



OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/> 25664

To cite this version:

Rousseau, Diane . *Établissement de l'intervalle de référence de l'index de perfusion obtenu par oxymétrie de pouls chez le chien sain, vigile et anesthésié*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2019, 46 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

ÉTABLISSEMENT DE L'INTERVALLE DE RÉFÉRENCE DE L'INDEX DE PERFUSION OBTENU PAR OXYMÉTRIE DE POULS CHEZ LE CHIEN SAIN, VIGILE ET ANESTHÉSIÉ

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

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

par

Diane ROUSSEAU

Née, le 29 Mai 1995 à LA-ROCHE-SUR-YON (85)

Directeur de thèse : Mr Giovanni MOGICATO

JURY

PRESIDENT :

Mr Christian VIRENQUE

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

Mr Giovanni MOGICATO

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Mme Géraldine JOURDAN

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRES INVITES :

Mr Gonzalo POLO-PAREDES

Assistant hospitalier en Anesthésie-Réanimation à l'ENVT

Mr Patrick VERWAERDE

Professeur de Médecine d'urgence, réanimation et soins intensifs à l'ENVA

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

Directeur par intérim : Frédéric Bousquet

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. BERTAGNOLI Stéphane, *Pathologie infectieuse*
- M. BOUSQUET-MELOU Alain, *Physiologie et Thérapeutique*
- Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme CLAUW Martine, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. CONCORDET Didier, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. DELVERDIER Maxence, *Anatomie Pathologique*
- M. ENJALBERT Francis, *Alimentation*
- Mme GAYRARD-TROY Véronique, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. PETIT Claude, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. SANS Pierre, *Productions animales*
- M. SCHELCHER François, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1^{re} CLASSE

- M. BAILLY Jean-Denis, *Hygiène et Industrie des aliments*
- M. BERTHELOT Xavier, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. BRUGERE Hubert, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme CADIERGUES Marie-Christine, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. DUCOS Alain, *Zootéchnie*
- M. FOUCRAS Gilles, *Pathologie des ruminants*
- M. GUERIN Jean-Luc, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme HAGEN-PICARD, Nicole, *Pathologie de la reproduction*
- M. JACQUIET Philippe, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. LEFEBVRE Hervé, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. MEYER Gilles, *Pathologie des ruminants*
- Mme TRUMEL Catherine, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2^e CLASSE

- Mme BOULLIER Séverine, *Immunologie générale et médicale*
- Mme DIQUELOU Armelle, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. GUERRE Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme LACROUX Caroline, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme LETRON-RAYMOND Isabelle, *Anatomie pathologique*
- M. MAILLARD Renaud, *Pathologie des Ruminants*
- M. MOGICATO Giovanni, *Anatomie, Imagerie médicale*
- M. RABOISSON Didier, *Productions animales (ruminants)*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAÎTRES DE CONFÉRENCES HORS CLASSE

Mise à jour au 01/09/2019

- M. BERGONIER Dominique, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme CAMUS Christelle, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. JAEG Jean-Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. JOUGLAR Jean-Yves, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. LYAZRHI Faouzi, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
- M. MATHON Didier, *Pathologie chirurgicale*
- Mme MEYNADIER Annabelle, *Alimentation*
- Mme PRIYMENKO Nathalie, *Alimentation*
- M. VOLMER Romain, *Microbiologie et Infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. ASIMUS Erik, *Pathologie chirurgicale*
- Mme BENNIS-BRET Lydie, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- Mme BIBBAL Delphine, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme BOUHSIRA Emilie, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- M. CONCHOU Fabrice, *Imagerie médicale*
- M. CORBIERE Fabien, *Pathologie des ruminants*
- Mme DANIELS Hélène, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
- Mme DAVID Laure, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme DEVIERS Alexandra, *Anatomie-Imagerie*
- M. DOUET Jean-Yves, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme FERRAN Aude, *Physiologie*
- Mme JOURDAN Géraldine, *Anesthésie - Analgésie*
- 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 (en disponibilité)*
- Mme PALIERNE Sophie, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme PAUL Mathilde, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
- M. VERGNE Timothée, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales réglementées*
- Mme WARET-SZKUTA Agnès, *Production et pathologie porcine*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS

- M. DIDIMO IMAZAKI Pedro, *Hygiène et Industrie des aliments*
- M. LEYNAUD Vincent, *Médecine interne*
- Mme ROBIN Marie-Claire, *Ophthalmologie*
- M. TOUITOU Florian, *Alimentation animale*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mme BLONDEL Margaux, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- M. CARTIAUX Benjamin, *Anatomie-Imagerie médicale*
- M. COMBARROS-GARCIA Daniel, *Dermatologie vétérinaire*
- M. GAIDE Nicolas, *Histologie, Anatomie Pathologique*
- M. JOUSSERAND Nicolas, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- M. LESUEUR Jérémy, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Christian VIRENQUE,

Professeur à l'université Paul Sabatier,

Praticien hospitalier, anesthésiologie,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,

Mes hommages respectueux

A Monsieur le Professeur Giovanni MOGICATO

Maître de conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Anatomie - Imagerie

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse,

Qu'il rencontre ici l'expression de mon entière reconnaissance

A Madame le Docteur Géraldine JOURDAN,

Maître de conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Anesthésie-Réanimation,

Pour avoir accepté d'être assesseur de ma thèse, pour vos conseils et votre soutien

Pour ses encouragements dans la réalisation de mes projets,

Qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude

A Monsieur le Docteur Gonzalo POLO-PAREDES,

Anesthésie-Réanimation,

Sans qui ce travail n'aurait pu voir le jour ; pour son investissement dans ce projet, son soutien, et sa disponibilité

Qu'il trouve ici mes sincères remerciements

A Monsieur le Professeur Patrick VERWAERDE,

Professeur de Médecine d'urgence, réanimation et soins intensifs à l'ENVA,

Sans qui ce travail de thèse n'aurait pas pu voir le jour

Qu'il trouve ici mes sincères remerciements

A maman et papa, pour leur soutien inconditionnel,

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ABREVIATIONS	1
LISTE DES FIGURES.....	2
LISTE DES TABLEAUX	3
LISTE DES ANNEXES	4
INTRODUCTION.....	5
PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	6
1. La pléthysmographie de l'oxymètre de pouls : considérations théoriques et pratiques.....	6
1.1. Fonctionnement d'un oxymètre de pouls.....	6
1.1.1. Le principe de l'oxymètre de pouls : l'absorption lumineuse par l'hémoglobine.....	6
1.1.2. Variation de l'absorption en fonction du cycle cardiaque	7
1.1.3. Obtention de la SpO ₂	7
1.1.4. Obtention de l'indice de perfusion périphérique.....	8
1.2. Principales interférences lors de l'utilisation d'un oxymètre de pouls	8
1.2.1. Modifications de l'absorption des ondes lumineuses.....	8
1.2.2. Modification de la transmission des ondes lumineuses.....	9
1.3. Aspects pratiques de la mesure	10
1.3.1. Différents sites de mesures.....	10
1.3.2. Amélioration de la qualité du signal pléthysmographique	11
2. La perfusion périphérique.....	12
2.1. Particularité de la perfusion périphérique	12
2.1.1. Physiopathologie et découplage macro-microcirculatoire	12
2.1.2. Régulation par le système nerveux sympathique	13
2.2. Les différents moyens d'évaluation de la perfusion périphérique	13
2.2.1. Le temps de remplissage vasculaire (TRC)	13
2.2.2. Le gradient de température centrale – périphérique (dT-cp).....	13
2.2.3. L'index de perfusion périphérique	14
3. Variations physiologiques et pathologiques de l'indice de perfusion périphérique	16
3.1. Un marqueur de morbidité et de mortalité	16
3.2. L'indice de perfusion périphérique et les paramètres hémodynamiques globaux.....	16

3.2.1.	Un marqueur précoce d'une hypotension ?	16
3.2.2.	Un marqueur précoce d'hypovolémie ?.....	17
3.3.	Un marqueur de la nociception peropératoire	17
3.4.	L'indice de perfusion lors de l'anesthésie générale	18
3.4.1.	Influence des médicaments de l'anesthésie	18
3.4.2.	Un indicateur du succès d'un bloc loco-régional	19
PROBLEMATIQUE	20	
PARTIE II : DEMARCHE EXPERIMENTALE	21	
1. Matériel et méthode	21	
1.1.	Procédure générale	21
1.2.	A propos de la population	22
1.3.	Description des techniques et méthodes utilisées dans l'étude.....	22
1.3.1.	Index de perfusion périphérique et paramètres relatifs à l'oxymétrie de pouls	22
1.3.2.	Mesure de la température centrale, périphérique et calcul du gradient de température	23
1.3.3.	Score de sédation	23
1.4.	Médicaments utilisés.....	23
1.5.	Statistiques	23
2. Résultats.....	24	
2.1.	Description de la population et du contexte clinique	24
2.1.1.	Répartition des sexes, de l'âge et du poids	24
2.1.2.	Motif de l'anesthésie générale.....	24
2.1.3.	Protocoles anesthésiques.....	25
2.2.	Evaluation de l'index de perfusion périphérique chez le chien vigile	26
2.2.1.	En fonction du site de mesure.....	26
2.2.2.	Limites de l'obtention de l'index de perfusion sur chien vigile.....	27
2.3.	Evaluation de l'index de perfusion périphérique chez le chien prémédiqué.....	29
2.3.1.	Après une prémédication « ACP ».....	29
2.3.2.	Avec une prémédication « Médétomidine ».....	30
2.3.3.	Comparaison entre les deux prémédications : « ACP » et « Médétomidine »	31
2.4.	Evaluation de l'index de perfusion périphérique chez le chien anesthésié	32
2.4.1.	Selon les sites de mesure « Babine » et « Langue ».....	32

2.4.2.	Selon le protocole de prémédications anesthésique : « ACP » et « Médétomidine »	32
2.4.3.	Ajout d'une compresse, sur le site « Langue ».....	32
2.5.	Description de la température et des gradients de température dT – B et dT – O chez le chien : de vigile à anesthésié.....	34
3.	Discussion	35
3.1.	Valeurs usuelles de l'index de perfusion.....	35
3.2.	Influence de la nature du protocole anesthésique	36
3.3.	Comparaison avec les données de la littérature	36
3.4.	Influence de l'utilisation d'une compresse	37
3.5.	Evaluation du gradient de température périphérique.....	37
3.6.	Limites de l'étude	38
CONCLUSION.....	39
BIBLIOGRAPHIE	40
ANNEXE	44

TABLE DES ABREVIATIONS

ACP : Acépromazine

ASA : American Society of Anesthesiologists

COHb : Carboxyhémoglobine

dT-cp : Gradient de température corps – extrémité

dT-B : Gradient de température corps – babine

dT-O : Gradient de température corps – oreille

FC : Fréquence cardiaque (exprimée en battement par minute)

FIO₂ : Fraction inspirée en oxygène

FR : Fréquence respiratoire (exprimée en mouvement par minute)

Hb : Hémoglobine

HbO₂ : Oxyhémoglobine

IPP : Indice de perfusion périphérique

PAD : Pression artérielle diastolique

PAM : Pression artérielle moyenne

PAS : Pression artérielle systolique

MetHb : Méthémoglobine

MODS : Syndrome de multiple dysfonction organique

SaO₂ : Saturation artérielle en dioxygène

SNA : Système nerveux autonome

SpO₂ : Saturation pulsée en dioxygène

SVmR (Skin Vasomotor Reflex) : Réflexe vasomoteur cutané

TRC : Temps de remplissage capillaire

T° : Température

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Courbe d'absorption de l'oxyhémoglobine et désoxyhémoglobine (Feissel, 2007)	6
Figure 2 : Absorption selon les composants en fonction du temps (Alexander et al., 1989)	7
Figure 3 : Courbe d'absorption des différents types d'hémoglobines (d'après Miller et al., 2010)	9
Figure 4: Signal pléthysmographique communément observé (d'après Jubran, 1999)	9
Figure 5 : Relation entre pression transmurale et volume artériel. (d'après Mair et al., 2016)	11
Figure 6 : Image de la microcirculation sublinguale (d'après Siegenthaler et al. 2010).	12
Figure 7 : Modèle d'altération du débit sanguin global et périphérique au cours d'un état de choc (Lima and Bakker 2014).....	16
Figure 8 : Déroulement des manipulations	21
Figure 9 : Acquisition du signal pléthysmographique en fonction de la pigmentation de la zone de mesure chez le chien vigile.....	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Positionnement du capteur de l'oxymètre de pouls, selon les auteurs	10
Tableau 2 : Comparaison entre les différents moyens d'évaluation de la perfusion périphérique (Michel E. Van Genderen, Van Bommel, & Lima, 2012).....	14
Tableau 3 : Comparaison du matériel et méthode et des résultats des études de Mair et al. 2016 et Teixeira et al. 2018.	15
Tableau 4: Effets circulatoires des différentes molécules utilisées lors d'une anesthésie générale (Clarke et al., 2014).....	18
Tableau 5 : Sensibilité et Spécificité de l'IPP pour prédire la réussite d'une anesthésie loco-régionale chez l'homme (Galvin et al., 2006).....	19
Tableau 6 : Score de sédation simplifié de Grint (Grint et al., 2009; Wagner et al., 2017)	23
Tableau 7 : Age et poids de la population.....	24
Tableau 8 : Interventions nécessitant l'anesthésie générale	24
Tableau 9 : Les caractéristiques des protocoles anesthésiques "ACP" et "Médétomidine"	25
Tableau 10 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO ₂ et des gradients de température en fonction du site de mesure chez le chiens vigile, obtenues sans compresse.	26
Tableau 11 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO ₂ en fonction du site de mesure, chez le chien vigile, avec l'ajout d'une compresse.....	27
Tableau 12 : Proportion d'obtention du signal pléthysmographique chez le chien vigile	27
Tableau 13 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO ₂ et des gradients de température en fonction du site de mesure chez les chiens vigiles et après prémédication, obtenus sans compresse	29
Tableau 14 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO ₂ en fonction du site de mesure, avec l'ajout d'une compresse, chez le chien après prémédication avec de l'ACP.	30
Tableau 15 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO ₂ en fonction du site de mesure, avec l'ajout d'une compresse, chez le chien après prémédication avec de la médétomidine.....	31
Tableau 16 : Evolution des valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO ₂ et des gradients de température chez les chiens, lors de la prémédication et de l'anesthésie générale, en fonction du protocole de prémédication et du site de mesure.	33

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'inclusion des animaux.....	44
---	----

INTRODUCTION

Un des objectifs de la surveillance instrumentale des paramètres hémodynamiques est la détection précoce d'une hypoperfusion tissulaire et d'une oxygénation inadéquate. Cette surveillance permet ainsi d'instaurer des mesures correctives rapides et de guider la réanimation si nécessaire. Dans la pratique, on évalue l'oxygénation des tissus en utilisant des paramètres hémodynamiques globaux, tels que la pression artérielle et la saturation pulsée de l'hémoglobine en oxygène. Cependant, l'évaluation de ces paramètres ne reflète pas le déséquilibre entre l'apport et la demande en oxygène, ou l'état de la microcirculation. De plus, lors d'état de choc ou lors d'une anesthésie générale, la vasoconstriction périphérique redirige le flux sanguin des organes périphériques (tels que la peau et les muscles squelettiques) vers les organes dits « centraux » tels que le cœur, le cerveau et les reins. Ces mécanismes de compensation peuvent néanmoins provoquer une hypoxie de ces tissus périphériques. Ainsi, la surveillance de la perfusion dans ces tissus pourrait constituer un marqueur précoce de l'hypoperfusion dans les tissus « centraux ».

Les modes d'évaluation de la perfusion périphérique les plus couramment utilisés sont le temps de remplissage capillaire, le gradient de température centrale-périphérique et le signal pléthysmographique de l'oxymètre de pouls avec l'index de perfusion périphérique. Récemment, c'est ce dernier paramètre, dérivant de la courbe pléthysmographique, qui a été suggéré pour refléter les changements de la perfusion périphérique ; il correspond au rapport entre le flux sanguin tissulaire pulsatile et non pulsatile, détecté par l'oxymètre de pouls.

En médecine vétérinaire, l'oxymètre de pouls fait partie de la surveillance standard des animaux critiques, ce qui permet de disposer facilement du signal et des paramètres pléthysmographiques. De plus, c'est un outil de mesure fiable, continu et non invasif.

Ce travail de thèse consiste donc à établir un intervalle de référence de l'index de perfusion périphérique chez le chien sain, adulte, vigile puis anesthésié. Une première partie sera consacrée à une revue bibliographique sur le fonctionnement de l'oxymètre de pouls et sur l'intérêt de l'index de perfusion périphérique dans la surveillance du patient ; la seconde partie du manuscrit présentera l'étude clinique et ses résultats.

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. La pléthysmographie de l'oxymètre de pouls : considérations théoriques et pratiques

1.1. Fonctionnement d'un oxymètre de pouls

1.1.1. Le principe de l'oxymètre de pouls : l'absorption lumineuse par l'hémoglobine

L'oxymètre de pouls est un appareil sûr, rapide et non invasif, ayant pour objectif premier d'approcher la SaO₂, définie comme le taux d'hémoglobine oxygénée dans la circulation artérielle :

$$SaO_2 (\%) = \frac{\text{Oxyhémoglobine}}{\text{Hémoglobine totale}} \times 100$$

C'est un appareil utilisant la différence d'absorption (c'est-à-dire la quantité de lumière absorbée pour une longueur d'onde donnée) entre l'oxyhémoglobine et la désoxyhémoglobine (Figure 1). Cette méthode spectrophotométrique est basée sur la loi de Beer-Lambert, qui relie la concentration d'un soluté à l'intensité de la lumière transmise à travers une solution. Cette loi n'étant pas valable pour des milieux *in vivo* non homogènes, elle a donc été modifiée de façon empirique pour décrire l'atténuation optique dans les milieux hétérogènes (Delpy, Cope, Zee, Arridge, & Wrayt, 1988). On peut alors connaître la concentration d'une substance en mesurant l'absorption d'une longueur d'onde donnée, avec un coefficient d'extinction connu, à travers une épaisseur.

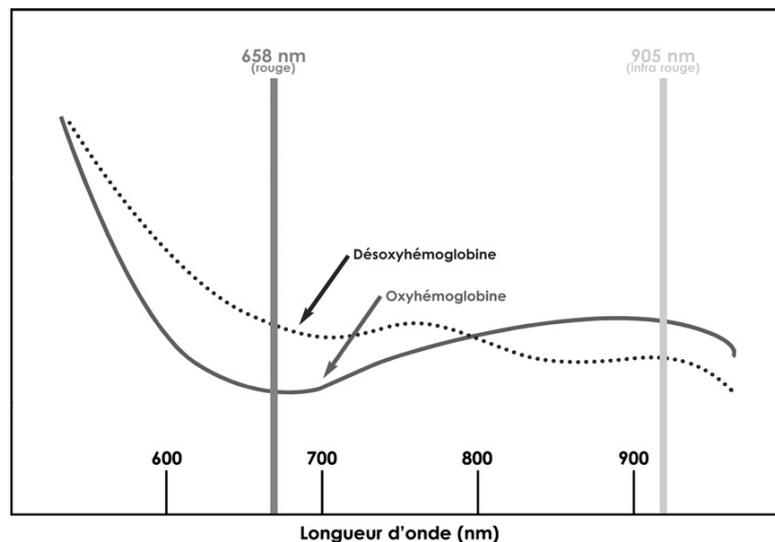


Figure 1 : Courbe d'absorption de l'oxyhémoglobine et désoxyhémoglobine (Feissel, 2007)

L'oxymètre de pouls est constitué d'un émetteur d'ondes lumineuses rouge (660 nm) et infrarouge (940 nm) et d'un photorécepteur qui reçoit le signal après que celui-ci soit passé à travers le site de mesure. Emetteur et photorécepteur sont ainsi appelés « sonde » ou « capteur ». Les ondes émises sont absorbées par tous les tissus qu'elles rencontrent : peau, muscle, os mais surtout par le sang capillaire. (Alexander, Teller, & Gross, 1989; Rolly & Versichelen, 1989)

1.1.2. Variation de l'absorption en fonction du cycle cardiaque

Au cours de chaque cycle cardiaque, l'absorption lumineuse par les composantes vasculaires varie cycliquement : pendant la diastole, l'absorption est majoritairement d'origine veineuse, alors que pendant la systole, elle est d'origine veineuse et artérielle (Figure 2). L'oxymètre détermine ensuite la différence entre l'absorption basale et maximale ; ces modifications correspondent à l'absorption provoquée par le flux de sang artériel. (Alexander et al., 1989; Feissel, 2007)

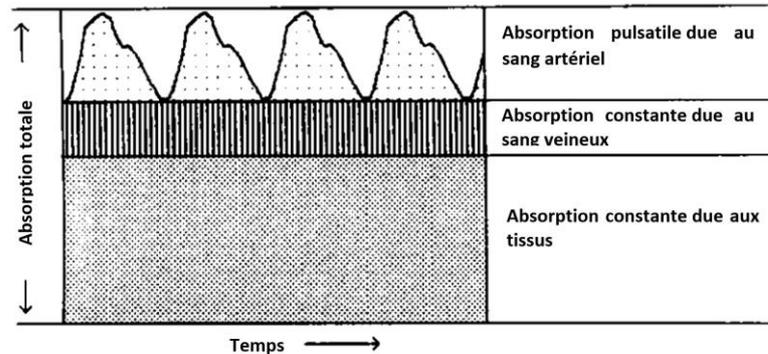


Figure 2 : Absorption selon les composants en fonction du temps (Alexander et al., 1989)

On peut donc construire une courbe « systolo-diastolique », reflétant le caractère pulsatile de l'absorption des ondes infrarouges (liée à l'HbO₂) et celui du flux sanguin au niveau du site de mesure. Initialement, les oxymètres de pouls affichent cette courbe, dite « pléthysmographique » pour permettre à l'observateur de valider la SpO₂ mesurée et d'alerter sur d'éventuels artefacts. Le signal pulsatile permet également le calcul de la fréquence cardiaque. (Feissel, 2007; Pottecher, Bouzou, & Louw, 2003)

Un certain nombre d'informations peut être tiré de cette courbe pléthysmographique : en effet, elle peut être reliée à l'état de la microcirculation au niveau du site de mesure mais également à des paramètres hémodynamiques globaux.

1.1.3. Obtention de la SpO₂

Ainsi, la saturation « pulsée » ou « pléthysmographique » en oxygène (SpO₂), approximation de la SaO₂, est calculée à partir du rapport entre l'absorption des ondes rouge (660 nm) et infrarouge (940 nm), dans la phase pulsatile (AC) et non-pulsatile (DC) du cycle :

$$Ratio = \frac{AC\ 660 / DC\ 660}{AC\ 940 / DC\ 940}$$

Il existe ensuite une correction de l'absorption de la lumière par les substances n'appartenant pas au sang artériel (Feissel, 2007; Pottecher et al., 2003). Les valeurs de ce rapport sont étalonnées à partir de références obtenues en exposant des sujets volontaires sains à une diminution de la fraction inspirée en oxygène (FIO₂). Aux valeurs de SaO₂ entre 100 et 75 %, mesurées par gazométrie artérielle, correspond un rapport intégré au moniteur créant ainsi la relation avec la SpO₂. Par extrapolation, on calcule les valeurs pour une SaO₂ inférieure à 75%. Tous les oxymètres de pouls sont pourvus de cet algorithme de calibration (Jubran, 1999). La valeur de SpO₂ affichée est une moyenne des valeurs obtenues sur trois à six secondes, corrigée toutes les secondes. (Pottecher et al., 2003)

L'oxymétrie de pouls a bien sûr été développée pour la médecine humaine mais cette technique est utilisable dans une très grande majorité d'espèces. En effet, la propriété d'absorption (et le coefficient d'extinction) de l'hémoglobine animale est suffisamment proche de celle de l'homme pour transposer son usage. (Grosenbaugh, Alben, Muir, & Tharp, 1997)

1.1.4. Obtention de l'indice de perfusion périphérique

L'indice de perfusion périphérique (IPP) est dérivé de la courbe pléthysmographique obtenue par l'oxymètre de pouls. Il est défini comme le rapport, exprimé en pourcentage, entre la composante pulsatile et non pulsatile du signal pléthysmographique. Par conséquent, en cas d'hypoperfusion périphérique, la valeur pulsatile du signal diminue, et donc l'IPP également (Lima, Beelen, & Bakker, 2002).

Dans la population humaine, les valeurs de l'IPP sont très largement distribuées ; la valeur discriminante pour détecter une perfusion périphérique anormale est donc la médiane des valeurs obtenues. Selon une étude (Lima et al., 2002) qui a mesuré l'IPP chez plus d'une centaine de patients, la médiane de l'IPP est de 1,4% [0,3 à 6,3%].

Chez le chien, peu d'études ont été publiées. Aucune étude n'a encore établi les valeurs de référence de l'IPP dans une population de chiens sains vigiles ou anesthésiés.

1.2. Principales interférences lors de l'utilisation d'un oxymètre de pouls

La validité de la courbe pléthysmographique, et par conséquent les valeurs données par l'oxymètre de pouls, dépendent d'interférences diverses.

1.2.1. Modifications de l'absorption des ondes lumineuses

Les interférences intrinsèques sont liées à des modifications d'absorption des ondes lumineuses. Ces types d'interférences n'influent que sur les données calculées par l'oxymètre de pouls, et non sur la qualité ou la pulsativité du signal pléthysmographique émis. On retrouve trois grands mécanismes qui perturbent l'absorption des ondes lumineuses émises par l'oxymètre de pouls.

Premièrement, en présence d'hémoglobine anormale (carboxyhémoglobine, méthémoglobine, etc.), les ondes lumineuses rouge et infrarouge sont absorbées différemment par celle-ci. Néanmoins, certains oxymètres de pouls sont à présent capables d'estimer la concentration de COHb et de MetHB, avec l'émission de plusieurs longueurs d'ondes. On peut ainsi estimer au mieux la vraie valeur de la SpO₂ (Jubran, 2015).

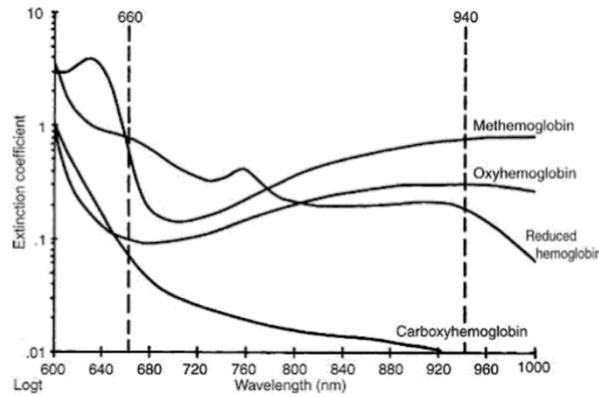


Figure 3 : Courbe d'absorption des différents types d'hémoglobines (d'après Miller et al., 2010)

La modification de l'absorption des ondes lumineuses par le taux de mélanine a également été décrite chez l'homme. Les données actuelles établissent seulement que la pigmentation de la peau introduit un biais positif sur la SpO₂, seulement à faible SaO₂ (< 80%). (Feiner & Severinghaus, 2007; Jubran, 1999). Aucune étude ne semble toutefois s'être vraiment penchée sur le problème de la pigmentation de la peau chez l'animal ou sur son influence sur l'index de perfusion périphérique.

La lumière ambiante puissante est parfois une source d'erreur de lecture, notamment chez le chien, où l'on utilise des capteurs multisites, en forme de pince, dont le récepteur n'est pas protégé contrairement à certains oxymètres utilisés en médecine humaine. Les valeurs de SpO₂ observées seront alors sous-estimées. Plusieurs auteurs suggèrent de couvrir la sonde d'oxymètre de pouls pour éviter les interférences avec la lumière ambiante. (Huss et al. 1995 ; Matthews, Hartke, & Allen, 2003)

1.2.2. Modification de la transmission des ondes lumineuses

Les interférences extrinsèques (Figure 4) sont celles qui altèrent la transmission des ondes lumineuses. Tous les mouvements spontanés du patient vont altérer la courbe de pléthysmographie. De même, si la sonde n'est pas bien au contact du site de mesure, cela peut fausser les mesures (Feissel, 2007).

Une forme d'onde nette, dit « dicrote », c'est-à-dire avec une encoche, indique une bonne perfusion. Ce phénomène dicrotique est usuellement observé sur la courbe de pression artérielle et a été associé à la fermeture de la valvule aortique. En cas de faible perfusion périphérique, la courbe de pléthysmographie est écrasée, avec un tracé sinusoïdal. Par conséquent la SpO₂, valeur calculée, peut être inexacte (Bendjelid, 2008).

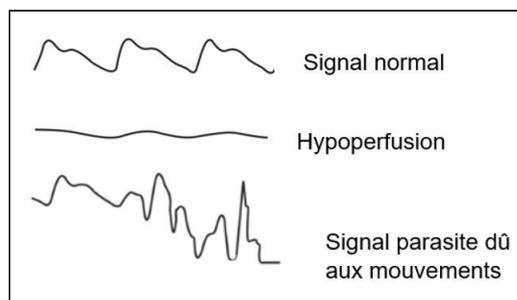


Figure 4: Signal pléthysmographique communément observé (d'après Jubran, 1999)

1.3. Aspects pratiques de la mesure

1.3.1. Différents sites de mesures

Les sites de fixations sont très nombreux et ont d'abord été définis chez l'homme ; le bout du doigt ou le lobe de l'oreille sont les plus couramment utilisés. Le capteur doit être placé en regard d'un lit vasculaire pulsatile, avec un contact adéquat, pour avoir un signal interprétable par l'oxymètre de pouls (Ortega, Hansen, Elterman, & Woo, 2011). Les modifications de la circulation périphérique et systémique ne se répercutent pas nécessairement de la même manière sur tous les sites de mesure en raison des mécanismes d'auto-régulation locaux. Il a d'ailleurs été montré chez l'homme que la paroi des vaisseaux sanguins de doigts sont plus sensibles à la stimulation du système nerveux sympathique, du fait d'un plus grand nombre d'adréno-récepteurs, que d'autres parties du corps, telles que le lobe de l'oreille. Ainsi, le placement du capteur d'oxymètre de pouls n'est pas si anodin (Awad et al., 2001).

Plusieurs auteurs se sont intéressés aux différents positionnements du capteur d'un oxymètre de pouls chez le chien :

Localisation	Avantage	Inconvénient	Auteurs
Langue	Fiabilité : site de choix en anesthésie	Non toléré chez un animal vigile	Huss et al., 1995 Matthews et al., 2003 Mair et al., 2016 Arulpagasam et al., 2018 Cugmas et al., 2019
Oreille	Bien supporté par un animal vigile	Interférence : pigmentation, pilosité importante	Huss et al., 1995 Matthews et al., 2003
Babine	Peu d'interférence	Parfois peu toléré chez un animal vigile	Huss et al., 1995 Matthews et al., 2003 Arulpagasam et al., 2018 Cugmas et al., 2019
Prépuce ou vulve	Peu d'interférence	Difficulté de pose du capteur Parfois peu toléré chez un animal vigile	Arulpagasam et al., 2018 Cugmas et al., 2019
Plis axillaires Espace interdigité Tendon d'Achille Métatarse		Peu décrit	Huss et al., 1995 Cugmas et al., 2019

Tableau 1 : Positionnement du capteur de l'oxymètre de pouls, selon les auteurs

Ainsi, on remarque que le facteur limitant principal est la tolérance de l'animal au site de fixation du capteur. Bien que l'emplacement de choix soit la langue pour évaluer aussi bien la SpO₂ que l'IPP, cette localisation n'est possible que sur un animal non vigile. Il est donc nécessaire de trouver des alternatives quant à l'emplacement du capteur, afin que celui-ci ait un bon contact avec la peau, tout en limitant les signaux parasites (dus notamment à la pigmentation cutanée ou aux poils). Chez le chien, aucune étude n'a établi un site de mesure privilégié autre que la langue.

1.3.2. Amélioration de la qualité du signal pléthysmographique

Une étude (Mair et al., 2016) s'est intéressée à des méthodes pour améliorer la qualité du signal pléthysmographique chez le chien. Le capteur de l'oxymètre de pouls est placé sur la langue de chiens anesthésiés et une compresse est intercalée entre la sonde et le site de mesure.

Les résultats de cette étude montrent que le signal pléthysmographique est de meilleure qualité, mais également que les valeurs de SpO2 et d'IPP sont significativement supérieures par rapport au groupe témoin.

Les auteurs proposent que l'augmentation de la pression externe soit à l'origine de valeurs significativement plus élevées avec l'ajout d'une compresse. En effet, la pression exercée par le tissu entraînerait une diminution de la pression transmurale du vaisseau artériel, c'est-à-dire la différence entre les pressions intraluminales et interstitielles. Il existe une relation non linéaire entre la pression transmurale et le volume artériel (Figure 5) : pour un différentiel de pression transmurale égal (induit par le différentiel systolo-diastolique), la variation du volume sanguin dépend de la pression transmurale initiale.

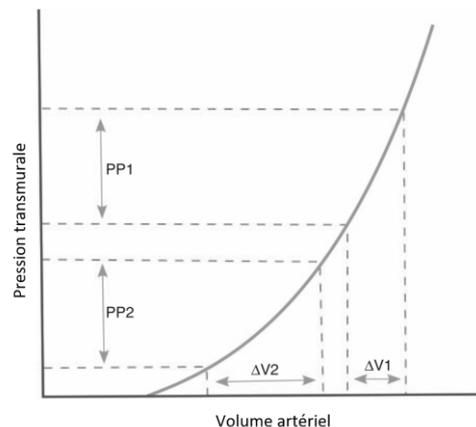


Figure 5 : Relation entre pression transmurale et volume artériel. (d'après Mair et al., 2016)
Pour un même différentiel de pression transmurale, la variation de volume dépend de la pression transmurale initiale

Lorsqu'on intercale une épaisseur donnée de compresse, la composante pulsatile du signal pléthysmographique va donc être plus importante du fait d'une compliance vasculaire augmentée. C'est pourquoi on peut obtenir un tracé pléthysmographique de meilleure qualité et obtenir des valeurs (SpO2 et IPP) significativement supérieures.

D'autres études corroborent cette hypothèse : Nitzan et al. (2005) ont montré qu'une augmentation de la compliance artérielle était observée lorsqu'une pression externe était appliquée sur les tissus via un brassard de pression. De même, l'étude de Martinez-Taboada et al. (2016) a prouvé qu'on obtenait des valeurs d'IPP supérieures chez le chien, lorsqu'on exerçait une pression à l'aide d'un manomètre sur le capteur de l'oxymètre de pouls.

Bien que les auteurs émettent l'hypothèse que l'utilisation d'une compresse augmente la pression de contact, d'autres facteurs tels que la modification de la diffusion de la lumière ne peuvent être exclus.

2. La perfusion périphérique

2.1. Particularité de la perfusion périphérique

2.1.1. Physiopathologie et découplage macro-microcirculatoire

Un des objectifs de la surveillance des paramètres hémodynamiques est la détection précoce d'une hypoperfusion tissulaire et d'une oxygénation inadéquate ; ceci permet ainsi d'instaurer des mesures correctives rapides et de guider la réanimation si nécessaire. En pratique, on évalue l'oxygénation des tissus en utilisant des paramètres hémodynamiques globaux, tels que la pression artérielle et les variables dérivées de l'oxygène. Cependant, l'évaluation de ces paramètres ne reflète pas l'augmentation de la lactatémie, le déséquilibre entre l'apport et la demande en oxygène, ou l'état de la microcirculation.

La microcirculation est l'ensemble des vaisseaux d'un diamètre de 5 à 200 μm , dont la principale fonction, essentielle, est l'apport d'oxygène aux tissus. La perfusion tissulaire est donc définie par l'équilibre entre les composantes macrocirculatoire (telles que le débit cardiaque ou la pression artérielle) et microcirculatoire (telle que la densité capillaire ou la résistance périphérique). Lorsque les composantes macrocirculatoire et microcirculatoire se comportent de manière dissociée, par exemple lors d'un état de choc, la circulation capillaire n'est plus maintenue (D. N. Siegenthaler et al., 2008; N. Siegenthaler, Giraud, Piriou, Romand, & Bendjelid, 2010). Lors d'état de choc ou lors d'une anesthésie générale, la vasoconstriction périphérique redirige ainsi le flux sanguin des organes périphériques (tels que la peau, les muscles squelettiques) vers les organes dits « centraux » tels que le cœur, le cerveau et les reins. Ces mécanismes de compensation peuvent néanmoins provoquer une hypoxie de ces tissus. La plupart des rapports publiés corroborent l'hypothèse selon laquelle la circulation périphérique est la première à se détériorer et la dernière à être restaurée. Ainsi, la surveillance de la perfusion dans ces tissus périphériques pourrait constituer un marqueur précoce de l'hypoperfusion dans les tissus « centraux » (De Backer, Creteur, Preiser, Dubois, & Vincent, 2002).

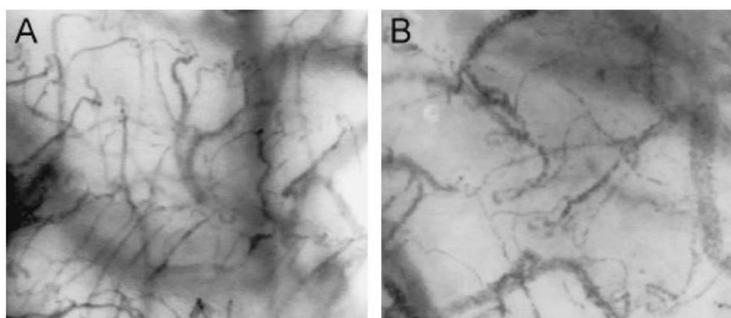


Figure 6 : Image de la microcirculation sublinguale (d'après Siegenthaler et al. 2010).
A. Circulation capillaire normale B. Circulation capillaire pathologique, caractérisé après une diminution de la densité capillaire chez un patient en état de choc.

2.1.2. Régulation par le système nerveux sympathique

Bien que les organes soient fonctionnellement et métaboliquement différents, ils sont remarquablement similaires au niveau circulatoire : le flux sanguin est influencé par les mécanismes vasomoteurs sympathiques. Cependant, les circulations coronaires, cérébrales et rénales présentent un degré élevé d'autorégulation et un faible contrôle sympathique. Au contraire, les circulations des muscles squelettiques, gastro-intestinaux et cutanées présentent un contrôle sympathique prédominant avec un faible degré d'autorégulation (Lima & Bakker, 2014).

Les modifications de la circulation périphérique et systémique ne se répercutent donc pas de la même manière en raison des mécanismes d'auto-régulation locaux. Il a d'ailleurs été montré chez l'homme qu'il existe également des différences parmi les sites périphériques. En effet, la paroi des vaisseaux sanguins des doigts est plus sensible à la stimulation du système nerveux sympathique (SNA), du fait d'un plus grand nombre d'adréno-récepteurs, que d'autres parties du corps, telles que le lobe de l'oreille (Awad et al., 2001).

2.2. Les différents moyens d'évaluation de la perfusion périphérique

Les modes d'évaluation de la perfusion périphérique les plus couramment utilisés sont le temps de remplissage capillaire (TRC), le gradient de température centrale – périphérique (dT-cp) et le signal pléthysmographique de l'oxymètre de pouls avec l'index de perfusion périphérique. Récemment, c'est cet index qui a été suggéré pour refléter les changements de la perfusion périphérique.

Chez le chien, peu d'études ont été menées : ni les valeurs de référence, ni la relation entre l'IPP et les deux variables associées, le TRC et le dT-cp, n'ont été encore étudiées.

2.2.1. Le temps de remplissage vasculaire (TRC)

Le TRC est défini comme le temps nécessaire pour que la couleur d'un lit capillaire revienne à la normale, après avoir appliqué une simple pression. Le TRC doit être égal à deux secondes et permet d'apprécier la perfusion périphérique, conjointement avec la qualité du pouls et la couleur des muqueuses. Chez le chien, on l'évalue en général au niveau de la gencive ou de la babine.

Un TRC allongé suggère une diminution de la perfusion périphérique en raison d'une vasoconstriction périphérique. Au contraire, un TRC de moins d'une seconde est associé à un état hyperdynamique et à une vasodilatation (Silverstein & Hopper, 2015).

Cependant, il est convenu que de nombreux facteurs externes affectent le TRC : la température, la durée de la pression appliquée, le site d'évaluation. (Dubin, Henriquez, & Hernández, 2018).

2.2.2. Le gradient de température centrale – périphérique (dT-cp)

En présence d'une température ambiante constante, une variation de la température cutanée est le résultat d'une modification du débit sanguin. La vasoconstriction périphérique est généralement associée aux extrémités froides, on l'évalue par la palpation des extrémités.

Le dT-cp est plus à même de refléter les variations de la perfusion périphérique chez un individu, que la température cutanée elle-même. Un flux sanguin augmenté provoque le passage de la chaleur « centrale » vers la peau, tandis qu'une réduction de celui-ci diminue la conduction thermique. Au cours de la vasoconstriction, la température de la peau baisse et la conduction thermique du cœur

diminue, ce qui entraîne une augmentation de la température centrale et par conséquent une augmentation du dT-cp.

Chez l'homme, le site de choix pour mesurer la température périphérique est le doigt ou le gros orteil. Un gradient de 3 à 7 °C est observé chez les patients présentant une hémodynamique stable. Les limites principales de l'utilisation de ce gradient sont : l'hypothermie, la température ambiante froide (< 20 ° C) et le choc septique (Lima & Bakker, 2005).

2.2.3. L'index de perfusion périphérique

L'indice de perfusion périphérique (IPP), dérivé de la courbe pléthysmographique, est défini comme le rapport, exprimé en pourcentage, entre la composante pulsatile et non pulsatile du signal pléthysmographique. Par conséquent, en cas d'hypoperfusion périphérique, la valeur pulsatile du signal diminue, et donc l'IPP également.

Des études (Lima & Bakker, 2005; Lima et al., 2002) ont rapporté une bonne corrélation entre le dT-cp et l'IPP chez des patients anesthésiés.

	TRC	dT-cp	IPP
Obtention	Examen clinique	Sonde de température	Oxymètre de pouls
Valeur usuelle	< 2sec.	< 7°C	> 1,4%
Avantage	Rapide et facile d'utilisation	Méthode validée	Reflète les variations en temps réel
Limites	Parfois d'interprétation difficile	Nécessite du matériel spécifique Ne reflète pas les variations en temps réel	Inaccessible lorsque le patient bouge
Dans le domaine vétérinaire	Effectué en routine	Sonde de température spécifique à l'humaine	Peu accessible sur animal vigile

Tableau 2 : Comparaison entre les différents moyens d'évaluation de la perfusion périphérique (Michel E. Van Genderen, Van Bommel, & Lima, 2012)

Chez le chien, très peu d'études ont été publiées concernant l'index de perfusion périphérique. Aucune étude n'a encore établi des valeurs de l'IPP dans une population avec un effectif important de chiens sains, vigiles ou anesthésiés. Seulement deux études (Mair, Martinez-Taboada, & Nitzan, 2016; Teixeira et al., 2018) se sont intéressées aux valeurs de l'IPP, mais uniquement sur des chiens anesthésiés et avec le capteur positionné sur la langue (Tableau 3).

	Mair et al. 2016	Teixeira et al. 2018
Population	17 chiens	22 chiens
Interventions	Multiples	Ovariectomies
Protocole anesthésique	Non standardisé	Standardisé
Mesure	1 mesure après induction	3 mesures après induction
Valeurs de l'IPP obtenues après induction (Médiane (min – max))	0,55 (0,14 – 1,90)	1,8 (0,50 – 5,40)

Tableau 3 : Comparaison du matériel et méthode et des résultats des études de Mair et al. 2016 et Teixeira et al. 2018.

3. Variations physiologiques et pathologiques de l'indice de perfusion périphérique

3.1. Un marqueur de morbidité et de mortalité

Après l'initiation d'un traitement et la normalisation des paramètres hémodynamiques systémiques, la relation entre la macrocirculation et la circulation périphérique devient moins évidente et complexe (Figure 7).

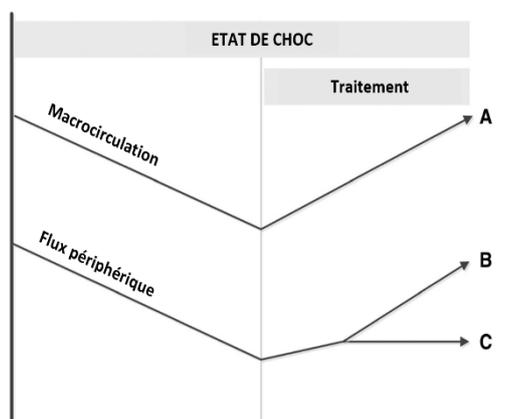


Figure 7 : Modèle d'altération du débit sanguin global et périphérique au cours d'un état de choc (Lima and Bakker 2014). Après le traitement initial, la macrocirculation est généralement restaurée (A). La perfusion périphérique a tendance à se normaliser chez les patients survivants (B) et reste altérée chez les non-survivants (C).

Différentes études ont montré que la persistance d'une perfusion périphérique anormale après restauration de l'hémodynamique globale était liée à une incidence plus élevée d'hyperlactatémie, d'un syndrome de multiple dysfonctions organiques (MODS) ainsi qu'à une mortalité plus importante chez les patients critiques (Brunauer et al., 2016; He, Liu, Long, & Wang, 2013; Lima, Jansen, Van Bommel, Ince, & Bakker, 2009). De plus, en post-opératoire immédiat, une pauvre perfusion périphérique est corrélée à un risque plus important de complications post-opératoires sévères (M E Van Genderen et al., 2014).

Ainsi, la surveillance de la perfusion périphérique, au contraire des paramètres hémodynamiques globaux, permet de détecter plus précocement les complications et de mieux cibler les objectifs thérapeutiques.

3.2. L'indice de perfusion périphérique et les paramètres hémodynamiques globaux

3.2.1. Un marqueur précoce d'une hypotension ?

La stabilité hémodynamique est un problème majeur dans la gestion des patients lors d'une anesthésie générale : par exemple, on observe souvent des phases d'hypotension, définies comme une pression artérielle moyenne (PAM) inférieure à 60 mmHg (Ruffato, Novello, & Clark, 2014). La PAM est le reflet du débit cardiaque et de la résistance vasculaire périphérique.

Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'IPP comme marqueur d'une hypotension, puisqu'on sait qu'il existe des similitudes dans la forme du tracé et dans la variation des ondes pléthysmographique et de pression artérielle invasive (Partridge, 1987). Cependant, en raison de la complexité des phénomènes influençant le signal pléthysmographique, il est difficile de mettre en évidence une

quelconque corrélation avec les paramètres hémodynamiques globaux et de comprendre le comportement de l'IPP. Toutefois, selon une étude récente chez l'homme (Coutrot et al., 2019), une augmentation d'au moins 50% de l'IPP pendant l'anesthésie générale serait le signe d'une hypotension.

Plus récemment, plus que l'IPP en lui-même, c'est la variation de celui-ci au cours d'un cycle respiratoire qui est étudiée. En effet, chez les patients sous ventilation mécanique, la variation de l'IPP reflète les changements de certains facteurs physiologiques, tels que le tonus vasculaire, le volume sanguin et les variations de la pression intrathoracique. Ce nouveau paramètre permet de guider le remplissage vasculaire et de prédire son efficacité.

3.2.2. Un marqueur précoce d'hypovolémie ?

Lors d'un état de choc, plusieurs mécanismes de compensation se mettent en place, comme l'augmentation de la fréquence cardiaque ou de la pression artérielle. C'est pourquoi les paramètres hémodynamiques globaux sont des marqueurs tardifs pour diagnostiquer une hypovolémie. Par exemple, l'hypotension ne peut se mettre en place qu'une fois 30% du volume circulant perdu.

Ainsi, plusieurs études (McGrath, Ryan, Wendelken, Rickards, & Convertino, 2011; Michel E. Van Genderen et al., 2013) ont déterminé que l'IPP était un marqueur bien plus précoce que la fréquence cardiaque ou la pression artérielle pour diagnostiquer une hypovolémie chez l'homme.

3.3. Un marqueur de la nociception peropératoire

En cas de phénomènes nociceptifs, la stimulation du système nerveux sympathique (SNA) peut entraîner une tachycardie et une hypertension ; ces signes sont traditionnellement associés à une analgésie inadéquate ou à une narcose insuffisante pendant une intervention chirurgicale. On sait également qu'il existe un réflexe vasomoteur cutané (SVmR), contrôlé par le SNA, induisant une vasoconstriction en réponse à des stimuli nociceptifs. Une étude (Shimoda, Ikuta, Masaaki, & Uneda, 1998) a démontré une corrélation significative entre l'intensité du phénomène douloureux et l'intensité du SVmR. Plus ce stimulus est long, plus la réponse du SVmR est forte. Il existe aussi une relation inversement proportionnelle entre la profondeur de la narcose et l'intensité de la réponse du SVmR.

Puisque la courbe pléthysmographique reflète les variations de volume au sein des vaisseaux sanguins, l'indice de perfusion périphérique peut être relié aux stimuli nociceptifs. Les données actuelles (Korhonen & Yli-Hankala, 2009; Shelley, 2007) suggèrent donc que la variation d'amplitude de la courbe pléthysmographique pourrait être le marqueur le plus sensible pour mettre en évidence une stimulation du système sympathique, notamment provoquée par un défaut d'analgésie pendant une intervention chirurgicale.

Une étude (Takeyama et al., 2011) a de plus montré chez l'homme que l'IPP diminue de manière significative juste après l'incision cutanée lors d'une laparotomie. Une corrélation négative a donc été trouvée entre l'IPP et un stimulus nociceptif : il varie de 5,3% [4,0 – 6,2%] avant l'incision à 3,6% [1,8 – 4,7%] juste après, soit une variation de 60%. Høiseth et al. (2015) ont également observé que la douleur diminuait l'IPP chez des patients vigiles.

Néanmoins, aucune relation entre les stimuli nociceptifs et les catécholamines ou d'autres marqueurs de stress, tels que les concentrations sériques de cortisol ou de glucose, n'ont pu être établies (Teixeira et al., 2018).

3.4. L'indice de perfusion lors de l'anesthésie générale

3.4.1. Influence des médicaments de l'anesthésie

Lors d'une anesthésie générale le débit sanguin périphérique diminue et est souvent accompagné d'une baisse de la température périphérique et d'une diminution de l'amplitude de la courbe pléthysmographique. En effet, l'hypothermie provoque une vasoconstriction et donc une circulation périphérique restreinte (Clarke, Trim, & Hall, 2014).

De plus, les médicaments utilisés durant l'anesthésie modifient de manière significative la résistance vasculaire périphérique ou le débit cardiaque (Tableau 4). Bien que ces mécanismes soient bien compris de manière isolée, leurs effets cumulatifs ou synergiques sont mal compris. Cette complexité et la sensibilité de la courbe pléthysmographique rendent l'utilisation de l'IPP difficile (Korhonen & Yli-Hankala, 2009).

Principe actif	Effet circulatoire	Conséquences connues sur l'IPP
α2-agoniste (Médétomidine, Dexmédétomidine, ...)	Vasoconstricteur périphérique	Diminution (50%) de l'IPP (Mair et al., 2016)
Phénothiazine (Acépromazine)	Vasodilatateur	-
Benzodiazépine (Midazolam)	-	-
Agent halogéné (Isoflurane)	Vasodilatateur Inotrope négatif	-
Opiïdes (Morphine, Méthadone)	Vasodilatateur	-
Alkylphénol (Propofol)	Vasodilatateur Inotrope négatif	Non constaté (Mehandel & Rajasekhar, 2017)
Vasopresseur (Noradrénaline)	Vasoconstricteur	Diminution (30%) de l'IPP (Coutrot et al., 2019)

Tableau 4: Effets circulatoires des différentes molécules utilisées lors d'une anesthésie générale (Clarke et al., 2014)

3.4.2. Un indicateur du succès d'un bloc loco-régional

L'anesthésie loco-régionale est souvent incluse dans les protocoles anesthésiques pour compléter ou remplacer l'administration systémique d'analgésiques pour la gestion de la nociception peropératoire. En effet, plus efficace que la simple anesthésie locale, elle anesthésie un nerf ou un territoire donné, souvent plus large que la zone chirurgicale concernée. La réussite du bloc loco-régional avant l'intervention chirurgicale est nécessaire, mais souvent délicate à bien évaluer. Il est donc intéressant d'avoir des outils fiables et abordables pour s'assurer de la bonne mise en œuvre d'un protocole analgésique loco-régional.

Les anesthésiques locaux (famille des amino-amides) induisent une vasodilatation entraînant une augmentation du flux sanguin vers la région anesthésiée, suite à l'inhibition des fibres nerveuses sympathiques (Shimoda, Ikuta, & Terasaki, 1998).

Il a été démontré par plusieurs études une augmentation de l'IPP mesuré à l'extrémité du membre anesthésié. Chez l'homme (Galvin et al., 2006), une augmentation d'un facteur 1,5 est le signe d'une anesthésie loco-régionale (axillaire ou fémoro-sciatique) réussite. Le délai de variation de l'IPP est d'une dizaine de minutes ; celui-ci reste élevé pendant au moins trente minutes.

	Bloc axillaire	Bloc Fémoro-sciatique
Sensibilité	100 %	90 %
Spécificité	100 %	100 %

Tableau 5 : Sensibilité et Spécificité de l'IPP pour prédire la réussite d'une anesthésie loco-régionale chez l'homme (Galvin et al., 2006)

Chez le chien (Gatson, Garcia-pereira, James, Carrera-justiz, & Lewis, 2016), la variation de l'IPP suite à un bloc fémoro-sciatique a également été étudié : l'IPP, mesuré au niveau d'un espace interdigité, augmente significativement sur le membre anesthésié par rapport au membre controlatéral. L'effet est cependant transitoire : la variation de l'IPP ne dure qu'entre dix et vingt minutes après le bloc.

PROBLEMATIQUE

L'index de perfusion périphérique est encore très peu étudié chez le chien et n'est pas encore utilisé en routine en médecine vétérinaire. Pourtant, l'oxymètre de pouls est considéré comme un outil de surveillance classique d'un animal critique ou anesthésié. Chez l'homme, l'IPP a déjà démontré plusieurs utilités, hormis celle d'approcher l'état de la perfusion périphérique : facteur pronostic chez le patient critique, marqueur d'hypotension ou de nociception peropératoire, etc. Bien que les mécanismes de variations de l'IPP soient bien compris de manière isolée, leurs effets cumulatifs sont encore mal compris.

Notre étude expérimentale a pour objectif principal de déterminer les valeurs de référence de l'index de perfusion périphérique chez le chien sain, vigile et anesthésié. La variabilité de cet indice sera également étudiée en fonction du site de mesure : chez le chien vigile, il est nécessaire de trouver une alternative, car il n'est pas possible de positionner le capteur de l'oxymètre de pouls sur la langue, site de mesure par excellence. Il s'agira aussi de décrire le comportement de l'IPP au cours d'une anesthésie générale lors d'une opération chez le chien ASA inférieur ou égal à II.

PARTIE II : DEMARCHE EXPERIMENTALE

1. Matériel et méthode

1.1. Procédure générale

Il s'agit d'une étude prospective réalisée chez des chiens sains, c'est-à-dire dont l'état de santé est associé à un statut ASA inférieur ou égal à II, ne présentant pas de dysfonction organique sévère à répercussion systémique.

L'étude a pour but d'établir des valeurs usuelles de l'index de perfusion périphérique (IPP) sur plusieurs sites anatomiques et dans trois situations successives : lorsque l'animal est vigile, prémédiqué et anesthésié. La procédure générale ainsi que l'ensemble des paramètres étudiés sont décrits selon la Figure 8.

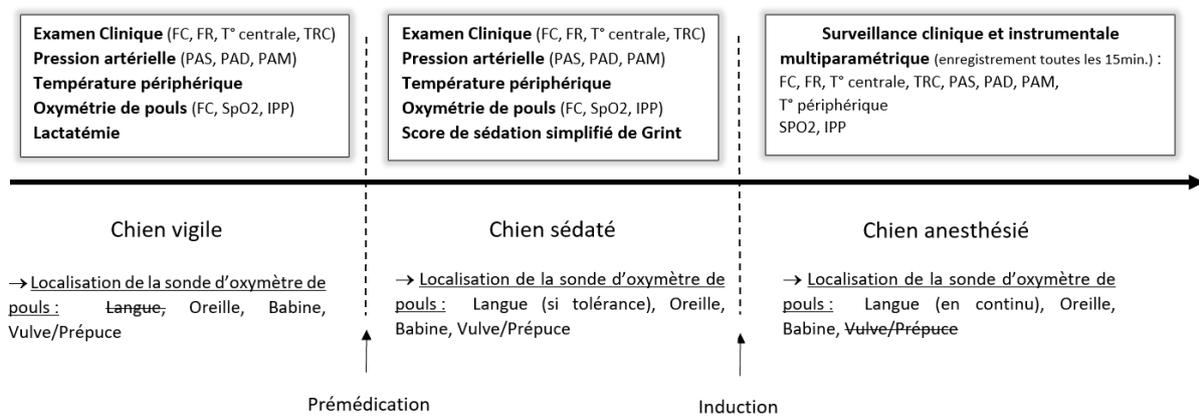


Figure 8 : Déroulement des manipulations

L'examen clinique pré-anesthésique inclut l'évaluation de la fréquence cardiaque, de la fréquence respiratoire, et de la température rectale. Une attention particulière est apportée à la mesure du TRC gingival : il est évalué par 3 mesures successives standardisées. En effet, celui-ci est apprécié après une pression modérée sur la gencive, au-dessus de la canine supérieure, pendant 3 secondes, puis par enregistrement du temps nécessaire pour obtenir la recoloration de la muqueuse.

Le choix des médicaments utilisé pour la prémédication et l'induction de l'anesthésie est laissé à la discrétion du clinicien. La narcose est ensuite maintenue avec de l'isoflurane, délivré dans 100% d'oxygène, via une station d'anesthésie gazeuse. Après l'induction et l'intubation endotrachéale de l'animal (noté T0), la surveillance instrumentale, est mise en place, dont l'oxymètre de pouls. Les données cliniques et instrumentales sont enregistrées toutes les quinze minutes (T15, T30, etc.) à partir de l'intubation.

1.2. A propos de la population

Les animaux inclus dans l'étude sont des chiens sains présentés aux consultations du Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie, de Sport et de Loisir (CHUVAC) de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse en vue de la réalisation d'un acte médical ou chirurgical sous anesthésie générale. Ces animaux sont suivis vigiles, prémédiqués puis anesthésiés. La période d'inclusion s'étend de mars à juin 2019.

Une attention particulière est apportée à la robe de l'animal et plus précisément à la coloration brune ou noire des babines ou des oreilles. On distinguera deux types de chiens : ceux dont les babines et/ou les oreilles sont pigmentées ; et ceux dont ce n'est pas le cas.

Les chiens ayant un syndrome brachycéphale sévère sont exclus *a priori* de cette étude.

Certaines données ont été exclus *a posteriori* en raison de complications pendant l'intervention ayant nécessitées la mise en place de mesures spécifiques, et pouvant modifier la valeur de l'IPP :

- Un animal hypotendu ayant nécessité deux bolus d'Ephédrine à partir de T0 + 120mn
- Un animal ayant nécessité la mise en place d'une ventilation mécanique à partir de T0 + 75mn
- Un animal ayant reçu de la Médétomidine à partir de T0 + 90mn

1.3. Description des techniques et méthodes utilisées dans l'étude

1.3.1. Index de perfusion périphérique et paramètres relatifs à l'oxymétrie de pouls

L'oxymètre de pouls utilisé est celui du moniteur Mindray iPM 10® (*Mindray Bio Medical Electronics Corp., Etat Unis*). Les mesures seront effectuées sur différents sites anatomiques de manière successive. De plus, pour chaque emplacement, on procède de deux manières : la sonde est placée directement au contact du site de mesure, puis on intercale une compresse non pliée (compresses non tissées 5cm x 5cm, 8 plis, *Raffin*®, *Raffin Medical, France*).

Une fois la sonde de l'oxymètre de pouls est placée sur le site de mesure, la lecture se fait au minimum 10 secondes et au maximum 60 secondes après la mise en place du capteur. Les mesures ne sont effectuées, que si la fréquence cardiaque indiquée par le moniteur correspond à la fréquence du pouls évalué cliniquement à l'artère fémorale, et si l'onde pléthysmographique est ample et régulière. Pour chaque site, on enregistre la fréquence cardiaque, la SpO2 et l'index de perfusion périphérique (3 mesures successives).

Lorsque l'animal est vigile ou prémédiqué, la sonde est placée successivement sur l'oreille droite, l'oreille gauche, la babine et la vulve ou le prépuce. Si l'animal la tolère, une fois prémédiqué, la sonde sera également placée sur le centre de la langue.

Lors de l'anesthésie générale, la sonde d'oxymètre de pouls sera placée en continu, sur le centre de la langue. Le capteur sera remis en place toutes les 5 minutes afin de limiter l'écrasement du lit vasculaire. Toutes les quinze minutes, on repositionne le capteur pour mesurer l'index de perfusion au niveau de la langue, de la babine et d'une oreille, avec et sans compresse.

1.3.2. Mesure de la température centrale, périphérique et calcul du gradient de température

La température centrale est mesurée chez le chien vigile et prémédiqué à l'aide d'un thermomètre rectal. Lors de l'anesthésie générale, elle est mesurée à l'aide de la sonde de température œsophagienne du moniteur Mindray iPM 10® (Mindray Bio Medical Electronics Corp., Etat Unis).

La mesure de la température périphérique est faite avec une caméra thermique Fluke FLK-TiR1® (Fluke, Etat Unis), juste avant de mettre en place la sonde de l'oxymètre de pouls. Plusieurs sites sont concernés : babine et oreilles. Le différentiel de température entre le corps et la babine / l'oreille (respectivement, dT-B et dT-O) est calculé par la suite.

La gamme de mesure de la température s'étend de -20 °C à 150 °C et la précision de la caméra thermique est de 2%.

1.3.3. Score de sédation

Le score de sédation utilisé est celui simplifié de Grint (Grint, Burford, & Dugdale, 2009; Wagner, Hecker, & Pang, 2017). Il est réalisé 5 à 10 minutes après la prémédication de l'animal, et lorsque le score est jugé stable. Le score de sédation est évalué entre 0 et 10 : c'est la somme algébrique des différents éléments, regroupés dans le Tableau 6.

Attitude générale	Excitable (0) / Normale (1)
Posture	Debout (0) / Fatigué (1) / Couché pouvant se lever (2) Couché pouvant se lever difficilement (3) Incapable de se lever (4)
Réponse aux stimuli auditifs	Normale (0) / Réduite (1) Faible (2) / Aucune (3)
Position de l'œil	Central (0) / Basculé (1) Caché par la 3 ^{ème} paupière (2)

Tableau 6 : Score de sédation simplifié de Grint (Grint et al., 2009; Wagner et al., 2017)

1.4. Médicaments utilisés

- Acépromazine (Calmivet®, Vétoquinol, France)
- Isoflurane (Vetflurane®, Virbac, France)
- Médétomidine (Dormitor®, Vétoquinol, France)
- Méthadone (Comfortan®, Dechra, France)
- Midazolam (Midazolam Mylan®, Mylan, France)
- Morphine (Morphine chlorhydrate®, Aguetant, France)
- Propofol (Propovet®, Axience, France)

1.5. Statistiques

L'analyse statistique a été réalisée avec des tests non paramétriques. Suivant le critère étudié, les comparaisons inter-groupes ont été réalisées au moyen de plusieurs test : Wilcoxon unilatéral, Mann-Whitney unilatéral, Kruskal-Wallis ou du Chi². Une valeur de p-value < 0,05 étant considérée comme illustrant une valeur significative et est notée (*).

2. Résultats

2.1. Description de la population et du contexte clinique

2.1.1. Répartition des sexes, de l'âge et du poids

Au total, la population à l'inclusion est de 45 chiens, dont 34 femelles et 11 mâles. Les caractéristiques d'âge et de poids sont résumées dans le Tableau 7.

Caractéristiques	Min - Max	Moyenne \pm SD
Age (an)	0,5 - 13	3,5 \pm 3,1
Poids (Kg)	2,5 - 44	21,2 \pm 11,2

Tableau 7 : Age et poids de la population

De nombreuses races sont représentées : Airedale Terrier (n=1), American Staffordshire terrier (n=2), Beagle (n=1), Beauceron (n=1), Berger Allemand (n=1), Berger Australien (n=1), Border Collie (n=3), Braque de Weimar (n=1), Chien Loup Tchèque (n=1), Cocker (n=1), Croisé (n=6), Dalmatien (n=1), Epagneul Breton (n=1), Husky (n=1), Jagd Terrier (n=1), Labrador (n=4), Malinois (n=3), Pointer Anglais (n=1), Saint Hubert (n=4), Setter Anglais (n=1), Setter Gordon (n=1), Shetland (n=1), Shih Tzu (n=1), Sptiz (n=2), Teckel (n=3), et Yorkshire Terrier (n=1).

2.1.2. Motif de l'anesthésie générale

Les interventions ayant motivées l'anesthésie générale sont regroupées dans le Tableau 8. La durée moyenne d'anesthésie est de 132 \pm 64 minutes (15 – 240 minutes).

Intervention	Nombre (%)
Ovariectomie	14 (31%)
Ovariohystérectomie	9 (20%)
Castration	5 (11%)
Exérèse de masse	6 (13%)
Gastropexie préventive	4 (9%)
Scanner	2 (4%)
Nivellement de plateau tibial par ostéotomie	1 (2%)
Mammectomie	1 (2%)
Biopsie articulaire	1 (2%)
Chirurgie correctrice d'uretères ectopiques	1 (2%)
Parotidectomie	1 (2%)

Tableau 8 : Interventions nécessitant l'anesthésie générale

2.1.3. Protocoles anesthésiques

Deux types de protocoles anesthésiques ont été utilisés dans l'étude : une prémédication basée sur l'acépromazine (ACP) (n = 18) ou de la médétomidine (n = 27).

Les caractéristiques des deux protocoles sont regroupées dans le Tableau 9. On remarque qu'il existe une différence significative entre les deux groupes pour la quantité de propofol utilisé (p-value < 0,001) et le score de sédation (p-value = 0,01).

Caractéristiques	Groupe ACP (n = 18)	Groupe Médétomidine (n = 27)
Dose ($\mu\text{g}/\text{Kg}$)	26,4 \pm 10,3	5,0 \pm 0,6
Dose Propofol * (mg/Kg)	4,0 \pm 1,5	2,7 \pm 1,5
Score de sédation *	4 \pm 1	6 \pm 2
Durée d'anesthésie * (min)	169 \pm 52	107 \pm 60

Tableau 9 : Les caractéristiques des protocoles anesthésiques "ACP" et "Médétomidine". Les résultats sont représentés sous la forme de la moyenne \pm SD. Les comparaisons statistiques intergroupe sont réalisées en utilisant un test de Mann-Whitney unilatéral.

Entre les deux groupes « ACP » et « Médétomidine », il n'existe aucune différence significative concernant le poids ou le sexe des individus. Néanmoins, il existe une différence significative (p-value de 0,03) entre l'âge des individus des deux groupes (respectivement 4,7 \pm 3,6 versus 2,6 \pm 2,4 ans).

2.2. Evaluation de l'index de perfusion périphérique chez le chien vigile

2.2.1. En fonction du site de mesure

2.2.1.1. Sans compresse

Les intervalles de référence de l'IPP obtenu chez les chiens vigiles sont répertoriés dans le Tableau 10.

Pour le site « Oreille », il n'y a aucune différence significative (p -value $> 0,05$) entre l'oreille droite et la gauche pour l'index de perfusion, la SpO_2 ou le gradient de température. Pour cette raison, dans la suite du manuscrit, les résultats seront confondus entre l'oreille droite et gauche.

Les valeurs d'IPP sont significativement différentes entre les sites de mesures (p -value $< 0,0001$). Selon une analyse de la covariance, aucune information significative n'est apportée par l'âge, le poids ou le sexe des chiens pour expliquer la variabilité de l'IPP, pour chaque site de mesure.

	Effectif	Moyenne \pm SD	Médiane	Intervalle de confiance
IPP Babines	26 / 45	1,31 \pm 0,68*	1,16	[1,03 ; 1,59]
SpO₂ Babine	26 / 45	96,9 \pm 1,8	-	-
dT – B	45 / 45	6,3 \pm 1,1	6,3	[6,0 ; 6,7]
IPP Oreilles	43 / 90	0,56 \pm 0,29*	0,55	[0,47 ; 0,56]
SpO₂ Oreilles	43 / 90	96,9 \pm 1,9	-	-
dT – O	90 / 90	5,2 \pm 1,4	5,3	[5,0 ; 5,6]
IPP Vulve	27 / 34	0,87 \pm 0,57*	0,72	[0,64 ; 1,09]
SpO₂ Vulve	27 / 34	96,7 \pm 1,9	-	-
IPP Prépuce	9 / 11	0,67 \pm 0,32*	0,62	[0,42 ; 0,92]
SpO₂ Prépuce	9 / 11	97,9 \pm 2	-	-

Tableau 10 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO_2 et des gradients de température en fonction du site de mesure chez le chiens vigile, obtenues sans compresse. Les comparaisons statistiques sont réalisées en utilisant un test de Kruskal-Wallis (* Différence significative intersite).

2.2.1.2. Avec compresse

Les intervalles de référence de l'IPP obtenu chez les chiens vigiles, avec l'ajout d'une compresse, sont répertoriés dans le Tableau 11.

Les valeurs d'IPP sont significativement différentes entre les sites de mesures (p-value < 0,0001) et sont significativement plus importante avec l'ajout d'une compresse que sans pour le site « Babine » (p-value de 0,02) mais pas pour le site « Oreille » (p-value 0,06).

Le fait d'intercaler une compresse entre le capteur et la babine, permet d'obtenir un IPP plus important de l'ordre de 36%.

	Effectif	Moyenne ± SD	Médiane	Intervalle de confiance
IPP Babines	24 / 45	1,52 ± 0,72* #	1,26	[1,22 ; 1,82]
SpO₂ Babine	24 / 45	97,1 ± 1,6	-	-
IPP Oreilles	40 / 90	0,59 ± 0,36*	0,51	[0,46 ; 0,73]
SpO₂ Oreilles	40 / 90	96,9 ± 1,9	-	-

Tableau 11 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO₂ en fonction du site de mesure, chez le chien vigile, avec l'ajout d'une compresse. Les comparaisons statistiques intergroupe sont réalisées en utilisant un test de Kruskal-Wallis (* Différence significative intersite) et de Wilcoxon (# Différence significative sans et avec compresse).

2.2.2. Limites de l'obtention de l'index de perfusion sur chien vigile

2.2.2.1. Difficultés rencontrées pour l'obtention du signal chez le chien vigile

Au sein de notre population (n = 45) un signal pléthysmographique n'a pas toujours été obtenu, selon le site de mesure : par conséquent l'index de perfusion périphérique n'a pas pu être mesuré chez certains individus.

	Babines	Oreilles	Vulve	Prépuce
Effectifs	26 / 45	43 / 90	27 / 34	9 / 11
Proportion	57 %	47 %	79 %	81 %

Tableau 12 : Proportion d'obtention du signal pléthysmographique chez le chien vigile

Seulement 6 chiens n'ont pas toléré la pose du capteur au niveau de la babine ; dans tous les autres cas où nous n'avons pas eu de résultats sur les sites « Oreilles » et « Babines », le positionnement du capteur n'était pas en cause.

En ce qui concerne les sites « Vulve et Prépuce », c'est souvent le positionnement du capteur qui est en cause de la non-obtention du signal : en effet, lorsqu'un animal est agité, le capteur glisse facilement.

2.2.2.2. Incidence de la pigmentation de la zone de mesure

Les résultats suivants s'intéressent à la relation entre la pigmentation de la zone de mesure et à l'acquisition du signal pléthysmographique. Pour les deux groupes « Babines » et « Oreilles », on obtient significativement plus souvent un signal lorsque le site de mesure n'est pas pigmenté (p-value de < 0,0001 et de < 0,0001 respectivement).

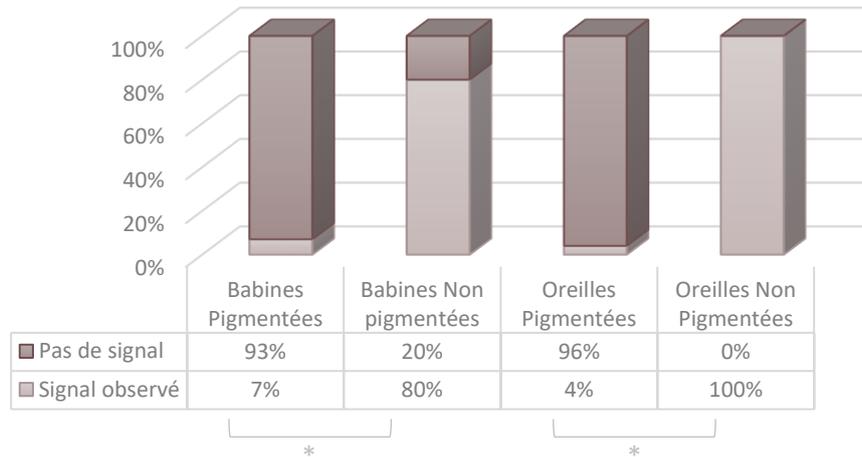


Figure 9 : Acquisition du signal pléthysmographique en fonction de la pigmentation de la zone de mesure chez le chien vigile. Les comparaisons statistiques intergroupe sont réalisées en utilisant le test de Chi².

Lors des mesures sur chien vigile, notons que sur les chiens dont la babine n'est pas pigmentée, le taux de non-observation du signal est de 20% (n = 7). Cependant, chez six de ces chiens, la pose du capteur n'a pas été possible en raison de leur agitation ou agressivité ; lors de l'anesthésie générale, nous avons pu obtenir un signal sur 6 chiens sur les 7.

2.3. Evaluation de l'index de perfusion périphérique chez le chien prémédiqué

2.3.1. Après une prémédication « ACP »

2.3.1.1. Sans compresse

Les intervalles de référence de l'IPP obtenu chez le chien prémédiqué avec de l'ACP sont répertoriés dans le Tableau 13.

Les valeurs d'IPP, obtenues chez le chien après prémédication ACP, sont significativement différentes entre les sites de mesures « Babine » et « Oreilles » (p-value < 0,0001).

Quel que soit le site de mesure, aucune différence significative n'est observée entre l'IPP des chiens vigiles et prémédiqués avec de l'ACP (p-value > 0,05).

		Effectif	Moyenne ± SD	Médiane	Intervalle de confiance
VIGILE	IPP Babines	26 / 45	1,31 ± 0,68	1,16	[1,03 ; 1,59]
	SpO ₂ Babine	26 / 45	96,9 ± 1,8	-	-
	dT – B	45 / 45	6,3 ± 1,1	6,3	[6,0 ; 6,7]
	IPP Oreilles	43 / 90	0,56 ± 0,29 *	0,55	[0,47 ; 0,56]
	SpO ₂ Oreilles	43 / 90	96,9 ± 1,9	-	-
	dT – O	90 / 90	5,2 ± 1,4	5,3	[5,0 ; 5,6]
PRÉMÉDIQUÉ « ACP »	IPP Babines	15 / 18	1,21 ± 0,83	0,96	[0,74 ; 1,67]
	SpO ₂ Babine	15 / 18	96,0 ± 1,7	-	-
	dT – B	18 / 18	6,1 ± 1,7	6,2	[5,2 ; 7,0]
	IPP Oreilles	20 / 36	0,70 ± 0,34 *	0,64	[0,54 ; 0,86]
	SpO ₂ Oreilles	20 / 36	96,0 ± 2,0	-	-
	dT – O	36 / 36	4,4 ± 1,1	4,3	[4,0 ; 4,8]
PRÉMÉDIQUÉ « MÉDÉTOMIDINE »	IPP Babines	15 / 27	0,55 ± 0,26 # †	0,43	[0,40 ; 0,70]
	SpO ₂ Babine	15 / 27	95,0 ± 0,9	-	-
	dT – B	27 / 27	6,9 ± 0,8	7,1	[6,6 ; 7,3]
	IPP Oreilles	24 / 54	0,26 ± 0,25 * # †	0,15	[0,15 ; 0,37]
	SpO ₂ Oreilles	24 / 54	95,0 ± 0,7	-	-
	dT – O	54 / 54	6,3 ± 1,1	6,1	[6,0 ; 6,6]

Tableau 13 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO₂ et des gradients de température en fonction du site de mesure chez les chiens vigiles et après prémédication, obtenus sans compresse.

Les comparaisons statistiques sont réalisées en utilisant un test de Kruskal-Wallis (* Différence significative intragroupe intersite ; † Différence significative par rapport au groupe ACP) et de Wilcoxon (# Différence significative par rapport au groupe Vigile).

2.3.1.2. Avec compresse

Les intervalles de référence de l'IPP obtenu chez le chien prémédiqué avec de l'ACP, avec l'ajout d'une compresse, sont répertoriés dans le Tableau 14.

Les valeurs d'IPP, mesuré avec une compresse, sont significativement différentes entre les sites de mesures « Babine » et « Oreilles » (p-value < 0,0001), chez le chien après prémédication avec de l'ACP.

Elles sont en outre significativement plus importantes avec l'ajout d'une compresse que sans pour le site « Babine » (p-value de 0,02) mais pas pour le site « Oreille » (p-value > 0,05). Le fait d'intercaler une compresse entre le capteur et la babine, permet d'obtenir un IPP plus important de l'ordre de 29%, chez le chien après prémédication avec de l'ACP.

Quel que soit le site de mesure, aucune différence significative n'est observée entre l'IPP mesuré chez le chien vigile et chez le chien prémédiqué avec de l'ACP, à l'aide d'une compresse (p-value > 0,05).

	Effectif	Moyenne ± SD	Médiane	Intervalle de confiance
IPP_{compresse} Babine	11 / 18	1,56 ± 0,79 #	1,76	[1,12 ; 1,99]
SpO₂_{compresse} Babine	11 / 18	96,2 ± 1,2	-	-
IPP_{compresse} Oreilles	20 / 36	0,81 ± 0,60 *	0,70	[0,53 ; 1,10]
SpO₂_{compresse} Oreilles	20 / 36	96,0 ± 1,6	-	-

Tableau 14 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO₂ en fonction du site de mesure, avec l'ajout d'une compresse, chez le chien après prémédication avec de l'ACP.

Les comparaisons statistiques sont réalisées en utilisant un test de Kruskal-Wallis (* Différence significative intragroupe intersite) et de Wilcoxon (# Différence significative par rapport au groupe Sans compresse).

2.3.2. Avec une prémédication « Médétomidine »

2.3.2.1. Sans compresse

Les intervalles de référence de l'IPP obtenu chez le chien prémédiqué avec de la médétomidine sont répertoriés dans le Tableau 13.

Les valeurs d'IPP, obtenues chez le chien après prémédication avec de la médétomidine, sont significativement différentes entre les sites de mesures « Babine » et « Oreilles » (p-value < 0,0001).

En comparaison avec celui obtenu chez l'animal vigile, on remarque que l'IPP chez les chiens prémédiqués avec de la médétomidine est significativement plus petit pour les sites « Babine » et « Oreille » (respectivement, p-value de 0,001 et < 0,001). En effet, sur ces chiens, on observe une diminution respective de l'IPP de 58% et 53%. Cependant, selon l'analyse de la covariance, aucune information significative ne peut être déduite par rapport à par la dose de Médétomidine utilisée (p-value > 0,05).

Sur dix chiens du groupe « Médétomidine », on a également pu placer le capteur de l'oxymètre de pouls sur la langue lors de la sédation.

2.3.2.2. Avec compresse

Les intervalles de référence de l'IPP obtenu chez les chiens prémédiqués avec de la médétomidine, et avec l'ajout d'une compresse, sont répertoriés dans le Tableau 15.

Les valeurs d'IPP, mesuré avec une compresse, sont significativement différentes entre les sites de mesures « Babine » et « Oreilles » (p-value < 0,0001), chez le chien après prémédication avec de la médétomidine.

En comparaison avec celui obtenu chez l'animal vigile, on remarque que l'IPP, mesuré avec une compresse, est significativement plus petit pour les sites « Babine » et « Oreille » (respectivement, p-value de 0,001 et < 0,001), chez les chiens prémédiqués avec de la médétomidine.

Les valeurs d'IPP sont en outre significativement plus importantes avec l'ajout d'une compresse que sans pour le site « Babine » (p-value de 0,03) et pour le site « Oreille » (p-value de 0,02). Le fait d'intercaler une compresse entre le capteur les sites de mesures « Babine » et « Oreille », permet d'obtenir un IPP respectivement plus important de l'ordre de 18% et 19%.

	Effectif	Moyenne ± SD	Médiane	Intervalle de confiance
IPP compresse Babines	14 / 27	0,65 ± 0,36 # †	0,58	[0,44 ; 0,85]
SpO₂ compresse Babine	14 / 27	96,1 ± 1,5	-	-
IPP compresse Oreilles	18 / 54	0,21 ± 0,10 * # †	0,17	[0,16 ; 0,26]
SpO₂ compresse Oreilles	18 / 54	95,8 ± 1,2	-	-

Tableau 15 : Valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO₂ en fonction du site de mesure, avec l'ajout d'une compresse, chez le chien après prémédication avec de la médétomidine.

Les comparaisons statistiques sont réalisées en utilisant un test de Kruskal-Wallis (* Différence significative intragroupe intersite ; † Différence significative par rapport au groupe ACP) et de Wilcoxon (# Différence significative par rapport au groupe sans compresse).

2.3.3. Comparaison entre les deux prémédications : « ACP » et « Médétomidine »

Les valeurs d'IPP sont significativement plus petites dans les groupes « Médétomidine » que dans les groupes « ACP » pour les sites de mesure « Babine » et « Oreilles », que ce soit sans ou avec compresse (p-value < 0,001).

2.4. Evaluation de l'index de perfusion périphérique chez le chien anesthésié

2.4.1. Selon les sites de mesure « Babine » et « Langue »

Les données obtenues chez les chiens anesthésiés, en fonction du protocole de prémédication anesthésique, du site de mesure, et au cours du temps, sont répertoriées dans le Tableau 16 . Nous avons choisi de ne pas présenter tous les résultats, notamment les valeurs de l'IPP mesuré au niveau du site « Oreille ».

Quel que soit le protocole de prémédication, aucune différence significative n'est observée pour l'IPP mesuré au niveau des sites « Langue » et « Babine », et ce à tous les temps (p-value > 0,05).

En outre, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs de l'IPP au cours du temps, quel que soit le site de mesure (p-value > 0,05).

2.4.2. Selon le protocole de prémédications anesthésique : « ACP » et « Médétomidine »

Il n'existe aucune différence significative entre les groupes « ACP » et « Médétomidine » pour les sites de mesure « Langue » et « Babine », quel que soit le temps de la mesure (p-value > 0,05).

2.4.3. Ajout d'une compresse, sur le site « Langue »

Les valeurs de l'index de perfusion obtenu sur le site « Langue » avec l'ajout d'une compresse, chez les chiens anesthésiés, sont répertoriées dans le Tableau 16 . Nous avons choisi de ne pas présenter tous les résultats, notamment les valeurs de l'IPP, obtenu avec une compresse, mesuré au niveau des sites « Babine » et « Oreille ».

Sur le site « Langue », quel que soit le protocole de prémédication utilisé, l'index de perfusion est significativement plus élevé avec l'ajout d'une compresse et ce à tous les temps. Le fait d'intercaler une compresse entre le capteur et la « Langue » permet d'obtenir un IPP plus important : entre 17% au minimum (à T90) et 67% au maximum (à T30) pour le groupe « ACP » et entre 16% au minimum (à T0) et 49% au maximum (à T30) pour le groupe « Médétomidine ».

		Prémédication	T0	T15	T30	T45	T60	T75	T90	T105	T120
GROUPE « ACP »	Effectif	18	18	18	18	18	18	18	18	16	14
	IPP Babine	1,21 ± 0,83	1,70 ± 1,16	1,36 ± 0,79	1,20 ± 0,86	1,11 ± 0,67	1,15 ± 0,82	1,20 ± 0,68	1,44 ± 0,98	1,20 ± 0,71	1,25 ± 0,84
	IPP Langue	-	1,96 ± 2,16	1,86 ± 1,53	1,60 ± 1,12	1,36 ± 1,05	1,39 ± 0,91	1,49 ± 0,77	1,49 ± 0,77	1,70 ± 0,98	1,11 ± 0,54
	IPP Langue Avec Comresse	-	2,37 ± 1,60 [#]	2,80 ± 1,75 [#]	2,62 ± 1,63 [#]	1,71 ± 1,01 [#]	1,76 ± 1,11 [#]	1,96 ± 1,20 [#]	1,71 ± 0,83 [#]	2,39 ± 1,17 [#]	1,80 ± 0,94 [#]
	SpO₂	-	98,1 ± 1,2	98,5 ± 1,5	98,4 ± 1,7	98,9 ± 1,0	98,8 ± 1,4	98,9 ± 1,4	98,7 ± 1,4	98,2 ± 1,0	98,2 ± 1,5
	T° centrale	38,5 ± 0,4 [*]	37,7 ± 0,4 [*]	37,5 ± 0,7 [*]	37,0 ± 0,9 [*]	36,4 ± 1,0 [*]	36,1 ± 1,2	35,9 ± 1,2 [*]	35,6 ± 1,3	35,5 ± 1,4 [*]	35,6 ± 1,3
	dT – B	6,1 ± 1,7	4,9 ± 1,4 [*]	4,9 ± 1,2	4,7 ± 1,2	4,3 ± 1,3	4,8 ± 1,0	4,2 ± 1,1	3,9 ± 1,0	3,9 ± 0,9	3,6 ± 1,1
	dT – O	4,4 ± 1,1	4,2 ± 1,1	4,3 ± 0,9	4,1 ± 1,0	3,9 ± 1,3	4,3 ± 1,4	3,8 ± 1,3	3,6 ± 1,2	3,8 ± 1,2	3,6 ± 1,1
GROUPE « MÉDÉTOMIDINE »	Effectif	27	27	27	26	21	21	20	17	15	13
	IPP Babine	0,55 ± 0,26	1,08 ± 0,68	1,25 ± 0,67	1,32 ± 0,76	1,15 ± 0,45	0,96 ± 0,45	1,01 ± 0,72	0,88 ± 0,40	1,08 ± 0,66	1,03 ± 0,80
	IPP Langue	-	1,29 ± 0,82	1,24 ± 0,62	1,18 ± 0,44	1,15 ± 0,60	1,00 ± 0,67	1,01 ± 0,53	1,10 ± 0,44	0,96 ± 0,45	1,09 ± 0,38
	IPP Langue Avec Comresse	-	1,53 ± 0,83 [#]	1,85 ± 0,95 [#]	1,78 ± 1,45 [#]	1,46 ± 0,72 [#]	1,23 ± 0,88 [#]	1,20 ± 0,91 [#]	1,06 ± 0,49 [#]	1,15 ± 0,69 [#]	1,30 ± 0,78 [#]
	SpO₂	-	97,6 ± 1,6	98,1 ± 1,7	94,7 ± 1,9	94,8 ± 1,6	98,6 ± 1,1	94,1 ± 1,8	98,3 ± 1,6	98,5 ± 1,6	98,7 ± 2,0
	T° centrale	38,6 ± 0,6	38,2 ± 0,5	38,0 ± 0,6	37,6 ± 0,6 [*]	36,9 ± 1,0 [*]	36,6 ± 1,1 [*]	36,3 ± 1,2 [*]	37,7 ± 1,7 [*]	36,0 ± 1,5 [*]	36,2 ± 1,3
	dT – B	6,9 ± 0,8	6,0 ± 1,0 [*]	5,9 ± 0,9	5,7 ± 0,8	5,2 ± 0,8	4,9 ± 0,9 [*]	4,6 ± 0,8	4,6 ± 1,0	4,6 ± 1,0	4,2 ± 1,2
	dT – O	6,3 ± 1,1	5,7 ± 1,6	5,9 ± 1,3	5,7 ± 1,2	5,3 ± 1,1	5,0 ± 0,9	4,6 ± 1,5	4,9 ± 1,2	4,5 ± 1,2	4,6 ± 0,9

Tableau 16 : Evolution des valeurs de l'index de perfusion périphérique, de la SpO₂ et des gradients de température chez les chiens, lors de la prémédication et de l'anesthésie générale, en fonction du protocole de prémédication et du site de mesure. Les résultats sont représentés sous la forme de la moyenne ± SD. Les comparaisons statistiques intragroupe sont réalisées à l'aide du test de Wilcoxon unilatéral (* Différence significative par rapport à la mesure précédente ; # Différence significative par rapport au groupe sans comresse)

2.5. Description de la température et des gradients de température dT – B et dT – O chez le chien : de vigile à anesthésié

Les données relatives aux gradients de température corps-babine (dT-B) et corps-oreille (dT-O) sont regroupées dans les Tableau 10, 13 et 16. Il existe une différence significative (p -value $< 0,001$) entre dT-B et dT-O chez le chien vigile, prémédiqué et anesthésié.

Selon le protocole anesthésique utilisé, les valeurs de dT-B et dT-O sont significativement différentes : le dT-O diminue significativement suite à l'administration d'ACP (variation de 17% ; p -value de 0,001) ; les dT-B et dT-O augmentent significativement suite à l'administration de Médétomidine (respectivement variation de 11% et 20% ; p -value de 0,001 et de $< 0,0001$). De plus, le dT – B et dT – O sont plus importants chez les chiens du groupe « Médétomidine » que du groupe « ACP » (respectivement p -value de 0,01 et $< 0,001$).

Comme nous l'avons précédemment observé chez le chien prémédiqué, on constate que dT-O est significativement plus petit que dT-B à T0 (p -value de 0,02). Cependant, cette différence s'estompe et aucune différence significative n'est observée à partir de T15.

3. Discussion

Notre étude expérimentale a pour objectif principal de déterminer les valeurs de référence de l'index de perfusion périphérique chez le chien sain, vigile et anesthésié et de décrire, si elles existent, ses variations en fonction du site de mesure, de la présence ou pas d'une compresse entre le capteur et le site de mesure ainsi que de la nature de la prémédication anesthésique utilisée.

Ainsi, sur 45 chiens, nous avons pu obtenir des valeurs de l'IPP au niveau de différents sites de mesure (babine, oreille, langue, vulve ou prépuce. L'influence de la nature du protocole de prémédication anesthésique a également pu être décrite ; l'incidence de l'ajout d'une compresse entre la sonde et le site de mesure a aussi pu être précisée.

3.1. Valeurs usuelles de l'index de perfusion

Chez le chien, le capteur de l'oxymètre de pouls est usuellement placé sur la langue. Cette localisation n'est possible que sur un animal non vigile, il est donc nécessaire de trouver des alternatives quant à l'emplacement du capteur, afin que celui-ci ait un bon contact avec la peau, tout en limitant les signaux parasites. Plusieurs autres sites de mesure peuvent ainsi être envisagés : la babine, l'oreille, la vulve ou le prépuce.

Ainsi, nous avons pu établir les intervalles de référence de l'index de perfusion périphérique chez le chien sur plusieurs sites : la langue, la babine, l'oreille, la vulve et le prépuce. De plus, la valeur de l'index de perfusion est dépendante du site de mesure chez le chien et présente une grande variabilité individuelle.

Cependant, au sein de notre population, un signal pléthysmographique n'a pas toujours été obtenu, en particulier au niveau de la babine ou de l'oreille, site pourtant bien toléré par l'animal vigile. Bien que la modification de l'absorption des ondes lumineuses par le taux de mélanine ait été décrite chez l'homme, les données actuelles ne suggèrent pas de lien entre la pigmentation de la peau et la bonne réception du signal pléthysmographique ou l'établissement de l'index de perfusion périphérique par l'oxymètre de pouls. Nous avons pu néanmoins établir pour la première fois une forte corrélation entre la pigmentation du site de mesure et la non-obtention d'un signal pléthysmographique (et donc de la SpO₂ et de l'IPP). Il semble donc que l'utilisation de tels sites soit dépendant de la robe de l'animal. Il est difficile de dire si c'est la pigmentation de la peau ou des poils qui est en cause : il aurait été judicieux de tondre le site de mesure sur ces animaux dit pigmentés, pour voir s'il était bien possible d'obtenir un signal pléthysmographique.

D'autre part, les sites vulve/prépuce semblent moins sujets à l'influence de la pigmentation cutanée. Cependant, cette localisation est moins facile d'utilisation : le capteur glisse facilement lorsque l'animal est agité et ces sites sont peu accessibles lors d'une intervention chirurgicale.

En raison des différences anatomiques entre les différents sites de mesures, la zone de mesure de l'index de perfusion est donc un paramètre à prendre en compte pour son interprétation et son suivi. En effet, il a d'ailleurs été montré chez l'homme que la paroi des vaisseaux sanguins de doigts sont plus sensibles à la stimulation du système nerveux sympathique, du fait d'un plus grand nombre d'adréno-récepteurs, que d'autres parties du corps, telles que le lobe de l'oreille (Awad et al., 2001). Chez l'homme, le capteur de l'oxymètre de pouls est placé de manière quasi-exclusive sur le doigt, parfois sur l'oreille : néanmoins, la distribution de l'IPP chez l'homme (médiane de 1,4) n'a été étudiée que sur le site « Doigt ».

3.2. Influence de la nature du protocole anesthésique

Nous avons pu évaluer l'influence de protocoles anesthésiques sur l'IPP : un avec de la Médétomidine (α 2-agoniste) qui est un vasoconstricteur périphérique et un avec de l'Acépromazine (Phénothiazique) qui est un vasodilatateur.

Comme déjà décrit dans la littérature (Mair et al., 2016), nous avons observé une diminution des valeurs d'IPP significativement après l'administration de Médétomidine ; et ce, pour tous les sites de mesure : 53% pour le site « Babine » et 25% pour le site « Oreille ». Les variations observées sont similaires à celle déjà décrite dans l'étude citée.

A notre connaissance, aucune étude ne s'était intéressée à l'influence de l'ACP sur l'IPP : nous ne constatons aucune variation induite suite à son administration.

Il est donc peu pertinent d'évaluer l'IPP lors de la sédation chez le chien, au moins lorsqu'on utilise un α 2-agoniste, du fait de la vasoconstriction périphérique induite. Ces modifications semblent toutefois transitoires, puisqu'on ne retrouve pas de différence significative entre les deux groupes pour les sites « Langue » et « Babine » à partir de l'induction de l'anesthésie.

Lors de l'anesthésie générale, nous remarquons peu de différence significative au fil du temps selon les différents sites. En raison des causes citées précédemment, la babine semble être la meilleure alternative au site de mesure « Langue », site de mesure par excellence.

3.3. Comparaison avec les données de la littérature

Chez le chien, très peu d'études ont été publiées concernant l'index de perfusion périphérique et aucune étude ne s'est intéressée aux valeurs de l'IPP chez le chien vigile. Seulement deux études (Mair, Martinez-Taboada, & Nitzan, 2016; Teixeira et al., 2018) se sont intéressées aux valeurs de l'IPP, mais uniquement sur des chiens anesthésiés et avec le capteur positionné sur la langue.

L'étude de Mair et al. (2016) établit une médiane de l'indice de perfusion périphérique de 0,55. Bien que nous n'ayons pas de différence significative à partir de l'induction entre l'IPP des différents groupes de prémédications, il est difficile de comparer nos résultats avec les valeurs de l'IPP obtenues dans la présente étude. En effet, le protocole n'est pas standardisé dans cette étude : la majorité des chiens ont reçu une prémédication anesthésique basée sur de la médétomidine, les autres basée sur de l'acépromazine.

Nos résultats sont plus proches de l'étude de Teixeira et al. (2018) qui établit une médiane de l'indice de perfusion périphérique de 1,80 à l'induction. Cependant, leurs résultats mettent en évidence une diminution significative de l'IPP au cours du temps lors de l'anesthésie générale (jusqu'à 45 minutes post-induction), sans que les auteurs parviennent à expliquer ce phénomène.

3.4. Influence de l'utilisation d'une compresse

Dans la littérature, le travail de Mair et al. (2016) montre pour la première fois que l'utilisation d'une compresse augmente significativement les valeurs de l'IPP mesuré sur la langue. Cette variation dépendait également de l'épaisseur de la compresse utilisée mais ne permettait pas de conclure que la variation induite était corrélée au poids des chiens. Cependant, le faible nombre d'animaux utilisés (17 chiens) pour ces travaux était le principal facteur limitant.

Notre travail a permis de corroborer les résultats précédemment obtenus : l'ajout d'une compresse augmente de manière artificielle les valeurs de l'IPP. Cette variation dépend de plus du site de mesure. Nous avons pu montrer que le fait d'intercaler une compresse entre le capteur et la langue permettait une augmentation de l'IPP de 16% à 67%, selon les groupes. Cependant, la variation au niveau du site « Langue » diffère entre les deux études : les travaux de Mair et al. (2016) montrent que l'ajout d'une compresse augmente l'IPP de plus de 200%. Deux explications de cette variation importante sont envisageables : premièrement le nombre de mesure restreint dans les deux études ; deuxièmement l'oxymètre de pouls utilisé n'était pas le même. En effet, ces mêmes auteurs proposent que l'augmentation de pression externe soit à l'origine de valeurs significativement plus élevées avec l'ajout d'une compresse. On peut imaginer que le capteur diffère d'un oxymètre de pouls à l'autre et n'exerce donc pas la même pression sur le site de mesure.

3.5. Evaluation du gradient de température périphérique

Chez le chien, le gradient de température central – périphérique (dT-cp) n'a pas encore été étudié : nous nous sommes intéressés à deux gradients potentiels, avec deux extrémités différentes : la babine et l'oreille. Nous avons donc obtenu des valeurs usuelles du dT-B et du dT-O, assimilable au dT-cp mesuré chez l'homme. La mesure du dT-B et dT-O n'est bien sûr pas réalisable en routine : en effet, aucune sonde de température n'est encore disponible pour le chien et nous avons utilisé une caméra thermique pour cette étude.

Chez l'homme, un gradient de 3 à 7 °C est observé chez les patients présentant une hémodynamique stable. L'étude de Lima et al. (2002) a rapporté une bonne corrélation (R^2 0,52 et p-value < 0,001) entre le dT-cp et l'IPP chez des patients anesthésiés.

Chez le chien vigile, les valeurs moyennes du dT-B et du dT-O sont respectivement de 6,3°C et 5,2°C. Les gradients de température centrale – périphérique n'ont pas encore défini chez le chien : d'autres travaux pourront être menés, sur la base du même protocole, afin de déterminer si ces gradients sont utilisables chez le chien.

3.6. Limites de l'étude

Les critères de sélection fixés au début de notre étude ont entraîné un certain nombre de biais de sélection. En effet, on remarque que l'âge moyen de notre échantillon est de 3 ans, ce qui est peu en comparaison de l'espérance de vie canine. Ceci est expliqué par l'exclusion de tout animal ayant présenté une anomalie entraînant sa classification en stade ASA supérieur à II : les animaux plus âgés ayant plus de risques d'avoir développé des pathologies.

La nature des interventions explique également la répartition des sexes de notre échantillon, qui se révèle hétérogène : le sexe-ratio est de 0,3 dans notre étude pour un ratio proche de 1 dans la population générale. En effet, plus de 50% des animaux étaient présentés pour la réalisation d'une ovariectomie ou ovariohystérectomie ; par conséquent, la taille de notre échantillon pour mesurer l'index de perfusion sur le site « Prépuce » est faible.

Cependant, ces deux biais de sélection sont inhérents au sujet de cette étude : la majorité des animaux en bonne santé sont jeunes et nécessitent une anesthésie générale pour des opérations de convenance.

CONCLUSION

En médecine vétérinaire, l'oxymètre de pouls fait partie de la surveillance classique des patients critiques ou anesthésiés, ce qui permet de disposer facilement du signal et des paramètres pléthysmographiques. Pourtant, l'indice de perfusion périphérique est encore très peu étudié chez le chien et n'est pas encore utilisé en routine. Chez l'homme, l'IPP a déjà démontré plusieurs utilités, hormis celle d'approcher l'état de la perfusion périphérique : facteur pronostic chez le patient critique, marqueur d'hypotension ou de nociception peropératoire, etc.

Dans cette étude, nous avons établi les intervalles de référence des valeurs de l'index de perfusion périphérique chez le chien sain, à partir d'une population de 45 individus, sur plusieurs sites de mesure : langue, babine, oreille, vulve ou prépuce.

Cette étude n'a pas montré de lien significatif entre l'IPP et l'âge, le poids, ou le sexe de l'animal. La corrélation entre l'IPP et un gradient de température corps – extrémité (qui reste à être défini chez le chien), n'a pas pu être établie dans cette étude.

De plus, nous avons pu mettre en évidence le rôle non négligeable de la pigmentation cutanée dans l'établissement de l'IPP sur certains sites de mesure (babine et oreille). C'est le principal facteur limitant, avec la non-coopération de l'animal, de l'acquisition des paramètres pléthysmographiques chez le chien vigile. Cela pourra faire l'objet d'une exploration plus poussée chez les individus concernés.

L'indice de perfusion périphérique est un paramètre de surveillance encore méconnu chez le chien mais plein d'avenir pour identifier les états d'hypoperfusion. De prochaines études sont nécessaires pour connaître sa pertinence chez l'animal critique. Avant de s'intéresser à ses applications chez le chien, il serait également intéressant de connaître les variations de l'IPP dans des situations fréquemment rencontrées lors de l'anesthésie générale, notamment lors d'épisode d'hypotension ou d'hypothermie.

BIBLIOGRAPHIE

- Alexander, C. M., Teller, L. E., & Gross, J. B. (1989). Principles of Pulse Oximetry: Theoretical and Practical Considerations. *Anesthesia and Analgesia*, *69*(6), 368–376.
- Arulpagasam, S., Lux, C., Odunayo, A., & Biskup, J. (2018). Evaluation of Pulse Oximetry in Healthy Brachycephalic Dogs. *Journal of American Animal Hospital Association*, *54*(6), 344–350. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-6654>
- Awad, A., Ashraf, M., Ghobashy, M., Ouda, W., Stout, R., Silverman, D., & Shelley, K. (2001). Different Responses of Ear and Finger Pulse Oximeter Wave Form to Cold Pressor Test. *Anesthesia and Analgesia*, *92*, 1483–1486.
- Bendjelid, K. (2008). The pulse oximetry plethysmographic curve revisited. *Current Opinion in Critical Care*, *14*(3), 348–353. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e3282fb2dc9>
- Brunauer, A., Koköfer, A., Bataar, O., Gradwohl-Matis, I., Dankl, D., Bakker, J., & Dünser, M. W. (2016). Changes in peripheral perfusion relate to visceral organ perfusion in early septic shock: A pilot study. *Critical Care*, *35*, 105–109. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2016.05.007>
- Clarke, K. W., Trim, C. M., & Hall, L. W. (2014). *Veterinary Anaesthesia*. (Elsevier, Ed.) (Eleventh e).
- Coutrot, M., Joachim, J., Mat, J., Mebazaa, A., Gayat, E., & Vall, F. (2019). Non-invasive continuous detection of arterial hypotension during induction of anaesthesia using a photoplethysmographic signal : proof of concept | e ne Nougue e. *British Journal of Anaesthesia*, *122*(5), 605–612. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.01.037>
- Cugmas, B., Struc, E., & Spigulis, J. (2019). Photoplethysmography in dogs and cats : a selection of alternative measurement sites for a pet monitor. *Physiological Measurement*, *40*. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aaf433>
- De Backer, D., Creteur, J., Preiser, J. C., Dubois, M. J., & Vincent, J. L. (2002). Microvascular blood flow is altered in patients with sepsis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *166*(1), 98–104. <https://doi.org/10.1164/rccm.200109-016OC>
- Delpy, D. T., Cope, M., Zee, P. Van Der, Arridge, S., & Wrayt, S. (1988). Estimation of optical pathlength through tissue from direct time of flight measurement. *Physics in Medicine and Biology*, *33*, 1433–1442.
- Dubin, A., Henriquez, E., & Hernández, G. (2018). Monitoring peripheral perfusion and microcirculation. *Current Opinion in Critical Care*, *24*(3), 173–180. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000495>
- Feiner, J. R., & Severinghaus, J. W. (2007). Dark Skin Decreases the Accuracy of Pulse Oximeters at Low Oxygen Saturation: The Effects of Oximeter Probe Type and Gender, *105*(6). <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000285988.35174.d9>
- Feissel, M. (2007). The pulse oxymetry plethysmographic curve: an old signal with a great future? Principles and clinical applications. *Réanimation*, *16*(2), 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.reaurg.2007.02.010>
- Galvin, E. M., Niehof, S., Maissan, I., Jahn, A., Klein, J., & Bommel, J. Van. (2006). Peripheral Flow Index Is a Reliable and Early Indicator of Regional Block Success. *Anesthesia and Analgesia*, *103*(1), 239–243. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000220947.02689.9f>

- Gatson, B. J., Garcia-pereira, F. L., James, M., Carrera-justiz, S., & Lewis, D. D. (2016). Use of a perfusion index to confirm the presence of sciatic nerve blockade in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 43(6), 1–8. <https://doi.org/10.1111/vaa.12378>
- Grint, N., Burford, J., & Dugdale, A. (2009). Does pethidine affect the cardiovascular and sedative effects of dexmedetomidine in dogs? *Journal of Small Animal Practice*, 50(February), 62–66. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2008.00670.x>
- Grosenbaugh, D. A., Alben, J. O., Muir, W. W., & Tharp, V. L. (1997). Absorbance Spectra of Inter-Species Hemoglobins in the Visible and Near Infrared Regions. *The Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 7(1), 36–42.
- He, H. wu, Liu, D. wei, Long, Y., & Wang, X. ting. (2013). The peripheral perfusion index and transcutaneous oxygen challenge test are predictive of mortality in septic patients after resuscitation. *Critical Care*, 17(3), 1–10. <https://doi.org/10.1186/cc12788>
- Høiseth, L., Hisdal, J., Hoff, I. E., Hagen, O. A., Landsverk, S. A., & Kirkebøen, K. A. (2015). Tissue oxygen saturation and finger perfusion index in central hypovolemia: influence of pain. *Critical Care Medicine*, 43(4), 747–756. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000766>
- Huss, B., Anderson, M., Branson, K., Wagner-Mann, C., & Mann, F. (1995). Evaluation of pulse oximeter probes and probe placement in healthy dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 31, 9–14.
- Jubran, A. (1999). Pulse oximetry Amal Jubran. *Critical Care*, 3, 11–17.
- Jubran, A. (2015). Pulse oximetry. *Critical Care*, 19(272), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0984-8>
- Korhonen, I., & Yli-Hankala, A. (2009). Photoplethysmography and nociception. *The Acta Anaesthesiologica Scandinavica Foundation*, 53, 975–985. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2009.02026.x>
- Lima, A., & Bakker, J. (2005). Noninvasive monitoring of peripheral perfusion. *Applied Physiology in Intensive Care Medicine 2: Physiological Reviews and Editorials*, 39–49. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28233-1_4
- Lima, A., & Bakker, J. (2014). Clinical monitoring of peripheral perfusion: There is more to learn. *Critical Care*, 18(1), 1–3. <https://doi.org/10.1186/cc13738>
- Lima, A., Beelen, P., & Bakker, J. (2002). Use of a peripheral perfusion index derived from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion. *Critical Care Medicine*, 30(6), 1210–1213. <https://doi.org/10.1097/00003246-200206000-00006>
- Lima, A., Jansen, T. C., Van Bommel, J., Ince, C., & Bakker, J. (2009). The prognostic value of the subjective assessment of peripheral perfusion in critically ill patients. *Critical Care Medicine*, 37(3), 934–938. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31819869db>
- Mair, A., Martinez-Taboada, F., & Nitzan, M. (2016). Effect of lingual gauze swab placement on pulse oximeter readings in anaesthetised dogs and cats. *Veterinary Record*, 180(49). <https://doi.org/10.1136/vr.103861>
- Martinez-Taboada, F., Mair, A., & Redondo, J. (2016). Peripheral perfusion index derived from pulse oximetry improves by applying pressure on the sensor probe. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 43, A9. <https://doi.org/10.1111/vaa.12389>
- Mathews, K. A. (2012). *Monitoring Fluid Therapy and Complications of Fluid Therapy*. DiBartola SP, editor. *Fluid, electrolyte, and acid-base disorders in small animal practice*. (Third Edit). Elsevier

Inc. <https://doi.org/10.1016/B0-7216-3949-6/50019-9>

- Matthews, N. S., Hartke, S., & Allen, J. C. (2003). An evaluation of pulse oximeters in dogs, cats and horses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 30(1), 3–14. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2995.2003.00121.x>
- McGrath, S. P., Ryan, K. L., Wendelken, S. M., Rickards, C. A., & Convertino, V. A. (2011). Pulse oximeter plethysmographic waveform changes in awake, spontaneously breathing, hypovolemic volunteers. *Anesthesia and Analgesia*, 112(2), 368–374. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181cb3f4a>
- Mehandel, S., & Rajasekhar, P. (2017). Perfusion index as a predictor of hypotension following propofol induction - A prospective observational study. *Indian Journal of Anesthesia*, 61(12), 622–628. <https://doi.org/10.4103/ija.IJA>
- Miller, R., Eriksson, L., Fleisher, L., Wiener-Kronish, J., & Young, W. (2010). *Miller's anesthesia*. (C. Livingstone/Elsevier, Ed.) (7th ed.).
- Nitzan, M., Rosenfeld, C., Weiss, A. T., Grossman, E., Patron, A., & Murray, A. (2005). Effects of External Pressure on Arteries Distal to the Cuff During Sphygmomanometry. *Medical Devices (Auckland, N.Z.)*, 52(6), 1120–1127.
- Ortega, R., Hansen, C. J., Elterman, K., & Woo, A. (2011). Pulse Oximetry. *The New England Journal of Medicine*, 21–24.
- Partridge, B. L. (1987). Use of Pulse Oximetry As Anoninvasive Indicator of Intravascuw Volume Status. *J Clin Monit*, 3, 263–268. <https://doi.org/10.1007/BF03337381>
- Pottecher, J., Bouzou, G., & Louw, A. Van De. (2003). Pulse oximetry's monitoring : advantages and limits. *Réanimation*, 12, 30–36.
- Rolly, G., & Versichelen, L. (1989). Oxymymétrie de pouls. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 8, 171–174.
- Ruffato, M., Novello, L., & Clark, L. (2014). What is the definition of intraoperative hypotension in dogs ? Results from a survey of diplomates of the ACVAA and ECVAA. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 42(1), 55–64. <https://doi.org/10.1111/vaa.12169>
- Shelley, K. H. (2007). Photoplethysmography: Beyond the calculation of arterial oxygen saturation and heart rate. *Anesthesia and Analgesia*, 105(SUPPL. 6), 31–36. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000269512.82836.c9>
- Shimoda, O., Ikuta, Y., Masaaki, N., & Uneda, C. (1998). Magnitude of skin vasomotor reflex represents the intensity of nociception under general anesthesia 1. *Journal of the Autonomic Nervous System*, 71, 183–189.
- Shimoda, O., Ikuta, Y., & Terasaki, H. (1998). Assessing the level of Regional Blockade Under General Anesthesia Using the Skin Vasomotor Reflex Test. *Anesthesia and Analgesia*, 87, 83–87.
- Siegenthaler, D. N., Giraud, R., Romand, J., Bendjelid, K., Giraud, R., & Romand, J. (2008). Aspects physiopathologiques de la microcirculation aux soins intensifs. *Revue Médicale Suisse*, 4, 2696–2701.
- Siegenthaler, N., Giraud, R., Piriou, V., Romand, J. A., & Bendjelid, K. (2010). Altérations de la microcirculation dans les états de choc: Physiopathologie, surveillance et traitement. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 29(2), 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.annfar.2009.10.023>

- Silverstein, D. C., & Hopper, K. (2015). *Small animal critical care medicine. Physical examination and daily assessment of the critically ill patient.* (Elsevier Saunders, Ed.) (2nd ed.).
- Takeyama, M., Matsunaga, A., Kakihana, Y., Masuda, M., Kuniyoshi, T., & Kanmura, Y. (2011). Impact of skin incision on the pleth variability index. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *25*(4), 215–221. <https://doi.org/10.1007/s10877-011-9298-9>
- Teixeira, L. G., Martins, L. R., Schimites, P. I., de Oliveira, R. B., Bonella, J., Campos, R. V., ... Soares, A. V. (2018). Peripheral perfusion index does not accurately reflect hypoperfusion in healthy dogs undergoing elective ovariohysterectomy. *Veterinary Journal*, *240*, 27–30. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.09.003>
- Van Genderen, M. E., Bartels, S. A., Lima, A., Bezemer, R., Ince, C., Bakker, J., & Van Bommel, J. (2013). Peripheral perfusion index as an early predictor for central hypovolemia in awake healthy volunteers. *Anesthesia and Analgesia*, *116*(2), 351–356. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e318274e151>
- Van Genderen, M. E., Paauwe, J., Jonge, J., Valk, R. J. P., Lima, A., Bakker, J., & Bommel, J. (2014). Clinical assessment of peripheral perfusion to predict postoperative complications after major abdominal surgery early: A prospective observational study in adults. *Critical Care*, *18*(3), 1–13. <https://doi.org/10.1186/cc13905>
- Van Genderen, M. E., Van Bommel, J., & Lima, A. (2012). Monitoring peripheral perfusion in critically ill patients at the bedside. *Current Opinion in Critical Care*, *18*(3), 273–279. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e3283533924>
- Wagner, M. C., Hecker, K. G., & Pang, D. S. J. (2017). Sedation levels in dogs: A validation study. *BMC Veterinary Research*, *13*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1027-2>

ANNEXE

Annexe 1 : Fiche d'inclusion des animaux

Fiche d'inclusion N° ____

Sur ANIMAL VIGILE

N° Dossier	Race :	<u>Examen Clinique</u> FR : FC : TRC gingival : (3 mesures) T° rectale : <u>T° périphérique</u> Oreille D : Oreille G : Babine : Autre :	<u>PA</u> Brassard : PAS : PAM : PAD :
	Couleur :		
Intervention :	Age :	Sexe :	Lactatémie : (Si cathéter)
	Poids :		
	SC :		

Oxymétrie de pouls					
		Oreille Droite	Oreille Gauche	Babine	Vulve / Prépuce
Sans compresse	FC				
	SpO2				
	IPP				
Avec compresse (1 seule non pilée)	FC				
	SpO2				
	IPP				

Sur ANIMAL SEDATE

Protocole (molécule, dose, route, heure) :

<u>Examen Clinique</u> FR : FC : TRC gingival : (3 mesures) T° rectale : <u>T° périphérique</u> Oreille D : Oreille G : Babine : Autre :	<u>PA</u> Brassard : PAS : PAM : PAD :
--	--

Score de Sédation :

Attitude générale	Excitable (0) / Normale (1)	
Posture	Debout (0) / Fatigué (1) Couché pouvant se lever (2) Couché pouvant se lever difficilement (3) Incapable de se lever (4)	
Réponse au stimuli	Normale (0) / Réduite (1) Faible (2) / Aucune (3)	
Position de l'œil :	Central (0) / Basculé (1) Caché par la 3 ^{ème} paupière (2)	
Total :		/ 10

Oxymétrie de pouls						
Sans compresse	FC	Oreille Droite	Oreille Gauche	Babine	Vulve / Prépuce	Langue (<i>si possible</i>)
	SpO2					
	IPP					
Avec compresse <small>(1 seule non plâtrée)</small>	FC					
	SpO2					
	IPP					

Sur ANIMAL ANESTHESIE : suivi des mesures

Temps (q 15mn)																				
Notes <small>(Incision, etc.)</small>																				
Fluidothérapie (mL/kg)																				
ISO %																				
FR																				
FC																				
TRC (<i>gingival</i>)																				
PAS																				
PAM																				
PAD																				
T° centrale																				
SpO2 (<i>langue</i>)																				
IPP (<i>langue</i>)																				
IPP (<i>langue</i>) Cp																				
Oreille	T°																			
	IPP																			
	IPP cp																			
Babine	T°																			
	IPP																			
	IPP cp																			

AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussigné, Giovanni MOGICATO, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de Diane ROUSSEAU intitulée « Etablissement de l'intervalle de référence de l'index de perfusion obtenu par oxymétrie de pouls chez le chien sain vigile et anesthésié » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

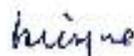
Fait à Toulouse, le 25/09/2019
Professeur Giovanni MOGICATO
Enseignant-chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



Vu :
Le Directeur par intérim de l'Ecole
Nationale Vétérinaire de Toulouse
Frédéric BOUSQUET



Vu :
Le Président du jury :
Professeur Christian VIRENQUE



Vu et autorisation de l'impression :
Présidente de l'Université Paul Sabatier
Madame Régine ANDRÉ-OBRECHT



Mme Diane ROUSSEAU
a été admis(e) sur concours en : 2014
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 18/07/2018
a validé son année d'approfondissement le : 24/09/2019
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.



NOM : ROUSSEAU

PRENOM : Diane

TITRE : Etablissement de l'intervalle de référence de l'index de perfusion obtenu par oxymétrie de pouls chez le chien sain vigile et anesthésié

RESUME : L'indice de perfusion périphérique (IPP) est dérivé de la courbe pléthysmographique obtenue par l'oxymètre de pouls, un outil de mesure fiable, continu et non-invasif. Il est défini comme le rapport entre la composante pulsatile et non pulsatile du signal pléthysmographique.

Chez l'homme, l'IPP a déjà démontré plusieurs utilités, hormis celle d'approcher l'état de la perfusion périphérique : facteur pronostic chez le patient critique, marqueur d'hypotension ou de nociception peropératoire. En médecine vétérinaire, l'oxymètre de pouls fait partie de la surveillance standard des carnivores domestiques, ce qui permet de disposer facilement du signal et des paramètres pléthysmographiques.

Notre étude a permis d'établir des valeurs usuelles de l'IPP, sur 45 chiens sains vigiles puis anesthésiés et ce, sur plusieurs sites : langue, babine, oreille, vulve ou prépuce.

De plus, nous avons pu montrer qu'il existe une forte corrélation entre la pigmentation de la robe de l'animal et la non-acquisition du signal pléthysmographique. Ceci est le facteur limitant de la prise de mesure sur la babine ou l'oreille.

L'IPP a également pu être décrit lors de la sédation puis de l'anesthésie générale en fonction de deux protocoles anesthésiques : il diminue fortement chez les animaux prémédiqués du groupe « Médétomidine », mais ne semble pas être affecté chez ceux du groupe « Acépromazine ».

MOTS-CLES : Indice de perfusion périphérique ; Intervalle de référence ; Anesthésie ; Oxymétrie de pouls ; Chien

TITLE : Reference index of peripheral perfusion index derived from the pulse oximeter in healthy awake and anesthetized dogs

ABSTRACT : Peripheral Perfusion Index (PI) is derived from the plethysmographic curve obtained by the pulse oximeter, a reliable, continuous and non-invasive process. PI is the ratio between the pulsatile and nonpulsatile component of the plethysmographic signal.

In human medicine, PI has already shown many uses, in addition to approach the state of peripheral perfusion : prognosis value in critical patient, hypotension or perioperative nociception marker, etc. In veterinary medicine, the pulse oximeter is often available for monitoring the patient, making it easy to obtain the plethysmographic signal and PI.

The objective of our study is to found another measurement site that the tongue and set PI reference intervals in healthy dogs. We determined PI reference intervals, obtained on 45 healthy, awake and anesthetizes dogs, and on several measurement sites: tongue, lip, ear, vulva and foreskin.

Moreover, we show a strong correlation between the skin pigmentation and the fail to get a plethysmographic signal. This is the main limiting factor to take the PI on the lip or the ear.

We also describe a PI variation according to the sedation protocol: it decreases strongly in the "Medetomidine" group but does not seem to be affected in those of the group "Acepromazine".

KEY WORDS : Perfusion index ; Reference Index ; Anesthesia ; Pulse oximeter ; Dog