

utilisation de l'IRM dans le diagnostic des lésions ligamentaires et tendineuses

Thibault Vila

Clinique vétérinaire équine
20 bis, rue Victor Hugo
60500 Chantilly

Objectifs pédagogiques

- Comprendre et rappeler les principes fondamentaux de l'image IRM.
- Connaître les éléments caractéristiques des images normales et lésionnelles des tendons et des ligaments en imagerie par résonance magnétique (IRM).
- Aborder la complémentarité IRM/échographie.

Essentiel

- L'image IRM normale d'un tendon ou d'un ligament est en général, selon les séquences utilisées, caractérisée par un signal faible, dit en "hypo signal".
- Les ligaments présentent classiquement une structure plus hétérogène que les tendons.
- Une lésion ligamentaire ou tendineuse est en général caractérisée en IRM par une augmentation de signal, conséquence d'un phénomène inflammatoire et œdémateux.

chez le cheval

L'IRM est une technique d'imagerie récente en pathologie locomotrice chez le cheval, complémentaire des techniques classiques, notamment de l'échographie, et très performante pour l'investigation diagnostique des lésions ligamentaires et tendineuses.

Les lésions ligamentaires et tendineuses sont fréquentes en pathologie locomotrice chez le cheval. Leur diagnostic se fait la plupart du temps par l'observation de symptômes cliniques caractéristiques associés à la réalisation d'examen d'imagerie conventionnelle, tels que l'échographie et/ou la radiographie.

- L'IRM est un outil très performant, son utilisation devient de plus en plus courante dans l'investigation des lésions de l'appareil locomoteur, grâce notamment à l'apparition des systèmes bas champ debout.
- Après un rappel succinct sur les principes élémentaires fondamentaux de l'image IRM (**encadré**), nous abordons les principales



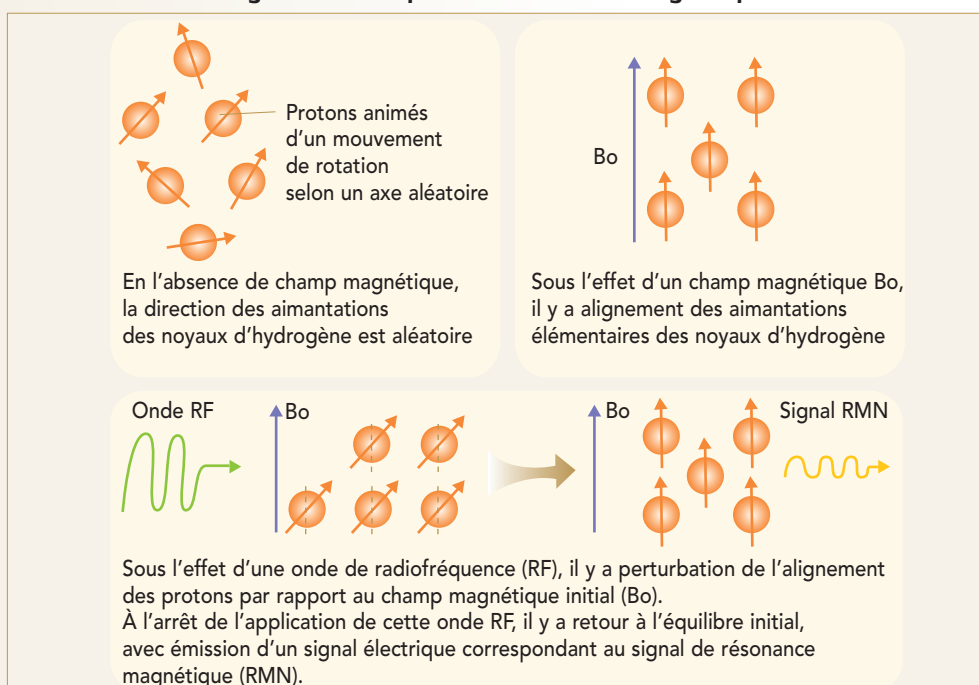
1 L'examen se réalise dans un environnement particulier appelé "cage de Faraday" qui isole la salle des ondes électromagnétiques extérieures (photo T. Vila).

caractéristiques des images normales des tendons et des ligaments, puis leurs principales caractéristiques lésionnelles. La complémentarité de l'IRM et de l'échographie dans le diagnostic de lésions ligamentaires ou tendineuses est ensuite développée.

IMAGES IRM NORMALES DES TENDONS ET DES LIGAMENTS

- Les tendons sains sont naturellement pauvres en hydrogène. Ils apparaissent en hypo signal, de manière homogène, c'est-à-dire

Figure 1 - Principe de la résonance magnétique



CHEVAL

■ Crédit Formation Continue :
0,05 CFC par article

Encadré - Rappels des principes fondamentaux sur l'IRM (d'après [17])

L'IRM (imagerie par résonance magnétique) est une technique d'imagerie multicoups et multicontrastes, qui repose sur le principe physique de résonance magnétique nucléaire (RMN).

Principe de la résonance magnétique (figure 1)

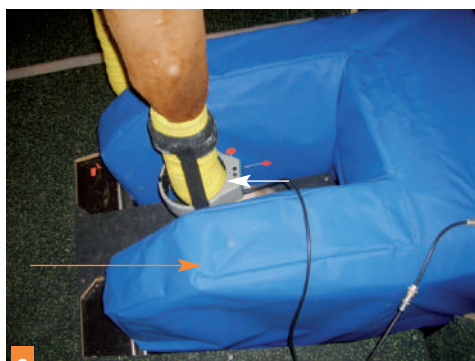
- Le noyau d'hydrogène est constitué d'un seul proton chargé positivement. Ce proton, animé d'un mouvement de rotation sur lui-même ou *spin*, peut être considéré comme un petit aimant qui s'oriente de manière aléatoire en l'absence d'un champ magnétique extérieur. Un organisme est constitué de nombreux noyaux d'hydrogène, liés principalement à des molécules d'eau et de lipides.
- En présence d'un champ magnétique extérieur, l'ensemble des protons d'un organisme s'oriente selon l'axe principal du champ magnétique.
- En appliquant une onde électromagnétique dans un axe perpendiculaire au champ initial, on perturbe l'équilibre des protons qui s'orientent selon l'axe de cette onde. À l'arrêt de l'application de cette onde, les protons se réalignent selon l'axe du champ magnétique initial, en restituant une partie de l'énergie sous forme d'une onde de radiofréquence qui peut être captée par une antenne, amplifiée et convertie par ordinateur sous forme d'une image. Cette onde est enregistrée sous forme d'un signal électrique, qui a la forme d'une oscillation amortie.
- L'appareillage nécessaire à la réalisation d'un examen IRM est constitué d'un aimant, à l'origine de la création d'un champ

magnétique d'une plus ou moins grande intensité, mesurée en Tesla (T). L'ensemble des images présentées dans cet article ont été réalisées debout avec un aimant bas champ (0,27 T) ouvert, à l'aide d'antenne réceptrice/émettrice de forme spécifique, placée autour de la région à examiner (photos 1, 2).

Les séquences IRM [23]

- Un examen IRM est constitué de différentes séquences. Chaque séquence est définie par son contraste. Le contraste d'une séquence est fonction de paramètres intrinsèques, dont les principaux sont appelés temps de relaxation, et notés T1 ou T2.
- Ils correspondent à des temps plus ou moins longs d'évolution de l'aimantation d'un tissu, après stimulation par une onde électromagnétique.
- Ces paramètres intrinsèques dépendent des propriétés physicochimiques des tissus examinés. Ils sont constants pour un tissu donné, et ne sont modifiés que lors de processus pathologiques.
- Les séquences peuvent être pondérées en mode T1 ou T2, c'est-à-dire réglées pour que deux tissus ayant des T1 ou des T2 différents apparaissent suffisamment contrastés à l'image.
- Les séquences pondérées en mode T1 sont caractérisées par un signal blanc, donc intense (dit en "hyper signal"), pour tous les tissus riches en hydrogène, comme la graisse (par exemple, l'os médullaire), et par un signal noir (dit en "hypo signal") pour les tissus pauvres en hydrogène (par exemple, l'os cortical ou le tendon).

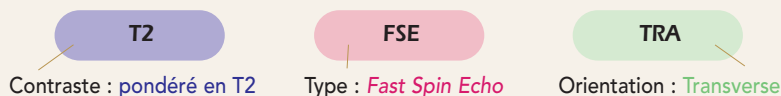
- Les séquences pondérées en mode T2 sont caractérisées par un signal blanc pour les tissus riches en eau (par exemple, le liquide synovial). Tout phénomène inflammatoire ou œdémateux anormal au sein d'un tissu est caractérisé en T2 par une augmentation de signal caractéristique.
- Les séquences en PD (proton densité) sont des séquences mixtes T1/T2 qui sont utilisées pour leur bonne définition des structures anatomiques.
- Les paramètres extrinsèques sont choisis par l'opérateur pour réaliser les séquences d'acquisition. Ils permettent de pondérer l'influence des paramètres tissulaires dans la constitution du signal, donc dans la qualité de l'image.
- On peut choisir deux grandes types de séquence : les *spin écho* (SE) et les *écho gradients* (GRE). Chaque type d'images présente des avantages et des inconvénients :
 - les images en spin écho donnent un très bon contraste, mais sont longues à réaliser et sensibles au mouvement ;
 - les images en gradient écho sont plus rapides, moins contrastées mais de bonne résolution ;
 - les images de type STIR sont particulières, puisqu'elles permettent une annulation de signal des tissus contenant de la graisse. Elles sont très utiles pour mettre en évidence des processus inflammatoires au sein du tissu osseux.
- Chaque séquence est donc désignée par l'ensemble de ces paramètres extrinsèques et intrinsèques, ainsi que par l'orientation des coupes (figure 2).



2 Le membre est placé à l'intérieur de l'aimant (flèche orange). La région à examiner est équipée d'une antenne émettrice/réceptrice (flèche blanche) (photo T. Vila).

Figure 2 - Dénomination d'une séquence d'imagerie par résonance magnétique (IRM)

Chaque séquence IRM est désignée par plusieurs paramètres liés au contraste, au type de séquence et à l'orientation de la coupe. Par exemple, une séquence T2 FSE TRA correspond à :



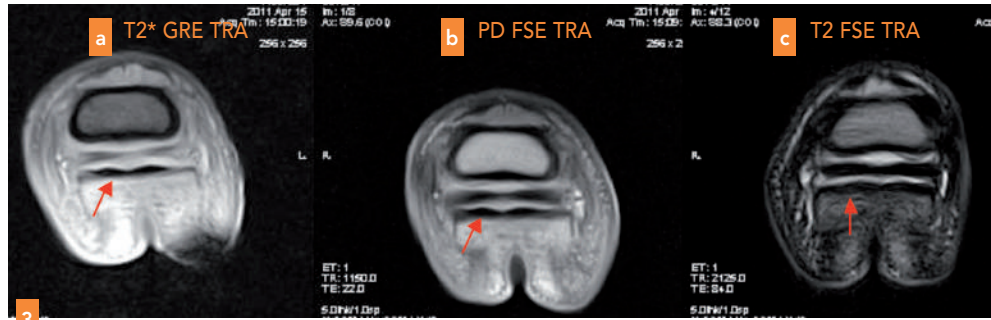
- Les tissus interstitiels aux fibres tendineuses peuvent apparaître avec un signal légèrement plus intense dans certaines séquences à haute résolution, donnant un aspect au tendon plus hétérogène [11].
- Les marges et le contour des tendons sont normalement uniformes et réguliers. Leurs contours sont très faciles à observer dans le cas de structures tendineuses intrasynoviales, grâce au fort contraste entre le

noir en séquence pondérée en T1, T2 (temps de relaxation) et PD (proton densité) [8, 17]. Les séquences en PD sont particulièrement utiles pour obtenir une bonne définition anatomique des structures observées (photos 3a, b, c).

Essentiel

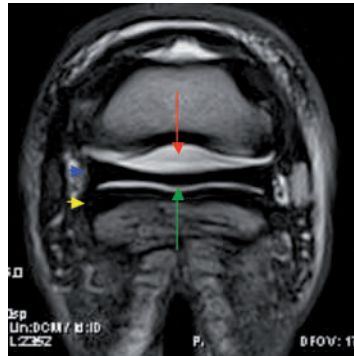
Les artefacts, comme celui de "l'angle magique", par exemple, sont à prendre en compte dans l'interprétation des images lésionnelles ligamentaires et tendineuses en IRM.

Complémentaire de l'échographie, l'IRM peut s'avérer plus performante pour diagnostiquer certaines lésions ligamentaires ou tendineuses.



3 Exemple d'une coupe transversale en T1, T2 et PD d'un pied réalisé au même niveau en région supra-sésamoïdienne. On observe sur chacune des séquences

les deux lobes du tendon fléchisseur profond (flèches rouges), bien délimitées en hyposignal (noir) (photos T. Vila).



4 On observe sur cette T2 FSE TRA d'un pied une légère distension synoviale de la bourse du naviculaire (flèche verte) et de l'articulation 2/3 phalangienne (flèche rouge) qui permettent de bien délimiter le fléchisseur profond (flèche courte jaune) des ligaments sésamoïdiens collatéraux (flèche courte bleue).

tissu tendineux et le liquide synovial en hyper signal. Ceci permet en outre de mieux visualiser la séparation physiologique entre les structures anatomiques et de détecter d'éventuelles lésions d'adhérence (photo 4).

● Dans certains cas, une augmentation de signal physiologique peut être notée dans les régions anatomiques soumises à des contraintes particulières. C'est en particulier le cas au niveau des tendons fléchisseurs, en regard de la face palmaire du boulet. Cette augmentation de signal correspond à la formation de métaplasie cartilagineuse [12].

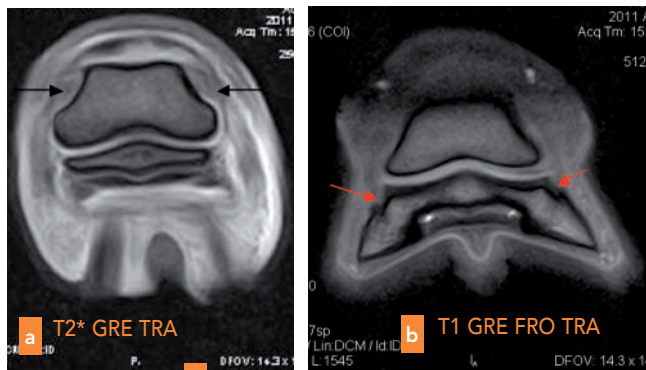
● L'augmentation de signal au sein d'une structure ligamentaire peut aussi, en l'absence de signes associés, être la conséquence d'un phénomène adaptatif à la charge de travail chez les jeunes chevaux : c'est le cas chez les Purs sangs de 2 ou 3 ans, au niveau des branches du ligament suspenseur [12].

● Le signal IRM des ligaments est en général plus hétérogène que celui des tendons. Ceci est principalement dû à l'orientation parfois très divergente des fibres qui le composent par rapport à l'axe de coupes choisies [15].

● Les zones d'insertion sur les reliefs osseux doivent être régulières, avec une absence de variation architecturale superficielle ou profonde (photos 5a, b). On évalue la relative symétrie dans le cadre de structure collatérale entre le ligament interne et externe, bien que certaines différences, dues à des variations anatomiques liés à la conformation, puissent être observées [1].

● L'hétérogénéité de signal d'un ligament peut également être liée à une constitution histologique multiple. C'est en particulier le cas du ligament suspenseur en région proximale, où l'association de fibres musculaires, tendineuses et la présence de tissu graisseux interstitiel engendrent la formation d'un signal non uniforme.

● En périphérie, on observe classiquement la présence de tissu en hypo signal, correspondant aux fibres ligamentaires, tandis que la portion centrale, composée de fibres



5 On observe sur la vue T2*GRE TRA d'un pied, le caractère hétérogène normal des ligaments collatéraux de l'articulation 2/3 phalangienne (flèches noires) et sur la vue frontale (T1 GRE FRO) la relative régularité de leur zone d'insertion en regard de la 3^e phalange (flèches rouges).



Exemple de coupe transversale en région métacarpienne proximale en T2 FSE démontrant la composition hétérogène normale du signal au niveau des lobes du ligament suspenseur : en région centrale on observe une zone en hypersignal caractérisant la portion musculaire (flèche verte) et en région périphérique, une zone en hyposignal d'origine ligamentaire (flèches rouges).

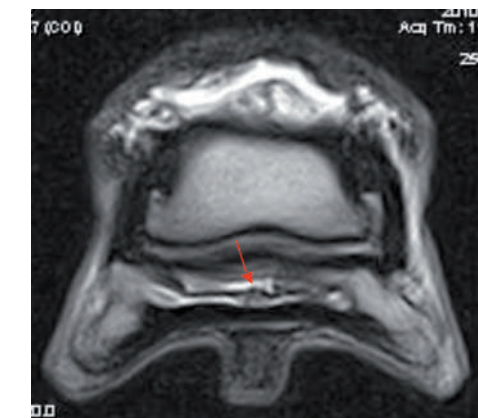
CHEVAL

Encadré 2 - Ou'est ce que l'angle magique ?

- L'artefact de l'angle magique est dû à l'apparition d'hyper signal dans une structure fibrillaire normale faisant un angle de 55° +/- 10° par rapport à la direction du champ magnétique de l'aimant [6]. Les séquences en écho de gradient sont particulièrement sensibles à cet artefact.
- Au niveau du pied, en IRM couché, c'est par exemple, l'insertion distale du tendon fléchisseur profond qui est soumis à cet effet, alors qu'en IRM debout, c'est notamment le ligament collatéral latéral de l'articulation 2/3 phalangienne, ou bien le ligament collatéral médial du boulet, qui est fréquemment le site d'un artefact de l'angle magique (photo 8).
- Pour faire la différence entre image lésionnelle et angle magique, on utilise des séquences de type T2 FSE qui sont, en général, beaucoup moins sensibles à cet artefact.

musculaires, est en hypersignal (photo 6). L'hétérogénéité d'un ligament peut aussi être liée à la présence d'invaginations synoviales intra-ligamentaires qui délimitent de petites zones interrompues en hyper signal au sein du ligament. C'est souvent le cas au niveau du ligament impair du pied ou des ligaments interosseux intermétacarpiens (photo 7).

- L'examen de certaines structures ligamentaires très fines est parfois difficile en raison de la taille des coupes réalisées, de l'ordre de quelques mm (photo 7).
- Le principal artefact à prendre en considération pour la lecture des images IRM des tendons et des ligaments est celui de l'angle magique (encadré 2).
- La position de la région examinée au sein de l'aimant est critique pour limiter l'apparition de l'angle magique. Ainsi, une position en rotation externe du pied contribue à entraîner l'apparition d'un hyper signal en portion palmaire du lobe

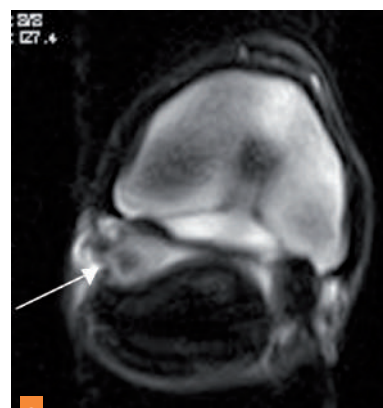


7 Image en coupe T2FSE FRO d'un pied démontrant l'hétérogénéité du signal au niveau du ligament impair en raison des invaginations multiples de la synoviale 2/3 phalangienne au sein de ce ligament. Celui-ci ne peut être observé que sur une seule image sur l'ensemble de la séquence, compte tenu de l'épaisseur des coupes réalisées (5 mm).

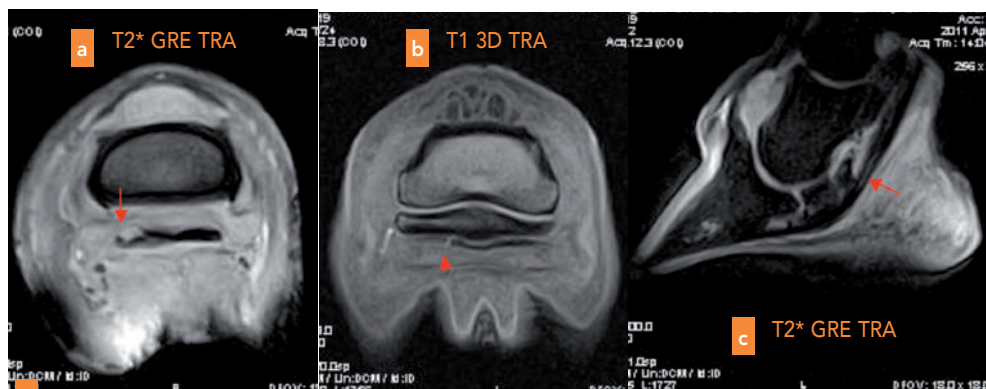
latéral du tendon fléchisseur profond, et en portion dorsale du lobe médial. D'autre part, l'effet de l'angle magique sur le ligament collatéral externe est d'autant plus prononcé que l'on est en présence d'un défaut de conformation du pied, caractérisé par une hauteur de corne plus forte en externe [16].

IMAGES IRM PATHOLOGIQUES DES TENDONS ET DES LIGAMENTS

- Les lésions ligamentaires ou tendineuses sont en général caractérisées en IRM par une augmentation de signal sur toutes les séquences. Celle-ci correspond le plus fréquemment à la présence d'un œdème intra ou péri-structurel riche en eau (photos 9a, b, c) [12]. Histologiquement, cet œdème est lié à une augmentation de cellularité et de vascularisation, ou à la présence d'hémorragie et de rupture de fibres associée, ou on à la présence de collagène immature [9]. C'est particulièrement vrai sur les séquences T2FSE et STIR.
- Dans certains cas, une augmentation de taille de la structure peut mise en évidence : la comparaison avec le membre controlatéral ou la structure collatérale est alors vivement conseillée (photo 10).

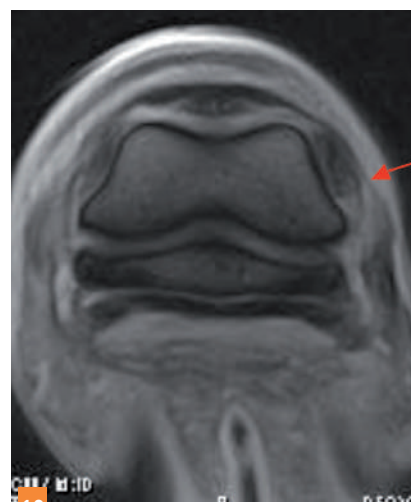


8 Exemple d'une coupe T2 FSE TRA au niveau de l'extrémité proximale d'un boulet antérieur mettant en évidence une augmentation de signal sans modification de taille, ni d'architecture au niveau du ligament sésamoïdien oblique médial (flèche blanche) : ceci est une manifestation classique de l'artefact de l'angle magique.

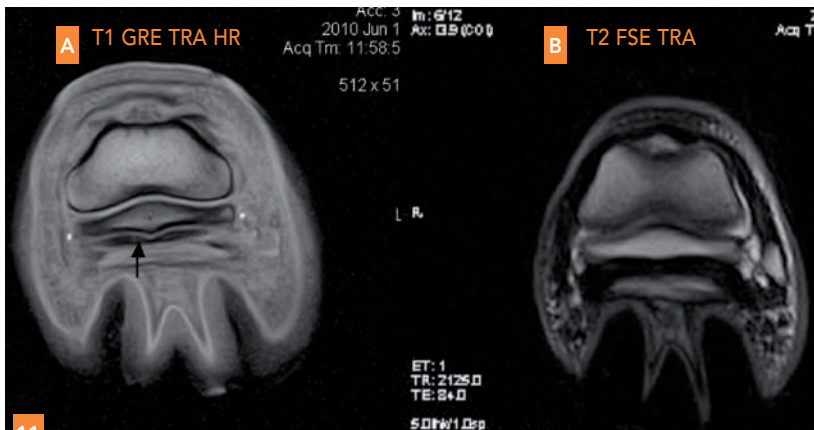


9 Sur toutes les séquences de ce pied, on observe une lésion en hypersignal caractéristique du lobe latéral du tendon fléchisseur profond, débutant par une lésion très extensive en région suprasésamoïdienne (a)

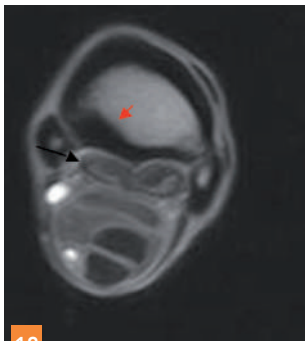
et beaucoup plus focalisée dans un axe dorsopalmaire en regard du naviculaire (b). L'extension proximo distale de la lésion est bien identifiable sur la vue sagittale (c) (photos T. Vila).



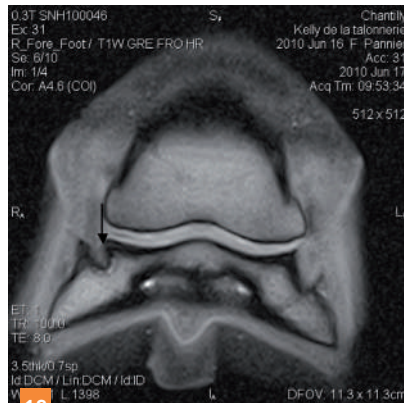
10 Exemple de coupe T2 GRE TRA d'un pied mettant en évidence une augmentation de taille significative du ligament collatéral 2/3 phalangien médial associée à une légère augmentation de signal hétérogène (flèche rouge).



11 Sur la coupe transversale d'un pied (a), on observe une discrète lésion du bord dorsal du lobe médial du tendon fléchisseur profond (flèche noire). Cette lésion n'est pas observable sur la coupe en T2 FSE (b) : il s'agit donc très probablement d'une lésion ancienne inactive.



12 Coupe transversale en T1 GRE d'un canon antérieur mettant en évidence une sclérose du bord médial et palmaire du métacarpien 3 (flèche rouge) sans modification notable en regard des lobes du ligament suspenseur (flèche noire) (photos T. Vila).



13 Coupe T1 GRE FRO d'un pied mettant en évidence une lésion pseudo kystique très invasive de l'insertion distale du ligament collatéral 2/3 phalangien au niveau de la 3^e phalange (flèche noire).

- Dans certains cas aigus, on peut même identifier une augmentation de signal en STIR, correspondant à des micro-fractures secondaires à des lésions d'arrachement [12].
- Dans certains cas sévères, la formation de véritables structures pseudo-kystiques au niveau du site d'insertion du ligament peut être observée (photo 13).

- Il existe une bonne corrélation entre les lésions identifiées en IRM et les modifications histologiques auxquelles elles sont associées. Cependant, bien que l'IRM soit considérée comme une des techniques les plus sensibles pour la détection des lésions ligamentaires, certaines études montrent qu'elle peut sous-estimer la présence de certaines lésions ligamentaires.

Sur 25 cas de lésion du ligament collatéral de l'articulation 2/3 phalangienne, 13 n'ont pas été diagnostiquées par IRM, alors que des anomalies ont été clairement identifiées lors d'une analyse histopathologique [1].

- Les lésions ligamentaires ou tendineuses peuvent être la cause première et unique du trouble locomoteur, mais elles sont fréquemment une partie d'un processus multilésionnel : Dyson et Murray montrent que sur 233 chevaux présentant des lésions d'un des ligaments collatéraux de l'articulation 2/3 phalangienne, 113 avaient une ou plusieurs lésions associées au niveau du pied [3].

COMPARAISON ENTRE IMAGES ÉCHOGRAPHIQUES ET IMAGES IRM

- Bien que l'échographie reste une technique de référence pour le diagnostic des lésions ligamentaires ou tendineuses, l'IRM s'est montrée plus performante dans certaines études. Blunden montre, par exemple, que sur 20 cas de desmitte de ligament de l'articulation 2/3 phalangienne clairement diagnostiqués en IRM, quatre n'ont pas été identifiés à l'échographie [1]. D'autre part, certaines lésions diagnostiquées par les deux techniques semblent être plus sévères en IRM qu'à l'échographie [12].

- De même, certaines lésions de la portion la plus proximale des ligaments sésamoïdiens obliques identifiées en IRM n'ont pas été observées en échographie [12], et d'autres études ont confirmé les limites de l'échographie pour identifier les lésions à cet endroit [14]. Cependant, l'interprétation des images IRM n'est pas si aisée, car elle doit prendre en compte le fort risque d'angle magique, en raison du caractère fort

- Pour la portion proximale du suspenseur, on peut observer au contraire, en cas de lésion, une diminution du signal dans la portion musculaire du ligament. Celle-ci engendre une distinction plus difficile d'avec le tissu ligamentaire périphérique. Ceci correspondrait à la présence de lésions chroniques caractérisées par la formation de tissu cicatriciel [12].

- Certaines lésions uniquement identifiables sur les séquences en T1 correspondent à des lésions chroniques ou dégénératives (photos 11a, b) [12].

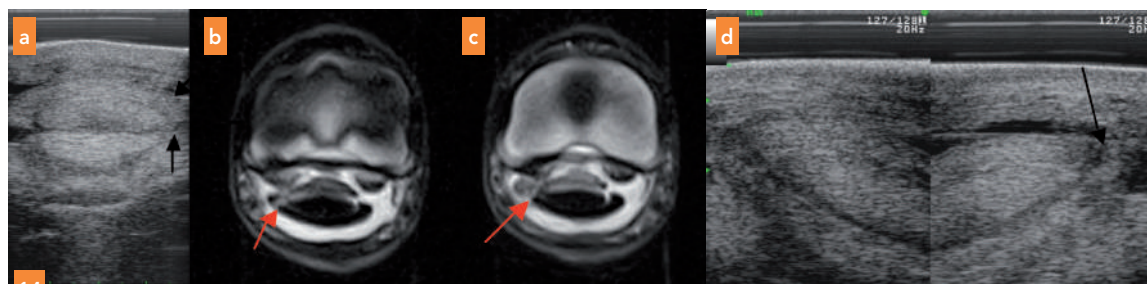
- Les lésions ligamentaires sont parfois associées à des lésions osseuses endostées ou périostées en regard des zones d'enthèse. C'est fréquemment le cas en regard de l'insertion proximale du suspenseur.

- Une diminution de signal en T1 et T2, en regard du bord palmaire proximal du canon peut alors être observée. Celle-ci correspond à une sclérose osseuse, parfois sans modification réelle au sein du ligament (photo 12).

Références

1. Blunden T, Dyson SJ, Murray RC. The collateral ligaments of the distal interphalangeal joint: magnetic resonance imaging and post mortem observations in 25 lame horses and 12 control horses. *Equine Vet J* 2008; 40(6):538-44.
2. Brokken MT, Schneider RK, Sampson SN, coll. Magnetic resonance imaging features of proximal metacarpal and metatarsal injuries in the horse. *Vet Radiol and Ultrasound* 2007;48(6):507-17.
3. Dyson S, Murray R. Lameness and diagnostic imaging in the sports horse: recent advances related to the digit. *Proc Am Assoc Equine Pract* 2007;53:262-75.
4. Dyson S, Murray R. Collateral desmitis of the distal interphalangeal joint in 62 horses. *Proc AAEP 50th Ann Conv* 2004:248-56.
5. Dyson S, Murray R, Schramme M, coll. Magnetic resonance imaging of the equine foot: 15 horses. *Equine Vet J* 2003;35(1):18-26.
6. Dyson S, Arthur R, Palmer S, coll. Suspensor ligament desmitis. *Vet Clin North Am Equine Pract* 1995;11:177-215.
7. Ehman RL, Heaney MD. Interpretation of magnetic resonance images. In: *MRI of the musculoskeletal system*. 4th ed. Berquist TH, ed. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins, 2001: 30-57.

► Suite p. 31



14 L'échographie du paturon (a) d'un trotteur de 3 ans, présenté pour une distension de la gaine digitale de l'antérieur droit, met en évidence une discrète irrégularité du bord médial du fléchisseur superficiel (flèche noire).

- Un examen IRM complémentaire met clairement en évidence que le bord interne du fléchisseur superficiel, irrégulier et en hypersignal, est lésionnel (b et c, flèche rouge). Un examen échographique secondaire réalisé après l'IRM met cette fois bien en évidence la lésion du tendon (d, flèche noire) (photo T. Vila).

divergent de l'orientation des fibres dans cette région.

● Pour certaines régions anatomiques, l'interprétation de l'échographie est difficile. Par exemple, en région proximale du suspenseur, notamment sur les postérieurs, on observe fréquemment la présence d'artefacts, dus en particulier à la présence de structures vasculaires de section importante en face plantarolatérale du canon [2].

Dans une étude, huit chevaux sur 13 avaient des lésions non identifiables en échographie, et mises en évidence en IRM [9].

● Certaines régions anatomiques sont inaccessibles, en partie ou totalement, à l'examen échographique : c'est, par exemple, le cas de la portion sésamoïdienne du tendon fléchisseur profond, inaccessible à l'échographie par voie transfurcale, et difficile d'accès par voie externe dans le creux du paturon, en raison de l'obliquité des rayons ultrasons par rapport au tendon [5].

● L'IRM permet un accès plus aisé que l'échographie dans certaines régions anatomiques, comme en regard de suros au niveau du métacarpien rudimentaire, où l'IRM peut clairement identifier des lésions d'adhérences avec le ligament suspenseur [18].

● Il est souvent intéressant de combiner l'image IRM à l'image échographique. Par exemple, lorsque la lésion a été clairement

identifiée en IRM, il est souvent plus aisé d'identifier secondairement à l'échographie la lésion ligamentaire ou tendineuse que si cette dernière technique avait été réalisée en première intention.

● Ainsi, la combinaison de ces deux techniques permet d'affiner le diagnostic, et d'établir un état plus précis de l'ensemble du processus lésionnel (photos 14a, b, c, d).

CONCLUSION

● L'IRM est un outil diagnostique très performant dans l'investigation des lésions ligamentaires et tendineuses. Il est préconisé en complément de l'examen clinique et des examens d'imagerie conventionnelles (radiographie, échographie), pour établir un diagnostic définitif ou pour préciser la nature exacte des lésions observées ou suspectées.

● Bien que le recours à son utilisation soit quelque peu limité par le coût de l'examen (+/- 1000 € hors taxe) et par le nombre restreint de structures disposant en France de cette technologie (deux établissements universitaires, deux cliniques privées), il est essentiel de se familiariser avec cette nouvelle technique d'imagerie, à laquelle il sera fait référence de plus en plus systématiquement dans l'évaluation des troubles locomoteurs chez le cheval. □

Références (suite)

8. Gutierrez-Nibeyro S, White N, Werpy N, coll. Magnetic resonance imaging findings of desmopathy of the collateral ligaments of the equine distal interphalangeal joint. *Vet Radiol and Ultrasound* 2009;50(1):21-31.
9. Mair TS, Murray RC. The use of magnetic resonance imaging in lameness diagnosis in the horse. *In Practice* 2005;27:138-46.
10. Murray RC, Blunden TS, Schramme MC, coll. How does magnetic resonance imaging represent histologic findings in the equine digit? *Vet Radiol and Ultrasound* 2006;47(1):17-31.
11. Murray RC, Roberts BL, Schramme MC, coll. Quantitative evaluation of equine deep digital flexor tendon morphology using magnetic resonance imaging. *Vet Radiol and Ultrasound* 2005;45(2):103-11.
12. Murray RC. *Equine MRI*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011:271-369.
13. Schneider RK, Tucker RL, Habegger SR, coll. Desmitis of the straight sesamoidean ligament in horses: 9 cases. *J Am Vet Med Assoc* 2003;222(7):973-7.
14. Smith M. A comparison of high field and low field magnetic resonance imaging system for the evaluation of structures of the equine distal limb. PhD Thesis, University of London, 2009.
15. Spriet M, Zwingerberger A. Influence of the position of the foot on MRI signal in the deep digital flexor tendon and collateral ligaments of the distal interphalangeal joint in the standing horse. *Eq Vet J* 2009;41(5):498-503.
16. Tucker R, Sande RD. Computed tomography and magnetic resonance imaging in equine musculoskeletal conditions. *Vet Clin N Am Equine* 2001;17:145-57.
17. Raillac JJ, Sans N. IRM ostéoarticulaire. *Collection Imagerie Médicale Diagnostique*. Paris: Masson, 2003:1-14.
18. Zubrod CJ, Schneider RK, Tucker RL. Use of magnetic resonance imaging to identify suspensory desmitis and adhesions between exostoses of the second metacarpal bone and the suspensory ligament in four horses. *J Am Vet Med Assoc* 2004;224(11):1815-20.

formation continue

1. Les tendons sains apparaissent en général en hyposignal sur les séquences en pondération T1 et T2 : oui non
2. L'angle magique est un artefact qui n'est observé que lors des examens IRM réalisés debout : oui non
3. Une lésion tendineuse en hypersignal est toujours caractéristique d'un phénomène lésionnel aigu et inflammatoire : oui non

CHEVAL