

LE TRAITEMENT CHIRURGICAL DES FRACTURES DU DOIGT CHEZ LE CHEVAL, ASSISTÉ PAR LE SCANNER

CT-ASSISTED SURGICAL TREATMENT OF EQUINE DIGIT FRACTURES

Par Roland PERRIN, Thomas LAUNOIS, Jean-Michel VANDEWEERD, Laurent BROGNIEZ et Francis DESBROSSE
(Communication présentée le 17 décembre 2009)

RÉSUMÉ

Chez le cheval de sport, les fractures du doigt et, particulièrement, celles des première et troisième phalanges, sont fréquentes. Ces fractures peuvent être simples ou comminutives et sont souvent intra-articulaires. Une bonne reconstruction et une solide stabilisation sont nécessaires pour éviter le développement d'une ostéo-arthrite. La chirurgie des fractures assistée par le scanner (tomodensitométrie) repose sur l'acquisition d'images, avant ou pendant l'acte chirurgical, qui permettent d'obtenir une visualisation de la fracture en deux ou trois dimensions et qui aident le chirurgien dans sa décision et dans son geste chirurgicaux. Nous utilisons le scanner soit en per-opératoire, soit en préopératoire, comme pour préparer l'intervention sur une fracture du pied chez le cheval en position debout. Le but de cette publication est de présenter ces deux modalités d'utilisation du scanner et de les illustrer par trois cas cliniques: une fracture de la troisième phalange et deux types différents de fracture de la première phalange.

Mots-clés: chirurgie des fractures, scanner, cheval, phalange, naviculaire.

SUMMARY

In sport horses, fractures of the digit are common, especially in the distal and proximal phalanxes. They can be simple or comminuted, and they are frequently intra-articular. Accurate reconstruction and strong stabilisation are compulsory to limit the development of osteoarthritis. CT-assisted surgery relies on the acquisition of images before or during the surgical procedure, to visualize the fracture in two or three dimensions, and assist the surgeon in his decision and surgical procedure. We use computed tomography pre- or preoperatively, as when preparing surgery on a foot with the horse standing. The objective of this article is to present both techniques and describe three clinical cases: a fracture of the distal phalanx and two different types of fractures of the proximal one.

Key words: surgical repair of fractures, CT-scan, horse, phalanx, navicular.

(1) Clinique Vétérinaire Equine - 18, rue des Champs - La Brosse - 78470 Saint Lambert des Bois.

INTRODUCTION

Chez le cheval de sport, les fractures du doigt et, particulièrement des première et troisième phalanges, sont fréquentes (Ruggles 2003 ; Dyson 2003). Ces fractures peuvent être simples ou comminutives. Elles sont souvent intra-articulaires. Une reconstruction précise de la fracture et une stabilisation solide sont nécessaires pour éviter le développement d'une ostéoarthrite. La résistance des implants aux charges importantes qui vont être appliquées sur le membre fracturé, durant la phase de réveil après anesthésie et durant la phase de convalescence, est également un facteur de réussite. Le cheval ne peut pas mettre continuellement de la charge sur le membre opposé au membre fracturé, en attendant que la fracture cicatrise, au risque de développer une fourbure qui compromettrait son pronostic vital. Si la fracture est bien reconstruite, les charges sur les implants seront faibles (Nunamaker 2000), d'où l'importance de bien connaître la configuration de la fracture avant l'intervention. Habituellement, ces informations sont données par la radiographie. Lorsqu'elles sont insuffisantes, on doit avoir recours à de larges ouvertures de la peau ou des articulations (Kraus *et al.* 2004), impossibles à envisager pour les fractures du pied, du fait de la présence du sabot. L'absence de muscles dans la région du paturon augmente aussi les risques de complications septiques par contamination du site de la fracture à partir de la peau. Il faut donc privilégier des abords mini-invasifs dans le traitement chirurgical de ces fractures, ce qui impose d'utiliser des techniques d'imagerie plus récentes, fournissant des informations plus précises que celles de la radiographie. La conséquence en est le développement actuel, en chirurgie vétérinaire, de la chirurgie assistée par l'amplificateur de brillance et par l'ordinateur en per-opératoire (Andritsky *et al.* 2005 ; Rossol *et al.* 2008), mais aussi de la chirurgie assistée par le scanner en pré-opératoire (Rose *et al.* 1997 ; MacDonald *et al.* 2009). Pour notre part, nous avons cherché, depuis plusieurs années, à développer la chirurgie des fractures assistée par le scanner : elle repose sur l'acquisition, avant ou pendant l'opération chirurgicale, d'images qui permettent de visualiser la fracture en deux dimensions ou en trois dimensions et qui aident le chirurgien dans sa décision thérapeutique et dans son geste chirurgical. En chirurgie orthopédique humaine, la chirurgie assistée par le scanner est considérée comme le « gold standard », et on s'y réfère pour évaluer l'efficacité des nouvelles techniques (Kendoff *et al.* 2007). Toutefois, du fait du moindre encombrement de l'amplificateur de brillance par rapport à celui du scanner, la chirurgie orthopédique assistée par le premier se développe plus rapidement que celle assistée par le second. À notre connaissance, seule notre équipe a publié sur la possibilité d'utiliser le scanner chez le cheval en per-opératoire (Perrin 2008) et de réaliser une préparation chirurgicale de la fracture du pied chez le cheval debout (Vandeweerd *et al.* 2009 ; Perrin *et al.* 2009). Le but de cette publication est de présenter les avancées de ces deux techniques dans la réduction des fractures du doigt, puis de les illustrer par trois cas cliniques.

MATÉRIEL, MÉTHODES ET TECHNIQUE CHIRURGICALE

Le scanner que nous utilisons, un Equine XCT 3000 (Norland-Stratec Medical Syst, Germany), permet de réaliser une tomographie numérisée quantitative périphérique, encore dénommée par le sigle pQCT pour *peripheral quantitative computed tomography*. Ses caractéristiques ont déjà été décrites précédemment (Desbrosse *et al.* 2008 ; Perrin 2008).

Utilisation du scanner lors de fracture de la troisième phalange ou de l'os naviculaire chez le cheval debout

Avant l'intervention chirurgicale

Une radiographie dorso-palmaire horizontale du pied est réalisée pour évaluer son aplomb latéro-médian. En fonction du résultat, le pied est paré pour obtenir, par le scanner, des coupes le plus possible parallèles à l'axe transverse de l'os naviculaire ou de la troisième phalange. Des drains radio-opaques de trois cm de long et de deux de large (Multitubular Drain, Porges, France) sont fixés avec une colle (Colle Cyanoacrylate, Auchan, France) sur chaque côté du sabot, parallèlement à la couronne, à un niveau dépendant de celui de la fracture à traiter. Le membre est positionné dans l'anneau du scanner et 10 coupes sont réalisées tous les deux millimètres. La fracture est identifiée sur les coupes en 2D, puis en 3D. Une ligne représentant le placement virtuel de la vis est dessinée en utilisant le logiciel informatique. L'utilisation de la fonction « cropping » (recadrage) permet de confirmer le bon placement virtuel. La ligne est ensuite prolongée jusqu'à la paroi sur laquelle ont été collés les drains radio-opaques. Un point rouge est placé à chaque intersection de la ligne avec la paroi. La longueur de la vis virtuelle, ainsi que les distances entre la paroi et l'os d'une part, et entre la paroi et la ligne de fracture d'autre part, sont alors mesurées. Les coupes 2D qui affichent les points rouges sont identifiées et leur numéro est noté. Chaque coupe est associée, le long de l'axe de l'anneau, à une position appelée position Z. L'anneau est capable de se repositionner exactement à la hauteur de la coupe sélectionnée et un faisceau laser permet de visualiser la coupe sur le pied du cheval. Cette ligne est dessinée sur les drains à l'aide d'un marqueur. L'intersection entre le drain et cette ligne est indiquée par une marque avec un feutre. Lorsque le pied est retiré du scanner, la corne du sabot est forée avec une mèche de deux mm de diamètre, à l'endroit de la marque. Ces repères sont utilisés lors de l'opération chirurgicale.

Intervention chirurgicale proprement dite

L'opération est réalisée chez le cheval anesthésié et couché sur le côté. Après la réalisation de l'asepsie et la pose des champs opératoires, un instrument destiné à guider le forage (C clamp) est positionné sur les marques, puis un premier forage de 4,5 mm de diamètre pour la troisième phalange et de 3,5 mm pour l'os naviculaire est réalisé jusqu'au trait de fracture. Après

avoir mis en place le guide mèche dans le premier forage, un deuxième est réalisé avec une mèche de 3,2 mm de diamètre ou de 2,8 mm suivant l'os, au-delà du trait de fracture. Un forage de 8 mm de diamètre est ensuite réalisé de la paroi jusqu'à l'os : il assure le passage de l'instrument qui permettra d'évaser la corticale de l'os pour positionner la tête de la vis. Le trou est taraudé, puis la vis est choisie en fonction de la longueur préalablement calculée, et positionnée. Le trou de la paroi est comblé par de la cire à os et un pansement du pied est effectué. Le cheval est mis dans le box de couchage et un réveil assisté à deux longues (tête et queue) est mis en place. Suivant le type de fracture, le cheval est plâtré ou non, après le réveil.

Utilisation du scanner en per-opératoire lors de traitement chirurgical de fracture de la première ou deuxième phalange

Le cheval est anesthésié et mis en décubitus latéral, le membre fracturé au-dessus. Le plâtre est retiré et le membre nettoyé. La zone d'intervention chirurgicale est préparée et désinfectée. Une attelle stérile et le membre sont solidarités par une bande crêpe et un ou deux champs collants stériles. Le membre est passé dans l'anneau du scanner. Lorsqu'il est bien positionné, le scanner et le membre sont recouverts de champs stériles imperméables (*figure 1*). Nous fixons, par des agrafes le long du paturon, des drains radio-opaques doubles, alternés avec des simples et espacés d'un à deux cm. Si les bouts fracturés sont déplacés, des clamps sont utilisés pour les repositionner et un contrôle radiologique est réalisé. On utilise alors le scanner pour obtenir environ 10 coupes espacées de 5 à 10 mm, en fonction la taille de l'os. Les coupes et l'image 3D qui en a été extraite sont étudiées pour établir le plan chirurgical. Les vis les plus proximales sont posées en premier. Le scanner est repositionné sur la zone présumée de la première vis, une aiguille est placée, puis une radiographie et une coupe par scanner sont réalisées. Si les informations obtenues par ces deux techniques d'imagerie correspondent, les longueurs des forages jusqu'au trait

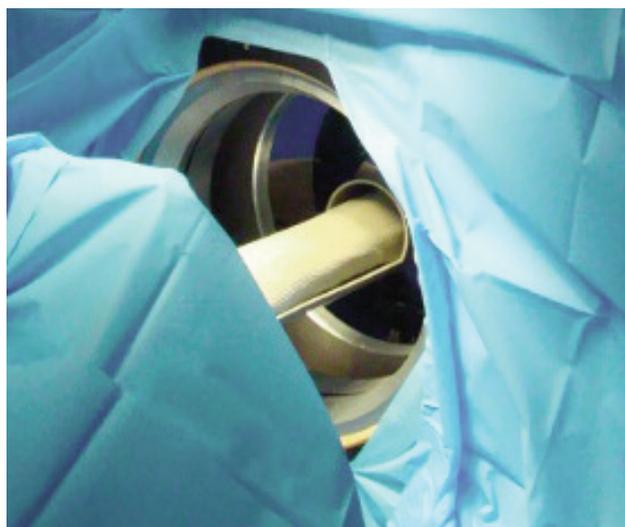


Figure 1 : Champs stériles couvrant le scanner et le membre opéré pour l'utilisation du scanner en per opératoire.

de fracture et de la vis sont mesurées sur la coupe et une vis est mise en place selon la procédure habituelle de pose d'une vis de compression. Le diamètre des vis est de 4,5 mm ou de 5,5 mm selon le type de fracture. La même opération est effectuée pour chacune des autres vis. Chez certains chevaux, les coupes du lieu de positionnement des vis peuvent être réalisées en une seule fois et non successivement. Si on doute de la réduction de la fracture, une coupe par scanner de la région immédiatement située en avant ou en arrière de la vis posée, permet une vérification, avant de placer la suivante. Le cheval est plâtré et le réveil est assisté à deux longues.

CAS CLINIQUES

Fracture de la troisième phalange

Un cheval hongre de quatre ans, de race trotteur français, nous est présenté pour une fracture de la troisième phalange, fracture de type 3, avec écartement des surfaces osseuses, datant de trois semaines environ. L'examen préopératoire a montré des signes radiographiques de réparation osseuse. Nous avons noté, en outre, une réaction périostée des marges articulaires de l'articulation inter-phalangienne distale, due à une enthésopathie capsulaire secondaire à la fracture. Un scanner préopératoire a été réalisé, le cheval debout, pour obtenir des informations complémentaires sur la fracture et élaborer le plan chirurgical. Le lendemain, le cheval a été opéré. Une vis de 5,5 mm de diamètre et d'une longueur de 60 mm a été mise en place ; l'articulation interphalangienne distale a été rincée par une solution de Ringer-lactate de manière abondante (*figure 2*). L'opération chirurgicale s'est bien déroulée en une heure 45 minutes. Un scanner de contrôle, réalisé en fin d'intervention, a duré 30 minutes et le réveil s'est effectué au bout d'une heure et 15 minutes. Les contrôles post-chirurgicaux par radiographie et par scanner étaient satisfaisants. Au bout de huit jours, le cheval était légèrement boiteux, les radiographies de contrôle révélaient

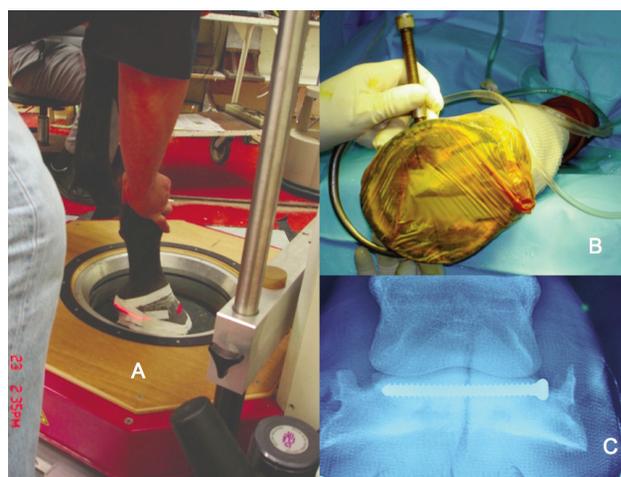


Figure 2 : Cas clinique, fracture de la troisième phalange.

A : réalisation du scanner chez le cheval debout ; **B :** positionnement du C Clamp pour le forage ; **C :** vis positionnée.

COMMUNICATION

une fragmentation de la partie articulaire du processus extensorius de la troisième phalange. Deux mois après l'opération, on a noté une évolution satisfaisante du cal de fracture et l'arthropathie de l'articulation inter-phalangienne distale était non évolutive. À cinq mois, le cheval se déplaçait bien au pas, ne boitait pas au trot et la distension de l'articulation inter-phalangienne distale avait disparu. À l'examen radiographique, la vis était bien tolérée sans signe d'ostéolyse. Le cheval a été ferré avec une ferrure orthopédique (PG shoes), puis a marché 30 minutes par jour pendant deux semaines. Il a été remis à la promenade la troisième semaine avec 15 minutes de trot, puis la quatrième et la cinquième semaine respectivement avec 30 minutes et 45 minutes de trot. Sept mois après l'opération, l'évolution était satisfaisante, tant au plan clinique que radiographique. Il a été conseillé trois semaines supplémentaires de jogging avant la remise à l'entraînement. Le cheval a bien supporté ses séances d'entraînement et participe à nouveau à des courses.

Fracture de la première phalange d'un antérieur

Un cheval hongre de 8 ans, de race Hanovrienne, nous est amené pour une fracture de la première phalange de l'antérieur gauche. La fracture, complète et spiroïde, intéressait les articulations métacarpo-phalangienne et inter-phalangienne proximale. Il a été décidé de réduire la fracture, sous anesthésie générale, par la pose de vis de compression. Le cheval a été opéré le lendemain de l'admission selon le protocole déjà décrit et l'assistance par le scanner a permis la pose de quatre vis de compression de 4,5 mm de diamètre (**figure 3**). L'opération chirurgicale s'est bien déroulée, en une heure et 10 minutes, après une préparation par le scanner de 16 minutes; le patient s'est réveillé en 55 minutes. Il a été plâtré pendant un mois et demi, puis un pansement Robert Jones a été posé et changé tous les mois pendant 3 mois. L'évolution radiographique a été très satisfaisante. Une période de réadaptation progressive a consisté, pendant six mois, d'abord dans du pas en main, puis du pas

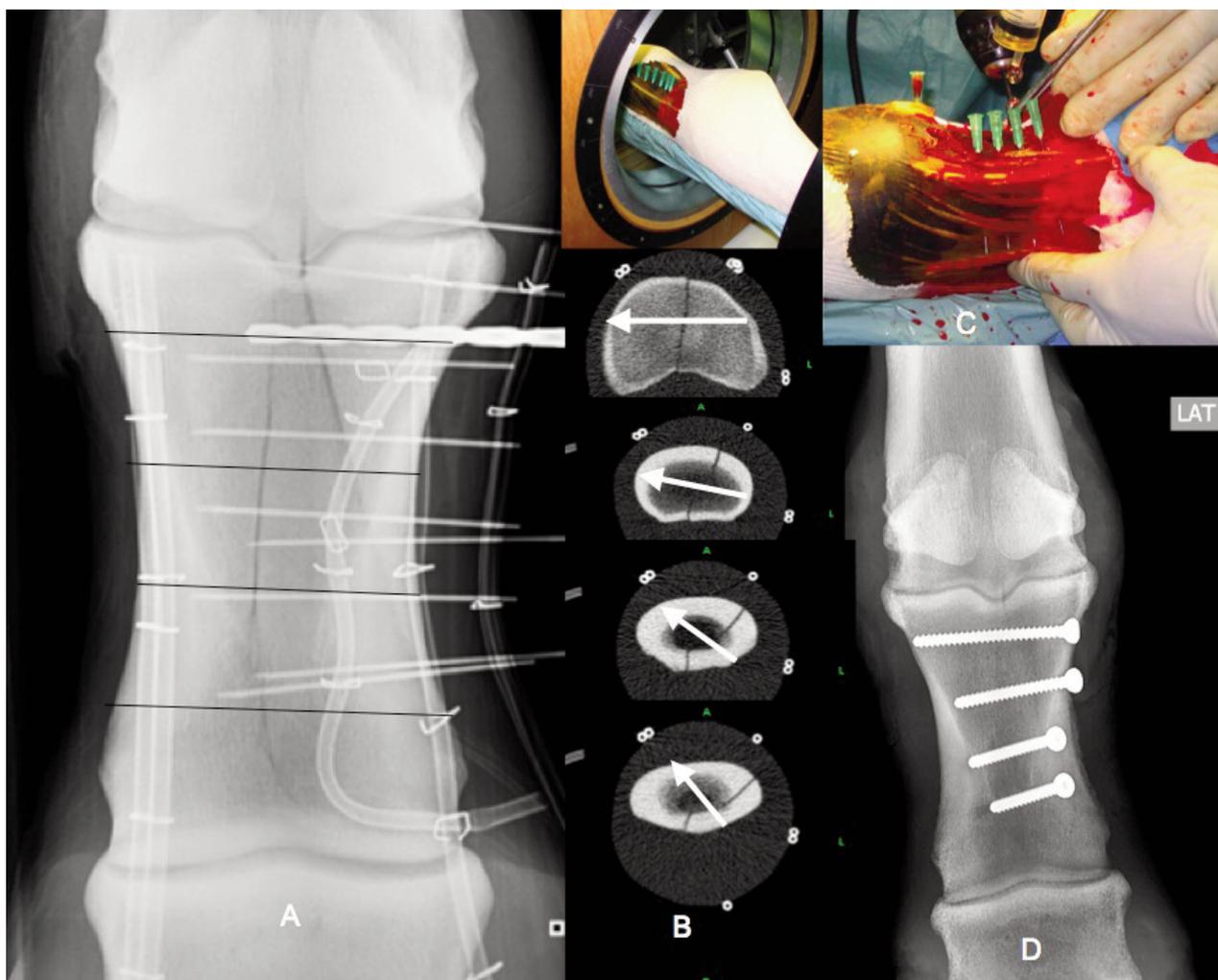


Figure 3: Cas clinique, fracture de la première phalange d'un antérieur.

A: radiographie per opératoire; **B:** coupes scanner et positionnement virtuel des vis; **C:** vue du paturon en cours d'opération; **D:** vis positionnées.

monté, du trotting fractionné et enfin, du travail de détente sur le plat, avant la remise définitive au travail. À ce jour, le cheval participe à nouveau à des compétitions de dressage et aucun signe d'ostéo-arthrite du boulet et du paturon n'a été observé.

Fracture de la première phalange d'un postérieur

Un cheval hongre de 10 ans, de race selle Français, a été présenté à la clinique pour une fracture de la première phalange du postérieur droit. La fracture intéressait l'articulation métatarso-phalangienne. Le cheval a été opéré le lendemain de l'admission en chirurgie assistée par le scanner. Après un temps d'observation par le scanner de 31 minutes, l'opération chirurgicale proprement dite, avec la pose de deux vis de compression de 4,5 mm de diamètre, s'est favorablement déroulée en deux heures et cinq minutes. Le réveil s'est effectué au bout de 30 minutes. La radiographie de contrôle a mis en évidence des lignes de fracture qui n'avaient pas été identifiées ni par le scanner ni lors des contrôles radiographiques sur table (**figure 4**). Pour cette raison, le cheval a été anesthésié de nouveau le lendemain. La radio-

graphie de contrôle après le réveil était normale. Le cheval a gardé un plâtre pendant quatre mois, puis un pansement Robert Jones. Il est actuellement en période de réadaptation. À ce jour, aucun signe d'ostéo-arthrite de l'articulation métatarso-phalangienne ou inter-phalangienne proximale n'a été noté.

DISCUSSION

La chirurgie des fractures de la troisième phalange et du naviculaire, assistée par le scanner, est possible chez le cheval et nous avons montré qu'elle était précise et plus rapide que la technique conventionnelle, lors d'études *ex vivo* sur les fractures de la troisième phalange et du naviculaire (Vandeweerd *et al.* 2009; Perrin *et al.* 2009). Pour réaliser correctement ce repérage chirurgical par le scanner, il faut que le cheval soit coopératif, correctement tranquilisé et que l'équipe soit rodée. Il est nécessaire d'avoir une personne chargée de la manipulation du scanner et de la tranquillisation, une à l'ordinateur, une à la tête du cheval, en plus du chirurgien qui prend les décisions de placement des implants. Cette première phase

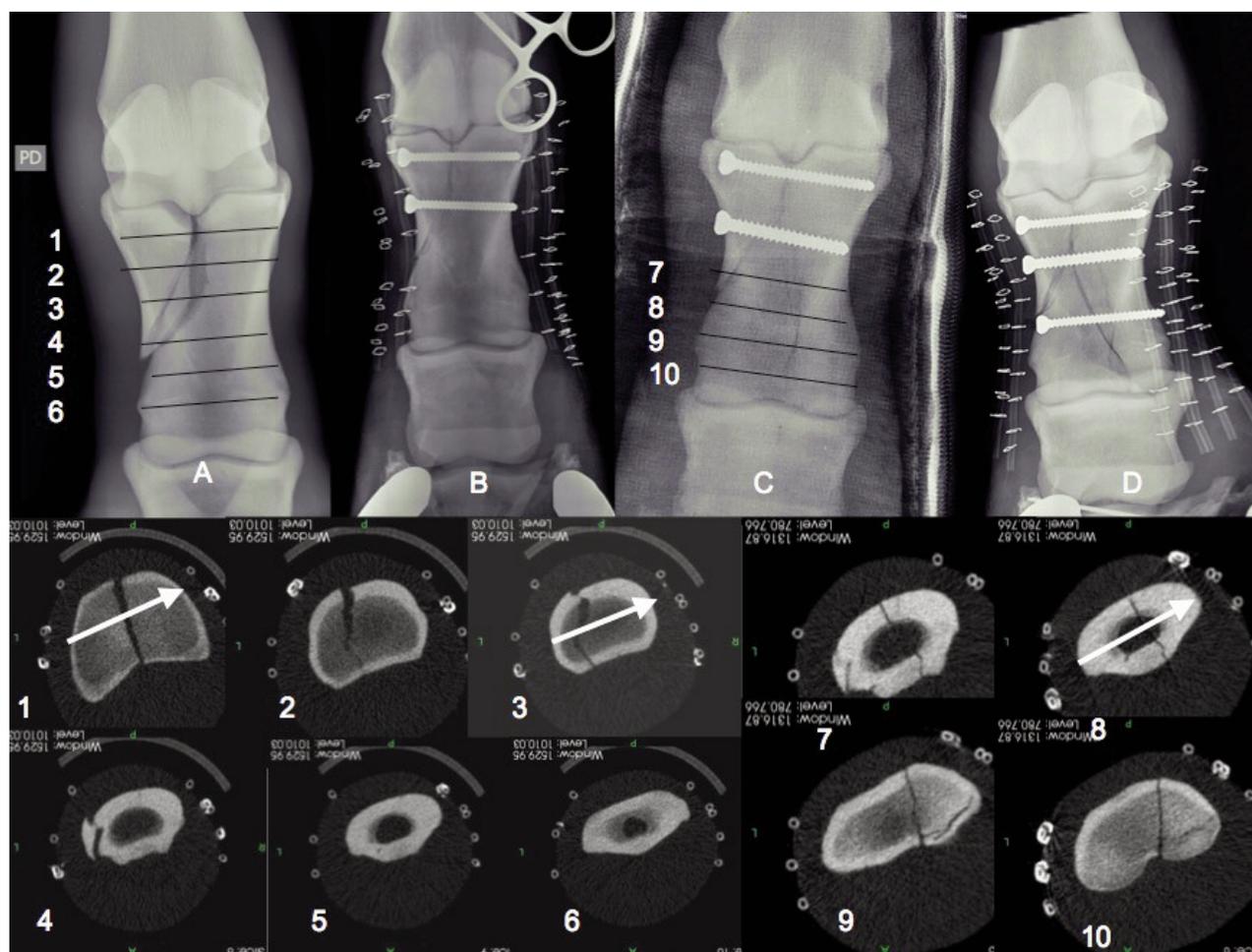


Figure 4: Cas clinique, fracture de la première phalange d'un postérieur.

A: radiographie de la fracture avant la première intervention ; **B:** vis positionnées en fin de l'intervention ; **C:** radiographie de contrôle au réveil du cheval et identification de nouvelles lignes de fracture ; **D:** positionnement d'une troisième vis au cours de la seconde intervention.

En dessous, sont présentées les coupes obtenues à l'examen par le scanner, de 1 à 6 en vue de la première intervention et de 7 à 10, en vue de la seconde.

COMMUNICATION

d'élaboration du plan chirurgical est la plus complexe. Le placement des implants sous anesthésie générale est par contre plus simple. Dans le premier cas clinique décrit, une fracture ancienne intra-articulaire évolue favorablement après la pose d'une vis de compression de 5,5 mm. La littérature n'est pas très claire, quant aux résultats comparés du traitement médical et du traitement chirurgical des fractures de la troisième phalange de type 3, qui sont obligatoirement intra-articulaire (Scott *et al.* 1979; Honnas 1992; Keegan *et al.* 1993; Rijkenhuizen 2004; Ohlsson *et al.* 2005; Auer 2008). Dans le cas présenté, le traitement médical a été un échec et le traitement chirurgical a permis une évolution favorable du cas sans évolution défavorable d'une arthropathie inter-phalangienne distale. Dans le futur, les implants devraient être améliorés, l'utilisation de vis sans tête nous semble une voie d'avenir, car elle éviterait le traumatisme du tissu podophylleux, ce que nous avons constaté lors des dissections des pieds lors de l'étude *in vivo*.

La chirurgie des fractures de l'os naviculaire est difficile du fait de la taille de cet os et de l'existence de la boîte cornée qui l'entoure, ne permettant pas son abord direct. Les techniques décrites dans la littérature sont basées sur des repérages radiographiques de très haute qualité, avec des systèmes de visée plus ou moins sophistiqués pour assurer le forage (Nemeth *et al.* 1985; Baxter *et al.* 1995; Lillich *et al.* 1995; Colles 2001; Gygas *et al.* 2006; Smith *et al.* 2008). La chirurgie assistée par le scanner semble être une technique d'avenir et nous avons montré que sa réalisation était fiable. Comme pour la chirurgie de la troisième phalange, l'utilisation de vis sans tête de vis nous semble une voie d'avenir.

La chirurgie des fractures des première et deuxième phalanges assistée par le scanner est plus complexe à mettre en place et particulièrement, sur les fractures comminutives. Nous avons montré qu'elle peut être réalisée chez le cheval anesthésié, en per-opératoire, et nous présentons ici deux cas cliniques. Dans le premier cas, la fracture aurait pu être réduite par la technique classique. Toutefois, le scanner nous a permis le placement des vis de manière idéale dans le cadre du respect de la technique AO de la pose des vis de compression. Dans le second cas cli-

nique, le scanner nous a permis de prendre des décisions per-opératoire face à une fracture avec des abouts déplacés. Il permet, en effet, de visualiser avec précision les traits de fracture. Dès lors que de nouveaux traits de fracture apparaissent sur des radiographies de contrôle après le réveil, nous pouvons les attribuer avec certitude à la phase de réveil et non à un manque de moyens per-opératoire. Le scanner est donc aussi un outil qui nous permet de justifier avec confort nos décisions thérapeutiques auprès du propriétaire. Le deuxième examen par scanner a montré que la troisième vis ne pouvait être mise qu'à un endroit et la suite de l'évolution a montré que les vis de compression n'avaient pas bougé et malgré leur faible nombre, avaient maintenu une stabilité favorable à la réparation de la fracture.

Jusqu'à ce jour, il a été décrit la possibilité de réaliser un scanner avant l'intervention (Mac Donald *et al.* 2009), ce qui permet de mettre en place une stratégie chirurgicale pour la pose correcte d'implants. À notre connaissance il n'a pas été décrit la possibilité d'utiliser le scanner pendant l'intervention avec les champs stériles en place comme c'est le cas lors de l'emploi de la radiographie et de l'amplification de brillance. La possibilité d'utiliser le scanner en per-opératoire, permet de prendre des décisions chirurgicales en temps réel. Lors de fractures avec déplacement des abouts osseux, avant de poser une vis de manière définitive, des coupes peuvent être réalisées grâce au scanner après réduction de la fracture par un clamp, une broche ou une vis posées de façon temporaire. Cela permet de vérifier si la réduction est efficace et si la vis définitive sera efficace ou non. C'est une grande avancée technologique sur la réduction des fractures comminutives. Nous n'avons pas, à ce jour, montré que cette technique est plus ou moins performante que l'utilisation de l'amplification de brillance assistée par l'ordinateur. Elle est par contre moins coûteuse et paraît plus rapide. Le scanner utilisé est également moins encombrant que l'amplificateur de brillance. Nous pensons que la chirurgie assistée par le scanner est une amélioration technique considérable dans le traitement des fractures du pied et des fractures comminutives des première et deuxième phalanges. Des études prospectives sont nécessaires pour valider cette hypothèse.

REMERCIEMENTS

Toutes ces études ont été possibles grâce à la création du pôle « recherche et développement » au sein de la Clinique Équine Desbrosse. Les acteurs actuels et passés de ce pôle sont remerciés pour leur enthousiasme et leur innovation.

Nous remercions le Professeur P. Clegg pour son aide, ainsi que la Société Norland-Stratec Medical Syst et les Vétérinaires référents, les Docteurs Delecroix et Franquet.

BIBLIOGRAPHIE

- Andritzky, J., Rossol, M., Lischer, C., Auer, J.A. 2005. Comparison of computer-assisted surgery with conventional technique for the treatment of axial distal phalanx fractures in horses: an in vitro study. *Vet Surg.* 34 (2) : 120–127.
- Auer J. 2008. Equine Fracture Management in the Hoof. In *Proceedings of the Southern European Veterinary Conference & Congreso Nacional AVEPA, 2008 - Barcelona, Spain*,
- Baxter, G.M., Ingle, J.E., Trotter, G.W. 1995. Complete navicular bone fractures in horses. In *Proceedings of the 41st Annual Convention of the American Association of the Equine Practitioners.* 41: 243–244
- Colles, C.M. 2001 How to repair navicular bone fractures in the horse. In *Proceedings of the 47th Annual Convention of the American Association of the Equine Practitioners.* 47: 270–278.
- Desbrosse, F. 1997. Le traitement des fractures de l'os sésamoïde distal chez le cheval. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* 70: 433–438.
- Desbrosse, F., Vandeweerd, J.M., Perrin, R., Clegg, P., Launois, T., Brogniez, L., Gehin, S. 2008. A technique for Computed Tomography (CT) of the foot in the standing horse. *Equine vet Educ.* 20: 93–98.
- Dyson, S. 2003. Fractures of distal phalanx. In *Diagnosis and mangement of lameness in the horse* (ed. M. Ross & S. Dyson), pp 318–321. Elsevier Saunders, St. Louis MO.
- Fuerst, A.E. & Lischer, C.J. 2006. Foot. In *Equine Surgery* (ed. J.A. Auer & J.A. Stick), pp 1184-1217. 3rd Edition. Elsevier Saunders, St. Louis, MO.
- Gygax, D., Lischer, C., Auer, J.A. 2006. Computer-assisted surgery for screw insertion into the distal sesamoid bone in horses: an in vitro study. *Vet Surg.* 35 (7) : 626–633.
- Honnas, C.M., Vacek, J.R., Schumacher, J. 1992. Diagnosis and treatment of articular fractures of the equine distal phalanx. *Vet Med.* 87: 1208–1214.
- Keegan, K.G., Twardock, A.R., Losonsky, J.M., Baker, G.J. 1993. Scintigraphic evaluation of fractures of the distal phalanx in horses: 27 cases (1979-1988); *J Am Vet Med Assoc.* 202: 1993–1197.
- Kendoff, D., Gardner, M., Citak, M., Kfuri, M., Thumes, B., Krettek, B., Hüfner, H. 2007. Value of 3D fluoroscopic imaging of acetabular fractures comparison to 2D fluoroscopy and CT imaging. *Arch Orthop Trauma Surg.* 128 (6) : 599–605.
- Kraus, B.M., Richardson, D.W., Nunamaker, D.M., Ross, M.W. 2004 Management of comminuted fractures of the proximal phalanx in horses: 64 cases (1983-2001). *J Am Vet Med Assoc.* 224 (2) : 254–263.
- Lillich, JD, Ruggles AJ, Gabel, AA, Bramlage, L.R., Schneider, R.K. 1995 Fracture of the distal sesamoid bone in horses: 17 cases (1982-1992). *J Am Vet Med Assoc.* 207: 924–927.
- MacDonald, M.H, Galuppo, L.D., Puchalsky, S.M., 2009 Assessment of the utility of preoperative computed tomography in surgical planning for equine distal extremity. In *Abstracts (short communications) of the ACVS Veterinary symposium, Washington, October 8-10 2009.*p?
- Nemeth, F. & Dik, K.J. 1985. Lag screw fixation of sagittal navicular bone fractures in 5 horses. *Equine vet J.* 17: 137–139.
- Nunamaker, D. 2000. Basic principles of fracture treatment. In *AO principles of equine osteosynthesis* (ed. G. Fackelman, J. Auer, D. Nunamaker), pp. 5-9. Thieme, Stuttgart – New York Ohlsson J, Jansson N. 2005 Conservative treatment of intra-articular distal phalanx fractures in horses not used for racing. *Aust Vet J.* Apr; 83 (4): 221–3.
- Perrin, R. 2005. Chirurgie mini invasive: ce que nous savons faire en 2005, perspectives. In *Proceedings du Congrès annuel AVEF, 20-22 octobre 2005*, pp. 238–242.
- Perrin, R. 2008. La chirurgie assistée par le scanner chez le cheval. *Bull. Acad. Vét. France.* 161 (4):359–364.
- Perrin, R., Vandeweerd, J.M., Launois, T., Brogniez, L., Clegg, P.D., Desbrosse, F.G. 2009. Computed Tomography (CT) to identify pre-operative guidelines for internal fixation of the distal sesamoid bone in horses: an in vitro study. *Vet Surg.* in press
- Rabuffo, T. & Ross, M. 2002. Fractures of the Distal Phalanx in 72 Racehorses: 1990–2001 In *Proceedings of the 48th Annual Convention of the American Association of the Equine Practitioners.* 48:375–377.
- Rijkenhuizen, A. 2004. Management of fractures of the distal phalanx. Conservative treatment. In *Proceedings of the 12th ESVOT Congress, Munich, 10-12 September 2004*, p.179
- Rose, P.L., Seeherman, H., O'Callaghan, M. 1997. Computed tomographic evaluation of comminuted middle phalangeal fractures in the horse. *Vet Radiol Ultrasound* 38: 424–429.
- Rossol, M., Gygax, D., Andritzky-Waas, J., Zheng, G., Lischer, C.J., Zhang, X., Auer, J.A. 2008. Comparison of computer assisted surgery with conventional technique for treatment of abaxial distal phalanx fractures in horses : an in vitro study. *Vet Surg.* 37 (1) : 32–42.
- Ruggles, A. 2003 The proximal and middle phalanges and proximal interphalangeal joint. In *Diagnosis and mangement of lameness in the horse* (ed. M. Ross & S. Dyson), pp. 342–348 Elsevier Saunders, St. Louis MO.
- Scott, E.A., McDole, M., Shires, M.H. 1979 A review of third phalanx fractures in the horse: 69 cases. *J Am Vet Med Assoc.* 174:1337–1343.
- Smith, R., Schramme, M., Archer, R., May, S. 2008. Surgical repair of navicular bone fractures. *Proceedings of the 14th ESVOT Congress, Munich, 10-14th September 2008*, pp.277–278.
- Vandeweerd, J.M., Perrin, R., Launois, T., Brogniez, L., Clegg, P.D., Desbrosse, F.G. 2009. Use of computed tomography in standing position to identify guidelines for screw insertion in the distal phalanx of horses: an ex vivo study. *Vet Surg.* 38:373–379.