

UNIVERSITE DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2022

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Lignes sacrées et iliaques : étude rétrospective des IRM des
articulations sacro-iliaques**

Présentée et soutenue publiquement le 19 octobre 2022
à 16h au pôle Formation

Par Guillaume DELIGNE

JURY

Président :

Madame le Professeur Anne COTTEN

Asseseurs :

Monsieur le Professeur Xavier DEMONDION

Monsieur le Docteur Sammy BADR

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Youssef BOULIL

AVERTISSEMENT

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

LISTE DES ABREVIATIONS

ASAS	Assessment of SpondyloArthritis international Society
CHRU	Centre Hospitalier Régional Universitaire
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
HDH	Health Data Hub
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
PACS	Pictures Archiving and Communicating System
SPAIR	Spectral Attenuated Inversion Recovery
SPIR	Spectral Presaturation with Inversion Recovery
STIR	Short Tau Inversion Recovery
TE	Temps d'Echo
TDM	TomoDensitoMétrie
TNF	Tumor Necrosis Factor
TR	Temps de Répétition
RIS	Radiology Information System
TSE	Turbo Spin Echo
FOV	Field Of View

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
LISTE DES ABREVIATIONS	3
TABLE DES MATIERES	4
INTRODUCTION	5
MATERIEL ET METHODES	6
1 Ethique	6
2 Design de l'étude	6
3 Protocole IRM	7
4 Analyse IRM	9
5 Analyse statistique	13
RESULTATS	15
1 Lignes sacrées	15
2 Lignes iliaques	24
DISCUSSION	31
1 Lignes sacrées	31
1.1 Analyse des résultats	31
1.2 Analyse de l'interligne articulaire sacro-iliaque	32
1.3 Hypothèse quant à l'origine de cette ligne sacrée	35
1.3.1 Ossification et maturation du sacrum	35
1.3.2 Maturation du sacrum en imagerie	38
2 Lignes iliaques	40
2.1 Analyse des résultats	40
2.2 Rappel sur l'ossification	43
2.3 Hypothèses quant à l'origine des lignes iliaques	44
2.3.1 Orientation des travées osseuses	44
2.3.2 Contraintes mécaniques	45
3 Limites de cette étude	47
CONCLUSION	49
BIBLIOGRAPHIE	50
ANNEXE	55

INTRODUCTION

L'IRM des articulations sacro-iliaques est principalement réalisée dans l'aide au diagnostic précoce de spondyloarthrite. Des études ont en effet montré qu'un diagnostic précoce, avant la présence d'une sacro-iliite radiographique, permet d'améliorer la réponse aux anti-TNF α ¹. C'est la raison pour laquelle les critères de classification de l'ASAS (*Assessment of SpondyloArthritis international Society*) comprennent désormais un bras clinique mais également un bras imagerie, dans lequel une sacro-iliite en radiographie ou en IRM et au moins un critère clinique permettent d'établir le diagnostic de spondyloarthrite chez des patients de moins de 45 ans présentant une lombalgie évoluant depuis plus de trois mois^{2,3,4}.

Lors de la relecture des IRM des articulations sacro-iliaques réalisées dans le service de Radiologie et Imagerie Musculosquelettique du CHU de Lille, nous avons observé la présence fréquente d'une ligne sacrée sous chondrale et d'une ligne iliaque un peu plus à distance. Nous n'avons pas trouvé de description de ces lignes en IRM dans la littérature. Pourtant, leur reconnaissance nous semble importante car elles peuvent être à l'origine d'images pièges et d'analyse erronée.

Nous avons donc décidé de réaliser une étude rétrospective des IRM des articulations sacro-iliaques effectuées dans le service afin de les décrire.

MATERIEL ET METHODES

1 Ethique

Cette étude a été réalisée en accord avec les recommandations de la commission d'examen locale et avec la déclaration d'Helsinki.

Cette recherche impliquant la personne humaine était conforme à la méthodologie de référence MR-004. Elle a fait l'objet d'une autorisation de mise en conformité vis-à-vis de la CNIL et a été enregistrée dans le registre des traitements informatiques du CHU de Lille sous le numéro 2021_008 et auprès du HDH dans le registre des recherches entrant dans le cadre d'une méthodologie de Référence sous le numéro F20210121160734.

2 Design de l'étude

Il s'agit d'une étude rétrospective exploratoire monocentrique menée au CHU de Lille sur trois ans : du 1^{er} janvier 2017 au 31 décembre 2019. L'ensemble des examens réalisés dans le service d'imagerie musculosquelettique cotés comme « IRM des articulations sacro-iliaques » a été inclus.

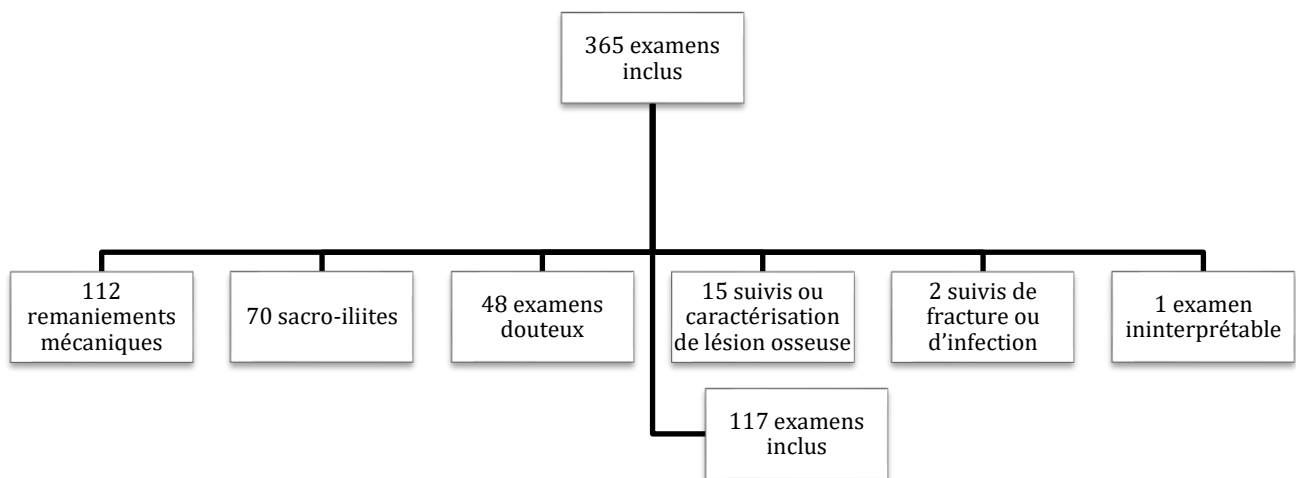
Les 365 IRM sacro-iliaques réalisées durant cette période étaient disponibles sur le PACS du CHU de Lille (IntelliSpace Enterprise ; Philips Healthcare, Best, Pays-Bas).

Pour décrire précisément l'aspect de ces lignes et le signal de la moelle osseuse adjacente, nous avons décidé d'exclure les IRM comportant des signes de sacro-iliite (70 patients) ou de remaniements mécaniques (112 patients). Les examens considérés comme « douteux » (48 patients) ont également été exclus. Les examens réalisés pour caractérisation ou suivi de lésion osseuse ont été exclus (15 patients). Les examens de suivi de fracture ou de sacro-iliite infectieuse ont été exclus (2 patients). Enfin, 1 examen a été exclu car

ininterprétable en raison d'artefacts importants liés à un matériel d'arthrodèse. Cette exclusion s'est basée sur les comptes rendus disponibles sur le PACS et le RIS (QDoc ; Agfa Healthcare, Belgique).

Ces éléments sont représentés dans l'organigramme ci-dessous (tableau 1).

Tableau 1 : Flow chart of the study population



117 IRM réalisées chez 117 patients ont ainsi été incluses pour cette étude.

3 Protocole IRM

Les examens étaient réalisés sur une IRM 3T (Ingenia ; Philips Healthcare, Best, Pays-Bas) dans 98 cas et sur une IRM 1.5T (Ingenia, Philips Healthcare) dans 19 cas. Les patients étaient installés en décubitus dorsal et une antenne antérieure 32 canaux couvrant le bassin était utilisée en supplément de l'antenne body intégrée.

Le protocole comportait au minimum deux séquences coronales obliques dans le plan des articulations sacro-iliaques (longitudinal à l'axe S1-S3 sur l'acquisition de repérage) en pondération T1 TSE et T2 SPAIR (*spectral attenuated inversion recovery*).

La grande majorité des patients a également bénéficié d'une séquence axiale oblique T2 SPAIR perpendiculaire au plan précédent. Chez 58 patients, des séquences coronales obliques et / ou axiales T1 SPIR après injection de chélates de gadolinium étaient également disponibles.

Tableau 2 : Paramètres des séquences IRM

	Coronale T1 TSE	Coronale T2 SPAIR TSE	Axiale T2 SPAIR TSE	Coronale T1 SPIR TSE	Axiale T1 SPIR TSE
TR (ms)	500-700	2000-6000	2000-6000	500-800	450-750
TE (ms)	20	60	60	18	18
Epaisseur de coupe	4	4	4	4	4
Matrice (pixels x pixels)	332x296	308x239	308x239	368x198	368x198
FOV (mm)	200x200	200x200	200x200	200x200	200x200
Résolution spatiale (mm)	0,60 x 0,68	0,65 x 0,84	0,65 x 0,84	0,54 x 1	0,54 x 1
Nombres de coupes	20	20	20	20	20
Espace inter- coupes (mm)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Temps d'acquisition (min : s)	02 : 58	03 :49	03 :15	03 : 36	03 :38

4 Analyse IRM

Les 117 examens IRM ont été relus de façon indépendante par un interne (1 an d'expérience en imagerie musculosquelettique) et par un radiologue sénior (4 années d'expérience en imagerie musculosquelettique). Les dossiers discordants étaient ensuite analysés en consensus. En l'absence de consensus, les dossiers étaient relus par une radiologue ayant plus de 30 ans d'expérience en imagerie musculosquelettique.

Pour chaque cas, l'absence ou la présence de lignes sacrées et iliaques ont été recherchées.

La ligne sacrée se définissait par une fine ligne de l'os sous chondral sacré, apparaissant hypointense en pondérations T1 et T2 SPAIR, curviligne avec un grand axe globalement parallèle à l'axe de l'interligne articulaire (fig 1).

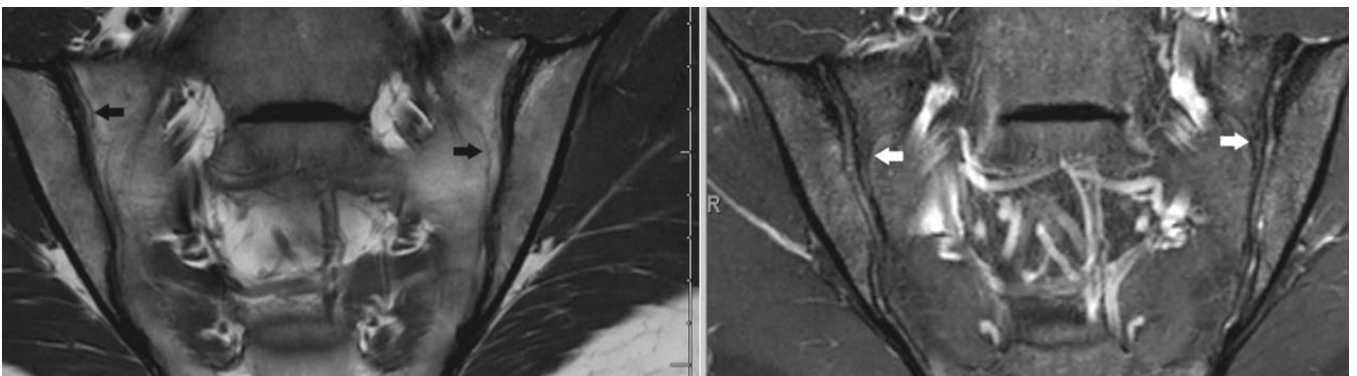


Figure 1 : Lignes sacrées en IRM (flèches noires et blanches), coupes coronales obliques en pondération T1 (gauche) et T2 SPAIR (droite)

La ligne iliaque se définissait par une fine ligne au sein de l'os iliaque, apparaissant hypointense en pondérations T1 et T2 SPAIR, d'orientation oblique vers le bas et le dedans, se rapprochant d'avant en arrière de l'interligne articulaire, et mieux visible dans le plan coronal (fig. 2).

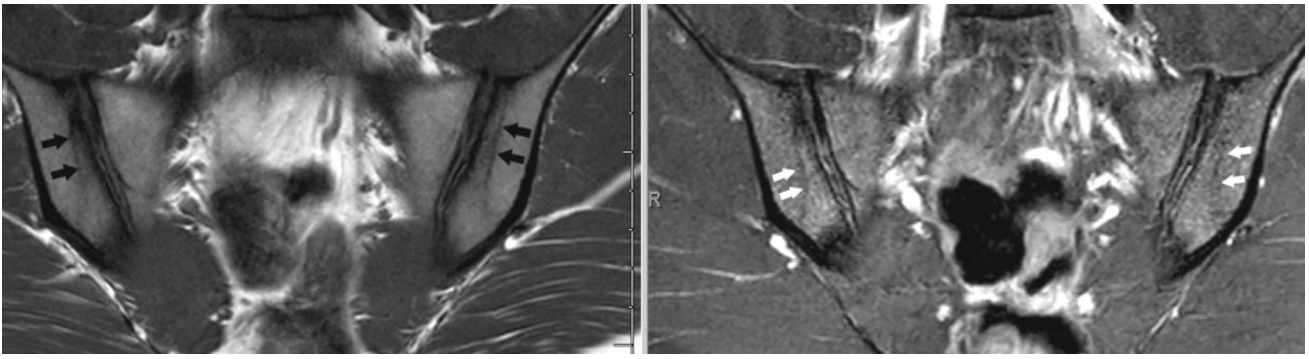


Figure 2 : Lignes iliaques en IRM (flèches noires et blanches), coupes coronales obliques en pondération T1 (gauche) et T2 SPAIR (droite)

En raison de la meilleure visibilité des lignes iliaques dans le plan coronal oblique et de la réalisation systématique des séquences T1 et T2 SPAIR dans ce plan, nous avons décidé de faire une cotation de ces lignes dans le plan coronal oblique. La visibilité de ces lignes a été gradée à l'aide d'une échelle visuelle quantitative de 0 à 3, à la fois en pondération T1 et T2 SPAIR, de la façon suivante :

- 0 : ligne non visualisée
- 1 : ligne difficilement visualisée, devinée
- 2 : ligne partiellement visualisée ou non nette
- 3 : ligne nette, clairement identifiable

Cette cotation a été réalisée de façon indépendante par un interne et par un radiologue sénior.

Une évaluation de la concordance inter-observateur et intra-observateur a été réalisée par un test non paramétrique Kappa (K) de Cohen.

La localisation de cette ligne (en regard du tiers supérieur, moyen et/ou inférieur de l'interligne) a été reportée ainsi que son caractère uni ou bilatéral.

Une mesure de la distance de la ligne sacrée par rapport à l'interligne articulaire a également été réalisée.

Du fait de son caractère curviligne et non strictement parallèle à l'interligne, la mesure a été réalisée sur la coupe où cette ligne était la mieux définie et parallèle à la lame osseuse sous chondrale, sur la séquence coronale oblique T1.

La ligne iliaque était systématiquement située plus à distance de l'interligne sacro-iliaque comparativement à la ligne sacrée. Cela nous a permis de faire des mesures supplémentaires à l'aide de régions d'intérêts (ROI) qui ont été mesurées de part et d'autre de la ligne iliaque dans le plan coronal oblique.

Ces mesures ont été réalisées aux zones où la différence de signal ostéomédullaire semblait visuellement la plus marquée :

- Dans le plan coronal oblique à la fois en pondération T1 et T2 SPAIR en utilisant le mode localisateur du PACS afin de cibler les mêmes régions anatomiques (fig. 3)

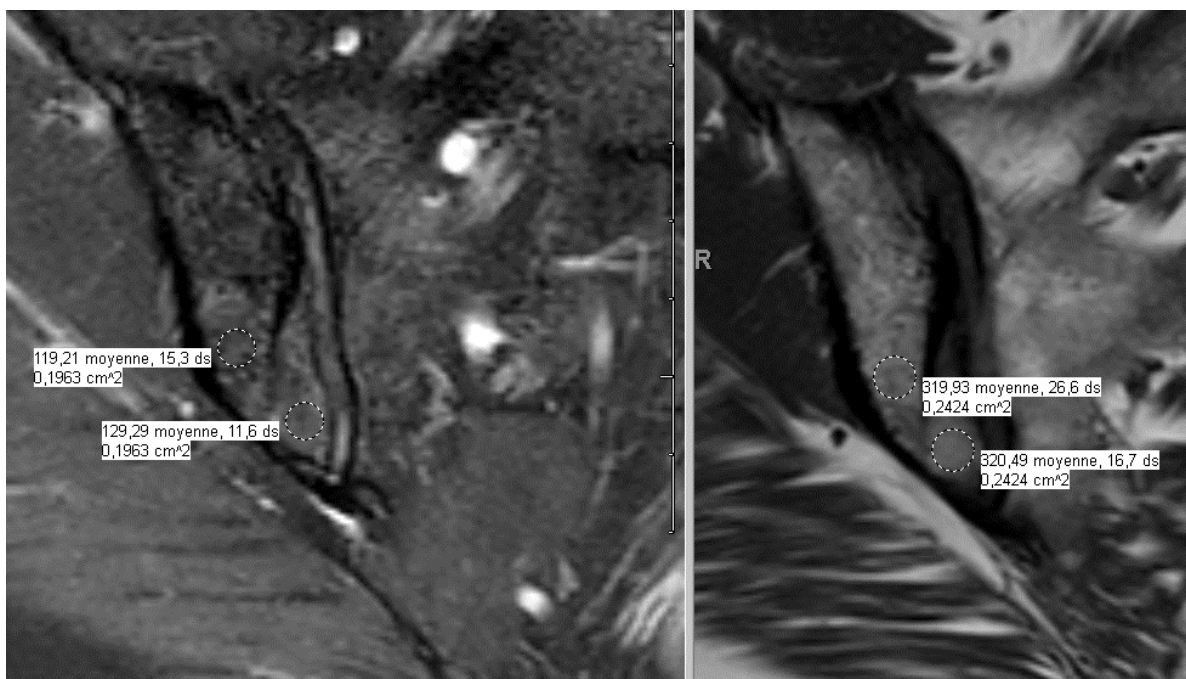


Figure 3 : Mesure du signal (ROI) dans le plan coronal oblique à partir d'acquisition en pondération T2 SPAIR (à gauche) et T1 TSE (à droite)

- Dans le plan axial en pondération T2 SPAIR et après injection de produit de contraste gadoliné, également en utilisant le mode localisateur du PACS (fig. 4 et 5)

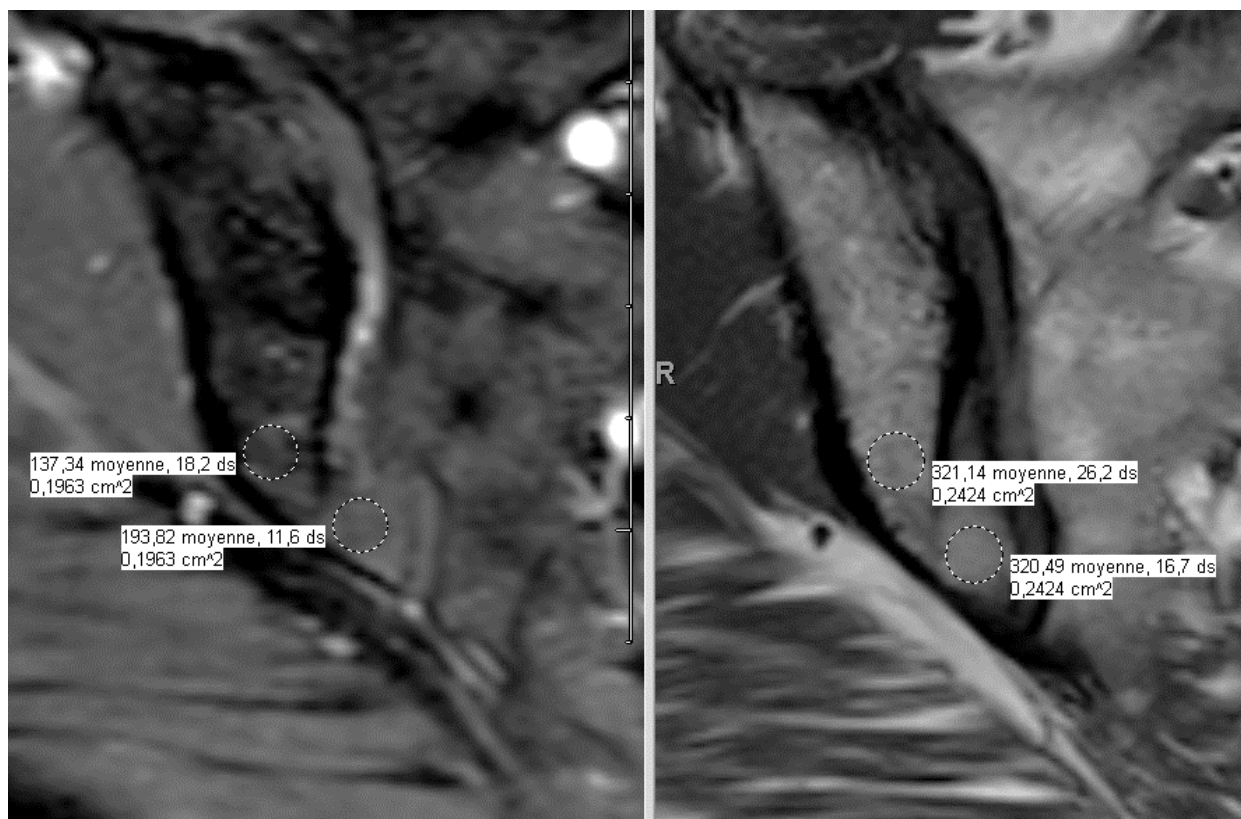


Figure 4 : Mesure du signal (ROI) dans le plan coronal oblique à partir d'acquisition en pondération T1 SPIR après injection (à gauche) et T1 TSE (à droite)

Des mesures de signal ont également été réalisées chez 55 patients ne présentant pas de ligne iliaque afin de réaliser une analyse comparative.

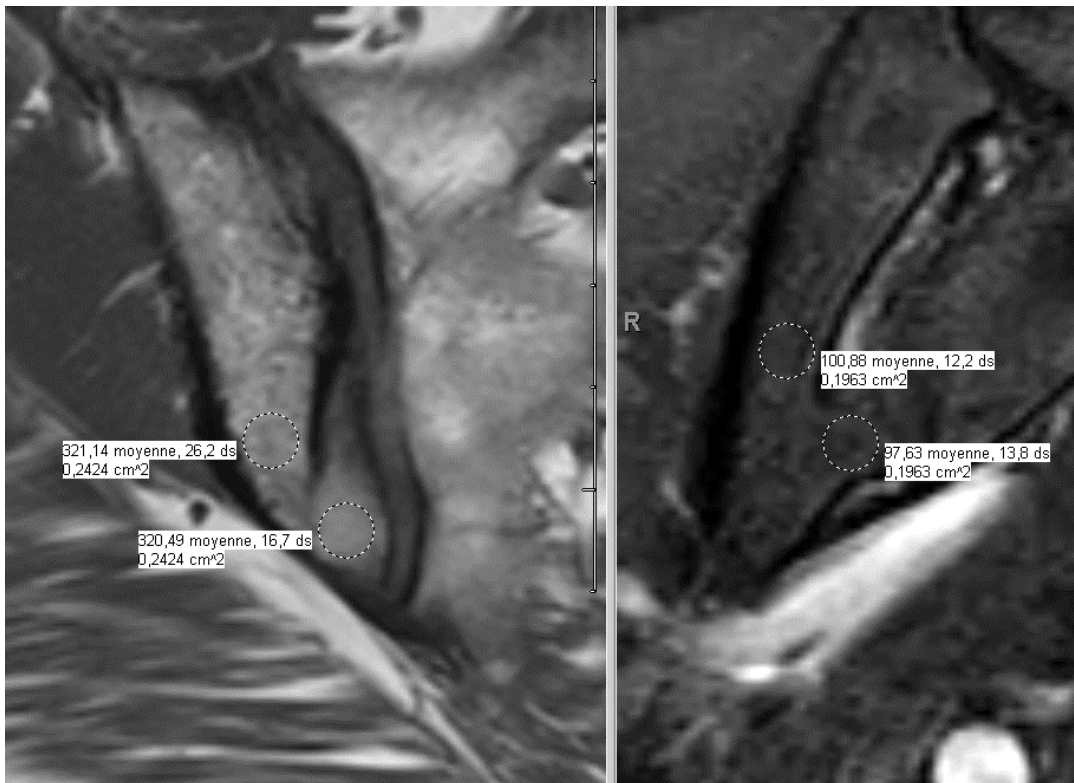


Figure 5 : Mesure du signal (ROI) à partir d'acquisition coronale oblique en pondération T1 TSE (à gauche) et T2 SPAIR dans le plan axial oblique (à droite)

5 Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels GraphPad Prism v9.4.0 et Microsoft Excel 2013 (15.0.5407.1000).

La distribution normale des échantillons a été vérifiée à l'aide d'un test d'Agostino et Pearson.

Les variables quantitatives ont été décrites en utilisant la moyenne associée à son écart-type. Elles ont été comparées grâce au *t*-test de Student avec correction de Welch en cas de distribution normale, ou à l'aide d'un test non paramétrique de Mann-Whitney en son absence.

Les variables qualitatives ont été décrites en utilisant des pourcentages et analysées grâce au test exact de Fisher (2 groupes) ou Chi² (> 2 groupes).

Les valeurs ont été exprimées de la façon suivante : moyenne \pm s.d. [min-max] ou % (n).

Le seuil de significativité est fixé à 5% (p-value <0,05).

Les concordances inter et intra-observateur ont été évaluées grâce au coefficient Kappa de Cohen et Kappa-pondéré. Pour ce qui est de la concordance intra-observateur, elle a été réalisée dans un sous-groupe de 32 patients, avec une relecture effectuée à 3 mois de la 1ère cotation.

RESULTATS

Les 117 patients inclus dans l'étude présentaient une moyenne d'âge de 37 ± 13 ans.

Il s'agissait de 75 femmes (64%) et de 42 hommes (36%). 22% de notre échantillon était porteur de l'antigène de surface HLA B27. Nous disposons de 44 (37,6%) examens en 2017, 24 (20,5%) en 2018 et 49 (41,9%) examens en 2019.

1 Lignes sacrées

Sur les 117 examens interprétés comme « normaux », des lignes sacrées ont été visualisées chez 55 patients (47%). Sur ces 55 patients, elles étaient bilatérales chez 52 patients (94,5%) et unilatérales chez 3 patients (fig. 6 et 7).

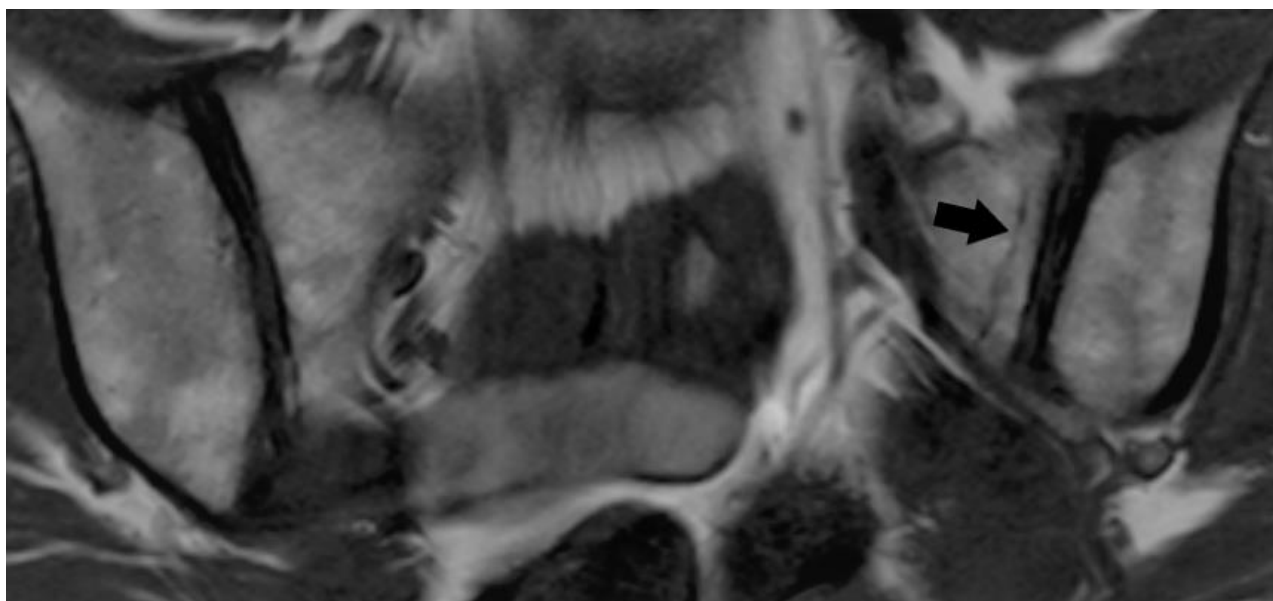


Figure 6 : Ligne sacrée unilatérale, séquence coronale oblique T1

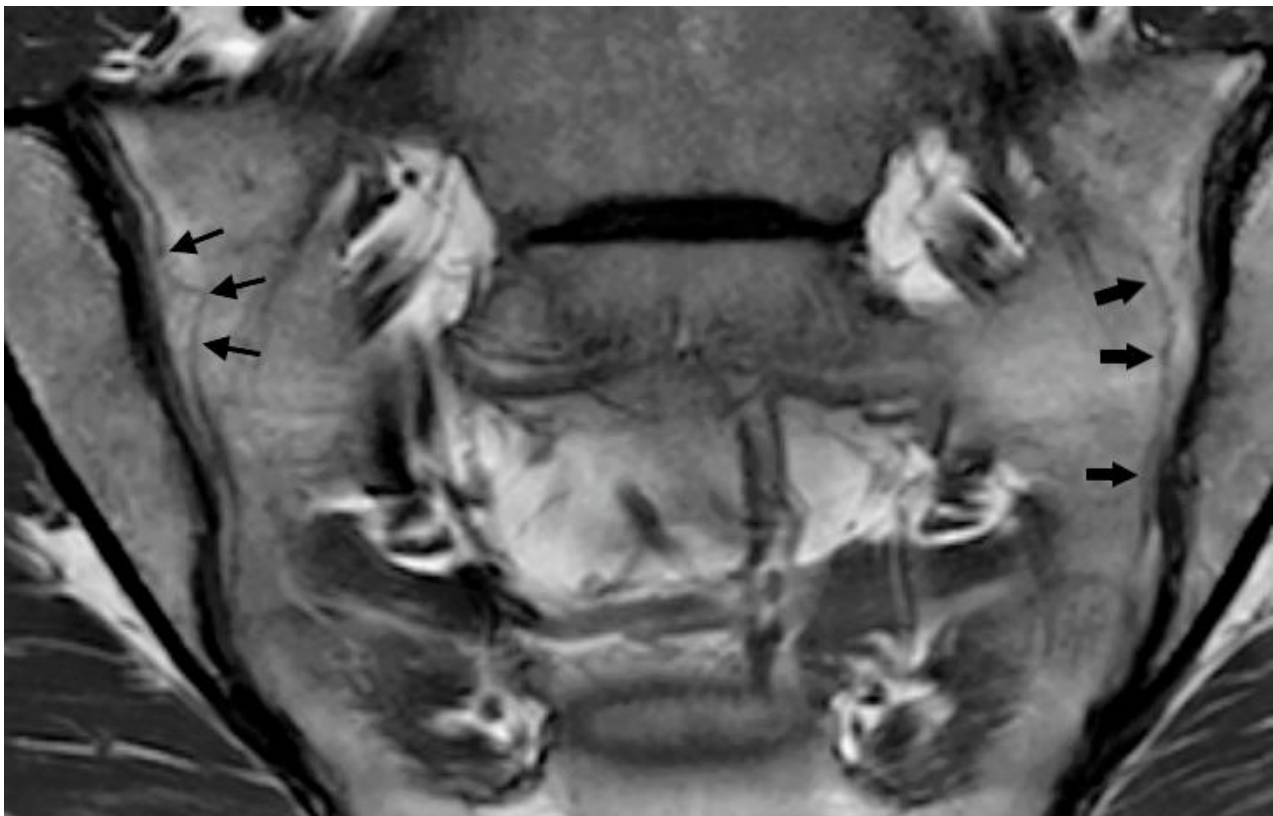


Figure 7: Ligne sacrée bilatérale

La moyenne d'âge était de $34,5 \pm 11,9$ ans / [17 – 67 ans]. Il s'agissait de 24 hommes (44%) et de 31 femmes (56%).

Ces lignes sacrées sous chondrales étaient visibles sur différentes portions de la hauteur de l'interligne sacro-iliaque :

- En regard des portions antéro-moyennes de l'interligne sacro-iliaque chez 33 patients (60%) (fig. 8)

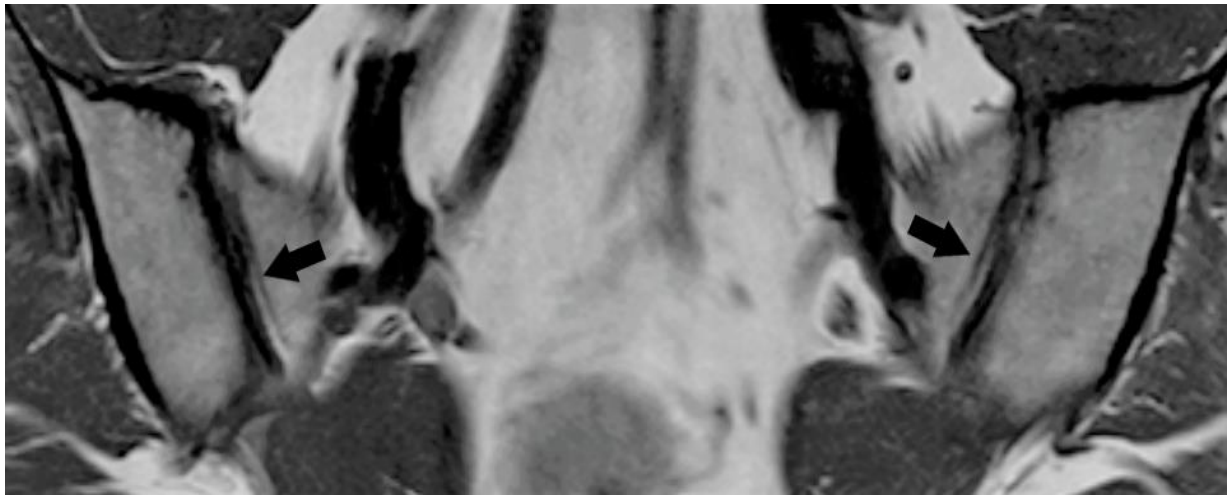


Figure 8 : Lignes sacrées portion antéro-moyenne des articulations sacro-iliaques (flèches noires), séquence coronale oblique T1

- En regard du tiers supérieur de l'interligne sacro-iliaque chez 11 patients (20 %) (fig. 9).

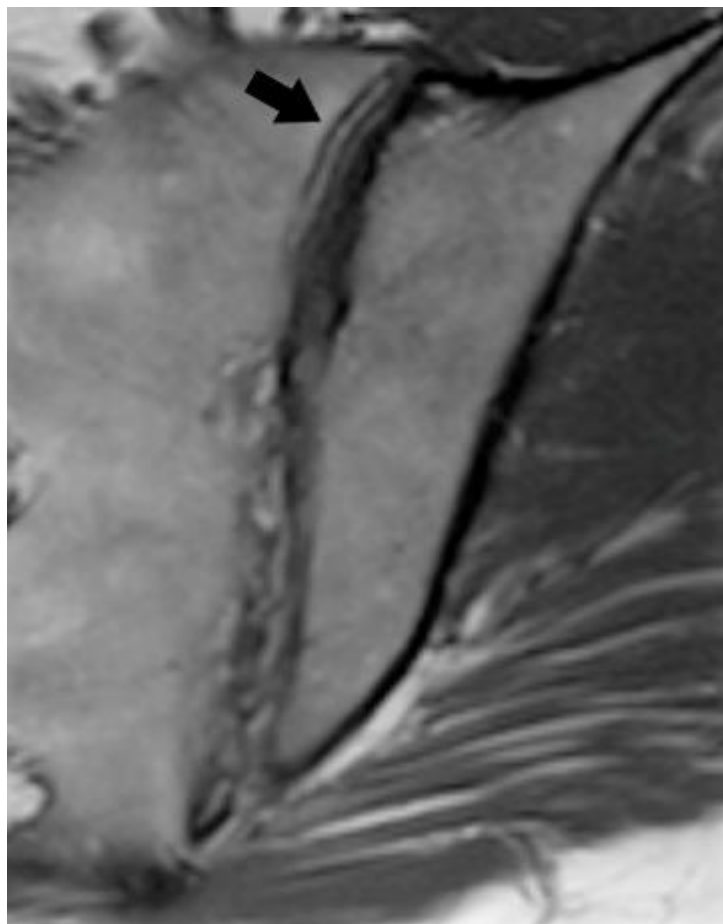


Figure 9 : Ligne sacrée en regard du 1/3 supérieur de l'interligne (flèche noire), séquence coronale oblique T1

- Sur l'ensemble de la hauteur de l'interligne sacro-iliaque chez 11 patients (20 %) (fig. 10).



Figure 10 : Ligne sacrée sur toute la hauteur (flèches blanches), coupe coronale oblique en pondération T1

La distance moyenne par rapport à l'os sous chondral était de $1,9 \pm 1\text{mm}$ [1-4mm] (fig. 11).

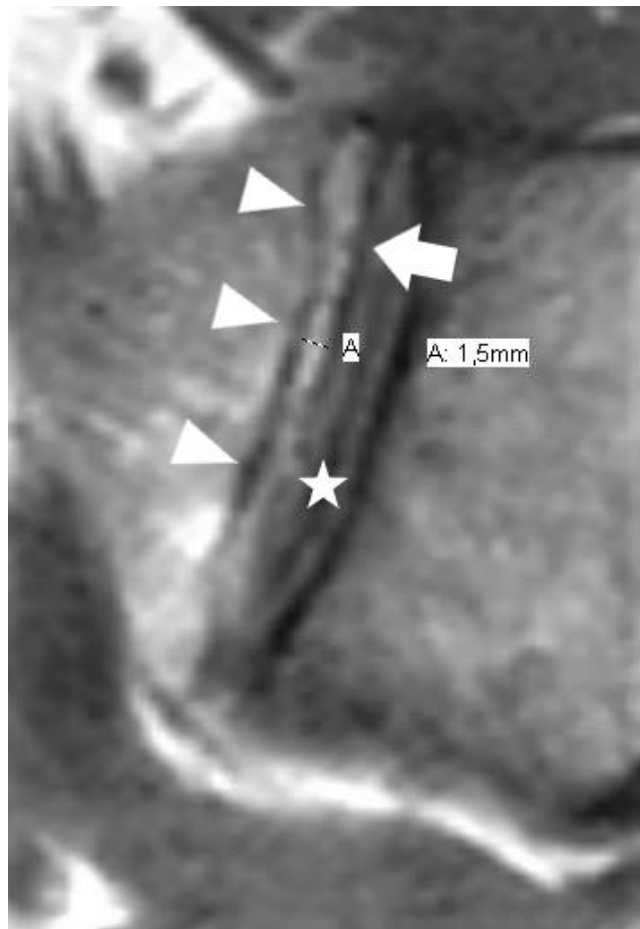


Figure 11 : Mesure de la distance entre la ligne sacrée (tête de flèche) et la corticale sacrée (flèche) sur la séquence coronale oblique T1. La portion cartilagineuse correspond à la bande en hyposignal T1 (étoile)

Une incurvation interne de cette ligne était visualisée sur 14 examens, se prolongeant en interne entre les foramens sacrés, vers les lignes transverses du sacrum correspondant aux lignes de fusion des cinq vertèbres sacrées (fig. 12).

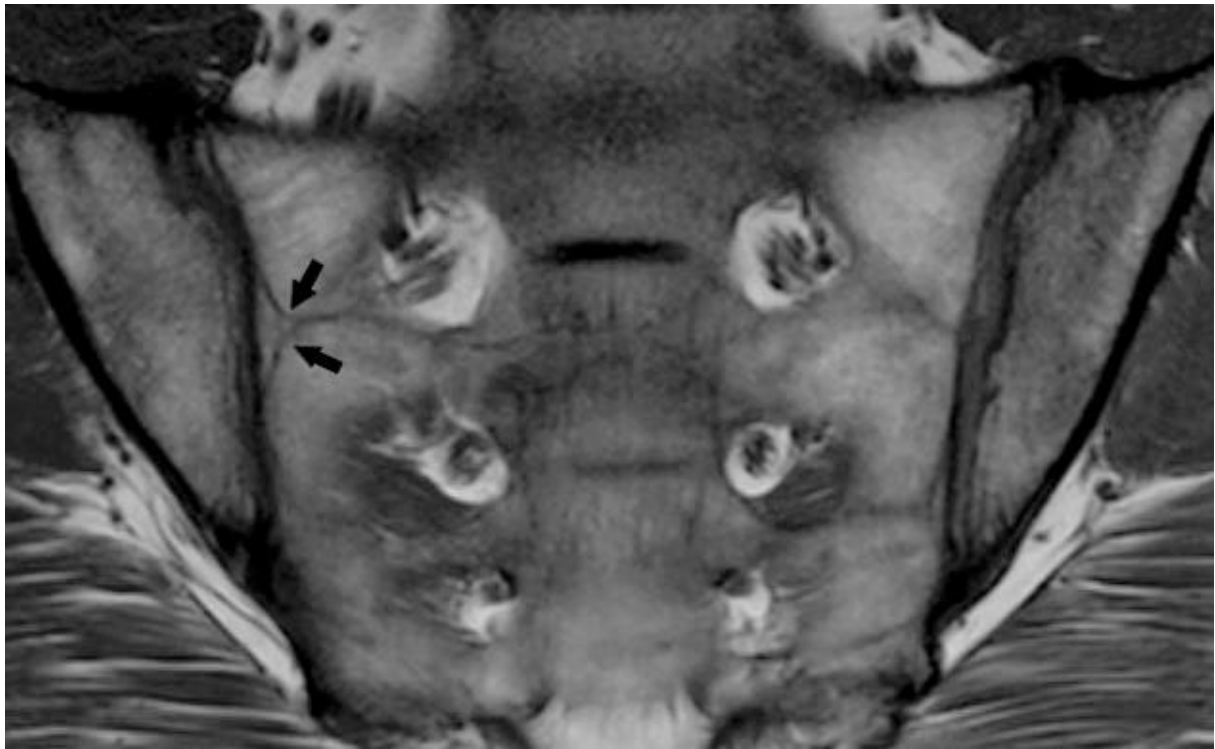


Figure 12 : Incurvation interne ligne sacrée (flèche), séquence coronale oblique T1

La cotation en T1 de ces lignes était la suivante :

- Grade 1 : 5 patients (junior) contre 6 patients (senior) (fig. 13)



Figure 13 : Ligne sacrée de grade 1 (flèches), séquence coronale oblique T1

- Grade 2 : 37 patients (junior) contre 35 (senior) (fig. 14)



Figure 14 : Ligne sacrée de grade 2 (flèches), séquence coronale oblique T1

- Grade 3 : 13 patients (junior) contre 14 (senior) (fig. 15)

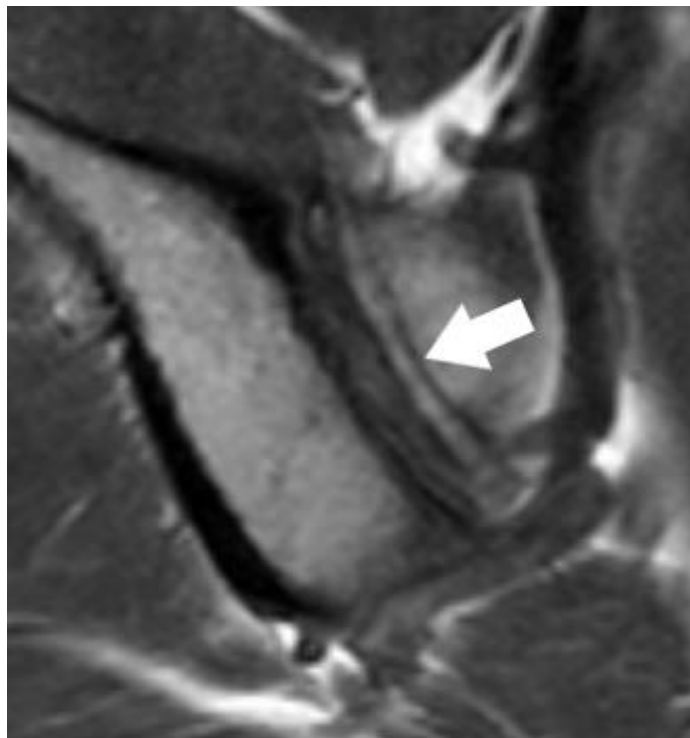


Figure 15 : Ligne sacrée de grade 3 (flèche), séquence coronale oblique T1

La cotation en T2 SPAIR des lignes sacrées est la suivante :

- Grade 0 : 6 patients (junior) contre 3 (senior)
- Grade 1 : 30 patients (junior) contre 32 (senior)
- Grade 2 : 17 patients (junior) contre 18 (senior) (fig.16)



Figure 16 : ligne sacrée de grade 2 (flèches), séquence coronale oblique T2 SPAIR

- Grade 3 : 2 patients (fig. 17)

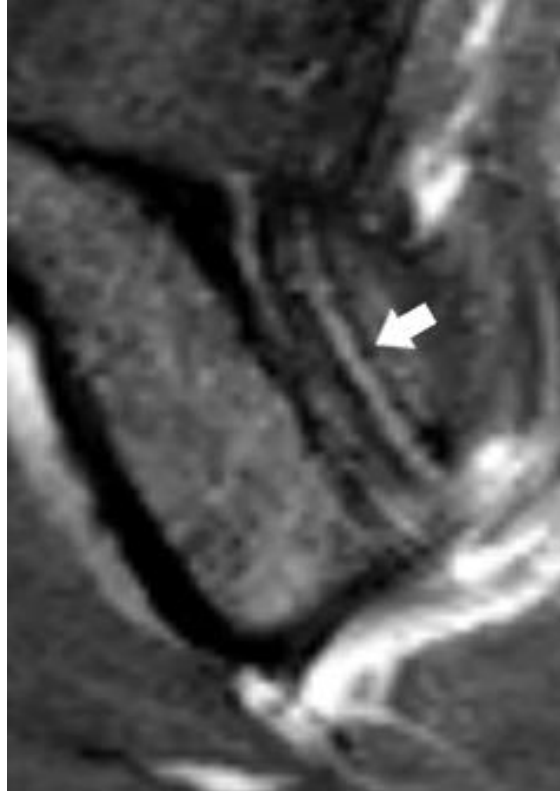


Figure 17 : Ligne sacrée de grade 3 (flèche), séquence coronale oblique T2 SPAIR

La concordance inter-observateur (k) pour la cotation en T1 est calculée à 0,93 [0,83 – 1] avec un kappa pondéré calculé à 0,93, ce qui correspond à un accord presque parfait.

En T2 SPAIR, la concordance inter-observateur est calculée à 0,75 [0,59 – 0,91] avec un kappa pondéré calculé à 0,786, ce qui correspond à un accord fort.

La concordance intra-observateur est calculée à 0,68 (k pondéré = 0,72) en T1 et 0,67 (kappa pondéré = 0,72) en T2 SPAIR, soit un accord fort.

Les résultats complets sont présentés dans le tableau 3 en annexe.

2 Lignes iliaques

Les lignes iliaques observées ont été visualisées chez 64 patients, soit 54,7% de notre échantillon. Elles étaient bilatérales chez tous les patients. La moyenne d'âge de ces patients était de 36 années (s=13) / [17 – 76 ans]. Il s'agissait de 43 femmes (67%) et de 21 hommes (33%).

Dans le plan axial, cette ligne était oblique vers le dedans et l'arrière, elle rejoignait la corticale latérale de l'ilion en avant et la partie postérieure de l'articulation sacro-iliaque en arrière.

Ces lignes iliaques étaient visibles sur différentes portions de la hauteur de l'interligne sacro-iliaque :

- Sur l'ensemble de la hauteur de l'interligne sacro-iliaque chez 62 patients (97%) (fig. 18)

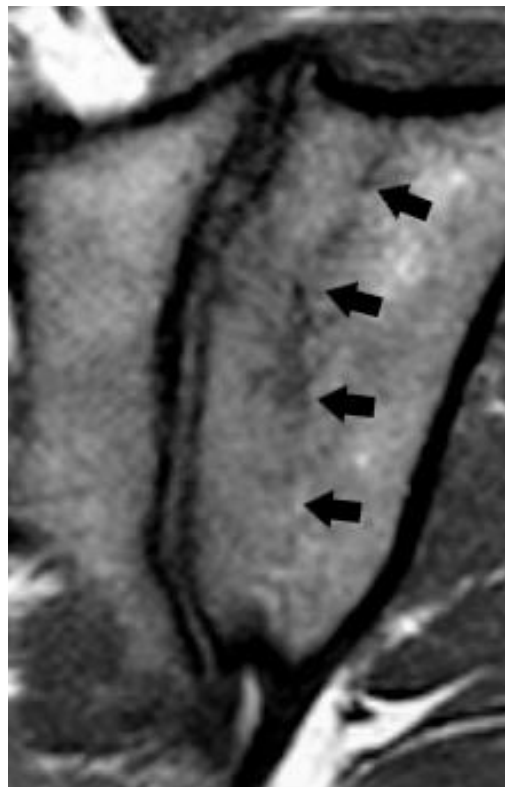


Figure 18 : Ligne iliaque sur toute la hauteur de l'interligne (flèches), coupe coronale oblique en pondération T1

- En regard du 1/3 inférieur de l'interligne de manière isolée, chez 2 patients (fig.19)

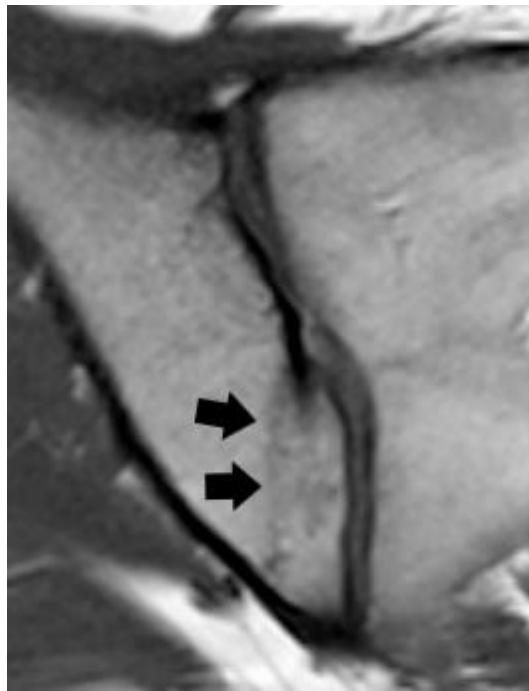


Figure 19 : Coupe coronale oblique en pondération T1, ligne iliaque en regard du tiers inférieur de l'interligne (flèches)

Il existait une différence significative de signal de la moelle osseuse en T1 avec un signal sur le versant médial de la ligne (face articulaire) en moyenne à 241 ± 112 u.a alors qu'il était de 268 ± 118 u.a sur le versant latéral de cette ligne ($p < 0,0001$).

Le signal de la moelle osseuse sur les séquences T2 SPAIR coronale oblique était en moyenne à 106 ± 58 u.a sur le versant médial de cette ligne (face articulaire) alors qu'il était de 105 ± 58 u.a sur le versant latéral de cette ligne. Il n'existait pas de différence significative en T2 SPAIR ($p = 0,51$).

Sur les 33 examens avec injection de produit de contraste, nous n'avons pas retrouvé de différence de signal significative ($p = 0,22$). La moyenne du rehaussement médial était de 164 ± 110 u.a contre 159 ± 105 u.a sur le versant latéral.

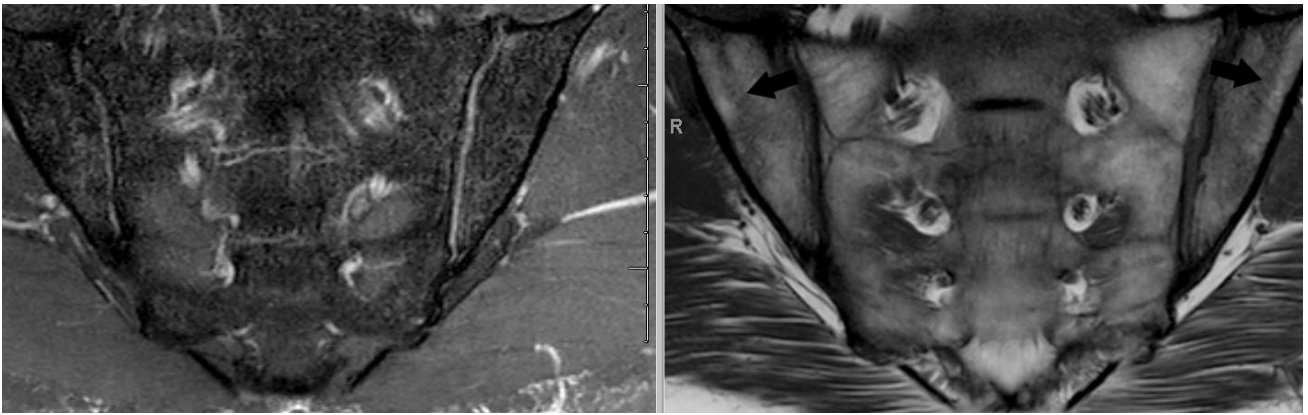


Figure 20 : Lignes iliaques bilatérales en coronal oblique T2 SPAIR à gauche et T1 à droite (flèches), absence de différence de signal entre les versants interne et externe



Figure 21 : Lignes iliaques bilatérales en coronal oblique T2 SPAIR à droite et T1 à gauche, différence de signal entre les versants interne et externe

La cotation en T1 de ces lignes était la suivante :

- Grade 1 : 41 patients (junior comme senior) (fig. 22)

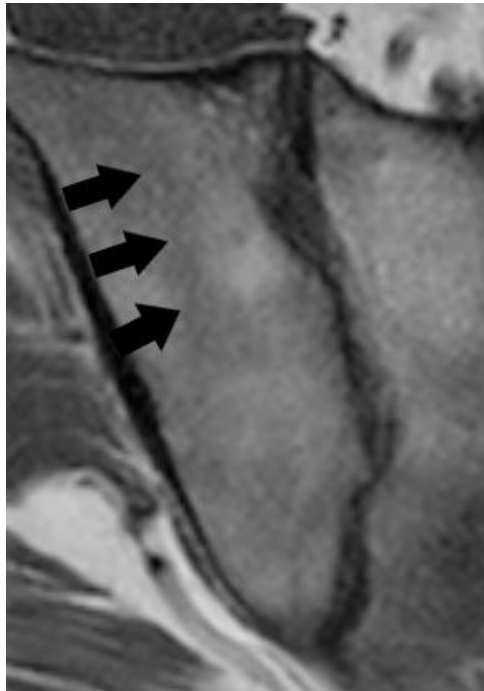


Figure 22 : Ligne iliaque de grade 1 (flèches noires), séquence coronale oblique en pondération T1

- Grade 2 : 20 patients (junior) contre 19 (senior) (fig.23)

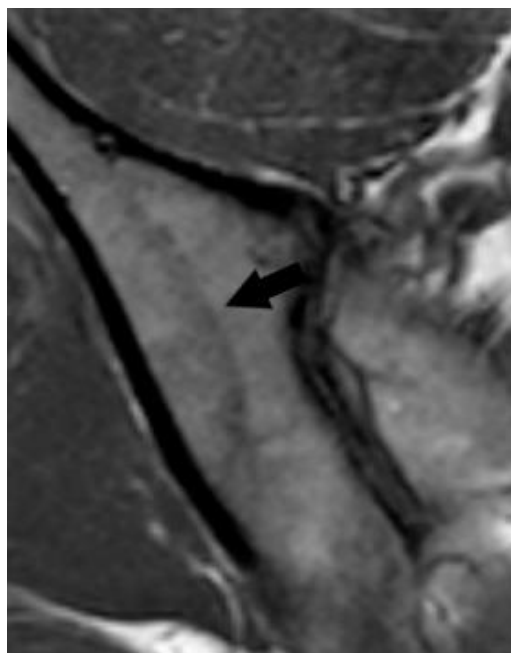


Figure 23 : Ligne iliaque de grade 2 (flèche noire), séquence coronale oblique en pondération T1

- Grade 3 : 3 patients (junior) contre 4 (senior) (fig. 24)

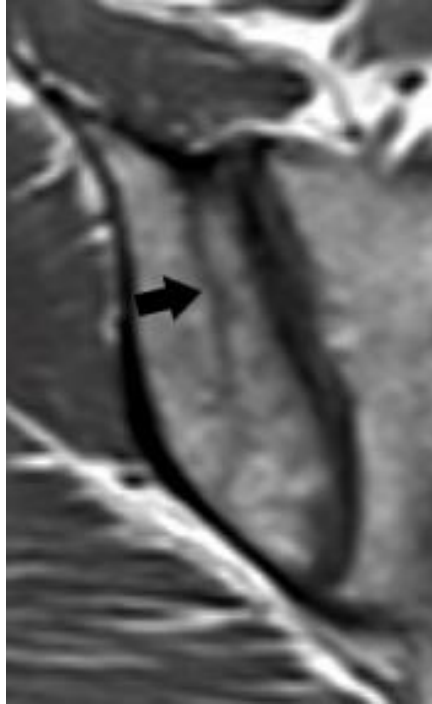


Figure 24 : Ligne iliaque de grade 3 (flèche noire), séquence coronale oblique en pondération T1

La cotation en T2 SPAIR des lignes iliaques :

- Grade 0 : 39 patients (junior) contre 38 (senior)
- Grade 1 : 16 patients (junior) contre 18 (senior) :
- Grade 2 : 8 patients (junior) contre 7 (senior) (fig. 25)



Figure 25 : Ligne iliaque de grade 2 (flèches blanches) en pondération T2 SPAIR

- Grade 3 : 1 patient (fig. 26)

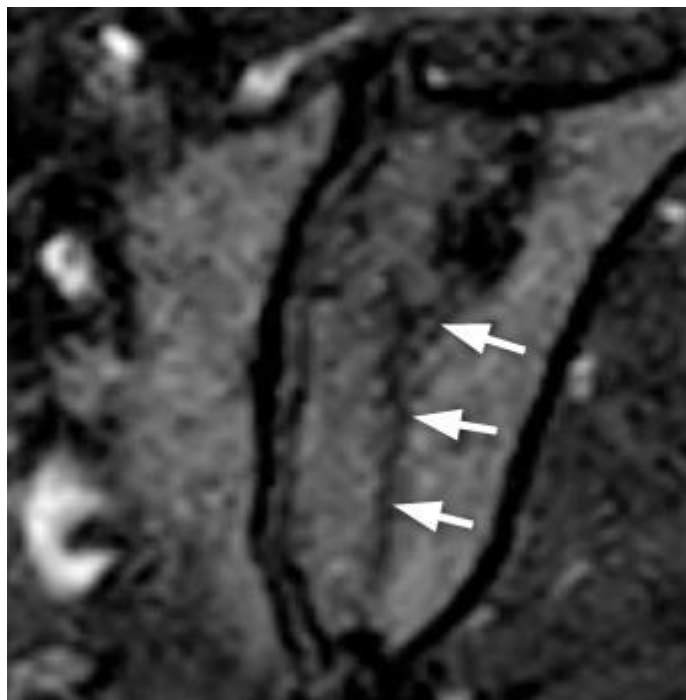


Figure 26 : Ligne iliaque de grade 3 (flèches blanches) en pondération T2 SPAIR

La concordance inter-observateur (k) pour la cotation en T1 est calculée à 0,84 [0,71 – 0,97] avec un kappa pondéré calculé à 0,86, ce qui correspond à un accord presque parfait.

En T2 SPAIR, la concordance inter-observateur est calculée à 0,94 [0,87 – 1] avec un kappa pondéré calculé à 0,96, ce qui correspond à un accord presque parfait.

La concordance intra-observateur est calculée à 0.83 (k pondéré = 0,86) en T1 et 0,80 (kappa pondéré = 0,88) en T2 SPAIR, soit un accord fort.

Les résultats complets sont présentés dans le tableau 4 en annexe.

DISCUSSION

1 Lignes sacrées

1.1 Analyse des résultats

Comme nous l'avons vu précédemment la ligne sacrée est située à proximité de l'os sous chondral, dans le grand axe du sacrum, avec des portions parallèles à l'interligne articulaire et présente par moment une incurvation interne rejoignant les lignes transverses du sacrum.

Les lignes sacrées hypointenses étaient observées dans un peu moins de la moitié des cas (47%). Elles étaient mieux visualisées sur la séquence T1 que T2 SPAIR en raison de l'absence de suppression du signal de la graisse, permettant à l'hypersignal graisseux de la moelle osseuse de bien les circonscrire. En effet, 91% de nos lignes sacrées étaient cotées de grade 2 ou 3 en T1 alors qu'elles n'étaient que 34,5% (junior) à 36% (senior) à avoir obtenu cette cotation en T2 SPAIR.

Notre échantillon « lignes sacrées » présentait légèrement plus de patients masculins en comparaison à notre population d'examen normaux, 44% contre 36%, sans que cette différence ne soit significative ($p = 0,12$; tableau 5 en annexe)

Dans notre échantillon, les lignes sacrées étaient visualisées de 16 ans à 76 ans avec une moyenne à 34,5 ans et une médiane à 33 ans. Cela est probablement lié au fait que la spondyloarthrite débute principalement avant 35 ans (âge moyen 26ans⁵) et que la recherche de sacro-iliite est donc réalisée en grande partie chez ces patients.

Nous n'avons pas retrouvé d'influence de l'âge sur la visualisation de ces lignes sacrées (tableau 6 en annexe).

1.2 Analyse de l'interligne artriculaire sacro-iliaque

Au cours de notre analyse à la recherche de lignes sacrées, nous avons parfois été confrontés à un problème de localisation de l'interligne sacro-iliaque (fig.27, 28 et 29).



Figure 27 : IRM coupe coronale oblique T1, lignes sacrées (flèches noires) et lame osseuse sous chondrale (flèches blanches)

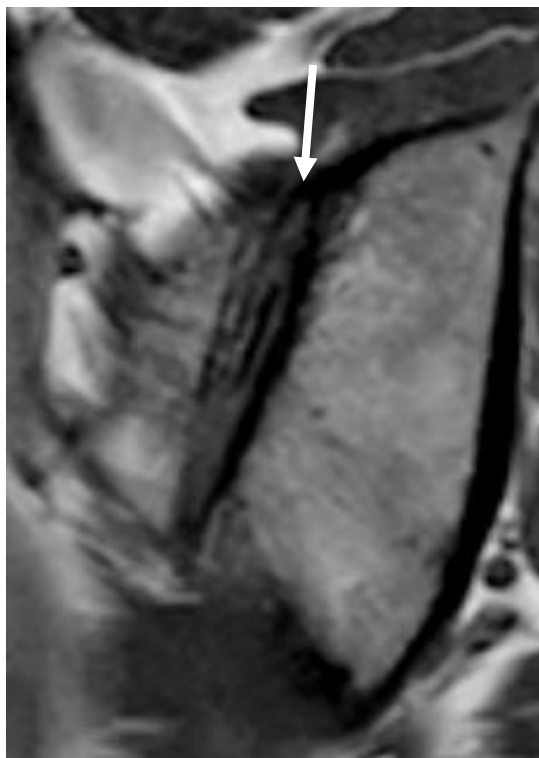


Figure 28 : Séquence coronale oblique T1, portion antéro-moyenne de l'articulation sacro-iliaque. Interligne difficile à délimiter

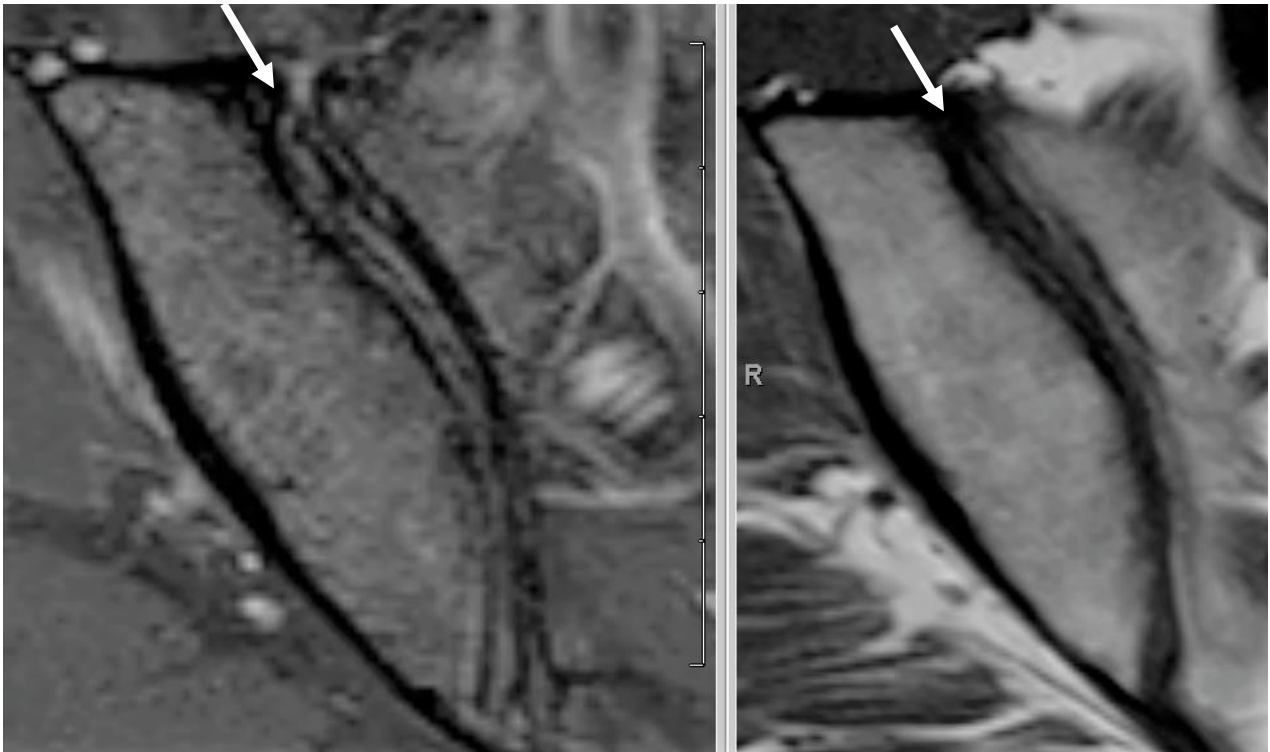


Figure 29 : Séquence coronale oblique T2 SPAIR (à gauche) et T1 (à droite), portion antéro-moyenne de l'articulation sacro-iliaque. Interligne difficile à délimiter

En effet, en raison des limites de l'IRM pour formellement individualiser les corticales osseuses, et de la proximité topographique des lignes sacrées par rapport à l'os sous chondral, il a parfois été difficile de ne pas confondre la ligne sous chondrale sacrée avec la berge sacrée de l'interligne sacro-iliaque.

Afin d'éviter ce piège, nous avons utilisé plusieurs méthodes :

- Une des méthodes a été de comparer les coupes coronales obliques en pondération T1 et T2 SPAIR grâce au mode localisateur. En positionnant un repère sur le cartilage sacré en pondération T2 SPAIR (le cartilage apparaissant en hypersignal T2 SPAIR), il nous a été plus facile de déduire ensuite la localisation de l'os sous chondral en pondération T1. Cette méthode ne peut être appliquée en cas d'artefacts cinétiques (fig. 30).

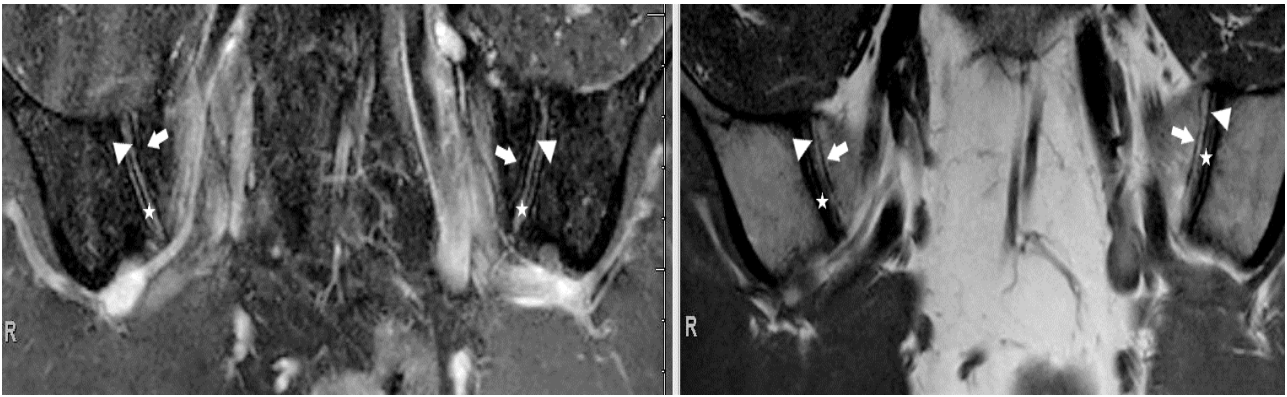


Figure 30 : IRM coupe coronale oblique T2 SPAIR à gauche et T1 à droite. Cartilage en hyposignal T2- hypersignal T2 (étoiles), lame osseuse sous chondrale (têtes de flèches) et ligne sacrée (flèches)

- La deuxième méthode a été de faire une corrélation avec un examen TDM, lorsque ce dernier était disponible, nous permettant ainsi de bien individualiser l'interligne sacro-iliaque, ainsi que l'existence de la ligne sacrée (fig. 31).

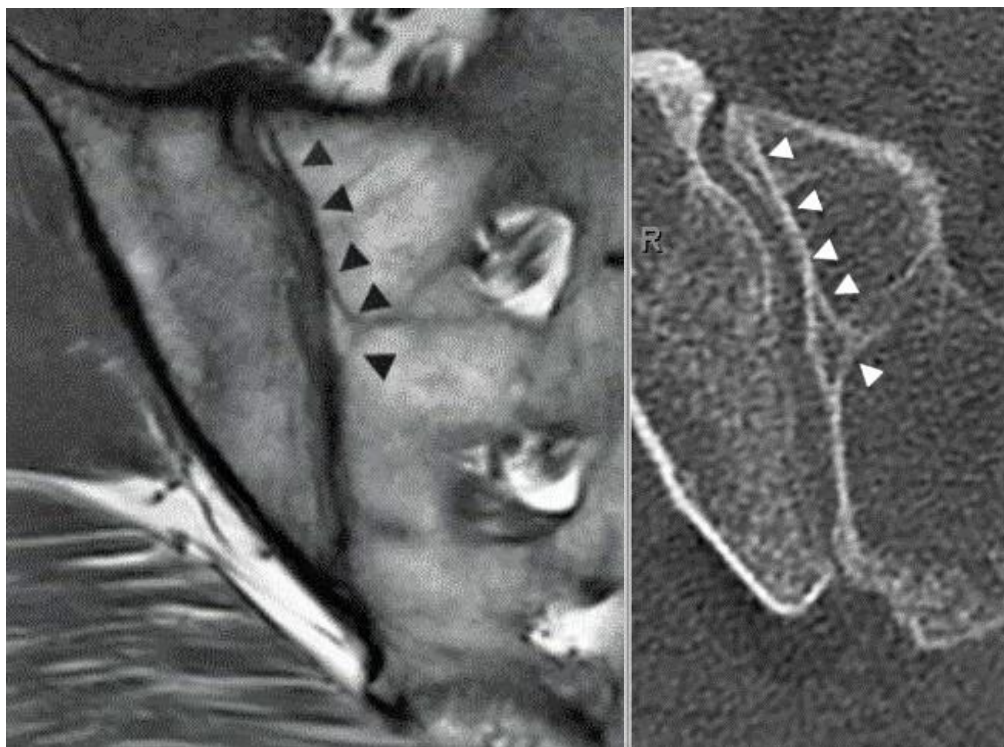


Figure 31 : Ligne sacrée en IRM (têtes de flèches noires), séquence T1 coronale oblique, et correspondance scanographique (têtes de flèches blanches)

- Enfin une des solutions possibles à l'avenir pourrait être le recours à des séquences IRM « CT like » afin de mieux définir les limites osseuses et les anomalies structurales de l'interligne articulaire. En effet, Deppe & al⁶ ont montré que l'utilisation d'une séquence SWI, en comparaison à la séquence T1 avec comme référence le scanner, améliore la détection des érosions et de la sclérose en tant que lésions structurelles importantes.

1.3 Hypothèse quant à l'origine de cette ligne sacrée

1.3.1 Ossification et maturation du sacrum

La maturation osseuse du sacrum est un processus complexe qui débute à la fin du 1^{er} trimestre de la vie fœtale et se termine vers le milieu de l'âge adulte (25-30ans). D'après les travaux de Broome & al (1998) sur l'ossification du sacrum réalisés chez 105 patients, le sacrum est constitué par la fusion de 58 à 60 centres d'ossification⁷.

Les vertèbres sacrées se développent à partir de cinq centres d'ossification primaires, comprenant le centre, deux arcs neuraux postérieurs et deux processus costaux latéraux (fig. 32).

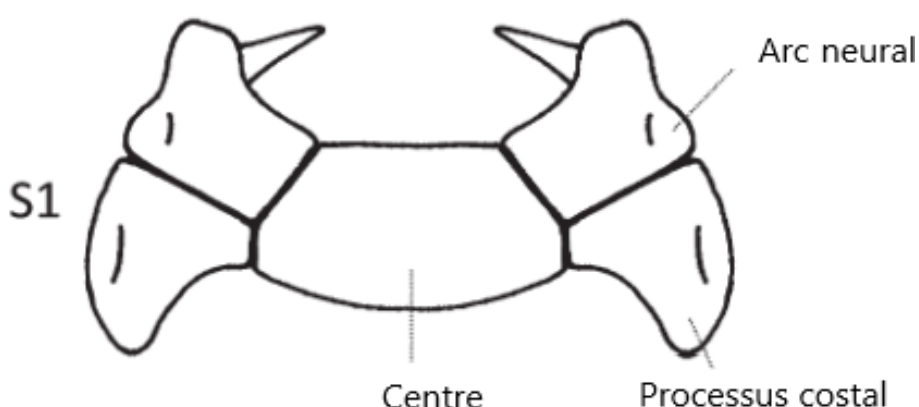


Figure 32 : Centres d'ossification primaire d'une vertèbre sacrée, [extrait de Cardoso & al⁸]

Au fur et à mesure de la maturation du sacrum, de multiples petites apophyses s'ossifient et fusionnent ensuite à diverses surfaces des centres primaires. Les apophyses représentent des centres d'ossification secondaires aux sites d'insertion tendineuse ou ligamentaire. Ces centres d'ossification primaires et secondaires sont représentés dans la figure 33.

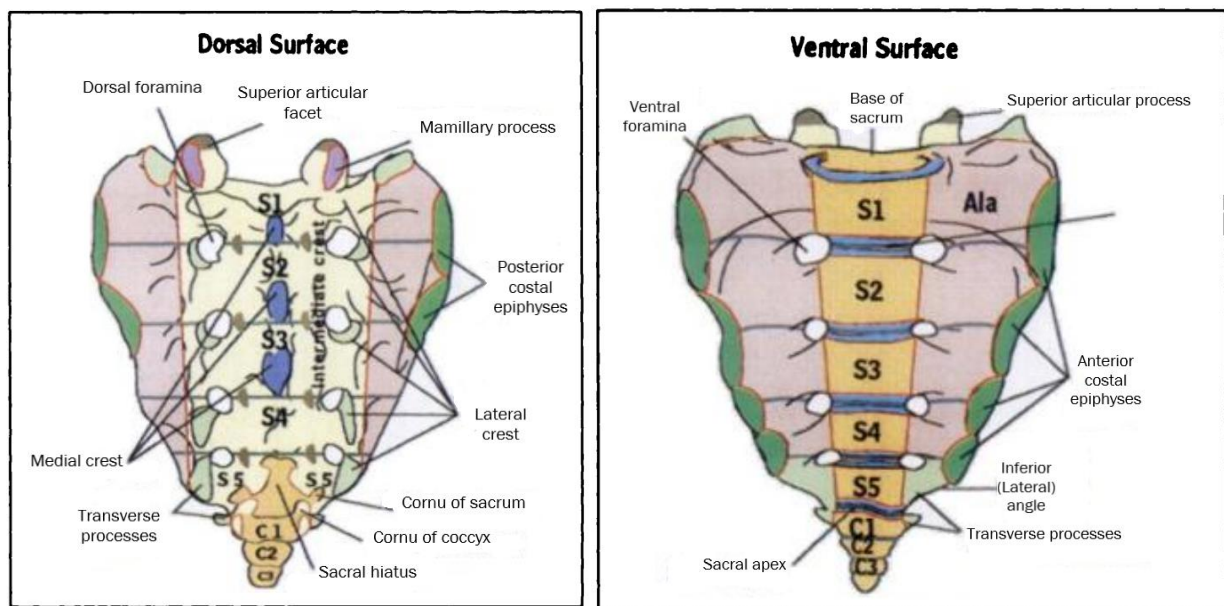


Figure 33 : centres d'ossification du sacrum, [extrait de Broome & al ⁷]

Sur le versant latéral du sacrum, on retrouve les noyaux épiphysaires costaux antérieurs et postérieurs (anterior & posterior costal epiphyses). Ces noyaux secondaires ont été visualisés dans cette étude à partir de l'âge de 10 mois et leur âge de fusion est situé entre 18 et 25 ans.

Dans l'étude de Cardoso & al⁸ de 2014, 191 squelettes humains de la collection conservée au musée national d'histoire naturelle de Lisbonne, âgés de 0 à 30 ans, ont été analysés. Des centres d'ossification secondaires ont également été individualisés et sont représentés dans la figure 34.

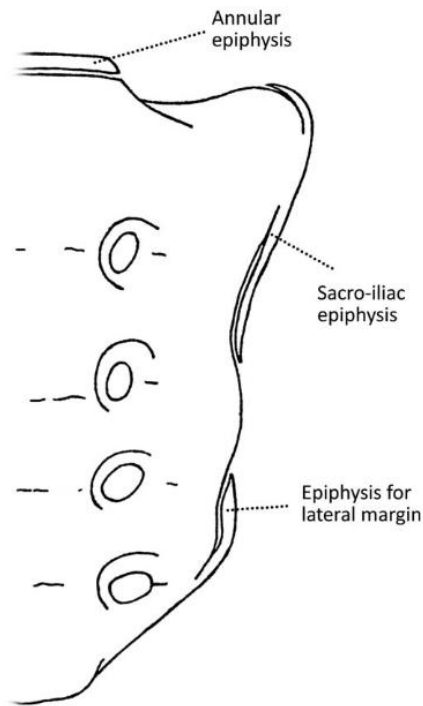


Figure 34 : Centres d'ossification secondaires [Cardoso & al ⁸]

Le noyau d'ossification épiphysaire sacro-iliaque, partiellement fusionné, est représenté sur la pièce anatomique osseuse suivante (fig. 35). Cette épiphyse sacro-iliaque pourrait correspondre aux apophyses sacrées latérales ou « épiphyses costales » décrites par Broome & al.



Figure 35 : Fusion partielle de l'épiphyse sacro-iliaque chez un homme de 20 ans [Cardoso & al ⁸]

Dans cette étude, l'âge de fusion minimal du noyau épiphysaire sacro-iliaque retrouvé dans son échantillon est de 16 ans chez les garçons et de 18 ans chez les filles.

1.3.2 Maturation du sacrum en imagerie

Dans l'étude de Heregods & al de 2021⁹, l'évolution de l'aspect du sacrum et de sa maturation a été analysée en IRM grâce à des séquences coronales obliques STIR et est représentée sur la figure 36.

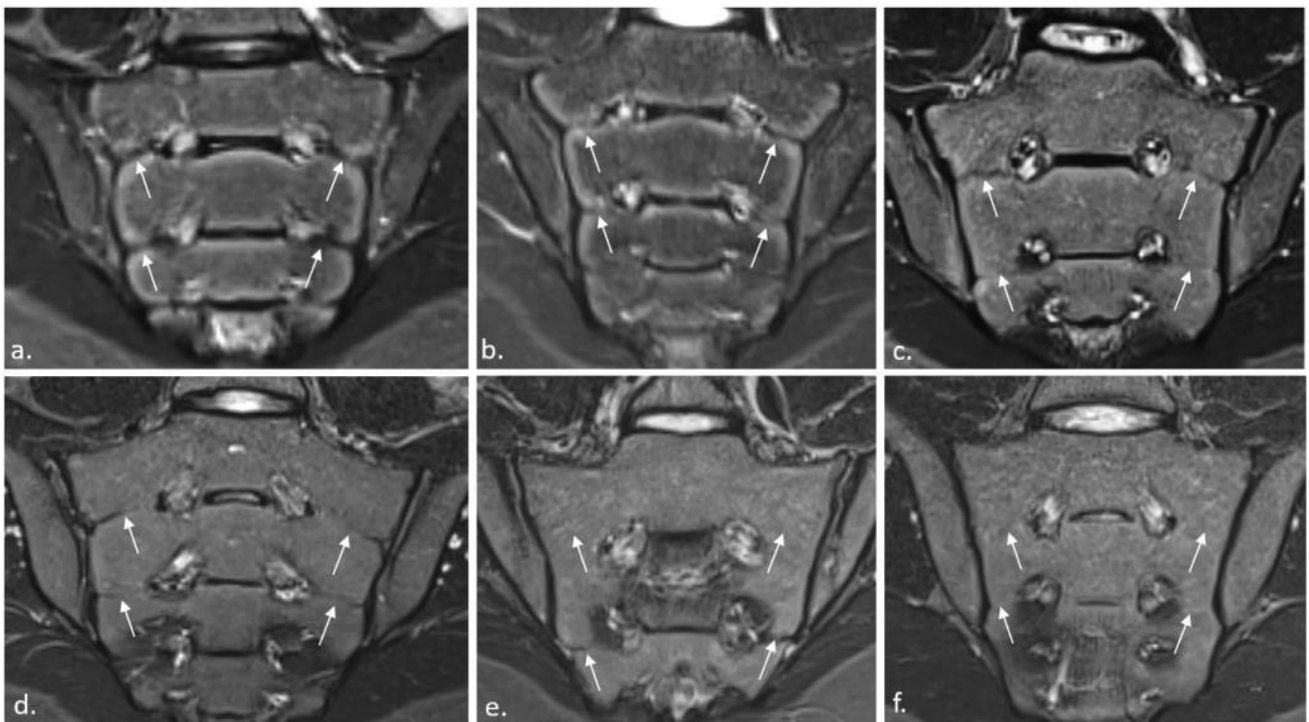


Figure 36 : Processus d'ossification sacré chez l'enfant et l'adolescent, séquences coronales obliques STIR (a.8 - b.10 - c.14 - d.15 -e.17 - f.23 ans) Lignes de fusion des apophyses des ailes sacrées (flèches) [extrait de Heregods & al⁹]

Cette image permet de bien repérer les zones cartilagineuses et l'ossification progressive du versant latéral des ailes sacrées.

Ces bandes cartilagineuses latérales présentent une incurvation interne et se dirigent en dedans vers les foramens sacrés et les lignes séparant les différents corps vertébraux.

De plus, dans une étude de 1997 de Bollow & al¹⁰ sur la morphologie normale des articulations sacro-iliaques chez l'enfant en IRM, ces apophyses latérales au niveau des ailes sacrées ont également été individualisées et sont représentées dans la figure 37.

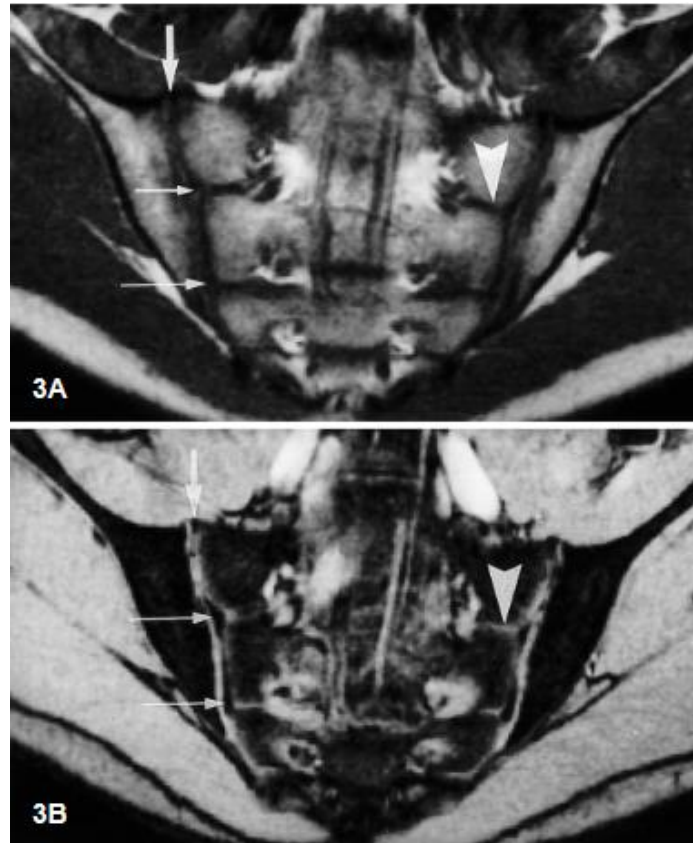


Figure 37 : Apophyse sacrée latérale (fines flèches) en regard de l'interligne sacro-iliaque [extrait de Bollow & al¹⁰]

Enfin, dans une étude de 2018, Grisom & al¹¹ ont étudié la maturation des centres d'ossification du bassin en scanner chez des enfants normaux. Leur reconstruction 3D TDM du bassin montre également ces épiphyses sacro-iliaques partiellement fusionnées (fig.38).

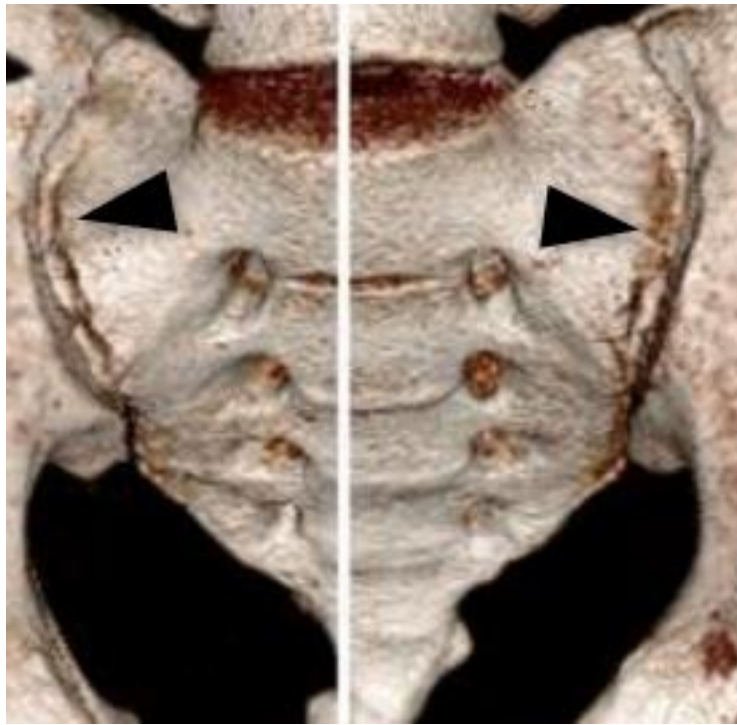


Figure 38 : Reconstruction 3D TDM chez un patient de 13 ans, épiphyses sacro-iliaques partiellement fusionnées (flèches noires), [extrait de Grissom & al ¹¹].

La topographie de nos lignes sacrées semble correspondre aux lignes de fusion des apophyses sacrées latérales.

Les lignes sacrées que nous avons visualisées sont essentiellement bilatérales et symétriques, ce qui est un argument supplémentaire qui nous pousse à croire qu'il s'agit de séquelles d'ossification des noyaux épiphysaires sacrés.

2 Lignes iliaques

2.1 Analyse des résultats

La ligne iliaque a donc une orientation qui suit le même axe que l'interligne sacro-iliaque, s'en rapprochant d'avant en arrière dans le plan coronal oblique, et présente une orientation oblique vers le dedans et l'arrière dans le plan axial.

La distance par rapport à l'os sous chondral était variable en raison de son obliquité. Les mesures par rapport à l'os sous chondral ne nous semblaient donc pas judicieuses.

Les lignes iliaques étaient observées dans un peu plus de la moitié des cas (54,7%). Elles étaient également mieux visualisées sur les séquences pondérées en T1 sans saturation du signal de la graisse pour la même raison que les lignes sacrées. En effet, 23 patients avaient une cotation de 2 ou 3 en T1 alors qu'ils n'étaient que 9 (junior) ou 8 (senior) à avoir obtenu cette cotation en T2 SPAIR.

Dans la majorité des cas, cette ligne était mal délimitée, partiellement visualisée, 60,9% de ces lignes iliaques ayant eu une cotation à 1 en T1.

Notre échantillon « lignes iliaques » présentait une proportion légèrement plus élevée de patients féminins en comparaison à notre population d'examens normaux, 67% contre 63,5%, sans que cette différence ne soit significative ($p = 0,56$, tableau 5 en annexe).

Ces lignes iliaques étaient visualisées de 17 ans à 76 ans avec une moyenne à 36 ± 13 ans et une médiane à 35 ans, pour les mêmes raisons que celles exposées dans la discussion sur les lignes sacrées. Nous n'avons pas retrouvé d'influence de l'âge sur la visualisation de ces lignes iliaques ($p=0,92$; tableau 6 en annexe).

Le signal en T1 était légèrement plus bas sur le versant médial de cette ligne avec une moyenne à 241 u.a contre 268 u.a sur le versant latéral ($p\text{-value} < 0.0001$, tableau 7 en annexe).

Cette différence de signal n'était pas retrouvée sur la séquence coronale T2 SPAIR avec une moyenne de 106 u.a contre 105 u.a, ($p\text{-value} = 0.51$ tableau 8 en annexe). Néanmoins,

certains examens présentaient une réelle différence de signal (\geq à 20 u.a) avec un signal plus élevé en T2 sur le versant articulaire de cette ligne iliaque (6 examens). A contrario, 3 examens présentaient un signal T2 plus faible (\geq à 20 u.a) sur le versant articulaire en comparaison au versant latéral. En axial T2 SPAIR, il n'existait pas de différence de signal significative entre les versants médial et latéral de ces lignes (102 vs 101). 1 patient présentait néanmoins un signal plus élevé sur le versant interne et 1 patient présentait un signal plus faible. Cette différence de signal était également retrouvée dans le plan coronal.

La différence de signal observée dans le plan coronal oblique est donc moins souvent retrouvée en axial par rapport au plan coronal oblique. Si l'origine exacte ne peut formellement être précisée par notre étude, l'hypothèse d'un effet de volume partiel est la plus plausible. En effet, l'épaisseur conséquente des coupes coronales obliques (4 mm) et l'obliquité du pied des articulations sacro-iliaques pourrait faire apparaître par « moyennage » un éventuel hypersignal T2 sous chondral, mieux visible en coupe axiale (fig. 39).

Pour ce qui est de l'hypersignal T2 modéré retrouvé à la fois dans le plan coronal et dans le plan axial il pourrait s'agir d'une atteinte inflammatoire débutante ou d'un aspect « immature » de l'articulation.

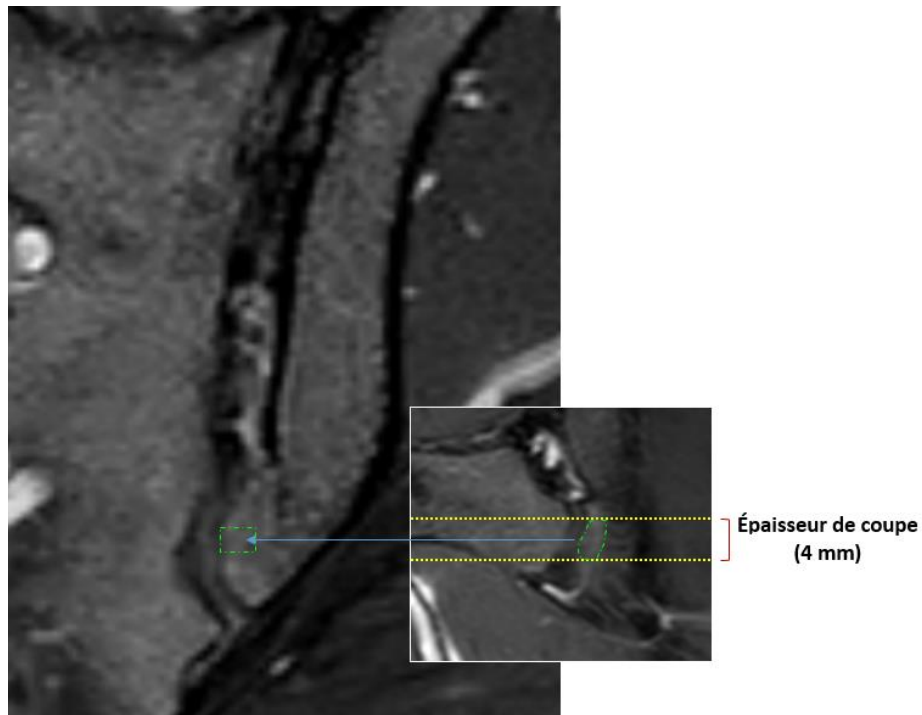


Figure 39 : Hypersignal T2 SPAIR correspondance entre le plan coronal oblique et axial (encadré)

Nous n'avons pas retrouvé de différence de rehaussement significatif entre le versant interne et externe de la ligne iliaque ($p = 0,22$; tableau 9 en annexe).

2.2 Rappel sur l'ossification

L'os coxal se forme à partir d'une ébauche cartilagineuse dans laquelle apparaissent trois points d'ossification primaires avant le sixième mois de la vie intra-utérine : l'ilium, l'ischium et le pubis. À la naissance, ces trois points forment l'essentiel de l'os coxal et délimitent au niveau de l'acétabulum une zone cartilagineuse en Y (cartilage en Y). Les points d'ossification secondaires sont à l'origine des épines et des processus de l'os coxal. La crête iliaque présente un point d'ossification qui apparaît d'abord vers le sacrum, puis s'étend latéralement. Il se soude à l'os coxal à la fin de la croissance vertébrale.

La maturation et l'ossification de l'os iliaque sont moins étudiées dans la littérature.

2.3 Hypothèses quant à l'origine des lignes iliaques

Pour tenter d'expliquer la présence de ces lignes iliaques et leur substratum anatomique, plusieurs hypothèses peuvent être avancées.

2.3.1 Orientation des travées osseuses

L'ossification de l'os iliaque suit une orientation radiaire à partir de l'incisure ischiatique. Cette orientation radiaire a été rapportée chez le nouveau-né, avant l'acquisition de la bipédie et modélisée par Cunningham et al. en 2009¹² comme illustrée sur la figure 40 :

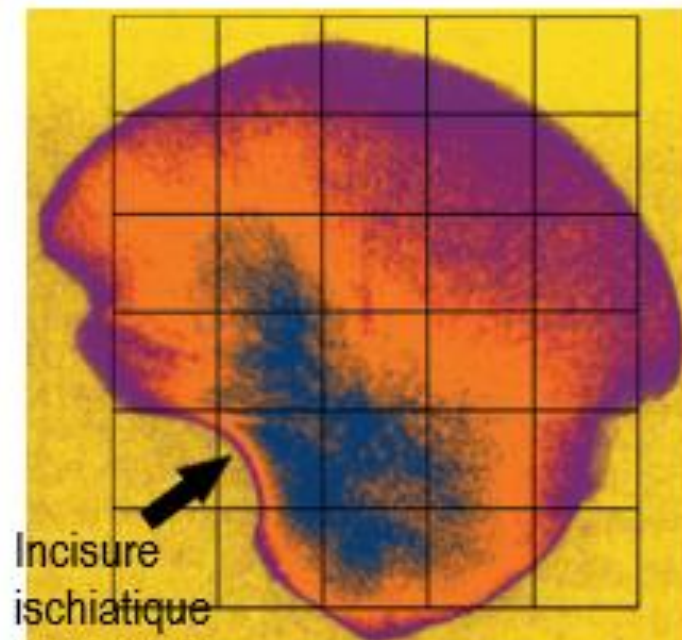


Figure 40 : Radiographie améliorée par gradient (X-Tek HMX 160 micro-computed tomography scanner) de l'os iliaque néonatal. La radio-opacité est illustrée par des valeurs élevées (bleu), des valeurs intermédiaires (orange) et des valeurs faibles (magenta). Centre primaire d'ossification situé dans la région bleue avec une ossification radiaire crânialement et caudalement représentée par un dégradé de couleur [extrait de Cunningham & al¹²].

L'orientation de ces travées osseuses est difficilement matérialisable en imagerie conventionnelle. Cependant lorsque nous visualisons l'os iliaque en coupe sagittale oblique, cela nous permet de nous rendre compte de la différence de densité de l'os et de visualiser certaines lignes hyperdenses (fig. 41).

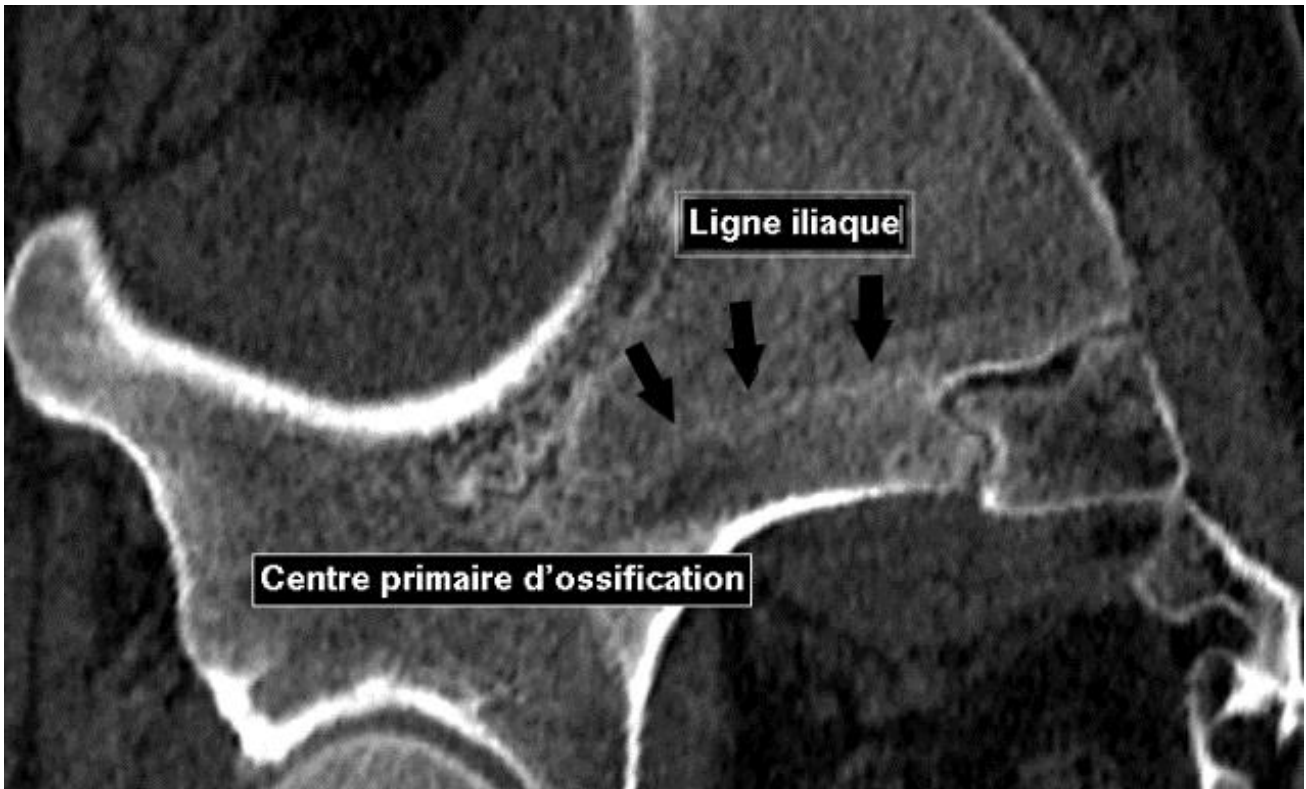


Figure 41 : Reconstruction sagittale scanographique de l'os iliaque montrant une ligne dense rejoignant l'interligne sacro-iliaque chez un de nos patients

2.3.2 Contraintes mécaniques

La ligne iliaque semble délimiter la portion articulaire de l'ilium du reste de l'os coxal (fig.42-43).

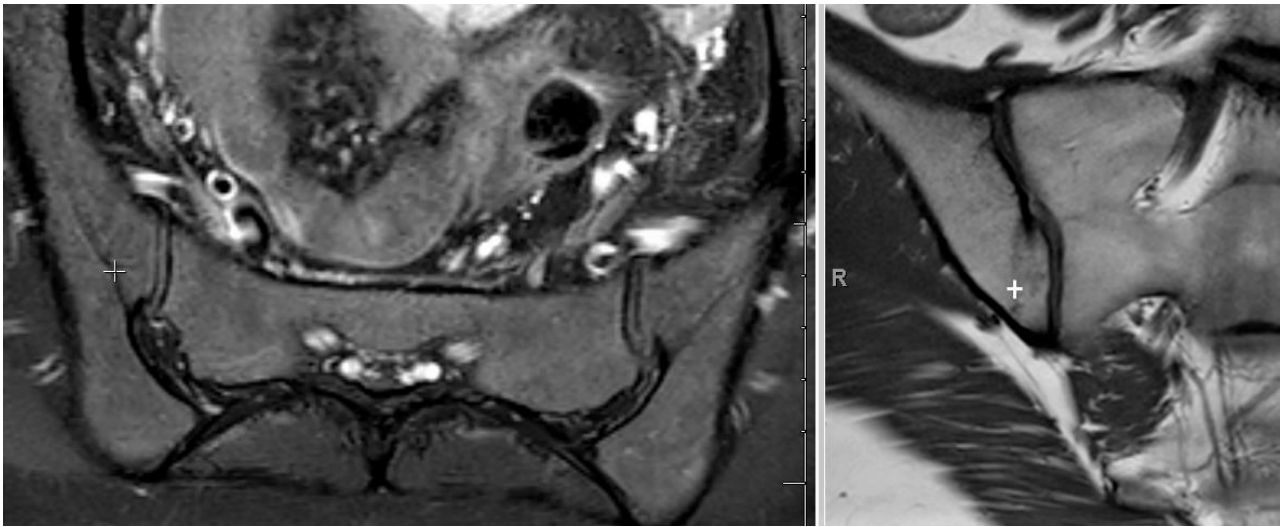


Figure 42 : Séquence axiale T2 SPAIR (gauche) et coronale oblique T1 (droite), ligne iliaque (croix) mode localisateur

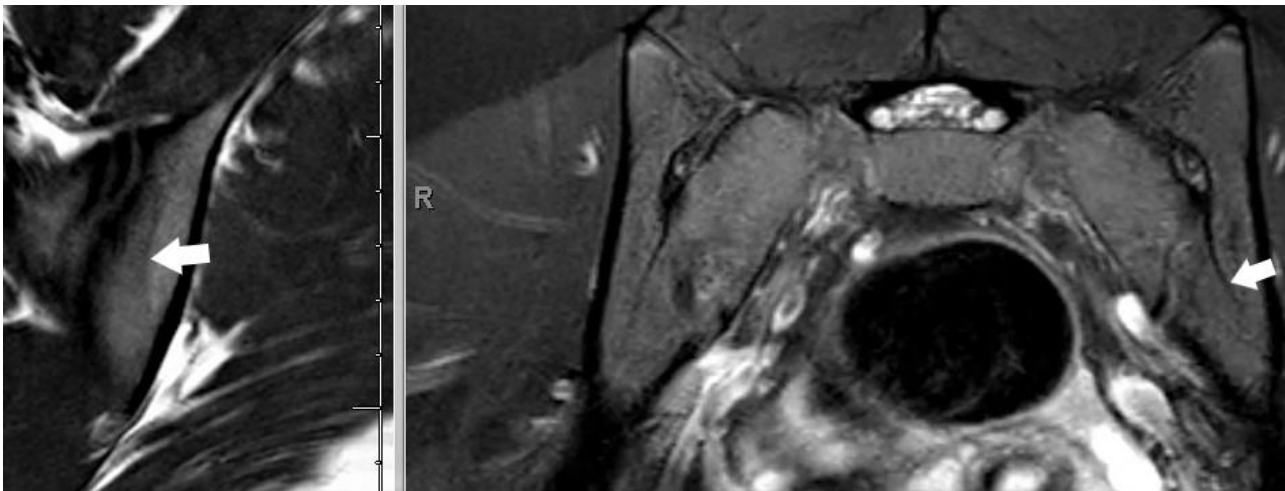


Figure 43 : Séquence axiale T2 SPAIR (droite) et coronale oblique T1 (gauche), ligne iliaque (flèches blanches)

Les articulations sacro-iliaques ont pour rôle de transférer efficacement les charges entre la colonne vertébrale et les membres inférieurs. Il s'agit d'une région fortement impactée par le stress mécanique, plus que l'aile iliaque. La répartition des forces a été modélisée par Phillips et al. en 2007¹³.

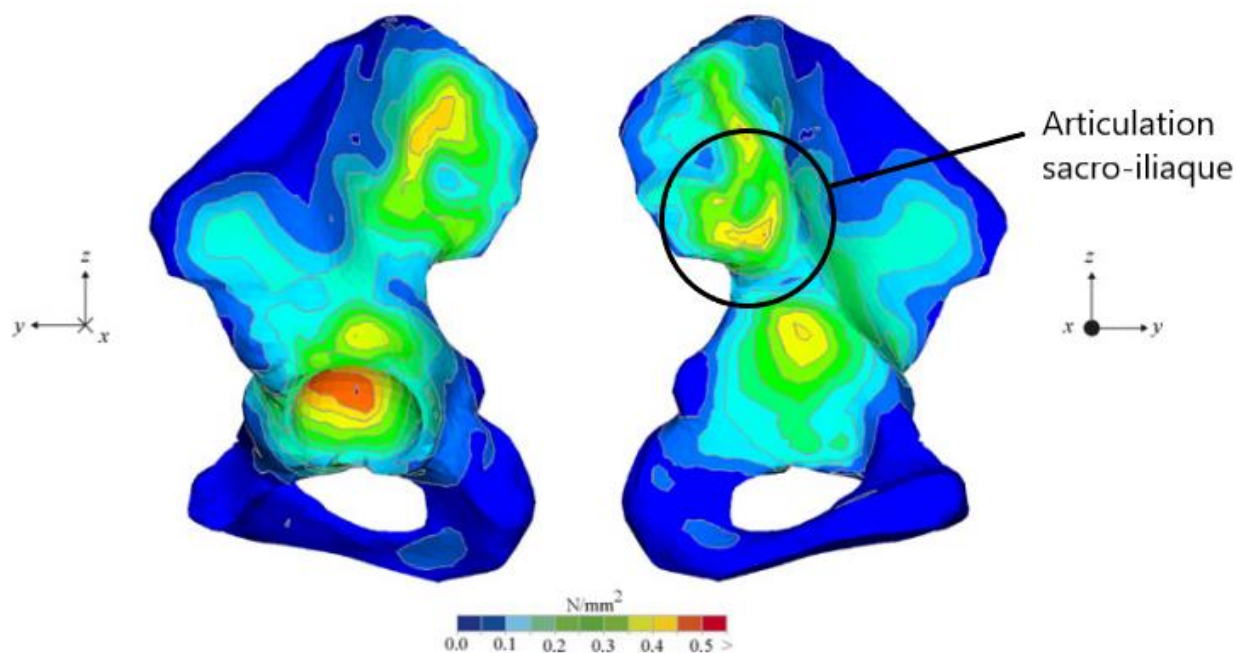


Figure 44 : Contrainte de Von Mises au sein de l'os trabéculaire de l'hémi-bassin. Les zones de contraintes mécaniques maximales sont représentées par la cavité acétabulaire (zone verte à rouge) et par la surface articulaire sacro-iliaque (zone verte à jaune) contrairement à l'aile iliaque (zone bleue) [extrait de Philips & al¹³].

L'orientation radiaire de ces travées osseuses à partir de l'incisure ischiatique associée à des contraintes mécaniques plus élevées pourraient être responsables d'une densification des travées osseuses à ce niveau et donc faire apparaître cette ligne iliaque.

3 Limites de cette étude

Nous reconnaissons plusieurs limites à notre étude.

Premièrement, cette étude est rétrospective, et par conséquent, le suivi des patients n'a pas été réalisé. La période d'apparition ou d'éventuelle disparition de ces lignes n'a pas été étudiée, mais cela permet néanmoins d'avoir un état des lieux sur leur présence.

Deuxièmement, notre échantillon d'examens normaux était limité à 117 patients. Des études plus importantes pourraient démontrer une prévalence différente de ces lignes iliaques et

sacrées. Les faibles effectifs de nos sous-groupes « lignes sacrées et lignes iliaques » peuvent également induire un manque de puissance potentielle pour certaines comparaisons notamment sur l'influence du sexe pour les lignes sacrées.

Troisièmement, cette étude présente un biais d'inclusion, seuls les patients adressés pour suspicion de spondyloarthrite ayant été inclus.

Enfin, l'implication clinique de cette étude est limitée car ces lignes ne semblent pas avoir de conséquence directe sur le diagnostic IRM de sacro-iliite. Néanmoins, cette description nous paraît importante pour l'organogenèse et de potentielles interprétations diagnostiques erronées.

CONCLUSION

Des lignes iliaques et sacrées sont fréquemment visualisées sur les IRM des articulations sacro-iliaques réalisées dans notre pratique courante.

Il peut être difficile de distinguer l'interligne sacro-iliaque d'une ligne sacrée quand cette dernière existe, du fait de sa proximité avec l'interligne.

Par ailleurs, l'analyse du signal ostéomédullaire du versant iliaque des pieds des articulations sacro-iliaques peut être perturbée par la présence de différence d'intensité de signal modérée de part et d'autre de la ligne iliaque, mais ceci peut être corrigé en analysant soigneusement les coupes axiales.

Cette thèse apporte une description plus précise de leur constatation et discute leur origine.

Ces entités doivent être gardées en mémoire lors de l'étude IRM des articulations sacro-iliaques, notamment en cas de suspicion de spondyloarthrite.

BIBLIOGRAPHIE

1. Haibel H, Rudwaleit M, Listing-Jones A, et al. Efficacy of adalimumab in the treatment of axial spondylarthritis without radiographically defined sacroiliitis: results of a twelve-week randomized, double blind, placebo-controlled trial followed by an open-label extension up to week fifty-two. *Arthritis Rheum* 2008; 58:1981-91.
2. « <http://www.lecofer.org/item-cours-1-18-0.php> ». In *Rhumatologie, collège français des enseignants en rhumatologie*, s. d.
3. Rudwaleit, M., A. G. Jurik, K.-G. A. Hermann, R. Landewé, D. van der Heijde, X. Baraliakos, H. Marzo-Ortega, M. Ostergaard, J. Braun, et J. Sieper. « Defining Active Sacroiliitis on Magnetic Resonance Imaging (MRI) for Classification of Axial Spondyloarthritis: A Consensual Approach by the ASAS/OMERACT MRI Group ». *Annals of the Rheumatic Diseases* 68, no 10 (octobre 2009): 1520-27. doi : 10.1136/ard.2009.110767.
4. Lambert, Robert G. W., Pauline A. C. Bakker, Désirée van der Heijde, Ulrich Weber, Martin Rudwaleit, K. G. Hermann, Joachim Sieper, et al. « Defining Active Sacroiliitis on MRI for Classification of Axial Spondyloarthritis: Update by the ASAS MRI Working Group ». *Annals of the Rheumatic Diseases* 75, no 11 (novembre 2016): 1958-63. doi : 10.1136/annrheumdis-2015-208642.
5. A. COTTEN : *Imagerie musculosquelettique ; Pathologies générales / Chapitre 4 : Spondyloarthrites* (A. COTTEN, P. PHILIPPE, R.-M FLIPO).

6. Deppe, Dominik, Kay-Geert Hermann, Fabian Proft, Denis Poddubnyy, Felix Radny, Mikhail Protopopov, Marcus R Makowski, et Torsten Diekhoff. « CT-like images of the sacroiliac joint generated from MRI using susceptibility-weighted imaging (SWI) in patients with axial spondyloarthritis ». *RMD Open* 7, n° 2 (28 mai 2021): e001656. doi : 10.1136/rmdopen-2021-001656.
7. Broome, D R, L A Hayman, R C Herrick, R M Braverman, R B Glass, et L M Fahr. « Postnatal Maturation of the Sacrum and Coccyx: Mr Imaging, Helical Ct, and Conventional Radiography. » *American Journal of Roentgenology* 170, n° 4 (avril 1998): 1061-66. doi : 10.2214/ajr.170.4.9530059.
8. Cardoso, Hugo F.V., Vanessa Pereira, et Luís Rios. « Chronology of Fusion of the Primary and Secondary Ossification Centers in the Human Sacrum and Age Estimation in Child and Adolescent Skeletons: Fusion of Ossification Centers in the Sacrum ». *American Journal of Physical Anthropology* 153, n° 2 (février 2014): 214-25. doi : 10.1002/ajpa.22422.
9. Herregods, N, Wp Maksymowych, Lbo Jans, Tm Ootobo, I Sudol-Szopińska, Ab Meyers, Maj Van Rossum, et al. « Atlas of MRI Findings of Sacroiliitis in Pediatric Sacroiliac Joints to Accompany the Updated Preliminary OMERACT Pediatric JAMRIS (Juvenile Idiopathic Arthritis MRI Score) Scoring System: Part I: Active Lesions ». *Seminars in Arthritis and Rheumatism* 51, n° 5 (octobre 2021): 1089-98. doi : 10.1016/j.semarthrit.2021.07.003.
10. Bollow, M., J. Braun, J. Kannenberg, T. Biedermann, C. Schauer-Petrowskaja, S. Paris, S. Mutze, et B. Hamm. « Normal Morphology of Sacroiliac Joints in Children:

- Magnetic Resonance Studies Related to Age and Sex ». *Skeletal Radiology* 26, n° 12 (9 décembre 1997): 697-704. doi : 10.1007/s002560050314.
11. Grissom, Leslie E., Mary P. Harty, Grace W. Guo, et Heidi H. Kecskemethy. « Maturation of Pelvic Ossification Centers on Computed Tomography in Normal Children ». *Pediatric Radiology* 48, n° 13 (décembre 2018): 1902-14. doi : 10.1007/s00247-018-4233-6
12. Cunningham, Craig A., et Sue M. Black. « Anticipating Bipedalism: Trabecular Organization in the Newborn Ilium ». *Journal of Anatomy* 214, n° 6 (2009): 817-29. doi : 10.1111/j.1469-7580.2009.01073.x.
13. Phillips, A.T.M., P. Pankaj, C.R. Howie, A.S. Usmani, et A.H.R.W. Simpson. « Finite Element Modelling of the Pelvis: Inclusion of Muscular and Ligamentous Boundary Conditions ». *Medical Engineering & Physics* 29, n° 7 (septembre 2007): 739-48. doi : 10.1016/j.medengphy.2006.08.010.
14. Cheng, Joseph S., et John K. Song. « Anatomy of the Sacrum ». *Neurosurgical Focus* 15, no 2 (août 2003): 1-4. doi : 10.3171/foc.2003.15.2.3.
15. Egund, Niels, et Anne Jurik. « Anatomy and Histology of the Sacroiliac Joints ». *Seminars in Musculoskeletal Radiology* 18, n° 03 (4 juin 2014): 332-40. doi : 10.1055/s-0034-1375574.
16. Puhakka, K. B., L. W. Boel, A. Vesterby, N. Egund, F. Melsen, et A. G. Jurik. « MR Imaging of the Normal Sacroiliac Joint with Correlation to Histology ». *Skeletal*

Radiology 33, n° 1 (1 janvier 2004): 15-28. doi : 10.1007/s00256-003-0691-4.

17. Feydy, A., L. Gossec, R. Bazeli, E. Pluot, J. Rousseau, R. Campagna, H. Guerini, M. Dougados, et J.-L. Drapé. « [MR Imaging of the spine and sacroiliac joints in ankylosing spondylitis] ». Journal De Radiologie 91, n° 1 Pt 2 (janvier 2010): 140-50. doi : 10.1016/s0221-0363(10)70019-6.
18. Cyteval, C., M.-P. Sarrabère-Baron, E. Decoux, et G. Larroque. « Sacrum-coccyx articulations sacro-iliaques. Technique radiologique et aspects normaux ». EMC - Radiologie et imagerie médicale - Musculosquelettique - Neurologique - Maxillofaciale 1, n° 1 (janvier 2006): 1-12. doi : 10.1016/S1879-8551(06)73998-7.
19. Vleeming, A., M. D. Schuenke, A. T. Masi, J. E. Carreiro, L. Danneels, et F. H. Willard. « The Sacroiliac Joint: An Overview of Its Anatomy, Function and Potential Clinical Implications ». Journal of Anatomy 221, n° 6 (décembre 2012): 537-67. doi : 10.1111/j.1469-7580.2012.01564.x.
20. McDonald & Hunt - SACRO-ILIAC JOINTS, observations on the gross and histological changes in the various age group (1952).
21. The Development and Anatomy of the Sacrum in relation to the Ilium and the Sacroiliac Joint Yusof, Nurul Asyiqin (2013).
22. Chauvin, Nancy A., Rui Xiao, Timothy G. Brandon, David M. Biko, Michael Francavilla, Dmitry Khrichenko, et Pamela F. Weiss. « MRI of the Sacroiliac Joint in Healthy Children ». American Journal of Roentgenology 212, n° 6 (juin 2019):

1303-9. doi : 10.2214/AJR.18.20708.

23. Kiil, Rosa Marie, Anne Grethe Jurik, et Anna Zejden. « Anatomical Variation at the Sacroiliac Joints in Young Adults: Estimated Prevalence by CT and Concomitant Diagnostics by MRI ». *Skeletal Radiology* 51, n° 3 (mars 2022): 595-605. doi : 10.1007/s00256-021-03843-3.

24. El Rafei, Mazen, Sammy Badr, Guillaume Lefebvre, Francois Machuron, Benoist Capon, Rene-Marc Flipo, et Anne Cotten. « Sacroiliac Joints: Anatomical Variations on MR Images ». *European Radiology* 28, n° 12 (décembre 2018): 5328-37. doi : 10.1007/s00330-018-5540-x.

25. Teran-Garza, Rodrigo, Adrian Manuel Verdines-Perez, Cesar Tamez-Garza, Ricardo Pinales-Razo, José Félix Vilchez-Cavazos, Jorge Gutierrez-de la O, Alejandro Quiroga-Garza, Rodrigo Enrique Elizondo-Omaña, et Santos Guzman-Lopez. « Anatomical Variations of the Sacro-Iliac Joint: A Computed Tomography Study ». *Surgical and Radiologic Anatomy* 43, n° 6 (juin 2021): 819-25. doi : 10.1007/s00276-021-02714-9.

ANNEXE

Tableau 3 : Lignes sacrées, concordance inter et intra observateur (test Kappa de Cohen)

Pondération T1

	Intra-observateur n = 34	Inter-observateur n = 55
Kappa	0.680	0.928
Erreur standard	0.117	0.050
Intervalle de confiance à 95%	0.451-0.910	0.829-1.000
Kappa pondéré	0.717	0.934
Catégorie	Substantial	Almost perfect

Pondération T2

	Intra-observateur n = 34	Inter-observateur n = 55
Kappa	0.668	0.747
Erreur standard	0.113	0.082
Intervalle de confiance à 95%	0.447-0.889	0.587-0.907
Kappa pondéré	0.720	0.786
Catégorie	Substantial	Substantial

Landis, J.R.; Koch, G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 33 (1): 159-174.
<https://doi.org/10.2307%2F2529310>

Tableau 4 : Lignes iliaques, concordance inter et intra-observateur (test Kappa de Cohen)

Pondération T1

	Intra-observateur n = 32	Inter-observateur n = 64
Kappa	0.829	0.842
Erreur standard	0.089	0.067
Intervalle de confiance à 95%	0.654-1.000	0.710-0.974
Kappa pondéré	0.858	0.861
Catégorie	Almost perfect	Almost perfect

Pondération T2

	Intra-observateur n = 32	Inter-observateur n = 64
Kappa	0.801	0.944
Erreur standard	0.100	0.039
Intervalle de confiance à 95%	0.605-0.997	0.867-1.000
Kappa pondéré	0.875	0.958
Catégorie	Almost perfect	Almost perfect

Landis, J.R.; Koch, G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 33 (1): 159-174.
<https://doi.org/10.2307%2F2529310>

Tableau 5 : Influence du sexe sur la présence de lignes iliaques et sacrées

Ligne iliaque

	Femme	Homme
Présence	43	21
Absence	32	21

Ligne sacrée

	Femme	Homme
Présence	31	24
Absence	44	18

Test exact de Fisher

- Ligne iliaque: $p = 0.56$
- Ligne sacrée: $p = 0.12$

Tableau 6 : Influence de l'âge sur la présence de lignes iliaques et sacrées

Ligne iliaque

Âge	<25	25-34	35-44	45-49	>50
Présence	12	18	18	6	10
Absence	10	12	14	7	10

Ligne sacrée

Âge	<25	25-34	35-44	45-49	>50
Présence	12	18	13	6	6
Absence	10	12	19	7	14

Test exact du X^2

- Ligne iliaque: $p = 0.92$
- Ligne sacrée: $p = 0.25$

Tableau 7 : Evaluation du signal T1 entre le versant interne et externe de la ligne iliaque

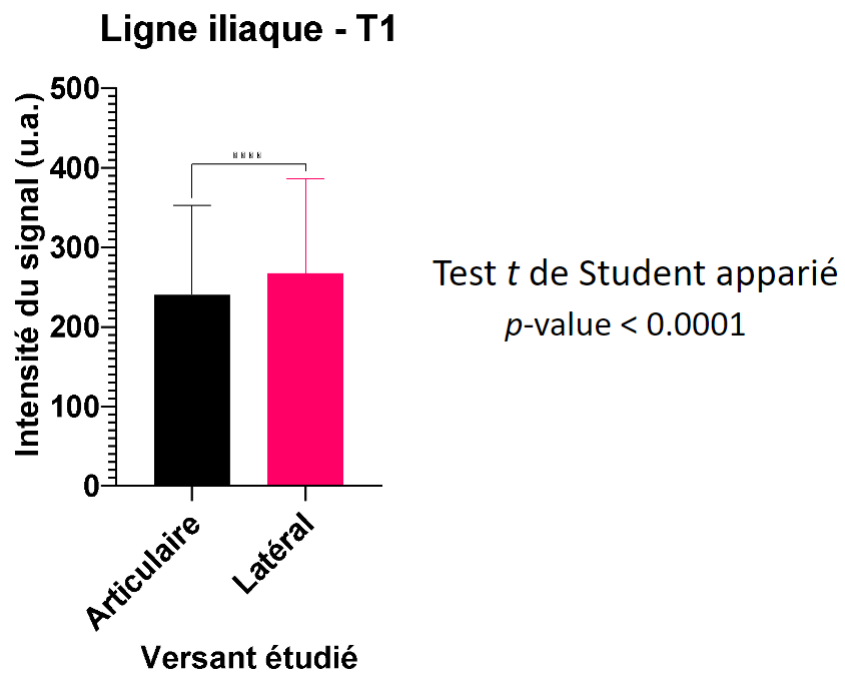


Tableau 8 : Evaluation du signal T2 SPAIR entre le versant interne et externe de la ligne iliaque

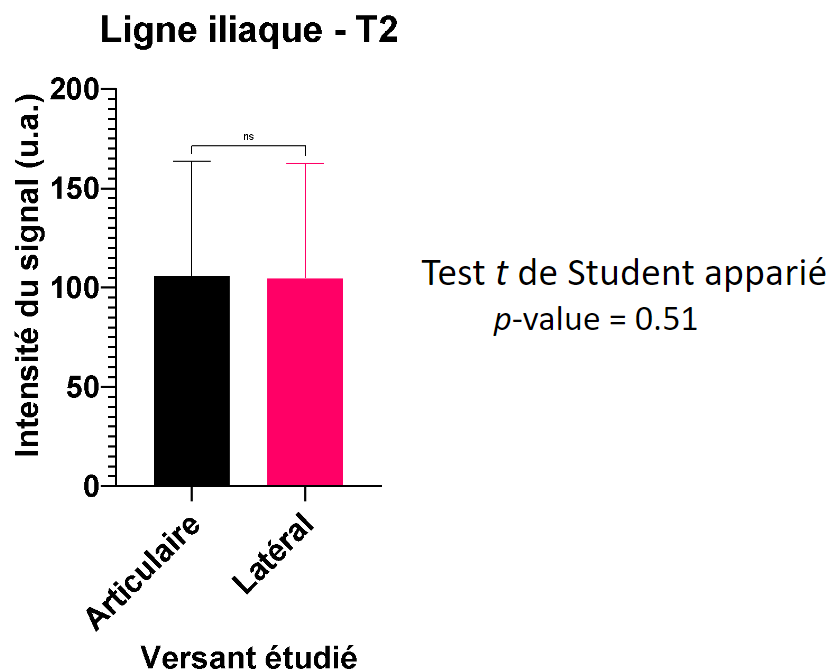
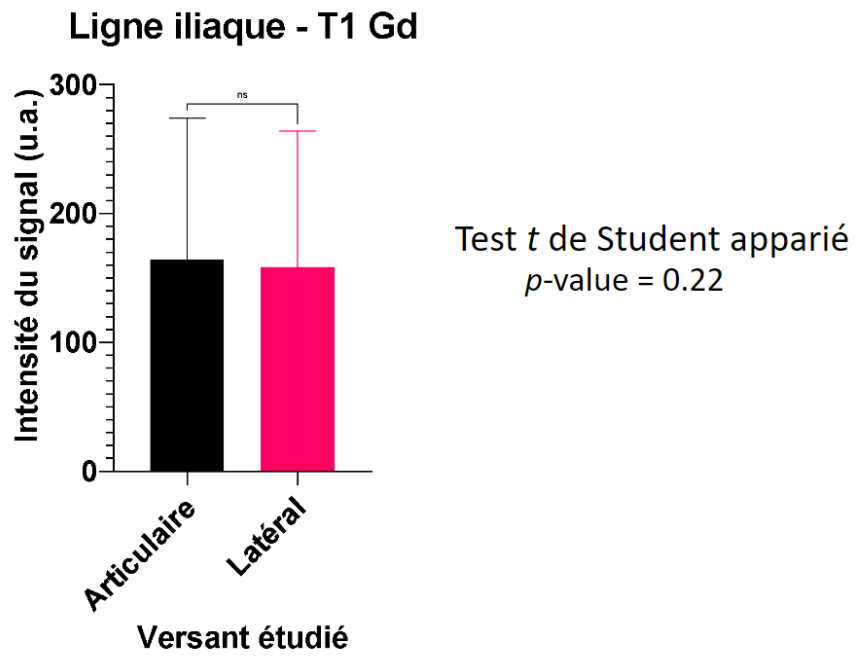


Tableau 9 : Evaluation du rehaussement (séquence T1 SPIR) entre le versant interne et externe de la ligne iliaque



AUTEUR : Nom : DELIGNE

Prénom : Guillaume

Date de soutenance : 19/10/2022

Titre de la thèse : Lignes sacrées et iliaques : étude rétrospective des IRM des articulations sacro-iliaques

Thèse - Médecine - Lille 2022

Cadre de classement : DES de Radiodiagnostic et imagerie médicale

Mots-clés : IRM sacro-iliaque, lignes sacrées, lignes iliaques, variante anatomique

Résumé :

Contexte : L'IRM des articulations sacro-iliaques est principalement réalisée dans l'aide au diagnostic précoce de spondyloarthrite. Lors de la relecture de ces IRM, nous avons observé la présence fréquente d'une ligne sacrée sous chondrale et d'une ligne iliaque pouvant être à l'origine d'images pièges. Nous avons donc réalisé une étude rétrospective de ces IRM afin de les décrire.

Matériel et méthodes : Entre janvier 2017 et décembre 2019, 365 IRM des articulations sacro-iliaques réalisées pour suspicion de spondyloarthrite ont été incluses. Seuls les examens considérés comme normaux ont été conservés, soit 117 IRM. Ces dernières ont été relues de façon indépendante par un interne et par un radiologue senior à la recherche de ces lignes. Leur visibilité, leur aspect et leur topographie ont été étudiées. Pour la ligne iliaque, des mesures du signal de la moelle osseuse ont été réalisées de part et d'autre.

Une analyse de la présence de ces lignes, en fonction de l'âge et du sexe, a été effectuée. La différence de signal a été étudiée grâce un t-test de Student. Enfin, nous avons procédé à une analyse de la concordance intra et inter-observateur pour la cotation de ces lignes grâce à un test Kappa de Cohen pondéré.

Résultats : Des lignes sacrées ont été retrouvées chez 55 patients (47%) et des lignes iliaques chez 64 patients (55%). Nous n'avons pas décelé de différence significative de répartition en fonction du sexe et de l'âge. Ces lignes étaient majoritairement bilatérales, situées en regard des portions antéro-moyennes de l'interligne sacro-iliaque pour les lignes sacrées (60%) et sur toute la hauteur pour les lignes iliaques (97%). Elles étaient mieux visibles en T1 qu'en T2 SPAIR mais les lignes iliaques étaient en majorité mal définies. La concordance inter-observateur sur la cotation était presque parfaite pour les lignes iliaques (Kappa pondéré à 0,86 en T1 et 0,96 en T2 SPAIR) ainsi que pour la cotation en T1 des lignes sacrées (Kappa pondéré à 0,93). La concordance inter-observateur en T2 SPAIR pour les lignes sacrées était forte (Kappa pondéré à 0,79). La concordance intra-observateur était presque parfaite pour les lignes iliaques (Kappa pondéré à 0,86 en T1 et 0,88 en T2 SPAIR), et elle était forte pour les lignes sacrées (Kappa pondéré à 0,72 en T1 et T2 SPAIR).

Conclusion : Les lignes sacrées peuvent rendre difficile la visualisation de l'os sous chondral et les lignes iliaques peuvent être à l'origine de discrètes anomalies de signal. Celles-ci sont fréquemment visualisées dans les IRM réalisées dans notre pratique courante. Nous avons tenté de les décrire au mieux et d'apporter une aide à la compréhension de ces phénomènes. Ces entités doivent être gardées en mémoire lors de l'analyse des IRM des patients suspects de spondyloarthrite.

Composition du Jury :

Présidente : Madame le Professeur Anne COTTEN

Assesseurs : Monsieur le Professeur Xavier DEMONDION, Monsieur le Docteur Sammy BADR

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Youssef BOULIL