipped capital femoral epiphysis. *Skeletal Radiol* 2010;39:533-41.
 31. Kordelle J, Richolt JA, Millis M, et al. Development of the acetabulum in patients with slipped capital femoral epiphysis: a three-dimensional analysis based on computed tomography. *J Pediatr Orthop* 2001;21:174-8.
 32. Leunig M, Casillas MM, Hamlet M, et al. Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis. *Acta Orthop Scand* 2000;71:370-5.
 33. Wenger DR, Kishan S, Pring ME. Impingement and childhood hip disease. *J Pediatr Orthop B* 2006;15:233-43.
 34. Zilkens C, Bittersohl B, Jager M, et al. Significance of clinical and radiographic findings in young adults after slipped capital femoral epiphysis. *Int Orthop* 2011;35:1295-301.
 35. Ganz R, Leunig M, Leunig-Ganz K, Harris WH. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:264-72.
 36. Wensaas A, Svenningsen S, Terjesen T. Long-term outcome of slipped capital femoral epiphysis: a 38-year follow-up of 66 patients. *J Child Orthop* 2011;5:75-82.
 37. Larson AN, Sierra RJ, Yu EM, et al. Outcomes of slipped capital femoral epiphysis treated with in situ pinning. *J Pediatr Orthop* 2012;32:125-30.
 38. Schmitz MR, Bittersohl B, Zaps D, et al. Spectrum of radiographic femoroacetabular impingement morphology in adolescents and young adults: an EOS-based double-cohort study. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:e90.
 39. Carney BT, Weinstein SL. Natural history of untreated chronic slipped capital femoral epiphysis. *Clin Orthop Relat Res* 1996;43-7.
 40. Oram V. Epiphysiolysis of the head of the femur; a follow-up examination with special reference to end results and the social prognosis. *Acta Orthop Scand* 1953;23:100-20.
 41. Ziebarth K, Zilkens C, Spencer S, et al. Capital realignment for moderate and severe SCFE using a modified Dunn procedure. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:704-16.
 42. Huber H, Dora C, Ramseier LE, et al. Adolescent slipped capital femoral epiphysis treated by a modified Dunn osteotomy with surgical hip dislocation. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93:833-8.
 43. Loder RT, Dietz FR. What is the best evidence for the treatment of slipped capital femoral epiphysis? *J Pediatr Orthop* 2012;32:S158-65.
 44. Jayakumar P, Ramachandran M, Youm T, Achan P. Arthroscopy of the hip for paediatric and adolescent disorders: current concepts. *J Bone Joint Surg Br* 2012;94:290-6.

Experimental study of an original radiographic view for diagnosis of cam-type anterior femoroacetabular impingement

Etienne Cavaignac · Philippe Chiron · Aloïs Espié ·
Nicolas Reina · Benoît Lepage · Jean-Michel Laffosse

Received: 16 February 2012 / Accepted: 7 April 2012 / Published online: 3 May 2012
© Springer-Verlag 2012

Abstract

Purpose Primary paraclinical investigation to look for femoral morphological abnormality consistent with cam-type anterior femoroacetabular impingement (FAI) must include specific radiographic projections of the hip from the following: cross-table, frog-leg or Dunn (90° and 45° flexion). We use a frog-leg type view with fixed angles as described by Chiron, obtained with the patient in a supine position, with the hip in 45° flexion-abduction and 30° external rotation. The X-ray beam is anteroposterior and centred on the femoral head. We evaluated this view by comparing it with other views in common use.

Methods In this experimental study, we created artificial radio-opaque morphological abnormalities secured onto normal femoral necks. The femurs were placed in relation to a fixed pelvis using orthogonal landmarks, in the positions of the various radiographic views. The digital radiographs were analysed by two observers. Nineteen femurs were included to reveal a difference of 5° between the alpha angle of Nötzli et al. [11] measured on the Dunn view and the frog-leg 45/45/30 view (Student's paired test).

Results The highest mean values of the alpha angle of Nötzli were always obtained with the frog-leg 45/45/30 view (87.4°, 86.2°, 84.5°) and the lowest with the cross-table view. We found a mean difference of 8.95° with the 90° Dunn view ($P=0.00007$), 3.44° with the 45° Dunn view ($P=0.004$) and 13.47° with the cross-table view ($P=0.002$).

Conclusions This experimental study confirmed the value of the frog-leg 45/45/30 view in assisting diagnosis of cam-type FAI.

Introduction

Anterior femoroacetabular impingement (FAI) is caused by abutment between the bone of the anterior and proximal aspect of the femoral neck and the acetabular rim [1, 2]. The diagnosis is based above all on clinical symptoms (pain on flexion-internal rotation of the hip) and observation of a morphological abnormality on imaging [3].

In cam-type FAI, the morphological abnormality lies at the anterosuperior part of the head-neck junction [4, 5].

During the 2008 AOA symposium [6] on hip disease in the young adult, it was stated that the primary paraclinical investigation to seek bone abnormalities consistent with FAI should include an anteroposterior hip radiograph and one of the following specific lateral views [7]: cross-table, frog-leg or Dunn view (90° [8] and 45° flexion [9]). The anteroposterior view reveals pincer-type abnormality in FAI [10], while the lateral hip view detects cam-type abnormality.

Measurement of the alpha angle of Nötzli et al. [11] on a Dunn view is a reliable and sensitive means of quantifying the morphological abnormality causing a cam effect [12].

In our department, since 2005, we have used the modified frog-leg view described by Chiron and Laffosse [13] for

E. Cavaignac · P. Chiron · A. Espié · N. Reina · J.-M. Laffosse
Institut de l'Appareil Locomoteur, Rangueil University Hospital,
Toulouse, France

B. Lepage
Service d'Epidémiologie, University Hospital,
Toulouse, France

E. Cavaignac (✉)
Institut de l'Appareil Locomoteur, CHU Rangueil,
1 avenue du Pr Jean Poulhès, TSA 50032,
31059 Toulouse Cedex 9, France
e-mail: cavaignac.etienne@gmail.com

the diagnosis and follow-up of our patients with FAI. This image is obtained with the patient supine, with the hip in 45° flexion-abduction and 30° external rotation. The X-ray beam is anteroposterior and centred on the femoral head (Fig. 1). We called this view the frog-leg 45/45/30 view.

The purpose of our study was to evaluate this view by comparing it with other views used to look for the morphological abnormality found in FAI. We assessed the reproducibility and the validity of the frog-leg 45/45/30 view.

Materials and methods

Simulation of a radio-visible artificial femoral morphological abnormality

Twenty human bone specimens (one pelvis and 19 femurs) were supplied by the anatomy laboratory of our institution. Morphological abnormalities of the head-neck junction were simulated by hemi-elliptical metal inserts of identical size placed in bone incisions in healthy femoral necks at locations described in the literature [3–5] at 30° on the anterior superior aspect at the head-neck junction (Fig. 2). We identified the top of the femoral neck, i.e. the most cranial point at the base of the neck and at the head-neck junction, and using a protractor we measured an anterior angle of 30° and then marked the two points on the bone. The bone was incised in the axis of the straight line thus obtained, that is, radially to the axis of the neck.



Fig. 1 Position of the patient for the frog-leg 45/45/30 view, seen posteriorly



Fig. 2 Semi-ellipse simulating the apex of a femoral abnormality at 30° on the anterior aspect at the head-neck junction

When the insert had been placed, all the radiographs were obtained without changing its position. The abnormality was fixed and identical for each femur.

Standardisation of radiographic views

The pelvis was positioned on a hard surface in accordance with the quality criteria for an anteroposterior pelvic radiograph [7]. The assembly was rigid and fixed. We identified the transverse axis passing through the centre of the two acetabuli and placed protractors on each side. We did the same with the sagittal axis of abduction-adduction. The axes were indicated by latex strings. When the chosen angles were marked on the protractors, we placed the femoral head in the acetabulum and the centre of the lower part

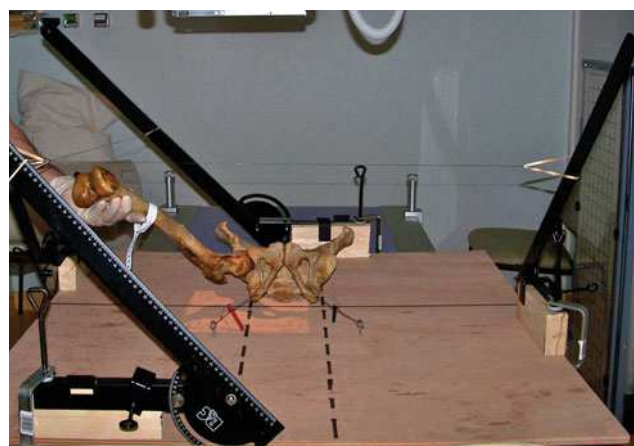


Fig. 3 Accurate, reproducible views obtained with a fixed pelvis and protractors: right frog-leg 45/45/30 view

of the femur at the intersection of the two lines to obtain the desired view (Fig. 3).

When the two extremities of the string attached to the protractors measuring flexion were at an equal distance from the centre of the protractor, the axis shown by the string was parallel to the transverse axis. Rotation was measured as the angle between the epicondylar axis and the transverse axis.

Views studied

The Dunn view [8] is made with the patient in a supine position, 90° flexion, 20° abduction and neutral rotation. The radiograph is centred on the hip with an anteroposterior X-ray beam. The 45° Dunn view [9] is made with the patient in a supine position, in 45° flexion, 20° abduction and neutral rotation. The radiograph is centred on the hip with an anteroposterior X-ray beam. The cross-table view is made with the patient in a supine position; the contralateral hip and knee are flexed and the symptomatic limb is in 15° internal rotation. The X-ray beam is parallel to the table, centred on the femoral head and oriented 45° medially to the hip being studied. The frog-leg 45/45/30 view [13] is made in 45° flexion, 45° abduction and 30° external rotation. The radiograph is centred on the hip with an anteroposterior X-ray beam. Source-to-hip and hip-to-film distances were constant for all measurements. Tension and intensity values were fixed (81 KV, 20mAs).

Radiological analysis

All radiographs were scanned into JPEG format and analysed using OsiriX software (Fig. 4) [14]. After calibration by measurement of the pubic symphysis (3.5 cm), we determined the following: the femoral head centre, by positioning a best-fit circle; and the axis of the femoral

neck, by drawing a line passing through the centres of the medial and lateral sides of the quadrilateral representing the neck. The alpha angle was measured as described by Nötzli et al. [11]. Each measurement was made by two observers (EC, NR). EC carried out two measurements at an interval of three weeks.

Statistical analysis

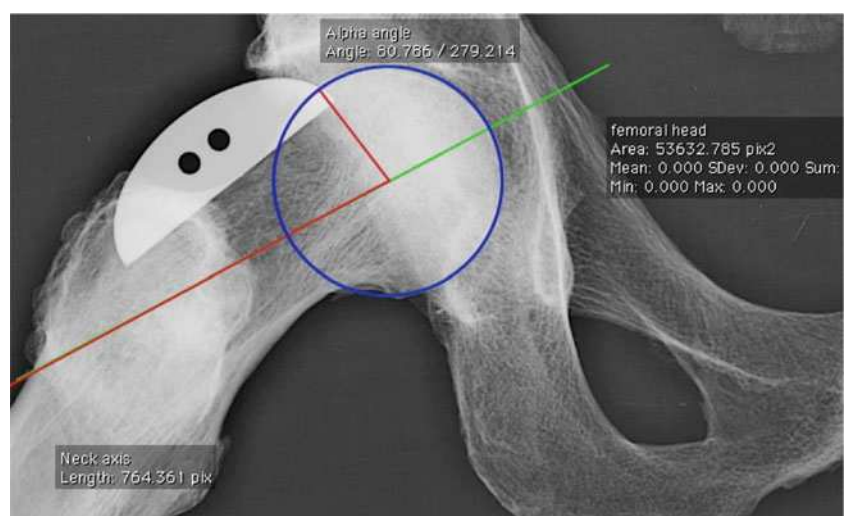
The sample size (number of femurs) required to meet the principal objective was calculated to observe a minimum difference of 5° between the Nötzli angle measured on the Dunn view and the frog-leg 45/45/30 view (Student's paired test). Assuming that the standard deviation of the Nötzli angle will be 10° on both views (following Meyer et al. [9]) and that the angle measured on our view will be correlated with the angle measured on the Dunn view with a correlation coefficient of 0.7 or higher, the number of subjects required was 19 for an alpha risk of 5 % and a power of 80 %.

The measurements on the different views were compared using the Student's *t*-test or the Wilcoxon matched test, depending on normality of the data.

To calculate the required sample size, we assessed the validity of alpha angle measurement on the frog-leg 45/45/30 view. It is necessary to ensure that measurement of the alpha angle on this view and on the Dunn view varies in the same proportions for different morphological abnormalities. Validity is assessed by comparing the alpha angle values obtained between the two views by Spearman's correlation coefficient.

Intra and inter-observer reproducibility rates were measured by intraclass correlation coefficients between two measurements made by the first observer (intraobserver reproducibility) and between two measurements made by the two observers (interobserver reproducibility).

Fig. 4 Dataset obtained with Osirix software



First-order risk was 5 %. Analysis was carried out using Stata SE v11.0 software (StataCorp, College Station, TX, USA).

Results

Descriptive analysis

The highest mean values of the alpha angle of Nötzli were always obtained with the frog-leg 45/45/30 view (87.4°, 86.2°, 84.5°) (Fig. 5). The lowest values were obtained with the cross-table view.

Comparison

All comparisons of the four views revealed a higher alpha angle value on the frog-leg 45/45/30 view (difference of 8.95° compared with the 90° Dunn view, 3.44° with the 45° Dunn view and 13.47° with the cross-table view), differences that were statistically significant ($P=0.00007$, $P=0.003$ and $P=0.002$, respectively) (Table 1).

Reproducibility

Intra- and inter-observer reproducibility ranged from 0.87 to 0.93 for alpha angle measurement for all views studied (Table 2). The inter-observer ICC for the frog-leg 45/45/30 view was 0.93 and the intra-observer ICC was 0.91.

Validity

The Spearman correlation coefficient was $r=0.7$ between the alpha angle values measured on the Dunn view and the frog-leg 45/45/30 view.

Discussion

The simulated morphological abnormality was identical for each femur, the radiographs were obtained in a standardised manner and radiographic parameters were constant. The only variable was the radiographic view.

We positioned the artificial abnormalities at the locations described in the literature. As it is difficult to recreate a 3D model, we chose to simulate only the top of the abnormality, which is the part best described in the literature. Several authors agree that there is a peak increase in the alpha angle at 30° in the anterosuperior quadrant. Ito et al. [5], in an MRI study, observed that maximum reduction of head–neck offset lay around the one o'clock position at the head–neck junction, defining the twelve o'clock position as the most cranial part of a sagittal section of a femoral neck. Beaulé et al. [4] analysed cartilage and labral lesions around the one o'clock position in cam-type FAI. Hack et al. [3] sought to assess the prevalence of femoral morphological abnormalities in an asymptomatic population. In an MRI study, they found that 14 % of hips had a cam-type deformity. The most elevated alpha angles were observed at the 1:30 position.

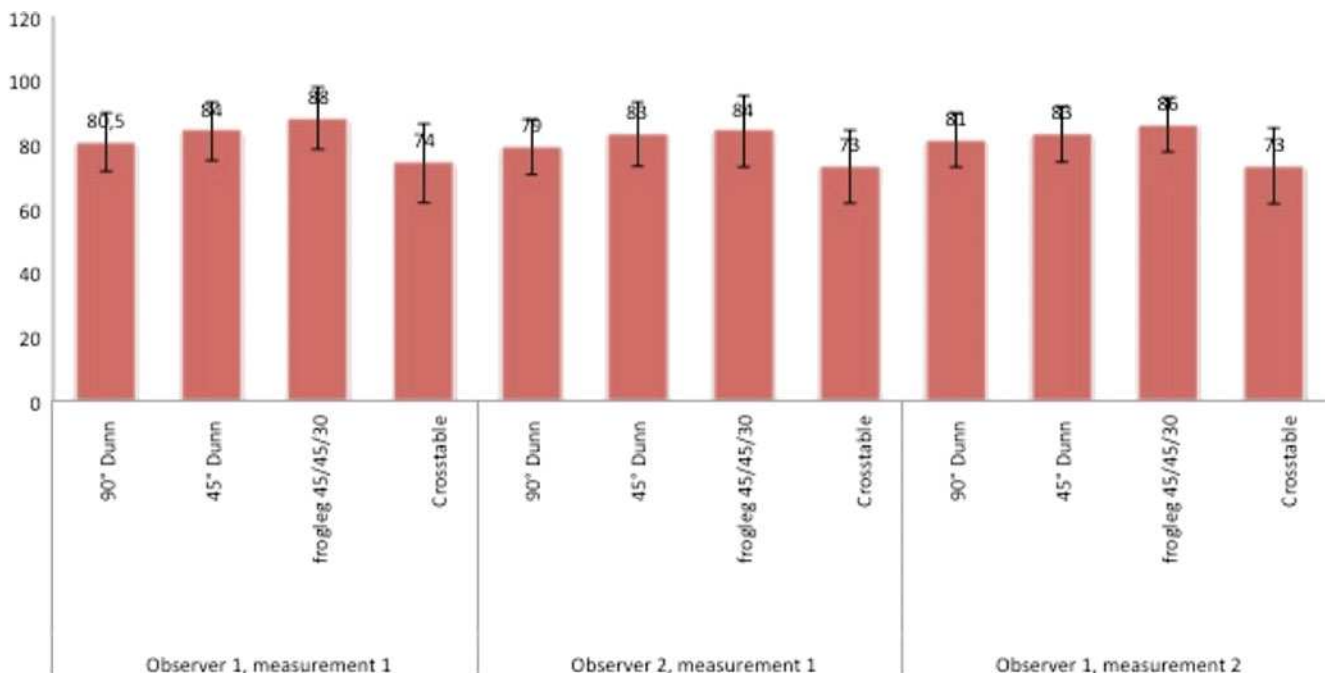


Fig. 5 Alpha angle (mean and standard deviation) according to view and to observer (EC, NR)

Table 1 Comparison of alpha angle values measured using the frog-leg 45/45/30 view and the other views by the two observers (standard deviation)

Difference between frog-leg 45/45/30 and other views	Observer 1 (EC)		Observer 2 (NR)
	Measurement 1	Measurement 2	
90° Dunn	8.95 (2.3) <i>P</i> =0.00007	6.98 (2.12) <i>P</i> =0.0006	7.75 (2.47) <i>P</i> =0.01
45° Dunn	3.44 (0.94) <i>P</i> =0.003	3.18 (0.81) <i>P</i> =0.002	1.79 (1.09) <i>P</i> =0.14
Cross-table	13.47 (3.26) <i>P</i> =0.002	13.17 (2.32) <i>P</i> =0.0002	11.29 (2.77) <i>P</i> =0.002

Tannast et al. [15] also mapped labral lesions by comparing peroperative findings and CT data obtained using computer simulation. They found the majority of lesions in the cam group at the one o'clock position.

Calculation of the required sample size was based on comparison with the Dunn view, which several authors consider as the view of choice [12]. This calculation requires sufficient correlation between the alpha angle values for the two views. This is what we termed the measurement of validity by calculation of Spearman's correlation coefficient, in this case 0.7 which corresponds to our initial objective. We considered a minimum difference of 5° to be significant. The aim of our study was reached with a mean difference of 8.95° (*P*=0.00007) between the frog-leg 45/45/30 view and the Dunn view.

With regard to alpha angle measurement, the highest values were found with the frog-leg 45/45/30 view. For an equivalent morphological abnormality, the frog-leg 45/45/30 view gave a higher alpha angle value. It is a good screening investigation.

Intra- and inter-observer reproducibility for measurement of the alpha angle was excellent (intra-observer ICC 0.91, inter-observer ICC 0.93) with the frog-leg 45/45/30 view. This calculation may be biased by the experimental nature of the study, as the point at which the head ceases to be spherical is more easily identified than in vivo.

The view studied is a variation of the frog-leg view. There are no precise descriptions of the angles of the frog-leg view [16], and they may vary, for hip flexion in particular is

dependent on the suppleness of the patient or on the volume and distribution of their fat mass, among other factors. This hampers the reproducibility of this view. Angle values are thus an advantage for obtaining more accurate and repeatable measurements.

Meyer et al. [9], in an experimental study on dry bone, compared six different radiographic views. They classified their femur sample in two groups, those with a spherical head and those with a non-spherical head. The six views compared were the 90° Dunn view, the 45° Dunn view, an anteroposterior view and a cross-table view in internal, neutral and external rotation. They obtained the highest absolute values of the alpha angle on the 45° Dunn view.

Clohisy et al. [16], in a retrospective study, compared the alpha angle on three radiographic views in an impingement group and a control group. The three views were a frog-leg, an anteroposterior and a cross-table view. They analysed the difference obtained for each view between the impingement group and the control group. The greatest difference was obtained with the frog-leg view. We also compared our view with the cross-table view, and our results for the alpha angle were greater, for similar abnormalities (difference 13.47°, *P*=0.002).

Konan et al. [17] compared the alpha angle values obtained on plain radiographs and on CT scans. In the same subject, the alpha angle values were higher on CT scan. The CT scans were axial 3D reconstructions of the femoral neck. These authors concluded that plain radiography is an inexpensive and readily available screening tool.

Barton et al. [12] studied the diagnostic possibilities of alpha angle measurement on the Dunn view and found a sensitivity of 91 % and a specificity of 88 %.

The frog-leg 45/45/30 view is routinely used in our department. Chiron et al. [18] assessed 118 cases of cam-type FAI. The morphological abnormality was visualised with this view and was confirmed by CT and MRI scans, and the correction could also be measured pre- and postoperatively with the same view. As early as the first visit, it is of great assistance in determining whether the patient has a morphological abnormality consistent with FAI; radiographic discovery of a femoral neck abnormality must of course be interpreted in conjunction with clinical assessment. The

Table 2 Intra and inter-observer reproducibility of alpha angle measurement (95 % confidence interval)

View	Intra-class correlation coefficient	
	Intra-observer	Inter-observer
Frog-leg 45/45/30	0.91 (0.83–0.99)	0.93 (0.89–0.97)
Cross-table	0.92 (0.85–0.99)	0.87 (0.8–0.91)
90° Dunn	0.9 (0.82–0.99)	0.92 (0.85–0.99)
45° Dunn	0.87 (0.76–0.98)	0.93 (0.88–0.99)

view is obtained with the patient in a supine position, with the hip in 45° flexion and abduction. By placing the ipsilateral foot against the contralateral knee, 30° external rotation is obtained.

Conclusions

This experimental study, whose only variable was the radiographic view, confirmed the value of the view in 45° flexion, 45° abduction and 30° external rotation, the frog-leg 45/45/30 view, in assisting diagnosis of cam-type anterior femoroacetabular impingement. It is a good screening test for femoral head abnormalities compatible with FAI.

References

- Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Nötzli H, Siebenrock KA (2003) Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 417:112–120
- Imam S, Khanduja V (2011) Current concepts in the diagnosis and management of femoroacetabular impingement. *Int Orthop* 35(10):1427–1435
- Hack K, Di Primio G, Rakhra K, Beaulé PE (2010) Prevalence of cam-type femoroacetabular impingement morphology in asymptomatic volunteers. *J Bone Joint Surg Am* 92(14):2436–2444
- Beaulé PE, Zaragoza E, Motamedi K, Copelan N, Dorey FJ (2005) Three-dimensional computed tomography of the hip in the assessment of femoroacetabular impingement. *J Orthop Res* 23(6):1286–1292
- Ito K, Minka MA 2nd, Leunig M, Werlen S, Ganz R (2001) Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset. *J Bone Joint Surg Br* 83(2):171–176
- Clohisy JC, Beaulé PE, O'Malley A, Safran MR, Schoenecker P (2008) AOA symposium. Hip disease in the young adult: current concepts of etiology and surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am* 90(10):2267–2281
- Clohisy JC, Carlisle JC, Beaulé PE, Kim YJ, Trousdale RT, Sierra RJ, Leunig M, Schoenecker PL, Millis MB (2008) A systematic approach to the plain radiographic evaluation of the young adult hip. *J Bone Joint Surg Am* 90(Suppl 4):47–66
- Dunn DM (1952) Anteversion of the neck of the femur; a method of measurement. *J Bone Joint Surg Br* 34-B(2):181–186
- Meyer DC, Beck M, Ellis T, Ganz R, Leunig M (2006) Comparison of six radiographic projections to assess femoral head/neck asphericity. *Clin Orthop Relat Res* 445:181–185
- Kutty S, Schneider P, Faris P, Kiefer G, Frizzell B, Park R, Powell JN (2012) Reliability and predictability of the centre-edge angle in the assessment of pincer femoroacetabular impingement. *Int Orthop* 36(3):505–510
- Nötzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, Schmid MR, Treiber K, Hodler J (2002) The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg Br* 84(4):556–560
- Barton C, Salineros MJ, Rakhra KS, Beaulé PE (2011) Validity of the alpha angle measurement on plain radiographs in the evaluation of cam-type femoroacetabular impingement. *Clin Orthop Relat Res* 469(2):464–469
- Chiron P, Laffosse JM (2008) Les lésions du labrum de la hanche: signes, imagerie, traitement. *Rev Rhum* 76(2):202–207
- Rosset A, Spadola L, Ratib O (2004) OsiriX: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. *J Digit Imaging* 17(3):205–216
- Tannast M, Goricki D, Beck M, Murphy SB, Siebenrock KA (2008) Hip damage occurs at the zone of femoroacetabular impingement. *Clin Orthop Relat Res* 466(2):273–280
- Clohisy JC, Nunley RM, Otto RJ, Schoenecker PL (2007) The frog-leg lateral radiograph accurately visualized hip cam impingement abnormalities. *Clin Orthop Relat Res* 462:115–121
- Konan S, Rayan F, Haddad FS (2010) Is the frog lateral plain radiograph a reliable predictor of the alpha angle in femoroacetabular impingement? *J Bone Joint Surg Br* 92(1):47–50
- Chiron P, Espié A, Reina N, Cavaignac E, Molinier F, Laffosse JM (2012) Surgery for femoroacetabular impingement using a minimally invasive anterolateral approach: Analysis of 118 cases at 2.2-year follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res* 98(1):30–38

Fréquence des déformations à type d'épiphyse dans le conflit de hanche par effet came et la coxarthrose

Résumé

L'épiphyse fémorale supérieure (EFS) est une pathologie décrite comme rare dans la littérature. Elle consiste en un glissement de l'épiphyse fémorale vers le bas mais surtout vers l'arrière par rapport au col, elle doit donc s'analyser sur une radiographie de profil. Une partie des épiphysiolyses passe inaperçue durant l'adolescence et se révèle à l'âge adulte au stade de séquelles (conflit de hanche ou coxarthrose). Aucun index radiographique ne permet de détecter les séquelles d'épiphyse sur une incidence de profil. L'objectif de notre étude épidémiologique était de déterminer, à travers trois études, la proportion de séquelles d'épiphyse chez les patients présentant un conflit de hanche par effet came ou une coxarthrose à l'aide d'un index radiographique (l'index cervico céphalique de profil (ICCP)) que nous avons validé

L'ICCP permet de quantifier la translation postérieure de la tête fémorale sur un profil de hanche. Nous avons recherché sa reproductibilité et déterminé une valeur seuil à partir de laquelle la translation, corrélée à une déformation en crosse de pistolet sur la radiographie de face, pouvait être définie comme pathologique. L'analyse, a porté sur 131 hanches. La valeur seuil fixée à 9 % entraînait une sensibilité à déterminer la présence d'une déformation en « pistol grip » de 89,1 % (IC95 % : 78,8—95,5 %) et une spécificité de 82,4 % (IC95 % : 71,2—89,7 %). Vingt pour cent des hanches sans anomalie sur la face avaient un index pathologique. La reproductibilité intra-observateur était excellente pour l'ICCP (CCI = 0,78 ; IC95 % = 0,57—0,88) et le « pistol grip » (CCI = 0,85 ; IC95 % = 0,74—0,92). L'ICCP est donc un outil fiable pour détecter les déformations à type d'épiphyse (valeur seuil 9%). Une étude cas – témoin comparant la valeur de l'ICCP dans un groupe présentant un conflit de hanche par effet came (CAFA) (96 hanches, âge moyen 38 ans) et un groupe contrôle sain (108 hanches, âge moyen 36,5 ans) a permis de déterminer que 42 hanches du groupe CAFA (soit 43,7%) avaient un index > 9% contre 6 (soit 5,5%) dans le groupe témoin. La proportion des séquelles d'épiphyse chez l'adulte arthrosique a été recherchée (186 hanches). Elles représentaient la première cause de coxarthrose pour les sujets de moins de 60 ans (30 cas sur 84 soit 35,7%) et la deuxième tout âges confondus (46 hanches soit 24,7%). Le groupe EFS avait 56,2 ans (26-80) d'âge moyen (contre 66 [54-91] pour les coxarthroses primitives [p < 0,0001]) avec un sex-ratio de 7,3 hommes contre 1,1 pour les coxarthroses primitives (p < 0,0001). L'ICCP était en moyenne de 13 % (9-24 %) dans le groupe EFS contre 4,3 % (0-8 %) pour les coxarthroses primitives.

Notre travail a permis de mettre en évidence que les séquelles d'épiphyse sont plus fréquentes que décrites dans la littérature puisque retrouvées comme première cause d'arthrose chez les sujets de moins de 60 ans et dans 43,7% des conflits de hanche par effet came.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Médecine spécialisée clinique

Faculté de médecine Toulouse-Purpan, 35 Allées Jules Guesde BP 7202 31073 Toulouse Cedex 7. Université Toulouse III-Paul Sabatier

Directeur de thèse : Professeur Philippe Chiron.