

Examen échographique transcunéen *post mortem* de l'appareil podotrochléaire équin à l'aide des sondes linéaires et sectorielles..

SCHNEIDER N.¹, BUSONI V.², DE LA REBIÈRE DE POUYADE G.³, DENOIX J.-M.⁴, WEYRAUCH K.D.⁵.

¹ Centre Européen du Cheval de Mont-le-Soie, 1 Mont-le-Soie, 6690 Vielsalm, Belgique

² Service d'Imagerie médicale, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, 20 Boulevard de Colonster, 4000 Liège, Belgique

³ Secteur d'Anesthésiologie générale et Pathologie chirurgicale, Pôle équin, Clinique des animaux de compagnie et des équidés, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, 20 Boulevard de Colonster, 4000 Liège, Belgique

⁴ Unité mixte de Recherche INRA-ENVA, Laboratoire de Biomécanique et Pathologie locomotrice du Cheval, Clinique équine, CIRALE, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 7 Avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort, France

⁵ Institut für Veterinär Anatomie, 20 Koserstrasse, FU-Berlin, 14195 Berlin, Germany

Correspondance : ni.schneider@gmx.net

RESUME

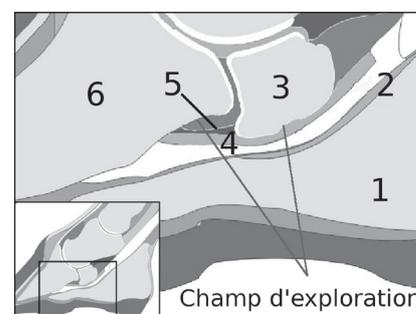
L'échographie devient un outil de plus en plus performant dans l'étude des régions difficilement accessibles telles que l'appareil podotrochléaire du cheval, et ce par l'utilisation de sondes plus sensibles qui a permis une amélioration de la qualité des images. Cette étude donne six exemples d'images de la partie distale de l'appareil podotrochléaire obtenues au travers de la fourchette (voie transcunéenne) par trois différents types de sondes échographiques. Les pieds isolés d'une pouliche demi-sang de 18 mois ont été examinés *post mortem*. Une sonde linéaire (7,5 MHz) et deux sondes sectorielles (microconvexe 7,5 et convexe 3,5 MHz) ont été utilisées pour enregistrement en temps réel et six images typiques des tissus mous et des surfaces osseuses ont été comparées. La présente étude a démontré qu'il convenait d'utiliser plusieurs sondes pour optimiser la visualisation complète de la région et que donc l'échographie dans ces conditions s'avère un examen complémentaire de choix pour préciser le diagnostic.

INTRODUCTION

Le développement de techniques plus performantes en IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) et en échographie a permis ces dernières années (Busoni et Denoix, 2000 ; Coquet *et al.*, 2000 ; Kotani *et al.*, 2000 ; Busoni et Denoix, 2001 ; Murray *et al.*, 2004) l'étude de tissus mous dans des régions difficiles à examiner par la radiographie, notamment la partie distale de l'appareil podotrochléaire (Dyson *et al.*, 2003 ; Schneider, 2003 ; Murray *et al.*, 2004). L'application *in vivo* de l'échographie est plus accessible en médecine équine que l'IRM qui nécessite un appareillage coûteux et des compétences techniques spécialisées.

D'après Caudron (1998), chez le cheval, 35 % des boiteries sont en relation avec des atteintes de « l'appareil podotrochléaire ». Celui-ci se compose de l'os sésamoïde distal, des ligaments sésamoïdiens collatéraux et distal impair, ainsi que du tendon du muscle fléchisseur profond du doigt et de la bourse podotrochléaire (figure 1). L'os sésamoïde distal complète la surface de l'articulation interphalangienne distale et sert de coulisse pour le tendon fléchisseur profond du doigt. Le diagnostic de « syndrome naviculaire » peut être justifié dans certains cas par la présence de lésions de l'os sésamoïde distal malgré l'absence d'altérations pathologiques sur les clichés radiographiques (Jackmann *et al.*, 1993 ; Keller et Grundmann,

Figure 1 : vue sagittale du pied et champ d'exploration échographique par approche transcunéenne.



1. coussinet digital, 2. ligament annulaire digital distal, 3. os sésamoïde distal, 4. tendon fléchisseur profond du doigt, 5. ligament sésamoïdien distal impair, 6. phalange distale.

1995). Une étude de Blunden et collaborateurs (2006) confirme ces observations. Serteyn et collaborateurs (1995) distinguent trois formes de syndrome naviculaire : la forme articulaire, la forme ligamentaire et la forme tendineuse. D'après ces auteurs, la forme articulaire atteint surtout la surface articulaire de l'os sésamoïde distal. La forme tendineuse entretient la *facies flexoria* de l'os sésamoïde distal, la bourse podotrochléaire et le tendon fléchisseur profond du doigt tandis que la forme ligamentaire se traduit par une desmopathie d'insertion des ligaments sésamoïdiens collatéraux et du ligament sésamoïdien distal impair. Parfois la substance osseuse de l'os sésamoïdien distal est concernée. Ces lésions se fondent pour donner naissance à des formes mixtes. Celles-ci sont d'autant plus présentes que l'atteinte est ancienne. L'examen des tissus mous de la partie distale de l'appareil podotrochléaire est particulièrement intéressant lorsqu'il s'agit de la forme tendineuse ou ligamentaire du syndrome naviculaire (Denoix *et al.*, 1999).

MATÉRIEL AND MÉTHODES

Les images échographiques ont été réalisées dans le Service d'Imagerie médicale de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège, par le même radiologue, sur les membres antérieurs d'une pouliche demi-sang de 18 mois euthanasiée pour une fracture du jarret. Les fourchettes des deux pieds examinés ont été parées pour éliminer la corne sèche superficielle et pour obtenir une surface de contact plane ouvrant une large fenêtre acoustique et permettant l'application de la sonde linéaire. Préalablement à l'examen échographique, les pieds ont été placés 18 heures dans de l'eau à température ambiante. Du gel échographique a été déposé sur la lacune médiane et l'examen s'est déroulé dans une pièce sombre, l'examen échographique a été réalisé à hauteur de la lacune médiane et du corps de la fourchette sur la face solaire du pied à l'aide un échographe portable (Aloka SSD-900) muni de trois sondes (une sonde microconvexe de 7,5 MHz, une sonde linéaire de 7,5 MHz et une sonde convexe de 3,5 MHz). Le pied a été examiné avec chacune des sondes, en temps réel, dans un plan longitudinal (sagittal ou parasagittal) ou transversal. Les images obtenues ont été digitalisées sur un appareil MAVICAP (Sony). Les ima-

ges présentées sont celles obtenues, sauf exceptions mentionnées, sur le membre droit. Six prises de vue ont été enregistrées par chacune des trois sondes afin de comparer la qualité échographique des images.

RÉSULTATS

La qualité de l'image échographique de l'appareil podotrochléaire par approche transcutanée change en fonction de la résolution et de la fréquence de la sonde utilisée.

1. Images transcutanées de l'appareil podotrochléaire obtenues à l'aide de la sonde microconvexe (7,5 MHz)

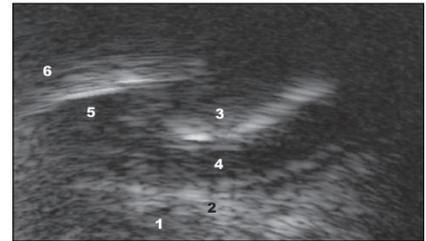
La figure 2 montre une coupe sagittale de l'os sésamoïde distal du pied antérieur gauche par approche transcutanée. Le coussinet digital est échogène et le ligament annulaire digital distal (LADD) est légèrement hyperéchogène. La *facies flexoria* de l'os sésamoïde distal (OSD) apparaît comme une ligne hyperéchogène. Le tendon du muscle fléchisseur profond du doigt (TFPD) apparaît anéchogène dans la partie en rapport avec l'OSD. À gauche, le ligament sésamoïdien distal impair (LSDI) est visible et apparaît hypoéchogène en raison de l'orientation de ses fibres, non perpendiculaires aux ultrasons. La surface de la phalange distale est également visible comme une ligne hyperéchogène (P3).

La figure 3 présente deux coupes transcutanées dans le plan transversal au niveau de l'OSD (à droite) et de P3 (à gauche) du pied antérieur gauche. Le coussinet digital et le ligament annulaire digital distal sont détectables sur les deux images. La surface de l'OSD (la *facies flexoria*) apparaît dédoublée là où les ultrasons sont perpendiculaires. Le TFPD se montre légèrement échogène dans sa partie proximale, mais reste cependant moins échogène que le LSDI. Ce dernier peut-être détecté à la face palmaire de P3. Sa localisation correspond à une coupe effectuée entre les niveaux 5 et 6 de la figure 2.

2. Images transcutanées de l'appareil podotrochléaire obtenues avec une sonde convexe (3,5 MHz)

La figure 4 peut être comparée à la figure 2 : il s'agit d'une vue légère-

Figure 2 : coupe transcutanée sagittale du pied antérieur gauche obtenue à l'aide de la sonde microconvexe 7,5 MHz



1. coussinet digital, 2. ligament annulaire digital distal, 3. os sésamoïde, 4. tendon fléchisseur profond du doigt, 5. ligament sésamoïdien distal impair, 6. phalange distale.

Figure 3 : coupe transcutanée transversale du pied antérieur gauche obtenue à l'aide de la sonde microconvexe 7,5 MHz

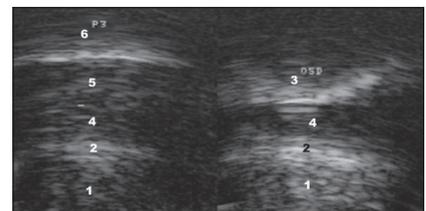


Image de gauche : image réalisée à l' hauteur de l'os sésamoïde distal

Image de droite : image réalisée à l' hauteur de la phalange distale

1. coussinet digital, 2. ligament annulaire digital distal, 3. os sésamoïde distal, 4. tendon fléchisseur profond du doigt, 5. ligament sésamoïdien distal impair, 6. phalange distale.

Figure 4 : coupe transcutanée parasagittale obtenue à l'aide de la sonde convexe 3,5 MHz

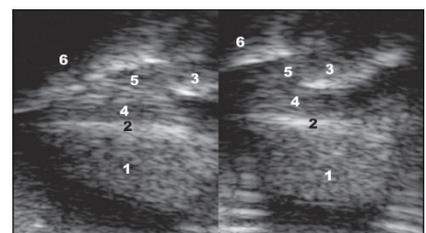


Image de gauche : vue parasagittale proximale

Image de droite : vue parasagittale distale

1. coussinet digital, 2. ligament annulaire digital distal, 3. os sésamoïde distal, 4. tendon fléchisseur profond du doigt, 5. ligament sésamoïdien distal impair, 6. phalange distale.

ment parasagittale de l'OSD, reconnaissable par son apparence plane. Les structures apparaissent plus échogènes sur l'écran, ce qui permet l'identification de leurs limites anatomiques. Sur l'image de gauche, la sonde est

située plus distalement que sur l'image de droite. Cette dernière permet l'appréciation d'une grande partie de la phalange distale, de son échogénéicité homogène, ainsi que de la qualité échogénique du TFPD et du LSDI au niveau de leur insertion. Les structures visibles sont le coussinet digital, le LADD, l'OSD, le TFPD, le LSDI et P3.

La figure 5 représente deux coupes transversales de l'OSD et du LSDI. P3 est également visible. Sur ces coupes transversales, les limites anatomiques sont plus facilement identifiables. Ce type d'images permet une détection aisée des irrégularités de la surface osseuse. Cette image peut être comparée à la figure 3.

Les structures visibles sont le coussinet digital, le LADD, l'OSD, le TFPD, le LSDI et P3.

3. Images transcutanées de l'appareil podotrochléaire à l'aide d'une sonde linéaire de 7,5 MHz

La figure 6 peut être comparée aux figures 3 et 5. Elle représente des coupes réalisées à hauteur de l'OSD et du LSDI comme pour les images précédentes. Bien que le champ d'exploration soit réduit par rapport aux autres sondes, des lésions plus petites peuvent être décelées. La *facies flexoria* dédoublée de l'OSD est plus ou moins identifiable et le TFPD et le LSDI deviennent plus faciles à distinguer que sur la figure 3.

La dernière de cette série d'images montre deux coupes longitudinales. L'une parasagittale (à gauche) et l'autre sagittale (à droite). La figure 7 est comparable à la figure 2. Sur le plan sagittal, la *facies flexoria* de l'OSD semble se dédoubler, mais est continue et lisse dans sa partie distale. Sur le plan médian, une dépression, correspondant à une *fossa synovialis*, est visible. La structure du LSDI est également visible. Cependant, la surface osseuse de la phalange distale apparaît moins lisse par rapport aux images précédentes. Ces observations indiquent qu'il serait très intéressant de ne pas seulement combiner les différents plans, mais aussi de combiner différents types de sondes afin d'éviter des erreurs dans l'interprétation des images échographiques.

L'étude échographique transcutanée de l'appareil podotrochléaire du cheval en projection transversale et longitudinale permet la visualisation du LADD, du TFPD, du LSDI, du contour de la *facies flexoria* de l'OSD et d'une partie de la P3. La *facies flexoria* montre un dédoublement qui correspond à la délimitation entre le fibrocartilage et la bourse podotrochléaire. Des modifications au niveau des structures osseuses, ligamentaires ou tendineuses deviennent observables. L'étude par la sonde linéaire permet l'obtention d'une image topographique de l'appareil podotrochléaire, la qualité de l'image ainsi obtenue dépendra de la forme (largeur, épaisseur) et de la composition de la fourchette. L'emploi de la sonde convexe (3,5 MHz) permet une bonne distinction des limites anatomiques, mais ne permet pas, sans déplacer la sonde, de visualiser l'entièreté du trajet du TFPD et du LSDI.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Peu d'études portent sur l'utilisation de l'échographie dans l'examen de l'appareil podotrochléaire, et plus spécifiquement des éléments situés dans la partie distale par plusieurs sondes (Busoni et Denoix, 2000 ; 2001 ; Busoni *et al.*, 2002 ; Sage et Turner, 2002 ; Bolen *et al.*, 2007). L'examen échographique s'avère un bon moyen d'affiner le diagnostic, notamment en permettant de différencier le type d'atteinte (Murray *et al.*, 2004), et ainsi proposer un traitement adéquat. Une atteinte ligamentaire et tendineuse nécessitera, par exemple, un autre traitement et/ou une autre ferrure qu'une atteinte articulaire (Caudron, 1998).

L'échographie permet l'évaluation des structures synoviales, l'appréciation de l'échogénéicité et de la taille du TFPD et du LSDI, la visualisation des irrégularités de la *facies flexoria* et lorsqu'ils sont présents, des enthésophytes au niveau de l'insertion du LSDI et du TFPD. Elle permet la détection des métaplasies osseuses des ligaments sésamoïdiens collatéraux et du LSDI comme décrite par Poulos et collaborateurs (1989).

L'observation régulière de la *facies flexoria* dédoublée de l'OSD représente vraisemblablement une différence d'impédance entre le fibrocartilage de

Figure 5 : projection transcutanée de la partie distale de l'appareil podotrochléaire, plan transversal obtenu à l'aide de la sonde convexe 3,5 MHz

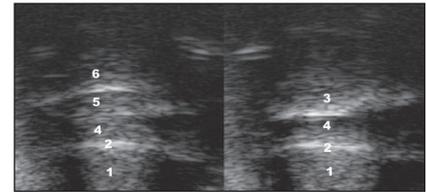


Image de gauche : vue transversale de l'os sésamoïde distal

Image de droite : vue transversale de phalange distale

1. coussinet digital, 2. ligament annulaire digital distal, 3. os sésamoïde distal, 4. tendon fléchisseur profond du doigt, 5. ligament sésamoïden distal impair, 6. phalange distale

Figure 6 : Projection transcutanée de la partie distale de l'os sésamoïde distal et de la phalange distale obtenue à l'aide de la sonde linéaire 7,5 MHz

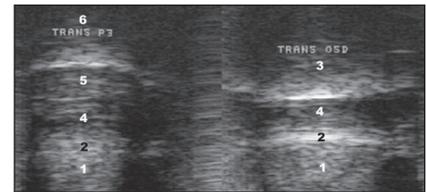


Image de gauche : vue transversale de l'os sésamoïde distal

Image de droite : vue transversale de la phalange distale

1. coussinet digital, 2. ligament annulaire digital distal, 3. os sésamoïde distal, 4. tendon fléchisseur profond du doigt, 5. ligament sésamoïden distal impair, 6. phalange distale

Figure 7 : projection transcutanée de la partie distale de l'os sésamoïde distal et de la phalange distale obtenue à l'aide de la sonde linéaire 7,5 MHz

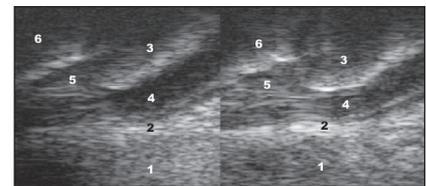


Image de gauche : vue parasagittale

Image de droite : vue sagittale

1. coussinet digital, 2. ligament annulaire digital distal, 3. os sésamoïde distal, 4. tendon fléchisseur profond du doigt, 5. ligament sésamoïden distal impair, 6. phalange distale

la *facies flexoria* et la bourse podotrochléaire, mais ne correspond pas aux érosions observées au niveau de la crête sagittale par Busoni et collaborateurs (2002).

La combinaison de sondes et de vues différentes permet d'obtenir un maximum d'informations et d'éviter une confusion entre les images lésionnelles et les artéfacts. Bien que l'échographie soit très sensible en ce qui concerne les modifications précoces de la surface osseuse (Denoix *et al.*, 1994), la réalisation de clichés radiographiques complémentaires est nécessaire pour détecter des lésions osseuses profondes (Busoni *et al.*, 2005). La fiabilité de l'échographie dépend en grande partie de l'opérateur.

Contrairement à l'article de Busoni et collaborateurs de 2002, nous avons pu, ici, réaliser des images échographiques transversales de l'appareil podotrochléaire à l'aide d'une sonde linéaire. Il serait utile de répéter ces expériences sur des individus adultes, car nous ne pouvons pas exclure que la visualisation a seulement été possible parce que les pieds examinés provenaient d'un animal relativement jeune.

SUMMARY

Post mortem transcuneal ultrasound study of the equine podotrochlear apparatus by linear and sectorial scan-heads.

Ultrasound has become more common in the investigation of the podotrochlear apparatus in the horse and the use of more sensible scanheads improved the quality of the images. This study shows six examples of the ultrasound anatomy of the distal podotrochlear apparatus in the transcuneal view performed with three different scanheads. The presented transcuneal scans of the podotrochlear apparatus of an 18 months old warmblood foal have been established post

mortem on isolated feet. Modus of registration was real-time-motion, linear- and sectorscan-heads working at 7.5 (linear) and 7.5 (microconvex) and 3.5 (convex) MHz were used. The echoanatomic structures of the soft tissue and bony surfaces in the distal podotrochlear region are compared by six images. The combination of the different scanheads permits an improved complete visualisation in this area. Therefore these ultrasound pictures show that ultrasonography is an useful complementary investigation method that enables to precise the diagnosis.

BIBLIOGRAPHIE

- BLUNDEN A., DYSON S., MURRAY R., SCHRAMME M. Histopathology in horses with chronic palmar foot pain and age-matched controls. Part 1 : navicular bone and related structures. *Equine Vet. J.*, 2006, **38**, 15-22.
- BOLEN G., BUSONI V., JACQMOT O., SNAPS F. Sonographic anatomy of the palmarodistal aspect of the equine digit. *Vet. Radiol. Ultrasound*, 2007, **48**, 270-275.
- BUSONI V., DENOIX J.M. Diagnostic imaging of the equine foot. In: 6^o Congresso Nazionale Multisala Sive, Pisa, 29-31st Gennaio 2000, 31-40.
- BUSONI V., DENOIX J.M. Ultrasonography of the podotrochlear apparatus in the horse using a transcuneal approach: technique and reference images. *Vet. Radiol. Ultrasound*, 2001, **42**, 534-540.
- BUSONI V., MEAN MN., BRIGONE L., SNAPS F. Echographie de l'appareil podotrochléaire : étude in vitro sur 30 membres isolés de cheval. *Ann. Méd. Vét.*, 2002, **146**, 181-187.
- BUSONI V., HEIMANN M., TRENTESEAU J., SNAPS F., DONDELINGER R.F. Magnetic resonance imaging findings in the equine deep digital flexor tendon and distal sesamoid bone in advanced navicular disease: an ex vivo study. *Vet. Radiol. Ultrasound*, 2005, **46**, 279-286.
- CAUDRON I. Approche orthopédique des affections ostéoarticulaires dégénératives de l'extrémité digitale du cheval : prévention et traitement. (PhD thesis). Université de Liège : Liège, 1998, 229 p.
- DENOIX J.M., PERROT P., BOUSSEAU B., CREVIER N. Apport de l'échographie dans le diagnostic des affections articulaires chez le cheval. *Point Vét.*, 1994, **26**, 197-206.
- DENOIX J.M., TAPPERT J., Mathieu D. Magnetic resonance imaging of the foot: will this revolutionise diagnosis? In : 38th British Equine Veterinary Association (BEVA) Congress, 12-15th September 1999, 44-45.
- DYSON S., MURRAY R., SCHRAMME M., BRANCH M. Lameness in 46 horses associated with deep digital flexor tendonitis in the digit : diagnosis confirmed with magnetic resonance imaging. *Equine Vet. J.*, 2003, **35**, 681-690.
- JACKMANN B.R., BAXTER G.M., DORAN R.E., DOUGLAS A., PARKS A.H. Palmar digital neurectomy in horses. *Vet. Surg.*, **22**, 1993, 285-288.
- KELLER H., GRUNDMANN S. Radiologische Verlaufsuntersuchung der Podotrochlose. *Tierärztl. Prax.*, 1995, **23**, 46-52.
- KOTANI H., TAURA Y., SAKAI A., TSUKA T., KAGEYAMA Y., NAKAICHI M. Antemortem evaluation for magnetic resonance of the equine flexor tendon. *J. Vet. Med. Sci.*, 2000, **62**, 81-84.
- MURRAY R.C., BRIDGET L., ROBERTS M.C., SCHRAMME M., DYSON S., BRANCH M. Quantitative evaluation of equine deep digital flexor tendon morphology using magnetic resonance imaging. *Vet. Radiol. Ultrasound*, 2004, **45**, 103-111.
- POULOS P.W., BROWNA., BROWN E., GAMBOA L. On navicular disease of the horse. *Vet. Radiol.*,

1998, **30**, 54-58.

SAGE A.M., Turner T.A.
Ultrasonography of the soft tissue
structures of the equine foot.
Equine Vet. Educ., 2002, **14**, 221-
224.

SCHNEIDER N. Studie zur
sonographischen Anatomie des

Hufgelenks und der Hufrolle beim
Pferd-ein Beitrag zur Diagnose
der Podotrochlose (Inaugural
Dissertation). Freie Universität
Berlin : Berlin, 2003, 167 p.

SERTEYN D., VANSCHAEPDAEL
P., CAUDRON I., MIESEN
M., LALET P., GRULKE S.,

STAQUEZ S. Quelques notions de
l'extérieur du cheval : évaluation
clinique de la ferrure Equi + lors
de pathologies de l'articulation
interphalangienne distale. *Prat.
Vét. Equine*, 1995, **27**, 105-110.