

Particularités de l'examen échocardiographique chez les ophidiens

V. Chetboul^{1,2}, L. Schilliger³, D. Tessier^{1,2}, J.-L. Pouchelon^{1,2}, F. Frye⁴

¹Unité de Cardiologie d'Alfort, ENVA, Maisons-Alfort, ²INSERM EMIU-00-01, Kremlin-Bicêtre, ³Cabinet vétérinaire, Chilly-Mazarin, France, ⁴La Primavera Farm, Cloverdale, CA, USA.

Résumé

L'échocardiographie chez les ophidiens comporte un certain nombre de spécificités, directement liées aux particularités anatomiques et physiologiques du système cardiovasculaire de ces animaux: présence de deux aortes (au lieu d'une seule chez les mammifères), d'un seul ventricule (et non de deux), de deux veines caves crânielles (et non d'une), ou encore existence d'une cavité supplémentaire tubulaire dénommée sinus veineux et s'ouvrant dans l'atrium droit au niveau de l'orifice sino-atrial. L'examen ultrasonore par abord ventral et intercostal offre une bonne visualisation de ces différentes structures en grand axe et petit axe. L'objectif principal de cette technique est l'établissement du diagnostic ante-mortem de cardiopathies diverses, endocardites et myocardites notamment.

Mots clés: échocardiographie, doppler, cœur, ophidien, reptile

Specific features of echocardiographic examination in ophidians

Echocardiography in ophidians shows several particularities, directly due to the anatomical features of their cardiovascular system: two aortic arches (instead of one in mammals), one single ventricle (instead of two), two cranial venae cavae (instead of one), and also one supplementary tubular cavity called sinus venosus, which proceeds into the right atrium at the sino-atrial opening. Ultrasound examination using a ventral and an intercostal approach allows a good visualisation of these cardiac structures in short and long axis. The main purpose of this technique is to establish the ante-mortem diagnosis of heart diseases, such as endocarditis and myocarditis.

Key words: echocardiography, doppler, heart, ophidian, reptile

Introduction

L'échocardiographie constitue l'examen de choix, chez l'homme comme chez les carnivores domestiques, pour établir le diagnostic ante-mortem des cardiopathies. Un des avantages indéniables de cette technique est son caractère non invasif, permettant de facilement la renouveler au cours du temps. Le système cardio-circulatoire des ophidiens présente des particularités anatomo-physiologiques notoires par rapport à celui des mammifères, et même par rapport à celui de certains autres reptiles. Ceci explique que l'examen échocardiographique chez ces animaux comporte un certain nombre de spécificités tant dans la réalisation technique que dans l'interprétation des images obtenues. Cet article a pour objectif de présenter de façon synthétique une standardisation de l'examen échocardiographique chez les ophidiens terrestres, standardisation qui est le fruit d'un travail commun entre deux cardiologues vétérinaires et de deux vétérinaires herpétologistes.

Particularités anatomiques et physiologiques du système cardiovasculaire des ophidiens

Chez les serpents, le cœur est généralement de forme assez longiligne, en conformité avec l'aspect général du corps. Comme chez les Mammifères, il est recouvert en totalité par un sac péricardique d'aspect blanchâtre et de consistance fibreuse. Son emplacement dans l'organisme est variable selon les espèces et selon leurs modes de vie: chez les espèces terrestres, il se localise en arrière de la tête, à une distance voisine de 15 à 25% de la longueur totale du corps (15% chez les arboricoles et 25% chez les terrestres non arboricoles) et presque à mi-distance entre la tête et l'extrémité de la queue chez les espèces aquatiques (les serpents marins et dulçaquicoles). Il se situe caudalement par rapport à la thyroïde, au niveau du pôle crânial du (ou des) poumon(s), légèrement en avant du foie, en regard des derniers anneaux trachéaux. Il présente la particularité d'être mobile à l'intérieur de la cavité coelo-

mique du fait de l'absence de diaphragme. Cette mobilité facilite probablement la progression, dans l'œsophage, de proies volumineuses dégluties toujours entières. Contrairement aux autres reptiles dont l'apex du cœur est rattaché au péricarde par un ligament appelé *gubernaculum cordis*, l'extrémité du ventricule des serpents est également libre à l'intérieur même de l'espace péricardique (White, 1968; Frye, 1991a; Williams, 1992; Funk, 1996; Murray, 1996; Farrell et al., 1998).

Le cœur des ophidiens (Frye, 1991a ; Farrell et al., 1998) se compose de (Fig. 1 et 2):

- quatre cavités:
 - un unique ventricule (et non deux comme chez les mammifères),
 - deux oreillettes ou atria (l'oreillette droite étant toujours nettement plus développée que la gauche, parfois même deux fois plus),
 - et un gros sinus veineux, appelé *sinus venosus*. Ce sinus est de forme tubulaire. Il repose sur la face dorsale de l'atrium droit, visible seulement par un abord dorsal du cœur, à la confluence entre les trois veines caves: la veine cave crâniale droite, la veine cave crâniale gauche et la veine cave caudale.

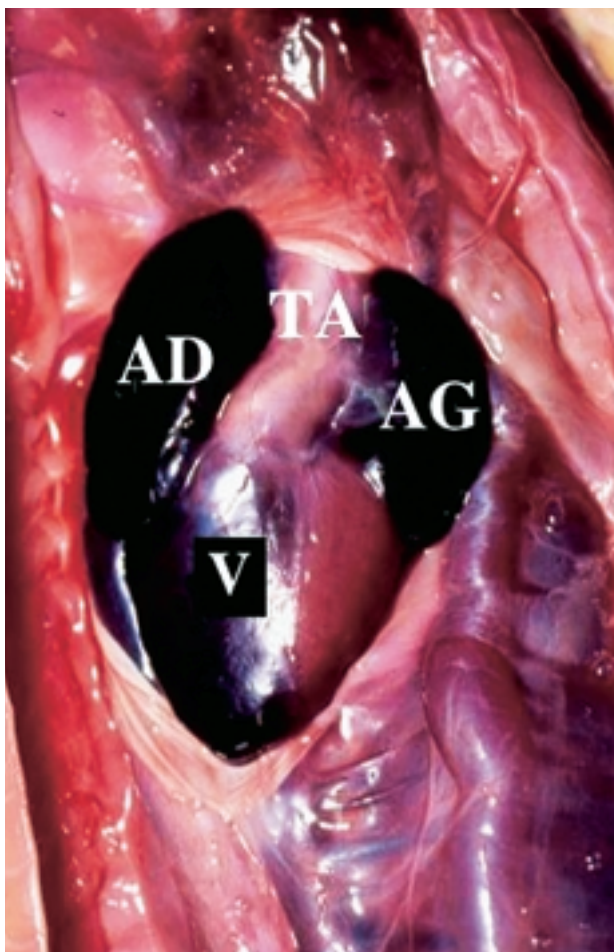


Figure 1: Face ventrale d'un cœur de python molure (*Python molurus bivittatus*) en place dans la cavité coelomique. AD: atrium droit. AG: atrium gauche. TA: troncs artériels (regroupant les 2 arcs aortiques et le tronc pulmonaire). V: ventricule unique.

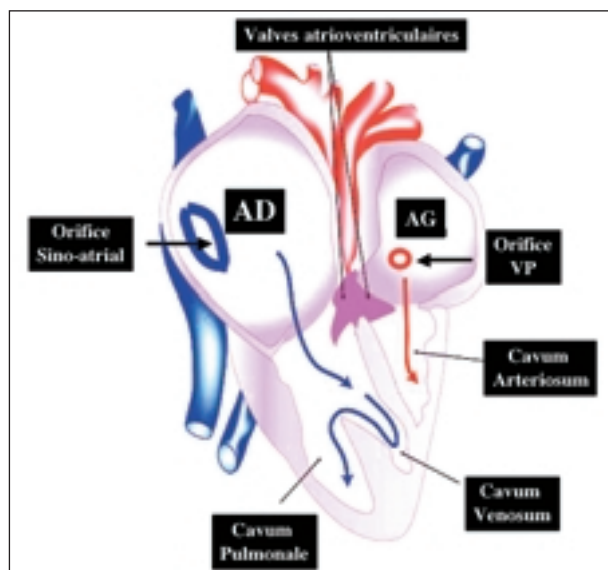


Figure 2: Schématisation de l'anatomie du cœur des ophidiens. AD: atrium droit. AG: atrium gauche. Orifice VP: orifice de la veine pulmonaire aboutissant dans l'atrium gauche.

- trois gros troncs artériels éfférents qui émanent du ventricule en décrivant une rotation vers la droite selon un angle de 180°: l'arc aortique gauche, l'arc aortique droit, et le tronc artériel pulmonaire.
- quatre troncs veineux afférents: les deux veines caves crânielles, la veine cave caudale et la veine pulmonaire. Les deux veines caves crânielles et la veine cave caudale s'abouchent elles-mêmes dans le *sinus venosus*.

Comme chez les mammifères, il est doté de différentes valves (Farrell et al., 1998):

- deux valves atrio-ventriculaires dites «monocuspides septales», car constituées chacune d'un unique feuillet s'insérant sur le septum inter-atrial.
- une valve sino-atriale, constituée de deux clapets au niveau de l'orifice sino-atrial, situé entre le sinus venosus et l'oreillette droite.
- Le ventricule comprend lui-même (Farrell et al., 1998):
 - trois anfractuosités: le *cavum pulmonale*, la chambre la plus ventrale, le *cavum venosum*, et le *cavum arteriosum*.
 - deux crêtes épaisses et musculeuses: une première, dénommée septum vertical, située entre le *cavum arteriosum* et le *cavum venosum*; une seconde, appelée septum horizontal, située entre le *cavum venosum* et le *cavum pulmonale*.

Le septum vertical favorise, du fait de sa position en regard du septum interatrial, la séparation entre les flux veineux pulmonaire et systémique pendant la diastole ventriculaire. Le septum horizontal, quant à lui, favorise la séparation entre les flux artériels pulmonaire

et systémique pendant la systole ventriculaire (Farell et al., 1998).

Pendant la diastole ventriculaire (Fig. 3), les deux valves atrio-ventriculaires s'ouvrent, le sang hématosé (en rouge) contenu dans l'atrium gauche se déverse dans le *cavum arteriosum* et le sang carbonaté (en bleu) contenu dans l'atrium droit se déverse dans le *cavum pulmonale* après avoir traversé, en cascade, le *cavum venosum* (Williams, 1992; Murray, 1996; Farell et al., 1998):

Pendant la systole ventriculaire (Fig. 3), les deux valves atrioventriculaires se ferment, le sang hématosé (en rouge) est expulsé du *cavum arteriosum* vers le *cavum venosum* puis vers les deux arcs aortiques gauche et droit. Le sang carbonaté (en bleu) est, quant à lui, expulsé du *cavum pulmonale* vers le tronc artériel pulmonaire (Williams, 1992; Murray, 1996; Farell et al., 1998).

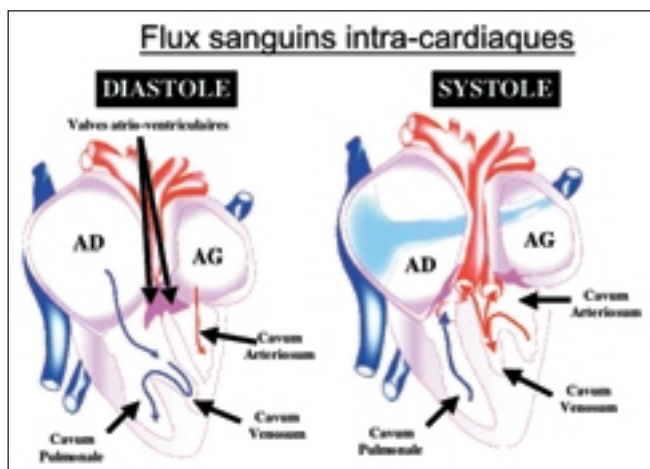


Figure 3: Les flux sanguins intracardiaques selon la phase du cycle cardiaque (diastole et systole ventriculaire). AD: atrium droit. AG: atrium gauche.

C'est donc du sang de mélange qui emprunte les deux arcs aortiques car le *cavum venosum* contient à la fois du sang carbonaté et du sang hématosé, mais cette mixité est faible, car la contraction, dans le ventricule, du septum vertical pendant la diastole et du septum horizontal pendant la systole permet une séparation quasi-totale entre la circulation pulmonaire et la circulation systémique (Frye, 1991a; Murray, 1996; Farell et al., 1998).

Réalisation de l'examen échocardiographique et aspect normal

Préparation de l'animal

La préparation de l'animal est simple: l'animal, généralement non anesthésié, est placé en décubitus dorsal, tenu de préférence par deux aides (idéalement, il est

conseillé un aide par mètre de longueur de serpent!). Une sédation est parfois nécessaire lorsque l'animal est agité ou agressif, faisant appel soit à l'association tilétamine – zolazépam (Zolétil ND) à la dose de 15–30 mg/kg par voie intramusculaire, soit à l'association kétamine (Imalgène ND, 50 mg/kg) et médétomidine (Domitor ND, 0,1 mg/kg) par la même voie (Stein, 1996; Malley, 1997; Bennett & al., 1999; Schilliger, 2000). Si possible, l'animal est placé sur un tapis chauffant ou contre une bouillotte afin de maintenir une température corporelle d'environ 30°C, température à laquelle le système cardiovasculaire de ces animaux fonctionne de façon optimale (Frye, 1991a).

Le choc précordial est ensuite repéré ventralement (Fig. 4) à environ 15–25% de la longueur du corps à partir de la tête. Une épaisse couche de gel conducteur est appliquée à cet endroit, de façon à assurer une parfaite cohésion entre la sonde et les écailles qui peuvent parfois gêner l'obtention d'images de qualité (Isaza et al., 1993; Rishniw et al., 1999; Snyder & al., 1999). Une des difficultés techniques de l'examen tient à la relative mobilité du cœur dans la cavité coelomique, expliquant que l'opérateur soit souvent amené en cours d'examen à déplacer la sonde crânialement ou caudalement de quelques centimètres par rapport à la position initiale. L'autre difficulté technique est liée à l'échogénicité sanguine qui est plus grande chez les ophidiens que chez les mammifères en raison de la plus grande taille des érythrocytes (en moyenne deux fois plus). Ceci contribue à diminuer le contraste entre les contenus cavitaires d'une part et les parois myocardiques d'autre part.



Figure 4: Repérage du choc précordial ventralement.

Les différentes voies d'abord et incidences

La majorité de l'examen échographique est réalisée par voie ventrale (Fig. 5), c'est-à-dire en plaçant la sonde ventralement au cœur, ce qui permet de «balayer» l'organe depuis l'apex caudal jusqu'à la base crâniale. Deux autres voies d'abord (Fig. 5), intercostales droite et gauche, obtenues en positionnant

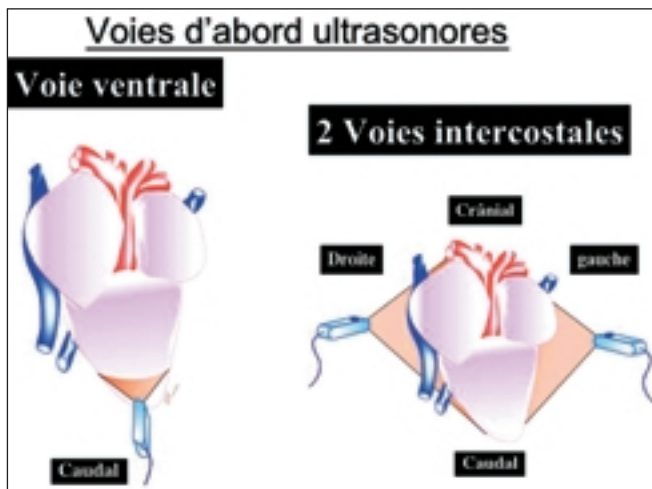


Figure 5: Les trois voies d'abord ultrasonores: voie ventrale et voies intercostales droite et gauche.

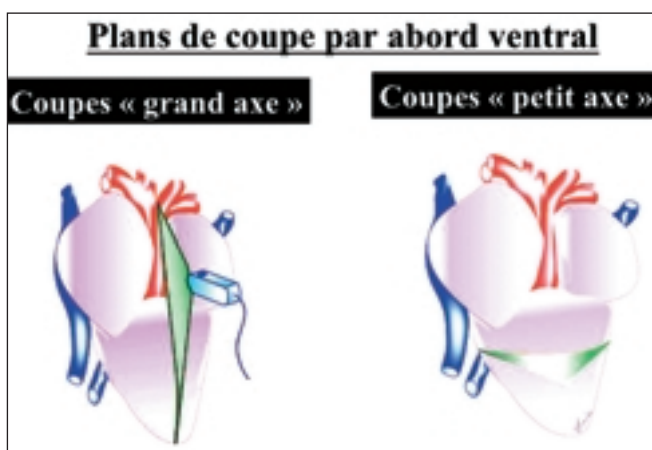


Figure 6: Les deux grands types de plan de coupe par voie d'abord ventrale: les coupes « grand axe » sont caractérisées par le fait que le plan de coupe ultrasonore est parallèle au grand axe du cœur. Inversement pour les coupes « petit axe », le plan de coupe est perpendiculaire.

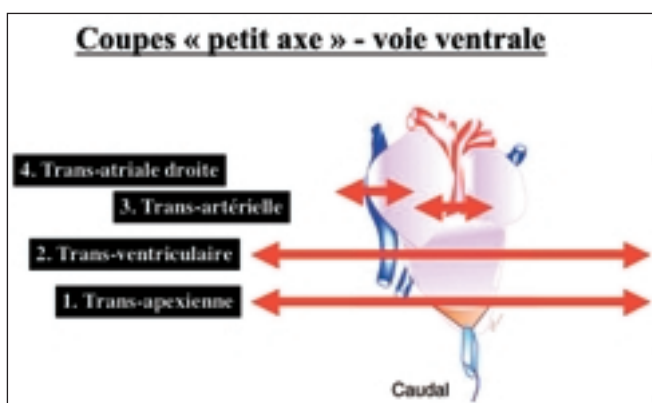


Figure 7: Les 4 coupes « petit axe » par abord ventral: de l'arrière vers l'avant sont obtenues la coupe trans-apexienne, puis trans-ventriculaire, trans-artérielle, et enfin trans-atriale droite.

la sonde latéralement, peuvent parfois être utilisées pour compléter l'examen ventral afin d'affiner certains détails, notamment l'étude des jonctions atrio-ventriculaires ou sino-atriale. L'abord ventral permettant généralement de réaliser la majorité voire la

totalité de l'exploration cardiovasculaire, seul celui-ci sera détaillé dans la suite de ce manuscrit.

Par voie d'abord ventral, en reprenant la même terminologie que pour l'échocardiographie chez les mammifères, 8 coupes ultrasonores peuvent être définies (Fig. 6): 4 plans de coupe dits « petit axe » (Fig. 7), et 4 « grand axe » (Fig. 8), le plan ultrasonore étant respectivement perpendiculaire et parallèle au grand axe du cœur (et donc du corps) de l'animal.

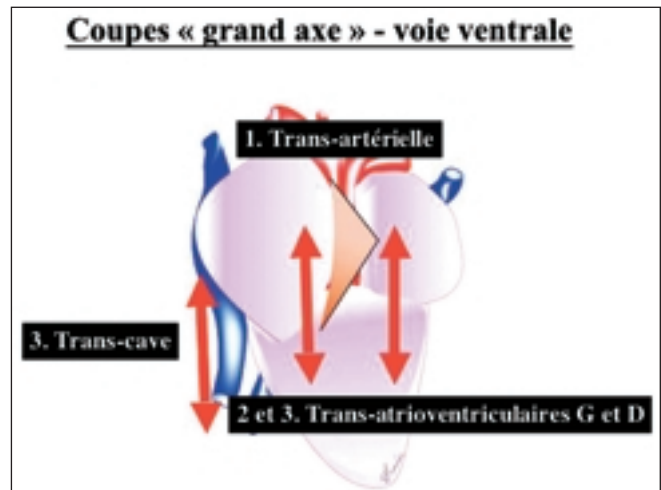


Figure 8: Les 4 coupes « grand axe » par abord ventral: coupe trans-artérielle, puis atrioventriculaire gauche (G) et droite (D), et enfin trans-cave à droite du plan médian.

Les coupes « petit axe »

– la coupe « petit axe » la plus caudale est la coupe trans-apexienne (Fig. 9) montrant le myocarde apexien transversalement et le péricarde postérieurement sous la forme d'une ligne échogène;

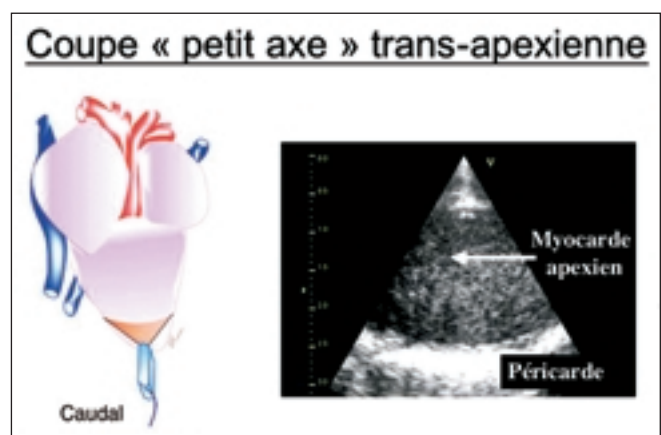


Figure 9: Coupe « petit axe » trans-apexienne par abord ventral.

– la coupe « petit axe » trans-ventriculaire (Fig. 10) est obtenue en déplaçant la sonde crânialement en région sous-artérielle. Elle montre le (ou les) Cavum(s) en coupe transversale entourés du myocarde périphérique (Cavum Pulmonale ventral, Cavum Venosum dorsal droit et Cavum Arteriosum dorsal

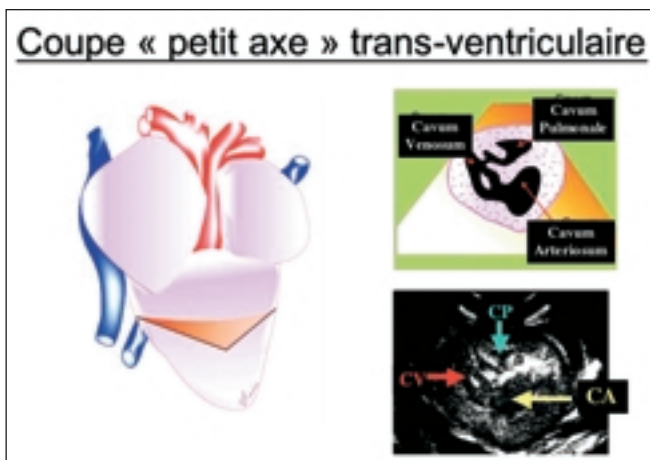
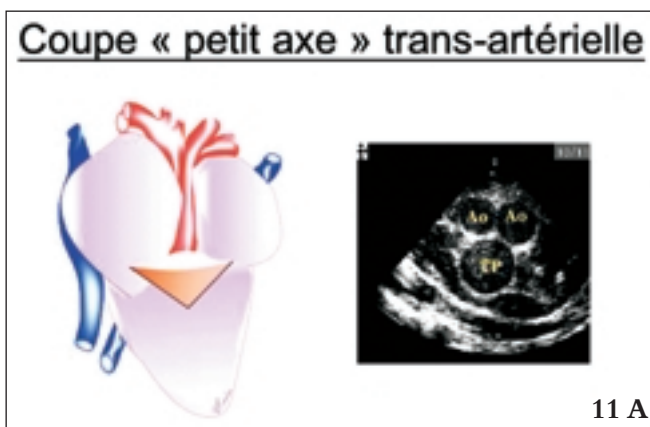


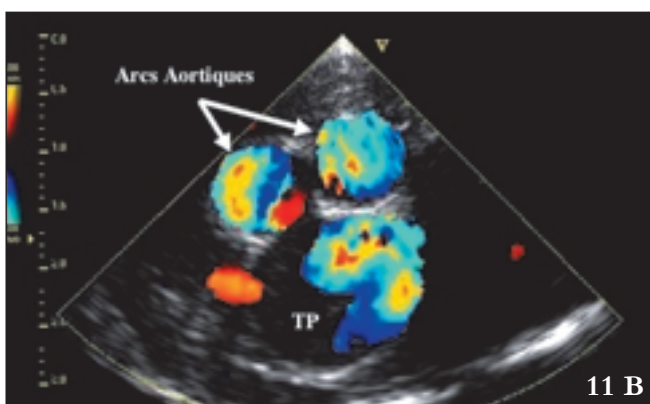
Figure 10: Coupe «petit axe» trans-ventriculaire par abord ventral. CA: Cavum Arteriosum. CP: Cavum Pulmonale. CV: Cavum Venosum.

gauche), et parfois séparés par les crêtes musculaires ou septum.

- la coupe petit axe trans-artérielle, encore plus crâniale, (Fig. 11) permet la visualisation en coupe transversale des trois gros troncs artériels: les deux arcs aortiques ventraux de même diamètre et le tronc pulmonaire dorsal de diamètre plus important.
- la coupe petit axe trans-atriale droite (Fig. 12) est obtenue à partir de l'incidence précédente en



11 A



11 B

Figure 11: Coupe «petit axe» trans-artérielle par abord ventral en mode bidimensionnel (A) et en mode Doppler couleur (B) montrant en systole le sang arrivant simultanément dans les trois troncs artériels. Ao: aorte. TP: tronc pulmonaire.

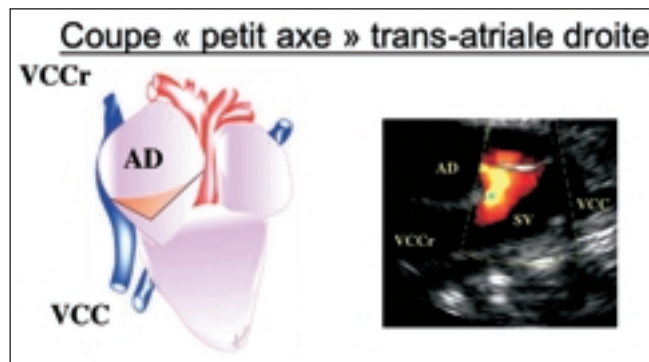
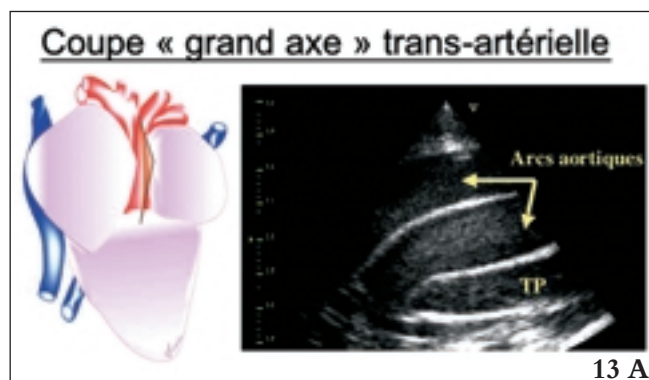


Figure 12: Coupe «petit axe» trans-atriale droite par abord ventral en mode Doppler couleur montrant le sang (codage couleur rouge) passant du sinus venosus (SV) dans l'atrium droit (AD) à travers les valvules sino-atriales. La veine cave caudale (VCC) ainsi que l'une des veines caves crânielles (VCCr) sont visibles, s'abouchant dans le sinus venosus.

déplaçant légèrement la sonde vers la droite et vers l'avant: elle offre une visualisation de l'abouchement du sinus venosus dans l'atrium droit ainsi que des deux valvules sino-atriales.

Les coupes «grand axe»

- la coupe «grand axe» trans-artérielle est obtenue à partir de la coupe «petit axe» du même nom en tournant la sonde de 90°. Elle permet de dérouler les deux arcs aortiques et le tronc pulmonaire (Fig. 13).
- Les coupes «grand axe» atrioventriculaires droite et gauche sont réalisées à partir de la coupe précédente «grand axe» transartérielle, en orientant la sonde ventro-dorsalement respectivement vers la droite ou vers la gauche. Ces coupes montrent les deux cavités atriales s'abouchant dans le ventricule unique au niveau des jonctions atrioventriculaires où sont également observées les valves atrioventriculaires monocuspides droite et gauche (Fig. 14).
- Enfin, à partir de la coupe «petit axe» transatriale droite, la rotation de la sonde de 90° puis son déplacement vers l'arrière permet de dérouler puis de suivre, à partir du sinus venosus, le trajet de la veine cave caudale, parallèle à la veine pulmonaire (coupe grand axe trans-cave).



13 A

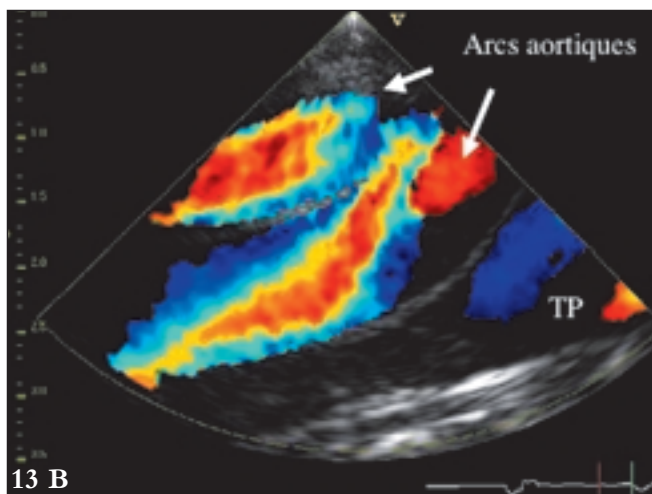


Figure 13: Coupe « grand axe » trans-artérielle par abord ventral en mode bidimensionnel (A) et en mode Doppler couleur (B) montrant en systole le sang arrivant simultanément dans les trois tronc artériels. TP: tronc pulmonaire. Noter dans la figure 13A que les globules rouges sont parfaitement bien visualisés sous la forme de petits éléments échogènes. Cette bonne visualisation peut s'expliquer en partie par la grande taille des globules rouges chez les ophidiens (volume globulaire en moyenne double de celui des mammifères).

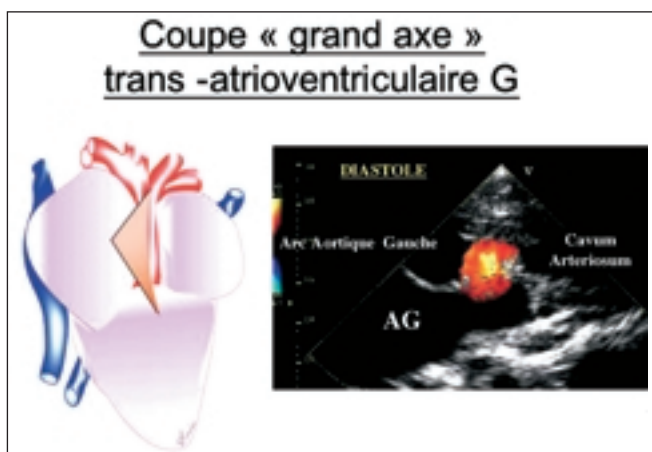


Figure 14: Coupe « grand axe » trans-atrioventriculaire gauche par abord ventral en mode Doppler couleur montrant le sang (codage couleur rouge) passant de l'atrium gauche (AG) dans le Cavum Arteriosum à travers la valve monocuspide atrio-ventriculaire. L'arc aortique gauche est visible ventralement.

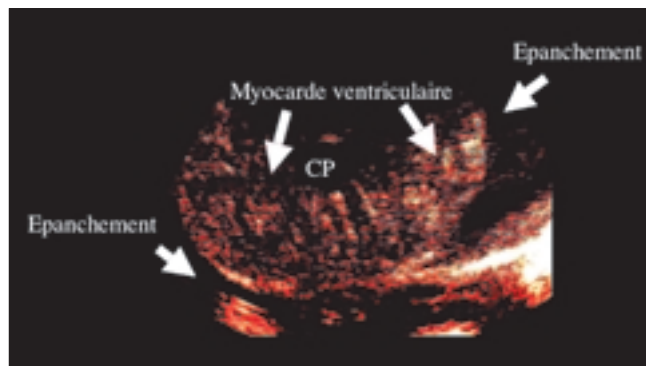


Figure 15: Coupe « petit axe » trans-ventriculaire par abord ventral obtenue chez un boa des savanes de Dumeril (*Acrantophis dumerili*) atteint de salmonellose (*Salmonella arizonae*). Cette infection était à l'origine à la fois d'un épanchement coelomique inflammatoire et d'une myocardite granulomateuse prenant l'aspect de plages hyper-échogènes réparties dans l'ensemble du myocarde de façon aléatoire. CP: Cavum Pulmonale.

Applications pratiques et perspectives

Le cœur des ophidiens peut être l'objet de lésions variées: endocardites, myocardites, infarctus, péricardites, myocardiopathies, infestations parasitaires ou encore tumeurs (Barten et Frye, 1991a; Frye, 1991b; Hruban, et al., 1991; Jacobson et al., 1991; Rishniw et al., 1999; Snyder et al., 1999; Schilliger et al., 2001 et 2003). La réalisation d'une échocardiographie constitue un progrès indéniable dans l'établissement de leur diagnostic ante-mortem (Frye, 1994). Pour illustration, un exemple de myocardite est donné dans la Figure 15. Jusqu'à maintenant, ces maladies cardiovasculaires étaient peu explorées chez l'animal vivant, leur diagnostic étant, dans la majorité des cas, confirmé à l'autopsie. L'intérêt d'avoir établi une telle standardisation de l'examen échocardiographique chez ces animaux devrait permettre d'améliorer la connaissance du vétérinaire dans le domaine des cardiopathies ophidiennes, contribuant ainsi au développement de la discipline «cardiologie» chez les animaux exotiques.

Eigenheiten der Echokardiographie bei Nattern

Die Echokardiographie lässt bei Nattern verschiedene Eigenheiten erkennen, die unmittelbar auf die anatomischen Besonderheiten des kardiovaskulären Systems dieser Reptilien zurückzuführen sind:

2 Aortenbögen (an Stelle von einem bei Säugetieren), 1 einheitlicher Ventrikel (an Stelle von 2), 2 kraniale Hohlvenen (an Stelle von einer) sowie ein persistierender Sinus venosus, der sich als röhrenförmiger Raum ins rechte Atrium öffnet. Ultraschalluntersuchungen von ventral und lateral im Interkostalbereich erlauben eine gute Darstellung der erwähnten Gefäße und Herzzräume in der Längs- und Querachse des Herzens. Dieses Verfahren ist geeignet, Herzerkrankungen wie Endokarditis und Myokarditis bereits ante mortem zu diagnostizieren.

Particolarità della ecocardiografia nei colubri

L'ecocardiografia nei colubri fa riconoscere diverse peculiarità che sono riconducibili alle particolarità anatomiche del sistema cardiovascolare di questi rettili: 2 archi aortici (al posto di uno nei mammiferi), 1 ventricolo indiviso (al posto di 2), 2 vene cave craniali (al posto di una) così come un persistente seno venoso, che si apre in uno spazio a forma di canale nell'atrio destro. Esami ecografici ventrali e laterali, sull'asse longitudinale e trasversale del cuore, dello spazio intercostale permettono una buona rappresentazione dei vasi citati e delle cavità cardiache. Questo procedimento è adatto per diagnosticare ante mortem malattie cardiache quali endocardite e miocardite.

Références

- Barten S.L., Frye F.L.: Leiomyosarcoma and myxoma in a Texas Indigo Snake. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1981, 179: 1292–1295.
- Bennett R.A., Divers S.J., Schumacher J., Wimsatt J., Gaynor J., Stahl S.J.: Anesthesia (Roundtable). *Bulletin of the Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians.* 1999, 9: 20–27.
- Farrell A.P., Gamperl A.K., Francis E.T.B.: Comparative aspects of heart morphology. In Gans C, Gaunt A.S.: *Biology of the Reptilia*, vol. 19. New York, Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 1998, 375–424.
- Frye F.L.: Biomedical and surgical aspects of captive reptile husbandry, 2nd ed. Melbourne, FL, Krieger Publishing 1991a, 41–57.
- Frye F.L.: Characteristics of Cardiomyopathy in Two Pythons: Aortic Valvular Stenosis and Secondary Cardiomyopathy in a Children's Python, *Liasis Childreni*, and Ventricular Wall Hypoplasia, First-Degree Heart Block, and Plasmacytic Pericarditis in a Juvenile Burmese Python, *Python molurus bivittatus*. *Proc. IV Int. Coll. Path. of Reptiles and Amph.*; Bad Nauheim, Germany, 1991b.
- Frye, F.L.: Application of Ultrasonic Doppler Flow Detection and Echocardiography in Clinical Herpetological Medicine. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine.* Philadelphia: W.B. Saunders company 1994, 133–139.
- Funk, R.S.: Biology – Snakes. In: *Reptile Medicine and Surgery.* Ed. D.R. Mader, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1996, 39–46.
- Hruban Z., Vardiman E., Meehan T., Frye F.L., Carter W.E.: Hematopoietic Neoplasms in Zoo Animals. *J. Comp. Pathol.* 1992, 106: 15–24.
- Isaza R., Ackerman N., Jacobson E. R.: Ultrasound imaging of the coelomic structures in the Boa constrictor (*Boa constrictor*). *Vet. Radiol.* 1993, 34: 445–450.
- Jacobson E. R., Homer B., Adams W.: Endocarditis and congestive heart failure in a burmese python (*Python molurus bivittatus*). *J. Zoo Wildl. Med.* 1991, 22: 421–433.
- Malley D.: Reptile anaesthesia and the practising veterinarian. *In Pract.* 1997, 351–368.
- Murray M.J.: Cardiology and circulation. In: *Reptile Medicine and Surgery.* Ed. D.R. Mader, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1996, 95–104.
- Rishniw M., Carmel B.P.: Atrioventricular valvular insufficiency and congestive heart failure in a carpet python. *Aust. Vet. J.* 1999, 77: 580–583.
- Schilliger L.: Anesthésie des reptiles. *Encyclopédie Vétérinaire (Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS), Anesthésie-Réanimation 2000, 0600, 6p.*
- Schilliger L., Selleri, P., Frye F.L.: Neoplasie lymphoréticulaire chez un Boa constrictor du Surinam (*Boa constrictor constrictor*) associée à la présence de corps d'inclusion de type IBD. *Prat. Anim. Sauv. Exot.*, in press.
- Schilliger L., Vanderstylen D., Pietrain J., Chetboul V.: Granulomatous myocarditis and coelomic effusion due to *Salmonella enterica arizonae* in a Madagascar Dumerili's boa

(*Acrantophis dumerili*, Jan. 1860). *J. Vet. Cardiol.* 2003, 5: 43–45.

Snyder P. S., Shaw N. G., Heard D. J.: Two-dimensional echocardiographic anatomy of the snake heart (*Python molurus bivittatus*). *Vet. Radiol. Ultrasound* 1999, 40: 66–72.

Stein G.: Reptile and amphibian formulary. Appendix, Chapter 61, Section VII. In: *Reptile Medicine and Surgery*. Ed. D.R. Mader, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1996, 465–472.

Williams D. L.: Cardiovascular system. In *Beynon P.H., Lawton M. P. C., Cooper J. E.*: *Manual of Reptiles*. Cheltenham, UK: British Small Animal Veterinary Association 1992, 80–87.

White F.N.: Functional anatomy of the heart of reptiles. *Am. Zool.* 1968, 8: 211–219.

Adresse de correspondance

Pr. Valérie Chetboul, Unité de Cardiologie d'Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,
7, Avenue du Général de Gaulle, 94 704 Maisons-Alfort Cedex, France.
E-Mail: vchetboul@vet-alfort.fr

Enregistrement du manuscrit: 15 décembre 2003

Accepté sous cette forme: 30 janvier 2004