



Université Lille 2
Droit et Santé

UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE - LILLE 2
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2013

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

Echoanatomie du Tendon Indirect du Droit Fémoral

Présentée et soutenue publiquement le 21 mai à 16h00
au Pôle Recherche
Par Richard WAWER

Jury

Président : Madame le Professeur Anne COTTEN

Assesseurs : Monsieur le Professeur Xavier DEMONDION
Madame le Professeur Nathalie BOUTRY
Monsieur le Docteur Jean François BUDZIK

Directeur de Thèse : Monsieur le Docteur Antoine MORAUX

Sommaire :

Introduction :	16
1) Anatomie, biomécanique, imageries, pathologies :	17
A) Anatomie :	17
B) Biomécanique et mécanismes lésionnels :	20
1) La marche :	22
2) Le sprint :	22
a) Phase d'accélération :	22
b) Phase de décélération :	22
3) Lésions du shoot :	23
C) Imageries :	24
1) Radiographie standard :	24
2) Echographie :	24
3) Scanner :	24
4) IRM :	25
D) Pathologies :	26
1) Pathologies par traumatismes intrinsèques :	26
a) Lésions tendineuses :	26
i) tendon direct :	26
ii) tendon indirect :	28
iii) tendon conjoint :	29
b) Désinsertions myo-aponévrotiques :	30
i) lésion myo-tendineuse centrale :	32
ii) lésions myo-tendineuses périphériques :	36
2) Pathologies par traumatismes extrinsèques :	37
3) Pathologie de la jonction tendino-osseuse, pathologie pédiatrique et de l'adolescent :	38
4) Pathologies non traumatiques :	40
2) Matériel et Méthodes : Anatomie et Échographie du tendon indirect du droit fémoral sur cadavres et sujets sains.	43
A) Anatomie et Échographie du tendon indirect sur cadavres :	43
B) Échographie du tendon indirect sur sujets sains :	46
3) Résultat : Anatomie et Échographie du tendon indirect du droit fémoral sur cadavres et sujets sains.	52
A) Anatomie et Échographie du tendon indirect sur cadavres :	52
B) Échographie du tendon indirect sur sujets sains :	58
3) Discussion :	63
4) Conclusion :	67
Bibliographie :	68
ANNEXE 1	69
ANNEXE 2	71

Introduction :

Le muscle droit fémoral est le chef superficiel du quadriceps [1]. C'est un muscle bi-articulaire qui joue un rôle essentiel dans les mouvements de la hanche et du membre inférieur.

Son architecture tendineuse et musculaire proximale est complexe avec 2 à 3 tendons et 2 chefs musculaires étroitement intriqués [2].

C'est le muscle le plus souvent lésé chez les footballeurs [3] et de façon plus générale dans les sports nécessitant des sprints répétés. Si le tendon direct et sa pathologie ont été décrits en échographie, le tendon indirect n'a encore jamais été décrit en échographie [4].

Nous commencerons donc par rappeler l'anatomie et la biomécanique de ce complexe musculo-tendineux, puis ses différentes pathologies.

Nous continuerons par montrer s'il est possible de manière reproductible d'étudier ce tendon indirect en échographie.

1) Anatomie, biomécanique, imageries, pathologies :

A) Anatomie :

Le muscle droit fémoral est le chef le plus superficiel et antérieur du quadriceps [1].

C'est un muscle bi-articulaire bipenné et long, permettant une contracture rapide et tonique lors de sa mise en action [5]. Il est en grande partie constitué par des fibres musculaires de type 2 (glycolytiques) qui présentent un fort potentiel contractile. Il présente trois origines distinctes (fig. 1) [6].

- Le tendon direct s'insère sur l'épine iliaque antéro inférieure (EIAI). C'est un tendon court, volumineux de trajet vertical [4].

- Le tendon indirect ou réfléchi s'insère sur la face latérale du toit acétabulaire. C'est un tendon plus long et plus fin que le tendon direct. Son trajet est oblique en bas, en dedans et vers l'avant. A son origine, il chemine dans un dédoublement de la capsule [6].

Ces deux tendons se rejoignent environ à 2 cm [1] en dessous de l'épine iliaque antéro-inférieure pour former le tendon conjoint.

Dans 83% d'une série autopsique, Tubbs et al. retrouvaient un tendon récurrent prenant son origine sur la capsule avec le ligament iliofémoral et rejoignant le tendon indirect. Ce tendon donnerait des fibres au muscle petit glutéal pour se terminer sur le grand trochanter dans sa partie antérieure et supérieure. Ce tendon récurrent est oblique en bas, en arrière et en dehors. Il est assez fin et étalé. Sur l'ensemble de ses dissections, environ 5 % des gens n'avaient ce tendon que d'un seul côté.

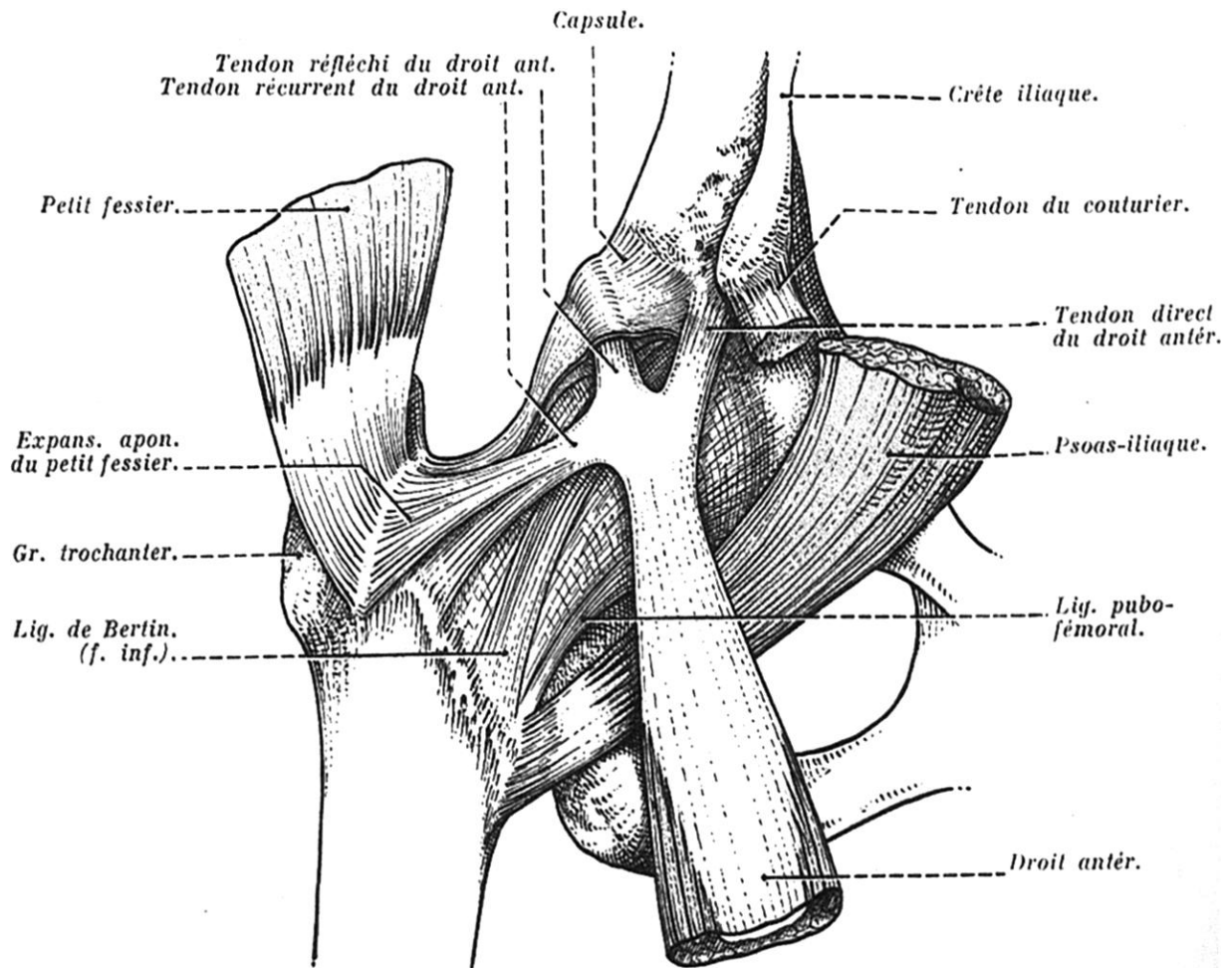


Fig. 1 : Schéma de l'anatomie des insertions proximales du muscle droit fémoral.

Selon Tubbs et al. (*Does a third head of the rectus femoris exist*).

Le tendon direct va constituer l'aponévrose superficielle au niveau de la partie antérieure et proximale du muscle le recouvrant sur ses 2/3 proximaux [4]. Cette aponévrose sera l'attache de fibres musculaires constituant une structure uni-pennée avec une disposition périphérique (fig. 2a) [2].

Le tendon indirect va constituer l'aponévrose sagittale en forme de virgule sur le versant le plus médial et profond de la jonction myo-tendineuse (fig. 3) [2, 7].

Elle s'attache en avant à l'aponévrose superficielle puis va se verticaliser en se dirigeant vers le milieu du muscle, pour enfin se terminer au niveau du tiers distal du muscle [4].

De cette aponévrose centrale vont naître des fibres musculaires formant une structure bipennée de part et d'autre de cette cloison (fig. 2 b).

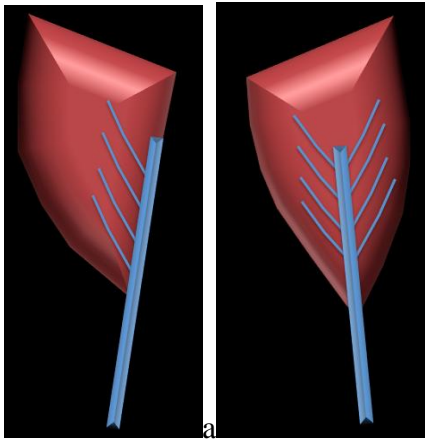


Fig. 2 : Muscle unipenné (a) et bipenné (b).

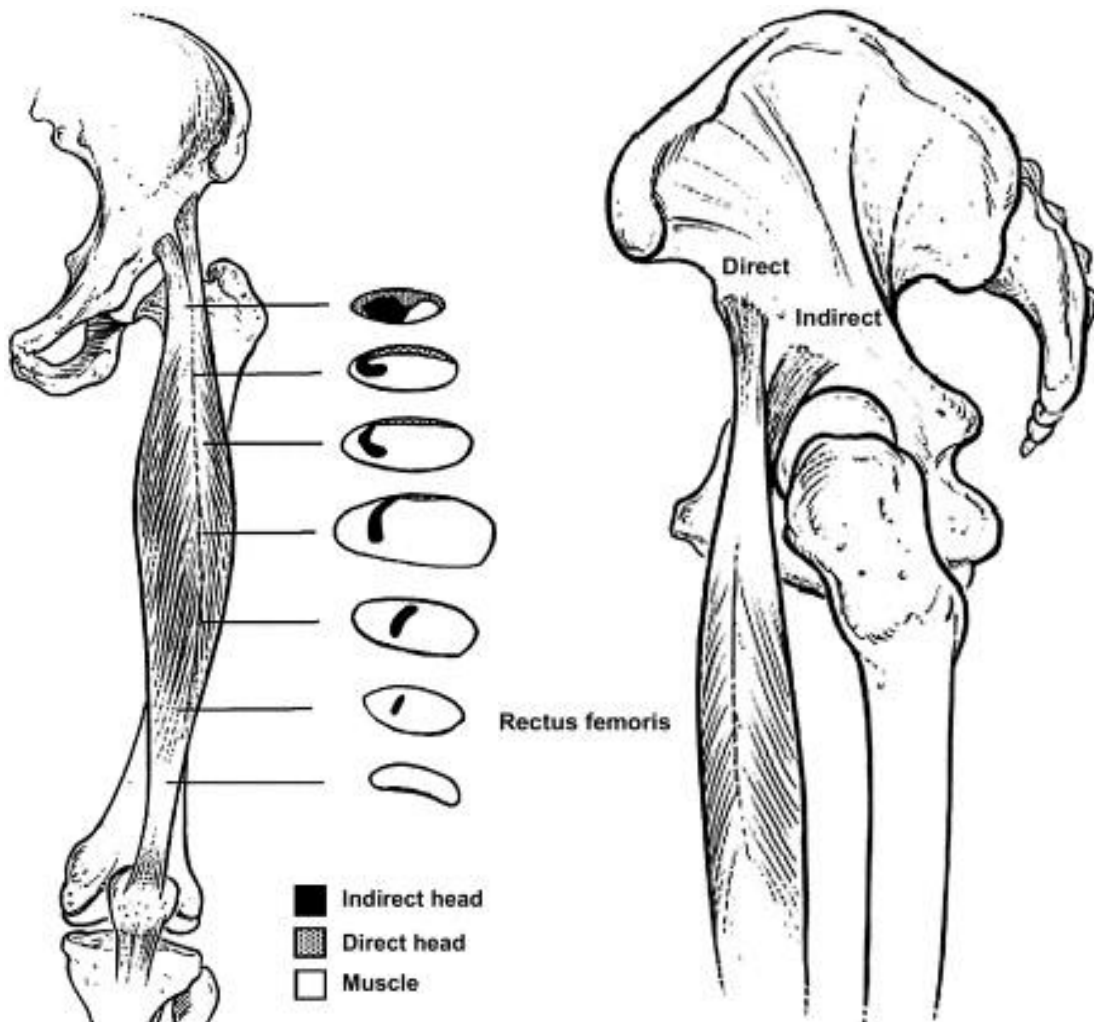


Fig. 3 : Anatomie de la jonction myo-tendineuse proximale du droit fémoral.
Schéma d'après Rodrigues et al.

Les fibres des muscles présentant une architecture penniforme comme les deux contingents du droit fémoral sont assez courtes par rapport à la longueur totale du muscle. Ces muscles sont volontiers puissants mais peu rapides, avec des amplitudes de déplacement limitées. Ils sont à prédominance de fibres musculaires de type 2 [3] avec un axe des fibres relativement perpendiculaire par rapport à l'axe du squelette fibreux [4]. Ils sont donc vulnérables notamment lors des contractions excentriques.

En distalité, les différents contingents musculaires donneront l'aponévrose postérieure située sur les 2/3 inférieurs du muscle. Cette aponévrose constituera une partie du tendon quadricipital.

La complexité de l'architecture proximale du muscle explique le polymorphisme des lésions qui pourront intéresser l'insertion des tendons, les tendons eux même, la jonction myo-tendineuse ou encore le muscle [2].

B) Biomécanique et mécanismes lésionnels :

L'étude en électromyographie de surface du muscle droit fémoral est difficile compte tenu de la proximité des autres chefs musculaires du quadriceps. Une étude ayant eu recours à l'EMG invasif avec aiguille émet l'hypothèse d'une unité fonctionnelle à part entière avec une activité décalée par rapport aux vastes [8]. La biomécanique du droit fémoral permet d'expliquer la fréquence de ces lésions.

Ce muscle est long, bi-articulaire. Il est donc soumis à d'importants changements de longueur avec une vitesse de raccourcissement importante. Il est fléchisseur de la hanche si son point

fixe est distal et extenseur du genou si son point fixe est coxal. Il stabilise le bassin sur le fémur en appui.

Les sprints et les shoots nécessitent une action excentrique du droit fémoral qui associé à son caractère bi-articulaire favorisent les lésions de ce muscle [9].

Avant de détailler la biomécanique du sprint nous allons en préambule aborder la biomécanique de la marche [10].

La marche est un mouvement complexe en 3 dimensions avec des mouvements de flexion-extension du membre inférieur mais aussi des mouvements de rotations du bassin et du membre inférieur. Le cycle de la marche étudié de manière arbitraire sur un membre inférieur droit se décompose en phase d'appui et en phase oscillante (fig. 4). La phase oscillante est la phase durant laquelle le pied droit est décollé du sol (pied gauche en appui). Le temps de chaque phase du cycle est estimé en pourcentage. La durée relative des différentes phases se modifie avec la vitesse de déplacement.

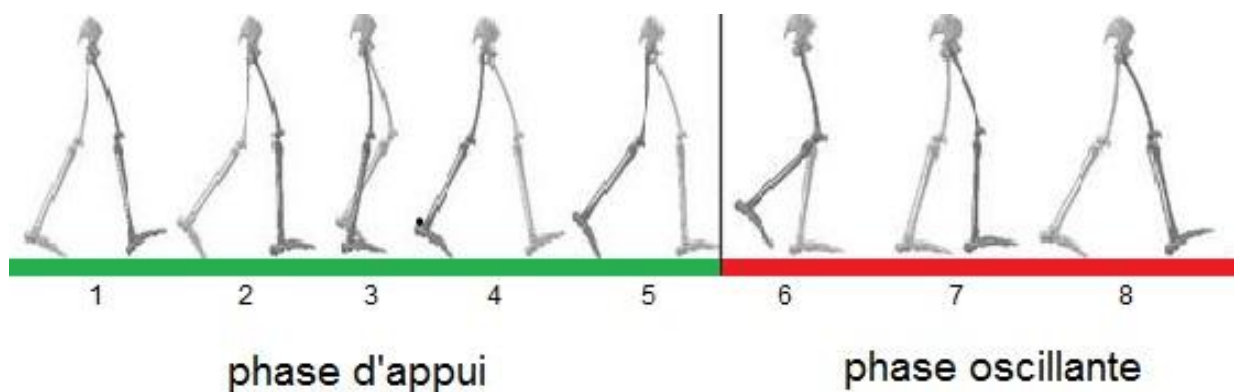


Fig. 4 : Cycle de la marche.

Phase d'appui (1 à 5) avec double appui (1) et appui unipodal (2-3-4).

Phase oscillante (6 à 8) avec la phase pré-oscillante (5), le début de phase oscillante (6), le milieu de phase oscillante (7) et la fin de phase oscillante (8).

1) La marche :

Lors de la marche, le droit fémoral [11] joue un rôle important dans la phase pré-oscillante lorsque la jambe controlatérale touche le sol. Son action débute donc sur une hanche en extension et un genou en flexion par une contraction en allongement, contraction excentrique, pour freiner la flexion du genou et amorcer son extension. Son action se poursuit durant la phase oscillante par la flexion de la hanche, avec un maximum d'élongation qui se situe à environ 65% du cycle [5]. Durant cette phase, l'appui très latéral procuré par le tendon indirect sur la face latérale de l'acétabulum facilite la mise en rotation externe du membre inférieur.

2) Le sprint :

a) Phase d'accélération :

Le cycle du sprint diffère de la marche par une répartition des phases différentes, la phase d'appui est plus brève et la phase oscillante plus longue avec une énergie cinétique beaucoup plus importante notamment dans la phase d'accélération. Le maximum d'élongation du droit fémoral surviendra cette fois-ci vers 55 % du cycle juste après le contact initial de la jambe controlatérale, il y aura une transition de l'extension maximale de la hanche vers sa flexion maximale ainsi que du genou avec une importante vitesse [12].

De plus la flexion rapide de la hanche induit mécaniquement un moment de flexion au genou. Cette forte vitesse angulaire de la hanche et du genou durant la phase oscillante du sprint associée à la contraction excentrique favorisent les lésions de ce muscle.

b) Phase de décélération :

Durant la décélération le centre de masse et donc le tronc se positionnent en arrière [8]. Ce positionnement induit des forces de freinage horizontales et additionnelles ainsi qu'une

contraction excentrique forte du quadriceps et donc du droit fémoral sur une hanche qui s'étend.

3) Lésions du shoot :

Le shoot se décompose également en plusieurs phases. Les phases incriminées dans les lésions du droit fémoral sont encore controversées.

Durant la phase oscillante le droit fémoral est sollicité et donc lésé à deux moments. A la phase oscillante précoce ("back swing phase" ou armée), le droit fémoral va par une contraction excentrique ralentir l'extension de la hanche et la flexion du genou. Ensuite, dans la phase oscillante tardive ("wind-up phase"), il va débiter la flexion de la hanche alors que le genou est encore dans un mouvement de flexion avec encore une fois une contraction excentrique. Celle-ci sera plus importante compte tenu de la flexion du genou et de vitesses angulaires plus importantes [5].

Durant la phase de contact avec le ballon [5], les différents chefs du quadriceps ne semblent pas en danger compte tenu de l'absence d'allongement ou de contraction excentrique.

Durant la phase d'appui avant le shoot, le mécanisme est le même que lors de la décélération du sprint avec un tronc penché en arrière et un droit fémoral en position de stress maximal.

C) Imageries :

Plusieurs techniques d'imagerie permettront d'explorer les lésions du Droit Fémoral.

1) Radiographie standard :

Les radiographies permettront uniquement en phase aiguë de rechercher une avulsion osseuse de l'EIAI [2, 13] et de faire par exemple le diagnostic différentiel avec une fracture.

Elle pourra permettre de montrer des séquelles de désinsertion ou d'arrachement à type de calcification tendineuse ou de lésion d'apophyose [2].

Elle ne sera d'aucun intérêt pour l'étude musculaire à proprement dite hormis les cicatrices calcifiées ou lors de myosite ossifiante.

2) Echographie :

C'est un des examens clef de l'étude tendineuse et musculaire. Celle-ci étant facilement accessible, permettant une étude complète du tendon direct et du muscle droit fémoral. L'étude du tendon indirect étant réservé à l'IRM.

Elle permettra de cibler la lésion grâce notamment à l'examen clinique associé et d'en faire la stadification.

Une lésion de déchirure ou de désinsertion récente aura l'aspect d'une désorganisation des fibres musculaires avec une zone œdémateuse le plus souvent hypoéchogène.

Il pourra y avoir un hématome qui sera d'aspect anéchogène en aigu et qui avec le temps s'organisera.

Elle permettra aussi par exemple de réaliser une ponction d'évacuation d'hématome [14].

3) Scanner :

Les informations seront plus précises que la radiographie standard.

Il permettra une meilleure recherche d'un hématome (spontanément hyperdense s'il est récent) ainsi que d'analyser au mieux les structures osseuses.

Il permettra par exemple de détecter des calcifications non visibles en radiographie standard.

4) IRM :

L'IRM est le GOLD Standard de l'étude tendino musculo aponévrotique du droit fémoral permettant une étude anatomique précise. Ceci permettra de faire le bilan lésionnel [15].

Elle permet notamment une étude précise des structures aponévrotiques.

Le protocole comprendra de manière classique des séquences coronales [16] centrées sur la face antérieure de cuisse T1 et T2 avec saturation du signal de la graisse pour cette dernière; Ces séquences peuvent être espacées de 4 mm avec un gap de 1.5 mm pour le T1 et de 10 mm sans gap pour le T2 STIR pour Cross et al. [16].

Il faudra également réaliser des séquences axiales en T2 STIR centrées sur la lésion, il pourra être utilisé un espacement de 7 mm avec un gap à 3.5 mm.

Dans certains cas une injection de gadolinium sera réalisée, le plus souvent en cas de bilan de lésion séquellaire afin de rechercher une inflammation active de cicatrice fibreuse par exemple ou alors pour mieux individualiser un hématome.

Les lésions simples de contusion ou d'élongation seront en hypersignal T2.

Lors de déchirure ou rupture, il y aura une perte de continuité des structures aponévrotiques et musculaires, avec un hypersignal T2 qui pourra être associé à un hématome de signal variable en T1 et T2 selon le moment où l'examen a été réalisé par rapport au traumatisme.

Il sera nécessaire de pratiquer des volumétries en précisant les dimensions des hématomes ainsi que des rétractions (dans le cadre de rupture) afin de permettre au mieux de réaliser un pronostic [16] lésionnel.

Lors de séquelle, les dégénérescences graisseuses secondaires à des déchirures ou ruptures seront visibles par un hypersignal T1 (remplacement graisseux et amyotrophie musculaire).

D) Pathologies :

Les lésions du droit fémoral sont essentiellement traumatiques. Ces lésions seront détaillées en fonction de l'étage anatomique.

La pathologie non traumatique du droit fémoral est beaucoup moins fréquente.

1) Pathologies par traumatismes intrinsèques :

a) Lésions tendineuses :

Ces lésions à l'insertion proximale du droit fémoral sont moins fréquentes que les désinsertions myo-aponévrotiques [1]. Elles pourront intéresser de façon isolée ou en association le tendon direct, le tendon indirect et/ou le tendon conjoint. Les lésions du tendon récurrent n'ont pas été rapportées dans la littérature. Comme n'importe quel tendon, ces lésions pourront être gradées en lésions d'élongation, rupture partielle ou totale et enfin déchirure [17].

i) tendon direct :

La rupture du tendon direct pourra être partielle ou complète. La rupture complète du tendon direct (fig. 5) sera le plus souvent associée à une lésion du tendon indirect. Cette lésion va se traduire par une douleur brutale avec coup de hache au niveau de la partie supérieure et antérieure de la cuisse. Le degré de rétraction du muscle sera fonction de la gravité des lésions tendineuses [2].

Au stade aigu, l'IRM comme l'échographie pourront faire le diagnostic de ces lésions. Pour l'instant, seule l'IRM permet de grader les lésions et notamment l'extension au tendon indirect qui jusqu'alors n'était pas étudié en échographie.

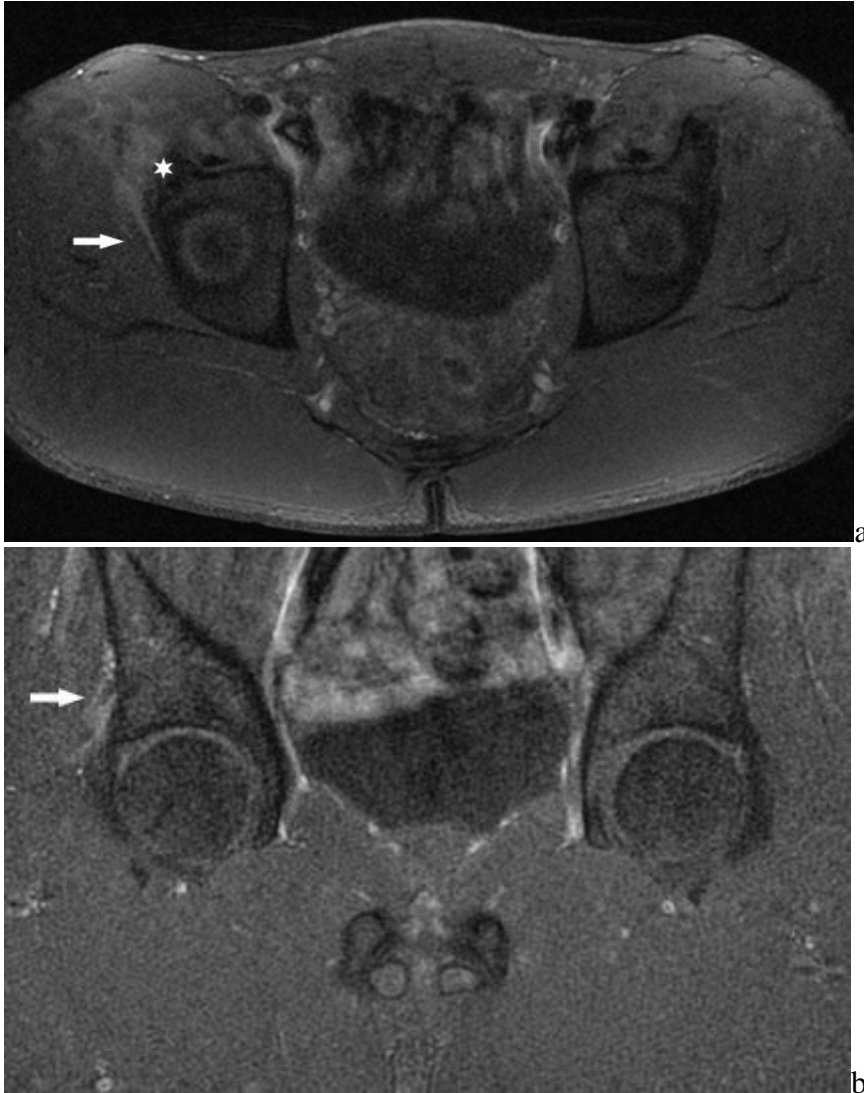


Fig. 5 : IRM du bassin, coupes axiale (a) et coronale (b) T2 Fat Sat (FS).

Rupture complète du tendon direct (étoile) qui n'est plus visualisé, associée à une rupture partielle du tendon conjoint et élongation du tendon indirect droit (flèche) se traduisant par un épaissement en hypersignal T2FS sans solution de continuité de celui-ci.

Au stade chronique, la radiographie ou le scanner pourront montrer des ossifications cicatricielles en avant et en dessous de l'épine iliaque antéro-inférieure.

ii) tendon indirect :

Les lésions du tendon indirect sont considérées comme moins fréquentes et le plus souvent associées à une lésion du tendon direct [2]. Une étude rétrospective [1] retrouvait inversement des lésions plus fréquentes du tendon indirect avec l'hypothèse de lésions traumatiques débutant par le tendon indirect pour ensuite s'étendre au tendon direct et/ou conjoint. Les lésions isolées du tendon indirect étaient asymptomatiques dans tous les cas (fig. 6). Elles peuvent être associées à une lésion capsulaire compte tenu de l'enchevêtrement de ces deux structures.

Ces lésions étaient jusqu'alors diagnostiquées en IRM.



Fig. 6 : Radiographie standard de hanche de face (a), échographie du tendon indirect droit dans son grand axe (b), IRM Axiale (c) et coronale (d) T1 avec injection de gadolinium et saturation du signal de la graisse.

Désinsertion semi-récente du tendon indirect droit se traduisant par l'apparition d'ossifications (flèches) et de remaniements inflammatoires (hypersignal T2) du tendon. Tendon direct respecté (étoile).

Au stade chronique, la radiographie ou le scanner pourront montrer des ossifications cicatricielles à la face latérale de l'acétabulum (fig. 7).

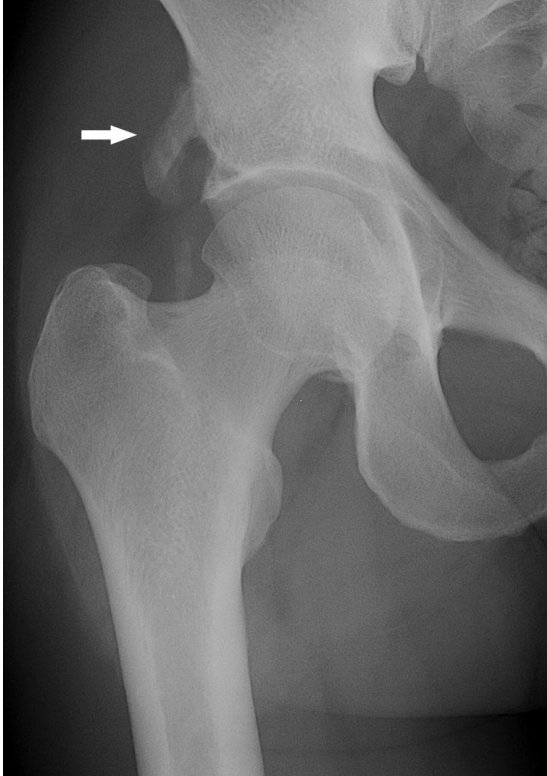


Fig. 7 : Radiographie de face de hanche droite.

Ossification sur le trajet du tendon indirect du droit fémoral séquelle d'une lésion ancienne.

iii) tendon conjoint :

Le tendon conjoint est lésé en continuité d'une rupture du tendon direct ou du tendon indirect. Aucune description de rupture isolée n'a été rapportée dans la littérature. En cas de rupture complète, l'axe moteur quadricipital entre le bassin et la cuisse sera interrompu avec un déficit complet de l'action du muscle droit fémoral (fig. 8).

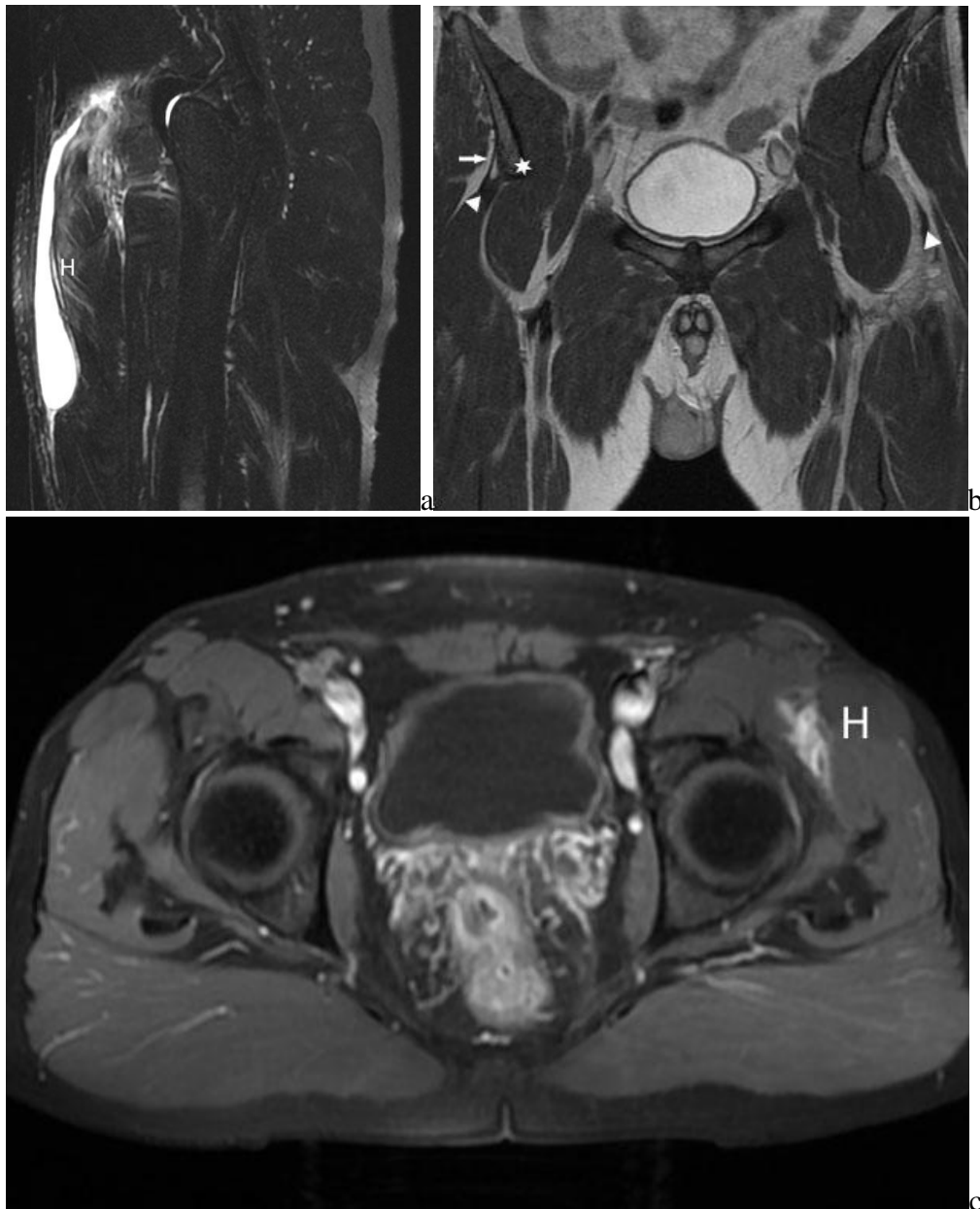


Fig. 8 : IRM de hanche gauche en séquences sagittale T2 FS (a), bassin coronale T1 (b) et axiale T1 (c) après injection de gadolinium et saturation du signal de la graisse.

Rupture complète du droit fémoral gauche par lésion du tendon direct et indirect.

Important hématome au site de rupture (H), le tendon conjoint est abaissé vers le bas.

Du côté controlatéral on visualise normalement le tendon direct (étoile), indirect (flèche) et le tendon conjoint (tête de flèche).

b) Désinsertions myo-aponévrotiques :

Le classement de ces lésions est topographique. Elles peuvent être centrales (profondes) intéressant le contingent issu du tendon indirect et de son aponévrose sagittale. Ou alors

périphériques intéressant le contingent issu du tendon direct avec des lésions à la face superficielle, donc antérieures, ou des lésions à la face profonde qui seront postérieures. Les facteurs de risque de ces lésions sont ceux habituellement décrits avec un muscle sous contrainte, fatigué, non entraîné, âgé ou alors sur un muscle non échauffé [2, 5].

A la phase aiguë, ces lésions sont gradées selon la classification de Rodineau [14, 17] en échographie (tableau a) et selon la classification de O'Donoghue [15, 18] en IRM (tableau b).

Tableau a : Classification échographique de Rodineau.

	<i>Histopathologie</i>	<i>Echographie</i>
Grade 0	DOMS Atteinte réversible de la fibre musculaire Pas d'atteinte du tissu conjonctif de soutien	Hypertrophie hyperéchogène du muscle
Grade 1	Atteinte irréversible de la fibre musculaire Pas d'atteinte du tissu conjonctif de soutien	Zone hyperéchogène sans désorganisation de l'architecture musculaire
Grade 2	Atteinte irréversible d'un nombre réduit de fibres musculaires atteinte du tissu conjonctif de soutien	Plage hyperéchogène à contours flous et irréguliers avec désorganisation de l'architecture musculaire
Grade 3	Atteinte irréversible d'un nombre important de fibres musculaires atteinte du tissu conjonctif de soutien et hématome	Désinsertion musculo-aponévrotique ou musculo-tendineuse avec hématome collecté
Grade 4	Rupture partielle ou totale d'un muscle	Désinsertion ou rupture d'un faisceau musculaire avec rétraction

Tableau b : Classification IRM de O'Donoghue.

	<i>Histopathologie</i>	<i>IRM</i>
Grade 1	Lésions comparables aux contusions musculaires après traumatisme direct	Aspect peigné en hypersignal T2, aux dépens des fibres musculaires adjacentes à la lame aponévrotique ou tendineuse
Grade 2	Rupture partielle sans rétraction	Lame de décollement à l'interface avec la lame fibreuse (aponévrotique ou tendineuse) épaissie en hypersignal T2 hématome de la jonction myo-tendineuse ou myo-aponévrotique et une suffusion liquidienne à la périphérie du muscle
Grade 3	Rupture complète de la jonction myo-tendineuse ou myo-aponévrotique	Rupture complète de la jonction myo-aponévrotique avec volumineux hématome en hypersignal T2 en aiguë

A la phase tardive, cicatricielle, les aspects habituels peuvent être rencontrés avec des images plus ou moins étendues de cicatrices fibreuses [2] éventuellement associées à des plages d'amyotrophie avec infiltration graisseuse.

Des calcifications ou un enkystement seront en faveur d'une cicatrisation pathologique [7] [19].

i) lésion myo-tendineuse centrale :

Cette lésion est la lésion myo-aponévrotique la plus fréquente (fig. 9, 10, 11) [2].

Selon la gravité de la lésion les patients présenteront une impotence plus ou moins grave avec une douleur plus ou moins importante.

La classification générale des lésions musculaires a été précisée pour cette atteinte particulière [2].

Grade 1 : lésions microscopiques de la jonction myo-tendineuse de l'aponévrose centrale, sans signe clinique franc, pouvant être responsable d'un hyper signal T2 œdémateux focal ou diffus des insertions de fibres sur l'aponévrose.

Grade 2 : Rupture partielle de la jonction myo-tendineuse avec perte de la force et diminution des mouvements.

L'imagerie dépendra du délai entre l'accident et l'examen, il montrera une hémorragie (différents signal T1 et T2 selon le délai de réalisation) avec solution de continuité partielle entre la cloison sagittale et ses fibres musculaires.

On pourra également observer une image en œil de bœuf [7] montrant une collection autour de l'aponévrose, secondaire à l'hémorragie provoquée par la déchirure. Cette lésion pourra se rehausser après injection de gadolinium.

Grade 3 : Rupture complète myo-aponévrotique centrale avec ou sans hématome, il s'y associera une rétraction musculaire.

Dans les stades les plus avancés un traitement à type d'évacuation d'hématome écho-guidée en aigüe pourra être proposé afin d'optimiser la cicatrisation.

Un traitement chirurgical sera réservé en cas de cicatrice pathologique.

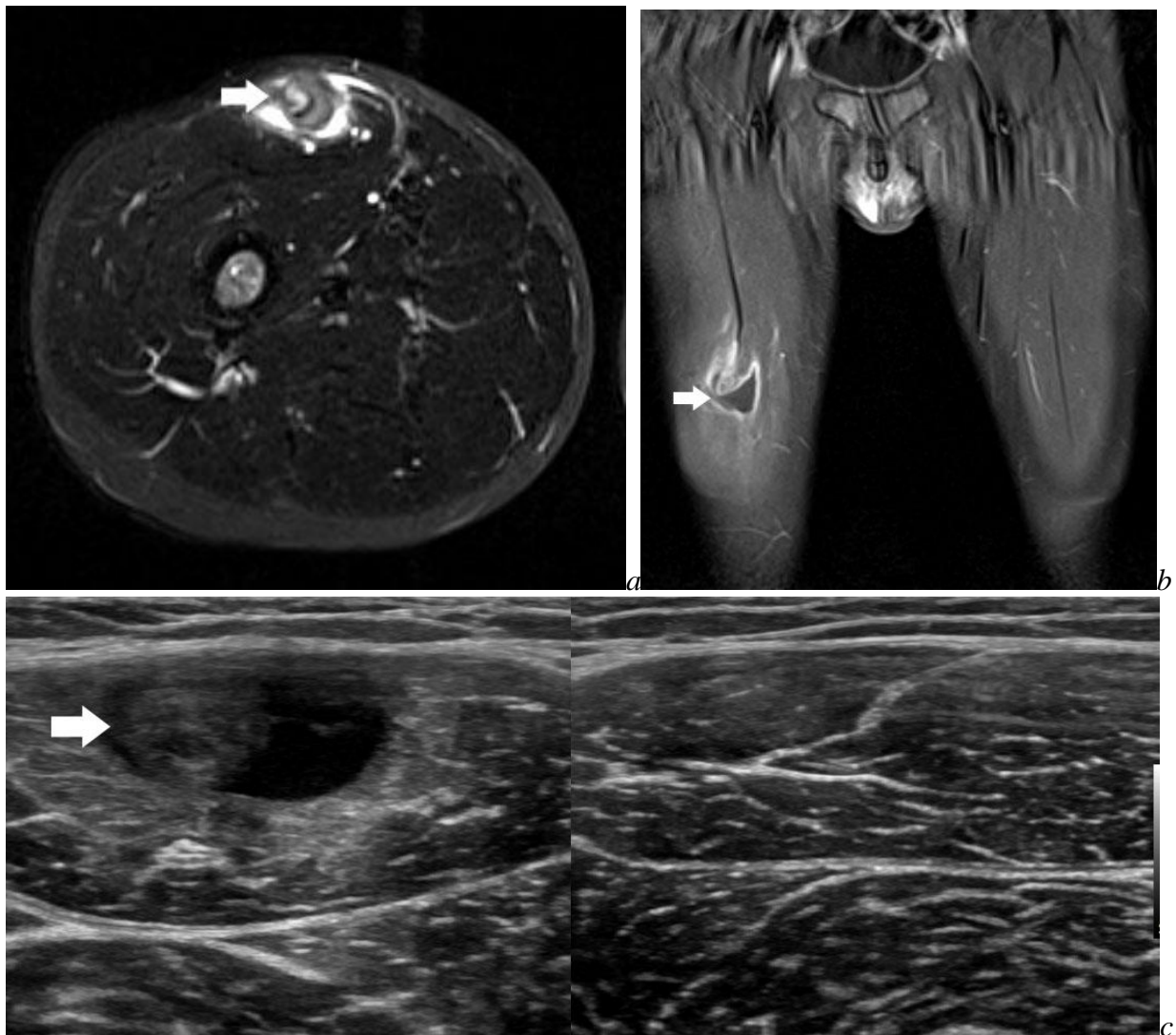


Fig. 9 : IRM en séquences axiale T2 FS (a) et coronale T1 (b) après injection de gadolinium et saturation du signal de la graisse, échographie comparative en coupe axiale (c).
 Désinsertion récente de l'aponévrose centrale avec hématome hypersignal T2 en IRM (flèche) et hypoéchogène en échographie. Aspect épaissi de la cloison sagittale montrant l'image typique en œil de bœuf. Grade 4 de Rodineau et 3 en IRM.

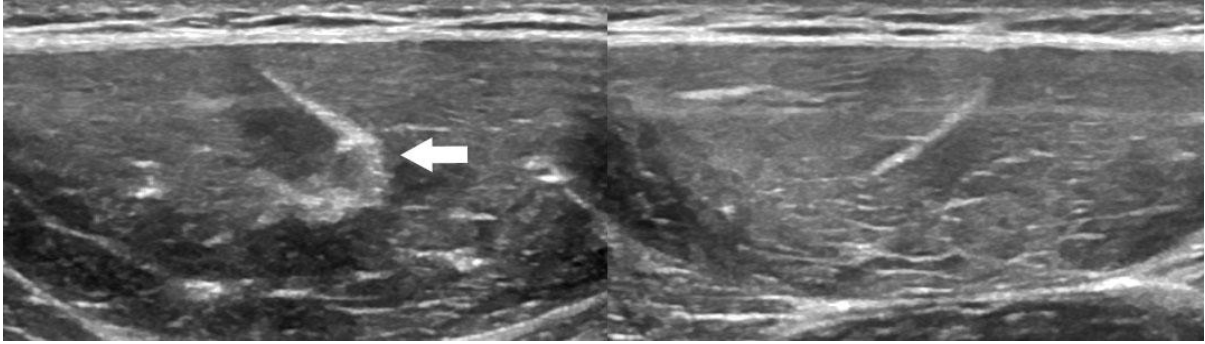


Fig. 10 : Echographie de l'aponévrose centrale en coupe axiale et comparative.

Désinsertion minime de l'aponévrose centrale sans hématome ou déchirure, aspect épaissi de la cloison (flèche) avec discrète hypoéchogénicité en regard secondaire à l'œdème. Grade 2 de Rodineau.

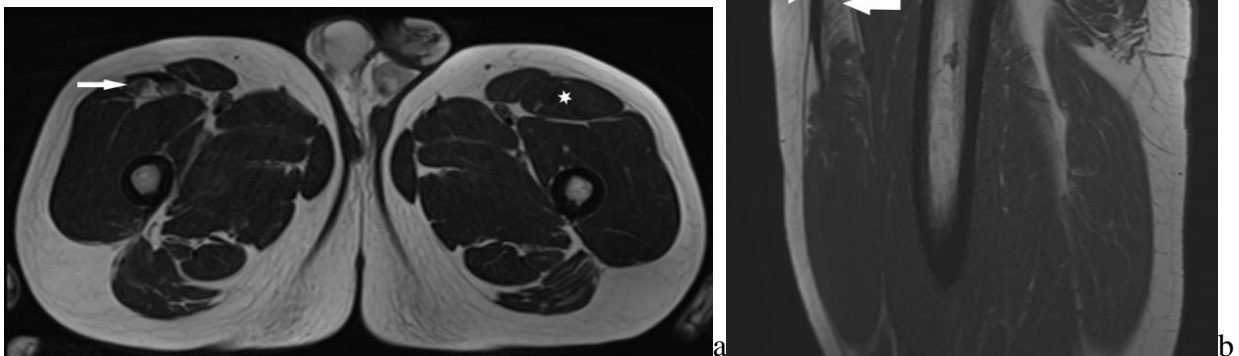


Fig. 11 : IRM en séquences axiale (a) et sagittale (b) T1 de la cuisse droite.

Séquelle de désinsertion partielle (grade 3 IRM) myo-aponévrotique centrale se traduisant par une dégénérescence graisseuse de fibres lésées (flèche) visible en hypersignal T1. La partie antérieure de la cloison sagittale reste intacte (tête de flèche).

ii) lésions myo-tendineuses périphériques :

Les lésions myo-aponévrotiques périphériques antérieures (fig. 12) ou postérieures (fig. 13) sont beaucoup moins fréquentes que les lésions centrales [2].

Pour cette dernière, la douleur se fera sentir plus basse avec des impotences différentes selon le degré de rupture et l'activité du patient.

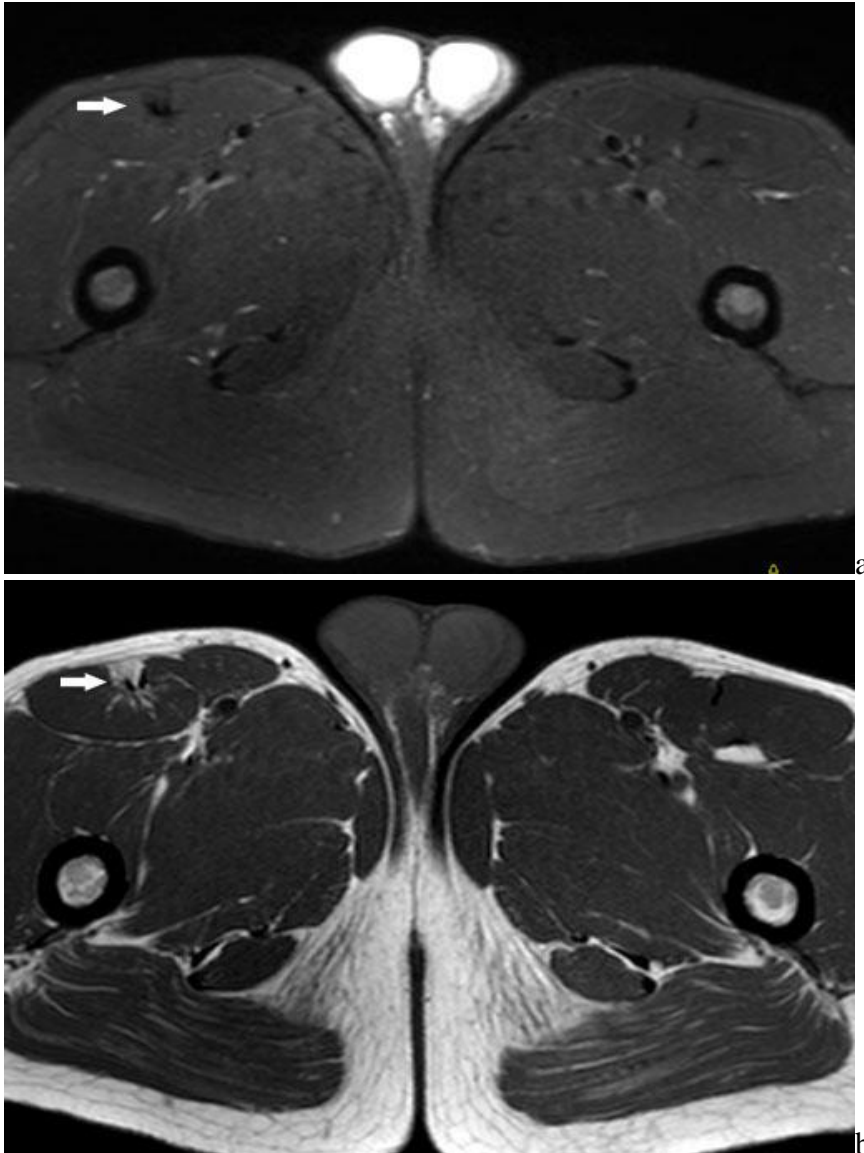


Fig. 12 : IRM en séquences axiales T2 FS (a) et T1 (b) de la cuisse droite.

Séquelle de désinsertion partielle (grade 2) myo-aponévrotique centrale et périphérique antérieure se traduisant par une dégénérescence graisseuse des fibres lésées (flèche) visibles en hypersignal T1 avec perte d'une visibilité normale de l'aponévrose sagittale et antérieure.

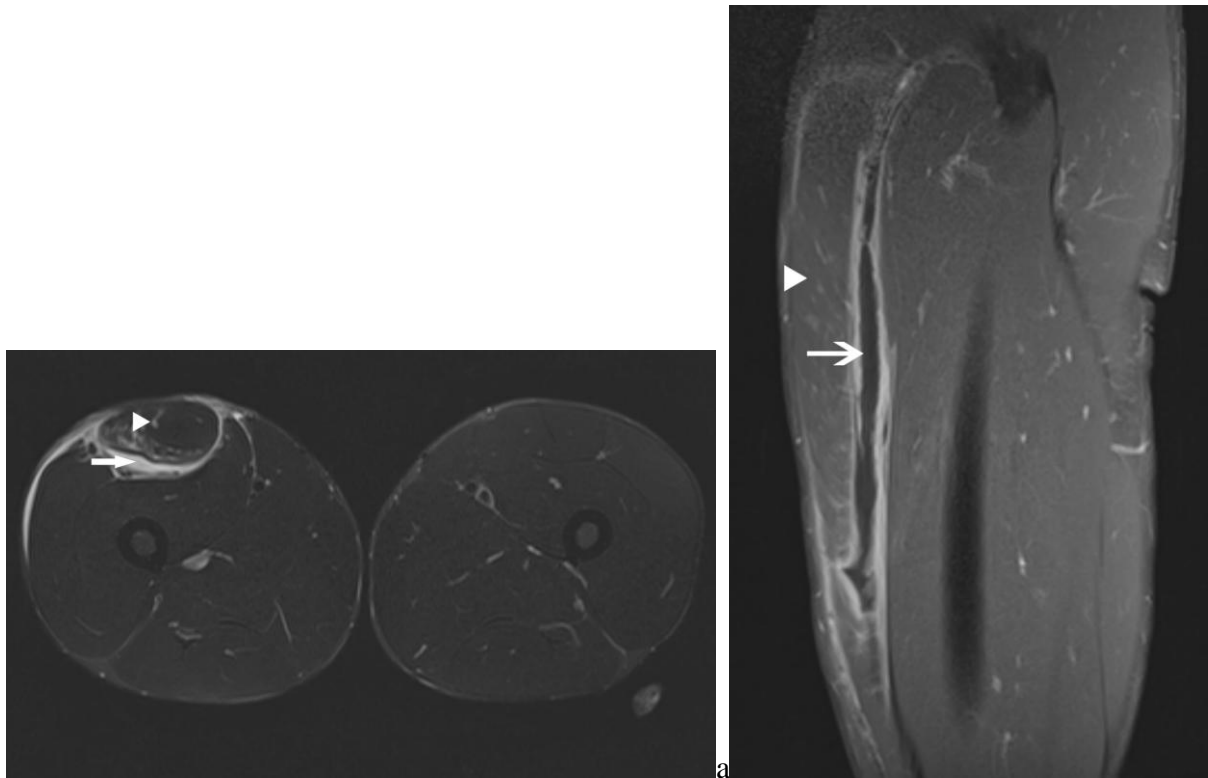


Fig. 13 : IRM en séquences axiale T2 FS (a) et sagittale T1 (b) avec injection de gadolinium et saturation du signal de la graisse de la cuisse droite.

Désinsertion complète aiguë myo-aponévrotique périphérique postérieure se traduisant par un hématome (flèche) hypersignal T2 se rehaussant en périphérie après injection de gadolinium(grade 2). La cloison sagittale n'est pas atteinte (tête de flèche).

2) Pathologies par traumatismes extrinsèques :

Du fait de la situation superficielle du muscle, il pourra exister des lésions de contusions [2, 14] directes (tableau c) qui se manifesteront soit par un simple œdème musculaire ou alors de façon plus grave par un hématome. Rappelons que la complication classique étant la myosite ossifiante.

Tableau c : Classification des lésions musculaires par traumatisme direct.

	<i>Composante musculaire</i>	<i>Hématome</i>
Lésion bénigne	Tuméfaction Hyperéchogène sans dilacération des fibres musculaires	Pas d'hématome
Lésion de gravité intermédiaire	Dilacération représentant moins de 50% de la surface axiale du muscle	Coulées hématiques non circonscrites
Lésion grave	Dilacération représentant plus de 50% de la surface axiale du muscle	Hématome collecté à ponctionner s'il est en phase liquide (hyperpression intra musculaire possible en cas d'absence de rupture de l'aponévrose périphérique)

De façon anecdotique, le muscle droit fémoral est également exposé aux traumatismes par plaies pénétrantes avec dilacération de fibres, désorganisation architecturale et hémorragies plus ou moins abondantes au contact de la plaie.

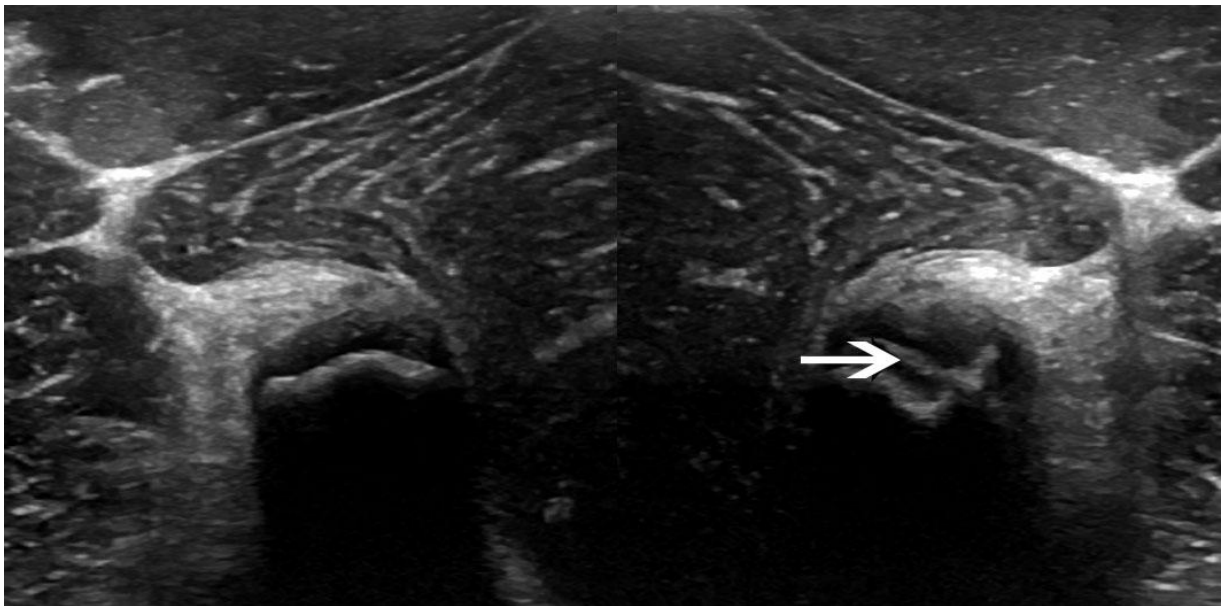
3) Pathologie de la jonction tendino-osseuse, pathologie pédiatrique et de l'adolescent :

Le noyau d'ossification apophysaire de l'épine iliaque antéro-inférieure (EIAI) débute son ossification entre 13 et 15 ans et fusionne avec le bassin entre 16 et 18 ans. Avant l'adolescence le noyau est donc strictement cartilagineux et non visible en radiographie.

Le cartilage de croissance de ce noyau est plus fragile que le tendon direct du droit fémoral qui s'y insère [20]. Chez l'enfant et notamment chez l'adolescent la contraction excentrique brutale et forte du droit fémoral pourra avulser le noyau d'ossification [2] (fig. 14). Cette avulsion est la 3^{ème} plus fréquente après l'avulsion de la tubérosité ischiatique par les muscles ischio jambiers, et l'avulsion de l'épine iliaque antéro supérieure (EIAS) par les muscles sartorius et tenseurs du fascia lata.

L'imagerie confirmera ce diagnostic chez un patient qui présentera une impotence partielle avec déficit de contracture du quadriceps, un aspect creux au niveau du pli inguinal qui sera plus ou moins associé à un hématome ou ecchymose au site de la rupture [2].

La radiographie ne sera contributive qu'à partir du début de l'ossification du noyau entre 13 et 15 ans. Avant cet âge, le diagnostic d'avulsion d'un noyau cartilagineux ne pourra être fait que par échographie ou IRM [21].



*Fig. 14 : Echographie comparative en coupe axiale des EIAI.
Avulsion aiguë d'un noyau cartilagineux d'EIAI gauche (flèche).*

Après le début de l'ossification, la radiographie montrera une image de décollement de l'apophyse de l'EIAI qui sera le plus souvent abaissée. L'échographie et l'imagerie en coupes (TDM et IRM) (fig. 15) montreront un aspect détendu de la partie proximale du droit fémoral, celui-ci ne sera plus qu'attaché par son tendon indirect dans certains cas, conservant alors qu'une très faible action [2].

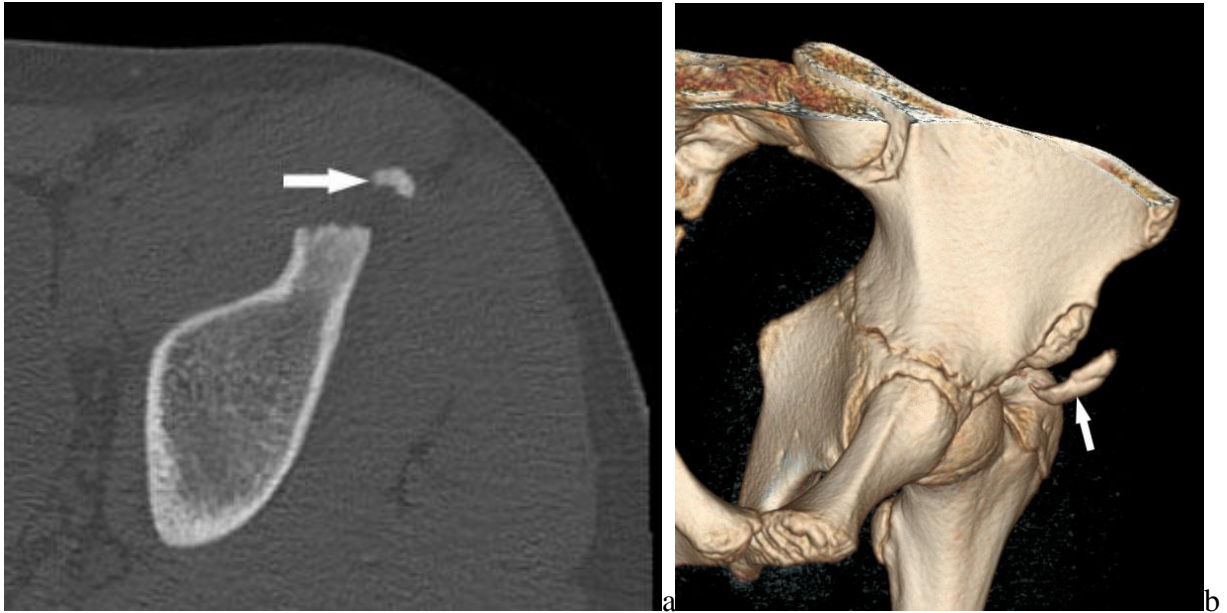


Fig. 15 : Scanner de hanche gauche en reconstruction osseuse (a) axiale et VRT (b) oblique. Avulsion de l'EIAI gauche (flèche) chez un patient de 15 ans.

A distance il pourra exister un cal osseux ou pont osseux avec un aspect de longue apophyse descendante, signe alors de lésion ancienne.

Enfin, lors d'activité physique répétée (joueurs de foot) avec mise en tension fréquente du muscle droit fémoral, il pourra exister des lésions d'apophysose.

4) Pathologies non traumatiques :

Les insertions proximales du droit fémoral pourront comme tout tendon être sujettes aux tendinopathies calcifiantes [22] ou non calcifiantes. Ces calcifications tendineuses peuvent surtout être des calcifications d'Hydroxy Apatite (calcification amorphe) (fig. 16) ou plus rarement de PyroPhosphate de Calcium Di hydraté (PPCD). [23] Les volumineuses calcifications d'Hydroxy Apatite pourront faire discuter le diagnostic différentiel d'os acétabulaire ou d'os sésamoïde.

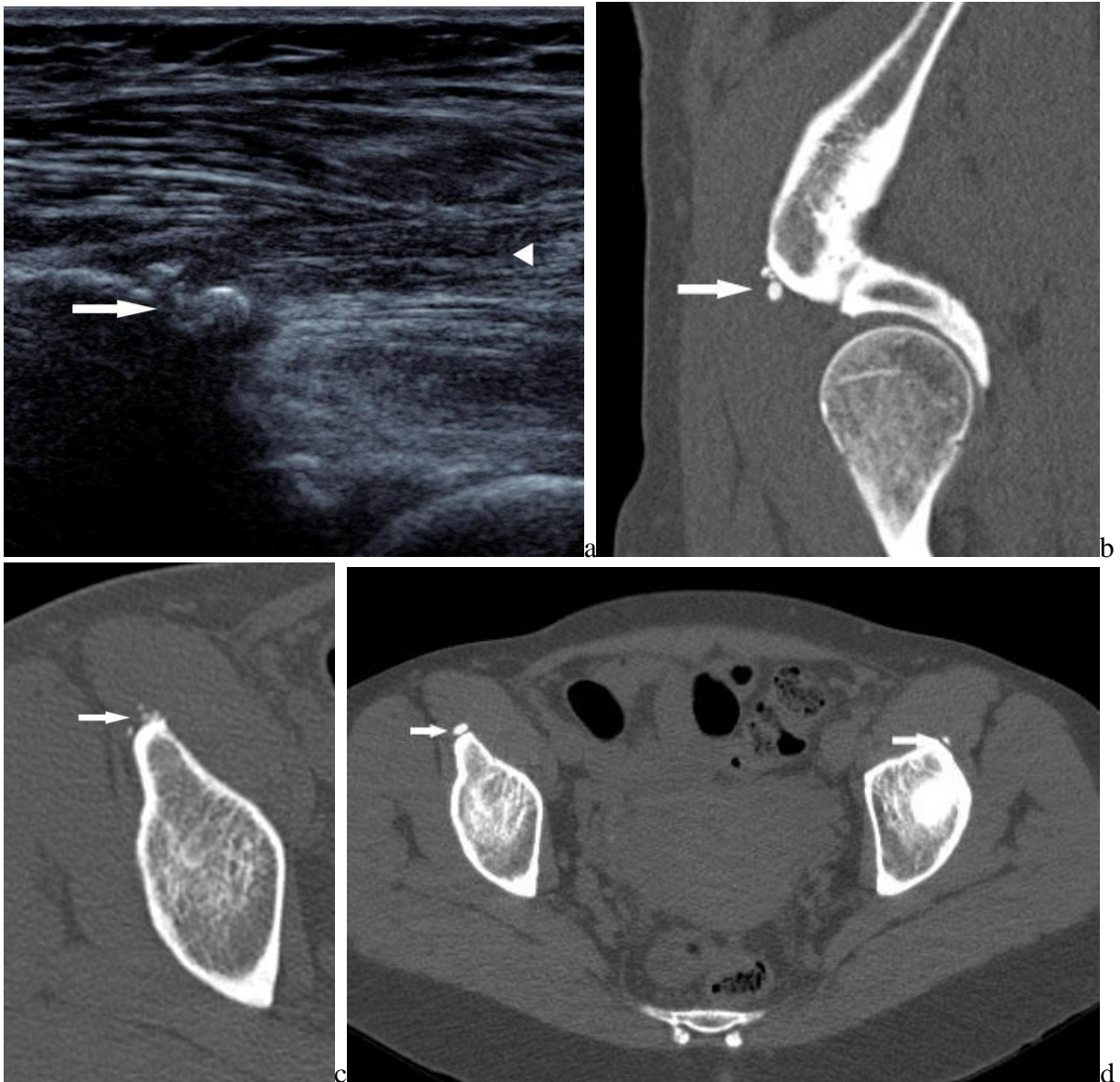


Fig. 16 : Echographie en coupe longitudinale de l'insertion du tendon direct du droit fémoral droit sur l'EIAI (a). Scanner de hanche droite en coupe sagittale (b) et axiale (c), et du bassin en coupe axiale (d).

Calcification amorphe de l'enthèse (flèche) des tendons directs (tête de flèche) compatible avec des calcifications d'Hydroxy Apatite.

Ces calcifications (d'Hydroxy d'Apatite) comme plus habituellement à l'épaule peuvent se résorber avec un tableau clinique bruyant.

Un cas de ressaut antérieur de hanche sur tendinopathie calcifiante du tendon direct a été rapporté dans la littérature [24].

Ces insertions proximales sont également des enthèses et peuvent être atteintes en cas de spondylarthropathie (fig. 17) ou dans le cas de microtraumatismes répétés [25].

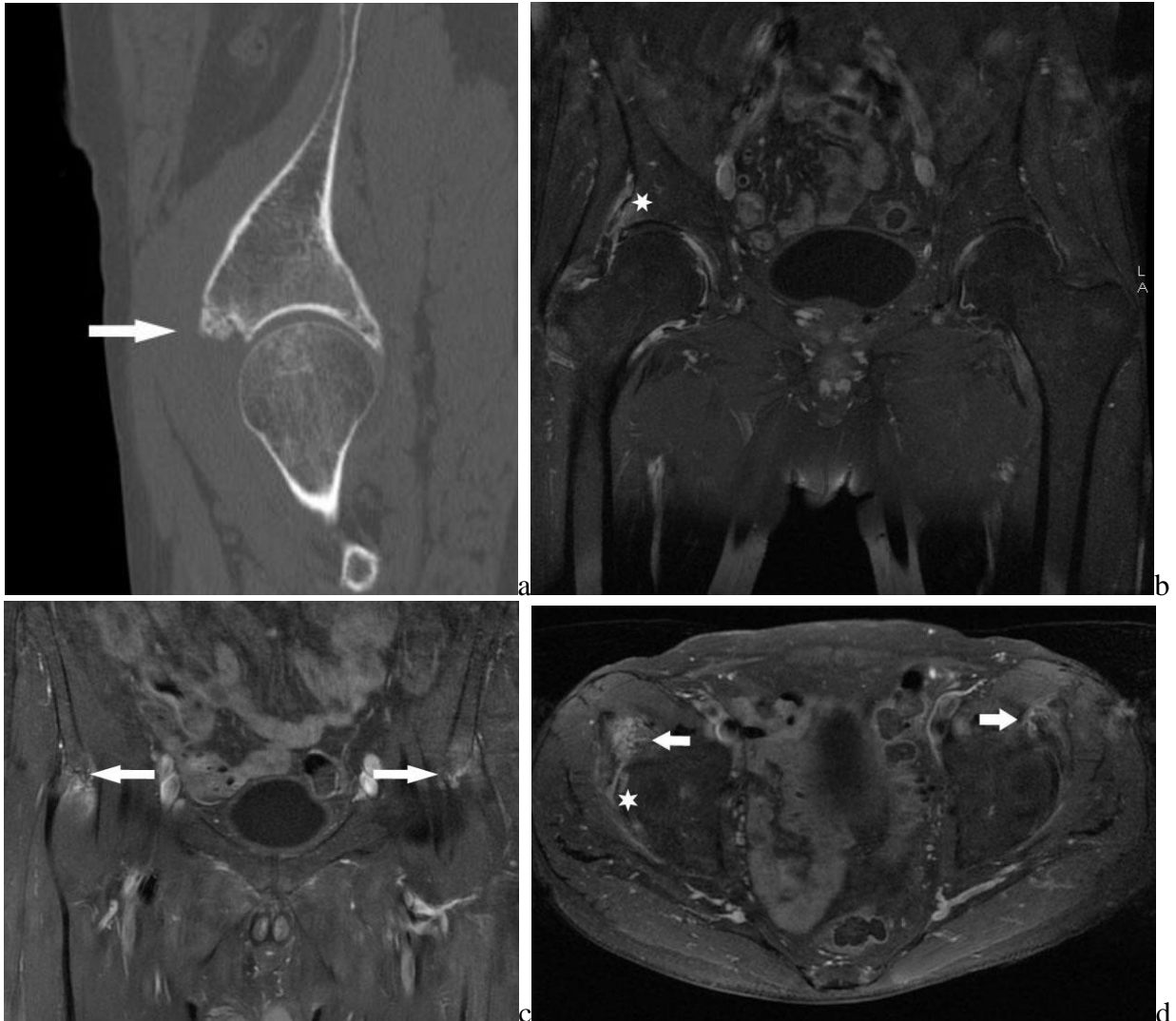


Fig. 17 : Scanner de hanche droite en coupe sagittale en reconstruction osseuse (a), IRM en séquences coronale (b, c) et axiale (d) T1 après injection de gadolinium et saturation du signal de la graisse.

Remaniement et œdème inflammatoire osseux des enthèses des tendons directs sur l'EIAI (flèches) ainsi que du tendon indirect droit (étoile) sur le rebord acétabulaire.

Enfin comme toute structure tendino musculaire, il pourra exister des pathologies tumorales bénignes (ex: lipome..) ou malignes.

2) Matériel et Méthodes : Anatomie et Échographie du tendon indirect du droit fémoral sur cadavres et sujets sains.

A) Anatomie et Échographie du tendon indirect sur cadavres :

Information et acceptation du protocole de recherche au sein du laboratoire d'anatomie de Lille 2 sur cadavre.

Avant d'étudier l'échographie du tendon indirect du droit fémoral en échographie sur pièce anatomique avec marquage.

Il a d'abord été réalisé une série de dissections préalables permettant une étude anatomique précise des divers tendons proximaux du muscle droit fémoral.

L'étude était bilatérale sur deux pièces cadavériques de bassin (une pièce de sexe féminin de 74 ans et une de sexe masculin de 80 ans).

Après préparation au formol de ces pièces, celles-ci sont positionnées en décubitus afin de les disséquer.

Le matériel utilisé comprend :

- bistouris N°15,
- ciseaux à bout pointu et mousse,
- pinces à dissection,
- écarteurs (Farabeuf).

Une première incision est réalisée entre l'épine iliaque antéro-supérieure et la symphyse pubienne. Une seconde incision est réalisée allant de la ligne médio-inguinale jusqu'à la partie moyenne et antérieure de la cuisse.

Enfin une troisième incision permettant de libérer la face latérale et proximale de la cuisse est réalisée obliquement et latéralement vers le bas à partir de l'épine iliaque antéro-supérieure.

Il s'ensuit une résection de la graisse sous cutanée découvrant ainsi le fascia cribiformis.

Le muscle sartorius par sa position antérieure et croisante (celui-ci croisant en avant de haut en bas et de dehors en dedans le muscle droit fémoral) est réséqué afin de dégager les insertions tendineuses du droit fémoral.

Une section du muscle droit fémoral dans son tiers distal est réalisée afin de pouvoir soulever le contingent musculaire, et dégager ainsi au mieux ses tendons.

La suite de la dissection comprend une ablation des éléments cellulo vasculo nerveux péri tendineux ainsi qu'une résection partielle capsulaire antérieure de la hanche.

L'étude anatomique a été complétée par une série de coupes sur une pièce cadavérique d'hémi bassin (sujet féminin de 73 ans) gauche.

Elle consista en une congélation de plusieurs semaines d'une pièce d'hémi bassin gauche après préparation à base de formol.

La pièce était placée en décubitus dorsal avec un angle d'environ 20 degrés ouvert vers le bas du fait d'une obliquité du tendon indirect (par rapport aux observations des dissections réalisées).

Les différentes coupes ont été réalisées à l'aide d'une scie à ruban fin avec un espacement d'environ 4 mm.

L'étude se poursuit ensuite par l'étude du tendon indirect en échographie et avec marquage de celui-ci.

Deux cadavres sont utilisés après préparation par solution à base de formol (une femme de 72 ans et un homme de 90 ans).

Un échographe Logic 9, GE Médical Systems, Milwaukee, Wis avec une sonde linéaire haute fréquence 12Mhz et gel d'interface est utilisé. Un balayage transversal de la face antéro supérieure de la cuisse est réalisé afin de rechercher le tendon conjoint du droit fémoral. Une translation latérale est alors faite afin de mettre en évidence le tendon indirect se dirigeant vers le rebord acétabulaire.

Sous repérage échographique un marquage est réalisé par mise en place d'une aiguille 22 Gauge (Spinocan BRAUN 0.70*88mm / 22G * 3 ½) au sein du tendon indirect.

Cet examen est réalisé par un Médecin Sénior spécialisé en radiodiagnostic Ostéo Musculaire.

Les dissections sont réalisées ensuite.

L'abord est fait directement par voie latérale plan par plan en suivant l'aiguille.

Le muscle sartorius est récliné par une pince de Faraboeuf découvrant les insertions proximales tendineuses du droit fémoral.

Une résection des insertions proximales iliaques des muscles glutéaux est réalisée également afin d'exposer au mieux le tendon indirect.

B) Échographie du tendon indirect sur sujets sains :

L'étude prospective porta sur 22 sujets sains tous venant (19 à 60 ans, 8 femmes, 14 hommes) asymptomatiques.

Le consentement à l'étude a pu être soumis, compris et accepté verbalement par l'ensemble de ceux-ci.

Les critères d'exclusion étaient les sujets non adultes à cause des cartilages de conjugaisons et les patients aux antécédents aigus ou anciens de pathologie traumatique ou non de hanche et notamment de la région de face antérieure de cuisse.

Les patients étaient positionnés sur la table d'examen en décubitus dorsal strict.

Un échographe Logic 9, GE Médical Systems, Milwaukee, Wis avec une sonde linéaire haute fréquence matricielle 9-15 Mhz et un échographe Toshiba Aplio 400 étaient utilisés avec optimisation des paramètres pour l'étude des parties molles superficielles (gain adéquat, faible profondeur et focal adapté).

L'étude se déroula en prospectif sur 3 mois consécutifs, avec examen échographique de façon bilatérale pour chaque sujet.

Le recueil de données à l'interrogatoire comporte :

- La latéralisation (droitier, gaucher ou ambidextre),
- L'âge (en années),
- Le sexe (homme ou femme),
- La taille (en cm) et le poids (en Kg).

Différentes coupes sont réalisées avec différentes mesures et recueil d'information :

Tendon indirect en coupe transversale et longitudinale : Fig. 18 (a, b)

- Visibilité du tendon (totalement, partiellement ou non visible),
- Échostructure tendineuse (hyperéchogène, isoechogène ou hypoéchogène),
- Mesures (longueur, largeur et épaisseur en mm),
- Visibilité d'une interface graisseuse profonde et si possibilité mesure de son épaisseur en mm entre le tendon indirect et la corticale iliaque. Fig. 18 (f),
- Mesure de l'angulation du tendon indirect par rapport au plan horizontal de la table à l'aide d'un rapporteur grand angle.

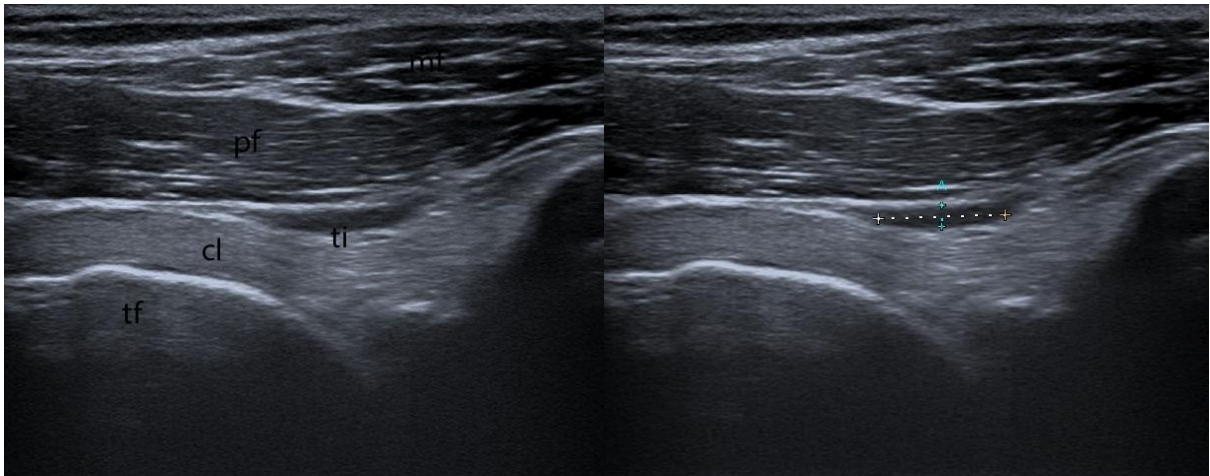
Tendon direct en coupe axiale et longitudinale : Fig. 18 (c, d)

- Mesures (longueur, largeur et épaisseur en mm).

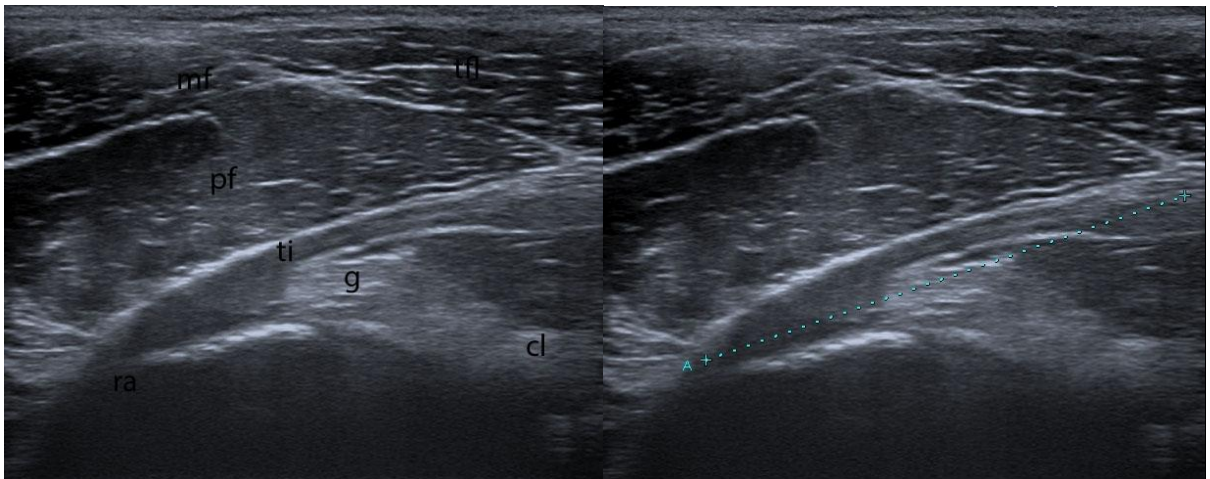
Tendon conjoint en coupe axiale : Fig. 18 (e)

- Mesures (largeur et épaisseur en mm).

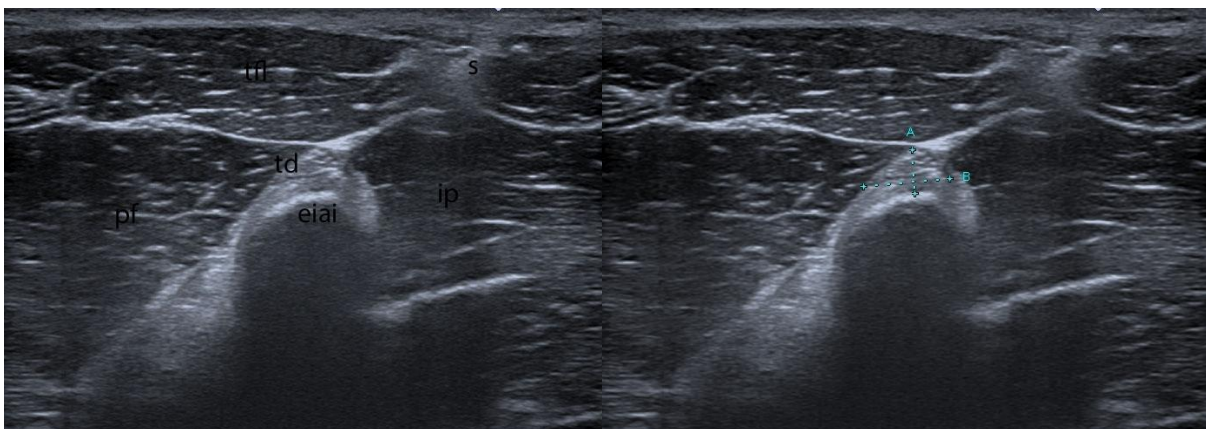
Fig. 18 : Échographie de la région d'insertion des tendons du droit fémoral sur une hanche droite chez un sujet masculin de 30 ans et de 70 Kg.



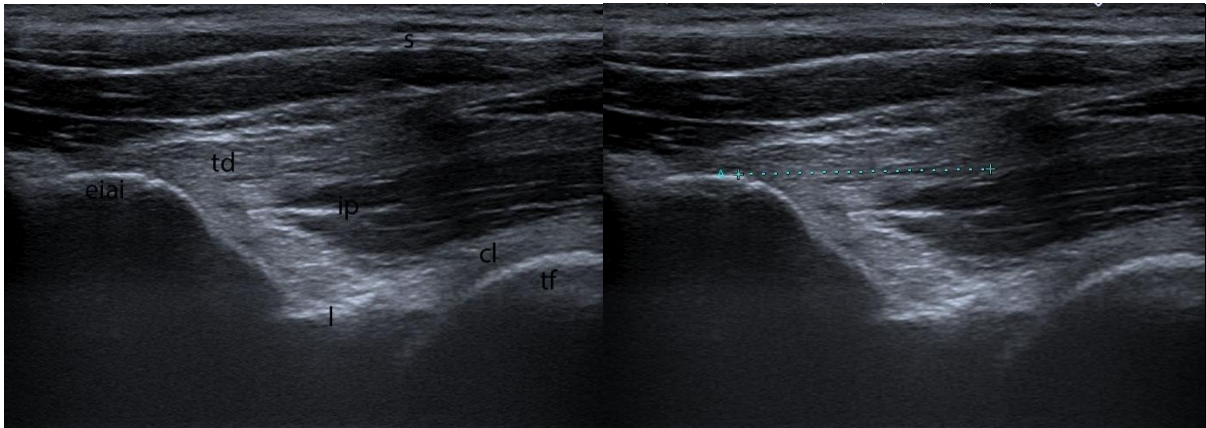
(a) Coupes transverses du tendon indirect sans et avec mesure.



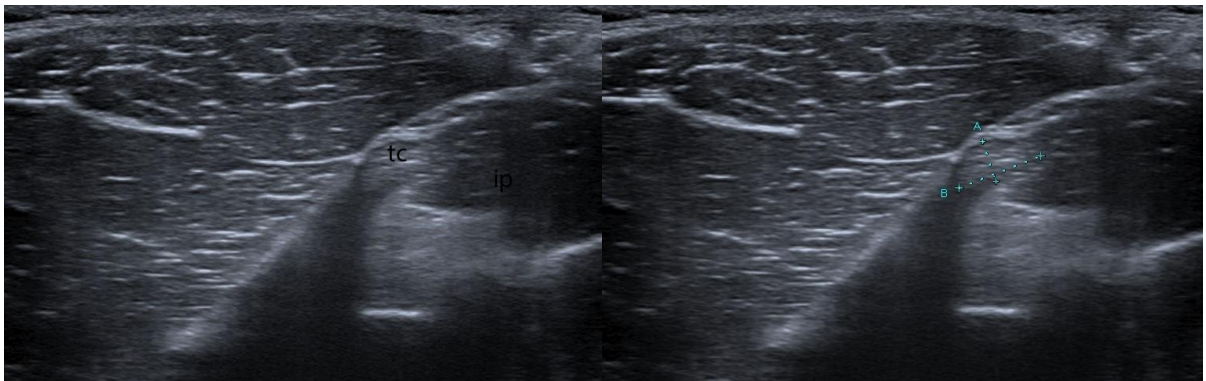
(b) Coupes longitudinales du tendon indirect sans et avec mesure.



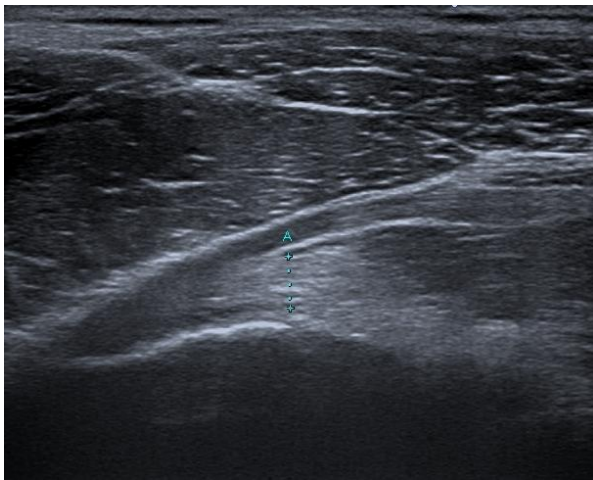
(c) Coupes axiales du tendon direct sans et avec mesure.



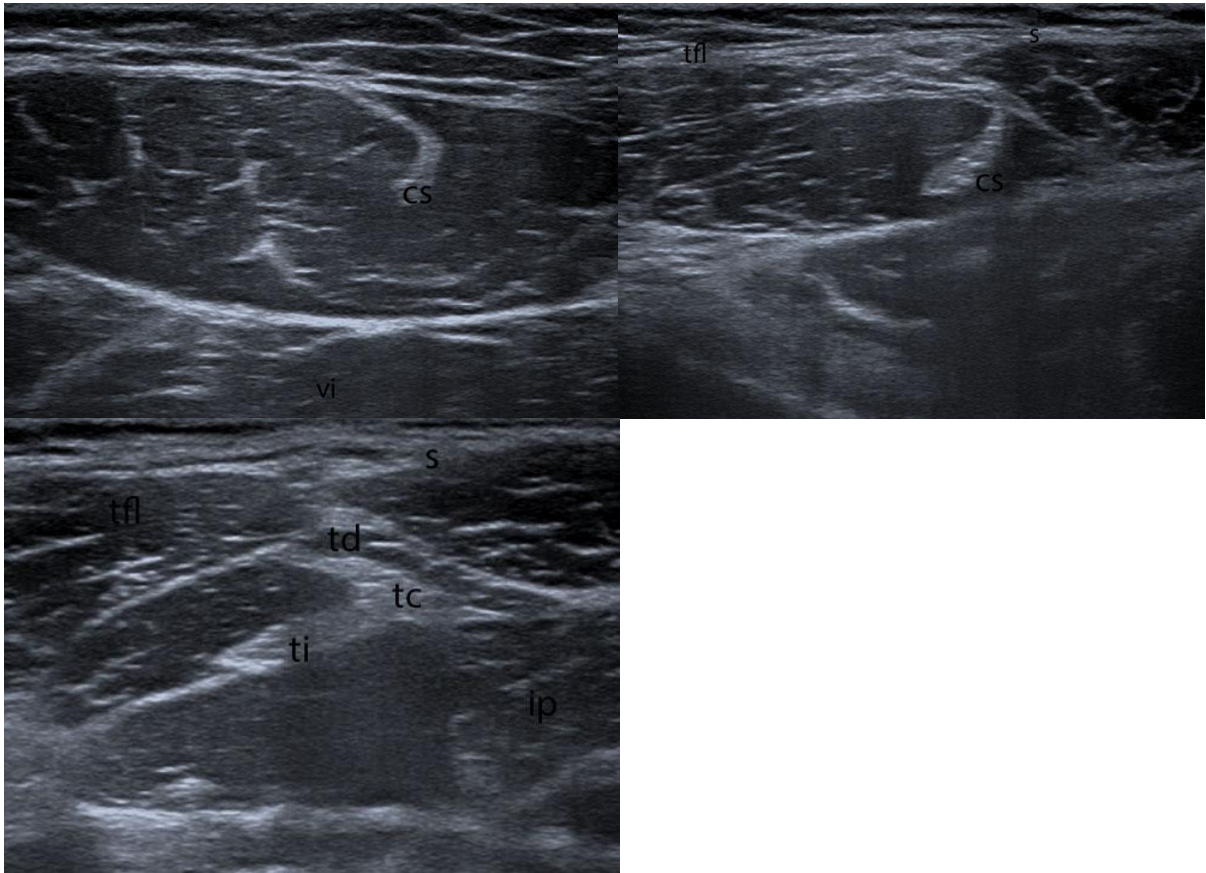
(d) Coupes longitudinales du tendon direct sans et avec mesure.



(e) Coupes axiales du tendon conjoint sans et avec mesure.



(f) Coupe longitudinale du tendon indirect avec mesure de la graisse le séparant de l'os adjacent.



(g) Coupes axiales de la cloison sagittale du tendon indirect allant de bas en haut.

td: tendon direct, ti: tendon indirect, tc: tendon conjoint, eiai: épine iliaque antéro inférieure, cs: cloison sagittale, g: graisse entre le tendon indirect et le rebord acétabulaire en regard, tf: tête fémorale, ip: muscle ilio-psoas, pf: muscle petit glutéal, mf: muscle moyen glutéal, s: muscle sartorius, tfl: muscle tenseur fascia lata, cl: épaisseur capsulo ligamentaire coxo fémoral.

Les différents résultats ont été exprimés en moyenne selon l'écart type (limite inférieure et supérieure des mesures), les résultats ont été arrondis à deux décimales près.

Les tests statistiques ont ensuite été réalisés par le logiciel STATISTICA StatSoft®, Inc 2010.

Dans un premier temps un test de Wilcoxon (test non paramétrique avec échantillon apparié) a été réalisé pour comparer les valeurs de longueurs, largeurs et épaisseurs du tendon indirect et

direct, en fonction du coté droit et gauche. Le même test a été utilisé pour comparer les mesures de largeurs et d'épaisseurs du tendon conjoint en fonction du coté du sujet.

Ce test a également été utilisé afin de comparer l'angulation du tendon indirect par rapport au plan horizontal de la table selon le coté du sujet.

Dans un second temps, un test de U Mann-Whitney (test non paramétrique avec échantillon non apparié) a été utilisé pour comparer les longueurs, largeurs et épaisseurs du tendon indirect en fonction du sexe.

Il sera considéré qu'il n'existe pas de différence significative lorsque p est supérieur à 0.05.

La relation entre la longueur du tendon indirect et son angulation, la longueur du tendon indirect et la taille du sujet ont été analysées par un test de Corrélations des Rangs de Spearman (test non paramétrique avec échantillon apparié avec une corrélation modérée entre 0.4 et 0.7, corrélation forte entre 0.7 et 1, absence de corrélation si inférieure à 0.4).

La relation entre la longueur du tendon indirect avec son épaisseur et sa largeur ont également été analysées par un test de Corrélations des Rangs de Spearman.

Pour l'ensemble des tests de corrélation, les deux cotés ont été intégrés directement pour les calculs.

3) Résultat : Anatomie et Échographie du tendon indirect du droit fémoral sur cadavres et sujets sains.

A) Anatomie et Échographie du tendon indirect sur cadavres :

Les tendons direct et indirect du droit fémoral ont été vus de façon bilatérale sur les deux pièces cadavériques.

Il n'existait un tendon récurrent de façon bilatérale que sur la première pièce (femme de 74 ans) (*fig. 19, 20*). Celui-ci n'a pas été retrouvé sur la deuxième pièce.

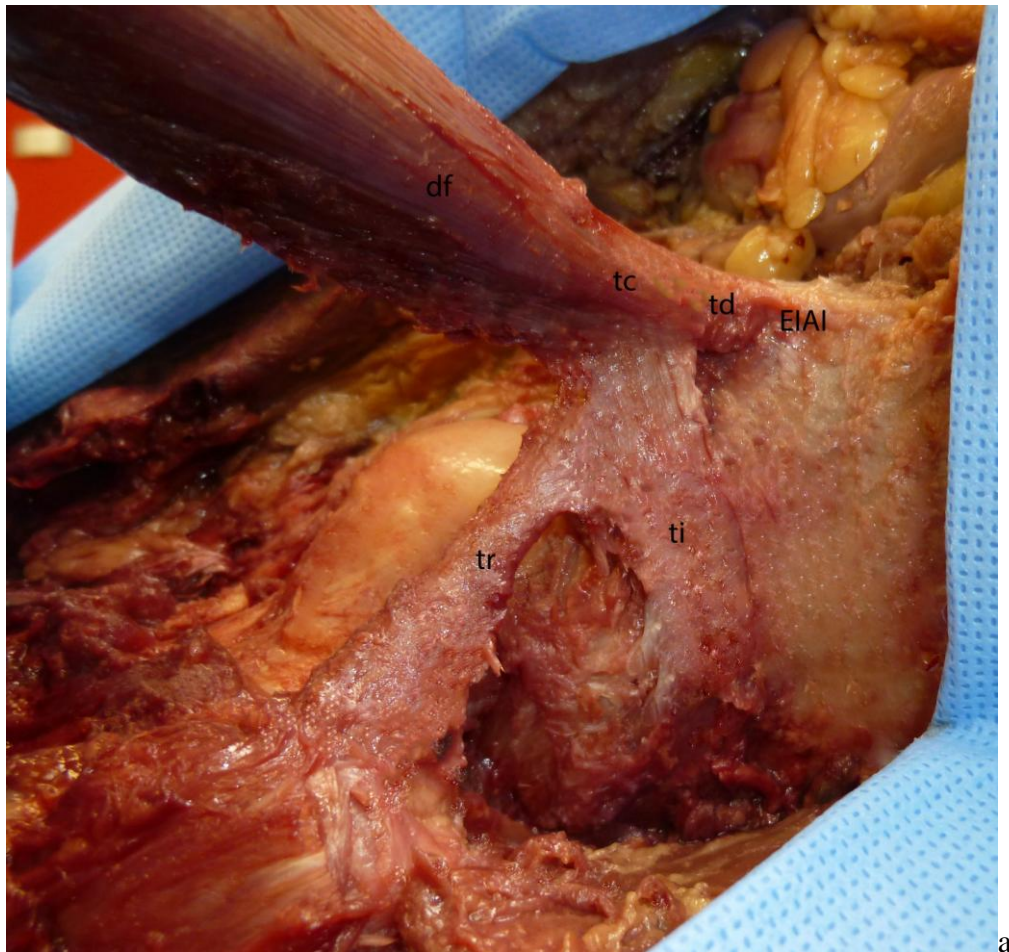
Le tendon direct est recouvert par le croisement avec le muscle sartorius.

Le tendon indirect est recouvert quant à lui par le muscle petit glutéal qui est à son contact, et de manière plus superficielle par le muscle moyen glutéal.

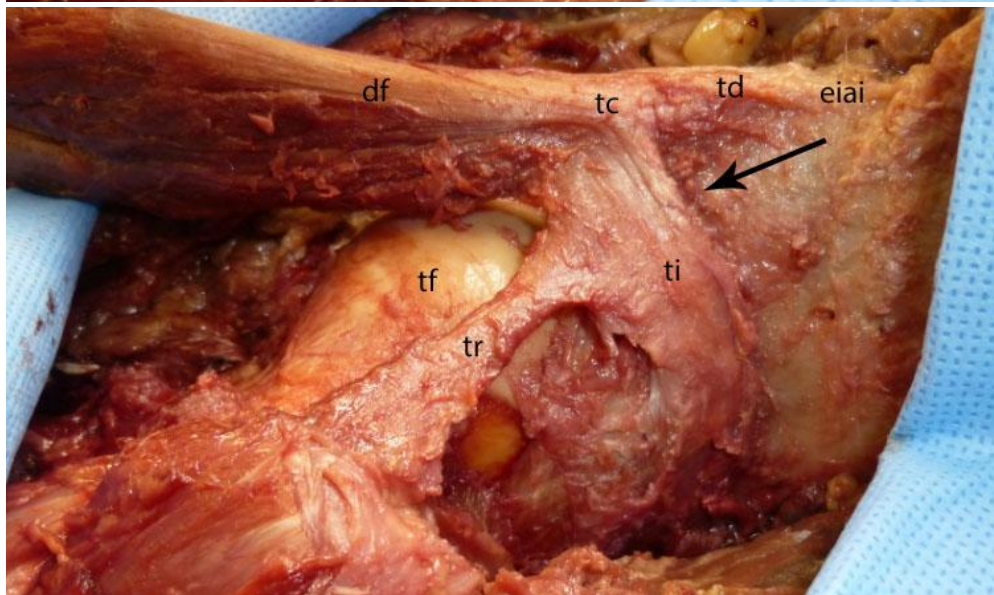
Le muscle droit fémoral, dans sa partie proximale, a des rapports postérieurs avec le muscle ilio-*ps*oas, antérieur et médial avec le muscle sartorius et latéral avec le muscle tenseur fascia lata.

Dans sa partie moyenne il recouvre le vaste intermédiaire avec en dedans le muscle vaste médial et en latéral le muscle vaste latéral.

Lors de la mobilisation du muscle droit fémoral, il a été observé un espace graisseux correspondant à un hiatus entre la partie moyenne du tendon indirect et la face latérale du rebord de l'acétabulum. Cette zone correspond à la partie moyenne du tendon indirect qui est donc non adhérent à l'os adjacent.



a



b

Fig. 19 : pièces en vues antéro latérale gauche des différents tendons du droit fémoral avec (a) et sans traction (b) du muscle droit fémoral.

td: tendon direct, ti: tendon indirect, tr: tendon récurrent, tc: tendon conjoint, eiai: épine iliaque antéro inférieure, df: droit fémoral, tf: tête fémorale, flèche: hiatus.



Fig. 20 : pièces de l'ensemble des tendons du droit fémoral après ablation.

Avec (a) et sans (b) présence du tendon récurrent.

td: tendon direct, ti: tendon indirect, tr: tendon récurrent, tc: tendon conjoint, df: droit fémoral.

L'étude des coupes (*fig. 21*) permet de retrouver les différentes structures tendino musculaire du droit fémoral ainsi que ses divers rapports avec les structures musculaires adjacentes.

Concernant le tendon récurrent, celui-ci n'est pas individualisable, probablement du fait de sa petite taille et de son enchevêtrement avec les éléments capsulo ligamentaires de l'articulation coxo-fémorale [6].

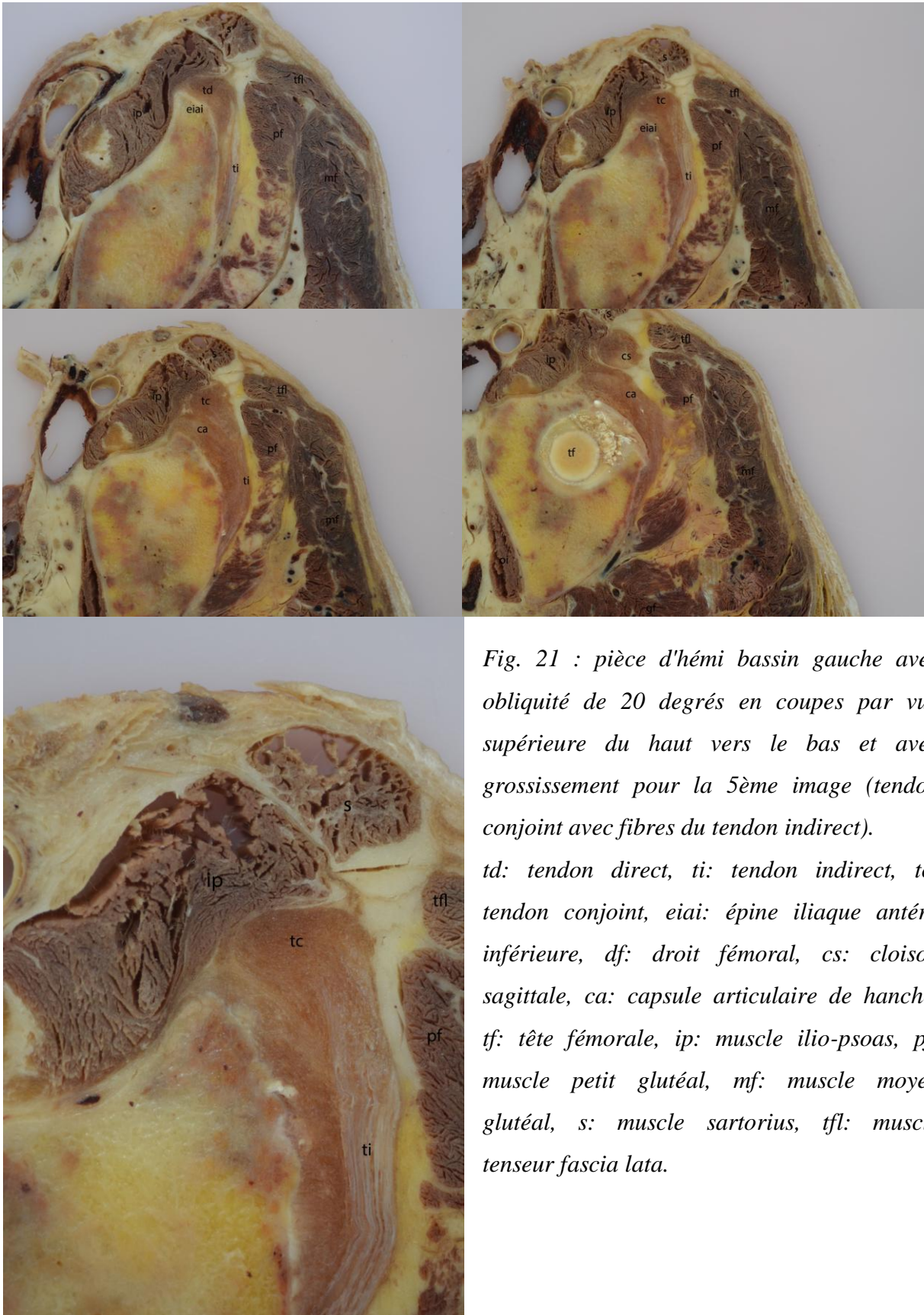


Fig. 21 : pièce d'hémi bassin gauche avec obliquité de 20 degrés en coupes par vue supérieure du haut vers le bas et avec grossissement pour la 5ème image (tendon conjoint avec fibres du tendon indirect).

td: tendon direct, ti: tendon indirect, tc: tendon conjoint, eiai: épine iliaque antéro inférieure, df: droit fémoral, cs: cloison sagittale, ca: capsule articulaire de hanche, tf: tête fémorale, ip: muscle ilio-psoas, pf: muscle petit glutéal, mf: muscle moyen glutéal, s: muscle sartorius, tfl: muscle tenseur fascia lata.

Concernant le repérage échographique du tendon indirect par marquage.

Les dissections ont confirmé le bon positionnement de l'aiguille qui est fichée longitudinalement dans le tendon indirect sur 3 des 4 pièces cadavériques.

Sur la photo ci-dessous (fig. 22), la pointe de l'aiguille est mise en évidence au sein du tendon indirect, transfixiant auparavant la région du tendon conjoint.

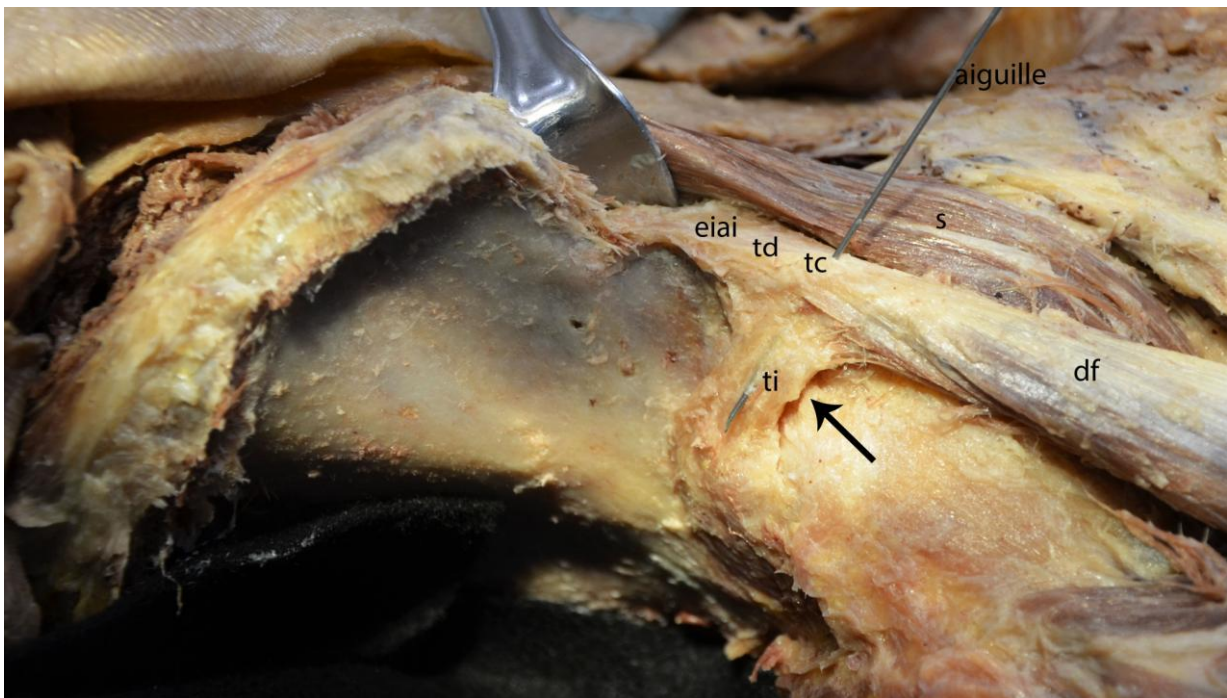


Fig. 22 : Photographie de pièce en vues antéro latérale droite des différents tendons du droit fémoral avec marquage par aiguille du tendon indirect.

td: tendon direct, ti: tendon indirect, tc: tendon conjoint, eiai: épine iliaque antéro inférieure, df: droit fémoral, s: muscle sartorius, flèche: hiatus.

Après ablation de l'aiguille et mise en tension modérée vers l'extérieur par compression digitale du tendon conjoint, il est mis en évidence un hiatus entre la partie moyenne du tendon indirect et la face latérale du rebord de l'acétabulum (fig. 23). Cette zone est comblée par une fine couche de graisse. Le tendon indirect ne s'attache que dans sa partie proximale laissant donc une portion libre. Cette constatation est valable pour l'ensemble des dissections.

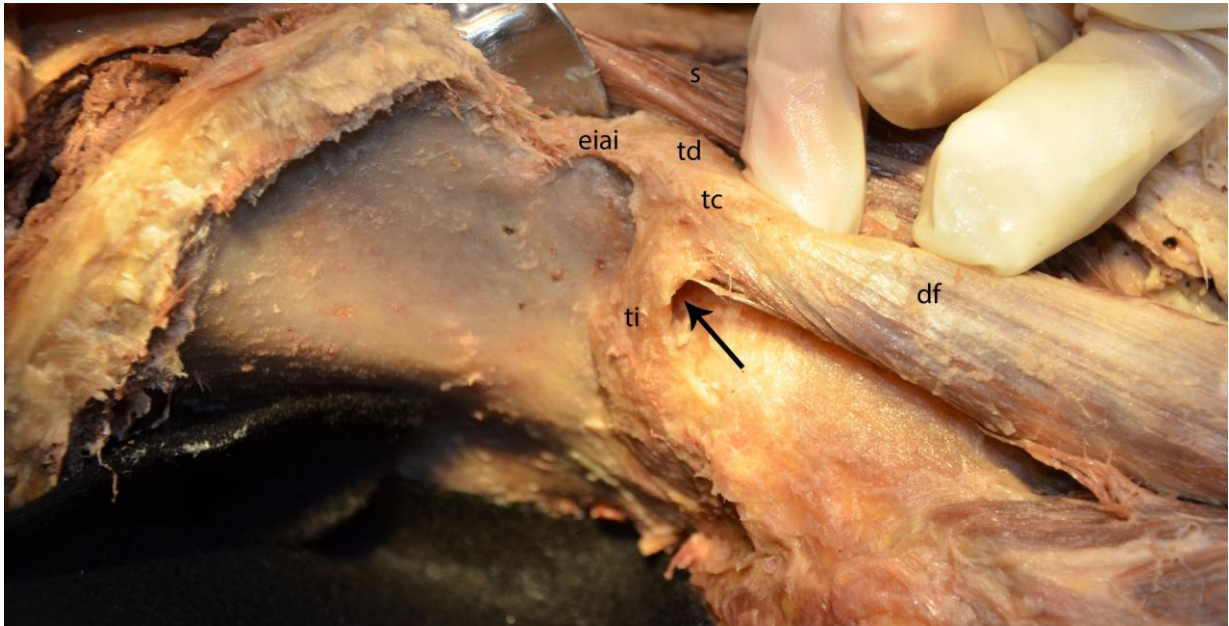


Fig. 23 : Photographie de pièce en vues antéro latérale droite des différents tendons du droit fémoral sans marquage par aiguille du tendon indirect.

td: tendon direct, ti: tendon indirect, tc: tendon conjoint, eiai: épine iliaque antéro inférieure, df: droit fémoral, s: muscle sartorius, flèche: hiatus.

B) Échographie du tendon indirect sur sujets sains :

Le tendon indirect a été visualisé chez 20 des 22 sujets.

Les sujets chez qui le tendon indirect n'a pas été visualisé ont été exclus de l'analyse statistique.

Il s'agissait d'une femme de 40 ans, pesant 120 kg pour une taille de 169 cm et un homme de 55 ans pesant 95 kg pour une taille de 175 cm.

L'échantillon des vingt sujets restant, se composait de sept femmes (35%) et de treize hommes (65%).

La moyenne d'âge était de 36.28 +/- 13.55 ans (de 24 à 58 ans) pour les femmes et de 33 +/- 13.27 (19 à 60 ans) pour les hommes.

Sexes confondus, la moyenne d'âge était de 34.15 ans +/- 13.1 ans.

La taille moyenne était de 174.8 +/- 7.53 cm (162 à 188 cm) et le poids moyen de 72.45 +/- 8.86 Kg (55 à 90 Kg).

Tableaux en annexe 1 (3 tableaux rapportant les différentes mesures effectuées et données personnelles).

Deux des sujets étaient gauchers (10%) et 18 droitiers (90%). En raison d'un trop faible nombre de patients gauchers, il n'a pu être réalisé de test statistique selon la latéralité.

Sur les 22 sujets inclus, le tendon indirect a été vu au moins partiellement dans 91 % des cas.

Sur les 20 sujets chez qui le tendon indirect était visible, celui-ci a été vu de façon totale douze fois à droite (60%) et treize fois à gauche (65 %). Il a été vu partiellement huit fois à droite (40%) et sept fois à gauche (35%).

Cinq patients avaient leur tendon indirect partiellement visible de façon bilatérale.

A droite, le tendon était hypoéchogène chez 16 sujets, et iso échogène pour 4 sujets.

A gauche, le tendon était hypoéchogène chez 14 sujets, et iso échogène pour 6 sujets.

3 des 4 tendons isoechogène à droite avaient le même aspect à gauche. Pour les autres tendons iso échogène il y avait discordance selon le côté.

Le tendon n'a pas été retrouvé hyperéchogène.

A droite, le tendon indirect présentait :

- une longueur moyenne de 32.95 +/- 6.68 mm (22 à 52 mm),
- une épaisseur de 4.21 +/- 1.13 mm (2.3 à 7 mm),
- une largeur de 9.68 +/- 2.12 mm (6.2 à 15.4 mm).

A gauche, le tendon indirect présentait :

- une longueur moyenne de 34.3 +/- 6.24 mm (22 et 46 mm),
- une épaisseur de 4.48 +/- 1.12 mm (2.9 et 7.1 mm),
- une largeur de 10.06 +/- 2.08 mm (6.1 et 16.1 mm).

L'angulation du tendon indirect par rapport au plan horizontal de la table était :

- A droite de 30.85 +/- 7.41 degrés (18 à 44 degrés),
- A gauche de 28.65 +/- 7.81 degrés (14 à 42 degrés).

L'épaisseur graisseuse a pu être mesurée chez 14 sujets à droite et chez ces mêmes sujets à gauche.

Elle mesurait jusque 5.5 mm à droite et 6.1 mm à gauche.

A droite, le tendon direct présentait :

- une longueur moyenne de 18.8 +/- 18.5 mm (8 à 33 mm),
- une épaisseur de 7.34 +/- 7.6 mm (4.2 à 10.8 mm),
- une largeur de 5.18 +/- 4.85 mm (3.4 à 7.8 mm).

A gauche, le tendon direct présentait :

- une longueur moyenne de 19.73 +/- 19 mm (8.9 et 40 mm),

- une épaisseur de 7.18 +/- 7 mm (4 et 12mm),
- une largeur de 4.95 +/- 4.25 mm (3.2 et 8.2 mm).

A droite, le tendon conjoint présentait :

- une épaisseur de 9.66 +/- 9.95 mm (6.7 à 15 mm),
- une largeur de 8.27 +/- 8.45 mm (5.1 à 13 mm).

A gauche, le tendon conjoint présentait :

- une épaisseur de 9.07 +/- 9.5 mm (5.4 à 14.2 mm),
- une largeur de 9.02 +/- 8.75 mm (6.5 à 14.8 mm).

Il n'a pas été mis en évidence de différence significative ($p>0.05$) selon le côté des longueurs (0.09), largeurs (0.26) et épaisseurs (0.23) du tendon indirect.

Il n'a pas été mis non plus en évidence de différence significative ($p>0.05$) entre les longueurs (0.36), largeurs (0.54) et épaisseurs (0.34) du tendon direct entre les côtés droit et gauche.

Cette même constatation est valable pour la largeur (0.14) et l'épaisseur (0.08) du tendon conjoint ainsi que pour l'inclinaison du tendon indirect par rapport au plan horizontal de la table (0.15).

Aucune différence significative de longueur (0.53), de largeur (0.28) et d'épaisseur (0.7) du tendon indirect n'existe selon le sexe.

Il n'y a pas de corrélation entre l'angulation du tendon indirect par rapport au plan horizontal de la table et la longueur du tendon indirect (-0.34).

Il n'existe pas de corrélation entre la longueur du tendon indirect et la taille du patient (-0.18).

En revanche, il existe une corrélation modérée entre les longueurs du tendon indirect et direct (0.41).

Il existe également une corrélation modérée entre les longueurs et les largeurs des tendons indirects (0.46) ainsi qu'entre leurs épaisseurs et largeurs (0.60).

En revanche, il n'existait pas de corrélation entre les longueurs et les épaisseurs (0.36) du tendon indirect.

Histogrammes (2) en annexe 2 résumant les longueurs du tendon indirect et de l'angulation du tendon indirect par rapport au plan horizontal de la table rapporté au nombre de sujets.

3) Discussion :

Si l'étude échographique du tendon direct du droit fémoral est bien connue, le tendon indirect n'a encore jamais été décrit en échographie. Cette étude est la première à décrire ce tendon en échographie et à préciser son aspect échographique.

Le marquage à l'aiguille sur pièce cadavérique suivi de dissections a confirmé le bon repérage échographique de ce tendon avec une aiguille en place au sein du tendon dans 3 pièces cadavériques sur 4. Sur la 4ème pièce, le marquage sous contrôle échographique a été gêné par l'importante imprégnation des tissus les rendant très atténuants.

Le tendon indirect a été visualisé chez tous les sujets ne présentant pas d'obésité.

C'est un tendon fin et long, oblique en bas en avant et en dedans, bien visualisé sur une coupe axiale oblique à la face latérale de cuisse, siégeant sous le muscle petit glutéal et contre la partie latérale du toit de l'acétabulum.

Son obliquité est très variable de 14 à 44° avec une moyenne de 29.75° sans relation avec la taille du patient ou sa longueur.

Son échostructure est d'aspect fibrillaire, le plus souvent hypoéchogène. Ceci probablement en rapport avec l'importante obliquité et la profondeur du tendon sous les masses musculaires des petit et moyen gluteaux nécessitant une pression le plus souvent sur la partie postérieure de la sonde d'échographie afin de bien le visualiser.

Ce tendon est séparé de la partie latérale du toit de l'acétabulum par une lame graisseuse dont l'épaisseur est extrêmement variable. En effet chez certains sujets elle n'était pas mesurable car trop fine.

De même, les mesures de longueurs des tendons (indirect, direct et conjoint) sont extrêmement variables, ceci d'autant plus en raison de la difficulté de positionner les repères de mesures de façon reproductible compte tenu de la complexité de la zone de jonction des tendons direct et indirect avec le tendon conjoint.

L'obliquité du tendon indirect augmente encore cette difficulté.

Il existe par contre une corrélation très modérée entre les mesures du tendon indirect pour ce qui concerne sa longueur et largeur ainsi qu'entre son épaisseur et largeur.

Le tendon récurrent a été retrouvé sur une pièce cadavérique de façon bilatérale lors des dissections préliminaires au marquage.

Celui-ci n'a pas fait l'objet d'un marquage à l'aiguille car non visible en échographie aussi bien sur cadavre que sur sujet sain. Ceci compte tenu probablement de sa petite taille et de sa localisation au sein des épaissements capsulo ligamentaires de l'articulation coxo fémorale.

D'autre part du fait de sa petite taille il semble comparativement aux tendons direct et indirect, n'avoir un rôle fonctionnel que très accessoire.

Les lésions tendineuses proximales du droit fémoral sont des lésions survenant essentiellement chez l'adulte jeune et sportif notamment lors de l'armé du shoot.

Chez l'adolescent, les lésions du droit fémoral sont essentiellement des lésions d'apophyose, de nature micro traumatiques chroniques, ou alors des lésions d'avulsion apophysaire survenant de manière aiguë et brutale.

Si les lésions d'avulsions sont classiquement de diagnostics radiographiques et/ou échographiques, les lésions tendineuses proximales comme le diagnostic des ruptures tendineuses sont le plus souvent réalisés en IRM.

Compte tenu des données de notre étude, l'étude du tendon indirect peut être également faite en échographie.

Pour Ouellette et al. le tendon indirect serait plus souvent atteint que le tendon direct, hors son étude malgré quelle soit faite sur de nombreux cas, est une étude rétrospective par relecture d'IRM des tendons du droit fémoral. Elle ne montre que peu de lésions du tendon indirect, celles-ci souvent passées inaperçues, contrairement à celles du tendon direct qui sont le plus souvent symptomatiques et diagnostiquées.

L'échographie permet donc d'étudier à la fois leurs insertions proximales et distales.

Celle-ci pourrait être pratiquée en première intention pour diagnostiquer et grader ces lésions avec l'avantage sur l'IRM à la phase aiguë d'être par exemple moins gênée par l'infiltration œdémateuse. L'échographie est également facile d'accès, aisément répétable dans le temps et permet une étude dynamique de la région péri articulaire de hanche.

Les limites de cette étude sont nombreuses :

Un faible nombre de sujets témoins ne représentant pas la population générale.

En effet il s'agissait d'une population jeune, sans antécédent sportif traumatique ou non, avec un indice de masse corporelle dans la normale (IMC de 19 à 25, faible nombre de personnes en surpoids ou obèses).

L'étude a été faite par une personne entraînée (interne en fin de 3ème cycle d'imagerie médicale), connaissant la région anatomique et ses pathologies avec l'utilisation d'appareils échographiques et de sondes de haute qualité.

Il n'y avait pas d'étude de variabilité inter ou intra observateur car les sujets n'étaient vus qu'une seule fois, et sans confrontation à une autre échographie par une personne différente.

L'étude du tendon indirect est facilement reproductible en échographie comme ici dans une étude ou lorsqu'il est cherché une pathologie de celui-ci. Il n'est par contre pas toujours étudié en pratique courante du fait de sa faible ou non connaissance anatomique ou alors pathologique.

Il serait donc intéressant d'incorporer son étude échographique dans toute douleur antérieure et latérale de hanche afin de ne pas méconnaître une lésion propre, au même titre que le tendon direct.

4) Conclusion :

L'étude du tendon indirect du droit fémoral est facilement accessible en échographie.

Il pourra être étudié de façon systématique chez l'adolescent et les sujets jeunes sportifs lors des douleurs antérieure ou latérale de cuisse afin de ne pas méconnaître son atteinte lors de traumatismes sportifs.

Celui-ci pourra être également étudié dans la population générale pour les atteintes non traumatiques dans le cadre de pathologies plus générales.

Bibliographie :

1. Ouellette, H., et al., MR imaging of rectus femoris origin injuries. *Skeletal Radiol*, 2006. 35(9): p. 665-72.
2. Bordalo-Rodrigues, M. and Z.S. Rosenberg, MR imaging of the proximal rectus femoris musculotendinous unit. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2005. 13(4): p. 717-25.
3. Hughes, C.t., et al., Incomplete, intrasubstance strain injuries of the rectus femoris muscle. *Am J Sports Med*, 1995. 23(4): p. 500-6.
4. Hasselman, C.T., et al., An explanation for various rectus femoris strain injuries using previously undescribed muscle architecture. *Am J Sports Med*, 1995. 23(4): p. 493-9.
5. Mendiguchia, J., et al., Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med*, 2013. 47(6): p. 359-66.
6. Tubbs, R.S., et al., Does a third head of the rectus femoris muscle exist? *Folia Morphol (Warsz)*, 2006. 65(4): p. 377-80.
7. Gyftopoulos, S., et al., Normal anatomy and strains of the deep musculotendinous junction of the proximal rectus femoris: MRI features. *AJR Am J Roentgenol*, 2008. 190(3): p. W182-6.
8. Nene, A., R. Mayagoitia, and P. Veltink, Assessment of rectus femoris function during initial swing phase. *Gait Posture*, 1999. 9(1): p. 1-9.
9. Nene, A., C. Byrne, and H. Hermens, Is rectus femoris really a part of quadriceps? Assessment of rectus femoris function during gait in able-bodied adults. *Gait Posture*, 2004. 20(1): p. 1-13.
10. E., V., La marche humaine, la course et le saut : biomécanique, explorations, normes et dysfonctionnements. Masson ed2000.
11. Annaswamy, T.M., et al., Rectus femoris: its role in normal gait. *Arch Phys Med Rehabil*, 1999. 80(8): p. 930-4.
12. Riley, P.O., et al., Changes in hip joint muscle-tendon lengths with mode of locomotion. *Gait Posture*, 2010. 31(2): p. 279-83.
13. Rosenberg, N., M. Noiman, and G. Edelson, Avulsion fractures of the anterior superior iliac spine in adolescents. *J Orthop Trauma*, 1996. 10(6): p. 440-3.
14. Brasseur jl, R., Classification des lésions musculaires Gel-Contact, 2012. 21, 6-24.
15. Stuart, J.R., FRIEDA, MEYERS, Magnetic resonance imaging of muscle injury. *CLINICAL IMAGING*, 1995. 19:263-269.
16. Cross, T.M., et al., Acute quadriceps muscle strains: magnetic resonance imaging features and prognosis. *Am J Sports Med*, 2004. 32(3): p. 710-9.
17. Rodineau J., B.S., Classifications des lésions musculaires récentes Muscle traumatique et mécanique. MASSON., 2005.
18. Bellaïche, L., Lésions musculo-aponévrotiques et tendineuses. Classification–explorations radiologiques. *Journal de Traumatologie du Sport*, 2007,24(4):239-245.
19. Cicvaric, T., et al., Giant pseudocyst of the rectus femoris muscle--repetitive strain injury in recreational soccer player. *Coll Antropol*, 2010. 34 Suppl 2: p. 53-5.
20. Nanka, O., et al., Avulsion fracture of the pelvis: separation of the secondary ossification center in the superior margin of the acetabulum. *Clin Anat*, 2003. 16(5): p. 458-60.
21. Soyuncu, Y. and S. Gur, [Avulsion injuries of the pelvis in adolescents]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2004. 38 Suppl 1: p. 88-92.
22. Yun, H.H., et al., Calcific tendinitis of the rectus femoris. *Orthopedics*, 2009. 32(7): p. 490.
23. Sarkar, J.S., et al., Acute calcific tendinitis of the rectus femoris. *J Bone Joint Surg Br*, 1996. 78(5): p. 814-6.
24. Pierannunzii, L., F. Tramontana, and M. Gallazzi, Case report: calcific tendinitis of the rectus femoris: a rare cause of snapping hip. *Clin Orthop Relat Res*, 2010. 468(10): p. 2814-8.
25. Bortolotto, C., D.R. Coscia, and G. Ferrozzi, Enthesitis of the direct tendon of the rectus femoris muscle in a professional volleyball player: A case report. *J Ultrasound*, 2011. 14(2): p. 95-8.

ANNEXE 1

Tableau 1 : Ensemble des données des sujets (taille, poids, sexe, âge, latéralisation) chez qui le tendon indirect était au moins partiellement visible.

PATIENT	AGE: ans	SEXE	POIDS: kg	TAILLE: cm	LATERALISATION
1	34	f	65	162	droite
2	39	f	70	165	droite
3	24	f	55	165	droite
4	24	f	62	166	droite
5	50	f	85	167	droite
6	53	h	83	169	droite
7	25	f	65	170	gauche
8	60	h	75	173	droite
9	23	h	65	175	droite
10	58	f	75	176	droite
11	45	h	75	176	gauche
12	45	h	80	177	droite
13	19	h	66	177	droite
14	30	h	76	178	droite
15	24	h	62	180	droite
16	24	h	70	180	droite
17	25	h	75	181	droite
18	33	h	74	184	droite
19	25	H	90	187	droite
20	23	h	81	188	droite
moyenne	34,15		72,45	174,8	
écart type	13,10394		8,858389	7,529591	

Tableau 2 : données et mesures du tendon indirect (angulation, longueur, largeur, épaisseur, épaisseur graisseuse profonde), du tendon direct (longueur, largeur, épaisseur) et du tendon conjoint (largeur, épaisseur) pour le côté droit.

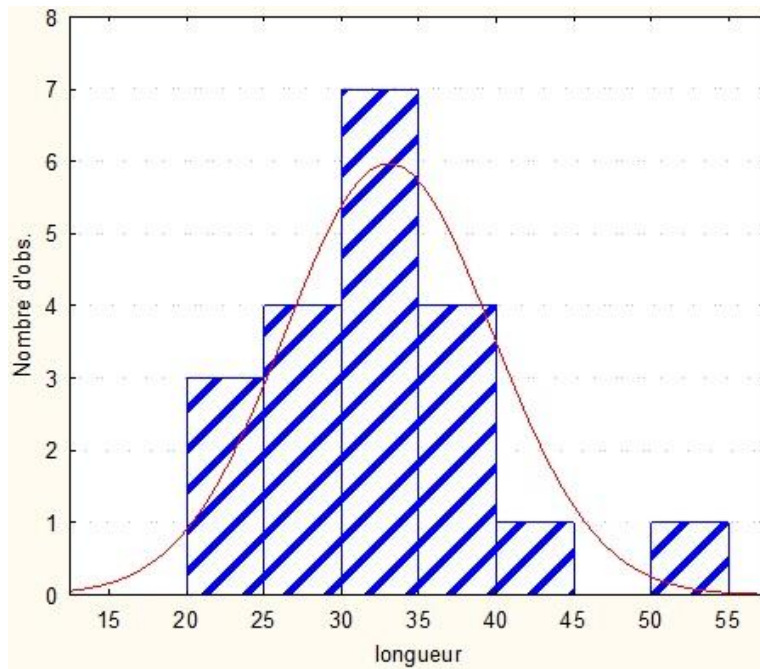
PATIENT	COTE DROIT									
	position sonde: °/plan axial degres	TENDON INDIRECT			TENDON DIRECT			TENDON CONJOINT		
interface graisseuse: épaisseur (mm)		longueur	largeur	épaisseur	longueur	largeur	épaisseur	largeur	épaisseur	
1	29	3,1	30	10,5	4,8	20	5,4	3,8	10,5	7,8
2	19	3	28	8,7	5,3	24	6,5	4	6,7	7,3
3	37		35	11,9	5,9	8	6	4,9	8,1	8,5
4	22		32	9,8	4,6	16	5,9	6	10	10,6
5	38		32	10	4,7	18	8,6	4,8	10,3	9,4
6	27		35	7,4	5,3	19	8	4,5	9,9	8,3
7	32	5,5	27	8,9	4,6	15	7,5	7,4	12	8,5
8	36		52	15,4	7	12	8,3	5,6	15	13
9	34		39	12	4,1	11,5	7,5	6,1	9	8,5
10	25	5,4	36	11,3	3,3	22	9	6,7	11,6	9,4
11	26		34	7,7	3,4	14	9,9	4,4	7,8	8,4
12	29	5	31	10	3,8	18	6	4,8	10,2	7
13	20	3	42	9,8	4,5	16	10,8	4,3	10,8	8,9
14	18	2	36	10,4	3,6	15	6,2	5,8	11,6	7,1
15	36	3	30	8,7	3,1	33	7,7	4,9	8,4	6
16	35	3,8	36	11	4,4	24	8	4,1	7	6
17	40	4,4	22	9	3,2	25	8,7	3,4	11	8,8
18	35	3,2	25	8,5	3,3	20,5	8,3	4,5	7,6	5,1
19	35	4,4	32	6,4	3	25	4,2	7,8	9	8
20	44	4,2	25	6,2	2,3	20	4,3	5,9	6,8	8,8
moyenne	30,85	3,57142857	32,95	9,68	4,21	18,8	7,34	5,185	9,665	8,27
écart type	7,40749976	1,07052587	6,68442809	2,11749604	1,1299278	5,77517373	1,74940591	1,19396509	2,08762645	1,71774025

Tableau 3 : données et mesures du tendon indirect (angulation, longueur, largeur, épaisseur, épaisseur graisseuse profonde), du tendon direct (longueur, largeur, épaisseur) et du tendon conjoint (largeur, épaisseur) pour le côté gauche.

PATIENT	COTE GAUCHE									
	position sonde: °/plan axial degres	interface graisseuse: épaisseur (mm)	TENDON INDIRECT			TENDON DIRECT			TENDON CONJOINT	
longueur			largeur	épaisseur	longueur	largeur	épaisseur	largeur	épaisseur	
1	20	3,4	35	8,6	4,4	19	5,6	3,4	9,9	9,5
2	18	3	28	7,8	5,4	18	5,3	3,7	10	6,9
3	32		37	11,2	5,7	8,9	4	3,2	8,9	7,9
4	14		34	10,4	3,4	12	6,1	4,5	10,3	9,3
5	32		34	9,9	5,2	22	7,2	5,7	9,1	8,1
6	33		34	8,8	5,1	15	7	4	10	8,5
7	27	3,9	29	9,3	5,1	21	7,4	5,5	12	9,4
8	34		46	16,1	7,1	11,4	8	6	14,2	14,8
9	29		38	11	4,8	10,3	7	4	10,2	9,9
10	31	6,1	39	11,2	3	18	7,1	7,7	9	10,5
11	21		36	9,5	4,6	14	6,8	3,7	9,2	7,4
12	31	6,1	39	12,7	5,8	19	8,2	5,4	9,8	9,6
13	17	2,8	46	10,7	4,2	19	9,5	4,2	9,9	11
14	22	2,5	40	9,8	3,3	17	6,1	7	10,1	7,2
15	35	4,9	32	10	4,9	40	6,3	3,8	6	6,9
16	42	3,9	22	10	4	27	12	3,4	6,9	6,5
17	28	4,7	27	11,4	4,4	26	11	3,3	7	13
18	29	5,3	30	9,2	2,9	25	10	4,3	5,6	9
19	40	5,2	26	7,4	3,3	23	4,5	8	5,4	7,2
20	38	4,5	34	6,1	3	29	4,6	8,2	8	7,9
moyenne	28,65	4,02142857	34,3	10,055	4,48	19,73	7,185	4,95	9,075	9,025
écart type	7,81547049	1,19539716	6,24162597	2,08464941	1,11619655	7,3977308	2,13030144	1,65163396	2,14620228	2,11681862

ANNEXE 2

Histogramme 1 : longueurs du tendon indirect rapportées au nombre de sujets.



Histogramme 2 : Angulations du tendon indirect par rapport au plan horizontal de la table rapportées au nombre de sujets.

