

# EVALUATION ECHOGRAPHIQUE DES DIAMETRES DE LA VEINE CAVE CAUDALE, DE L'AORTE ABDOMINALE ET DE LEUR RAPPORT AU COURS D'UNE ANESTHESIE GENERALE CHEZ LE CHAT SAIN

---

THESE

pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**NGUYEN Quang Duc**

Né le 24/02/1996 à NOGENT-SUR-MARNE (94)

**Directrice de thèse : Mme Géraldine JOURDAN**

---

**JURY**

PRESIDENT :

**M. Christian VIRENQUE**

Professeur à l'Université Paul Sabatier

ASSESEURS :

**M. Géraldine JOURDAN**

**M. Benjamin CARTIAUX**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

AERC à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITEE :

**Mme Cathy LAYSSOL-LAMOUR**

Praticienne hospitalière à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE



**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation  
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

**Directeur : Professeur Pierre SANS**

**PROFESSEURS CLASSE  
EXCEPTIONNELLE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie – Thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

**PROFESSEURS 1<sup>ère</sup> CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootechnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*

**PROFESSEURS 2<sup>ème</sup> CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et Économie de la santé animale*

**PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE**

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

## **MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*  
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*  
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*  
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

## **MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE**

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*  
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*  
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*  
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie- Bactériologie-Pathologie infectieuse*  
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*  
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et Industrie des aliments*  
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*  
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*  
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*  
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie – Analgésie*  
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*  
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*  
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*  
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*  
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*  
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*  
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales règlementées*  
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

## **CHARGES D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS**

- Mme **CHARTIER Camille**, *Nouveaux animaux de compagnie*  
M. **FERCHIOU Ahmed**, *Economie, production animale*  
Mme **MANTELLI Morgane**, *Médecine interne*  
Mme **MAURIN Claire**, *Nouveau animaux de compagnie*  
Mme **TOUSSAINT Marion**, *Pathologie des équidés*

## **ENSEIGNANTS DE PREMIERE ANNEE COMMUNE AUX ETUDES VETERINAIRES**

- M. **AUFFRET Jérémy**, *Physique-Chimie*  
Mme **GAUCHARD Cécile**, *Biologie-écologie-santé*

## **ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS**

- M. **BESSIERE Pierre**, *Microbiologie infectiologie*  
Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*  
M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*  
M. **LESUEUR Jérémy**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*  
M. **TOUITOU Florian**, *Alimentation animale*

# **REMERCIEMENTS**

**À Madame le Docteur Géraldine JOURDAN**  
Maître de Conférences en anesthésie-analgésie  
Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Anesthésie – Analgésie*

Qui m'a encadrée tout au long de ce travail et m'a insufflé un intérêt certain pour sa discipline  
Sincères remerciements

**À Madame le Docteur Cathy LAYSSOL-LAMOUR**  
Docteur vétérinaire  
Praticien hospitalier à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Imagerie – Echographie*

Qui m'a aidé dans la réalisation de l'aspect imagerie de ce projet  
Sincères remerciements

**À Monsieur le Professeur Faouzi LYAZHRI**  
Maître de conférences en Statistique  
Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Statistiques – Unité pédagogique de Biostatistique*

Qui m'a aidé dans l'exploitation statistique de mes données  
Sincères remerciements

**À Monsieur le Docteur Benjamin CARTIAUX**  
Docteur vétérinaire  
AERC anatomie à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Anatomie*

Qui me fait l'honneur de faire partie de mon jury de soutenance de thèse  
Sincères remerciements

**À Monsieur le Docteur Christian VIRENQUE**  
Spécialiste de médecine d'urgence au CHU de Toulouse  
Ancien directeur du SAMU 31  
*Urgences*

Qui me fait l'honneur de présider ma soutenance de thèse  
Sincères remerciements



# TABLE DES MATIERES

<b>TABLE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>11</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>15</b>
<b>PARTIE 1 : RAPPELS HISTO-PHYSIOLOGIQUES EN RELATION AVEC LA VOLEMIE. 17</b>	
I) Physiologie, indications et intérêts du maintien de la volémie .....	19
A) Physiologie vasculaire.....	19
1) Histologie du système vasculaire des mammifères .....	19
a. Particularités fonctionnelles du système artériel.....	20
b. Particularités fonctionnelles du système capillaire .....	21
c. Particularités fonctionnelles du système veineux .....	21
2) Volémie et pression artérielle .....	22
a. Lien entre la volémie et la pression artérielle .....	22
b. Homéostasie volémique et barométrique .....	23
B) Troubles de la volémie .....	25
1) Hypovolémie .....	25
a. Physiopathologie .....	25
b. Réponse systémique .....	25
2) Hypervolémie .....	28
C) Intérêts du maintien de la volémie .....	28
II) Impact de l'anesthésie sur la fonction cardiovasculaire.....	29
A) Impacts des molécules anesthésiques sur la volémie.....	29
B) Conséquences sur la pression artérielle et lien avec le rapport Veine cave caudale/Aorte .....	29
C) Méthodes d'évaluation de la volémie .....	30
1) Examen clinique .....	30
2) Evaluation de la perfusion des tissus.....	30
3) Pression veineuse centrale .....	31

4) Imagerie .....	31
a. Radiographie .....	31
b. Echographie.....	31
III) Objectifs de l'étude expérimentale.....	34

## **PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE ..... 35**

I) Matériels et méthodes .....	37
A) Population.....	37
1) Critères d'inclusion .....	37
2) Critères d'exclusion.....	37
B) Déroulement général de la procédure .....	38
C) Procédure anesthésique.....	39
D) Mesure de la pression artérielle non invasive.....	40
E) Obtention et mesure des diamètres de la veine cave caudale et de l'aorte abdominale.....	41
F) Statistiques et analyse des données .....	45
II) Résultats .....	47
A) Données démographiques .....	47
B) Considérations anesthésiques .....	47
1) Protocole anesthésique .....	47
2) Durées des temps de l'anesthésie .....	47
C) Méthodologie échographique .....	48
D) Comparaison des opérateurs.....	48
E) Evolution des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport au cours de l'anesthésie générale en lien avec la pression artérielle non invasive.....	51
1) Evolution des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport au cours de l'anesthésie générale .....	51
2) Evolution de la pression artérielle au cours de l'anesthésie générale .....	53
3) Corrélation entre les diamètres de la VCC, de l'Ao, leur rapport et la pression artérielle .....	56
III) Discussion .....	57
A) Population d'étude et considérations anesthésiques.....	57
B) Méthodologie échographique .....	57
C) Comparaison des opérateurs.....	61

D) Evolution des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport au cours de l'anesthésie générale en lien avec la pression artérielle non invasive.....	62
1) Evolution des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport au cours de l'anesthésie générale .....	62
2) Evolution de la pression artérielle au cours de l'anesthésie générale .....	64
3) Corrélation entre les diamètres de la VCC, de l'Ao, leur rapport et la pression artérielle .....	65
E) Limites et perspectives .....	65

<b>CONCLUSION .....</b>	<b>69</b>
-------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>73</b>
---------------------------	-----------



# **TABLE DES ABREVIATIONS**

ADH : Hormone antidiurétique

Ao : Aorte

CIVD : Coagulation Intra vasculaire disséminée

DC : Débit cardiaque

FC : Fréquence cardiaque

IM : Intramusculaire

IV : Intraveineuse

MODS : Multi Organic Dysfunction Syndrom

PA : Pression artérielle

PAD : Pression artérielle diastolique

PAM : Pression artérielle moyenne

PAS : Pression artérielle systolique

RP : Résistance périphérique

SIRS : Syndrome inflammatoire à Réponse Systémique

VCC : Veine Cave Caudale

VES : Volume d'éjection systolique

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## FIGURES

Figure 1 : Positionnement de l'animal (décubitus sternal) lors des temps de mesures de pression artérielle.....	41
Figure 2 : Zones anatomiques permettant l'obtention de la fenêtre échographique et l'acquisition des diamètres de la VCC et de l'Ao chez le chat .....	42
Figure 3 : Rotation à 90° de la sonde permettant de passer d'une coupe longitudinale à une coupe transversale .....	43
Figure 4 : Coupe longitudinale de la VCC et de l'Ao en région iliaque chez le chat .....	44
Figure 5 : Coupe transversale de la VCC et de l'Ao en région iliaque chez le chat .....	44
Figure 6 : Régression linéaire modélisant la répétabilité intra-opérateur (QN) pour la mesure échographique du diamètre de la VCC .....	49
Figure 7 : Régression linéaire modélisant la répétabilité intra-opérateur (QN) pour la mesure échographique du diamètre de l'Ao .....	49
Figure 8 : Evaluation de la répétabilité inter-opérateurs (QD vs GJ) de la mesure échographique du diamètre de la VCC (par une méthode de Bland Altman) .....	50
Figure 9 : Evaluation de la répétabilité inter-opérateurs (QD vs GJ) de la mesure échographique du diamètre de l'Ao (par une méthode de Bland Altman) .....	50
Figure 10 : Evolution du diamètre de la VCC au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain .....	51
Figure 11 : Evolution du diamètre de l'Ao au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain .....	52
Figure 12 : Evolution du diamètre de la VCC et de l'Ao au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain.....	52

Figure 13 : Evolution du rapport des diamètres VCC/Ao au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain.....	53
Figure 14 : Evolution de la PAS au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain.....	54
Figure 15 : Evolution de la PAM au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain .....	54
Figure 16 : Evolution de la PAD au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain.....	55
Figure 17 : Evolution des pressions artérielles systoliques, diastolique et moyenne au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain .....	56

## **SCHEMAS**

Schéma 1 : Schéma récapitulatif physiopathologique des conséquences possibles d'une hypovolémie.....	27
Schéma 2 : Schéma récapitulatif du déroulement expérimental .....	39

## **TABLEAUX**

Tableau 1 : Durée des temps de l'anesthésie générale .....	47
--	----



# **INTRODUCTION**

La volémie correspond au volume de sang total présent dans l'organisme. Afin d'assurer la perfusion des tissus permettant l'apport en nutriments, gaz et l'évacuation des déchets, l'organisme dispose de nombreux mécanismes pour maintenir ce paramètre vital. Ainsi, son estimation est essentielle dans la prise en charge d'un individu présentant un déficit ou excès de volume de fluides et sa normalisation est nécessaire afin d'apporter une quantité suffisante de sang aux organes. Cet enjeu est d'autant plus important lors d'une anesthésie générale qui peut interférer avec les mécanismes physiologiques de régulation de la volémie.

En pratique vétérinaire, l'estimation de la volémie est essentiellement clinique et donc, peu précise. Ce paramètre peut aussi être évalué via la pression veineuse centrale mais qui du fait de sa difficulté de mise en œuvre est peu réalisé en routine. Il semble donc intéressant de chercher de nouvelles méthodes peu invasives et rapides à mettre en œuvre afin de mesurer plus précisément la volémie d'un animal.

En médecine humaine, l'estimation du volume sanguin est réalisable notamment par échographie via la mesure du diamètre de deux vaisseaux que sont l'Aorte (Ao) et la Veine Cave Caudale (VCC) <sup>[1,2]</sup>. Ce moyen d'évaluation de la volémie a pour avantages d'être non invasif pour le patient et accessible pour le praticien tout en fournissant une donnée chiffrée reflétant directement ce paramètre. Dans cette optique, l'objectif de cette étude est d'estimer si cette méthode de mesure de la volémie est transposable ou adaptable chez le chat.



**PARTIE 1 : RAPPELS HISTO-**  
**PHYSIOLOGIQUES EN RELATION**  
**AVEC LA VOLEMIE**



# I) Physiologie, indications et intérêts du maintien de la volémie

## A) Physiologie vasculaire

La volémie correspond au volume total de sang présent dans l'organisme. Au sein du vivant, ce volume varie en fonction de l'espèce considérée et de son stade physiologique. Chez le chat, ce volume correspond à 6,5-6,7% du poids vif soit environ 60mL/kg<sup>[3,4]</sup>. Afin d'assurer le fonctionnement cellulaire, le sang circule dans un réseau de vaisseaux pour approvisionner l'organisme en oxygène et en nutriments. Chez les mammifères, ces vaisseaux présentent des caractéristiques histologiques communes mais aussi des différences selon la fonction qu'ils occupent au sein de l'organisme. La connaissance des différentes particularités du système vasculaire est un point important dans la compréhension des mécanismes de régulation de la volémie et de la pression artérielle (PA).

### 1) Histologie du système vasculaire des mammifères

La paroi des vaisseaux sanguins est constituée de trois couches histologiques concentriques distinctes<sup>[5]</sup> :

- **L'intima** : C'est la couche la plus interne au vaisseau en contact avec le sang. Elle est constituée d'un endothélium basal posé sur une lame basale. En dessous se trouve une couche sub-endothéliale composée de collagène, fibres élastiques et muscles lisses.
- **La média** : C'est la couche en dessous de l'intima. On y retrouve des fibres musculaires lisses, des fibres élastiques ainsi que du collagène. L'intima et la média sont séparées par une limitante élastique interne composée de fibres élastiques. Elle est absente pour les petites veines et très fine pour celles de grand diamètre.
- **L'adventice** : C'est la couche la plus externe. Elle est composée de tissu conjonctif, de collagène et de fibres élastiques. Des fibres nerveuses la traversent pour innover les muscles de la média. De même que précédemment, la média et l'adventice sont séparés par une limitante élastique externe que l'on retrouve notamment dans le système artériel.

Au sein de l'appareil circulatoire de l'organisme, on peut séparer le réseau vasculaire en trois catégories :

- **Le système artériel.** Il s'agit de l'ensemble des vaisseaux sanguins venant irriguer les organes.
- **Le système capillaire.** Ce dernier est adapté pour assurer les échanges entre le sang et les tissus à l'échelle de l'organe.
- **Le système veineux.** Ce sont les vaisseaux qui ramènent le sang vers le cœur.

Les vaisseaux de ces différents systèmes sont soumis à des contraintes et des forces différentes relatives à leurs fonctions. Leurs rôles étant différents au sein de l'organisme, leur constitution histologique varie en conséquence. Ainsi, les trois couches que sont l'intima, la média et l'adventice varient dans leur constitution et confèrent aux vaisseaux des propriétés différentes en termes d'élasticité et de contractilité.

#### a. **Particularités fonctionnelles du système artériel**

Le système artériel permet d'acheminer le sang du cœur vers les tissus. Du point de vue histologique, on distingue trois types d'artères, différenciables par leur calibre et leur constitution histologique <sup>[5,6]</sup> :

- **Les artères élastiques** : Ce sont des artères de grand calibre dont la média est très riche en fibres élastiques mais aussi en fibres musculaires. Ce sont des vaisseaux capables de supporter de grandes pressions tout en maintenant leur forme. De ces particularités découlent deux fonctions majeures des artères élastiques : l'écoulement rapide du sang vers les tissus et la propulsion du sang sous pression lorsque le cœur est au repos. En systole, l'élasticité de ces artères leur permet de se distendre et d'emmagasiner la pression et l'excès de volume sanguin. En diastole, ces vaisseaux reprennent leur forme initiale grâce à leur élasticité et poussent le sang en un flux continu vers les organes. Cette élasticité permet la transformation d'un flux sanguin saccadé en un flux plus linéaire. Par ailleurs, l'aorte est la plus grande des artères élastiques de l'organisme.
- **Les artères musculaires** : A mesure que l'on s'éloigne du cœur, la média des artères s'enrichit en fibres musculaires quand leur quantité de fibres élastiques diminue. Aussi qualifiées d'artères de distribution, elles ont pour rôle de répartir le volume sanguin vers les différents organes en fonction de leur besoin et participent à la régulation de la pression artérielle. Pour ce faire, ces artères sont sous l'influence de différents mécanismes agissant sur leur diamètre et donc, le débit et la pression artérielle :

- A l'échelle du vaisseau, le diamètre des artères musculaires est sous influence chimique (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, K<sup>+</sup>, osmolarité, adénosine, histamine) et physique (température locale, étirement musculaire, activité musculaire). Cette composante permet une adaptation locale de la pression artérielle.
- A l'échelle systémique, les cellules musculaires de ces vaisseaux présentent d'un tonus vasculaire, lié à l'activité myogénique intrinsèque et l'influence neuronale du système nerveux sympathique. Par ailleurs, ils sont aussi sensibles à certaines molécules agissant sur leur diamètre comme l'aldostérone II ou la vasopressine. Ces leviers d'actions répondent à une commande de l'organisme face une perturbation plus globale en agissant sur la plupart des organes.

### **b. Particularités fonctionnelles du système capillaire**

Les capillaires sont les vaisseaux assurant les échanges entre le sang et les tissus. En fonction de leur localisation dans l'organisme, leur structure peut varier leur conférant des fonctions particulières.

D'un point de vue hémodynamique, certains capillaires sont dotés de fibres musculaires lisses formant des sphincters pré-capillaires. Initialement contractés, ceux-ci peuvent se relâcher pour augmenter la perfusion du tissu. De plus, c'est au niveau capillaire que les mouvements de liquide s'effectuent entre le compartiment interstitiel et vasculaire en fonction des pressions hydrostatiques et oncotiques du capillaire et du tissu interstitiel <sup>[5,6]</sup>.

### **c. Particularités fonctionnelles du système veineux**

Le système veineux permet d'acheminer le sang des tissus vers le cœur. Du point de vue histologique, la constitution des veines varie énormément et dépend de l'environnement avoisinant et de leur taille. Par rapport aux artères, leur paroi est plus mince, riche en collagène et plus pauvre en fibres élastiques et musculaires. Ces caractéristiques leur confèrent une capacité de distension importante avec un faible retrait élastique. Par ailleurs, les veines possèdent des valves semi-lunaires qui sont des replis de l'endothélium permettant un écoulement unidirectionnel du sang. Ce sont des structures anatomiques propres au système veineux <sup>[5,6,7]</sup>.

Ces spécificités permettent aux veines d'accueillir une large partie du volume sanguin, entre 50 et 70%. Leur capacité de distension permet au système veineux de stocker un volume

de fluide supplémentaire tout en limitant l'augmentation de la pression artérielle. Associée à cette capacité de stockage, leur rôle est également d'assurer le retour du sang vers le cœur, permis par la présence des valves anti-reflux mais aussi de l'innervation sympathique, la pompe musculaire squelettique et l'activité respiratoire et cardiaque. Ainsi, le compartiment veineux joue le rôle de réservoir sanguin mobilisable pour l'organisme <sup>[5,6,7,8]</sup>.

Maintenant que nous comprenons mieux le système vasculaire qui permet de transporter le sang, intéressons-nous au sang lui-même et la régulation de son volume par l'organisme.

## 2) Volémie et pression artérielle

### a. Lien entre la volémie et la pression artérielle

Le volume sanguin est intrinsèquement relié à la pression artérielle, influant directement sur le volume d'éjection systolique (VES). Ainsi, une variation de la volémie implique une variation du débit cardiaque (DC) selon la relation suivante <sup>[6]</sup> :

$$DC = FC \times VES$$

FC : Fréquence cardiaque, VES : Volume d'éjection systolique, DC : Débit cardiaque

Par ailleurs, le DC influe sur la pression artérielle selon la formule suivante :

$$\Delta P = DC \times RP$$

$\Delta P$  : Gradient de pression, DC : Débit cardiaque, RP : Résistance périphérique

Ainsi, une variation de la volémie impacte le débit cardiaque et donc, la pression artérielle. La pression artérielle peut donc constituer un marqueur indirect du statut volémique de l'animal. Cependant, il est à noter que d'autres paramètres influant sur le débit cardiaque (dont le rythme cardiaque) ou la résistance périphérique (dont la viscosité du sang et le diamètre des vaisseaux) peuvent également faire varier la pression artérielle <sup>[6]</sup>.

L'organisme se régule essentiellement en détectant les variations de la pression artérielle. Cette homéostasie barométrique est essentielle afin d'assurer l'approvisionnement correct du cerveau en sang, maintenir l'ultrafiltration rénale et adapter l'effort cardiaque <sup>[6]</sup>.

## **b. Homéostasie volémique et barométrique**

- **Autorégulation locale**

Les artères musculaires peuvent faire varier leur diamètre pour s'adapter en fonction des besoins directs des tissus avoisinants. Cette régulation est sous l'influence de facteurs chimiques (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, K<sup>+</sup>, osmolarité, adénosine, histamine) et physiques (température locale, étirement musculaire, activité musculaire). Ces facteurs influent négativement ou positivement sur la contraction des muscles lisses de ces vaisseaux <sup>[6]</sup>.

- **Autorégulation systémique**

- ❖ **Balance hydrique**

Passivement au niveau du système capillaire, les mouvements hydriques s'équilibrent entre le compartiment interstitiel et intravasculaire sous le jeu des pressions hydrostatiques et oncotiques. Ce mécanisme contribue à une stabilisation de la volémie et par conséquent, de la pression artérielle. En effet, lorsque le volume sanguin diminue, la pression hydrostatique diminue dans les capillaires, ayant pour conséquence un déplacement des fluides interstitiels vers le secteur vasculaire. Inversement, un excès de fluide intravasculaire induira une augmentation de la pression hydrostatique et donc, un transfert d'eau vers le secteur interstitiel pour stocker l'excédent de fluide <sup>[6,7]</sup>.

D'autre part, la diurèse est directement influencée par la pression artérielle au travers des capillaires glomérulaires dans la formation de l'urine primaire. Lors d'une hypotension, la diminution de la pression glomérulaire induit une baisse du débit de filtration et par conséquent, moins d'urine primaire est produite. Ainsi, la diurèse est diminuée au profit du maintien de la volémie. A l'inverse lors d'hypertension, la pression glomérulaire augmente impliquant un plan grand volume d'urine filtré <sup>[6,9]</sup>.

- ❖ **Le baroréflexe**

Il s'agit d'un mécanisme de régulation de la pression artérielle impliquant des barorécepteurs au niveau du sinus carotidien et de la crosse aortique. Ce réflexe agit par rétrocontrôle négatif sur le rythme cardiaque, le volume d'éjection systolique ainsi que sur la vasoconstriction des vaisseaux en diminuant ou augmentant l'activité du système sympathique et parasympathique. C'est donc au travers de la fréquence cardiaque, de la volémie et de la résistance périphérique que le baroréflexe agit sur la pression artérielle. C'est un système permettant une régulation quasi immédiate assurant un maintien à court terme de la perfusion des tissus <sup>[6]</sup>.

## ❖ **Fonction endocrinienne rénale**

Le rein est un organe clé dans la régulation de la volémie au long court. Comme évoqué précédemment, cet organe régule passivement la formation de l'urine primaire en fonction de la pression glomérulaire. Mais plus encore, il est capable d'absorber activement jusqu'à 99% de l'eau contenue dans l'urine primaire sur différentes portions du néphron : tubes contourné proximal, anse de Henlé, tube contourné distal. Cette réabsorption hydrique passe notamment par une composante endocrine rénale impliquant la rénine, l'angiotensine et l'aldostérone<sup>[5,7,10]</sup>.

### ▪ **Système rénine angiotensine aldostérone**

Lors d'une baisse de la concentration sanguine en sodium, de la volémie ou de la pression artérielle, les cellules de l'appareil juxta-glomérulaire sécrètent une hormone, la rénine. Celle-ci vient convertir l'angiotensinogène, une protéine plasmatique synthétisée par le foie, en angiotensine I. Par la suite, l'angiotensine I sera convertie en angiotensine II via une enzyme de conversion présente dans de nombreux tissus dont les poumons ou la macula densa de l'appareil juxtaglomérulaire. C'est cette dernière qui est biologiquement active, induisant une puissante vasoconstriction artérielle et veineuse. Par ailleurs, elle stimule la synthèse d'hormone antidiurétique (ADH) par l'hypophyse et d'aldostérone par les glandes surrénales. Cette molécule favorise la rétention hydrosodée au niveau du tube contourné distal par réabsorption de sodium au niveau du néphron. Comme l'eau suit passivement le sodium, ce mécanisme participe au maintien de la volémie. Ainsi, ce système permet d'agir sur la volémie et la résistance périphérique pour rétablir la pression artérielle<sup>[6,7,10]</sup>.

### ▪ **Hormone antidiurétique**

Cette hormone est synthétisée par la neurohypophyse et libérée notamment lors d'une augmentation de l'osmolalité, d'une hypovolémie ou par la stimulation de l'angiotensine II. Les variations d'osmolalité sont détectées au niveau de l'hypothalamus tandis que la volémie est détectée par des barorécepteurs au niveau des veines du cœur, des oreillettes et vaisseaux pulmonaires. Elle a trois actions sur le rein<sup>[5,6,10]</sup> :

- Stimulation de la translocation de vésicules chargées en aquaporines au niveau du tube collecteur et le tube contourné distal permettant la réabsorption de l'eau de l'urine primaire. Ainsi, elle maintient la volémie en limitant la diurèse.
- Vasoconstriction (situation d'hémorragie)

- Stimulation de la sécrétion d'ACTH induisant une augmentation de la sécrétion d'aldostérone

## **B) Troubles de la volémie**

Le maintien de la volémie est essentiel et à long terme car il est vital pour l'organisme d'assurer la perfusion en sang des différents organes. La volémie peut évoluer de deux façons : un manque de volume circulant ou bien un excès de volume circulant. S'il n'est pas résolu rapidement, un déséquilibre du volume sanguin de l'organisme peut induire des conséquences dramatiques que nous allons expliciter ci-dessous.

### **1) Hypovolémie**

L'hypovolémie correspond à un état morbide associée à une réduction du volume circulant <sup>[11]</sup>. Cette affection peut être absolue ou relative. L'hypovolémie absolue correspond à une perte de sang, plasma ou eau du compartiment vasculaire impliquant une baisse du volume sanguin <sup>[8]</sup>. L'hypovolémie relative correspond à un volume sanguin normal voire augmenté mais insuffisant pour remplir le compartiment vasculaire suite à une augmentation du volume de ce dernier <sup>[8]</sup>. C'est cette dernière que l'on retrouve classiquement associée à une anesthésie générale.

Classiquement, nous admettons que l'hypotension relative est observée lorsque la valeur de pression mesurée est inférieure de 20% à la valeur initiale. Par ailleurs, l'hypotension absolue est atteinte pour des valeurs strictement inférieures à 60 mmHg.

#### **a. Physiopathologie**

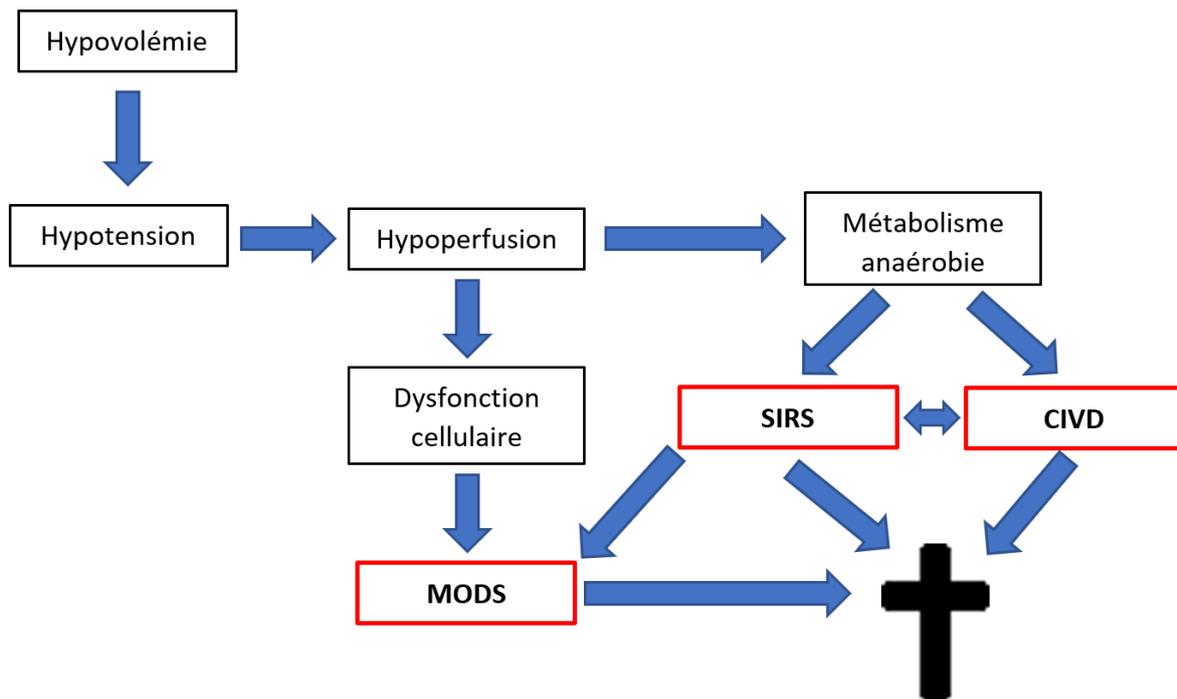
L'hypovolémie peut être plus ou moins sévère. Lorsque la perte volémique est modérée, l'animal arrive à compenser et à revenir dans un état stable dans la plupart des cas. Le corps de l'animal peut tolérer une perte de 10% du volume sanguin sans voir apparaître une baisse de la pression artérielle ou du débit cardiaque. Au-delà, la pression et la perfusion des tissus ne peuvent être maintenues de façon satisfaisante pour répondre aux besoins des tissus. Autour de 35-45% de perte volémique, la pression artérielle et le débit cardiaque chute drastiquement <sup>[7]</sup>.

D'un point de vue physiopathologique, l'hypovolémie induit une baisse du débit cardiaque et donc, de la pression artérielle. En l'absence de compensations, l'hypovolémie peut donc aboutir à une hypotension, correspondant à état macro-circulatoire morbide associé à des pressions artérielles inférieures aux valeurs usuelles. Elle induit en cascade de l'hypotension,

une hypoperfusion, à savoir une réduction localisée ou généralisée du débit sanguin tissulaire, à l'origine d'une inadéquation entre les besoins cellulaires et les apports circulatoires en O<sub>2</sub>. Ce manque en O<sub>2</sub> induit lui-même une hypoxie à l'origine d'une dysfonction métabolique cellulaire plus ou moins sévère, se traduisant dans un premier temps par le passage d'un métabolisme aérobie à anaérobie. Ce changement de métabolisme cellulaire induit une production de lactates en quantité variable selon l'intensité de l'hypoxie. A terme, le manque d'O<sub>2</sub> provoque un manque d'ATP pour la pompe Na/K. L'accumulation de sodium intracellulaire induit un appel hydrique, aboutissant au gonflement de la cellule et à terme, leur mort <sup>[7]</sup>.

L'hypoxie induite peut aboutir à un état de choc <sup>[8]</sup>, correspondant à une hypoxie tissulaire généralisée imputable à une défaillance cardiocirculatoire aiguë <sup>[11]</sup>. Dans le cadre d'un choc hypovolémique, ceci se traduit par une réduction du volume sanguin circulant dans les vaisseaux. De plus, afin de répondre à ses propres besoins, on observe localement une vasodilatation artérielle locale se surimposant à la régulation systémique afin de faciliter l'écoulement du sang, diminuant encore la pression artérielle <sup>[7]</sup>.

Dans les cas les plus critiques, on observe progressivement une défaillance fonctionnelle des organes : on parlera de MODS (Multi Organic Dysfunction Syndrom), ici de composante volémique et/ou vasogénique. Un cercle vicieux s'installe où la défaillance d'un organe entraîne la défaillance d'un autre. Enfin, ce processus peut aboutir à un emballement inflammatoire à l'origine d'une SIRS (Syndrome inflammatoire à Réponse Systémique), pouvant se traduire par une Coagulation Intra vasculaire disséminée (CIVD) et la mort <sup>[7]</sup>.



*Schéma 1 : Schéma récapitulatif physiopathologique des conséquences possibles d'une hypovolémie*

### **b. Réponse systémique**

Afin de ne pas arriver à de tels états critiques, l'organisme dispose de différentes voies de régulation évoqués précédemment. Cependant, il est à noter qu'au cours d'une anesthésie, seuls les mécanismes d'action peuvent avoir une action pour réguler la pression artérielle, les mécanismes à long termes n'ayant pas le temps de se mettre en place. Ces derniers induisent des modifications observables à l'examen clinique <sup>[12]</sup> :

- Fréquence cardiaque : Tachycardie avec présence ou non d'arythmie
- Fréquence respiratoire : Tachypnée avec présence ou non de râles pulmonaires
- Netteté du pouls fémoral : diminué à absent.
- Couleur des muqueuses : pâle (vasoconstriction périphérique)
- Temps de remplissage capillaire : > 2sec
- Pouls métatarsien : Absent si la PA <70-80mmHg
- Signes généraux : hypovigilance, hypothermie, baisse de la diurèse, réplétion veineuse peu importante

Par ailleurs, un état hypovolémique induit aussi une modification des paramètres sanguins et urinaires <sup>[11,12]</sup> :

- Hématocrite normal à augmenté (splénocontraction), Protéines totales normales à diminuées (perte sanguine)
- Hyperlactatémie (hypoxie tissulaire)
- Augmentation de l'excès de base (acidose métabolique)
- Azotémie
- Augmentation de la densité urinaire

## 2) Hypervolémie

A l'inverse, l'hypervolémie correspond à un excès de fluide intravasculaire dans l'organisme. Généralement, ce cas de figure se produit suite à l'administration de fluides à un animal non déshydraté excédant ses pertes et donc, un incident iatrogène à l'animal. Cette situation se retrouve également lors d'insuffisance rénale anurique/oligo-anurique ou de vascularite <sup>[8]</sup>.

### **C) Intérêts du maintien de la volémie**

Pour résumer, le maintien de la volémie permet de stabiliser le débit cardiaque et donc la pression artérielle. La normalisation de ces paramètres est vitale pour permettre une perfusion tissulaire adéquate, assurant les apports en nutriments et les échanges de gaz nécessaires au métabolisme des différents organes. Des déséquilibres prolongés de la pression artérielle ou de la volémie peuvent avoir des répercussions dramatiques pour le pronostic vital. C'est pourquoi l'animal dispose des mécanismes de régulation, à court et long termes afin de stabiliser son volume sanguin. Ainsi, le maintien de la volémie contribue à l'homéostasie de l'organisme.

## **II) Impacts de l'anesthésie sur la fonction cardiovasculaire**

### **A) Impacts des molécules anesthésiques sur la volémie**

Une anesthésie générale peut être définie comme une dépression globale et réversible du fonctionnement du système nerveux central, aboutissant à une perte de réponse aux stimuli extérieurs. La plupart des agents anesthésiques induisent une diminution de la pression artérielle imputable à une vasodilatation vasculaire, une diminution de l'activité cardiaque, l'inhibition du baroréflexe et une dépression généralisée du tonus sympathique <sup>[13]</sup>. En particulier, la vasodilatation veineuse constitue la cause primaire d'hypovolémie relative, souvent associée à une augmentation de la compliance, une baisse du retour veineux et de la sensibilité aux vasopresseurs. Ces effets secondaires sont dose-dépendants. A forte dose, ces médicaments induisent une atteinte de la fonction cardiaque, de la réactivité vasculaire et des mécanismes compensatoires <sup>[8]</sup>.

### **B) Conséquences sur la pression artérielle et lien avec le rapport Veine cave caudale/Aorte**

Comme évoqué précédemment, l'anesthésie constitue un terrain favorisant à l'apparition d'une hypotension systémique. Cette hypotension sera d'autant plus importante si la procédure chirurgicale requiert l'utilisation d'une anesthésie générale volatile tel que l'isoflurane. Concernant le diamètre de l'Ao, nous nous attendons à une variation faible et non significatives compte tenu des caractéristiques histologiques de ce vaisseau. En effet, la richesse en fibres élastiques confère à ce vaisseau une rigidité lui permettant de conserver sa forme cylindrique malgré une contrainte. Pour le diamètre de la VCC lors de l'utilisation de molécules à caractère vasoconstricteur, nous pouvons nous attendre à une diminution du diamètre de la VCC. Par ailleurs suite à l'usage de molécules vasodilatatrices, nous pouvons nous attendre à une augmentation de son diamètre de cette dernière lié à sa capacité de distension pouvant être à l'origine d'une hypovolémie relative associée à une hypotension. Par conséquent, le rapport VCC/Ao varierait principalement en fonction des variations du diamètre de la VCC selon le protocole anesthésique vasoconstricteur ou vasodilatateur considéré.

A présent que nous savons quels sont les enjeux volémiques au cours de l'anesthésie, intéressons-nous aux moyens à notre disposition pour évaluer la volémie d'un animal.

## C) Méthodes d'évaluation de la volémie

### 1) Examen clinique

L'examen clinique peut fournir des informations en relation avec le statut volémique de l'animal suite à l'activation des mécanismes compensatoires. La température, la fréquence cardiaque, la qualité des pouls, la fréquence respiratoire et efforts associés, la couleur des muqueuses, le temps de remplissage capillaire, température des membres, palpation abdominale, turgescence des veines jugulaires et saphènes et production d'urines sont des paramètres pertinents dans ce but <sup>[12]</sup>.

Par ailleurs, l'évaluation de l'état d'hydratation de l'animal nous donne une estimation de la teneur en eau du secteur interstitiel. Ce dernier étant intimement lié au secteur vasculaire via la balance hydrique (*cf. I.A 2.b balance hydrique*), la déshydratation extravasculaire peut constituer un signe précurseur d'une hypovolémie. Cette évaluation est essentiellement clinique et se quantifie en fonction des signes observés, s'ajoutant pour chaque stade de déshydratation <sup>[11]</sup> :

- <5% : Non détectable
- 4-5% : Muqueuses collantes
- 6-8% : Muqueuses sèches, baisse de l'élasticité cutanée
- 8-10% : Enophtalmie
- 10-12 % : Persistance du pli de peau par perte totale de l'élasticité cutanée, matité de la cornée, répercussion systémique de l'hypovolémie
- >12% : Choc hypovolémique, mort

Cependant, l'hypovolémie relative peut être discrète et passer inaperçue à l'examen clinique <sup>[8]</sup>. Ainsi, une surveillance instrumentale rapprochée de l'animal est indispensable pour détecter les signes précurseurs de cette dernière.

### 2) Evaluation de la perfusion des tissus

Comme nous l'avons vu précédemment, l'hypovolémie peut être à l'origine d'une diminution de la perfusion tissulaire. De ce fait, les paramètres associés tels que la pression artérielle, les lactates ou l'oxymétrie de pouls peuvent constituer des paramètres indirects reflétant la volémie <sup>[8]</sup>. En parallèle de l'examen clinique, la surveillance des paramètres biochimique de l'animal est intéressante pour évaluer l'évolution des différents indicateurs de la volémie au cours du temps. Cependant, il faut garder à l'esprit que tous les facteurs cités ici

peuvent varier pour d'autres raisons qu'un déséquilibre de la volémie. C'est donc le tableau clinique général qui doit être pris en compte et non uniquement un paramètre isolé. (Par exemple, la baisse de la PA doit s'inscrire dans un tableau clinique pour être imputable à une hypovolémie) <sup>[12]</sup>.

### 3) Pression veineuse centrale

Ce paramètre nous donne une indication sur la précharge et donc sur la volémie de l'animal. Dans les normes, la pression veineuse centrale se situe entre 0 et 5 cmH<sub>2</sub>O avec comme objectif une valeur entre 8 et 10 cmH<sub>2</sub>O en réanimation <sup>[14]</sup>. Cependant, il s'agit d'un dispositif invasif qui nécessite la pose d'un cathéter dans la veine jugulaire ou la veine cave crâniale. Par conséquent, cette donnée est peu accessible en pratique courante et sa méthode d'obtention est à l'origine de nombreuses complications <sup>[15,16,17]</sup>. Pour ces raisons, cette méthode est mise en place uniquement lors de remplissage vasculaire à risque (insuffisance cardiaque, oligo-anurie, hypoalbuminémie). Par ailleurs, le lien entre la volémie et la pression veineuse centrale est débattu, ce paramètre s'avérant peu fiable dans la prise en charge de fluidothérapie des patients <sup>[18,19]</sup>.

### 4) Imagerie

#### a. Radiographie

En médecine vétérinaire, la radiographie ne permet qu'une évaluation qualitative de la volémie par observation du diamètre de la veine cave et du cœur. A l'heure actuelle, aucune étude vétérinaire ne permet d'étayer ces observations <sup>[12]</sup>.

#### b. Echographie

En médecine humaine, l'échographie est déjà utilisée par mesure du diamètre de la veine cave caudale et de l'aorte pour évaluer la volémie et adapter la fluidothérapie <sup>[1]</sup>. Chez les jeunes individus, le diamètre de la VCC est divisé par le diamètre de l'Ao pour obtenir un rapport VCC/Ao sans dimension pour prendre en compte les variations de taille des enfants <sup>[2]</sup>.

Par analogie avec la médecine humaine, l'examen cardiovasculaire par échographie tend à se développer en médecine vétérinaire car cette méthode est à la fois non invasive, accessible et peu coûteuse pour le praticien en apportant une réponse rapide. Sur le modèle animal, le

rapport VCC/Ao semble plus adapté plutôt que les diamètres de l'Ao et de la VCC isolés car comme pour l'enfant, le gabarit des animaux varie énormément d'un individu à l'autre.

Actuellement, la mesure des diamètres de la VCC et de l'Ao n'en est qu'à ses prémices dans le domaine vétérinaire. A ce jour, neuf articles scientifiques traitent de ce sujet sur le modèle canin <sup>[9,20,21,22,23,24,25,26,27]</sup>, un article concerne le cheval <sup>[28]</sup> et un autre le chat <sup>[29]</sup>. Parmi ces études, quatre vues échographiques ont été explorées pour mesurer ce rapport : vue porte hépatique par abord intercostal, vue rénale à gauche et à droite, vue sub-xiphoïde et vue iliaque. Les diamètres sont mesurés en mode B et/ou M en coupe transversale et/ou longitudinale. Pour les vues les plus proches du thorax (hépatique et sub-xiphoïde), il a été observé une variation supplémentaire du diamètre de la veine cave caudale en fonction des mouvements inspiratoires et expiratoires. Cette variation a été étudiée par Rabozzi *et al.* <sup>[27]</sup> et Sanger *et al.* <sup>[29]</sup> en mesurant l'index de collapsibilité ( $[VCC_{\text{inspiratoire}} - VCC_{\text{expiratoire}}] / VCC_{\text{inspiratoire}}$ ) par transposition directe de la médecine humaine <sup>[18,30,31,32]</sup>. Dans toutes ces études, l'animal était placé en décubitus latéral droite ou gauche sans réelle avantage entre un côté ou l'autre. Afin de faire varier la volémie, les animaux ont été soumis à une perte sanguine artificielle (don du sang) <sup>[20,23,25,29]</sup>, des boli ou perfusion de cristalloïdes isotoniques <sup>[9,27,29]</sup> ou une administration de diurétiques <sup>[24]</sup>.

Concernant la VCC, il n'est pas possible d'établir des intervalles de références physiologiques pour le diamètre de la VCC car les populations d'études sont très différentes les unes des autres (espèces différentes, races différentes ou mélange de races) de même pour l'abord échographique utilisé. Physiologiquement, on s'attend à une diminution du diamètre de la VCC en s'éloignant du cœur mais c'est plutôt l'inverse qui est observé chez le chien. A propos de la variation des valeurs, en vue intercostale, Meneghini *et al.* mesurent un diamètre de la VCC de  $0,5 \pm 0,2 \text{ cm}$  <sup>[9]</sup> tandis que Darnis *et al.* mesurent entre  $0,83 \pm 0,31 \text{ cm}$  et  $0,94 \pm 0,31 \text{ cm}$  en fonction du cycle ventilatoire <sup>[21]</sup>. En vue sub-xiphoïde, Darnis *et al.* trouvent un diamètre moyen variant entre 0,5 et 1 cm toujours selon le cycle ventilatoire <sup>[21]</sup>. En vue rénal, ces mêmes auteurs observent un diamètre de la VCC de 0,9 cm à droite <sup>[22]</sup> tandis que Cambournac *et al.* trouvent 1,28 cm à gauche <sup>[20]</sup>. Enfin, Herrera-Bustillo *et al.* mesurent un diamètre de la VCC de  $15,84 \pm 5,06 \text{ mm}$  en région iliaque <sup>[23]</sup>. Notons que les populations d'études sont différentes et regroupent des individus d'un gabarit autour des 10-30 kg. Dans cette idée de considérer le gabarit de l'animal, Darnis *et al.* proposent une formule reliant le poids vif de l'animal au diamètre de la VCC en fonction de la fenêtre échographique utilisée <sup>[21]</sup>. Cependant chez le chat anesthésié, cette décroissance du diamètre de la VCC est observée par Sanger *et al.* Avec un diamètre maximum de 4,5 mm  $[2,9, -6,0]$  en vue hépatique contre 3,1

mm [1,7-5,3] en vue iliaque <sup>[29]</sup>. Ainsi, la fenêtre échographique et la population d'étude semblent avoir un impact majeur sur la valeur du diamètre de la VCC. A propos des variations de diamètre de la VCC, les résultats sont variables en fonction de l'étude considérée chez le chien : pour un don de sang de 10mL/kg sur des Beagles en vue rénale, *Cambournac et al.* détectent une diminution significative du diamètre de la VCC passant de 1,28 à 1,01cm <sup>[20]</sup>. En revanche pour un don de sang plus volumineux de 16mL/kg sur des Greyhound, *Herreria-Bustillo et al.* ne décèlent pas de variations significatives en vue iliaque <sup>[23]</sup>. A mi-chemin avec un don de sang équivalent à 8% du poids vif, *Marshall et al.* <sup>[25]</sup> constatent en vue hépatique une diminution significative du diamètre de la VCC mais inférieure à 1mm et donc difficile à exploiter en pratique. Chez le chat, *Sanger et al.* observent une variation significative de ce diamètre après don de sang en vue sub-xiphoïde et transcostale mais pas en vue iliaque <sup>[29]</sup>. Avec des boli de cristalloïdes à 4mL/kg, *Meneghini et al.* observent une variation significative du diamètre passant respectivement de 0,5 à 0,89cm <sup>[9]</sup> tandis que *Rabozzi et al.* n'en détectent pas chez le chien <sup>[27]</sup>. Après une perfusion de 30mL/kg de cristalloïdes post don de sang, *Sanger et al.* détectent une augmentation significative du diamètre de la VCC sur les vues sub-xiphoïde, transcostale et iliaque <sup>[29]</sup>. Enfin, *Kwak et al.* observent une corrélation négative entre la perte de poids et le diamètre de la VCC après injections de diurétiques <sup>[24]</sup>.

Pour l'Ao, on constate également une variation de diamètre en fonction de la population considérée, la comparaison la plus démonstrative étant entre *Meneghini et al.* et *Rabozzi et al.* Pour une même vue intercostale transverse et une population multiraciale, les premiers trouvent une valeur de  $0,95 \pm 0,16$ cm <sup>[9]</sup> tandis que les seconds observent un diamètre de 0,69cm <sup>[27]</sup>. Concernant les variations de son diamètre, aucun auteur ne détecte de variations significatives <sup>[9,20,25,27]</sup>.

Enfin en ce qui concerne le rapport VCC/Ao, on constate toujours des disparités dans les valeurs physiologiques mesurées selon la fenêtre échographique avec de grandes variations. En vue intercostale, *Darnis et al.* mesurent un rapport de  $0,65 \pm 0,32$  <sup>[21]</sup>, *Meneghini et al.* de  $0,52 \pm 0,16$  <sup>[9]</sup> et *Marshall et al.* de 0,89 [0,75-1,07] <sup>[25]</sup>. En vue spléno rénale, *Cambournac et al.* constatent un rapport physiologique de 1,17 <sup>[20]</sup>. Enfin pour la vue iliaque, *Herreria-Bustillo et al.* mesurent en moyenne un rapport de 0,93 <sup>[23]</sup> et *Darnis et al.* de  $0,96 \pm 0,13$  <sup>[21]</sup>. Encore une fois, il paraît difficile de tirer une valeur de référence pour le modèle canin. Parmi les articles étudiant la variation de ce rapport, *Meneghini et al.* et *Rabozzi et al.* parviennent à observer une variation significative, passant respectivement de  $0,52 \pm 0,16$  à  $0,91 \pm 0,13$  <sup>[9]</sup> et de 0,59 [0,38-0,83] à 0,83 [0,46-1,24] <sup>[27]</sup>. Cependant, *Marshall et al.* ne trouvent pas de différence

significative <sup>[25]</sup>. *Cambournac et al.* montrent une variation significative du rapport en vue spléno rénale passant de 1,17 à 1,01 <sup>[20]</sup> tandis que *Herrera-Bustillo et al.* ne parviennent pas à montrer une variation significative en vue iliaque <sup>[23]</sup>. Ces résultats sont bien évidemment à relativiser car encore une fois, les protocoles pour faire varier la volémie (don de sang et boli de cristalloïdes), les populations d'études ainsi que les abords échographiques sont différents. Le faible nombre d'études ne permet pas de conforter une quelconque position sur la validité de la méthode chez le chien quand bien même les résultats sont encourageants.

Finalement, ces études sont peu nombreuses et proposent une variété d'abords échographiques, de populations et de protocoles les rendant difficilement comparables. A l'heure actuelle, il n'existe aucun consensus sur la fenêtre échographique à privilégier, sur la position de l'animal ni de valeurs de références des différents diamètres et du rapport. Par ailleurs, aucune étude ne traite du chat. Cependant, ces nombreux résultats sont encourageants et nous poussent à investiguer cette méthode d'évaluation de la volémie afin d'explorer la pertinence du rapport VCC/Ao en médecine vétérinaire dans l'estimation de la volémie. Aussi à l'heure actuelle, aucun outil ne permet une évaluation directe, précise et non invasive de la volémie, utilisable de façon peu contraignante et accessible au plus grand nombre. L'échographie semble être l'outil de choix dans ce but mais n'en est qu'à ses débuts pour cette utilisation.

### **III) Objectifs de l'étude expérimentale**

L'objectif de cette étude est en premier lieu d'établir une méthode permettant la mesure des diamètres de la VCC et de l'Ao abdominale et d'estimer la faisabilité de cette méthode chez le chat sain, vigilant ou anesthésié.

Dans un second lieu, ce projet vise à étudier l'évolution du rapport de ces deux diamètres au cours d'une anesthésie générale en lien avec celle de la pression artérielle. Pour des raisons physiopathologiques, cette dernière constitue un reflet indirect de la volémie via le volume d'éjection systolique.

# **PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE**



Ce travail est une étude expérimentale prospective menée au Centre Hospitalier Universitaire des Animaux de Compagnie (CHUVAC) de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT) entre Novembre et Décembre 2020. Le premier objectif de ce projet est d'établir une méthodologie réalisable et répétable d'évaluation échographique des diamètres de la VCC et de l'Ao abdominale ainsi que leur rapport chez le chat vigile puis anesthésié. Le second objectif consiste à étudier l'évolution de ces diamètres et de leur rapport au cours d'une anesthésie générale en parallèle de celle des pressions artérielles. A ce propos, nous faisons d'hypothèse que suite à l'usage de molécules hypertensives et vasoconstrictrices, la pression artérielle devrait augmenter. De plus, le rapport des diamètres VCC/Ao devraient diminuer au cours de l'anesthésie générale suite à une diminution du diamètre de la VCC et un l'absence de variation significative du diamètre de l'Ao compte tenu des caractéristiques histologiques de cette artère et les résultats des études précédentes. En outre, par analogie aux résultats en médecine humaine, il serait encore plus intéressant de pouvoir corréler les variations des diamètres et de leur rapport aux variations de pressions artérielles afin de pouvoir relier même indirectement ce rapport à la volémie de l'animal.

## **I) Matériels et méthodes**

### **A) Population**

#### **1) Critères d'inclusion**

Ont été inclus dans cette étude des chats mâles entiers en bonne santé de propriétaires, reçus pour la réalisation d'une castration chirurgicale de convenance sous anesthésie générale durant les mois de Novembre et Décembre 2020 au Centre Hospitalier universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie de l'ENVT. L'état clinique préanesthésique de ces chats comprend des scores ASA 1 et 2, basé sur un examen clinique et les commémoratifs propres à chaque individu. Les animaux sont mis à jeun environ 12h avant leur intervention, un accès libre à l'eau est conservé.

#### **2) Critères d'exclusion**

Ont été exclus a priori les chats montrant des signes d'agressivité ou de stress extrême, pouvant compromettre la réalisation des mesures échographiques et/ou de la pression artérielle.

Ont été exclus a posteriori les chats nécessitant un arrêt précoce de la procédure anesthésique, une mesure de réanimation peranesthésique particulière, une modification du protocole anesthésique ou lors d'images échographiques non interprétables ou manquantes sur plus d'un temps de mesure.

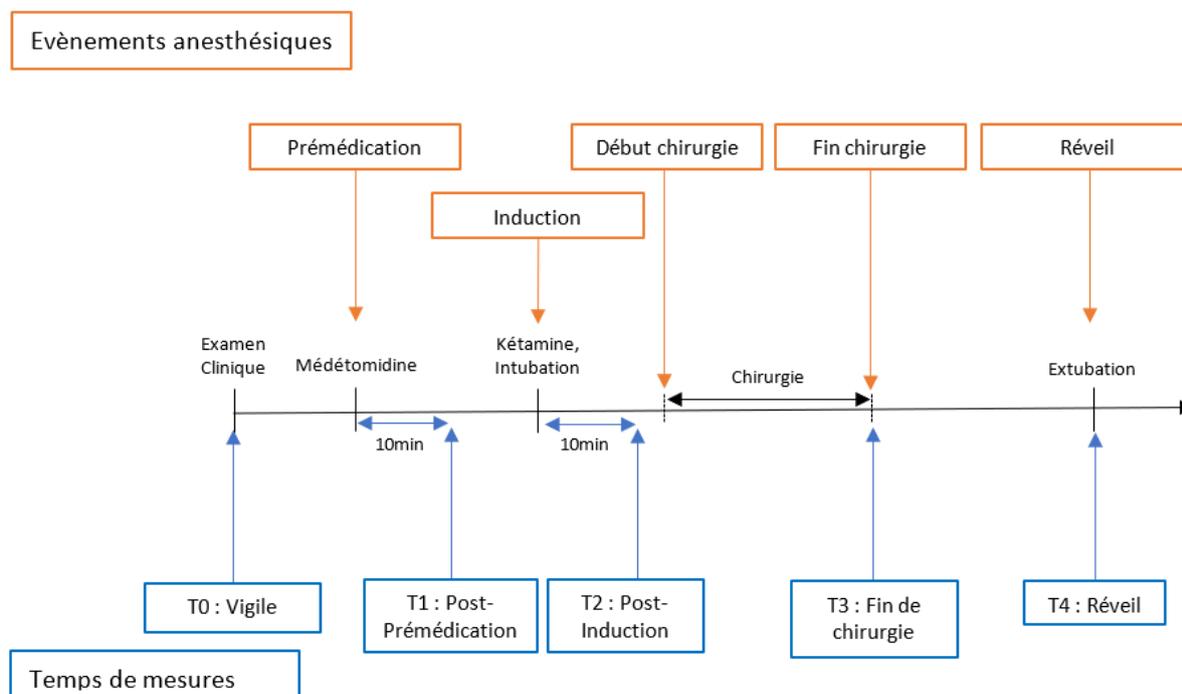
## B) Déroulement général de la procédure

Après un examen clinique exhaustif et la vérification du respect de la mise à jeun, le chat est anesthésié. La procédure anesthésique est détaillée ci-après (cf. *C/procédure anesthésique*).

Cinq temps de mesure ont été définis afin d'obtenir l'évolution per anesthésique des diamètres et du rapport VCC/Ao :

- Le temps T0 correspond au 1<sup>er</sup> temps où le chat est vigile, juste après l'examen clinique et avant la prémédication
- Le temps T1 correspond au moment où le chat a été prémédié depuis 10 minutes, juste avant induction
- Le temps T2 correspond au moment où le chat a été induit depuis 10 minutes
- Le temps T3 correspond à la fin de la chirurgie
- Le temps T4 correspond à l'extubation de l'animal

Pour chaque temps, l'animal est placé en décubitus sternal et une mesure de la pression artérielle non invasive systolique, moyenne et diastolique, (PAS, PAM et PAD respectivement) par méthode oscillométrique est effectuée. Puis, un examen échographique en région iliaque est réalisé permettant d'obtenir 3 clips échographiques d'une durée de 5 à 10 secondes. Ces clips sont enregistrés afin de mesurer a posteriori les diamètres des vaisseaux d'intérêt. Ci-dessous, le schéma expérimental appliqué pour chaque chat.



*Schéma 2 : Schéma récapitulatif du déroulement expérimental*

## C) Procédure anesthésique

Le protocole anesthésique utilisé est le suivant :

- Prémédication : Médétomidine, 40µg/kg par voie intramusculaire (IM) en région lombaire
- Induction et maintenance de la narcose : Kétamine, 5mg/kg par voie intraveineuse (IV), 15 minutes après la prémédication
- Analgésie : Buprénorphine, 20µg/kg par voie IV

En fonction de la durée de l'intervention (>30 minutes), si besoin, la narcose pourra être prolongée et maintenue avec de l'isoflurane ou du propofol. L'ajout de ces molécules au protocole initial ainsi que la dose sont laissés à la discrétion de l'anesthésiste sénior en charge de l'animal. L'administration ainsi que les doses utilisées sont relevées sur la feuille de suivi anesthésique.

Un cathéter 22G est placé dans la veine céphalique gauche ou droite, 10 minutes après la prémédication et une fluidothérapie préventive est systématiquement mise en place de l'induction au réveil de l'animal. Un soluté de NaCl 0,9% est administré en boli itératifs toutes les 5 minutes, correspondant à un débit de 3mL/kg/h.

Suite à l'induction, l'animal est intubé avec une sonde endotrachéale de diamètre adapté à la taille de sa trachée (3,5-4,5 millimètre de diamètre) puis relié à un circuit non réinhalatoire à 100% d'O<sub>2</sub> jusqu'à la fin de la chirurgie.

Au cours de l'anesthésie, l'animal est évalué toutes les 5 minutes comprenant le relevé des signes de narcoses (réflexe palpébral, position de l'œil, tonus de la mâchoire), ainsi que de différents paramètres cliniques (fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, saturation pulsée en O<sub>2</sub>, température rectale).

Après la chirurgie, l'animal retourne en salle de préparation. Suite à l'apparition de signes de réveil (mâchonnement, déglutition, reprise d'une activité motrice volontaire et de la conscience), le chat est extubé. Si l'animal ne présente aucun signe de réveil plus de deux heures après sa prémédication, une réversion de la médétomidine est effectuée par injection d'atipamézole en IM correspondant à la moitié du volume injecté de médétomidine administrée en prémédication.

La durée de l'anesthésie est définie comme la durée de la prémédication jusqu'à l'extubation (T4-T1).

### **D) Mesure de la pression artérielle non invasive**

A chacun des temps définis ci-avant (T0, T1, T2, T3 et T4), la pression artérielle non invasive est mesurée par oscillométrie (PETMAP ND Graphic II, Mano Medical, France). Un brassard est placé sur le membre pelvien gauche ou droite au-dessus du jarret. Selon le diamètre du membre, une taille de brassard 2,5 ou 3 cm a été choisi et conservé par la suite. Le choix du côté de la localisation du brassard est arbitraire et sera conservé tout au long de la séquence pour un même animal. Le chat est placé en décubitus sternal et la mesure est commencée. En fin de mesure, l'appareil affiche les pressions artérielles PAS, PAM et PAD. Cette mesure est répétée trois fois de suite et les valeurs sont relevées sur une feuille d'inclusion individuelle. Chaque pression artérielle (PAS, PAD, PAM) a ainsi mesuré trois fois pour un temps de mesure donné. Pour chaque pression, la valeur retenue correspond à la moyenne de ces trois valeurs.

Quel que soit le temps de mesure, la mesure de la pression artérielle est réalisée avant l'acquisition des clips échographiques.



Figure 1 : Positionnement de l'animal (décubitus sternal) lors des temps de mesures de pression artérielle

## **E) Obtention et mesure des diamètres de la veine cave caudale et de l'aorte abdominale**

Les images échographiques de la VCC et de l'Ao ont été obtenues en coupe transversale en mode bidimensionnel (mode B), en région iliaque sur un animal positionné en décubitus sternal à l'aide d'un échographe portable (MyLabOne ND, Easote Veterinary, Italie) muni d'une sonde linéaire (SL3323 13-6MHz 40mm)). L'échographe a été configuré initialement de la manière suivante : fréquence de 10,0 MHz, profondeur de 5 à 7 cm, gain de 60 à 80%. Puis ces réglages ont été ajustés/affinés à chaque animal afin d'obtenir des images optimales.

Trois courtes vidéos (= clips) échographiques d'une durée de 5 à 10 secondes ont été réalisés à chaque temps (T0, T1, T2, T3 et T4) et enregistrées. Les images échographiques ont toutes été réalisées par le même opérateur, étudiant vétérinaire à l'ENVT en 5<sup>ème</sup> année (Quang Duc Nguyen, QN). Un entraînement préalable de 5 matinées (correspondant approximativement à 20 heures) a été effectué en compagnie de la praticienne hospitalière en imagerie médicale au CHUVAC de l'ENVT (Cathy Layssol-Lamour).

### **Procédure échographique détaillée :**

L'animal est placé en décubitus sternal, le bassin légèrement en rotation vers la droite ou vers la gauche selon l'abord échographique. Le côté droit ou à gauche est choisi lors de la mesure vigile (T0) en fonction de la coopérativité de l'animal et ce côté sera conservé pour un même animal pour les mesures suivantes. Selon la facilité d'acquisition des images, la sonde peut être placée sur deux zones :

- **Zone 1** : Sous les vertèbres lombaires sur le flanc de l'animal et entre le rein et la vessie, longitudinalement à l'animal. La zone 1 est toujours testée en première. Si les images ne sont pas satisfaisantes, la sonde échographique est placée sur la zone 2.
- **Zone 2** : En paramédian, légèrement en dessous de la position précédente, en avant du genou, longitudinalement à l'animal.

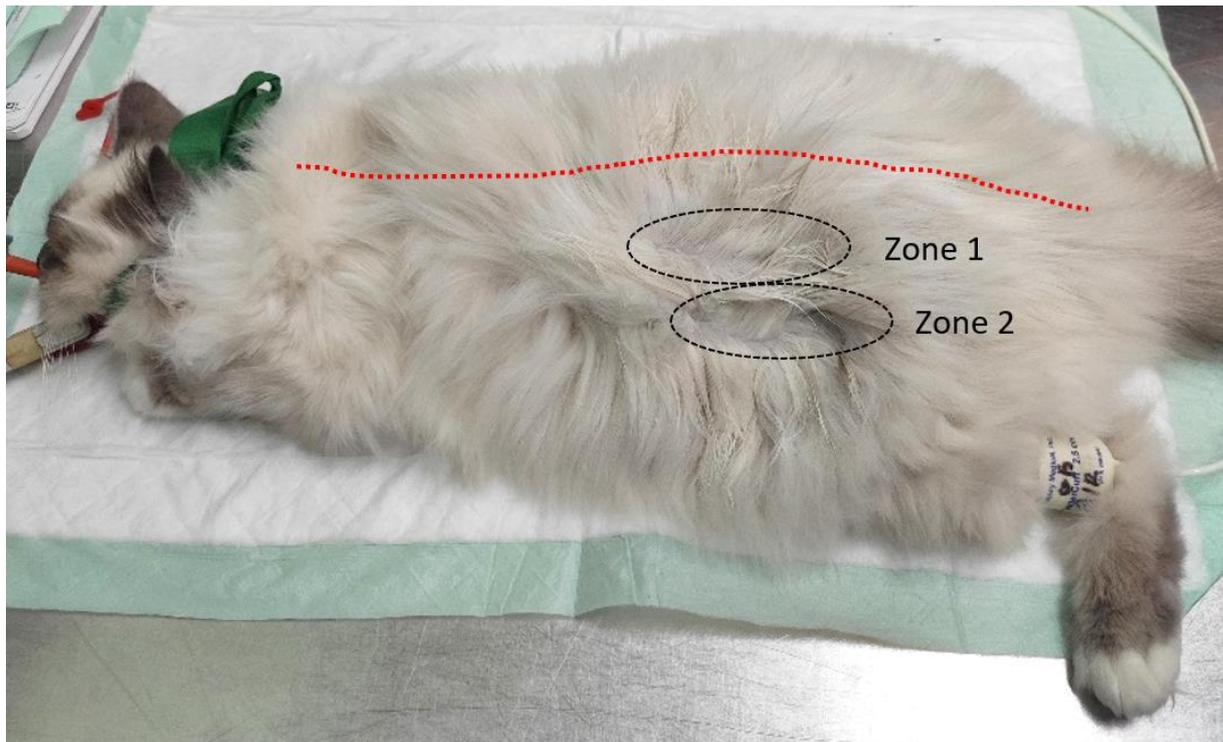


Figure 2 : Zones anatomiques permettant l'obtention de la fenêtre échographique et l'acquisition des diamètres de la VCC et de l'Ao chez le chat

*La ligne rouge correspond à la colonne vertébrale de l'animal.*

Afin d'obtenir une fenêtre échographique présentant conjointement l'aorte abdominale et la veine cave caudale, la procédure est chronologique, méthodique et systématique. Premièrement, de l'alcool est appliqué sur l'animal et les poils sont écartés à l'aide d'un peigne. Deuxièmement, la sonde est placée sur la zone 1 longitudinalement, le repère vers l'avant de l'animal. Troisièmement, un mouvement de rotation vers l'arrière de l'animal permet de visualiser la vessie. De cette manière, nous nous assurons que la sonde est placée en avant de cette dernière. Si ce n'est pas le cas, la sonde est déplacée vers l'avant de l'animal par un mouvement de translation horizontale. Quatrièmement, on effectue une deuxième rotation cette fois-ci vers l'avant de l'animal pour visualiser le rein. Ces deux mouvements de rotation nous permettent de placer la sonde au bon endroit, à savoir entre le rein et la vessie en région iliaque. Cinquièmement, la sonde est dirigée longitudinalement vers les vertèbres lombaires qui apparaissent comme des crénelures hyperéchogènes. Si nécessaire, l'opérateur place sa main libre en contre appui sur la colonne vertébrale de l'animal pour faciliter la visualisation des vaisseaux étudiés. Un mouvement de balayage de gauche à droite est effectué jusqu'à visualisation de la VCC et de l'Ao en coupe longitudinale (*Figure 4*). Elles apparaissent comme

deux cylindres hypoéchogènes superposés et délimités par leurs parois hyperéchogènes. Dans les meilleures conditions, les deux vaisseaux peuvent être visualisés sur la même fenêtre. Sinon, un léger mouvement de balayage permet de visualiser l'un puis l'autre vaisseau. Enfin, on effectue un mouvement de rotation à 90° dans le sens horaire, donc repère vers le haut. On obtient alors la fenêtre échographique recherchée sur laquelle apparaissent conjointement l'Ao et la VCC en coupe transversale donc circulaire (*Figure 5*). Si la forme du vaisseau est elliptique, c'est le plus petit diamètre qui est relevé.

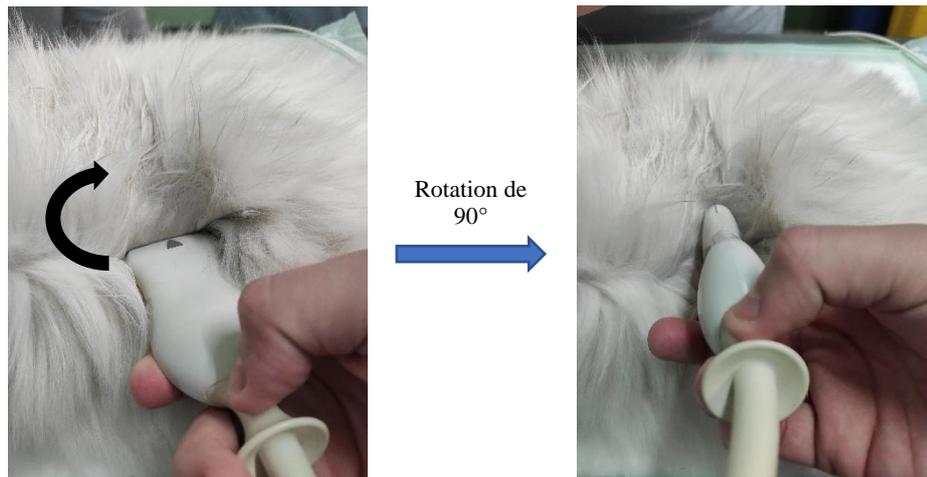


Figure 3 : Rotation à 90° de la sonde permettant de passer d'une coupe longitudinale à une coupe transversale

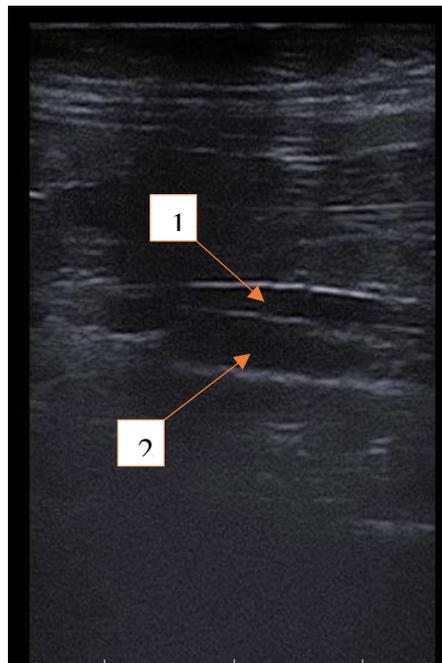
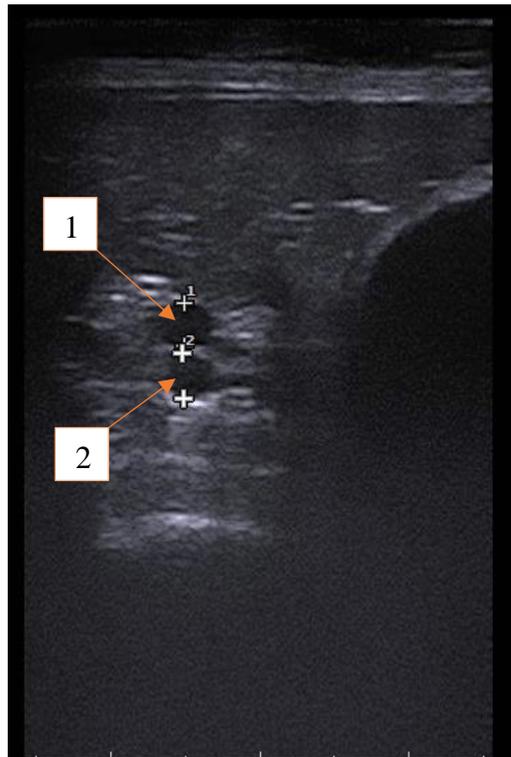


Figure 4 : Coupe longitudinale de la VCC et de l'Ao en région iliaque chez le chat  
[1] VCC, [2] Ao



*Figure 5 : Coupe transversale de la VCC et de L'Ao en région iliaque chez le chat  
[1] VCC, [2] Ao*

Au début de chaque enregistrement, une pression suffisante est appliquée sur l'animal par l'opérateur avec la sonde échographique afin de diminuer le diamètre de la VCC voire la collaber entièrement tandis que l'Ao conserve un diamètre constant. Par la suite, cette pression est relâchée jusqu'à obtenir un diamètre constant de la VCC, considéré par la suite comme le diamètre maximal de la VCC pouvant être obtenu. Le clip se termine lorsque ce dernier reprend sa forme circulaire et que son diamètre est maximal. Cette opération est réalisée trois fois (= 3 clips différents) sur une même fenêtre.

Concernant les mesures vigiles, un second opérateur est présent pour assurer une contention minimale de l'animal.

Toutes les mesures ont été réalisées a posteriori, à la fin de la période d'inclusion et ce par 2 opérateurs différents (opérateur 1, QN ; opérateur 2, GJ) à partir des enregistrements des clips échographiques. Les deux opérateurs disposent d'un niveau comparable en lecture d'images échographiques, à la différence que QN dispose d'une expérience supplémentaire lié à la formation préalable avec un spécialiste en imagerie et à la réalisation des clips échographiques.

L'opérateur ouvre au hasard un dossier comportant les trois clips d'un même animal à un temps de mesure donné. Pour chacun des 3 clips, les vaisseaux d'intérêt (VCC et Ao) sont identifiés et leur diamètre mesuré avec le logiciel MyLabDesk (version 9.0, Easote Veterinary, Italie). Puis la moyenne de ces valeurs à chaque temps est réalisée.

Lors de la mesure, l'opérateur pointe le plus petit diamètre en commençant par la paroi la plus proche de la sonde. Puis, il déplace son curseur vers la paroi plus profonde et relève le diamètre calculé par le logiciel. Dans l'ordre, le diamètre de la VCC est toujours relevé en premier puis celui de l'Ao en deuxième. Par la suite, le rapport VCC/Ao est calculé, correspondant au diamètre de la VCC divisé par le diamètre de l'Ao.

La répétabilité intra-opérateur a été estimée et modélisée par une courbe de régression linéaire pour les diamètres de la VCC et de l'Ao uniquement pour l'opérateur 1. Cette répétabilité a été effectuées sur un même cliché à tous les temps de mesures sur deux individus. Puis, la répétabilité inter-opérateur a été prise en compte entre l'opérateur 1 et l'opérateur 2 par un test de Bland Altman pour les diamètres des deux vaisseaux. Cette répétabilité a été effectuées sur tous les individus de la population d'étude où chaque opérateur choisissait l'image qu'il considérait optimale pour la réalisation de la mesure.

## **F) Statistiques et analyse des données**

Les informations de la population, à savoir l'âge, le poids et la note d'état corporelle ont été exprimé en médiane [minimum-maximum] ou en moyenne  $\pm$  2 écarts types. Il en est de même pour le protocole anesthésique ainsi que les durées des temps de l'anesthésie. Les diamètres des vaisseaux ainsi que les pressions artérielles ont été exprimées en moyenne  $\pm$  2 écarts types.

Concernant l'analyse statistique, seules les données de l'opérateur 1 seront considérées. Ici, deux grands groupes de variables seront analysés : les diamètres de la VCC et de l'Ao abdominale ainsi que leur rapport et la pression artérielle. Pour ce faire, chaque variable a été prise individuellement et confrontée aux variables explicatives potentielles au travers d'une analyse de variance (ANCOVA). Classiquement, un intervalle de confiance de 95% a été adopté. Les variables explicatives considérées seront les suivantes :

- Les variations inter-individuelles autrement appelé « effet individu »
- Le temps de mesure correspondant au déroulement de l'anesthésie
- Les pressions artérielles, chacune considéré individuellement

- Le diamètre de la VCC
- Le diamètre de l'Ao
- Le rapport VCC/Ao

Lorsque le temps de mesure est significatif, un test de Tukey sera effectué pour déterminer les variations significatives les différents temps deux à deux. Enfin, l'interaction entre les pressions artérielles et le rapport VCC/Ao sera inclus au modèle pour estimer la corrélation entre ces derniers.

Toutes les modélisations et tous les calculs ont été exécutés avec le logiciel RStudio (version 1.1.383, R studio, Etats Unis) sur Windows 10 ainsi que sur tableur Excel (version 2016 MSO (16.0.14326.20062) 32 bits, Microsoft, Etats Unis)

## II) Résultats

### A) Données démographiques

Vingt-trois chats ont été initialement inclus dans l'étude mais deux d'entre eux ont été exclus à posteriori car sur plus d'un temps, les images échographiques ne possédaient pas une qualité suffisante pour effectuer les mesures. La population finale constituée de vingt-et-un chats comprend exclusivement des chats européens mâles entiers de 7 [4,5-114] mois, pesant  $3,9 \pm 0,72$  kg avec une note d'état corporel de  $4,6 \pm 0,47$  sur 9.

### B) Considérations anesthésiques

#### 1) Protocole anesthésique

Le protocole anesthésique injectable a pu être appliqué sur l'ensemble de la population d'étude. Pour dix-neuf chats sur vingt et un, le maintien de la narcose a nécessité un recours supplémentaire à l'isoflurane pendant  $26,6 \pm 11,7$  min à  $0,61 \pm 0,63$  % de gaz de la cuve. De plus, huit d'entre eux ont également reçu du bolus de propofol IV à  $0,37 \pm 0,48$  mg/kg.

#### 2) Durées des temps de l'anesthésie

Ci-dessous, les intervalles de durées obtenus suite à l'anesthésie :

Durée	Durée (min)
	Moyenne $\pm$ 2SD Médiane [min-max]
Prémédication – Induction (T1-T2)	$18,5 \pm 4,1$
	18 [10-31]
Induction – Fin de chirurgie (T2-T3)	$61 \pm 7,7$
	61 [43-91]
Fin de chirurgie – Extubation (T3-T4)	$9,7 \pm 9,5$
	5 [0-53]
Prémédication – Extubation (T1-T4)	$89,1 \pm 13,0$
	87 [65-136]

*Tableau 1 : Durée des temps de l'anesthésie générale*

## **C) Méthodologie échographique**

A propos des temps de mesure, onze individus ont eu un réveil rapide en fin de chirurgie et par conséquent, les temps de mesure T3 (fin de chirurgie) et T4 (extubation) sont confondus. Dix-neuf chats disposent de mesures à tous les temps à l'exception de deux chats où uniquement le temps vigil est manquant. En effet, ces deux individus ne se sont pas montrés assez coopératifs ou nécessitaient une contention trop importante pour permettre la réalisation des échographies vigiles. Dans toutes les autres situations, le protocole d'acquisition des pressions artérielles et des échographies a pu être mis en place sans incident.

Pour le temps vigil, l'examen échographique n'a nécessité qu'une contention minimale qui dans la plus grande majorité consistait à simplement poser une main sur le bassin de l'animal et faire des caresses sur la tête avec l'autre main. Cependant, ce temps vigil nécessite obligatoirement une autre personne pour effectuer cette contention tandis que les autres temps pouvaient être réalisés en autonomie par un seul opérateur. Dans la grande majorité des cas, l'inconfort lié à la pression de la sonde n'a pas été un souci. Néanmoins, certains animaux essayaient de se soustraire à l'examen lors de l'application de l'alcool.

Pour les mesures de pressions artérielles, le brassard a été placé sur le membre pelvien gauche sur onze chats et sur le membre pelvien droit sur dix chats. Les mesures échographiques ont été effectuées du même côté que celui où était placé le brassard de pression artérielle.

## **D) Comparaison des opérateurs**

La lecture a posteriori des clips a été effectuée sur 3 jours consécutifs pour l'opérateur 1 tandis que la lecture a été fragmentée en plusieurs sessions étalées sur un mois pour l'opérateur 2.

Les résultats pour l'opérateur 1 montre une forte répétabilité de la mesure de la VCC et de l'Ao avec une droite linéaire dont le  $R^2$  est respectivement de 0,89 et de 0,93.

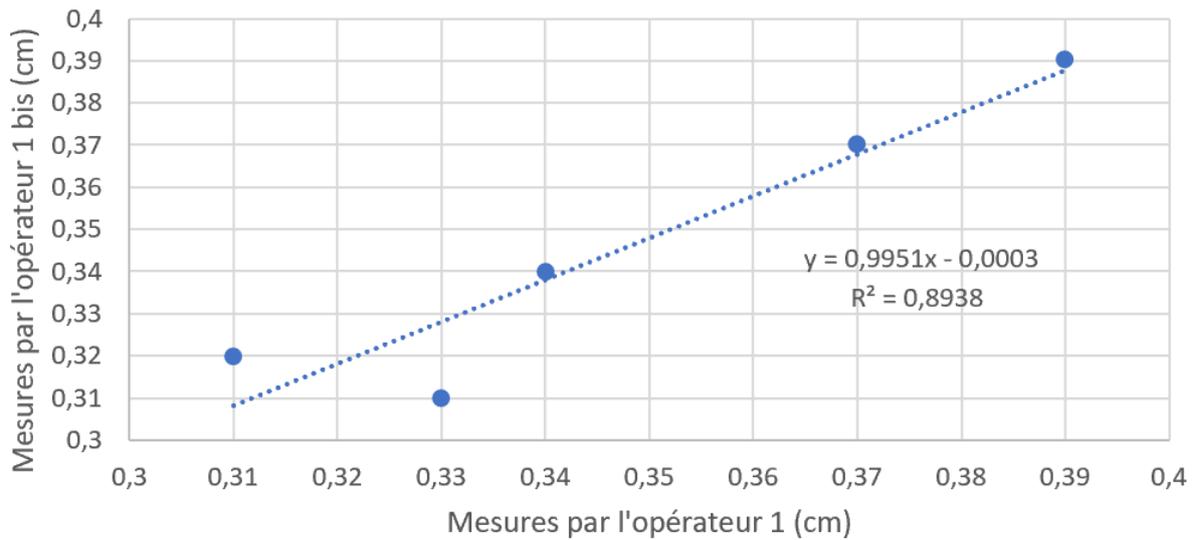


Figure 6 : Régression linéaire modélisant la répétabilité intra-opérateur (QN) pour la mesure échographique du diamètre de la VCC

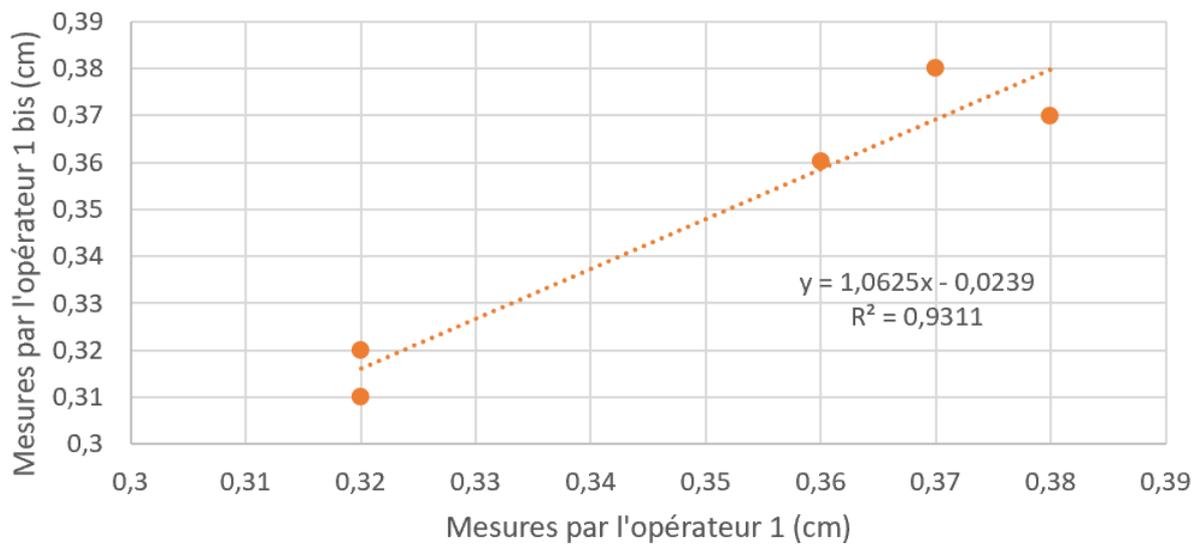
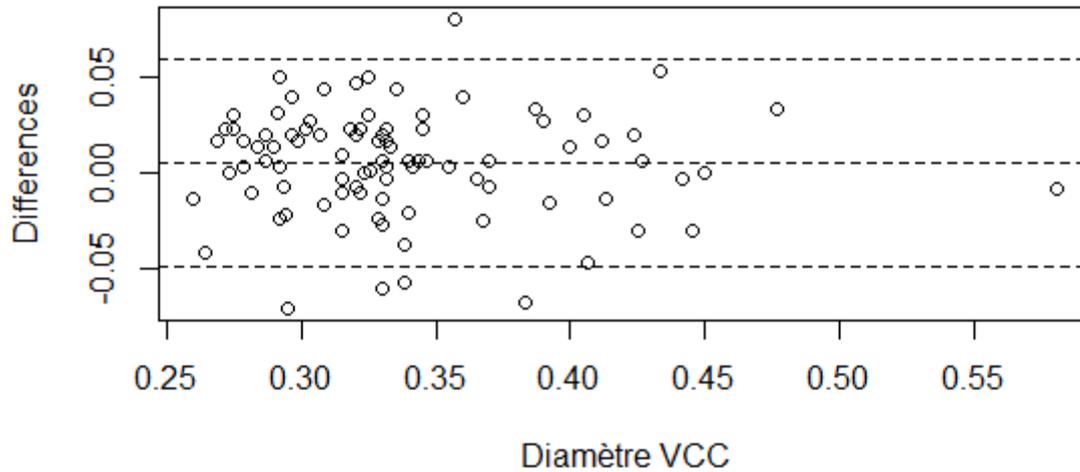


Figure 7 : Régression linéaire modélisant la répétabilité intra-opérateur (QN) pour la mesure échographique du diamètre de l'Ao

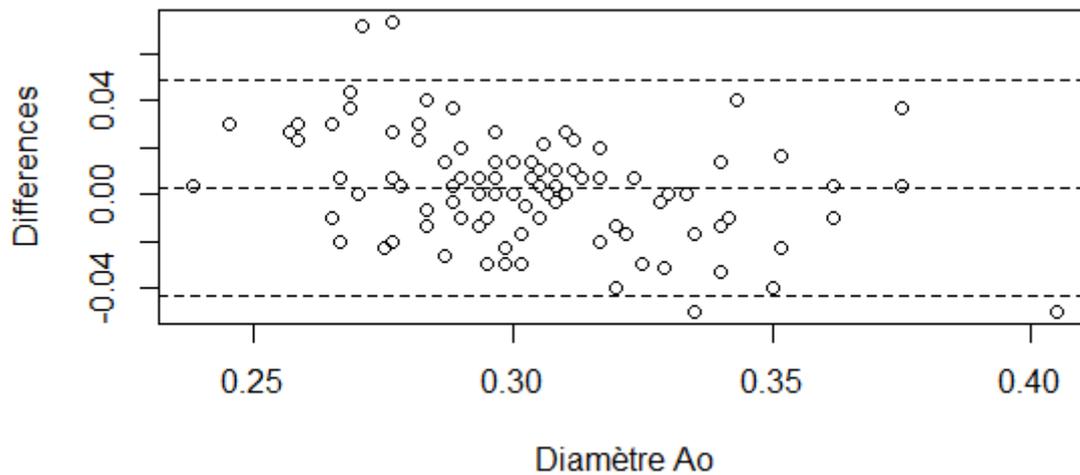
La répétabilité inter-opérateur montrent que la différence de mesure se situent quasi systématiquement à plus ou moins deux écart-types pour la VCC et l'Ao, malgré quelques valeurs extrêmes. Cette répétabilité est donc statistiquement satisfaisante.

Pour la VCC, la différence de mesure pour un même clip est de  $0,0054\text{cm} \pm 0,054\text{cm}$  et cinq points se situent en dehors de l'intervalle de confiance.



*Figure 8 : Evaluation de la répétabilité inter-opérateurs (QD vs GJ) de la mesure échographique du diamètre de la VCC (par une méthode de Bland Altman)*

Pour l'Ao, la différence de mesure pour un même clip est de  $0,0030\text{cm} \pm 0,047\text{cm}$  et quatre points se situent en dehors de l'intervalle de confiance.



*Figure 9 : Evaluation de la répétabilité inter-opérateurs (QD vs GJ) de la mesure échographique du diamètre de l'Ao (par une méthode de Bland Altman)*

## E) Evolution des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport au cours de l'anesthésie générale en lien avec la pression artérielle non invasive

### 1) Evolution des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport au cours de l'anesthésie générale

- VCC

Au cours de l'anesthésie, le diamètre de la VCC a évolué au cours du temps. Les variations de ce diamètre sont expliquées de façon significative par l'effet individu ( $p=1,33*10^{-5}$ ) et le temps de mesure ( $p=0,0047$ ). Ces variations sont également significatives entre T0-T3 et T0-T4 avec des variations respectivement de -0,045 et -0,044cm, montrant globalement une diminution de ce diamètre au cours de l'anesthésie générale.

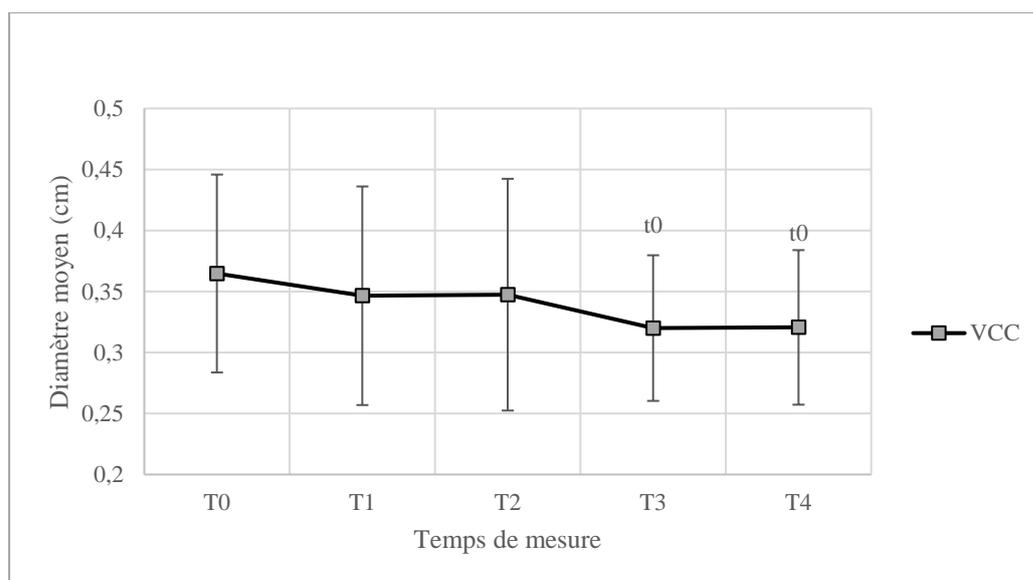
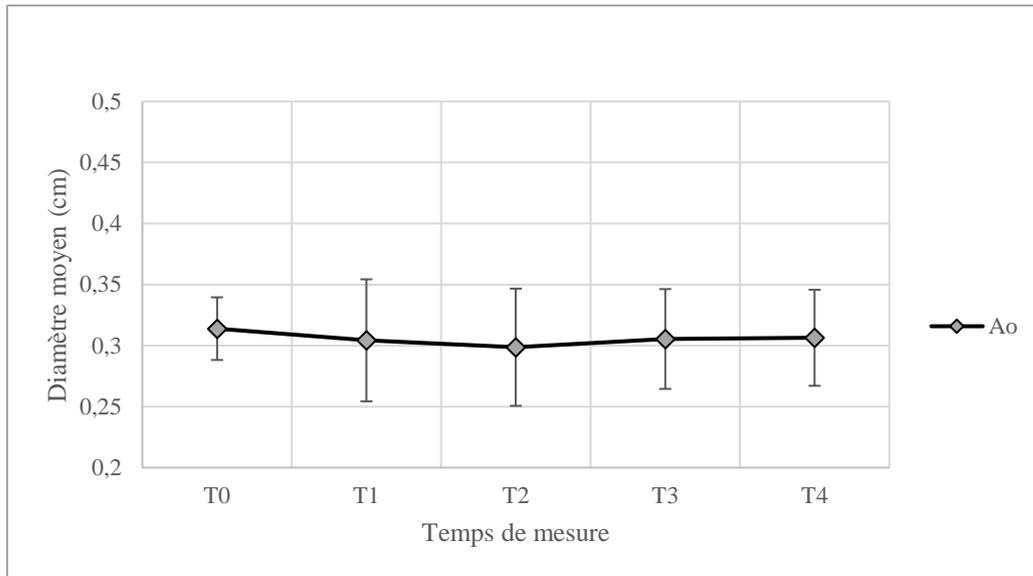


Figure 10 : Evolution du diamètre de la VCC au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain

Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD. Au-dessus du temps de mesure est noté le temps de mesure significatif avec le dit temps.

- Ao

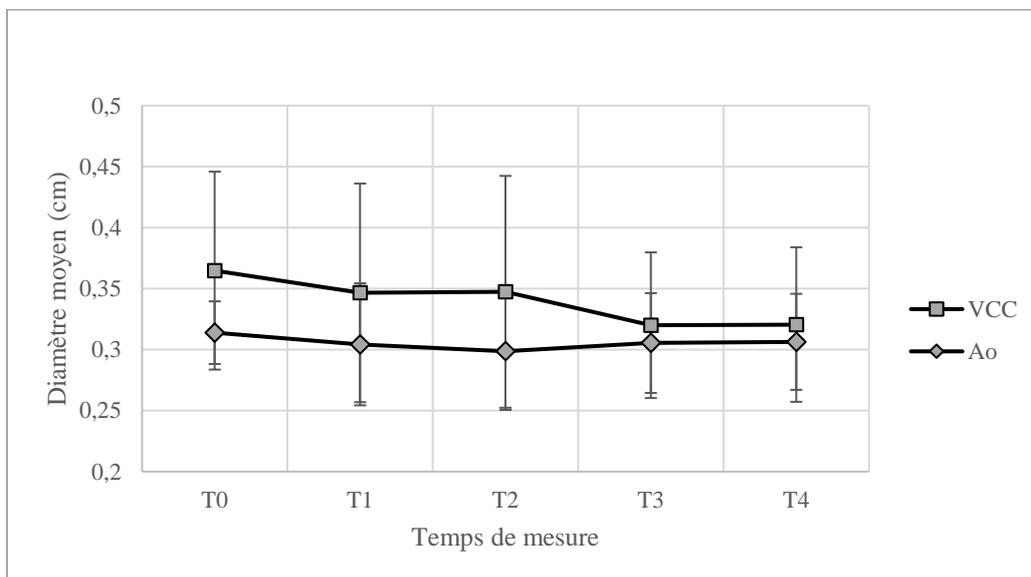
Les variations du diamètre de l'Ao sont significativement et uniquement expliqué par l'effet individu ( $p=2,27*10^{-11}$ ). Par ailleurs, le diamètre de l'Ao ne varie pas significativement au cours de l'anesthésie.



*Figure 11 : Evolution du diamètre de l'Ao au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain*

*Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD.*

Ci-dessous, les diamètres de la VCC et de l'Ao superposés. On constate au cours de l'anesthésie que seul le diamètre de la VCC tend à diminuer tandis que celui de l'Ao semble constant.



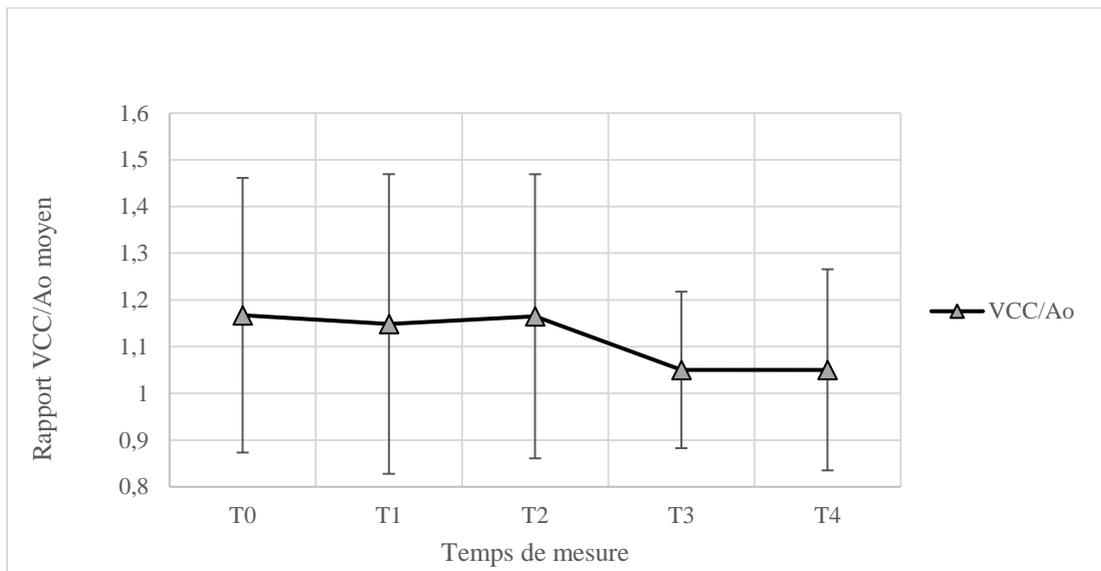
*Figure 12 : Evolution du diamètre de la VCC et de l'Ao au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain*

*Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD.*

- **Rapport des diamètres VCC/Ao**

Les variations du rapport des diamètres de la VCC et de l'Ao sont significativement expliquées par l'effet individu ( $p=4,61*10^{-5}$ ) et le temps de mesure ( $p=0,010$ ). Cependant, il n'y a aucune différence significative entre les temps.

Graphiquement, on décèle toutefois une tendance à la baisse de ce paramètre entre l'induction et la fin de chirurgie/réveil.



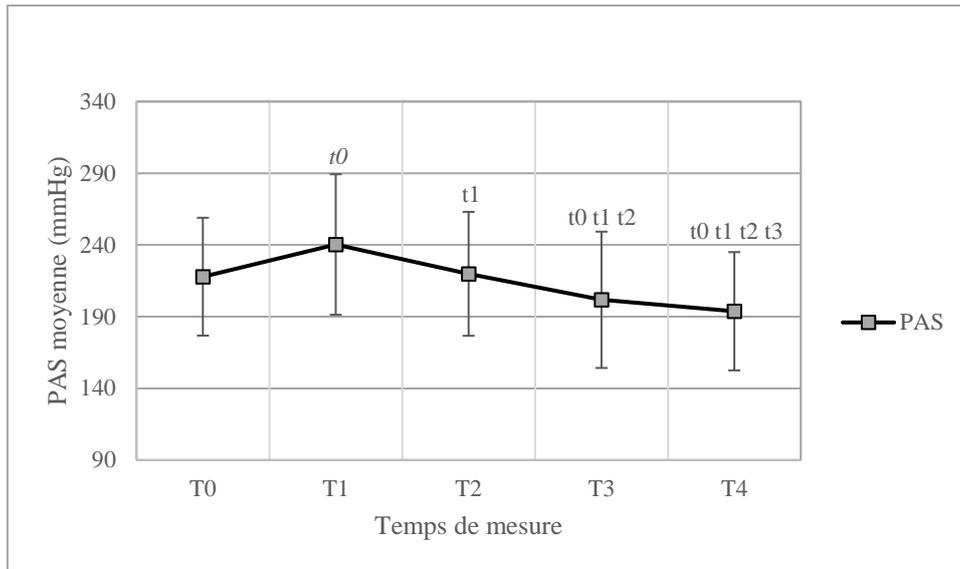
*Figure 13 : Evolution du rapport des diamètres VCC/Ao au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain*

Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD.

## 2) Evolution de la pression artérielle au cours de l'anesthésie générale

- **PAS**

Les variations de la PAS sont significativement liées à l'individu ( $p<2*10^{-16}$ ), au temps de mesure ( $p<2*10^{-16}$ ) et aux autres pressions PAD ( $p<2*10^{-16}$ ) et PAM ( $p<2*10^{-16}$ ). Aussi, la PAS varie significativement entre chaque temps à l'exception de T2-T0.

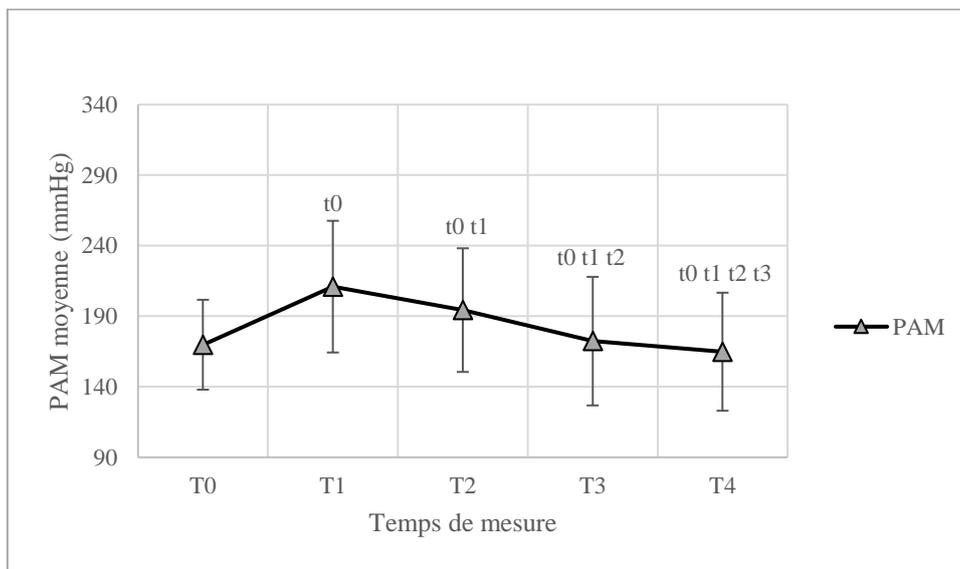


*Figure 14 : Evolution de la PAS au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain*

Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD. Au-dessus du temps de mesure est noté le temps de mesure significatif avec le dit temps.

- **PAM**

Identiquement à la PAS, les variations de la PAM sont explicables significativement par l'individu ( $p < 2 \cdot 10^{-16}$ ), le temps de mesure ( $p < 2 \cdot 10^{-16}$ ) et aux autres pressions PAS ( $p < 2 \cdot 10^{-16}$ ) et PAD ( $p < 2 \cdot 10^{-16}$ ). Par ailleurs, la PAM varie significativement entre chaque temps.

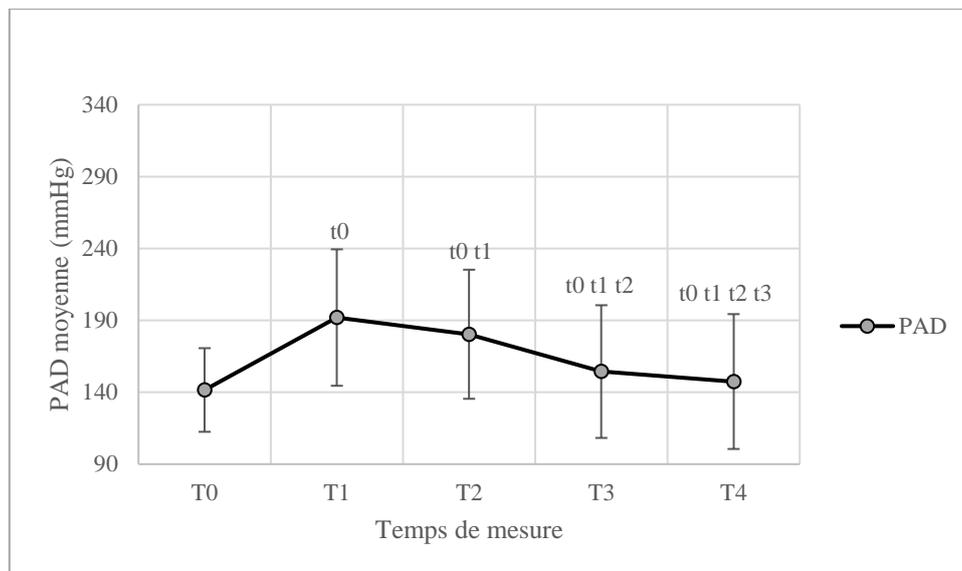


*Figure 15 : Evolution de la PAM au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain*

Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD. Au-dessus du temps de mesure est noté le temps de mesure significatif avec le dit temps.

- **PAD**

Enfin et toujours de la même façon que pour les autres pressions, l'individu ( $p < 2 * 10^{-16}$ ), le temps de mesure ( $p < 2 * 10^{-16}$ ) et les autres pressions PAS ( $p < 2,2 * 10^{-16}$ ) et PAM ( $p < 2,2 * 10^{-16}$ ) permettent d'expliquer significativement les variations de la PAD. La PAD varie significativement entre chaque temps.



*Figure 16 : Evolution de la PAD au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain*

Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD. Au-dessus du temps de mesure est noté le temps de mesure significatif avec le dit temps.

Ci-dessous, le graphique représentant l'évolution des pressions artérielles au cours de l'anesthésie. On constate que les pressions varient conjointement les unes par rapport aux autres et on remarque une augmentation des pressions entre T1 et T2 suivi d'une diminution progressive de ces dernières.

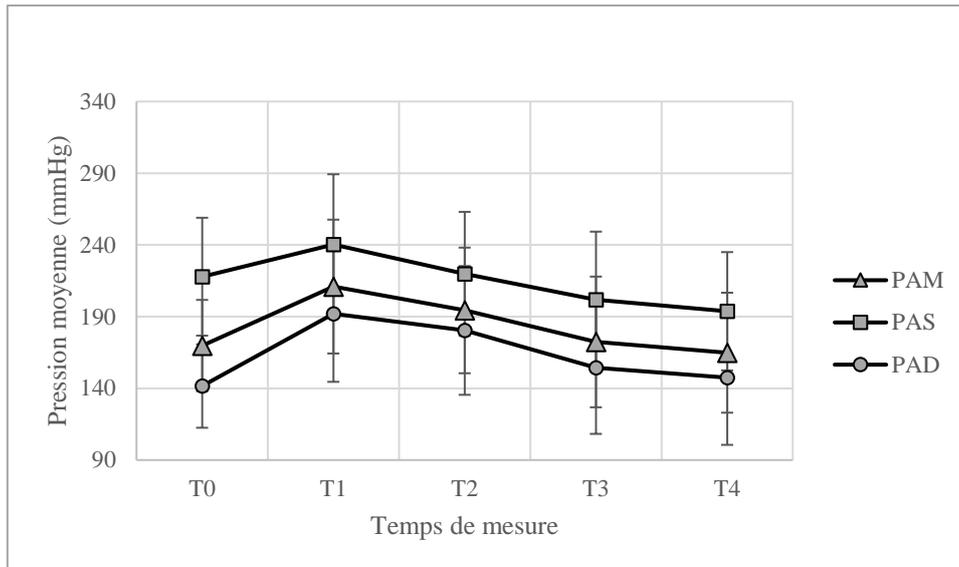


Figure 17 : Evolution des pressions artérielles systoliques, diastolique et moyenne au cours de l'anesthésie générale chez le chat sain

Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD

### 3) Corrélation entre les diamètres de la VCC, de l'Ao, leur rapport et la pression artérielle

Pour les diamètres de la VCC, de l'Ao et leur rapport, les observations sont similaires au regard de la pression artérielle. Les pressions artérielles (PAS, PAM, PAD) seules ne permettent pas d'expliquer significativement les variations des diamètres ou du rapport. En revanche, l'anesthésie associée aux variations de la PAD expliquent significativement les variations de diamètre de la VCC ( $p=0,022$ ), de l'Ao ( $p=0,0099$ ) et du rapport VCC/Ao ( $p=0,0070$ ).

### **III) Discussion**

Les objectifs de cette étude expérimentale était d'une part d'étudier la faisabilité d'une méthode échographique dans l'obtention et la mesure du diamètre de la veine cave caudale et de l'aorte abdominale chez le chat anesthésié par un non spécialiste en imagerie médicale. D'autre part, il s'agissait de mettre cliniquement en application cette méthode non invasive, notamment en lien avec l'évolution de la pression artérielle au cours d'une anesthésie générale chez le chat sain.

#### **A) Population d'étude et considérations anesthésiques**

Tout d'abord, cette population de chats jeunes, mâles et entiers subissant une castration chirurgicale à l'ENVT constitue un groupe d'individus très homogène. En effet, ce type d'intervention concerne essentiellement des animaux jeunes d'un gabarit similaire et en bonne santé. L'hétérogénéité du groupe est grandement réduite ce qui nous autorise à attribuer plus facilement une variation de diamètre ou de pression à la procédure anesthésique plutôt qu'aux variations des caractéristiques intrinsèques de la population. De plus, l'opération chirurgicale pratiquée étant la même, le protocole anesthésique a pu être standardisé limitant encore une fois les variables. En termes de durée d'anesthésie, on remarque que l'écart-type entre induction et fin de chirurgie est faible (7,7min) montrant que le temps de chirurgie n'est pas un facteur important de variation malgré la différence d'expérience entre les chirurgiens en milieu universitaire. Ainsi, nous considérons que l'intervention chirurgicale par son homogénéité en termes de durée ne constitue pas un facteur de variation dans cette étude.

Ce groupe d'étude nous permet de mieux corréler les observations à l'effet de l'anesthésie générale plutôt qu'à des variations de caractéristiques de population ou à la nature de l'intervention.

#### **B) Méthodologie échographique**

Pour ce projet, les images échographiques de la VCC et de l'Ao ont été obtenues en coupe transverse en mode B, en région iliaque et avec un l'animal en décubitus sternal. Ces choix ont été faits avec deux objectifs : faciliter l'accès à la fenêtre échographique et permettre la répétabilité des mesures. Tout d'abord, *Finnerty et al.*<sup>[33]</sup> suggèrent que le mode B est à privilégier par rapport au mode M car il permet une meilleure répétabilité entre les opérateurs. Par ailleurs et de façon pratique, la visualisation des deux vaisseaux sur un même cliché

échographique est plus difficile à obtenir en coupe longitudinale qu'en coupe transversale. En effet, les vaisseaux en coupe longitudinale doivent nécessairement être parfaitement superposés l'un sur l'autre pour bien mesurer leur diamètre maximal sur une même image. A contrario, la VCC et l'Ao peuvent être décalées sur la coupe transversale sans que leur diamètre n'en soit affecté.

Concernant la région échographiée, la région iliaque a été choisie car elle est encore peu étudiée en médecine vétérinaire dans la mesure des diamètres de la VCC et de l'Ao. C'est une occasion de fournir des données sur cet abord. A ce jour, seuls *Herreria-Bustillo et al.* et *Sanger et al.* explorent cette fenêtre échographique respectivement sur des Greyhounds soumis à un don de sang vigile et des chats anesthésiés soumis également à un don de sang et une fluidothérapie [23,29]. Pour nos expériences et en accord avec les observations de ces auteurs, l'acquisition des clichés en région iliaque est plutôt aisée y compris chez le chat. En effet, cette zone est très facile d'accès car peu d'obstacles anatomiques viennent s'intercaler entre la sonde et la VCC et l'Ao situées relativement superficiellement sur l'abdomen. L'absence de gaz intestinaux par rapport à d'autres abords contribue à la facilité d'acquisition des clichés échographiques [9,21,25,28,29,34]. Par ailleurs, la région iliaque est éloignée du thorax et donc très peu voire non influencée par les mouvements ventilatoires que l'on peut avoir en vue intercostale [29]. Ces changements de diamètres liés aux mouvements inspiratoires et expiratoires ont été observés chez le chien, le cheval et le chat [22,28,29,35]. Lors de l'inspiration, la dépression dans la cage thoracique diminue la taille de la VCC et inversement lors de l'expiration. Cette variation de diamètre est à l'origine du calcul de l'indice de collapsibilité en médecine humaine, permettant de prédire la réponse à la fluidothérapie [18,30]. Cet indice a notamment été étudié par *Rabozzi et al.* chez le chien sans pouvoir montrer un intérêt pour cet usage en médecine vétérinaire [27]. Dans la même tendance chez le chat, *Sanger et al.* ne détectent pas de variations significatives de cet indice sur les vues sub xiphoïde, hépatique et iliaque [29]. Ainsi, la réalisation des mesures en région iliaque fournit des diamètres des vaisseaux indépendants des mouvements ventilatoires et donc assure une meilleure répétabilité de la mesure.

Par ailleurs, le décubitus sternal a été choisi afin de minimiser la pression des organes abdominaux sur les vaisseaux mesurés. Certains auteurs notent l'importance de la pression exercée par la sonde échographique [20,25,28,29]. En conséquence, nous nous sommes placées dans les meilleures conditions pour appliquer le moins de contraintes sur le vaisseau et ainsi, obtenir un diamètre maximal. Par ailleurs, cette position physiologique est très peu voire non

contraignante sur un animal vigilant et donc, contribue à son calme et à la bonne réalisation de l'examen échographique.

Pour le placement de la sonde, nous avons choisi deux zones échographiques ayant chacune leurs avantages et inconvénients. La zone 1, en région paralombaire, a pour avantage d'être proche des vaisseaux étudiés donc rapide à atteindre et ne nécessitant pas de pression excessive exercée par la sonde sur l'animal. Cependant, la proximité de la VCC et de l'Ao rend la zone de balayage restreinte et ne permet pas toujours d'avoir des images échographiques satisfaisantes. C'est pourquoi la Zone 2 a été envisagée en second lieu. Cette position permet d'élargir la zone de balayage et donc d'obtenir des images de façon plus aisée. Cependant, la VCC et l'Ao se situent plus profondément et des organes abdominaux peuvent venir interférer avec la visualisation des vaisseaux d'intérêt. De plus, leur position plus profonde nécessite d'appliquer une pression plus forte avec la sonde que pour la zone 1, ceci pouvant se révéler inconfortable pour l'animal.

Tout ceci nous mène à la faisabilité de la procédure échographique et cette dernière a été réalisable sur la grande majorité des animaux y compris vigile. L'application de la sonde échographique en région iliaque en décubitus sternal et la réalisation des clips sont compatibles pour cette espèce sur un animal vigilant avec une contention minimale. Lorsque l'opération déplaisait à l'animal, ce dernier essayait de se soustraire à la sonde mais il est fort à parier que ce n'est pas la pression de la sonde mais plutôt l'application d'alcool sur l'animal qui constitue un facteur prépondérant dans la tolérance de l'examen par la sensation de froid et l'odeur qu'elle procure sur l'animal. Ainsi, l'obtention de ces résultats chez un chat vigilant traduit le caractère non invasif et tolérable de l'examen échographique dans ce contexte.

Lors de la réalisation des clips, la pression exercée puis relâchée avec la sonde a deux intérêts majeurs. Premièrement, elle permet d'identifier a posteriori la VCC de l'Ao. En effet, de par leur différence histologique évoquée précédemment (*Partie I, I.A.1 Histologie vasculaire*), la VCC est plus déformable par rapport à l'Ao au point de pouvoir la collaber complètement. Ainsi, le vaisseau s'écrasant sous la pression de la sonde correspond à la VCC, l'autre conservant sa forme à l'Ao. Deuxièmement, ce mode opératoire permet de nous assurer d'avoir le diamètre maximal de la veine cave caudale à la fin du clip lorsque l'opérateur relâche la pression de la sonde. En effet, un appui trop prononcé avec cette dernière engendrerait une diminution artificielle du diamètre de la VCC. Plusieurs auteurs relèvent l'importance de cette pression exercée par l'opérateur comme facteur de variation de ce paramètre <sup>[20,25,28,29]</sup> influant

sur le diamètre de la VCC qui peut prendre une forme elliptique. Dans notre étude, cet aspect a été jugé négligeable chez le chat en région iliaque. Il est effectivement arrivé que la VCC et l'Ao ait une forme elliptique dans nos mesures mais cela est dû à un défaut de positionnement de la sonde qui n'était pas en coupe pleinement transversale à cause de la pilosité de l'animal. *Sanger et al.* constatent également ce souci de pilosité dans l'acquisition des images <sup>[29]</sup>. Il est indéniable que le diamètre de la VCC peut être diminué en appuyant sur cette dernière et c'est d'ailleurs cette caractéristique qui nous permet de la différencier de l'Ao. Néanmoins, la force nécessaire pour collaber la VCC est bien supérieure à celle nécessaire pour obtenir une bonne visualisation des structures en région iliaque. Notamment à la fin de l'enregistrement des clips, nous avons une longue période au cours de laquelle les images sont satisfaisantes avec un diamètre maximal tandis que l'opérateur continuait de relâcher la pression. Ainsi, la VCC dispose tout de même d'une certaine résistance avant de se déformer. Compte tenu de ces observations, il est à se demander si les organes abdominaux sont assez massifs pour modifier les mesures chez le chat en bonne santé. La vue iliaque adoptée dans cette étude avait pour but de limiter cette contrainte sur les vaisseaux mais il serait intéressant d'évaluer si ces derniers ont une réelle influence sur les diamètres de la VCC et de l'Ao chez le chat. En particulier, cela pourrait être à considérer sur des animaux de plus grand gabarit ou en surpoids.

A propos du temps pour effectuer l'échographie, il a été constaté que le temps nécessaire pour la recherche de la fenêtre échographique et la réalisation des clips par l'opérateur 1 a été divisé par deux après quelques individus tests (résultats non exposés). Cet entraînement a également permis d'améliorer la qualité des images ce qui facilite la lecture à posteriori. Ce rapide gain d'efficacité est intimement lié à la courbe d'apprentissage dans la réalisation du geste échographique. Ainsi, l'apprentissage de la technique est assez rapide et accessible à tous après une courte formation théorique et une phase d'entraînement.

Concernant le choix des temps de mesure, chaque temps a été placé à des instants clés de l'anesthésie. T0 constitue une référence de base pour l'animal. Puis T1 est effectué 10min après la prémédication pour obtenir l'effet sédatif de la médétomidine. Pour les mêmes raisons, T2 est réalisé 10min après l'induction pour laisser les effets de la kétamine se mettre en place. Par la suite, T3 est effectué directement après la chirurgie. Enfin, une dernière mesure T4 est réalisée au réveil lorsque l'effet narcotique de la kétamine n'est plus suffisant.

## C) Comparaison des opérateurs

Avec un  $R^2$  proche voire supérieur à 0,9, la répétabilité intra-opérateur est satisfaisante, montrant qu'une même mesure est facilement répétable pour un même opérateur. Pour la répétabilité inter-opérateur, la différence moyenne entre deux mesures est très satisfaisante car proche de 0mm. En revanche, on se rend compte avec les *Figure 8* et *Figure 9* que les données sont très dispersées autour de cette moyenne. Malgré le fait que ces différences restent dans un intervalle de deux écart-types, la variation de la mesure est ici non satisfaisante car trop importante. En effet, pour l'Ao et la VCC, une variation respective de  $\pm 0,047\text{cm}$  et  $\pm 0,054\text{cm}$  n'est pas acceptable lorsque la précision de la mesure est de 0,01cm et que les variations de diamètre de ces vaisseaux sont du même ordre de grandeur. Ainsi, ces tests montrent que la mesure est très fiable pour un même opérateur mais que la variation est trop importante entre deux opérateurs compte tenu de la précision de la mesure. Chez le chat, *Sanger et al.* concluent également à une bonne répétabilité intra-opérateur, la meilleure obtenue étant en vue iliaque avec cependant une mauvaise répétabilité inter-opérateur à la différence que dans leur étude, il s'agissait de deux opérateurs indépendants dans la réalisation des échographies et non dans la lecture des images <sup>[29]</sup>.

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer ce manque de répétabilité inter-opérateur. En premier lieu, il est à rappeler que les deux opérateurs n'ont pas exactement la même expérience pratique en termes d'échographie. En effet, l'opérateur 1 a suivi une formation préalable dans l'acquisition des images échographiques et a également effectué tous les enregistrements durant la phase expérimentale. Ces périodes antérieures rendent l'exploitation des clips beaucoup plus aisée car elle s'inscrit dans la continuité du contexte expérimental. A l'opposé, l'opérateur 2 complètement détachée de cette phase expérimentale a nécessité une courte formation par l'opérateur 1 pour la compréhension des clips enregistrés, le choix de la meilleure image et la méthode de mesure. Par ailleurs, la plus longue durée d'exploitation des clips pour l'opérateur 2 a pu augmenter le biais de mesure. Le choix de l'image à conserver pour effectuer la mesure pouvait être différent au fil des sessions de lecture et ainsi, déprécier la répétabilité de la mesure. Dans le cas de *Sanger et al.*, ceux-ci expliquent une mauvaise répétabilité inter-opérateur par une différence de placement et pression exercée avec la sonde, la présence de poils ainsi que la petite taille des vaisseaux mesurés <sup>[29]</sup>. Nous pouvons également supposer que pour leur étude, le niveau d'expérience en échographie entre le clinicien urgentiste et un diplômé européen urgentiste n'est pas le même, pouvant contribuer à l'obtention d'un résultat moins probant.

Dans notre cas, nous pouvons émettre que la réalisation de ces mesures, certes facile d'accès et ne demandant pas de grandes connaissances, nécessite tout de même un minimum de pratique afin de sélectionner la meilleure image permettant une mesure plus fiable et probablement plus répétable entre deux opérateurs.

## **D) Evolution des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport au cours de l'anesthésie générale en lien avec la pression artérielle non invasive**

### **1) Evolution des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport au cours de l'anesthésie générale**

A propos de la VCC, son diamètre évolue significativement en fonction de l'individu et du temps de mesure. Cet effet individu était attendu et prévisible de façon physiologique. En effet, chaque individu est différent et par conséquent, la taille des vaisseaux l'est aussi. Par ailleurs, l'effet du temps de mesure montre que le diamètre de la VCC varie significativement au cours de l'anesthésie et se traduit par une diminution moyenne de son diamètre de 0,045cm entre le temps vigil et la fin de chirurgie et de 0,044cm entre le temps vigil et l'extubation. Cependant, ces variations de l'ordre du dixième de millimètre rendent son exploitation difficile en pratique clinique. *Marshall et al.* ont également observé une variation de cet ordre de grandeur chez le chien, évoquant également son utilisation impossible en situation réelle [25]. Chez le chat, *Sanger et al.* observent des diamètres de VCC similaires à ceux obtenues dans notre étude mais constatent une augmentation significative de l'ordre du millimètre après une fluidothérapie de 30mL/kg de cristalloïdes isotoniques [29]. Dans cette étude, les chats étaient anesthésiés et recevaient un soluté isotonique après le don du sang. Ainsi, il n'est pas possible de connaître la part impliquée entre d'un côté l'hypovolémie relative liée à l'anesthésie et de l'autre le remplissage vasculaire [29]. Il est probable que les deux effets concordent à l'obtention de ce résultat. De même pour les résultats liés au don du sang, il est difficile de faire la part entre la perte volémique et l'anesthésie pour expliquer la diminution du diamètre de la VCC. A noter que dans notre étude, les chats reçoivent également une fluidothérapie mais 10 fois moins importante à 3mL/kg/h et dont l'effet a été négligé ici.

Pour l'Ao, la seule dépendance aux variations inter-individuelles est en accord avec les résultats des précédentes études chez le chien [9,20,25,27]. En effet, aucune étude n'a montré une variation significative du diamètre de ce vaisseau en lien avec le protocole effectué, ce qui est

également le cas ici car le temps de mesure ne constitue pas une variable explicative significative. Anatomiquement parlant, ces observations peuvent s'expliquer par la constitution histologique de l'Ao que nous avons évoquée en première partie (*Partie I, I.A.1 Histologie vasculaire*). En effet, cette artère est constituée de nombreuses fibres élastiques lui conférant une rigidité qui diminue ainsi les variations de son diamètre. La variation de diamètre observée ici ne dépend donc que des caractéristiques individuelles de l'animal.

Enfin pour le rapport VCC/Ao, il y a une forte variation selon l'individu. Ainsi, ce rapport serait à considérer en fonction de l'animal et non par rapport à des valeurs absolues, dites de référence. L'individu constituerait son propre témoin et ce serait plutôt les variations du rapport qui serait à considérer pour un individu donné. Il serait également intéressant dans de futures études de déterminer l'importance des variations inter-individuelles de ce rapport en utilisant des populations plus diversifiées et de ce fait, plus proche de la réalité. Comme le diamètre de la VCC, le rapport VCC/Ao varie au cours de l'anesthésie. Malgré une absence de significativité statistique entre les temps, la représentation graphique montre une tendance à la baisse de ce rapport entre l'induction et la fin de chirurgie du même ordre de grandeur en moyenne que ce qui avait été observé chez le chien <sup>[9,20,23,25,27]</sup>. Cependant, la dispersion des valeurs ne nous permet pas de conclure statistiquement sur l'évolution de ce rapport au cours de l'anesthésie. Comme le diamètre de l'Ao ne varie pas au cours de l'anesthésie, nous pouvons faire l'hypothèse que les variations de ce rapport peuvent être imputées aux variations de diamètre de la VCC. Graphiquement (*Figure 12 et Figure 13*), on comprend que c'est la baisse du diamètre de la VCC qui induit la baisse du rapport VCC/Ao.

Ces observations étaient attendues compte tenu du protocole hypertenseur et vasoconstricteur envisagé dans cette étude. En effet, à l'instar de la majorité des agents anesthésiques, la kétamine a plus tendance à induire une hypertension artérielle. Chez le chien, cette dernière diminue la capacité veineuse sur des individus hypovolémiques <sup>[8]</sup>. De plus, la médétomidine induit une vasoconstriction périphérique ainsi qu'une hypertension pouvant impacter la VCC. Il est à noter que ces résultats ont cependant pu être atténué par les autres molécules employées ici. Entre autres, la buprénorphine comme opioïde peut être à l'origine d'une vasodilatation périphérique, d'une baisse de la résistance périphérique et d'une inhibition de baroréflexe induisant une hypotension <sup>[13]</sup>. Il en va de même pour l'usage de l'isoflurane dont l'usage induit une vasodilatation veineuse ainsi qu'une dépression myocardique à l'origine d'une hypotension <sup>[8,13,36]</sup>. Également, le propofol induit une vasodilatation veineuse importante. Néanmoins, l'implication de l'isoflurane et du propofol dans un phénomène

vasodilatateur est à relativiser compte tenu des faibles doses utilisées et de la faible durée d'administration de ces médicaments. De nouvelles études impliquant d'autres protocoles anesthésiques avec des procédures plus longues et impliquant uniquement des molécules vasodilatatrices ou vasoconstrictrices pourraient venir enrichir nos observations.

## 2) Evolution de la pression artérielle au cours de l'anesthésie générale

La valeur absolue de la pression artérielle obtenue par oscillométrie a tendance à la surestimer la mesure <sup>[37,38,39,40,41]</sup>. Ainsi, il a été choisi ici de prendre en considération les variations de cette dernière au cours de l'anesthésie plutôt que la valeur absolue de la pression artérielle pour s'affranchir du biais matériel. De plus, trois mesures ont été effectuées pour en retenir la moyenne et ce, afin de limiter le biais de mesure.

Sans surprise, les PAS, PAD et PAM varient significativement les unes par rapport aux autres. De plus, elle varie en fonction de l'anesthésie en lien avec les différentes molécules administrées. Enfin, il existe un effet individu car chaque animal ne réagit pas de la même façon à l'anesthésie générale. L'analyse des tests de Tukey montre globalement une différence significative entre tous les temps témoignant de la forte influence de l'anesthésie sur la pression artérielle. Graphiquement, on observe une nette augmentation de la pression artérielle après la prémédication, illustrant remarquablement l'effet hypertenseur de la médétomidine. Par la suite, on constate une décroissance lente et progressive des valeurs imputable à l'effet hypotenseur de la médétomidine lié à la bradycardie ainsi qu'à l'altération des mécanismes de régulation de la pression artérielle par l'anesthésie générale. Le relevé de la fréquence cardiaque aurait pu aussi être une donnée intéressante car cette dernière peut constituer une information supplémentaire sur l'état vasodynamique de l'animal en plus de la pression artérielle. Qui plus est, c'est un paramètre accessible et récupérable en même temps que la pression artérielle par oscillométrie. Il est également à noter que la courte durée de l'intervention n'a pas permis aux animaux de présenter une « vraie » hypotension, à savoir des valeurs en dessous de 60mmHg pour la PAM. En effets, tous les animaux présentaient des valeurs physiologiques de pression de la prémédication jusqu'à l'extubation (résultats non exposés).

### 3) Corrélation entre le rapport VCC/Ao et la pression artérielle

L'analyse statistique montre un lien entre les variations des différents diamètres avec la PAD en contexte anesthésique. D'un point de vue physiologique, la PAD est le reflet de vasoconstriction/vasodilatation des vaisseaux. Ainsi, son implication au cours de l'anesthésie dans les variations des diamètres des vaisseaux suggère un lien entre la pression artérielle et le rapport VCC/Ao. Néanmoins, le modèle ne permet pas de mettre en évidence un lien significatif entre les diamètres de la VCC, de l'Ao avec les PAS, PAM, PAD seules. Il est à noter que dans cette étude, les chats restaient normotendus malgré les variations de pression artérielle. Ainsi, le lien entre la pression artérielle et le rapport VCC/Ao a pu être minimisé. Il est fort à parier que si l'anesthésie générale s'était prolongée, de nombreux individus auraient été dans un état hypotendu plus avancé, ce qui auraient pu modifier les observations du rapport VCC/Ao et potentiellement son lien avec la pression artérielle. De futures études seront à mener sur des individus présentant une hypotension sévère, état pouvant accentuer les variations du diamètre de la VCC selon notre raisonnement physiopathologique.

## **E) Limites et perspectives**

- **Population étudiée**

La population étudiée concerne uniquement des chats jeunes, mâles et en bonne santé. Cependant, cette étude prospective est une étape indispensable, visant à apporter des données sur le sujet et à évaluer la faisabilité de la méthode échographique d'évaluation des diamètres de la VCC et de l'Ao chez le chat sain. Il serait maintenant intéressant de poursuivre de nouvelles études, par exemple chez des individus malades dont l'intervention nécessite une anesthésie plus longue afin de voir évoluer plus durablement les effets de l'anesthésie.

- **Méthode**

Concernant les échographies, le côté de mesure choisi pourrait constituer une variable supplémentaire à considérer quand bien même les structures anatomiques mesurées restent identiques et dans le même plan. A la rigueur, il serait préférable de choisir le côté gauche identiquement à *Sanger et al.* afin de restreindre la portion de vaisseaux mesurée, le rein gauche étant plus proche de la vessie que le rein droit <sup>[29]</sup>.

Par ailleurs, il a été choisi de ne pas tondre les animaux au niveau de la zone échographiée dans le but de rendre l'acte le moins invasif possible pour l'animal au cours de son intervention chirurgicale. Cette décision a été prise au détriment de la qualité de certains clips empêchant la visualisation totale de toute la paroi du vaisseau. L'écartement des poils à l'aide d'alcool et d'un peigne était suffisant pour obtenir une image longitudinale satisfaisante mais la difficulté apparaît lors du passage de la coupe longitudinale à la coupe transversale où la rotation provoque un déplacement des poils sous la sonde, créant un défaut de contact et donc l'apparition de cônes d'ombres venant masquer les structures en dessous. L'absence de tonte des animaux a été un acteur majeur dans la diminution de la qualité des images échographiques mais les manipulations restaient réalisables. *Sanger et al.* évoquent également ces difficultés liées à la présence de poils, pouvant également être à l'origine d'une mauvaise répétabilité inter-opérateur. Aussi, la tonte ainsi que l'usage de gel échographique contribueraient à l'obtention de meilleurs images échographiques quand bien même de nombreux examens échographiques sont réalisables sans tonte <sup>[29]</sup>.

Afin d'améliorer l'étude du dynamisme vasogénique des vaisseaux, nous avons également envisagé de mesurer la surface des vaisseaux en plus de leur diamètre pour nous affranchir de la forme de ces derniers. Cependant comme évoqués ci-dessus, l'absence de tonte de l'animal ne nous permet pas systématiquement d'obtenir des images adéquates pour visualiser la totalité de la paroi de l'un ou l'autre vaisseau lié aux cônes d'ombre par défaut de contact. L'exploitation de la surface n'a pas été possible dans notre étude compte tenu de l'incertitude de la mesure quant à l'estimation de la surface supposée du diamètre dans les zones sous les cônes d'ombre. L'étude de la surface des vaisseaux serait intéressante à envisager pour de futurs projets incluant des animaux tondus.

C'est aussi pour cette raison de pilosité que certains vaisseaux présentaient des formes elliptiques. Les poils empêchaient la rotation complète de la sonde et donc l'obtention concomitante d'une coupe transversale complète avec des images échographiques satisfaisantes. Cependant, cela ne nie en rien la mesure du diamètre en prenant la plus petite distance, correspondant au diamètre réel. Dans cette idée, il aurait été plus aisé d'effectuer une coupe longitudinale des deux vaisseaux pour ne pas avoir à tourner la sonde mais l'identification de la VCC et l'acquisition d'une image avec les deux structures est beaucoup plus difficile à obtenir. De plus, cette coupe ne permet pas un surfaçage du diamètre des vaisseaux.

Concernant les images en elles-mêmes, il pourrait être envisageable de mesurer les diamètres sur deux images différentes, une avec la VCC l'autre avec l'Ao lorsque l'obtention d'un seul et même cliché satisfaisant n'est pas possible. Cependant, cela nécessite de bien identifier au préalable la VCC de l'Ao.

Enfin, la mesure sur logiciel ordinateur peut ne pas refléter la précision que l'on pourrait obtenir en pratique courante. Bien qu'il existe aujourd'hui de nombreux échographes disposant d'un curseur, il est à noter qu'il est bien plus aisé d'effectuer une mesure précise avec une souris et un grand écran que par toucher tactile sur l'écran réduit d'un l'échographe portable.

Nous noterons que l'obtention des images échographiques requiert un minimum d'expérience comme en témoigne la courbe d'apprentissage constatée lors de la phase expérimentale. Cependant, cette phase reste courte et donc la procédure reste accessible à tous les vétérinaires avec de l'entraînement pour effectuer les bons mouvements avec la sonde et interpréter les clips.



# CONCLUSION

Cette étude expérimentale prospective a permis de mettre en évidence la faisabilité échographique de la mesure des diamètres de la VCC, de l'Ao et de leur rapport VCC/Ao chez le chat sain vigile puis anesthésié. Cette mesure est réalisable par un opérateur ayant des compétences de base en imagerie après une courte formation en échographie ainsi qu'un minimum d'expérience dans la réalisation de la mesure afin d'en assurer la répétabilité.

Dans cette étude, la répétabilité intra-opérateur est très satisfaisante mais la répétabilité inter-opérateur s'est révélée insuffisante, probablement liée à la différence d'expérience entre les deux opérateurs et un biais de mesure lié à une différence de temps nécessaire pour exploiter les clips entre les deux opérateurs.

Les résultats montrent une variation significative du rapport VCC/Ao au cours d'une anesthésie en région iliaque avec une tendance à la baisse de ce rapport entre l'induction et la fin de chirurgie. Les variations de ce rapport sont corrélables à la PAD en contexte anesthésique mais pas aux pressions artérielles seules.

L'échographie comme moyen de surveillance instrumentale peranesthésique de la fonction cardiovasculaire au sens large en médecine vétérinaire n'en est qu'à ses débuts et cette étude constitue jusqu'alors les premières expérimentations de mesure du rapport VCC/Ao sur le modèle félin. De futures études permettront de confirmer ou d'infirmer les résultats observés ici afin de juger si ce rapport constitue un paramètre intéressant dans l'évaluation de la volémie par exemple et déterminer quelles autres fenêtres échographiques pertinentes sont aussi à considérer.

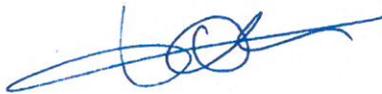


**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

**En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire**

Je soussignée, Géraldine JOURDAN, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directrice de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **NGUYEN Quang Duc** intitulée « **Evaluation échographique des diamètres de la veine cave caudale, de l'aorte abdominale et de leur rapport au cours d'une anesthésie générale chez le chat sain** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

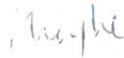
Fait à Toulouse, le 22/09/2021  
Enseignant-chercheur de l'Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
Docteure Géraldine JOURDAN



Vu :  
Le Directeur de l'Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
M. Pierre SANS



Vu :  
Le Président du jury  
Professeur Christian VIRENQUE



Vu et autorisation de l'impression :  
Le Président de l'Université Paul  
Sabatier  
Monsieur Jean-Marc BROTO  
Par délégation, le Doyen de la faculté de  
Médecine de Toulouse-Rangueil  
Monsieur Elie SERRANO



M. NGUYEN Quang Duc  
a été admis sur concours en : 2016  
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 06/07/2020  
a validé son année d'approfondissement le: 15/07/2021  
n'ont plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider



# **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] FARID, A W Shaik, 2013. Ultrasonography Measurement of Inferior Vena Cava Diameter of Blood Donors As Predictors for Early Blood Loss in Tertiary Hospital Northeastern, Malaysia. In : . 2013. Vol. 68, n° 6, pp. 4.
- [2] KOSIAK, Wojciech, SWIETON, Dominik et PISKUNOWICZ, Maciej, 2008. Sonographic inferior vena cava/aorta diameter index, a new approach to the body fluid status assessment in children and young adults in emergency ultrasound—preliminary study. In : The American Journal of Emergency Medicine. 1 mars 2008. Vol. 26, n° 3, pp. 320 325.
- [3] E. AIELLO, Susan et A. MOSES, Michael, 2016. The Merck Veterinary Manual. 11th édition. Merck & Co Inc. ISBN 978-0-911910-61-2.
- [4] RUCKEBUSCH, Yves, 1981. Physiologie, pharmacologie, thérapeutique animales. Maloine. ISBN 2-224-00381-1.
- [5] JO ANN EURELL et BRIAN L. FRAPPIER, 2006. Dellmann's Textbook of Veterinary Histology. Blackwell publishing. Wiley–Blackwell. ISBN 0-7817-4148-3.
- [6] SHERWOOD, Lauralee, KLANDORF, Hillar et YANCEY, Paul, 2016. Physiologie animale. 1re édition. De Boeck Supérieur. ISBN 2-8073-0286-6.
- [7] ZACHARY, James F. (éd.), 2017. Pathologic basis of veterinary disease. Sixth edition. St. Louis, Missouri : Elsevier. ISBN 978-0-323-35775-3.
- [8] NOEL-MORGAN, Jessica, 2018. Anesthesia-Associated Relative Hypovolemia: Mechanisms, Monitoring, and Treatment Considerations. In : Frontiers in Veterinary Science. 2018. Vol. 5, pp. 13.
- [9] MENEGHINI, Caterina, RABOZZI, Roberto et FRANCI, Paolo, 2016. Correlation of the ratio of caudal vena cava diameter and aorta diameter with systolic pressure variation in anesthetized dogs. In : American Journal of Veterinary Research. février 2016. Vol. 77, n° 2, pp. 137 143.
- [10] J. BANKS, William, 1993. Applied Veterinary Histology. 3th Edition. Mosby. ISBN 0-8016-6610-4.
- [11] SILVERSTEIN, Deborah C. et HOPPER, Kate (éd.), 2015. Small animal critical care medicine. 2. ed. St. Louis, Mo : Saunders, Elsevier. ISBN 978-1-4557-0306-7.
- [12] JOHNSON, Paula, 2016. Practical Assessment of Volume Status in Daily Practice. In : . 2016. pp. 8.
- [13] BRUNTON, Laurence, A. CHABNER, Bruce et KNOLLMAN, Bjorn, 2011. Goodman and Gilman's the Pharmacological Basis of Therapeutics. 12th Edition. ISBN 978-0-07-162442-8.

- [14] FOX, Philip R., SISSON, David et MOÏSE, N. Sydney (éd.), 1999. Textbook of canine and feline cardiology: principles and clinical practice. 2. ed. Philadelphia : Saunders. ISBN 978-0-7216-4044-0.
- [15] BLAISET, MA, COUTO, CG, EVANS, KL et SMEAK, DD, 1995. Complications of indwelling, silastic central venous access catheters in dogs and cats. In : Journal of the American Animal Hospital Association. 1 septembre 1995. Vol. 31, n° 5, pp. 379 384.
- [16] KIDO, D. K., KING, P. D., MANZIONE, J. V. et SIMON, J. H., 1988. The Role of Catheters and Guidewires in the Production of Angiographic Thromboembolic Complications. In : Investigative Radiology. novembre 1988. Vol. 23, pp. S359.
- [17] TALEBI DOLUEE, Mortaza, REIHANI, hamidreza et FARZAM, Vahide, 2016. Is the inferior vena cava diameter measured by bedside ultrasonography valuable in estimating the intravascular volume in patients with septic shock? In : Reviews in Clinical Medicine. 2016. Vol. 3, n° 3, pp. 93 97.
- [18] BARBIER, Christophe, LOUBIÈRES, Yann, SCHMIT, Christophe, HAYON, Jan, RICÔME, Jean-Louis, JARDIN, François et VIEILLARD-BARON, Antoine, 2004. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. In : Intensive Care Medicine. septembre 2004. Vol. 30, n° 9, pp. 1740 1746.
- [19] MARIK, Paul E., BARAM, Michael et VAHID, Bobbak, 2008. Does Central Venous Pressure Predict Fluid Responsiveness? A Systematic Review of the Literature and the Tale of Seven Mares. In : Chest. 1 juillet 2008. Vol. 134, n° 1, pp. 172 178.
- [20] CAMBOURNAC, M., GOY-THOLLOT, I., VIOLÉ, A., BOISVINEAU, C., POUZOT-NEVORET, C. et BARTHÉLEMY, A., 2018. Sonographic assessment of volaemia: development and validation of a new method in dogs: Sonographic assessment of volaemia in dogs. In : Journal of Small Animal Practice. mars 2018. Vol. 59, n° 3, pp. 174 182.
- [21] DARNIS, Elodie, BOYSEN, Soren, MERVEILLE, Anne-Christine, DESQUILBET, Loïc, CHALHOUB, Serge et GOMMEREN, Kris, 2018. Establishment of reference values of the caudal vena cava by fast-ultrasonography through different views in healthy dogs. In : Journal of Veterinary Internal Medicine. juillet 2018. Vol. 32, n° 4, pp. 1308 1318.
- [22] DARNIS, Elodie, MERVEILLE, Anne Christine, DESQUILBET, Loïc, BOYSEN, Soren et GOMMEREN, Kris, 2019. Interobserver agreement between non-cardiologist veterinarians and a cardiologist after a 6-hour training course for echographic evaluation of basic echocardiographic parameters and caudal vena cava diameter in 15 healthy Beagles. In : Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. septembre 2019. Vol. 29, n° 5, pp. 495 504.
- [23] HERRERIA-BUSTILLO, Vicente J., FITZGERALD, Ella et HUMM, Karen R., 2019. Caval-aortic ratio and caudal vena cava diameter in dogs before and after blood donation. In : Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. novembre 2019. Vol. 29, n° 6, pp. 643 646.
- [24] KWAK, Jungmin, YOON, Hakyoun, KIM, Jaehwan, KIM, Minjoo et EOM, Kidong, 2018. Ultrasonographic measurement of caudal vena cava to aorta ratios for determination of

volume depletion in normal beagle dogs. In : *Veterinary Radiology & Ultrasound*. mars 2018. Vol. 59, n° 2, pp. 203 211.

[25] MARSHALL, Kristen A, THOMOVSKY, Elizabeth J, BROOKS, Aimee C, JOHNSON, Paula A, LIM, Chee Kin et HENG, Hock Gan, [sans date]. Ultrasound measurements of the caudal vena cava before and after blood donation in 9 greyhound dogs. In : . Vol. 59, pp. 8.

[26] NELSON, Nathan C., DROST, Wm Tod, LERCHE, Phillip et BONAGURA, John D., 2010. Non-Invasive Estimation of Central venous pressure in anesthetized dogs by measurement of the hepatic venous blood flow velocity and abdominal venous diameter. In : *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 16 février 2010. Vol. 51, n° 3, pp. 313 323.

[27] RABOZZI, Roberto, ORICCO, Stefano, MENEGHINI, Caterina, BUCCI, Massimo et FRANCI, Paolo, 2020. Evaluation of the caudal vena cava diameter to abdominal aortic diameter ratio and the caudal vena cava respiratory collapsibility for predicting fluid responsiveness in a heterogeneous population of hospitalized conscious dogs. In : *Journal of Veterinary Medical Science*. 2020. Vol. 82, n° 3, pp. 337 344.

[28] TUPLIN, M.C., ROMERO, A.E. et BOYSEN, S.R., 2017. Influence of the Respiratory Cycle on Caudal Vena Cava Diameter Measured by Sonography in Healthy Foals: A Pilot Study. In : *Journal of Veterinary Internal Medicine*. septembre 2017. Vol. 31, n° 5, pp. 1556 1562.

[29] SÄNGER, Florian, DORSCH, Roswitha, HARTMANN, Katrin et DÖRFELT, René, 2021. Ultrasonographic assessment of the caudal vena cava diameter in cats during blood donation. In : *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 27 juillet 2021. pp. 1-9.

[30] MORETTI, Riccardo et PIZZI, Barbara, 2010. Inferior Vena Cava Distensibility as a Predictor of Fluid Responsiveness in Patients with Subarachnoid Hemorrhage. In : *Neurocritical Care*. août 2010. Vol. 13, n° 1, pp. 3 9.

[31] PASQUERO, Paolo, ALBANI, Stefano, SITIA, Elena, TAULAIGO, Anna Viola, BORIO, Lorenzo, BERCHIALLA, Paola, CASTAGNO, Franco et PORTA, Massimo, 2015. Inferior vena cava diameters and collapsibility index reveal early volume depletion in a blood donor model. In : *Critical Ultrasound Journal*. décembre 2015. Vol. 7, n° 1, pp. 17.

[32] SZABÓ, Marcell, BOZÓ, Anna, DARVAS, Katalin, HORVÁTH, Alexandra et IVÁNYI, Zsolt Dániel, 2019. Role of inferior vena cava collapsibility index in the prediction of hypotension associated with general anesthesia: an observational study. In : *BMC Anesthesiology*. décembre 2019. Vol. 19, n° 1, pp. 139.

[33] FINNERTY, Nathan M., PANCHAL, Ashish R., BOULGER, Creagh, VIRA, Amar, BISCHOF, Jason J., AMICK, Christopher, WAY, David P. et BAHNER, David P., 2017. Inferior Vena Cava Measurement with Ultrasound: What Is the Best View and Best Mode? In : *Western Journal of Emergency Medicine*. avril 2017. Vol. 18, n° 3, pp. 496 501.

[34] KANDPAL, Harsh, SHARMA, Raju, GAMANGATTI, Shiva, SRIVASTAVA, Deep N. et VASHISHT, Sushma, 2008. Imaging the Inferior Vena Cava: A Road Less Traveled. In : *RadioGraphics*. mai 2008. Vol. 28, n° 3, pp. 669 689.

- [35] ZHANG, Qing, WANG, Xiaoting, SU, Longxiang, ZHANG, Hongmin, CHAI, Wenzhao, CHAO, Yangong, HE, Wei et LIU, Dawei, 2018. Relationship between inferior vena cava diameter ratio and central venous pressure. In : Journal of Clinical Ultrasound. 2018. Vol. 46, n° 7, pp. 450 454.
- [36] PLUMB, Donald C., 2011. Plumb's veterinary drug handbook. Pocket, 7th ed. Ames, Iowa : Wiley-Blackwell. ISBN 978-0-470-95965-7.
- [37] ALPERT, Bruce S., QUINN, David et GALLICK, David, 2014. Oscillometric blood pressure: a review for clinicians. In : Journal of the American Society of Hypertension. décembre 2014. Vol. 8, n° 12, pp. 930 938.
- [38] BENMIRA, A., PEREZ-MARTIN, A., SCHUSTER, I., AICHOUN, I., COUDRAY, S., BEREKSI-REGUIG, F. et DAUZAT, M., 2016. From Korotkoff and Marey to automatic non-invasive oscillometric blood pressure measurement: does easiness come with reliability? In : Expert Review of Medical Devices. février 2016. Vol. 13, n° 2, pp. 179 189.
- [39] GEDDES, L. A., VOELZ, M., COMBS, C., REINER, D. et BABBS, C. F., 1982. Characterization of the oscillometric method for measuring indirect blood pressure. In : Annals of Biomedical Engineering. novembre 1982. Vol. 10, n° 6, pp. 271 280.
- [40] THOLL, U., FORSTNER, K. et ANLAUF, M., 2004. Measuring blood pressure: pitfalls and recommendations. In : Nephrology Dialysis Transplantation. 1 avril 2004. Vol. 19, n° 4, pp. 766 770.
- [41] VAN POPELE, Nicole M., BOS, Willem Jan W., DE BEER, Nicole A. M., VAN DER KUIP, Deirdre A. M., HOFMAN, A., GROBBEE, Diederick E. et WITTEMAN, Jacqueline C. M., 2000. Arterial Stiffness as Underlying Mechanism of Disagreement Between an Oscillometric Blood Pressure Monitor and a Sphygmomanometer. In : Hypertension. octobre 2000. Vol. 36, n° 4, pp. 484 488.



Toulouse, le vendredi 15 octobre 2021

NOM : NGUYEN

PRENOM : Quang Duc

**TITRE : Evaluation échographique des diamètres de la veine cave caudale, de l'aorte abdominale et de leur rapport au cours d'une anesthésie générale chez le chat sain**

RESUME : Cette étude prospective vise à explorer l'utilisation de l'échographie en médecine vétérinaire comme moyen de surveillance instrumentale de la fonction cardiovasculaire par mesure des pressions artérielles et du diamètre de la veine cave caudale et de l'aorte abdominale en région iliaque chez le chat. Ces mesures ont été effectuées sur 21 chats mâles entiers en bonne santé présentés pour castration chirurgicale. Les mesures ont été effectuées sur cinq temps : vigil, après prémédication, après induction, en fin de chirurgie et à l'extubation. Les résultats montrent que la méthode est réalisable sur le chat vigil et anesthésié. Les mesures mettent en évidence une variation significative du rapport veine cave caudale/aorte en fin de chirurgie avec une tendance à la baisse majoritairement imputable à une diminution du diamètre de la veine cave caudale. Les pressions artérielles varient significativement au cours de l'anesthésie avec une augmentation après prémédication suivie d'une diminution progressive des valeurs. Le rapport veine cave caudale/aorte varie significativement en fonction de la pression artérielle diastolique en contexte anesthésique mais les pressions artérielles seules ne constituent pas un facteur de variation significatif de ce rapport. Ainsi, la mesure échographique des diamètres de la veine cave caudale et de l'aorte abdominale et la mesure oscillométrique de la pression artérielle est réalisable en décubitus sternal en région iliaque chez le chat vigil et anesthésié. Par ailleurs, le rapport veine cave caudale/aorte est influencé par l'anesthésie.

MOTS-CLES : Echographie, Veine cave caudale, Aorte, Volémie, Anesthésie

---

**TITLE: Ultrasound evaluation of the abdominal Inferior Vena Cava, the aorta and their ratio during general anaesthesia in healthy cats**

ABSTRACT: The aim of this study is to introduce ultrasound in veterinary medicine as a non-invasive way to monitor cardiovascular function by measuring arterial blood pressure and the diameter of the abdominal inferior vena cava and the aorta in iliac region in cats. These measures were performed on 21 healthy whole male cats which was brought for surgical castration. Measures were done at five moments: awake, after premedication, after induction, at the end of the surgery and at extubating time. Results show this protocol is doable on awake and anesthetized cats. The measures highlight a significant variation of the inferior vena cava/aorta ratio at the end of the surgery which tend to decrease mainly due to the diminution of the diameter of the inferior vena cava diameter. Arterial blood pressure significantly fluctuates during the anaesthesia with an increase after premedication followed by a gradual decrease of values. The inferior vena cava/aorta ratio fluctuates significantly according to the diastolic blood pressure during anaesthesia but arterial blood pressures alone do not constitute a significant parameter of variation of this ratio. Then, the ultrasound measure of abdominal inferior vena cava and aorta is doable on sternal decubitus in iliac region on awake and anaesthetized cats. Also, the vena cava/aorta ratio is influenced by anaesthesia.

KEYWORDS: Ultrasound, Inferior vena cava, Aorta, Volemia, Anaesthesia