

PLACE DU SCANNER DANS L'EXPLORATION DE L'ENCÉPHALE ET DU RACHIS CHEZ LES CARNIVORES DOMESTIQUES

CT SCAN FOR BRAIN AND SPINE IMAGING IN DOGS AND CATS

Par Olivier KERAVEL⁽¹⁾
(communication présentée le 16 juin 2006)

RÉSUMÉ

Le scanner n'est plus un examen complémentaire exceptionnel. Il est devenu indispensable à l'exploration du système nerveux central des carnivores domestiques et ce, malgré une accessibilité pratique relative, un coût élevé et la nécessité d'une anesthésie générale.

L'examen de l'encéphale passe par l'interprétation et la comparaison d'images obtenues en coupe avant et après injection de produit de contraste intraveineux. Il permet de distinguer les pathologies congénitales, dégénératives, inflammatoires, vasculaires (ischémie ou hémorragie) et tumorales (bénigne ou maligne).

L'examen du rachis au scanner doit être précédé d'un examen clinique neurologique attentif permettant de localiser la zone anatomique lésée et donc la zone à explorer (C1-T3, T3-L3 ou L3-S1). Dans le cas contraire, une myélographie permettra d'isoler le foyer pathologique. On explorera les parésies ou paralysies, aiguës (ex : hernie discale aiguë, embolie), chroniques (ex : hernie discale chronique, néoplasie, syndrome de la queue de cheval ou Wobbler) ou post-traumatiques.

Mots clés : scanner, encéphale, hydrocéphalie, accident vasculaire, tumeur, hypertension intracrânienne, rachis, hernie discale, embolie, syndrome de la queue de cheval (de Wobbler).

SUMMARY

Computerized Tomography is no longer limited to exceptional circumstances. It is an essential tool when investigating the central nervous system in pet carnivores, in spite of accessibility constraints, high cost, and the necessity to use a general anaesthesia.

Brain CT scans are based on the interpretation and comparison of cross-sectional images obtained before and after the intravenous injection of contrast material. They are able to differentiate congenital, degenerative, inflammatory, vascular (ischemia or haemorrhage) and tumoral (benign or malignant) lesions.

Spine CT scans must be preceded by a careful neurological clinical examination, to localise the lesion and hence the area to investigate (C1-T3, T3-L3 or L3-S1). If necessary, a myelography may help identify the site of lesion. This technique is used to investigate paresis or paralysis cases, whether acute (e.g. acute disk hernia, embolism), chronic (e.g. chronic disk hernia, neoplasia, wobbler's syndrome), or posttraumatic.

Key-words : *Computerized Tomography, brain, hydrocephalus, stroke, tumour, intracranial hypertension, spinal cord, disk hernia, embolism, horse tail syndrome (Wobbler's syndrome).*

(1) DMV, Imagerie Médicale Vétérinaire, 20, rue de Bellevue, 92100 Boulogne Billancourt.

INTRODUCTION

Le scanner n'est plus aujourd'hui un examen complémentaire dont la réalisation est exceptionnelle en médecine vétérinaire (Le Couteur 1999; Olby *et al.* 2000; De Rycke *et al.* 2005).

En effet, la médicalisation accrue des carnivores domestiques associée au nombre croissant de plateaux techniques d'imagerie incluant un scanner (conséquence directe des progrès technologiques et de la baisse des prix des appareils) permettent une augmentation simultanée de l'offre et de la demande.

Face à une telle évolution, il devient indispensable de connaître les indications du scanner, ses intérêts et ses limites, afin d'optimiser son utilisation. En ce qui concerne l'encéphale et le rachis une telle mise au point est indispensable afin d'éviter en particulier la confusion naissante entre scanner et IRM (Imagerie par Résonance Magnétique).

SCANNER OU IRM ?

Ces deux examens nécessitent une anesthésie générale gazeuse. Nous utilisons l'isoflurane (ND: Aerane, Baxter) après induction intraveineuse au propofol (ND: Rapinivet, Shering-Plough) ou au thiopental (ND: Nesdonal, Merial), associé ou non au valium en prémédication avec injection de produit de contraste. Le produit de contraste doit être le plus proche possible de l'osmolalité plasmique afin de minimiser les risques vasculaires (choc pseudo anaphylactique) pour lesquels il n'existe aucune donnée scientifique précise à ce jour chez le carnivore domestique en situation clinique courante (Holland, 1993). Nous utilisons l'iodixanol à la concentration de 330mg I/ml à la posologie de 2mls/kg (ND: « Visipaque » Amersham Health). Cette posologie doit être toutefois modulée en cas d'insuffisance rénale. Cette contrainte, l'anesthésie générale, bien que toujours d'actualité aux yeux des propriétaires souvent anxieux, est relative du fait des progrès en anesthésiologie et réanimation.

Le nombre d'appareil à disposition en médecine vétérinaire reste encore faible à ce jour. Toutefois, l'accessibilité (nécessitant le transport du patient par le propriétaire) reste aisée et le délai d'attente court.

L'exposition aux rayons X lors du scanner est un paramètre limitant fondamental en médecine humaine en raison de la répétition des examens. Au contraire, ce facteur n'est pas essentiel en médecine vétérinaire car le nombre d'examen par individu dépasse exceptionnellement l'unité. On ne peut donc arguer de la nocivité du scanner par rapport à l'IRM en médecine vétérinaire.

Si le scanner surpasse l'IRM pour l'exploration du tissu osseux, l'IRM est sans conteste un examen supérieur en terme de qualité d'image pour le tissu nerveux (Kraft & Gavin, 1999). C'est pourquoi, bien que nettement plus coûteux, plus long à réaliser et technologiquement plus complexe que le scanner, l'IRM s'est développée en médecine humaine. Au contraire, en médecine Vétérinaire, la prise en charge directe et intégrale du coût de l'examen par le propriétaire et la durée de l'examen (et

donc une augmentation du risque lors de l'IRM du fait de la durée de l'anesthésie) sont des facteurs limitants essentiels.

C'est pourquoi, il nous paraît logique de privilégier à ce jour l'utilisation systématique du scanner en première intention. Et ce, tout particulièrement en ce qui concerne l'encéphale, du fait du risque anesthésique lié à l'hypertension intracrânienne.

Plus généralement, la valeur ajoutée apportée par l'IRM au neurochirurgien Vétérinaire est relative du fait des limites chirurgicales actuelles (liée en partie à la réanimation post-opératoire) et à l'absence de diagnostic précoce.

PLACE DU SCANNER DANS L'EXPLORATION DE L'ENCÉPHALE

Anesthésie et hypertension intracrânienne

L'hypertension intracrânienne est particulièrement difficile à évaluer à l'examen clinique. Il faut donc si possible anticiper ce phénomène qui représente un facteur de risque supplémentaire très important en cas d'anesthésie générale et tout particulièrement si une ponction de liquide céphalo-rachidien est envisagée. En effet, toute affection cérébrale (œdème, néoplasie, inflammation, hémorragie, ischémie) peut entraîner peu ou prou une hypertension intracrânienne.

On peut certes diagnostiquer au scanner une hypertension intracrânienne par des signes indirects mais malheureusement il s'agit alors d'un diagnostic tardif: affinement osseux et déformation de la boîte crânienne, hernie du parenchyme cérébral, ou encore effacement des sillons de la convexité. Le scanner (ou l'IRM) est toutefois un des moyens les plus sûrs pour éviter une ponction de LCR en présence d'une hernie au travers du foramen magnum.

Indications

Tout examen neurologique anormal doit motiver un scanner de l'encéphale, que ce soit lors d'une atteinte des nerfs crâniens (ex: hémiparésie faciale), d'une amaurose bilatérale, de troubles de l'équilibre avec ou sans déficit locomoteur associé, d'une atteinte centrale (marche en cercle, poussée au mur, port de tête anormal...), d'un syndrome vestibulaire central ou d'un syndrome de Claude Bernard Horner.

Toute crise épileptiforme (avec examen normal des paramètres sanguins) doit être explorée au scanner du fait du manque total de spécificité de ce symptôme et parce que l'épilepsie essentielle ne peut être diagnostiquée que par exclusion.

Enfin certains troubles du comportement atypiques, d'apparition insidieuse ou brutale, avec agressivité et abatement et examens cliniques et biologiques sanguins normaux, doivent également faire l'objet d'une exploration au scanner.

Interprétation des images pathologiques

Les malformations congénitales sont représentées essentiellement par l'hydrocéphalie. On observera une dilatation anormale

du système ventriculaire. Le radiologue doit alors distinguer une hydrocéphalie active ou acquise (le plus souvent par obstruction de l'écoulement du LCR) d'une hydrocéphalie passive ou congénitale (de loin la plus représentée).

La pathologie dégénérative la plus représentée est l'atrophie corticale avec une visualisation anormale des sillons corticaux anormalement dilatés par accumulation secondaire de LCR.

Comparaison des images en coupe avant et après injection intraveineuse de produit de contraste (en dehors des malformations congénitales ou des pathologies dégénératives). Par exemple :

- Une hypodensité focale avant injection, persistante après, évoquera une ischémie (*figure 1*). Une hypodensité diffuse un œdème (voire certaines tumeurs hypodenses de bas grade).
- Une hyperdensité spontanée avant injection, identique après, évoque une hémorragie (*figure 2*) (voire une calcification).

- Une prise de contraste focale après injection correspond à une néoplasie (*figure 3*, à comparer avec la *figure 4* d'encéphale normal) L'examen permet de distinguer une tumeur « bénigne » (le plus souvent méningiome) ou « maligne » (glioblastome, astrocytome...) (LeCouteur et al. 1983; Iwamoto et al. 1993; Olby et al. 2000). En ce qui concerne les tumeurs de l'encéphale, la localisation et la taille tumorale sont toutefois des facteurs plus importants que l'histologie pour préciser le pronostic. Plusieurs prises de contrastes évoqueront des métastases.

- Une prise de contraste diffuse après injection évoque une pathologie inflammatoire (Ducote et al. 1999). Un scanner normal n'exclut pas une méningo-encéphalite. Une ponction de liquide céphalorachidien permettra de confirmer cette hypothèse.

- L'association multifocale de foyers de prise de contraste et de foyers hypodenses évoque en premier lieu une pathologie nécrosante (méningo-encéphalite nécrosante du Yorkshire terrier).

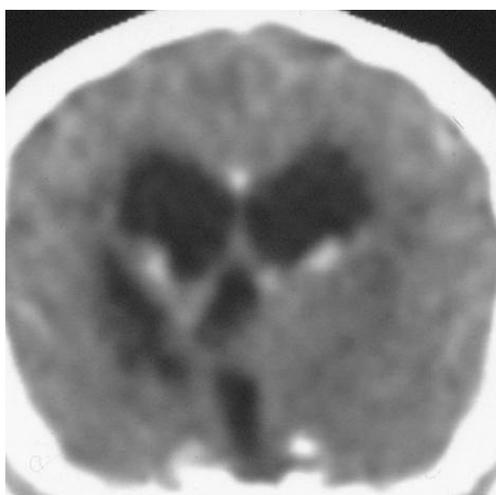


Figure 1 : Accident ischémique ; coupe axiale de l'encéphale mettant en évidence une hypodensité persistante après injection, à droite du carrefour ventriculaire (cliché Olivier Keravel, IMV Boulogne).

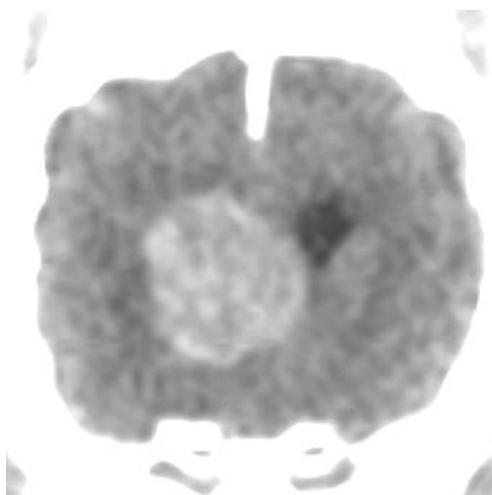


Figure 2 : Hématome post-traumatique ; coupe axiale de l'encéphale mettant en évidence une hyperdensité paraventriculaire spontanée (avant injection) identique après injection, au sein de l'hémisphère droit (cliché Olivier Keravel, IMV Boulogne).

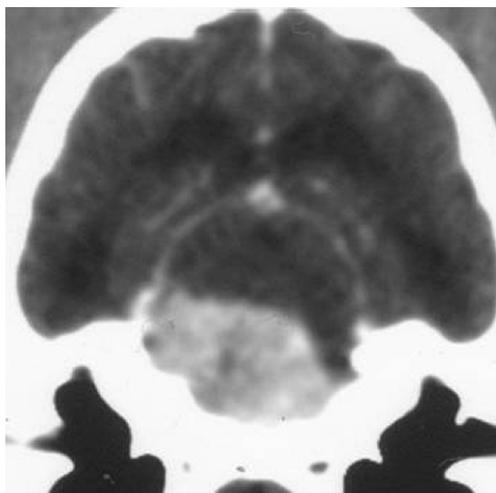


Figure 3 : Méningiome sous tentoriel ; vue, après injection, mettant en évidence une prise de contraste homogène, aux contours nets, présentant une large surface de contact ventrale avec l'os sphénoïdien (Olivier Keravel IMV Boulogne).

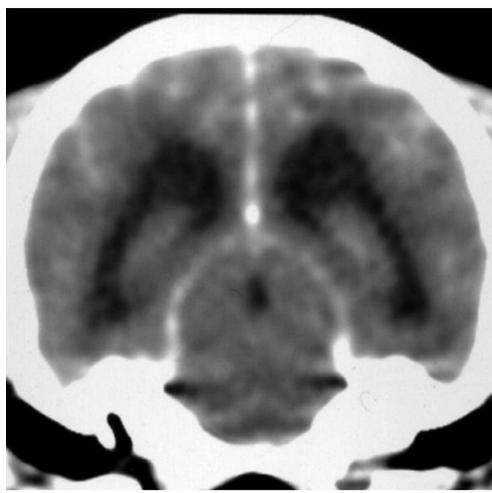


Figure 4 : Encéphale normal ; coupe axiale normale de l'encéphale après injection à hauteur des bulles tympaniques (cliché Olivier Keravel, IMV Boulogne).

Prise de contraste et spécificité

La notion de prise de contraste n'est pas spécifique. Le radiologue l'interprète en fonction des caractéristiques tomométriques et des commémoratifs. Certaines prises de contraste sont ainsi sujettes à caution : tumeur, inflammation, atteinte vasculaire ?

L'étude fine de la cinétique de prise de contraste (intense, rapide pour l'atteinte vasculaire, tardive, modérée pour les tumeurs) voire un angio-scanner, précise le diagnostic.

Toutefois, certaines lésions hypodenses, prenant légèrement le contraste en périphérie restent difficiles à caractériser : ischémie reperméabilisée, tumeur de bas grade ? Un second scanner à distance et l'évolution clinique permettent de confirmer la suspicion.

Une telle situation peut aussi être résolue par la réalisation d'une IRM.

PLACE DU SCANNER DANS L'EXPLORATION DU RACHIS

Anesthésie, coût et déplacement

En ce qui concerne les examens complémentaires d'imagerie du rachis (encadré), le scanner puis l'IRM sont venus s'ajouter à la radiologie classique sans préparation et à la myélographie. Cette dernière est un examen invasif (injection périurale), dynamique, au coût modéré, permettant de visualiser l'ensemble des contours médullaires.

Arbre décisionnel sur les examens complémentaires en cas d'atteinte du rachis

Anesthésie impossible : radiographie sans préparation

Anesthésie possible : myélographie, scanner ou IRM ?

- Examen neurologique non spécifique :
myélographie
- Examen neurologique spécifique (atteinte d'1 ou 2 zones : C1-T3, T3-L3, L3-S1)
Évolution aiguë :
 - Déplacement impossible, finances très limitées :
myélographie
 - Déplacement possible, finances très limitées :
myélographie
 - Déplacement possible, accord financier :
Scanner 1^{ère} intention
IRM 2^{ème} intention
- Évolution chronique :
 - Après radiographies :
Scanner en 1^{ère} intention, IRM 2^{ème} intention
- Post-traumatique :
 - Après radiographies :
Scanner en 1^{ère} intention, IRM 2^{ème} intention

Au contraire, Scanner et IRM sont des examens non invasifs ; ils ne nécessitent pas d'injection périurale, mais ne permettent pas de visualiser tout le rachis. Le coût de l'examen est nettement plus élevé et en particulier pour l'IRM. Le coût éventuel d'une intervention chirurgicale post-examen complémentaire doit donc toujours être abordé avec le client avant réalisation de tout examen complémentaire onéreux.

- Si l'animal ne peut être anesthésié, aucun de ces examens ne sera toutefois réalisable, reste alors la radiographie sans préparation.

- Si le facteur coût est prépondérant ou si l'animal ne peut être déplacé vers un centre spécialisé, la myélographie est alors proposée.

Examen clinique et « scanner par zone »

En cas d'atteinte médullaire, l'examen neurologique (proprioception, réflexes, sensibilité) permet en général de situer la lésion soit de C1 à T2 (MNC ou MNP sur les antérieurs), soit de T3 à L3 (MNC sur les postérieurs), soit de L4 à S1 (MNP sur les postérieurs). Il suffit alors d'effectuer l'exploration de la zone concernée (voire 2 zones en cas de doute). Cette approche permet de gérer la grande majorité des cas cliniques.

Toutefois, si l'examen clinique neurologique ne permet pas de localiser le site lésionnel à une ou deux zones en particulier, la myélographie doit être utilisée en 1^{ère} intention.

Dans tous les cas, il faut absolument éviter de faire un scanner sur un ou deux espaces intervertébraux, à partir d'une image radiologique, sauf s'il s'agit d'une fracture évidente ou d'une lésion néoplasique avérée. Il est par contre tout à fait licite de demander un scanner sur une zone de compression médullaire focale identifiée par myélographie.

Parésie ou paralysie aiguë (hors trauma)

Une altération évolutive de l'examen clinique neurologique sur une suspicion de **hernie discale aiguë**, malgré la réalisation des soins médicaux, est une urgence. Si un déplacement rapide vers un centre référent est impossible, la myélographie doit être réalisée, suivie de la cure chirurgicale. Si l'animal est transportable vers un centre d'imagerie, le scanner en première intention est toujours préférable à la myélographie pour le chirurgien (Hara *et al.* 1994 ; Adams 1999 ; Coates 2000 ; Olby *et al.* 2000 ; Besalti *et al.* 2005) (*figure 5*)

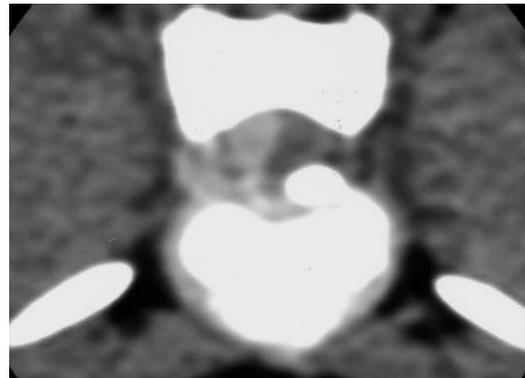


Figure 5 : Hernie discale droite au niveau des vertèbres L4-L5 ; le canal vertébral est comblé à 50 % (cliché Olivier Keravel, IMV Boulogne).

Une embolie fibro-cartilagineuse apparaît cliniquement brutalement mais les commémoratifs sont souvent caractéristiques. Précisons toutefois que le scanner ne permet pas alors de visualiser l'embolie, il confirme cependant l'absence de lésion tomodensitométrique sur la zone touchée et par élimination accrédite l'hypothèse de l'embolie. Même si l'IRM peut éventuellement permettre la visualisation lésionnelle (à condition de posséder un appareil d'une puissance suffisante et en particulier sur les petits animaux), la conduite thérapeutique n'en sera de toute façon aucunement modifiée !

Parésie ou paralysie chronique (hernie discale, néoplasie - osseuse, extra ou intramédullaire) (figures 6 et 7).

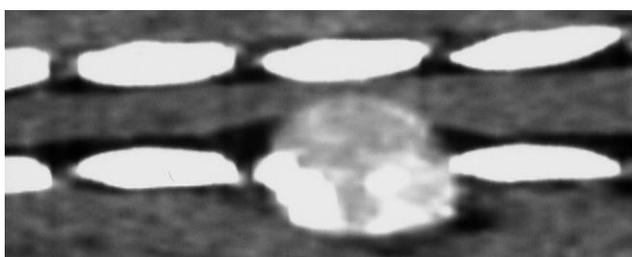


Figure 6 : Tumeur primitive osseuse ; vue reformatée frontale, après injection, d'une tumeur primitive osseuse affectant une vertèbre lombaire, à l'origine d'un refoulement médullaire très net (cliché Olivier Keravel, IMV Boulogne).

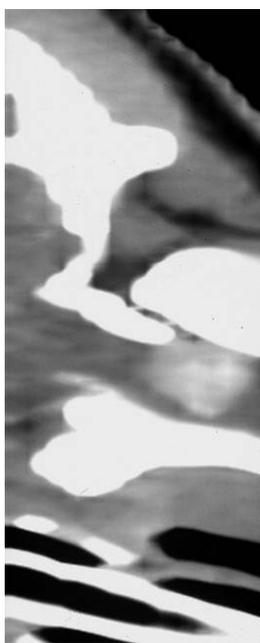


Figure 7 : Tumeur intramédullaire ; vue reformatée sagittale, après injection, d'une tumeur intramédullaire à la hauteur de C2 (cliché Olivier Keravel, IMV Boulogne).

Dans ce cas, si la localisation neurologique est possible et si des clichés radiologiques étagés ont été réalisés pour minimiser le risque d'une atteinte multifocale, le scanner est, par rapport à l'IRM, l'examen de choix en première intention, par son moindre coût, sa plus grande rapidité d'utilisation et le compromis idéal qu'il permet entre la moelle et l'os : en effet, il permet de voir correctement et la moelle et l'os, au contraire de l'IRM qui n'assure pas de détail topographique de l'os suffisant. Il est évident que l'IRM présentera toujours une visualisation optimale et de meilleure qualité de la moelle ; la contrepartie négative est d'ailleurs le risque de surinterprétation lésionnelle. Une IRM effectuée en seconde intention ne se justifie toutefois qu'à la seule condition que sa réalisation puisse modifier ou optimiser le geste thérapeutique ce qui est fréquent en neurochirurgie humaine mais beaucoup plus rare à ce jour en neurochirurgie vétérinaire (Besalti et al. 2005).

Situation post-traumatique

Il s'agit de la situation où il persiste un déficit neurologique clinique après réanimation médicale. Dans ce cas particulier, tout examen invasif est contre-indiqué et en particulier une myélographie en cas de suspicion d'œdème médullaire. La réalisation de clichés radiologiques étagés sans préparation est cependant nécessaire dans tous les cas, afin de ne pas passer à côté d'une fracture vertébrale ne nécessitant pas d'exploration par le scanner. Le scanner sera alors préféré à l'IRM en 1^{ère} intention de par sa qualité de résolution sur les tissus osseux. On recherchera notamment des fractures parcellaires. Le scanner est alors indispensable à la réalisation du geste chirurgical, en particulier en cas de pose de plaque.

Syndrome de la queue de cheval

Quelle alternative au scanner ?

Le syndrome de la queue de cheval recouvre un large éventail d'affections acquises (dégénératives) ou congénitales (anomalies de développement) susceptibles d'entraîner une compression ou une infiltration de la portion médullaire terminale (L5-sacrum), entraînant une douleur associée ou non à un déficit neurologique de type motoneurone périphérique. Il existe une prédisposition des races de grand format pour cette affection (Berger Allemand, Labrador, Golden Retriever...). Le scanner de la jonction lombo-sacrée aide au diagnostic différentiel entre les différentes causes les plus communes du syndrome de la queue de cheval.

De nombreuses autres techniques d'imagerie ont été décrites pour l'exploration de cette région : radiographies sans préparation, en position normale ou forcée, myélographie, épидurographie. La radiologie sans préparation a le mérite de la simplicité mais manque cruellement de sensibilité. De plus, elle ne permet pas toujours d'éviter l'utilisation d'une anesthésie sur les patients de grande taille en particulier. La myélographie et l'épidurographie sont des techniques invasives nécessitant une anesthésie générale et une injection locale de produit de contraste. Leur interprétation est souvent complexe et elles ne permettent pas la réalisation d'un bilan d'imagerie complet et objectif.

Réalisation pratique

Le patient est positionné en décubitus dorsal en hyperextension. Des coupes sont réalisées dans l'axe des disques intervertébraux, de L4 au sacrum. Enfin, un examen est également réalisé en hyperflexion ce qui permet de confirmer ou d'infirmier une éventuelle instabilité lombo-sacrée.

Répondant à ce protocole systématique, l'exploration par le scanner permet l'appréciation des différentes structures anatomiques concernées tant intra-canales que para-rachidiennes.

Les différentes causes du syndrome de la queue de cheval (discopathie, malformation vertébrale, sténose canalaire constitutive, discospondylite, néoplasie, ostéochondrite du sacrum, trauma, instabilité et arthropathie dégénérative,...) peuvent alors être identifiées.

Le traitement du syndrome de la queue de cheval : une réalité

L'exploration de la jonction lombo-sacrée par scanner présente un intérêt indéniable, par sa sensibilité, sa spécificité, mais aussi par sa simplicité, l'absence d'injection péri-durale, ainsi que la disponibilité croissante de cette technique.

L'exploration tomodensitométrique du syndrome de la queue de cheval permet un bilan d'extension fiable et économiquement raisonnable (nécessité fréquente en médecine vétérinaire). Il est garant d'un pronostic précis et d'un choix thérapeutique médico-chirurgical adapté (Ramirez & Thrall, 1998; Adams 1999; Jones & Inzana, 2000; Axlund & Hudson, 2003).

Grâce à l'utilisation systématique du scanner, sans conteste le meilleur examen complémentaire à ce jour sur la région lombo-sacrée, le traitement du syndrome de la queue de cheval est une réalité en médecine vétérinaire.

Syndrome de Wobbler

Le syndrome de Wobbler recouvre l'ensemble des affections chez des chiens de grande race (surtout Doberman et Dogue Allemand) associant une atteinte des vertèbres cervicales caudales et des disques intervertébraux correspondants (spondylopathie) le tout causant une compression médullaire (myélopathie).

À la différence du syndrome de la queue de cheval, un syndrome de Wobbler doit d'abord être exploré par examen radiologique

sous anesthésie générale en position forcée afin de mettre en évidence une instabilité cervicale caudale. En effet, au scanner, seule la position en hyper extension est réalisable.

Toutefois, le scanner reste indispensable au diagnostic de la pathologie à l'origine de ce syndrome (hernie discale, instabilité cervicale, malformation congénitale, hypertrophie ligamentaire, néoplasie...) afin d'en préciser le pronostic et les options thérapeutiques.

CONCLUSION

Le scanner, en première intention, permet de concilier performance, coût raisonnable et risque anesthésique modéré, il reste à nos yeux **l'examen complémentaire idéal et répond à l'immense majorité des situations cliniques courantes**.

L'IRM en seconde intention sera envisagée sur les cas litigieux (si les propriétaires assument le surcoût, si le risque anesthésique est acceptable et si la thérapeutique ne peut être définie - ou mieux orientée - qu'après visualisation de la lésion à l'IRM).

Rappelons toutefois, que le radiologue est au service du clinicien qui doit toujours être seul apte à choisir l'examen complémentaire lui permettant de confirmer une hypothèse clinique ou d'orienter une décision thérapeutique. Un examen complémentaire ne doit jamais remplacer un examen clinique !

BIBLIOGRAPHIE

- Adams, W.H. 1999. The spine. Clin Tech Small Anim Pract. 14 (3) : 148-159.
- Axlund, T.W. & Hudson, J.A. 2003. Computed tomography of the normal lumbosacral intervertebral disc in 22 dogs. Vet Radiol Ultrasound 44 (6) : 630-634.
- Besalti, O., Ozak, A., Pekcan, Z., Tong, S., Eminaga, S., Tacal, T. 2005. The role of extruded disk material in thoracolumbar intervertebral disk disease: a retrospective study in 40 dogs. Can Vet J. 46 (9) : 814-820.
- Coates, J.-R. 2000. Intervertebral disk disease. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 30 (1) : 77-110, vi.
- De Rycke, L.M., Gielen, I.M., Van Meerven, S.A., Simoens, P.J., Van Bree, H.J. 2005. Computed tomography and cross-sectional anatomy of the brain in clinically normal dogs. Am J Vet Res. 66 (10) : 1743-1756.
- Ducote, J.-M., Johnson, K.E., Dewey, C.W., Walker, M.A., Coates, J.-R., Berridge, B.R. 1999. Computed tomography of necrotizing meningoencephalitis in 3 Yorkshire Terriers. Vet Radiol Ultrasound 40 (6) : 617-621.
- Holland, M. 1993. Contrast agents. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 23 (2) : 269-279.
- Hara, Y., Tagawa, M., Ejima, H., Orima, H., Fujita, M. 1994. Usefulness of computed tomography after myelography for surgery on dogs with cervical intervertebral disc protrusion. J Vet Med Sci. 56 (4) : 791-794.
- Iwamoto, K.S., Norman, A., Freshwater, D.B., Ingram, M., Skillen, R.G. 1993. Diagnosis and treatment of spontaneous canine brain tumors with a CT scanner. Radiother Oncol. 26 (1) : 76-78.
- Jones, J.C. & Inzana, K.D. 2000. Subclinical CT abnormalities in the lumbosacral spine of older large-breed dogs. Vet Radiol Ultrasound 41 (1) : 19-26.
- Kraft, S.L. & Gavin, P.R. 1999. Intracranial neoplasia. Clin Tech Small Anim Pract. 14 (2) : 112-123.
- LeCouteur, R.A. 1999. Current concepts in the diagnosis and treatment of brain tumours in dogs and cats. J Small Anim Pract. 40 (9) : 411-416.
- LeCouteur, R.A., Fike, J.R., Cann, C.E., Turrel, J.M., Thompson, J.E., Biggart, J.F. 1983.
- X-ray computed tomography of brain tumors in cats. J Am Vet Med Assoc. 183 (3) : 301-305.
- Olby, N.J., Munana, K.R., Sharp, N.J., Thrall, D.E. 2000. The computed tomographic appearance of acute thoracolumbar intervertebral disc herniations in dogs. Vet Radiol Ultrasound 41 (5) : 396-402.
- Ramirez, O. 3rd & Thrall, D.E. 1998. A review of imaging techniques for canine cauda equina syndrome. Vet Radiol Ultrasound 39 (4) : 283-296.