

1542



IMAGES PAR RESONANCE MAGNETIQUE CHEZ LE CHEVAL : APPROCHE SEMIOLOGIQUE SUR MEMBRES ISOLES

Par J.M. DENOIX *, B. ROGER °,
J.F. LEBAS °°, G. AUBERT **,
Nathalie CREVIER *

* Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 7 Avenue du Général de Gaulle - 94704 MAISONS ALFORT Cédex.

° Service I.R.M. Hôpital Saint-Louis - 75011 PARIS

°° Unité I.R.M. C.H.R.U. Grenoble - 38043 GRENOBLE Cédex.

** SNCI - CNRS - Avenue des Martyrs - 38000 GRENOBLE.

Résumé

L'objectif de ce travail est de présenter et d'analyser des images lésionnelles obtenues par Résonance Magnétique (I.R.M.) dans les membres du Cheval.

Dix membres isolés et porteurs de lésions de l'appareil locomoteur ont été utilisés pour la réalisation des images I.R.M. Celles-ci ont été effectuées dans trois plans orthogonaux (sagittal, transversal et frontal) en coupes jointives de 5 mm, en séquence pondérée T1.

Grâce à la réalisation de coupes dans des plans orthogonaux complémentaires, les images obtenues constituent des documents sémiologiques d'une grande précision. Elles révèlent l'existence de modifications de signal remarquables au sein des formations porteuses de lésions.

Ce travail préliminaire permet de mesurer les avantages potentiels que présente l'I.R.M. dans le diagnostic des affections locomotrices chez le cheval.

MOTS CLES : Imagerie par résonance magnétique - Cheval - Pathologie - Tendon - Pied.

Summary

The purpose of this study was to present and analyse abnormal Magnetic Resonance Imaging scans of the Horse limbs.

The M.R.I. scans were realized on 10 isolated limbs with lesions of the locomotor system. These scans were made in 3 perpendicular planes (sagittal and parasagittal, transversal and frontal). In each plane, slices, 5 mm thick using T1 weighed sequence.

The scans accurately depicted normal and pathological structures in the limbs. Scans made in 3 complementary planes are very interesting semiological documents for diagnostic purposes.

This preliminary study put forward the potential interests of M.R.I. in the diagnostic of locomotor problems in the horse.

KEY-WORDS : Magnetic Resonance Imaging - Horse - Pathology - Tendon - Foot.

7572

INTRODUCTION

Les méthodes d'Imagerie destinées au diagnostic sont en pleine évolution en Médecine humaine. La dernière née de ces techniques : l'Imagerie par Résonance Magnétique (I.R.M. ou Résonance Magnétique Nucléaire) est actuellement devenue la méthode d'investigation fournissant la représentation anatomique et lésionnelle des organes la plus précise, en particulier en pathologie locomotrice et en neurologie.

Chez le Cheval, la Radiologie est restée jusqu'à une époque récente la seule méthode d'Imagerie utilisée. Elle est surtout mise en œuvre dans le diagnostic des affections ostéo-articulaires des membres, et secondairement dans la recherche de lésions respiratoires, supérieures ou pulmonaires.

L'Echographie a eu dans l'espèce équine un développement lié à celui de la maîtrise de la reproduction. Son utilisation dans le diagnostic des lésions tendineuses et ligamentaires, chez le Cheval, date de quelques années seulement. En permettant la visualisation des tissus mous des articulations, des tendons et des synoviales, cette technique apporte un complément remarquable à la Radiographie conventionnelle, qui ne montre que les éléments osseux.

Ainsi, ces deux techniques d'Imagerie médicale permettent de visualiser la plupart des constituants de l'appareil locomoteur. Toutefois, les tissus mous du pied, non accessibles à l'examen échographique en raison de l'écran formé par le sabot ainsi que les ménisques et les ligaments croisés, difficilement abordables et peu denses, ne peuvent être appréhendés qu'indirectement.

L'Imagerie par Résonance Magnétique, qui a très rapidement acquis ses lettres de noblesse en Médecine humaine, apporte une nouvelle dimension à la visualisation et à l'étude des constituants de l'appareil locomoteur.

L'objectif de ce travail est de montrer l'intérêt potentiel de l'I.R.M. sous l'angle sémiologique et pathologique dans le domaine des affections locomotrices chez le Cheval.

I - MATERIEL ET METHODE

A - NOTIONS TECHNIQUES

L'I.R.M. exploite les propriétés magnétiques naturelles de certains noyaux atomiques. Le noyau d'hydrogène (H), constitué d'un seul proton, est le plus répandu dans l'organisme. Les applications actuelles portent essentiellement sur lui. Le signal RMN correspond au signal de retour à l'équilibre, de l'aimantation des noyaux d'hydrogène, lorsque celle-ci, à l'équilibre dans un champ magnétique intense (BO), est sollicitée par des perturbations électro-magnétiques (excitation radio-fréquence)

L'image I.R.M., reconstruite à partir de la mesure de ces signaux RMN repérés spatialement, correspond à une cartographie de la répartition de la densité des noyaux d'hydrogène. L'étude de son contraste fait appel à des notions concernant les phénomènes de relaxation et fait intervenir des caractéristiques de temps de retour à l'équilibre qu'on appelle les temps de relaxation.

Les caractéristiques de l'image obtenue dépendent ainsi de trois facteurs principaux :

- 1- de la direction selon laquelle est étudiée la relaxation :
 - T₁ caractérise le temps de relaxation dans l'axe longitudinal, c'est-à-dire dans la direction du champ magnétique principal BO.
 - T₂ caractérise le temps de relaxation dans le plan transversal, perpendiculaire donc à la direction de BO.
- 2- de la densité des noyaux d'hydrogène présents dans chaque tissu.
- 3- de paramètres de séquences liés à la façon dont sont acquises les mesures : le temps de répétition TR qui correspond au temps entre deux excitations radio-fréquences successives, et le temps d'écho TE, qui correspond au temps entre l'excitation et la réponse RMN.

L'ensemble des illustrations présentées dans cet article sont des images pondérées en T₁. Dans cette séquence, qui offre une bonne représentation anatomique des diverses formations, les tissus ont des contrastes qui varient d'une part, proportionnellement à la densité en noyaux hydrogène et d'autre part, comme l'inverse de leur temps de relaxation :

- les tendons, les ligaments et les corticales osseuses ont une faible densité de noyaux d'hydrogène mobiles : ils présentent un hyposignal et apparaissent sombres.
- la graisse, contenue dans la cavité médullaire des os longs et dans le coussinet digital a un temps de relaxation très court et une densité de noyaux d'hydrogène mobiles élevée : son signal est intense (hypersignal). Ces formations apparaissent claires.
- les muscles et le cartilage présentent un signal homogène, d'intensité intermédiaire par rapport à ceux des structures précédemment citées.
- les liquides ont un temps de relaxation très long et une densité de noyaux ¹H élevée : leur signal est faible, ils apparaissent foncés.

Dans une imagerie pondérée en T₂, certains contrastes sont inversés ; les liquides en particulier (tel le liquide cérébro spinal) apparaissent blancs. Cette séquence, moins performante en définition anatomique, permet par contre souvent une meilleure caractérisation tissulaire.

Dans les deux séquences, la corticale osseuse ne donne pas de signal et apparaît donc noire.

En utilisant des séquences de nature variées, l'I.R.M. permet de mettre en évidence de faibles différences histochimiques entre des tissus analogues. Cette méthode est très sensible pour différencier les tissus mous entre eux.

L'examen I.R.M. ne présente pas de contre-indications. Toutefois il ne peut être réalisé chez les individus porteurs de matériel ferromagnétique. Ainsi, chez l'Homme, certaines prothèses ferro-magnétiques, la présence d'éclats métalliques ou de pace-maker, constituent des obstacles à la réalisation de l'examen. Chez le Cheval, les pieds doivent être déferrés et les membres ne doivent pas être porteurs de matériel orthopédique ferromagnétique (vis ou plaque).

B - MEMBRES UTILISES

Les images I.R.M. ont été réalisées sur dix membres isolés, récupérés à l'abattoir ou sur des chevaux euthanasiés en raison de la gravité des lésions dont ils étaient atteints. Ils ont été conservés par congélation pendant plusieurs semaines à moins 20°C ; leur décongélation a eu lieu à température ambiante durant les 48 heures qui ont précédé la réalisation des images.

Dans cet échantillon 7 des 8 membres issus de chevaux adultes étaient porteurs de lésions. Les images obtenues par I.R.M. ont été comparées à celles réalisées par radiologie ou en échographie. Cinq membres présentaient des lésions des tendons flicisseurs ou du muscle interosseux III (ligament suspenseur du boulet). Un membre était porteur d'une affection dégénérative articulaire avancée. Les deux autres membres furent issus de deux chevaux euthanasiés, l'un pour fourbure, l'autre pour maladie naviculaire.

Deux membres sains d'un poulain de 23 jours ont servi à constituer des images de référence chez le jeune.

Parmi les cinq membres examinés pour lésions tendineuses à l'I.R.M. et à l'échographie, trois ont fait l'objet d'analyse histologique sur des prélèvements réalisés sur les formations affectées.

C - REALISATION DES IMAGES

Les images ont été réalisées dans le Service d'I.R.M. de l'Hôpital Saint-Louis de Paris et à celui de l'Hôpital Nord de Grenoble.

Elles ont été obtenues avec un appareil MAGNISCAN 5000 (Thomson CGR) d'une intensité de 0,5 Tesla, en utilisant la séquence pondérée T₁. Elles correspondent à des coupes longitudinales, parasagittales et à des coupes transversales. Les particularités techniques de leur réalisation sont mentionnées sur le tableau 1.

II - RESULTATS

A - INTERPRETATION GENERALE DES IMAGES I.R.M.

Toutes les images présentées dans cette étude ont été réalisées en pondération T₁. Les images pondérées en T₂ sont d'un intérêt certain dans la recherche de lésions mais sont moins satisfaisantes dans l'examen des tissus normaux.

- Sur toutes les images, la moëlle osseuse, le conjonctif interstitiel chargé de graisse, le cartilage articulaire et les cartilages unguéaux présentent un hypersignal et apparaissent clairs. Sur ces membres isolés, les formations vasculaires sont également claires.
- Le liquide synovial produit un hypersignal facile à identifier au niveau des interlignes articulaires, des récessus synoviaux, des bourses et synoviales tendineuses.
- Le conjonctif et les coussinets graisseux sous-cutanés (exemple : coussinet de l'ergot) forment également une bordure d'intensité élevée, tout comme les diverses parties du chorion (bourrelet, podophylle, tissu velouté) au niveau du pied.
- L'os compact, les tendons et ligaments produisent un hyposignal et apparaissent noirs.
- Les tons gris sont émis par les muscles et les conjonctifs fibreux qui contiennent des quantités variables de graisse et de vaisseaux. Le coussinet digital (anciennement coussinet

d'amortissement) présente une image grise, hétérogène et granuleuse. Il faut noter que sur les patients humains, le cartilage articulaire présente une teinte grise uniforme et que le liquide synovial apparaît noir.

B - LÉSIONS TENDINEUSES

L'imagerie normale et pathologique des tendons par I.R.M. est d'une grande précision. Cette technique fournit une très bonne délimitation des formations tendineuses et présente une grande sensibilité aux altérations de la structure histologique des tendons. Ainsi les territoires de fibroplasie qui apparaissent anéchogènes à l'échographie se manifestent par un hypersignal à l'I.R.M. Les îlots de métaplasie cartilagineuse qui forment des zones hyperéchogènes se manifestent également par une augmentation de signal.

Parmi les cinq membres dont l'appareil tendineux a été examiné à l'I.R.M., deux présentaient des lésions du tendon fléchisseur superficiel du doigt. Les lésions subaiguës hémorragiques et fibroplasiques se manifestaient par des augmentations marquées et circonscrites du signal. Sur l'image échographique ces mêmes lésions étaient très hypoéchogènes. Les lésions anciennes du tendon fléchisseur profond du doigt occupées par des territoires de métaplasie cartilagineuse entraînaient des augmentations plus discrètes et plus disséminées du signal. Sur l'image échographique ces lésions correspondaient à des zones d'échogénicité irrégulière. Dans tous les cas les modifications de taille et de forme des tendons ont été fidèlement représentées à l'I.R.M. Sur l'un des deux membres les lésions chroniques du tendon fléchisseur superficiel du doigt étaient associées à une desmite chronique du ligament annulaire de la gaine digitale. Cette lésion est apparue très nettement sur les coupes transversales et longitudinales à l'I.R.M. sur lesquelles elle se manifestait par un épaississement et une augmentation irrégulière de signal. Cette lésion a été très difficile à objectiver à l'échographie en raison des difficultés de réalisation des images liées à la présence de l'ergot juste en-dessous du boulet et à l'inflexion des tendons sur le scutum proximal.

Un membre présentait une striction du tendon fléchisseur profond du doigt au niveau de la manica flexoria (anneau du tendon fléchisseur superficiel du doigt). Cette anomalie a été facile à mettre en évidence sur les coupes sagittales et parasagittales de la région.

Le quatrième membre était porteur d'une desmite chronique des branches du muscle interosseux III (ligament suspenseur du boulet) se manifestant par une augmentation de taille et des modifications histologiques (fibroplasie, métaplasie cartilagineuse). Ces dernières expliquent l'échogénicité irrégulière (points hyperéchogènes et îlots hypoéchogènes) obtenue sur les images échographiques. Sur les images I.R.M. les mêmes lésions se manifestaient par des territoires porteurs d'un signal très irrégulier (aspect marbré).

Le dernier membre dont la région métacarpienne a été examinée présentait une asymétrie de taille des branches du muscle interosseux III (ligament suspenseur du boulet) ; le corps de celui-ci était parcouru de travées linéaires d'hypersignal correspondant à des faisceaux de fibres musculaires striées.

C - AFFECTIONS DÉGÉNÉRATIVES ARTICULAIRES

L'image radiographique ne fournit d'indications claires que sur les éléments ossifiés : plaque osseuse sous-chondrale, ostéophytes marginaux, nodules osseux ou corps libre intra-articulaire. La capsule articulaire, les ligaments et surtout, le cartilage articulaire ne sont pas visibles.

Sur les images I.R.M. les formations fibreuses (ligaments et tendons) forment un hypersignal ; le cartilage articulaire se traduit par une bande d'hypersignal. Les lésions ligamentaires forment des zones où le signal augmente ; inversement les plages de dégénérescence cartilagineuse se manifestent par une augmentation du signal.

Dans l'échantillon de cette étude, un membre présentait des lésions dégénératives articulaires avancées. Il a fait l'objet d'un examen I.R.M., de clichés radiographiques sans préparation, d'une arthrographie interphalangienne distale.

Les clichés radiographiques sans préparation montraient clairement les ostéophytes périphériques en regard des deux articulations interphalangiennes (surtout à hauteur de l'interphalangienne distale) sans modifications significatives des espaces articulaires cartilagineux.

L'arthrographie interphalangienne distale a permis de mettre en évidence des irrégularités de la surface articulaire des cavités glénoïdales de la phalange distale.

Les images I.R.M. révélaient l'existence de zones d'hyposignal dans les cartilages des articulations interphalangiennes et métacarpo-phalangiennes. Ces altérations du signal sont plus élevées dans l'articulation interphalangienne distale que dans l'articulation interphalangienne proximale et que dans l'articulation du boulet. Elles apparaissent surtout sur les coupes sagittales, mais également sur les coupes frontales. Les ostéophytes périphériques quant à eux sont caractérisés par une augmentation de signal par rapport aux corticales osseuses.

Ainsi l'I.R.M. permet de déceler des lésions de formations radiotransparentes donc non identifiables à l'examen radiographique.

D - MALADIE NAVICULAIRE

Les lésions ostéolytiques (radiotransparentes) identifiées à l'examen radiologique donnent en I.R.M des zones d'hypersignal au sein de la corticale osseuse palmaire de l'os qui présente un hyposignal uniforme.

Sur les coupes sagittales les modifications de forme et d'architecture de l'os sésamoïde distal apparaissent clairement ; les coupes horizontales fournissent une excellente représentation de cet os ainsi que de son environnement ligamentaire et tendineux. Les clichés radiographiques du même membre montrent une image kystique radiotransparente mais ne permettent pas de préciser l'étendue dorso-palmaire de la lésion de l'os sésamoïde distal, ni les lésions ligamentaires et tendineuses associées.

E - FOURBURE

La paroi et les lamelles épidermiques (kéraphylle) forment un hyposignal et apparaissent donc noires sur les images I.R.M. Les lamelles dermales et la toile sous-cutanée forment un hypersignal rendant leur visualisation aisée entre la paroi et les corticales osseuses phalangiennes.

Les images I.R.M. obtenues sur un cas de fourbure démontrent l'épaississement des tissus mous entre la phalange distale et la paroi ainsi que l'allongement des lamelles dermales et épidermiques caractéristiques des lésions de fourbure chronique.

Les remaniements morphologiques et architecturaux de la phalange distale sont visualisés dans les trois plans sagittal, transversal et frontal. Les images d'ostéopénie (amincissement des corticales, agrandissement des canaux solaires et du sinus semi-lunaire) se superposent à un hypersignal qui témoigne des processus inflammatoires dont la phalange est le siège.

III - DISCUSSION

A - METHODE

En raison du manque actuel d'appareils et de structures adaptées au Cheval vivant, les images I.R.M. ont été réalisées sur membres isolés, ce qui peut modifier légèrement la représentation des formations anatomiques, (mais ne l'altère pas suffisamment pour fausser leur interprétation). Les éléments vasculaires, en particulier les artères, sont notablement différents sur le cadavre, où ils produisent un hypersignal. Sur le vivant, en effet, ces formations sont noires ou grises en raison de l'hyposignal du au flux sanguin continu.

B - COMPARAISON A L'ECHOGRAPHIE

Par rapport à l'échographie, l'I.R.M. apporte une définition et un potentiel de traitement des images supérieurs. Par ailleurs, cette technique permet une exploration plus complète de l'ensemble de l'appareil tendineux. Elle fournit des images de formation difficilement visualisables à l'échographie comme le ligament palmaire (ou intersésamoïdien) par exemple ; elle rend possible l'exploration de régions totalement inabordables à l'échographie comme le pied. Ainsi les tissus mous du pied deviennent enfin visualisables, ce qui confère à cette technique un avenir très prometteur en pathologie podale. Enfin, il est bien connu que la valeur d'un examen échographique est très dépendante de l'opérateur ; il semble que cette dépendance soit moins marquée pour l'I.R.M. et que la qualité des images et la nature des informations soient moins liées au manipulateur.

C - COMPARAISON A LA RADIOGRAPHIE

Cette étude préliminaire montre que l'I.R.M. est très supérieure à la radiographie en pathologie articulaire et pour l'examen du pied.

1. SEMILOGIE ARTICULAIRE

Alors que la radiographie ne permet pas d'identifier clairement le cartilage articulaire et les ligaments, l'I.R.M. fournit la représentation de ces formations. Sur le cliché radiographique sans préparation, les lésions du cartilage articulaire n'apparaissent que lorsque l'espace cartilagineux est diminué. Avant même que celui-ci soit modifié, les modifications de signal dans le cartilage articulaire permettent de déceler précocement des altérations histologiques de celui-ci. On peut déjà envisager que les thérapeutiques intra-articulaires pourraient être mises en œuvre d'une façon beaucoup plus rationnelle sous le couvert de l'I.R.M.

Par ailleurs certaines grosses articulations comme le grasset sont très décevantes en sémiologie radiographique car les ligaments croisés et les ménisques sont peu ou pas visibles. Inversement l'I.R.M. fournit une représentation fidèle de ces éléments et il est probable que cette technique serait d'un apport considérable dans le diagnostic et le traitement de leurs affections.

2. SEMIOLOGIE DU PIED

Actuellement la méthode d'imagerie, la plus universelle, permettant l'investigation des organes internes du pied est la radiologie. L'intérêt de l'I.R.M. peut donc se définir en fonction des possibilités et des limites de cette technique

A. LESIONS RADIOLOGIQUEMENT VISIBLES

Les lésions des tissus mous et des éléments osseux radiologiquement visibles sont évidemment retrouvées à l'I.R.M. Les deux exemples présentés dans ce travail (maladie naviculaire, fourbure) démontrent que les lésions sont beaucoup mieux documentées par l'I.R.M. dans la mesure où :

1. cette technique permet une représentation analytique et spatiale des éléments plus complète ;
2. qu'elle rend possible la visualisation des lésions associées sur les tissus mous ;
3. par ailleurs les modifications de signal au niveau de l'os rendent compte des phénomènes inflammatoires actuellement objectivables qu'à l'aide de la scintigraphie.

B. LESIONS RADIOLOGIQUEMENT NON VISIBLES

Les tissus mous du pied (ligaments, cartilages, tendon fléchisseur profond du doigt, coussinet digital, vaisseaux...) ont tous une densité radiologique liquidienne. Ils forment entre eux un signe de la silhouette positif et ne peuvent être individualisés. Les seules anomalies radiographiquement décelables sont celles qui induisent une augmentation de densité (exemple : calcification des cartilages unguulaires) ou une diminution de densité (exemple : poche de gaz lors d'abcès solaire). Au niveau du pied, l'avantage immense de l'I.R.M. réside en la discrimination des différentes formations anatomiques dont la visualisation rend possible une sémiologie spécifique. On peut penser que cette technique fournira le support sémiologique des lésions ligamentaires (ligaments collatéraux de l'articulation interphalangienne distale, ligaments sésamoïdiens) des lésions terminales ou subterminales du tendon fléchisseur profond du doigt, des bursites podotrochléaires et des traumatismes solaires.

Enfin, la visualisation des cartilages articulaires et de leurs lésions constitue un atout inestimable pour l'I.R.M. en sémiologie locomotrice chez le cheval.

D. VALEUR DE L'I.R.M.

Le premier avantage de cette technique est de fournir à la fois, la représentation des os et des tissus mous, ce qui permet de mieux évaluer les pathologies d'insertion.

Ensuite, à l'image anatomique se superpose une image physio-pathologique tissulaire qui permet d'apprécier de façon plus précoce et plus fine que ne le permet l'Echographie, des lésions mineures des formations tendineuses et ligamentaires.

Surtout, le principe de l'acquisition de l'image permet une combinaison infinie de plans de coupe ; sa digitalisation autorise l'utilisation de toutes les techniques de traitement d'images. L'innovation la plus remarquable est la possibilité d'obtenir une imagerie dans les trois plans : sagittal, transversal et frontal.

Enfin, l'I.R.M. représente un examen non invasif et très sensible, très précis et reproductible.

Cependant en Médecine vétérinaire, les inconvénients de l'I.R.M. sont de taille. Il s'agit :

- du coût de l'équipement qui demeure actuellement inaccessible,
- de la nécessité d'anesthésier le patient, pour obtenir une immobilisation absolue de plusieurs minutes (15 à 30). Actuellement des séquences d'Imagerie rapide se développent, qui permettent de réduire la durée de l'examen mais qui nécessitent quand même une anesthésie générale de courte durée,
- d'absence d'appareil adapté à la conformation et à la taille des chevaux.

CONCLUSION

Cette première approche de l'I.R.M. démontre l'intérêt potentiel de cette technique en sémiologie des affections locomotrices chez le Cheval. Aujourd'hui l'I.R.M. peut contribuer à mieux appréhender la valeur et surtout les limites d'autres techniques telles que l'Echographie ou la Radiologie.

Les performances actuelles de l'I.R.M. en Médecine humaine incitent à penser que cette technique nous livrera des informations dont on ne peut aujourd'hui soupçonner les retombées sur les plans diagnostique et pronostique.

TABLEAU I :

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA REALISATION DES IMAGES

Intensité du champ	0,5 Tesla
Fréquence de Résonance de l'hydrogène	21 mHz
Temps d'acquisition de l'image	8 mm 32 sec
Orientation de l'image	parasagittale transversale
Taille de la matrice	256 x 256 pixels
Résolution spatiale	0,8 x 0,8 mm
Epaisseur des coupes	5,00 mm
T.E. =	26 ms
T.R. =	500 ms
Séquence	Spin Echo

BIBLIOGRAPHIE

- BERQUIST T.H. : Magnetic resonance imaging : preliminary experience in orthopedic radiology. *Magnet. Reson. Imag.*, 1984, 2, 41-52.
- DENOIX J. M., MIALOT M., LEVY I., LAGADIC M. : Etude histo-pathologique des Images Echographiques anormales des tendons et ligaments chez le Cheval . *Recueil de Médecine Vétérinaire*. Sous presse.
- DENOIX J.M. : L'examen échographique des régions du tendon, du boulet et du paturon chez le Cheval. *Congrès de l'association Vétérinaire Equine Francophone*. Reims, 1989.
- DENOIX J.M. , LEBAS J.F., AUBERT G.:I.R.M. et Echographie des tendons et ligaments chez le Cheval: Images normales. *Le Point Vétérinaire*. Sous- Presse.
- HAUSER M.L., RANTANEN N.W., MODRANSKY P.D. : Ultrasound examination of distal interphalangeal joint, navicular bursa and deep digital tendon. *J. equine vet. Sci.* 1982, 2, 95-97 ou 4, 258-262.
- HAUSER M.L. : Ultrasonographic appearance and correlative anatomy of the soft tissues of the distal extremities in the horse. *Vet. Clin. North Am. : Equine Practice*, 1986, 2, 127-144 ou 4, 132-140.
- NELSON T.R., RITENOUR E.R., DAVIS K., PRETORIUS D.H. : Nuclear magnetic resonance imaging : the basic physical and clinical concepts - Part I. *Radiol.Technol.*, 1985, 56, 410-415.
- NELSON T.R., RITENOUR E.R., DAVIS K., PRETORIUS D.H. : Nuclear magnetic resonance imaging : the basic physical and clinical concepts - Part II. *Radiol. Technol.*, 1985, 57, 26-30.
- NELSON T.R., RITENOUR E.R., DAVIS K., PRETORIUS D.H. : Nuclear magnetic resonance imaging : the basic physical and clinical concepts - Part III. *Radiol. Technol.*, 1985, 57, 142-149.
- PARK R. D., NELSON T. R., HOOPEES, P. J. : Magnetic resonance imaging of the normal equine digit and metacarpophalangeal joint. *Veterinary Radiology*, 1988, 28, 4, 105 - 116.
- PYKETT I.L., NEWHOUSE J.E., BUONANNO F.S., et al. : Principles of nuclear magnetic resonance imaging. *Radiology*, 1982, 143, 157-169.
- ROSE-PITTET L., SARAGAGLIA D., LEBAS J.F., COULOMB M. : L'imagerie par résonance magnétique dans les lésions ménisco-ligamentaires du genou. Comparaison avec l'arthroscopie. A propos de 37 observations. *Journal de Radiologie*, 1988, 1, 1-6.