

Échographie de l'appareil podotrochléaire : étude in vitro sur 30 membres isolés de cheval

BUSONI V., MEAN MN., BRIGNONE L., SNAPS F.

Service d'Imagerie Médicale - Faculté de Médecine Vétérinaire

Université de Liège - Boulevard de Colonster, 20 - Bât. B41 - Sart Tilman - 4000 Liège (Belgique)

RÉSUMÉ : Trente membres isolés de cheval ont été échographiés avec des sondes de fréquence 7,5 MHz utilisant la fourchette comme fenêtre acoustique (voie transcunéale), afin d'étudier l'échoanatomie de la partie distale du tendon du muscle fléchisseur profond du doigt, de déterminer la capacité à visualiser la bourse podotrochléaire et le fibrocartilage de la *facies flexoria* de l'os sésamoïde distal par échographie et donc d'évaluer la sensibilité et la spécificité de l'échographie pour la détection des anomalies de la face palmaire de l'os sésamoïde distal.

De par l'orientation de ses fibres vis-à-vis du faisceau ultrasonore, le tendon du muscle fléchisseur profond du doigt apparaît hypoéchogène. Le fibrocartilage est difficilement visible quand la bourse podotrochléaire n'est pas injectée et l'épaisseur de la bourse non injectée est négligeable à la face palmaire de l'os sésamoïde distal. La sensibilité de l'échographie par voie transcunéale pour la détection des irrégularités de la *facies flexoria* de l'OSD s'est démontrée élevée (90,91%) ; sa spécificité calculée était de 84,21%. L'échographie par voie transcunéale se révèle donc un examen intéressant dans la recherche des pathologies de la *facies flexoria* de l'os sésamoïde distal et pourrait être combinée utilement avec l'examen radiographique du pied chez les chevaux suspects de maladie naviculaire

INTRODUCTION

La maladie naviculaire (syndrome naviculaire) est bien connue des vétérinaires équins et représente une des causes les plus fréquentes de boiterie du membre antérieur chez le cheval (Colles, 1982). Ce syndrome, qui se caractérise cliniquement par une boiterie souvent bilatérale, avec réduction de la phase postérieure de la foulée, aggravée sur sol dur à main correspondante et répondant à une anesthésie digitale distale (Denoix, 1998b ; Hickman, 1989 ; Turner, 1989 ; Wright, 1993), implique une atteinte de l'appareil podotrochléaire (os sésamoïde distal, ligaments sésamoïdiens collatéraux et distal impair, tendon du muscle fléchisseur profond du doigt, bourse podotrochléaire) (Denoix, 2000). Les anomalies macroscopiques de l'appareil podotrochléaire les plus fréquemment rencontrées chez les chevaux atteints sont des pertes du fibrocartilage de l'os sésamoïde distal (OSD), les érosions du cortex palmaire de l'OSD, les fibrillations ou les lésions cen-

trales du tendon du muscle fléchisseur profond du doigt (TFPD), les adhérences entre le tendon et la surface de glissement de l'OSD et les fragments du bord distal de l'OSD (Wright *et al.*, 1998). La radiographie est la technique d'imagerie la plus utilisée pour examiner les pieds des chevaux atteints d'un syndrome naviculaire (Turner, 1989 ; Verschooten, 1990 ; Seyrek-Intas *et al.*, 1997 ; Denoix, 1998b). Cependant, plusieurs auteurs ont suggéré que le syndrome naviculaire puisse exister sans aucune anomalie radiographiquement visible (Campbell et Lee, 1972 ; Adams, 1974 ; Ackerman *et al.*, 1977 ; Denoix, 1998b) : dans ces cas cliniques, une atteinte des tissus mous de l'appareil podotrochléaire (fibrocartilage de l'OSD, bourse podotrochléaire, TFPD, ligaments de l'OSD) est alors suspectée. L'échographie, utilisée en routine en orthopédie équine pour le diagnostic des pathologies de tissus mous, devient donc intéressante comme complément à l'examen radiographique dans le dia-

gnostic des syndromes naviculaires où l'atteinte principale concerne les tissus mous.

L'examen échographique de l'appareil podotrochléaire par une approche à travers la portion palmaro-distale du paturon a été présenté pour la première fois par Hauser et collaborateurs en 1982 et illustré par Denoix en 1996. La faisabilité d'un examen échographique utilisant la fourchette comme fenêtre acoustique (voie transcunéale) a été prouvée (Busoni et Denoix, 1998), et l'aspect échographique normal des structures examinées par cette nouvelle approche a été récemment décrit (Busoni et Denoix, 2001). Néanmoins, étant donné l'application récente de cette technique à l'examen des tissus mous de l'appareil podotrochléaire et l'évolution du matériel utilisé en échographie, certains aspects de l'échoanatomie de la région, ainsi que la valeur diagnostique de la technique, restent à approfondir.

Cette étude a été réalisée pour établir l'échoanatomie de l'appareil podotrochléaire par l'examen avec deux différentes sondes électroniques (linéaire et microconvexe) de fréquence 7,5 MHz et pour évaluer la sensibilité et la spécificité de l'échographie transcutanée pour la détection des irrégularités de la *facies flexoria* de l'OSD.

Quatre objectifs ont pu être établis et ont fait l'objet d'études individuelles :

- établir l'aspect échographique normal du TFPD avec 2 sondes différentes (7,5 MHz linéaire et 7,5 MHz microconvexe) (étude 1) ;
- démontrer que l'hypoéchogénicité de la portion distale du TFPD dépend de l'orientation de ses fibres par rapport au faisceau ultrasonore et non de sa nature fibreuse ou fibrocartilagineuse (étude 2) ;
- établir si le fibrocartilage de la *facies flexoria* de l'OSD et la bourse podotrochléaire (BPT) sont échographiquement visibles utilisant des sondes électroniques de fréquence élevée (étude 3) ;
- évaluer l'échographie par voie transcutanée pour la détection des irrégularités de la *facies flexoria* en estimant la sensibilité, la spécificité et les valeurs prédictives de la technique sur un lot de 30 membres isolés examinés à l'aveugle (étude 4).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Équipement et technique

Les images échographiques ont été réalisées avec un échographe portable (Aloka SSD 900) muni de deux sondes de fréquence 7,5 MHz, dont l'une linéaire et l'autre microconvexe (linéaire courbe).

Sur chaque pied examiné, la fourchette a été parée afin d'éliminer les couches de corne sèche superficielle et d'obtenir une surface de contact plane au niveau de la lacune médiane et du corps de la fourchette. Le pied a ensuite été placé dans un bassin d'eau tiède pendant au moins 30 minutes. Du gel pour échographie a été utilisé pour remplir la lacune médiane et permettre un meilleur contact entre la sonde et la corne. La sonde a été appliquée à la face soléaire du pied au niveau de la lacune médiane ou du corps de la fourchette pour obtenir les images échographiques.

Membres isolés et images échographiques

Les images échographiques ont été obtenues sur 30 membres antérieurs isolés. Ces derniers ont été récoltés dans le Service d'Autopsie de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège et à l'abattoir de Charleroi. Aucune anamnèse sur les chevaux desquels les membres provenaient n'était disponible.

Sur chaque membre, les images échographiques ont été réalisées dans un plan longitudinal et transversal (Figure 1). Une ou deux images longitudinales selon la sonde utilisée (linéaire ou microconvexe) ont été réalisées pour explorer la partie distale de l'appareil podotrochléaire, de la moitié distale de l'OSD à l'insertion du TFPD. Sur chaque image échographique sagittale, obtenue avec la sonde linéaire, des mesures d'épaisseur de la bande hypoéchogène sensée correspondre au TFPD ont été prises au niveau du bord distal de l'OSD. Les images transversales ont été réalisées à trois niveaux différents (Figure 1) en déplaçant la sonde vers la pince : au niveau de la moitié distale de la *facies flexoria* de l'OSD, au niveau du ligament sésamoïdien distal impair (LSDI) et au niveau de l'insertion distale du TFPD. Toutes les images échographiques ont été réalisées et interprétées avant l'examen macroscopique par le même radiologue.

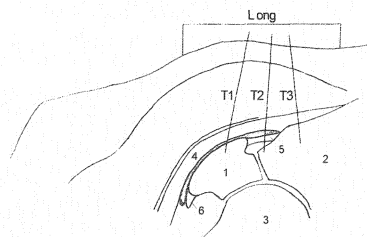


Figure 1 :
Schéma anatomique de l'appareil podotrochléaire. Le schéma est orienté avec la face soléaire du pied vers le haut comme les images échographiques.
1. Os sésamoïde distal, 2. Phalange distale, 3. Phalange moyenne, 4. Tendon du muscle fléchisseur profond du doigt, 5. Ligament sésamoïdien distal impair, 6. Ligament sésamoïdien collatéral, Long : zone examinée sur les coupes échographiques longitudinales, T1 - T3 : niveaux des coupes échographiques transversales

Examens macroscopiques

Pour confirmer, ou non, la présence d'anomalies macroscopiques de l'appareil podotrochléaire, après l'examen échographique, l'avulsion du sabot a été réalisée et les 30 pieds ont été disséqués. La *facies flexoria* de l'OSD a été examinée pour évaluer la présence de fosses synoviales, d'érosions et d'adhérences avec le TFPD. L'aspect macroscopique du TFPD a été évalué et son épaisseur sur le plan sagittal a été mesurée sur des sections transversales du tendon.

Méthodes des études individuelles

Étude n°1

Afin d'établir l'aspect échographique normal du TFPD, les images échographiques obtenues avec 2 sondes différentes de fréquence 7,5 MHz, une linéaire et une microconvexe, ont été comparées avec l'aspect anatomique macroscopique des structures examinées. Les mesures d'épaisseur obtenues sur les images échographiques ont été comparées aux mesures obtenues sur les sections anatomiques afin de confirmer la localisation de la limite palmaire du tendon sur les images échographiques sagittales.

Étude n°2

Afin de démontrer que l'hypoéchogénicité du TFPD normal dépend de l'orientation de ses fibres par rapport au faisceau ultrasonore, 5 pieds considérés échographiquement normaux ont été parés de façon à obtenir un parallélisme entre la surface de la sonde linéaire et la portion terminale du TFPD. L'échogénicité du TFPD sur les images échographiques obtenues avant et après ce parage a été comparée.

Étude n°3

La visualisation de la BPT au niveau de la face palmaire de l'OSD et de son récessus distal a été évaluée sur les 30 pieds isolés. Sur les pieds considérés échographiquement normaux (28), la BPT a ensuite été injectée avec de l'eau jusqu'à distension maximale (aiguille 21G x 5cm, implantation de l'aiguille sur le plan sagittal juste au-dessus du bord coronaire des talons, volume injecté : 5 à 8 cc selon la taille du pied) pour mieux visualiser la limite dorsale du

Étude n°4

Une comparaison directe a été faite entre l'examen échographique et l'examen macroscopique. La sensibilité, la spécificité et les valeurs prédictives de l'examen échographique ont été calculées (IC 95%) afin d'évaluer son pouvoir diagnostique pour les irrégularités de la surface palmaire de l'OSD en utilisant les résultats de l'examen macroscopique comme référence ("gold standard") (Mackinnon, 2000; Schechter, 1986). A cause du faible nombre de membres pathologiques dans le lot de cette étude, toutes les irrégularités de la surface palmaire de l'OSD ont été incluses dans le groupe des positifs, comprenant donc les fosses synoviales et les érosions pathologiques. Par comparaison avec les résultats de l'examen macroscopique, les résultats de l'examen échographique ont été classés en vrai positif (vp), faux positif (fp), vrai négatif (vn), faux négatif (fn). La sensibilité, définie comme la proportion des sujets réellement atteints (positifs à la méthode de référence) correctement diagnostiqués positifs par le test, a été calculée selon la formule : $vp/(vp + fn) \times 100$. La spécificité, définie comme la proportion des sujets réellement négatifs (négatifs à la méthode de référence) correctement identifiés comme tels par le test, a été calculée selon la formule : $vn/(vn + fp) \times 100$. Les valeurs prédictives positive (VPP) et négative (VPN), considérées comme la probabilité que, dans un lot où la fréquence de l'anomalie recherchée a une valeur p (prévalence), un sujet positif au test soit réellement atteint (VPP) ou un sujet négatif au test soit réellement non atteint (VPN) ont été calculées selon les formules simplifiées : $VPP = (vp / (vp + fp)) \times 100$; $VPN = (vn / (vn + fn)) \times 100$. Le coefficient Kappa (k) a été calculé pour estimer l'accord entre les résultats de l'examen échographique et de l'examen macroscopique et comparer la concordance observée à la concordance aléatoire (Mackinnon, 2000). Les résultats de l'examen macroscopique et de l'examen échographique ont été comparés avec le test exact de Fisher. Une valeur de $p < 0,05$ a été considérée statistiquement significative.

RÉSULTATS

Examen macroscopique

Parmi les 30 membres isolés examinés à l'échographie, 2 membres étaient macroscopiquement pathologiques, 28 apparaissaient macroscopiquement normaux. Les 2 membres pathologiques présentaient un fibrocartilage de l'OSD jaune-brunâtre, d'aspect aminci, une érosion de toute l'épaisseur du cortex palmaire de l'OSD, une lésion intratendineuse rouge-brunâtre dans le TFPD, une coloration jaune de la face dorsale de ce tendon associée à une fibrillation et des adhérences entre le TFPD et l'OSD au niveau de l'érosion de l'os compact.

Dans les 28 membres non pathologiques, les TFPD étaient macroscopiquement normaux, à l'exception de 2 membres dont la face dorsale du tendon présentait une coloration jaune. Le fibrocartilage de l'OSD apparaissait épais, blanc, lisse et luisant dans 14 pieds, très légèrement jaunâtre sur une partie de la *facies flexoria* dans les 14 autres cas. Neuf OSD présentaient des dépressions de la surface de glissement tendineux caractérisables comme fosses synoviales. Toutes les fosses synoviales détectées étaient transversales, localisées dans le tiers moyen de la *facies flexoria* au niveau de la crête sagittale et de taille inférieure à 5 mm sur 3 mm.

Examen échographique : échoanatomie et échogénicité du TFPD, visualisation du fibrocartilage normal et de la BPT

Images échographiques longitudinales normales (Figures 2 et 3)

Sur les images longitudinales obtenues avec la sonde linéaire, l'os compact de la *facies flexoria* de l'OSD et la face soléaire de la phalange distale apparaissent comme deux lignes hyperéchogènes séparées et localisées à des profondeurs différentes. Seule la portion distale de la *facies flexoria* de l'OSD peut être visualisée par voie transcutanée. Le bord distal de l'OSD a une forme arrondie et la partie moyenne de la *facies flexoria* apparaît aplatie médialement et latéralement à la crête sagittale. La face soléaire de la phalange distale présente une forme très variable, rarement rectiligne, selon les sujets. Avec la sonde linéaire la portion distale de l'OSD et la surface d'insertion du

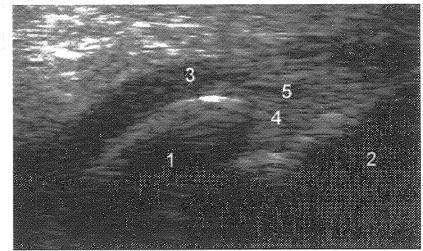


Figure 2 :
Image échographique normale de l'appareil podotrochléaire : coupe sagittale.
1. Os sésoïde distal, 2. Phalange distale, 3. Tendon du muscle fléchisseur profond du doigt, 4. Ligament sésoïdien distal impair, 5. Bourse podotrochléaire.

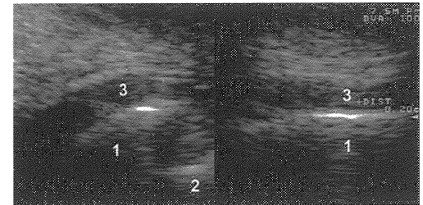


Figure 3 :
Images échographiques normales de l'appareil podotrochléaire : coupes sagittale à gauche et transversale au niveau de l'os sésoïde distal à droite.
1. Os sésoïde distal, 2. Phalange distale, 3. Tendon du muscle fléchisseur profond du doigt.

TFPD sur la phalange distale peuvent être visualisées sur la même image échographique. Avec la sonde microconvexe deux coupes longitudinales sont nécessaires pour visualiser toute la partie explorable de l'appareil podotrochléaire.

Le TFPD apparaît comme une bande légèrement hypoéchogène qui couvre la face palmaire de l'OSD et qui rejoint la phalange distale dans sa portion terminale. Sa structure fibrillaire est plus évidente sur les images longitudinales obtenues avec la sonde linéaire. Sur les coupes longitudinales obtenues avec la sonde microconvexe l'hypoéchogénicité du tendon n'est pas homogène à cause de la divergence du faisceau ultrasonore. L'épaisseur du TFPD, mesurée sur les images échographiques sagittales linéaires depuis la surface de l'OSD jusqu'à l'interface entre la bande hypoéchogène et le tissu échogène palmaire à celle-ci, était d'environ 2-3 mm au niveau des 5 mm distaux de l'OSD. Les mesures obtenues sur les sections anatomiques confirmaient la même épaisseur de 2 à 3 mm sur le plan sagittal, démontrant ainsi que l'interface choisie comme limite palmaire de la mesure correspond à la face palmaire du TFPD. L'épaisseur du tendon augmente distalement vers son insertion, mais sa limite dorsale devient plus difficile à établir au niveau du LSDI. A ce même niveau, le récessus distal de la BPT est visua-

lisé de façon inconstante. A la face palmaire du TFPD, une bande hyperéchogène par rapport au tendon, d'une épaisseur approximative de 2 mm représente la terminaison du ligament annulaire digital distal.

Images échographiques transversales normales (Figures 3 et 4)

Les images transversales n'ont pu être obtenues sur tous les membres isolés qu'au moyen de la sonde microconvexe.

Sur les images transversales obtenues au niveau de l'OSD, le TFPD apparaît hypoéchogène à cause de l'orientation du faisceau ultrasonore par rapport aux fibres tendineuses. Sa forme bilobée est visible chez les chevaux qui présentent une fourchette large, et donc, où la taille de l'image est plus importante grâce à la plus grande surface de contact. En déplaçant la sonde vers la pince, le TFPD peut être visualisé à la face palmaire du LSDI et au niveau de son insertion distale.

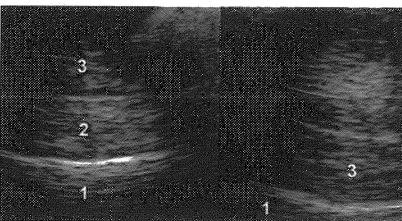


Figure 4:
Images échographiques normales de l'appareil podotrochléaire : coupes transversales au niveau du ligament sésamoïdien distal (gauche) et au niveau de la phalange distale (droite).
1. Phalange distale, 2. Ligament sésamoïdien distal impair, 3. Tendon du muscle fléchisseur profond du doigt.

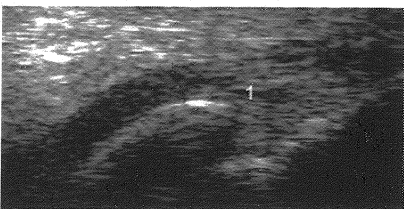


Figure 5:
Image échographique normale de l'appareil podotrochléaire : coupe sagittale.
1. Bourse podotrochléaire.

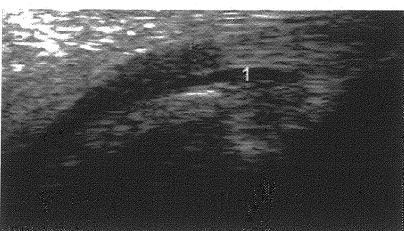


Figure 6:
Image échographique normale de l'appareil podotrochléaire : coupe sagittale.
1. Bourse podotrochléaire après injection.

Tableau I : Comparaison des résultats de l'examen échographique transcunéal avec l'examen macroscopique : sensibilité, spécificité et valeurs prédictives.

Examen macroscopique	Examen échographique		
	Positif	Négatif	
Positif	10	1	11
Négatif	3	16	19
	13	17	30

IC 95% ; Sensibilité 90,91% (58,72% - 99,77%) ; Spécificité 84,21% (60,42% - 96,62%) ; Valeur prédictive positive 76,92% (46,19% - 94,96%), Valeur prédictive négative 94,12% (71,31% - 99,85%)

À la face palmaire du LSDI sur certains membres isolés, le récessus distal de la BPT est visible. À ce niveau, le tendon apparaît plus échogène car il est possible d'orienter la sonde de façon à ce qu'un angle plus proche de 90° soit obtenu entre le faisceau ultrasonore et le tendon.

Échogénicité du TFPD

Sur 5 membres isolés, des images longitudinales (sonde linéaire 7,5 MHz) après une préparation de routine ont été comparées avec des images obtenues après un parage plus important de la partie postérieure de la fourchette. La portion distale du TFPD est hypoéchogène sur les images obtenues avec la préparation de routine. Le second parage, plus important en partie postérieure de la fourchette, a permis l'orientation de la sonde linéaire de façon à obtenir un angle proche de 90° entre le faisceau ultrasonore et les fibres tendineuses. Le TFPD apparaît alors plus échogène par rapport aux images obtenues avant ce parage. L'hypoéchogénicité du TFPD sur les images longitudinales normales est donc due à un manque de parallélisme entre la surface de la sonde linéaire et les fibres tendineuses sur des pieds normalement conformés.

Fibrocartilage de la facies flexoria de l'OSD et BPT

L'apparence échographique du fibrocartilage de l'OSD et de la BPT a été étudiée sur les 28 membres non pathologiques. Le fibrocartilage normal est difficilement visible sans injection de la BPT. Après injection de la bourse, une bande anéchogène (0,4 - 0,5 mm), délimitée palmairement par une fine ligne échogène, est visible sur certains membres isolés au

niveau du tiers distal de l'OSD. La visualisation du fibrocartilage après injection reste liée à la forme de l'OSD et à la conformation du pied examiné qui font que chez certains chevaux, un angle de 90° entre la surface de l'OSD et le faisceau ultrasonore est plus facilement obtenu.

Le récessus distal de la BPT était visible sans injection sur 15 membres macroscopiquement sains. Il apparaît comme une fine bande anéchogène entre le LSDI et le TFPD (Figures 2 et 5) ; sa taille varie de 0,5 à 1,5 mm d'épaisseur. Après injection avec de l'eau jusqu'à distension maximale de la bourse, le récessus distal de la BPT a une taille comprise entre 1,5 et 3 mm sur les images longitudinales (Figure 6). La BPT non injectée n'est jamais visible à la face palmaire de l'OSD (Figure 5).

Sensibilité et spécificité de l'échographie pour la détection des irrégularités de la facies flexoria (tableau I)

La sensibilité de l'échographie pour la détection des irrégularités de la surface palmaire de l'OSD obtenue dans cette étude était de 90,91% (95% IC 58,72 - 99,77), la spécificité de 84,21% (95% IC 60,42 - 96,62). La valeur prédictive positive calculée était de 76,92 % (95% IC 46,19 - 94,96), la valeur prédictive négative de 94,12 % (95% IC 71,31 - 99,85). Le coefficient k obtenu était égal à 0,7235, indiquant une concordance substantielle entre les résultats de l'examen échographique et l'examen macroscopique. L'association entre la présence de fosses synoviales et d'érosions de la face palmaire de l'OSD à l'examen macroscopique et la présence de signes échographiques suggérant une dépression de la facies

flexoria était statistiquement significative ($p = 0,0001$) dans cette étude.

L'examen échographique avait identifié 11 dépressions de la face palmaire de l'OSD et 2 érosions du cortex palmaire, pour un total de 13 irrégularités de surface (fosses synoviales + érosions pathologiques). Les dépressions se présentaient comme un changement de forme du profil hyperéchogène de l'os compact, avaient des bords arrondis et pouvaient être identifiées sur les images échographiques sagittales. Ces images échographiques ont été interprétées comme fosses synoviales (Figure 7). Les 2 érosions considérées pathologiques étaient visibles sur les coupes échographiques longitudinales et transversales et apparaissaient comme des dépressions profondes de la *facies flexoria* avec un fond irrégulier et des bords anguleux et tranchants (Figure 8).

A l'examen macroscopique, un total de 11 irrégularités de surface (9 fosses synoviales et 2 érosions) avait été démontré (prévalence 36,67%). Huit fosses synoviales et 2 érosions pathologiques identifiées à l'échographie ont été confirmées macroscopiquement (10 vrais positifs). Une fosse synoviale retrouvée à l'examen macroscopique n'avait pas été identifiée à l'examen échographique (1 faux négatif) et l'examen échographique avait montré des dépressions

Tableau II : Résultats de l'échographie transcutanée et de l'examen macroscopique sur 30 membres isolés.

Examen macroscopique		Examen échographique		
		Positif	Négatif	
Positif	Ligne 091%	Ligne 009%	36,67%	
	Col. 077%	Col. 006%		
Négatif	Ligne 016%	Ligne 084%	63,33%	
	Col. 023%	Col. 094%		
		43,33%	56,67%	N = 30

de la surface palmaire sur 3 OSD sur lesquels aucune fosse synoviale ou érosion du cortex palmaire n'a été démontrée à l'examen macroscopique (3 faux positifs).

Le Tableau I montre la comparaison directe entre l'examen échographique et l'examen macroscopique ainsi que les paramètres de sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et valeur prédictive négative. Le Tableau II détaille les pourcentages de chaque catégorie de résultats.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'examen échographique de l'appareil podotrochléaire a été facile à réaliser sur tous les membres isolés utilisés dans cette étude. L'approche échographique par la fourchette a permis d'obtenir des images échographiques de qualité diagnostique de la partie distale de l'appareil podotrochléaire, grâce à l'utilisation de

sondes de fréquence 7,5 MHz, comme dans l'étude de Busoni et Denoix (2001). Dans cette étude, les sondes utilisées étaient des sondes électroniques, alors que l'étude précédente (Busoni et Denoix, 2001) reportait l'usage d'une sonde sectorielle mécanique. Une ablation partielle de la fourchette, jugée nécessaire par l'étude précédente (Busoni et Denoix, 2001) pour obtenir des images avec une sonde linéaire, n'a pas été indispensable sur les 30 pieds isolés examinés. Le parage effectué sur les pieds isolés a été léger et est tout à fait applicable in vivo. La fourchette a été parée de façon à obtenir une surface plane et la seule difficulté rencontrée pour produire les images longitudinales avec la sonde linéaire a été de maintenir un contact suffisant entre la sonde et la fourchette dans les cas où celle-ci était étroite. La possibilité d'utiliser in vivo une sonde linéaire de fréquence 7,5 MHz de 5 cm de longueur, comme celle utilisée de routine pour l'échographie de l'appareil locomoteur chez le cheval, pour obtenir des images longitudinales par voie transcutanée est donc confirmée par cette étude : l'examen échographique transcutané est donc accessible aux vétérinaires sur le terrain. Néanmoins, la forme de la fourchette, particulièrement sa largeur et la profondeur de la lacune médiane, peut influencer la qualité de l'image et le contact entre la sonde et le pied : les pieds ayant une lacune médiane large et peu profonde sont plus faciles à examiner que les pieds ayant une lacune médiane étroite et profonde, ceux-ci offrant une surface de contact sonde-fourchette limitée. La taille de la fourchette détermine la taille de la fenêtre acoustique : la sonde microconvexe permet d'obtenir des images longitudinales et transversales alors que la sonde linéaire ne peut être utilisée que pour obtenir des images longitudinales. En effet, pour l'obtention des images transversales, les barres empêchaient un contact entre la sonde linéaire et la fourchette sur

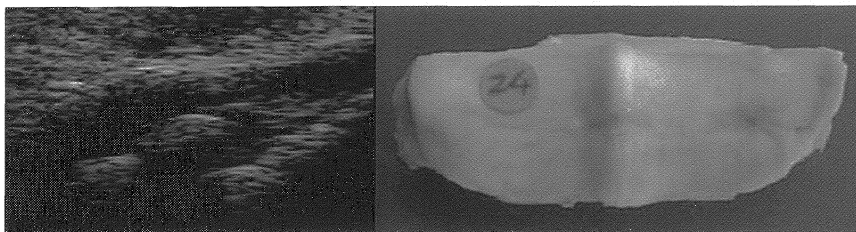


Figure 7 : Image échographique sagittale de l'appareil podotrochléaire à gauche et aspect macroscopique de la *facies flexoria* de l'os sésamoïde distal du même pied. La *facies flexoria* présente une fosse synoviale sagittale, allongée dans le sens latéro-médial. Sur l'image échographique, la fosse synoviale est visible comme une légère dépression dans la ligne hyperéchogène de la *facies flexoria*.

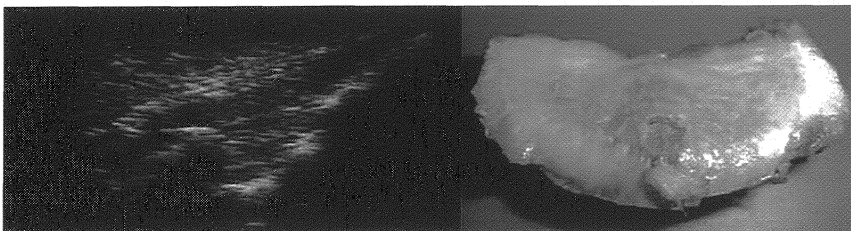


Figure 8 : Image échographique sagittale de l'appareil podotrochléaire à gauche et aspect macroscopique de la *facies flexoria* de l'os sésamoïde distal du même pied. L'os sésamoïde distal présente une érosion sagittale entre le tiers moyen et le tiers distal de la *facies flexoria* ; à ce niveau des adhérences avec le tendon du muscle fléchisseur profond du doigt sont visibles. Sur l'image échographique, l'érosion de l'os sésamoïde distal est visible comme une dépression marquée à bords tranchants de la ligne hyperéchogène de la *facies flexoria*.

presque tous les pieds utilisés dans cette étude.

L'échogénicité du TFPD reste difficile à interpréter sur les images obtenues avec les deux sondes, étant donné que le tendon normal apparaît toujours hypoéchogène. En plus sur les images longitudinales obtenues avec la sonde microconvexe, l'échogénicité de la structure linéaire du tendon n'est pas homogène en conséquence de la divergence du faisceau ultrasonore. Avec la sonde linéaire, le TFPD reste hypoéchogène à cause du manque de parallélisme entre ses fibres et la surface de la sonde. La différence d'échogénicité entre la partie fibreuse et la partie fibrocartilagineuse du TFPD, reportée par l'étude précédente (Busoni et Denoix, 2001), n'a pas été mise en évidence par cette étude. La comparaison des épaisseurs du TFPD mesurées sur les images échographiques et sur les sections anatomiques suggère que la bande hypoéchogène à la face palmaire de l'OSD correspond sur le plan sagittal à l'entièreté de la section du tendon. La bande hyperéchogène palmaire à cette structure correspondrait plus vraisemblablement à la portion distale du ligament annulaire digital distal.

La visualisation aisée du récessus distal de la BPT suggère que l'échographie puisse être utilisée pour détecter ses anomalies avec distension synoviale. Toutefois des études sur un plus grand nombre de membres pathologiques sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

L'impossibilité de visualiser le fibrocartilage de l'OSD sur des membres normaux empêche l'utilisation de cette technique pour la détection des anomalies qui n'impliquent pas l'os compact de celui-ci. La détection des fosses synoviales par cette technique est donc difficile à expliquer. Les fosses synoviales sont définies comme des indentations focales ovoïdes du fibrocartilage dans une dépression peu profonde de la crête sagittale (Pool et al., 1989). Ces fosses synoviales sont décrites chez des chevaux sains (Pool et al., 1989 ; Poulos, 1983 ; Poulos et Brown, 1989) . Chez les chevaux atteints de syndrome naviculaire, ces fosses ont tendance à se remplir de tissu de granulation et deviennent des sites préférentiels d'adhésion avec le TFPD (Pool et al., 1989 ; Gabriel, 1997).

Les images échographiques interprétées comme fosses synoviales se présentaient comme des dépressions aux bords arrondis de la ligne hyperéchogène de l'os compact. L'aspect échographique différent du profil hyperéchogène de l'os en présence des fosses synoviales identifiées peut être expliqué par la dépression de l'os compact de la crête sagittale associée à ces fosses (Pool et al., 1989). La profondeur de la dépression de la crête sagittale pourrait donc être plus importante que la taille de la fosse synoviale pour l'identification échographique d'un changement du profil palmaire de l'OSD sur le plan sagittal et expliquerait en partie pourquoi les fosses synoviales ont été suspectées exclusivement sur les images sagittales. Macroscopiquement aucune différence n'était visible entre la fosse synoviale non identifiée et celles détectées à l'examen échographique. Aucun examen histologique n'a été réalisé sur les OSD dans cette étude.

Les caractéristiques échographiques différentes des dépressions de la *facies flexoria*, mises en évidence par cette étude, pourront permettre de différencier les fosses synoviales des érosions pathologiques lors de l'application de la technique sur des cas cliniques. Sur les membres de cette étude, les fosses synoviales se différenciaient échographiquement des érosions pathologiques, par leurs bords, leur profondeur ainsi que par leur taille et leur localisation. Les fosses synoviales avaient une taille inférieure aux érosions des 2 membres pathologiques, elles étaient visibles sur les seules coupes sagittales et leur localisation était légèrement plus proximale. A cause de ces différences, les érosions pathologiques étaient plus faciles à diagnostiquer à l'échographie, ce qui rendrait la technique encore plus intéressante à des fins diagnostiques. Néanmoins le nombre de membres pathologiques dans le lot de 30 membres examinés étant faible, cette hypothèse reste à confirmer.

La sensibilité et la spécificité élevées (respectivement 90,91% et 84,21%) de l'échographie transcunéale calculées dans cette étude et l'association significative entre signes échographiques et altérations de la surface palmaire de l'OSD suggèrent l'utilité de l'échographie dans le diagnostic des anomalies de la *facies flexoria*.

En plus les pré-requis nécessaires pour un test diagnostique, l'applicabilité à la plupart des patients et la capacité de produire des images diagnostiques, semblent confirmés par cette étude. Néanmoins les limites de la technique liées à l'impossibilité d'obtenir des images de bonne qualité sur les chevaux ayant une corne trop sèche et sur les chevaux avec une fourchette très étroite doivent être rappelées.

Enfin cette étude a été réalisée sur base des résultats obtenus à l'échographie par un seul lecteur. L'échographie étant une technique hautement opérateur-dépendant, des études inter observateurs, si possible avec lecteurs de degrés d'expérience différents, devraient être conduites avant de suggérer l'échographie par voie transcunéale comme méthode diagnostique de routine à associer à l'examen radiographique du pied dans le diagnostic de syndrome naviculaire.

SUMMARY

Ultrasonography of the podotrochlear apparatus: an in vitro study on 30 equine isolated limbs.

Thirty equine isolated limbs have been examined by ultrasonography (7.5 MHz probes) using the frog as acoustic window. The aims of the study were to establish the ultrasonographic anatomy of the distal portion of the deep digital flexor tendon, to determine the capability to visualize podotrochlear bursa and flexor surface fibrocartilage by ultrasound and to evaluate the sensitivity of ultrasonography for the assessment of flexor surface abnormalities.

Because of the relative orientation of the ultrasound beam and the deep digital flexor tendon fibers, this tendon always appears hypoechogenic on transcunéal ultrasonographic images. The flexor surface fibrocartilage is difficult to see if the podotrochlear bursa is not injected. The thickness of the normal bursa is negligible at the palmar

<p>aspect of the distal sesamoid bone.</p> <p>Sensitivity of ultrasonography for the detection of flexor sur-</p>	<p>face irregularities was high (90,91%), sensitivity was 84,21%. Ultrasonography using the transcuneal approach could</p>	<p>be an useful adjunct to routine radiographic examination of the foot in the assessment of flexor surface irregularities.</p>
---	--	---

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMAN N., JOHNSON J.H., DORN C.R. Navicular disease in the horse: risk factors, radiographic changes and response to therapy. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 1977, **170**,183-187.
- ADAMS O.R. Lameness in horses. Lea & Febiger : Philadelphia, 1974, 905 p.
- BUSONI V., DENOIX J.M. Ultrasonographic examination of the podotrochlear apparatus in the horse using a transcuneal approach. Proceedings of the European Association of Veterinary Diagnostic Imaging 5th Annual Conference, 1998, O39.
- BUSONI V., DENOIX J.M. Ultrasonography of the podotrochlear apparatus using a transcuneal approach: technique and reference images *Vet. Radiol. Ultrasound*, 2001, **42**, 534-540.
- CAMPBELL J.R., LEE R. Radiological techniques in the diagnosis of navicular disease. *Equine Vet. J.*, 1972, **4**,135-138.
- COLLES C.M. Navicular disease and its treatment. *In Practice*, 1982, **4**, 29-34.
- DENOIX J.M. Ultrasonographic examination in the diagnosis of joint disease. In: McIlwraith C.W., Trotter W.B. (Eds.), *Joint Disease in the Horse*. WB Saunders : Philadelphia, 1996, 165-202.
- DENOIX J.M. Joints and miscellaneous tendons. In: Rantanen N.W., McKinnon A.O. (Eds.), *Equine Diagnostic Ultrasonography*. Williams and Wilkins : Baltimore, 1998a, 475-514.
- DENOIX J.M. Symptomatology et diagnostic du syndrome naviculaire. Proceedings de la journée de la Société des Vétérinaires Suisses, 1998b, 76-78.
- DENOIX J.M. The equine distal limb. An atlas of clinical anatomy and comparative imaging. Manson Publishing : London, 2000, 390 p.
- DENOIX J.M., BUSONI V. Ultrasonography of joints and synovia. In: White N.A., Moore J.N. (Eds.), *Current techniques in equine surgery and lameness*. WB Saunders : Philadelphia, 1998, 643-654.
- GABRIEL A. Étude morphologique du petit sésamoïde du cheval. Relations éventuelles avec la pathologie. (PhD Thesis). Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège, 1997, 317p.
- HAUSER M.L., RANTANEN N.W., MODRANSKY P.D. Ultrasound examination of distal interphalangeal joint, navicular bursa, navicular bone and deep digital flexor tendon. *Equine Vet. Sci.*, 1982, **2**, 95-97.
- HICKMAN J. Navicular disease - What are we talking about? *Equine Vet. J.*, 1989, **21**, 395-398.
- MACKINNON A. A spreadsheet for the calculation of comprehensive statistics for the assessment of diagnostic tests and inter-rater agreement. *Comput. Biol. Med.*, 2000, **30**, 127-134.
- POOL R.R., MEAGHER D.M., STOVER S.M. Pathophysiology of navicular syndrome. *Vet. Clin. North Am.: Equine Pract.*, 1989, **5**, 109-129.
- POULOS P.W. Correlation of radiographic signs and histologic changes in navicular disease. Proceedings of the American Association of Equine Practitioners, 1983, **29**, 241-255.
- POULOS P.W., BROWN A. On navicular disease in the horse. A roentgenological and Patho-anatomic Study. Part 1. Evaluation of the Flexor Central Eminence. *Vet. Radiol.*, 1989, **30**, 50-53.
- SEYREK-INTAS D., TELLHELM B., RECKELS F.J. Interpretation and diagnostic value of some radiological findings in the navicular bone. Proceedings of the International Veterinary Radiology Association 11th Meeting, 1997, 5.
- SCHECHTER M. Evaluation of diagnosis process. In: Troidl H. *Principles and practice of research: strategies for surgical investigators*. Springer-Verlag : New-York, 1986, 193-206.
- TURNER T.A. Diagnosis and treatment of the navicular syndrome in horses. *Vet. Clin. North Am.: Equine Pract.*, 1989, **5**, 131-144.
- VERSCHOOTEN F. The importance of lateromedial view for the radiographic diagnosis of navicular disease. *Vet. Annual*, 1990, **30**, 172-180.
- WRIGHT I.M. A study of 118 cases of navicular disease: clinical features. *Equine Vet. J.*, 1993, **25**, 488-492.
- WRIGHT I.M., KIDD L., THORP B.H. Gross, histological and histomorphometric features of the navicular bone and related structures in the horse. *Equine Vet. J.*, 1998, **30**, 220-234.