



HAL
open science

Taille des fenêtrages opératoires obtenues par thoracotomies latérales intercostale et trans-costale : étude expérimentale

Jordan Manhes

► **To cite this version:**

Jordan Manhes. Taille des fenêtrages opératoires obtenues par thoracotomies latérales intercostale et trans-costale : étude expérimentale. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. dumas-03845370

HAL Id: dumas-03845370

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03845370v1>

Submitted on 9 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ANNEE 2022 THESE : 2022– TOU 3 – 4071

TAILLE DES FENETRES OPERATOIRES OBTENUES PAR THORACOTOMIES LATERALES INTERCOSTALE ET TRANS-COSTALE : ETUDE EXPERIMENTALE

THESE D'EXERCICE
pour obtenir le titre de
DOCTEUR VETERINAIRE
DIPLOME D'ETAT

*présenté et soutenu publiquement
Devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse
Par*

MANHES Jordan

Directeur de thèse : Mme Patricia MEYNAUD-COLLARD

JURY

PRESIDENT :
Monsieur Nicolas BONNEVIALLE

Professeur à l'Université Paul Sabatier de TOULOUSE

ASSEESSEURES :
Mme Patricia MEYNAUD-COLLARD
Mme Sophie PALIERNE

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :
M. Rafael BERNARDES

Docteur vétérinaire à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

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

**Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire
Directeur : Professeur Pierre SANS**

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTION-
NELLE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-
cour*
Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

**PROFESSEURS 1^{ère}
CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*

**PROFESSEURS 2^{ème}
CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*

- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
 Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
 M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
 Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
 M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
 Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
 Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
 M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
 M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
 M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
 Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
 Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
 M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NOR- MALE
--

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

INGENIEURS DE RE- CHERCHE

M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*
M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*
Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*
Mme **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*

A MONSIEUR le Professeur Nicolas BONNEVIALLE

Professeur des Universités

Département Chirurgie Orthopédique et Traumatologique

Praticien Universitaire - Praticien Hospitalier

Qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de cette thèse,
Hommages respectueux.

A MADAME le Docteur Vétérinaire Patricia MEYNAUD-COLLARD

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE,

Pathologie Chirurgicale

Qui est en grande partie à l'origine de cette thèse,
Qui m'a accompagné, soutenu et aidé dans l'élaboration de ce travail,
Sincères remerciements.

A MADAME le Docteur Vétérinaire Sophie PALIERNE

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE,

Pathologie Chirurgicale

Qui a très aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse,
Sincères remerciements.

A MONSIEUR le Docteur Vétérinaire Rafael BERNARDES

Praticien Hospitalier à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Pathologie Chirurgicale

Qui a été d'un grand soutien et une source d'inspiration,
Qui m'a accompagné dans l'élaboration de ce travail,
Pour sa bienveillance et son attention,
Pensées respectueuses.

Table des matières

Table des illustrations.....	12
Table des tableaux.....	15
INTRODUCTION	17
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	21
I. Anatomie de la cage thoracique du chien.....	22
I.1. Introduction.....	2222
I.2. La charpente osseuse	24
I.2.1. Le rachis.....	24
I.2.2. Les côtes	25
I.2.3. Le sternum	29
I.3. La plèvre pariétale	29
I.4. La musculature	31
I.4.1. Muscles du plan profond	31
I.4.1.1. Muscles intercostaux internes	32
I.4.1.2. Muscles intercostaux externes	33
I.4.1.3. Muscles dentelés du thorax.....	35
I.4.1.4. Muscle scalène dorsal.....	36
I.4.1.5. Muscle oblique externe	36
I.4.1.6. Muscle droit de l'abdomen.....	36
I.4.1.7. Muscles pectoraux.....	36
I.4.2. Muscles du plan superficiel	37
I.4.2.1. Muscle grand dorsal.....	37
I.4.2.2. Muscle cutané du tronc	38
I.4.2.3. Muscle pectoral descendant.....	38
I.5. La peau	41
I.6. La vascularisation et l'innervation.....	41
II. Physiologie de la respiration	43
II.1. Introduction.....	43
II.2. L'inspiration	44

II.3. L'expiration.....	47
II.4. Répercussions d'une intervention chirurgicale.....	48
III. Les thoracotomies latérales	49
III.1. Introduction.....	49
III.2. Les indications	49
III.3. Les contre-indications.....	52
III.4. Le matériel.....	53
III.5. Description des techniques chirurgicales	55
III.5.1. Thoracotomie latérale intercostale (droite ou gauche).....	55
III.5.1.1. Temps pré-opératoire.....	55
III.5.1.2. Temps opératoire	57
III.5.2. Thoracotomie latérale trans-costale (droite ou gauche)	62
III.5.2.1. Temps pré-opératoire	62
III.5.2.2. Temps opératoire	63
III.6. La surveillance post-opératoire	65
III.7. Les incidents et les complications	67
III.8. La gestion de l'analgésie.....	69
MATERIELS ET METHODES	73
I. Introduction	74
II. Les animaux.....	74
III. Le matériel	74
IV. La procédure chirurgicale.....	74
IV.1. Thoracotomie latérale intercostale.....	76
IV.2. Thoracotomie latérale trans-costale	76
V. La réalisation des photographies	77
VI. La réalisation des mesures.....	78
VII. Analyses statistiques	82
RESULTATS	83
I. Etude de la répétabilité des mesures	84
II. Comparaison des thoracotomies.....	86

II.1. Sans écartement.....	86
II.2. Avec un écarteur auto-statique.....	93
DISCUSSION	101
CONCLUSION	109
BIBLIOGRAPHIE	111

Table des illustrations

FIGURE 1 : SCHEMA DE DISSECTION DU THORAX ET DES TRAJETS NERVEUX, VUE LATÉRALE GAUCHE (EVANS ET DE LAHUNTA, 2013)	22
FIGURE 2 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE D'INCIDENCE DORSO-VENTRALE D'UN CHIEN (IMAGERIE MEDICALE DE L'ENVTC)	23
FIGURE 3 : RADIOGRAPHIE THORACIQUE D'INCIDENCE LATÉRALE D'UN CHIEN (IMAGERIE MEDICALE DE L'ENVTC)	24
FIGURE 4 : VERTEBRES THORACIQUES DE CHIEN (VUE LATÉRALE) (BARONE, 1986)	24
FIGURE 5 : VERTEBRES THORACIQUES CHEZ LE CHIEN.....	25
FIGURE 6: CHARPENTE OSSEUSE DE LA CAVITÉ THORACIQUE EN VUE VENTRALE (EVANS, 2013)	26
FIGURE 7 : CHARPENTE OSSEUSE DE LA CAVITÉ THORACIQUE EN VUE LATÉRALE (EVANS, 2013).....	26
FIGURE 8 : REPRESENTATION D'UNE CÔTE STERNALE DE CHIEN EN VUE TRANSVERSALE (BARONE, 1986)	26
FIGURE 9 : COUPE TRANSVERSALE DE LA JONCTION COSTO-VERTEBRALE D'UNE VERTEBRE DE CHIEN (SCHÜNKE, 2005).....	27
FIGURE 10 : PHOTOGRAPHIE D'UN STERNUM DE CHIEN (BIBLIOTHEQUE NUMERIQUE ENVTC).....	29
FIGURE 11 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES PLEVRES ET DU PERICARDE CHEZ LE CHIEN (COUPE TRANSVERSALE DU THORAX) (COLLIN B., ANATOMIE DU CHIEN, 2006)	30
FIGURE 12 : COUPE TRANSVERSALE DE LA PAROI THORACIQUE (VUE CAUDALE) (EVANS ET DE LAHUNTA, 2013).....	32
FIGURE 13 : POSITION DES MUSCLES INTERCOSTAUX ET DE LA TRIADE VEINE-ARTERE-NERF DE LA CÔTE CHEZ LE CHIEN (SCHÜNKE, 2005)	33
FIGURE 14: PLAN PROFOND MUSCULAIRE DE LA PAROI THORACIQUE (VUE LATÉRALE GAUCHE) (J. RUBERTE ET AL., 1996)	34
FIGURE 15: MYOLOGIE PROFONDE DU THORAX APRES RETRAIT DES MUSCLES PECTORAUX ET GRAND DORSAL (EVANS ET DE LAHUNTA, 2013)	35
FIGURE 16 : VUE VENTRALE DE LA MUSCULATURE THORACIQUE CRANIALE (EVANS ET DE LAHUNTA, 2013)	37
FIGURE 17 : PLAN SUPERFICIEL MUSCULAIRE DE LA PAROI THORACIQUE (VUE LATÉRALE GAUCHE). LE MUSCLE CUTANE DU TRONC A ETE INCISE (J. RUBERTE ET AL., 1996)	38
FIGURE 18 : MYOLOGIE SUPERFICIELLE DU THORAX (EVANS ET DE LAHUNTA, 2013).....	38
FIGURE 19 : VASCULARISATION ARTERIELLE DE LA PAROI THORACIQUE (EVANS ET DE LAHUNTA, 2013)	41
FIGURE 20 : TOPOGRAPHIE DES VEINES DE LA PAROI THORACIQUE (TOBIAS AND JOHNSTON, 2012).....	42
FIGURE 21 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES VARIATIONS DE PRESSION INTRAPULMONAIRE LORS DE L'INSPIRATION (POINTILLES) ET DE L'EXPIRATION PERMISES GRACE AU VIDE PLEURAL (DYCE ET AL., 2010)	43
FIGURE 22 : SCHEMA DE L'ACTION DU MUSCLE INTERCOSTAL INTERNE CHEZ LE CHIEN (SCHÜNKE, 2005)	44
FIGURE 23 : SCHEMA D'UNE VUE LATÉRALE DU THORAX AVEC SILHOUETTE DIAPHRAGMATIQUE (EN ROUGE) D'UN CHIEN EN INSPIRATION (POINTILLES) ET EXPIRATION (TRAIT PLEIN) (DYCE ET AL., 2010).....	45
FIGURE 24 : SCHEMA REPRESENTANT LE MOUVEMENT EN « ANSE DE SEAU » (SCHÜNKE, 2005)	46
FIGURE 25 : SCHEMA DE L'ACTION DU MUSCLE INTERCOSTAL EXTERNE CHEZ LE CHIEN (SCHÜNKE, 2005)	47
FIGURE 26 : ECARTEUR DE FINOCHIETTO (A GAUCHE) ET DE GELPI (A DROITE) (TOBIAS ET JOHNSTON, 2013).....	54
FIGURE 27 : RUGINE (TOBIAS ET JOHNSTON, 2013).....	55
FIGURE 28 : PINCE DE LINSTON (TOBIAS ET JOHNSTON, 2013).....	55
FIGURE 29 : SCHEMA DES ETAPES DE LA THORACOTOMIE INTERCOSTALE (TOBIAS & JOHNSTON, 2012).....	59
FIGURE 30 : ABORD DE LA 5EME CÔTE - LA TÊTE DU CHIEN EST A GAUCHE.	60
FIGURE 31 : SUTURE D'UNE THORACOTOMIE INTERCOSTALE.....	62

<u>FIGURE 32 : ETAPES FINALES DE LA THORACOTOMIE TRANS-COSTALE (UP CHIRURGIE – ENVT©)</u>	64
<u>FIGURE 33 : PRESENTATION D'UNE VARIANTE DE LA THORACOTOMIE TRANS-COSTALE PAR PIVOTEMENT DE LA 5^{EME} COTE - LA TETE DU CHIEN EST A GAUCHE.</u>	65
<u>FIGURE 34 : SUTURE D'UNE THORACOTOMIE PAR RESECTION COSTALE : SUTURE DE LA PLEVRE ET DU PERIOSTE PAR DES POINTS PREPLACES EN U (ORTON ET MONNET, 2018).</u>	66
<u>FIGURE 35 : ANESTHESIE PAR BLOC LOCOREGIONAL DES NERFS INTERCOSTAUX AVANT LA RECONSTRUCTION D'UNE STERNOTOMIE (DR. PATTI SURA).</u>	72
<u>FIGURE 36 : PHOTOGRAPHIES D'UNE THORACOTOMIE LATERALE AVEC MISE EN PLACE D'UNE REGLE, D'UN METRE RUBAN, AVANT ET APRES AVOIR PLACE UN TISSU DANS LA CAVITE THORACIQUE.</u>	77
<u>FIGURE 37 : MISE EN PLACE D'UN ECARTEUR DE FINOCHIETTO</u>	78
<u>FIGURE 38 : TRAÇAGE D'UN SEGMENT POUR L'ÉTALONNAGE DE L'IMAGE SUR LE LOGICIEL IMAGEJ</u>	79
<u>FIGURE 39 : ETALONNAGE DE L'IMAGE SUR LE LOGICIEL IMAGEJ</u>	80
<u>FIGURE 40 : DELIMITATION DE L'OUVERTURE CHIRURGICALE SUR LE LOGICIEL IMAGEJ A L'AIDE DE L'OUTIL « POLYGONE »</u>	80
<u>FIGURE 41 : REPETITION DES MESURES POUR L'OBTENTION DES DONNEES D'AIRE ET DE PERIMETRE SUR LE LOGICIEL IMAGEJ</u>	80
<u>FIGURE 42 : DETERMINATION DE LA LONGUEUR VENTRO-DORSALE (A GAUCHE) ET DE LA LARGEUR CRANIO-CAUDALE (A DROITE) DE L'OUVERTURE CHIRURGICALE SUR LE LOGICIEL IMAGEJ</u>	81
<u>FIGURE 43 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES MESURES D'AIRES DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES SANS ECARTEUR ET PAR CHIEN</u> ..	86
<u>FIGURE 44 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES MESURES DE PERIMETRES DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES SANS ECARTEUR ET PAR CHIEN</u>	86
<u>FIGURE 45 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES MESURES DE LONGUEURS DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES SANS ECARTEUR ET PAR CHIEN</u>	87
<u>FIGURE 46 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES MESURES DE LARGEURS DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES SANS ECARTEUR ET PAR CHIEN</u>	87
<u>FIGURE 47 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DIFFERENCES D'AIRES DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES SANS ECARTEUR ET PAR CHIEN</u>	88
<u>FIGURE 48 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DIFFERENCES DE PERIMETRES DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES SANS ECARTEUR ET PAR CHIEN</u>	88
<u>FIGURE 49 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DIFFERENCES DE LONGUEURS DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES SANS ECARTEUR ET PAR CHIEN</u>	89
<u>FIGURE 50 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DIFFERENCES DE LARGEURS DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES SANS ECARTEUR ET PAR CHIEN</u>	90
<u>FIGURE 51 : PHOTOGRAPHIES DU CHIEN 1 SANS ECARTEMENT : A GAUCHE, LA THORACOTOMIE INTERCOSTALE ; A DROITE, LA THORACOTOMIE TRANS-COSTALE</u>	90
<u>FIGURE 52 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES MESURES D'AIRES DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE ET PAR CHIEN</u>	94
<u>FIGURE 53 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES MESURES DE PERIMETRES DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE ET PAR CHIEN</u>	94

<u>FIGURE 54 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES MESURES DE LONGUEURS DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE ET PAR CHIEN</u>	95
<u>FIGURE 55 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES MESURES DE LARGEURS DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE ET PAR CHIEN</u>	95
<u>FIGURE 56 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DIFFERENCES D'AIRES DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE ET PAR CHIEN</u>	96
<u>FIGURE 57 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DIFFERENCES DE PERIMETRES DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE ET PAR CHIEN</u>	97
<u>FIGURE 58 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DIFFERENCES DE LONGUEURS DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE ET PAR CHIEN</u>	97
<u>FIGURE 59 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DIFFERENCES DE LARGEURS DES THORACOTOMIES INTERCOSTALES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE ET PAR CHIEN</u>	98
<u>FIGURE 60 : PHOTOGRAPHIES DU CHIEN 1 AVEC ECARTEMENT : A GAUCHE, LA THORACOTOMIE INTERCOSTALE ; A DROITE, LA THORACOTOMIE TRANS-COSTALE</u>	98

Table des tableaux

<u>TABLEAU 1 : TABLEAU RECAPITULATIF DES FONCTIONS DES MUSCLES DU PLAN SUPERFICIEL DE LA REGION THORACIQUE</u>	39
<u>TABLEAU 2 : TABLEAU RECAPITULATIF DES FONCTIONS DES MUSCLES DU PLAN PROFOND DE LA REGION THORACIQUE</u>	40
<u>TABLEAU 3 : AFFECTIONS NECESSITANT LA MISE EN PLACE D'UNE THORACOTOMIE</u>	51
<u>TABLEAU 4 : LOCALISATION DES DIFFERENTS ORGANES AU SEIN DU MEDIASTIN (BARONE, 2007)</u>	52
<u>TABLEAU 5 : LOCALISATION PREFERENTIELLE DU SITE DE THORACOTOMIE INTERCOSTALE EN FONCTION DES VISCERES A ABORDER (HALFACREE ET LIPATCK, 2018)</u>	56
<u>TABLEAU 6 : MORTALITE POST-OPERATOIRE ET A COURT TERME A LA SUITE D'UNE THORACOTOMIE (ETUDES ENVA (2010-</u>	69
<u>TABLEAU 7 : MORTALITE DES PATIENTS EN FONCTION DE LA VOIE D'ABORD (TATTERSALL ET WELSH, 2006 ; BLEAKEY ET AL., 2017)</u>	69
<u>TABLEAU 8 : MATERIEL NECESSAIRE POUR LA REALISATION DES THORACOTOMIES</u>	75
<u>TABLEAU 9 : VALEURS DES INCERTITUDES DES DIFFERENTES MESURES REALISEES SANS OU AVEC ECARTEUR POUR LES THORACOTOMIES INTERCOSTALE</u>	82
<u>TABLEAU 10 : VALEURS DES INCERTITUDES DES DIFFERENTES MESURES REALISEES SANS OU AVEC ECARTEUR POUR LES THORACOTOMIES TRANS-COSTALE</u>	83
<u>TABLEAU 11 : VALEURS DES INCERTITUDES DES DIFFERENTES MESURES REALISEES SANS OU AVEC ECARTEUR POUR LES THORACOTOMIES TRANS-COSTALES</u>	84
<u>TABLEAU 12 : VALEURS, MOYENNES ET ECART-TYPES DES DIFFERENTES MESURES REALISEES SANS ECARTEUR POUR LES THORACOTOMIES TRANS-COSTALES</u>	85
<u>TABLEAU 13 : DIFFERENCES CALCULEES ENTRE LES 2 TYPES DE THORACOTOMIES (DONNEES MESUREES SANS ECARTEMENT)</u>	89
<u>TABLEAU 14 : COMPARAISON PAR PARAMETRES MESURES DES THORACOTOMIES INTER- ET TRANS-COSTALE SANS ECARTEMENT</u>	91
<u>TABLEAU 15 : VALEURS, MOYENNES ET ECART-TYPES DES DIFFERENTES MESURES REALISEES AVEC UN ECARTEUR AUTO-STATIQUE POUR LES THORACOTOMIES INTERCOSTALES</u>	92
<u>TABLEAU 16 : VALEURS, MOYENNES ET ECART-TYPES DES DIFFERENTES MESURES REALISEES AVEC UN ECARTEUR AUTO-STATIQUE POUR LES THORACOTOMIES TRANS-COSTALES</u>	93
<u>TABLEAU 17 : DIFFERENCES CALCULEES ENTRE LES 2 TYPES DE THORACOTOMIES (DONNEES MESUREES AVEC ECARTEUR AUTO-STATIQUE)</u> 96	
<u>TABLEAU 18 : COMPARAISON DES THORACOTOMIES INTER ET TRANS-COSTALE SANS ECARTEMENT A TRAVERS LES 4 PARAMETRES ETUDIES</u>	99

INTRODUCTION

Une thoracotomie consiste en une incision chirurgicale de la paroi thoracique en vue d'accéder à l'espace pleural sous-jacent. Il s'agit d'un temps préliminaire à toute intervention sur les organes thoraciques. Cette voie d'abord induit la rupture du vide pleural au sein de la cavité thoracique, ce qui génère l'incapacité de respirer (Evans, 2013). Cette opération chirurgicale nécessite de la technicité, des infrastructures adaptées et une surveillance rapprochée du patient que ce soit en pré-, per- et post-opératoire (Tobias & Johnston, 2012).

Contrairement aux techniques médicales non invasives, elle permet un accès direct aux organes thoraciques. Il s'agit d'une intervention majeure qui doit être réalisée sous anesthésie générale, au sein d'un bloc opératoire adaptée et avec une respiration mécaniquement assistée.

Il est difficile d'évaluer la morbidité ou même la mortalité induite par une thoracotomie. Ces paramètres sont fortement influencés par le type de voie d'abord choisi, l'organe cible et l'affection à traiter (Roth et al., 1986).

Peu d'études s'intéressent à la thoracotomie en tant que telle. Il s'agit d'un acte peu fréquemment réalisé seul que ce soit en médecine humaine ou vétérinaire. Ainsi, la plupart des études porte sur les répercussions de la prise en charge et le traitement d'affections ciblées pour laquelle la thoracotomie ne représente qu'une voie d'abord (Parvizi et al., 2006) (Gibson et al., 2013).

Plusieurs techniques sont décrites, ce qui permet au chirurgien de s'adapter en fonction des indications qu'elles soient cardiaques, vasculaires, pulmonaires, digestives, médiastinales, lymphatiques, pariétales ou encore pleurales.

Les thoracotomies sont classées en fonction de leurs localisations ventrale, latérale ou interne :

- les thoracotomies ventrales, regroupant :

- la sternotomie médiane ou thoracotomie sternale qui consiste à réaliser une incision longitudinale des sternèbres en conservant soit le manubrium sternal, soit le processus xiphoïde intacts ;

- la thoracotomie trans-sternale qui résulte de deux thoracotomies intercostales droite et gauche mises en continuité par une ostéotomie transverse du sternum. Elle offre une large fenêtre opératoire (Tobias & Johnston, 2012) ;

- la thoracotomie caudale ou trans-diaphragmatique qui permet d'accéder aux organes thoraciques au travers du diaphragme (incision dans un des piliers du diaphragme ou dans le tendon central), après laparotomie médiane ;

- les thoracotomies latérales : elles ne permettent d'accéder qu'à un hémithorax. Elle est réalisée en regard du tissu ou de l'organe cible. Deux techniques chirurgicales sont décrites :

- la thoracotomie intercostale : c'est la plus ancienne mais est toujours pratiquée. L'incision est réalisée latéralement entre deux côtes, au niveau de l'espace inter-costal ;

- la thoracotomie trans-costale : plus récente, elle consiste à inciser la paroi thoracique au niveau d'une côte, après avoir procédé à l'exérèse de cette dernière. Elle est réputée pour offrir un meilleur accès aux organes, réduire la douleur post-opératoire et permettre une meilleure récupération du patient ;

- la thoracoscopie : c'est une technique chirurgicale mini-invasive. Elle est encore en cours en développement en médecine vétérinaire. Elle ne permet pas de réaliser les interventions portant sur des organes volumineux.

Chaque thoracotomie est plus ou moins adaptée en fonction de la localisation de la pathologie et de la physiologie thoracique de l'animal. La cavité thoracique étant profonde et étroite sur un plan transversal chez les chats et de nombreuses races de chiens, la thoracotomie intercostale offre un bon accès pour la majorité des procédures chirurgicales. La sternotomie est recommandée pour une intervention chirurgicale dans le médiastin crânial et pour avoir un accès simultané aux deux cavités thoraciques (Sündermann et al., 2014).

Les taux de complications des thoracotomies est important et s'élèvent à 95% (thèse ENVA, 2020). Les hémorragies, l'hypoxie, la douleur, l'emphysème sous-cutané et les séromes sont les complications les plus courantes suite à une thoracotomie. (Tattersall et Welsh, 2006 ; Moores et al., 2007 ; Hunt, 2012). Ce taux de complication est lié à la thoracotomie envisagée. Il apparaît que la sternotomie médiane présente un pourcentage de morbi-mortalité plus élevé que les interventions pratiquées par un abord latéral (Halfacree et Liptak, 2018 ; Orton et Monnet, 2018). Ainsi, les thoracotomies latérales (intercostale et trans-costale) sont plus fréquemment mises en place en médecine vétérinaire, devant la thoracotomie sternale, la thoracotomie trans-diaphragmatique, la thoracotomie trans-sternale. Elles sont privilégiées si la lésion est assez circonscrite ou localisée à un seul hémithorax, du fait de leur facilité de mise en pratique et leurs moindres complications post-opératoires.

Afin de minimiser les accidents et les complications chirurgicales, de nouvelles procédures, issues des domaines de la chirurgie mini-invasive et de la vidéo-chirurgie, ont vu le jour. Ces dernières restent néanmoins insuffisamment exploitées dans le milieu vétérinaire, en raison de la forte technicité et de la nécessité d'acquérir un matériel dédié coûteux (Bowdish et al., 2016). La

réalisation de thoracoscopies se limite actuellement aux Centres Hospitaliers Vétérinaires. Elles ne seront pas abordées dans ce travail.

Bien que réalisées le plus fréquemment, aucune étude n'a permis de quantifier précisément les différences (taille de la fenêtre chirurgicale, douleur) entre les 2 types de thoracotomies latérales, d'où l'élaboration de ce travail, visant à tenter d'évaluer la taille de la fenêtre chirurgicale pour commencer.

Dans un premier temps, nous réaliserons une étude des données bibliographiques portant sur les thoracotomies latérales, en prenant en compte l'anatomie de la paroi thoracique et l'aspect pratique de cet acte chirurgical. Dans un second temps, nous présenterons les matériels et méthodes de l'étude expérimentale réalisée à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT) ainsi que les résultats obtenus. Pour finir, une discussion portant sur les améliorations et les poursuites possibles de notre étude ainsi qu'une critique sur ce travail viendront clore le document.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Anatomie de la cage thoracique du chien

I.1. Introduction

La cage thoracique est une structure musculo-squelettique qui abrite les différents organes thoraciques (Figure 1).

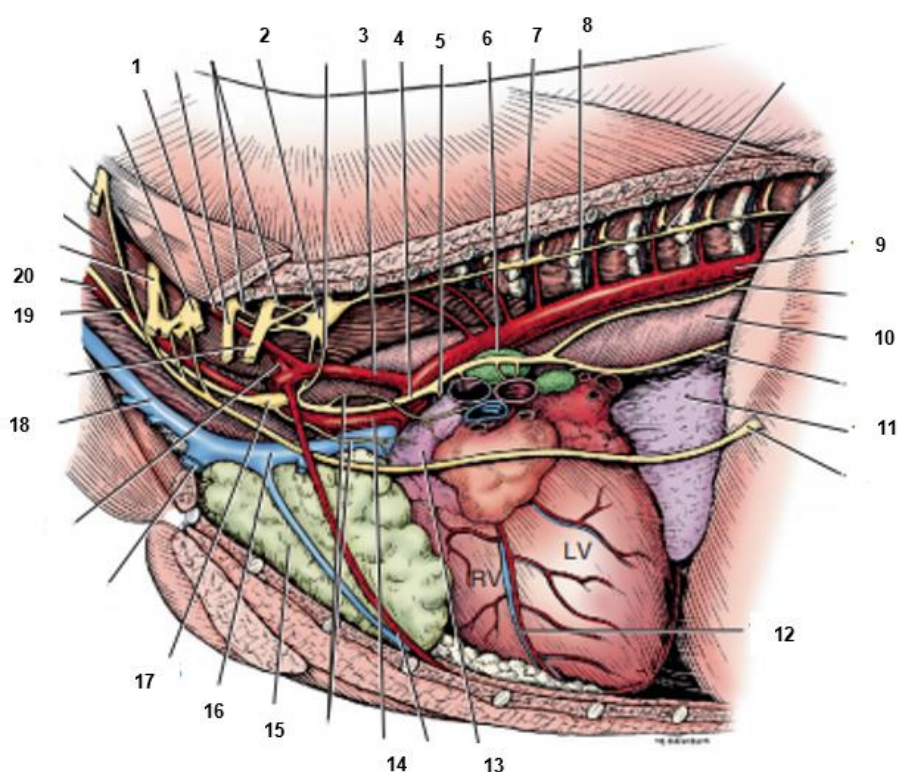


Figure 1 : Schéma de dissection du thorax et des trajets nerveux, vue latérale gauche (Evans et de Lahunta, 2013)

Légendes : 1 : artère vertébrale ; 2 : nœud lymphatique cervico-thoracique gauche ; 3 : artère sous-clavière ; 4 : nerf vague gauche ; 5 : nerf laryngé récurrent gauche ; 6 : nœud lymphatique trachéo-bronchique gauche ; 7 : nœud lymphatique du tronc sympathique ; 8 : tronc sympathique ; 9 : aorte ; 10 : œsophage ; 11 : lobe accessoire du poumon droit ; 12 : cœur ; 13 : tronc pulmonaire ; 14 : tronc brachio-céphalique ; 15 : thymus ; 16 : veine cave crâniale ; 17 nœud lymphatique cervical moyen ; 18 veine jugulaire ; 19 : tronc vagosympathique ; 20 : artère carotide commune

Elle est de forme pyramidale et est aplatie latéro-latéralement chez les carnivores domestiques (Figure 2) (Evans, 2013).

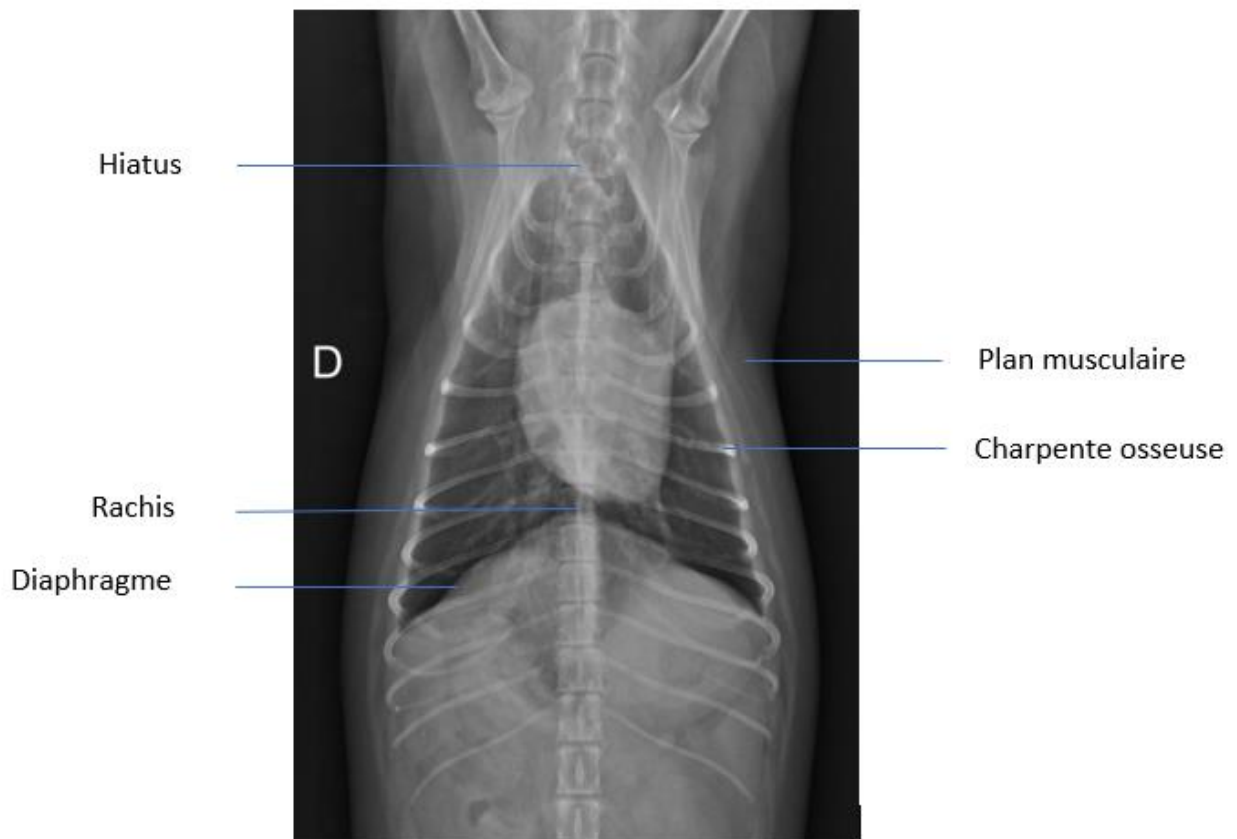


Figure 2 : Radiographie thoracique d'incidence ventro-dorsale d'un chien (Imagerie Médicale de l'ENVT©)

Elle est limitée :

- latéralement par les côtes et les muscles intercostaux (Figure 2) ;
- ventralement par le sternum (Figure 2) ;
- dorsalement par les vertèbres thoraciques (rachis), les disques intervertébraux, les articulations des têtes costales ainsi que le ligament longitudinal ventral et le muscle long du cou (Figure 2) ;
- et caudalement par le diaphragme (Figures 2 et 3) (Barone, 2010) (Tobias & Johnston, 2012).

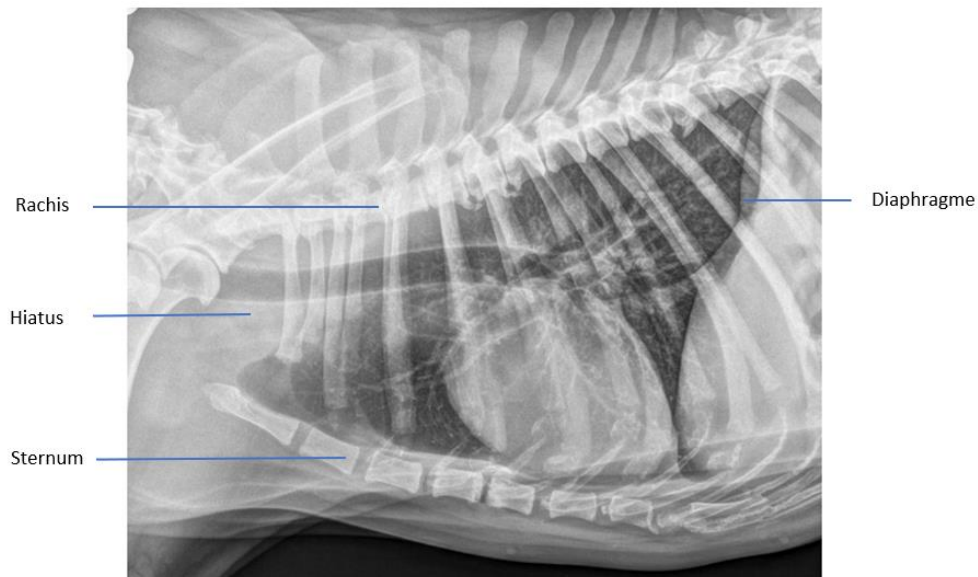


Figure 3 : Radiographie thoracique d'incidence latérale d'un chien (Imagerie Médicale de l'ENVT©)

L'entrée thoracique se situe au niveau du hiatus, entre la première paire de côtes, le sternum et le rachis (Figure 3). A travers cette entrée, nous retrouvons le passage de l'œsophage, la trachée, les grandes artères, veines et les nerfs tels que le phrénique, le vague et le larynx récurrent (Constantinescu, 2005).

I.2. La charpente osseuse

I.2.1. Le rachis

Chez les carnivores domestiques, il est dénombré treize vertèbres thoraciques (Figure 4). Les neuf premières sont similaires. Les quatre dernières présentent des différences mineures, tels que des corps vertébraux plus courts que ceux des vertèbres cervicales et lombaires.

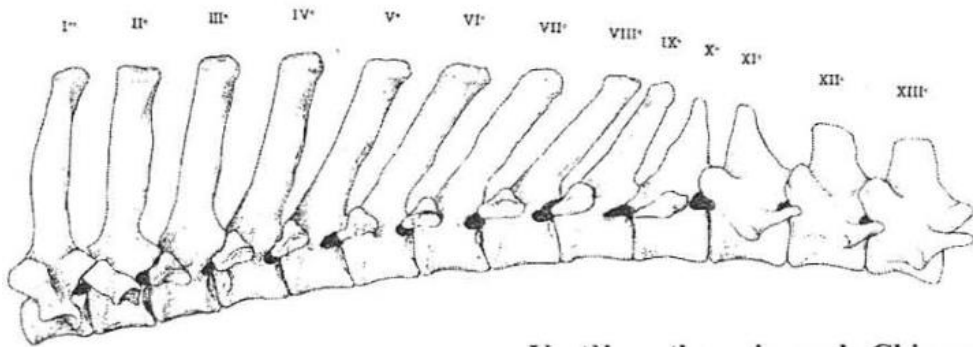


Figure 4 : Vertèbres thoraciques de chien (vue latérale) (Barone, 1986)

Chaque vertèbre thoracique possède, de chaque côté, deux fossettes nommées fovéas costales (crâniale et caudale), qui sont articulées avec les têtes des côtes (Figures 4 et 5). La 12^{ème} et la 13^{ème} vertèbres thoraciques présentent uniquement une fovéa crâniale de chaque côté.

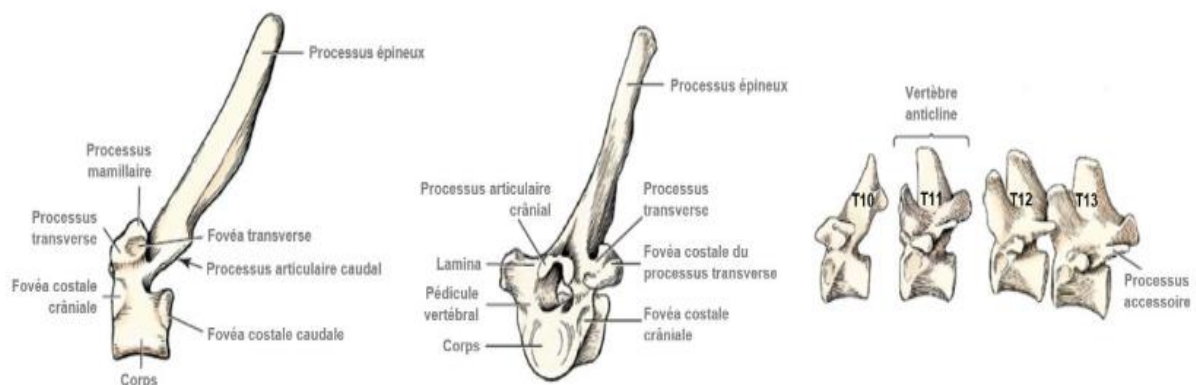


Figure 5 : Vertèbres thoraciques chez le chien

A gauche : vue latérale de la première vertèbre thoracique ; au milieu : vue crânio-latérale de la sixième vertèbre thoracique ; à droite : vue latérale des quatre dernières vertèbres thoraciques (Evans et de Lahunta, 2013)

Néanmoins, le rachis thoracique est peu mobile. Le rôle de cette portion du rachis est de protéger les organes de la cage thoracique et la moelle spinale thoracique. (Tobias & Johnston, 2012)

I.2.2. Les côtes

Les côtes sont les structures qui forment les portions latérales de la charpente osseuse. On dénombre, en général, 13 paires de côtes chez les carnivores domestiques (Figures 6 et 7). Le nombre de côtes peut différer entre les hémithorax droit et gauche (côtes surnuméraires ou absence d'une ou deux d'entre elles).

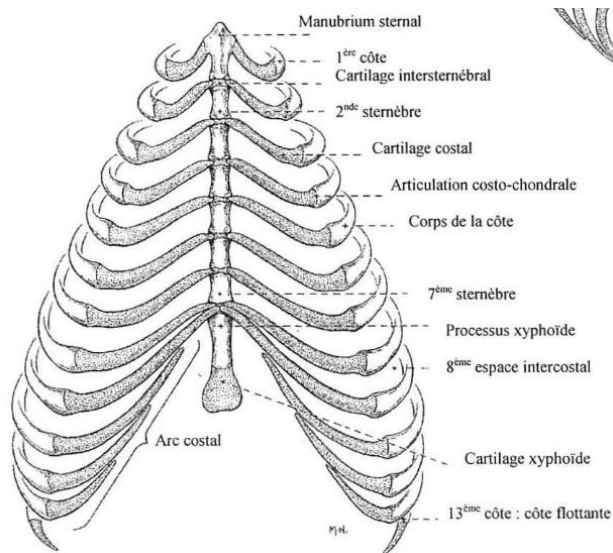


Figure 6: Charpente osseuse de la cavité thoracique en vue ventrale (Evans, 2013)

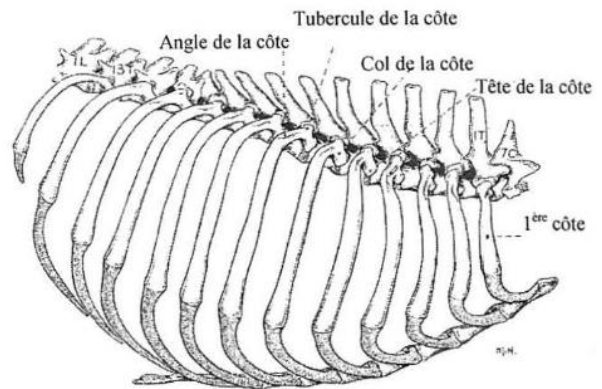


Figure 7 : Charpente osseuse de la cavité thoracique en vue latérale (Evans, 2013)

L'extrémité vertébrale de la côte possède une tête, un cou et un tubercule (Figures 6, 7 et 8).

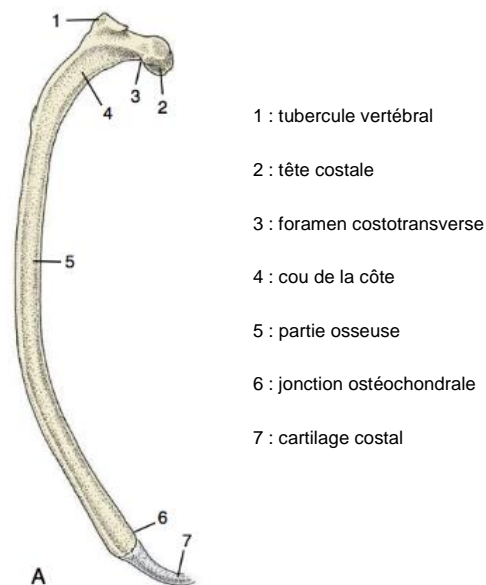


Figure 8 : Représentation d'une côte sternale de chien en vue transversale (Barone, 1986)

La première paire de côtes s'articule avec la partie crâniale du corps de la 1^{ère} vertèbre thoracique d'une part et le fibrocartilage situé entre la dernière cervicale et la 1^{ère} vertèbre thoracique, d'autre part. De la 2^{ème} à la 10^{ème} côte, la tête de la côte possède une surface articulaire qui s'articule avec les fovéas costales caudale du corps vertébral précédent et crâniale du corps vertébral adjacent.

Les deux ou trois dernières côtes s'articulent uniquement avec leurs vertèbres correspondantes, les paires caudales de fovéa costale ayant disparu. Les têtes des côtes sont modifiées en conséquence.

Le tubercule vertébral de chaque côte s'articule avec le processus transverse de la vertèbre correspondante (Figure 9). Pour les deux ou trois dernières côtes, les surfaces articulaires de la tête et du tubercule fusionnent. Le tubercule reste néanmoins présent, accueillant les insertions musculaires.

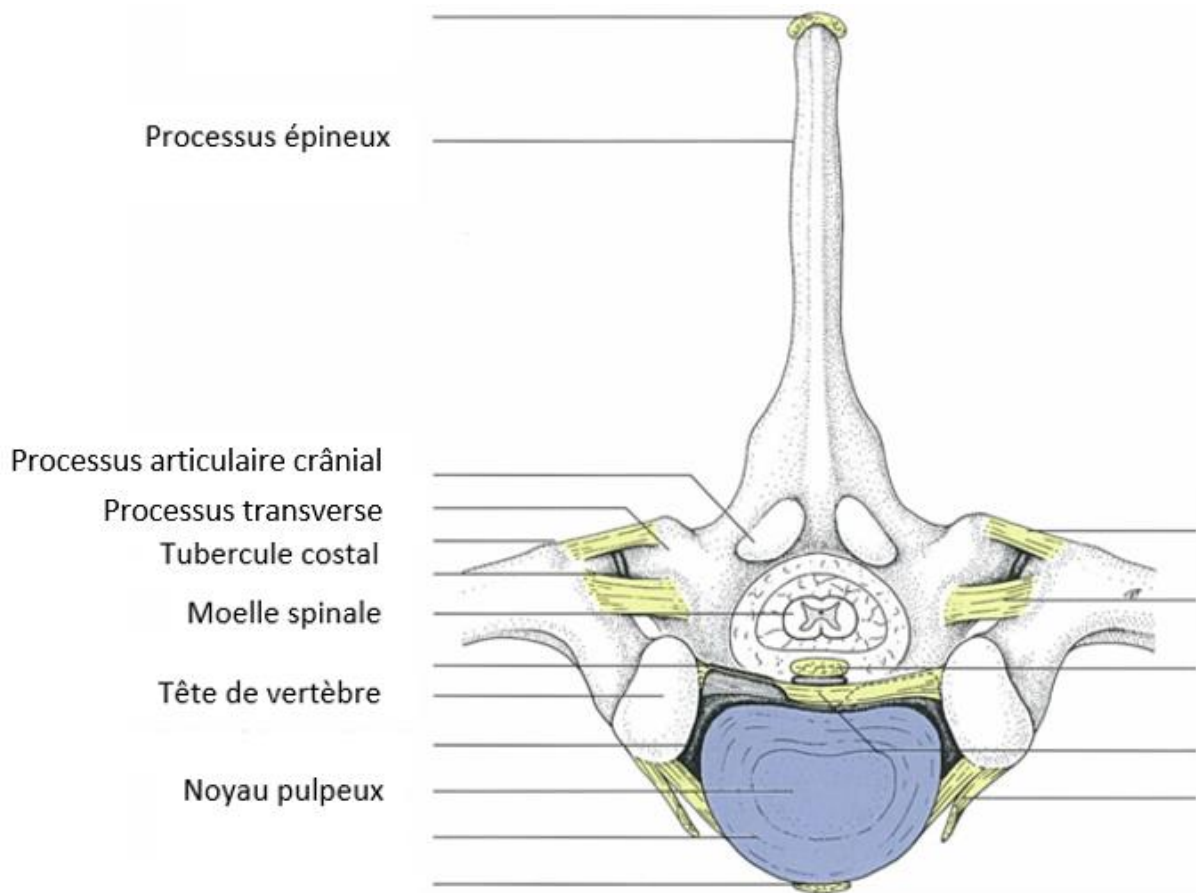


Figure 9 : Coupe transversale de la jonction costo-vertébrale d'une vertèbre de chien (Schünke, 2005)

Chaque côte est composée d'une portion dorso-latérale osseuse et convexe (l'os costal) et d'une portion cartilagineuse ventrale (l'os cartilagineux) (Figure 9).

Leurs faces internes sont concaves et lisses. Elles présentent un sillon costal, tandis que les faces externes sont toutes convexes et arborent des sillons d'insertions musculaires.

Le corps de la côte est cylindrique et légèrement agrandi au niveau de la jonction costo-chondrale (Figure 8). Les 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} côtes montrent une certaine compression latérale des moitiés distales de la partie osseuse des côtes.

Les parties osseuses et cartilagineuses s'affinent progressivement ventralement (Figures 6, 7 et 8). Les jonctions ostéo-chondrales de la 3^{ème} à la 8^{ème} côte sont situées sur un même plan horizontal. La portion caudale du thorax est plus volumineuse que la portion crâniale ce qui confère une forme pyramidale à la cage thoracique (Figure 6). Cela est lié à la divergence du sternum et des vertèbres thoraciques à partir de l'entrée du thorax et du fait que les côtes deviennent, en progressant caudalement, plus arquées latéralement (Tobias & Johnston, 2012). L'inclinaison des côtes est inverse à l'inclinaison du diaphragme (Barone, 2010).

Le cartilage costal est plus petit que le corps costal. Il peut être calcifié chez les chiens âgés. Au niveau des jonctions costo-chondrales, les cartilages s'inclinent crânialement. Ce phénomène est d'autant plus marqué pour la 1^{ère} et la 12^{ème} côte.

Les neuf premières côtes s'articulent ventralement au sternum (Figure 6). Elles sont appelées côtes sternales. La première côte s'articule avec le manubrium. Les cartilages costaux suivants s'articulent avec les cartilages intersternébraux correspondants. Les cartilages des côtes 8 et 9 s'articulent avec le cartilage situé entre le 7^{ème} sternèbre et le processus xiphoïde. Les quatre dernières paires sont dites asternales. Les cartilages de la 10^{ème}, 11^{ème} et 12^{ème} côtes sont longs et fins. Ils rejoignent la portion cartilagineuse de la 9^{ème} côte pour former l'arc costal. Le cartilage de la 13^{ème} côte est plus petit et plus rudimentaire. Il entre et se termine dans la musculature des flancs. La 13^{ème} côte est flottante et ne participe pas à la formation de l'arc costal. (Evans, 2013).

L'espace situé entre 2 côtes est nommé espace intercostal (Figure 7). Les espaces intercostaux mesurent 2 à 3 fois la largeur des côtes adjacentes. Ils accueillent les muscles intercostaux.

L'ensemble des côtes fournit donc un cadre rigide mais déformable à la paroi thoracique. La présence de cartilage ou d'articulation entre les structures osseuses de la paroi thoracique permet au système d'avoir un certain degré de mobilité et joue un rôle non négligeable dans la respiration.

I.2.3. Le sternum

Le sternum est composé d'une série de 8 sternèbres (Figures 6 et 10). Cet ensemble osseux forme la partie ventrale de la cage thoracique. Il est légèrement tourné dorso-crânialement et ventro-caudalement.

Il débute par le manubrium sternal et s'achève par le processus xiphoïde, prolongé par un fin cartilage plat du même nom (Barone, 2010).



Figure 10 : Photographie d'un sternum de chien (bibliothèque numérique ENVT©)

Le manubrium présente une portion crâniale plus étendue et supporte les projections latérales des cartilages costaux de la 1^{ère} côte. Le processus xiphoïde est de forme rectangulaire, plus fin et long. Sa longueur équivaut approximativement à 3 fois sa largeur (Evans, 2013).

Les sternèbres sont liées entre elles mais aussi aux côtes par les cartilages intersténébraux. Ces cartilages peuvent s'ossifier avec l'âge (Barone, 2000).

I.3. La plèvre pariétale

Une plèvre, ou séreuse, est un revêtement lisse. Histologiquement, la surface de la plèvre est formée d'une couche de cellules mésothéliales plates recouverte d'un film capillaire de fluide de sorte que la friction entre 2 plèvres soit réduite au maximum. Des fibres élastiques, présentes dans la plèvre, lui confèrent la capacité d'étirement.

Les séreuses de la cavité thoracique sont :

- les plèvres thoracique ou viscérale qui tapissent les organes contenus dans la cavité thoracique ;
- la plèvre pariétale qui délimite les parois des cavités pleurales ;
- et le péricarde séreux qui entourent le cœur.

Seule la plèvre pariétale est impactée lors de la réalisation d'une thoracotomie.

La plèvre pariétale représente la structure la plus interne de la paroi thoracique.

Elle peut être dissociée en trois parties : la plèvre costale, la plèvre médiastinale et la plèvre diaphragmatique (Figure 11) (König & Liebich, 2014).

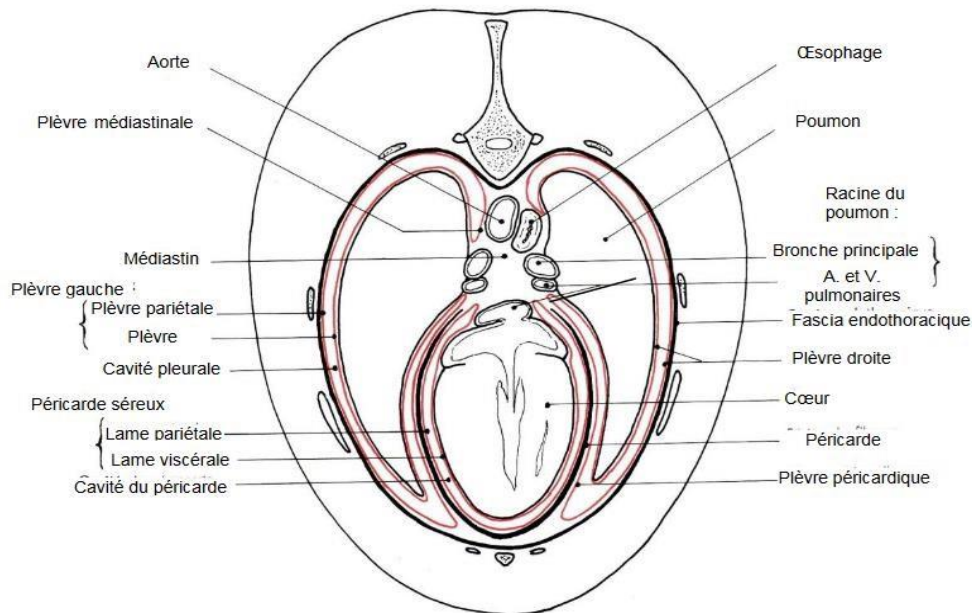


Figure 11 : Représentation schématique des plèvres et du péricarde chez le chien (coupe transversale du thorax)
(Collin B., anatomie du chien, 2006)

La plèvre costale est la partie de la plèvre pariétale qui se fixe à la surface médiale des parois latérales de la cavité thoracique. Elle est mince et adhère fermement à la surface médiale des côtes. Elle est plus épaisse et moins fermement attachée aux structures environnantes en regard des muscles intercostaux. La plèvre et le fascia endothoracique sous-jacent possèdent une élasticité considérable.

La plèvre médiastinale forme la paroi de l'espace médiastinal et peut être divisée en cinq parties : crâniale, dorsale, moyenne, ventrale et caudale (Evans, 2013).

La plèvre diaphragmatique est la couverture pleurale du diaphragme. Lorsque le diaphragme est attaché à la paroi thoracique latérale, la plèvre diaphragmatique se reflète de manière crâniale pour former la plèvre costale.

La cavité pleurale droite est plus grande que la gauche en raison du déplacement de la paroi médiastinale caudale sur le côté gauche. Les cavités pleurales ne communiquent pas entre elles, bien que leurs parois médiales et les tissus entre elles soient extrêmement fins (Evans, 2013). La plèvre pariétale est donc une structure fragile qui peut aisément se rompre lors de traumatismes. La perte de la force cohésive peut ne concerner qu'un hémithorax.

Les nerfs de la plèvre pariétale proviennent des nerfs intercostaux et des nerfs phréniques. La plèvre costale et la partie périphérique de la plèvre diaphragmatique sont innervées par les nerfs intercostaux. Ils transmettent la sensibilité au toucher et à la douleur. La partie centrale de la plèvre diaphragmatique ainsi que la plèvre médiastinale sont innervées par les nerfs phréniques.

I.4. La musculature

Le thorax est composé de très nombreux muscles. Les muscles thoraciques peuvent être classés en 2 plans : le plan superficiel et le plan profond. Ne seront présentés ci-dessous que les principaux muscles pouvant être impliqués dans la réalisation d'une thoracotomie.

I.4.1. Muscles du plan profond

Les muscles profonds présentent des attaches sur le squelette axial et participent à la respiration en assurant des mouvements alternatifs d'élargissement et de rétrécissement de la cage thoracique, en mobilisant les côtes et le sternum (Figure 12).

L'espace entre les côtes est occupé par les muscles intercostaux, qui se présentent sous forme d'entrecroisement de deux couches musculaires : les muscles intercostaux interne et externe (Figure 13). (Barone, 2000)

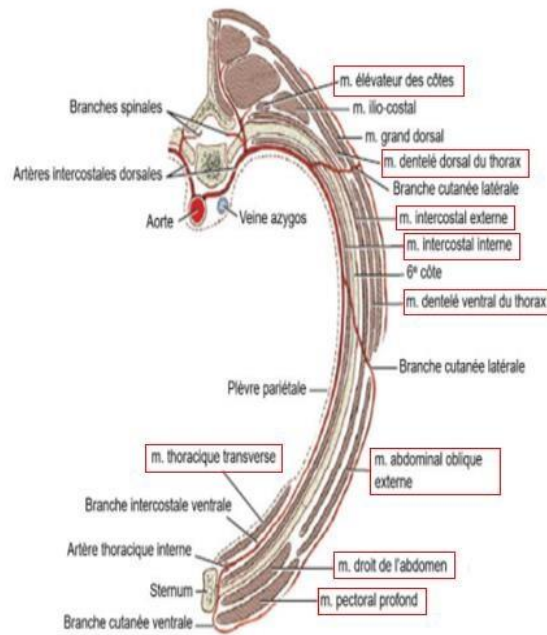


Figure 12 : Coupe transversale de la paroi thoracique (vue caudale) (Evans et de Lahunta, 2013)

I.4.1.1. Muscles intercostaux internes

Les muscles intercostaux internes forment la couche fine (2 à 3 mm d'épaisseur chez les chiens de grand gabarit) et la plus interne de la musculature intercostale (Figures 12 et 13). Ventralement à la jonction ostéochondrale, l'épaisseur augmente pour atteindre un maximum de 4 à 5 mm. Médialement, ils sont en contact avec la plèvre pariétale. Latéralement, ils sont recouverts par les muscles intercostaux externes.

Ces muscles s'étendent de la colonne vertébrale, en ne laissant libre que le petit espace triangulaire adjacent, jusqu'à l'extrémité ventrale des côtes, en incluant la partie cartilagineuse. Les fibres s'insèrent sur la face crâniale d'une côte puis sur la face caudale de la côte précédente dans une direction caudo-ventrale. Ces fibres atteignent un angle d'inclinaison (en se basant sur l'axe vertical reliant la colonne vertébrale au sternum) de 71 à 78 degrés au niveau de la portion proximale des côtes et de 54 à 68 degrés au niveau de la portion distale des côtes (Barone, 2000). Elles sont plus inclinées que celles des muscles intercostaux externes.

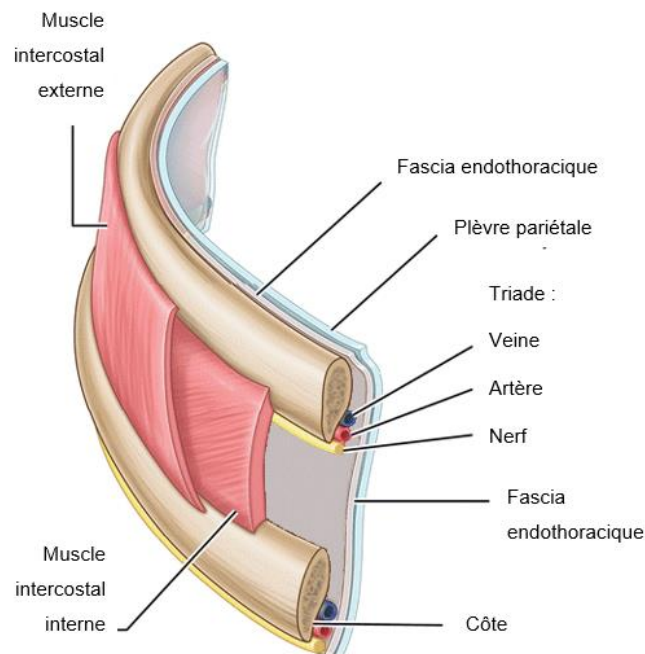


Figure 13 : Position des muscles intercostaux et de la triade veine-artère-nerf de la côte chez le chien (Schünke, 2005)

Le muscle rétracteur des côtes est un muscle fin qui établit une liaison entre la dernière côte et les processus transverses des trois ou quatre premières vertèbres lombaires (Barone, 2020). Le muscle rétracteur des côtes fait partie des muscles intercostaux internes (Evans, 2013).

Les muscles subcostaux sont situés médialement aux muscles intercostaux internes, à la base des côtes caudales 9 à 11. Les fibres sont dirigées crânio-ventralement. (Evans, 2013) (Barone, 2020).

I.4.1.2. Muscles intercostaux externes

Les muscles intercostaux externes forment la couche externe la plus épaisse des espaces intercostaux (Figures 12, 13 et 14). Chez les chiens de grand gabarit, ils peuvent mesurer de 4 à 5 mm d'épaisseur. Ils s'affinent au niveau des côtes flottantes et ventralement. Ces muscles sont absents au niveau des deux ou trois premiers espaces intercostaux.

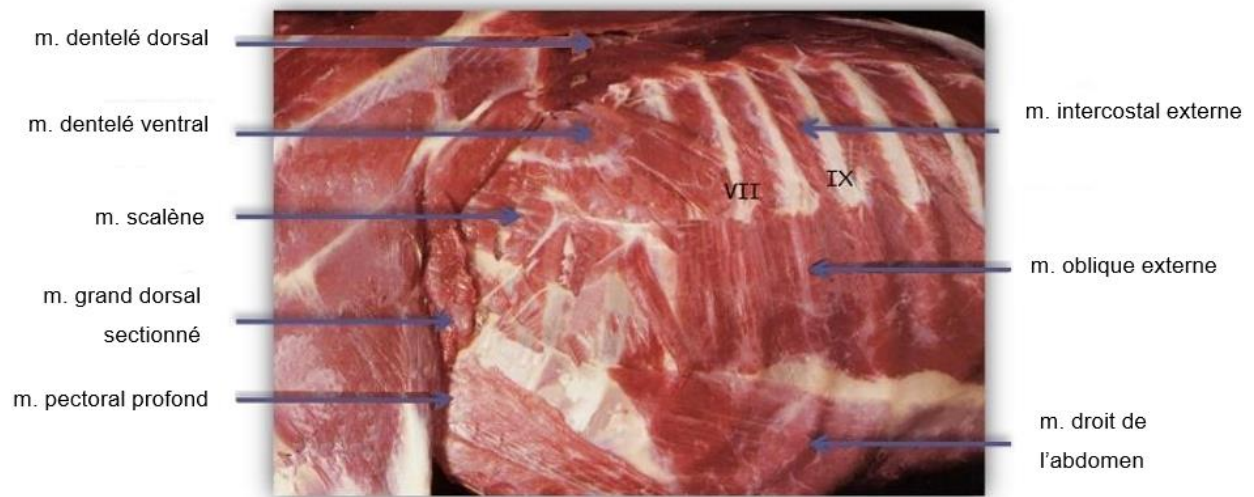


Figure 14 : Plan profond musculaire de la paroi thoracique (vue latérale gauche) (J. Ruberte et al., 1996)

Ils prennent leur origine au niveau des muscles élévateurs des côtes et s'étendent ventralement jusqu'aux jonctions costochondrales. Les fibres des muscles intercostaux externes s'insèrent sur le bord caudal de chaque côte et partent caudo-ventralement rejoindre le bord crânial de la côte suivante. Les fibres des muscles intercostaux externes sont orientées perpendiculairement à celles des muscles intercostaux internes (Constantinescu, 2005).

Les muscles intercostaux externes ne s'étendent pas jusqu'au sternum comme les muscles intercostaux internes. En effet, ils ne dépassent pas les jonctions costochondrales.

En progressant caudalement le long du thorax, les muscles intercostaux externes prennent de plus en plus d'ampleur. Ainsi, à partir du 9^{ème} et du 10^{ème} espace intercostal, ils occupent complètement les espaces intercostaux et recouvrent partiellement les côtes. (Barone, 2000).

Remarque : les muscles élévateurs des côtes font penser à 12 prolongements des muscles intercostaux externes (Figure 12). Ils sont à peine distinguables de ces derniers dans la région dorsale thoracique. Ils sont plats, sous forme de fuseaux musculaires et recouverts par les muscles grand dorsal et iliaco-costal. A leur origine, située au niveau des processus transverses des vertèbres thoraciques 1 à 12, ils sont charnus (Constantinescu, 2005). Ils s'étendent caudo-ventralement et s'insèrent sur le bord crânial des côtes 2 à 13.

I.4.1.3. Muscles dentelés du thorax

Les muscles dentelés dorsaux crânial et caudal sont situés dorsalement aux côtes (Figures 12 et 15).

Le muscle crânial prend son origine au niveau du fascia thoraco-lombaire et des processus transverses des six premières vertèbres thoraciques jusqu'à la 8^{ème} vertèbre thoracique. Il s'insère sur les surfaces latérales et la bordure crâniale des côtes 2 à 10.

Le muscle dentelé dorsal caudal prend également son origine au niveau du fascia thoraco-lombaire, mais il s'insère sur les bords caudaux de la 11^{ème}, 12^{ème} et 13^{ème} côte. (Barone, 2020).

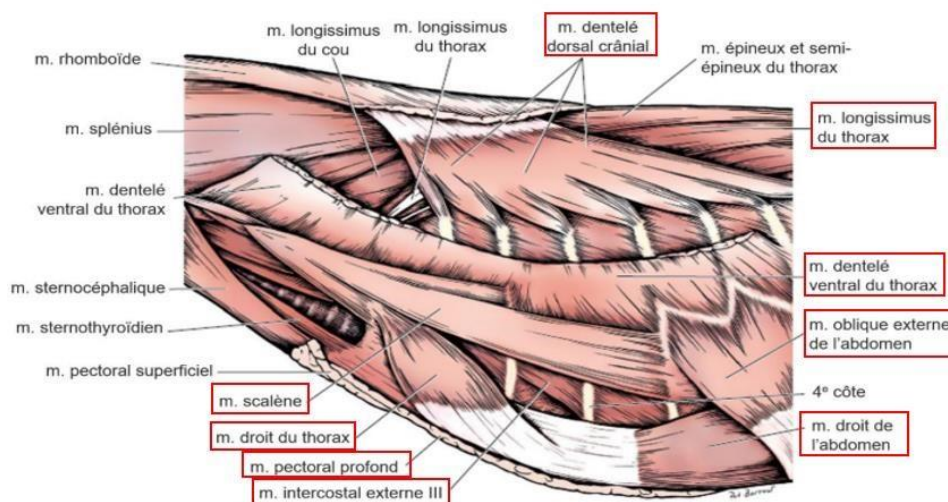


Figure 15 : Myologie profonde du thorax après retrait des muscles pectoraux et grand dorsal (Evans et de Lahunta, 2013)

Le muscle dentelé ventral est un gros muscle en forme d'éventail, composé de plusieurs corps (Figure 15). Ses segments thoraciques proviennent du bord caudal des sept ou huit premières côtes et s'insèrent sur la surface dentelée médiale de la scapula. (Barone, 2000).

I.4.1.4. Muscle scalène dorsal

Le muscle scalène dorsal s'attache aux tubercules dorsaux des 4^{ème} et 5^{ème} processus transverses cervicaux (Figure 12). Sa terminaison se fait par deux branches dont la plus courte s'arrête sur la 3^{ème} ou 14^{ème} côte et la plus longue sur la 8^{ème} voire 9^{ème} côte. (Barone, 2000).

I.4.1.5. Muscle oblique externe

Le muscle oblique externe est situé ventro-latéralement aux muscles intercostaux externes (Figures 12, 14 et 15). Il est divisé en deux parties différentes chez les carnivores : une partie costale et une partie lombaire.

La partie costale a ses origines au niveau de la région moyenne de la 4^{ème} jusqu'à la 12^{ème} côte. Elle se termine via son aponévrose au niveau de l'ilium, du ligament inguinal, de la ligne blanche et du tendon pré-pubien. (Evans, 2013) (Tobias & Johnston, 2012).

I.4.1.6. Muscle droit de l'abdomen

Le muscle droit de l'abdomen prend son origine au niveau du sternum et s'achève au niveau du tendon pré-pubien (Figures 12 et 15).

I.4.1.7. Muscles pectoraux

Ventralement, le muscle pectoral moyen ou transverse prend son origine au niveau de la crête sternale (Figure 16). La terminaison latérale du muscle se situe sur la face médiale du coude, au niveau du tubercule mineur de l'humérus. (Barone, 2000).

Le muscle pectoral profond (ou pectoral ascendant) est un muscle fort qui prend son origine au niveau de la face latérale du sternum (de la première à la dernière sternèbre), du cartilage xiphoïde et des cartilages costaux (Figures 12 et 16). Il finit sa course sur le tubercule mineur de l'humérus. Il est situé sous les muscles pectoraux descendant et transversal. (Barone, 2000) (Evans, 2013).

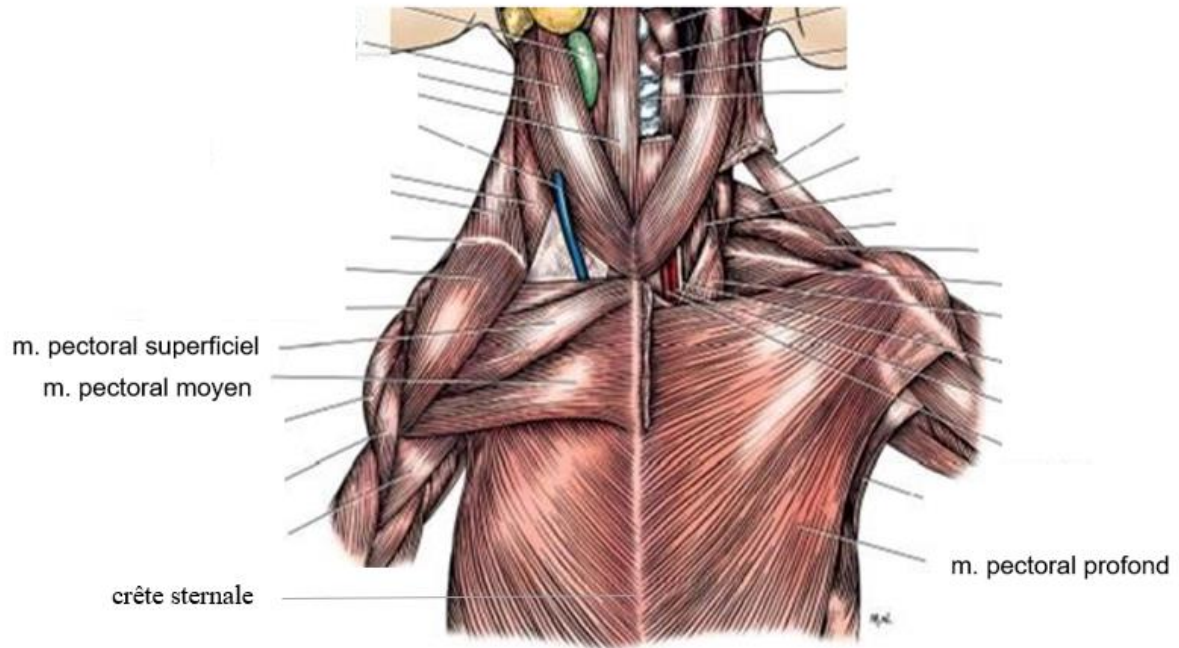


Figure 16 : Vue ventrale de la musculature thoracique crâniale (Evans et de Lahunta, 2013)

I.4.2. Muscles du plan superficiel

I.4.2.1. Muscle grand dorsal

Le muscle grand dorsal est très large et de forme triangulaire (Figures 12 et 17).

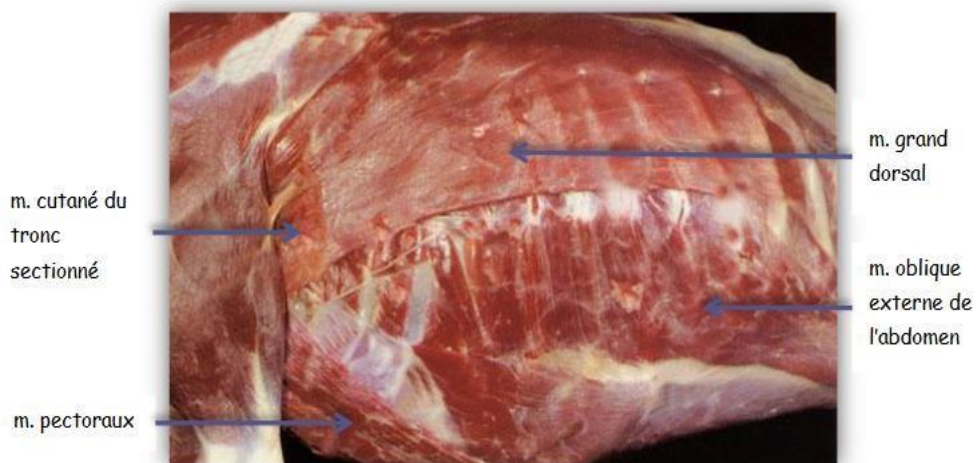


Figure 17 : Plan superficiel musculaire de la paroi thoracique (Vue latérale gauche). Le muscle cutané du tronc a été incisé (J. Ruberte et al., 1996)

Il s'insère sur la face médio-caudale de la scapula au niveau du ligament supraépineux thoraco-lombaire et couvre, dorsalement, une grande partie du thorax. Son aponévrose est très large et s'insère sur la face médiale de l'humérus, sur les processus épineux des vertèbres thoraciques (excepté les 4 ou 5 premières) et sur les premières vertèbres lombaires.

Elle participe à la formation du fascia thoraco-lombaire, et, dans une moindre mesure, au fascia glutéal). (Barone, 2000) (Constantinescu, 2005).

I.4.2.2. Muscle cutané du tronc

Le muscle cutané du tronc, ou muscle peaucier du tronc, est le muscle le plus superficiel qui recouvre le muscle grand dorsal (Figure 18). (Barone, 2000).

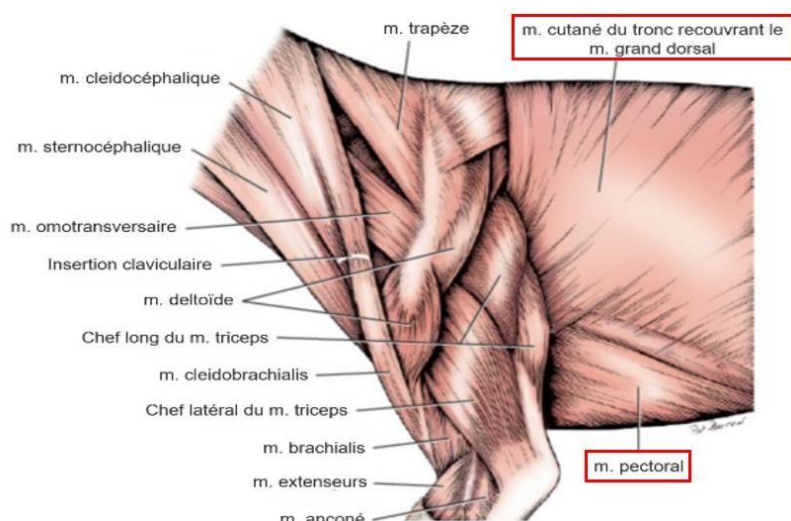


Figure 18 : Myologie superficielle du thorax (Evans et de Lahunta, 2013)

I.4.2.3. Muscle pectoral descendant

Ventralement, le muscle pectoral descendant est un muscle étroit, à peine discernable du muscle pectoral transverse plus épais (Figure 16). Il prend son origine au niveau du manubrium sternal et se termine sur la crête du grand tubercule de l'humérus. (Barone, 2000).

En conclusion, les muscles sont plus nombreux en région crâniale du thorax en raison de la promiscuité des membres thoraciques.

Les muscles superficiels sont tous extrinsèques : ils ne présentent qu'un seul point d'insertion sur le thorax. La seconde insertion est localisée sur l'abdomen, le pelvis ou sur le membre thoracique. Ils ne jouent aucun rôle dans la fonction de respiration (Tableau 1). La majorité participe à la fonction de locomotion.

Quant aux muscles profonds, ils peuvent être intra- ou extrinsèques. Ils peuvent être locomoteurs, respiratoires ou les 2 à la fois (Tableau 2).

Muscles	Rôles	
	Locomoteur	Respiratoire
M. cutané du tronc	-	Hérissément du pelage (Constantinescu, 2005)
M. pectoral descendant	Adduction du membre thoracique (Evans, 2013)	-
M. grand dorsal	Flexion de l'épaule Propulsion du corps vers l'avant (Barone, 2000) (Constantinescu, 2005)	-

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des fonctions des muscles du plan superficiel de la région thoracique

Rôles		
Muscles	Locomoteur/Autres	Respiratoire
M. intercostaux internes	-	Expiration Rétrécissement de la cage thoracique (Constantinescu, 2005)
M. subcostaux	-	Expiration forcée (Constantinescu, 2005)
M. rétracteur de la dernière côte	-	Expiration (Evans, 2013)
M. intercostaux externes	-	Inspiration Elargissement de la cage thoracique (Constantinescu, 2005)
M. élévateurs des côtes	-	Inspiration (König & Liebich, 2014)
M. dentelé dorsal crânial	-	Soulèvement des côtes à l'inspiration (Constantinescu, 2005) (Evans, 2013)
M. dentelé dorsal caudal	-	Expiration (Constantinescu, 2005) (Evans, 2013)
M. dentelé ventral du thorax	Déplacements crânio-caudaux de la cage thoracique (Evans, 2013)	Inspiration (Constantinescu, 2005)
M. scalène dorsal	Tirer et plier le cou latéralement (Constantinescu, 2005)	Inspiration (De Troyer et al., 1994)
M. oblique externe	Sangle abdominale Efforts expulsifs Locomotion (Evans, 2013)	Expiration (Constantinescu, 2005)
M. droit de l'abdomen	Retour du sternum vers l'os coxal Fléchisseur de l'abdomen (Constantinescu, 2005)	Expiration (De Troyer et al., 1994)
M. pectoral transverse	Adduction du membre thoracique (Constantinescu, 2005)	-
M. pectoral ascendant	Adduction du membre thoracique Déplacement du tronc crânialement Extension de l'épaule Rotation interne de l'humérus (Constantinescu, 2005)	-
M. longissimus	Extenseur du rachis et de stabilisateur du rachis	-
M. ilio-costal	Flexion latérale du rachis	-

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des fonctions des muscles du plan profond de la région thoracique

I.5. La peau

La peau représente la couche la plus externe de la paroi thoracique. La peau est le premier organe ou tissu à être incisé lors d'une thoracotomie. (Tobias & Johnston, 2012) (Evans, 2013).

Au niveau du thorax, elle ne présente pas de particularité spécifique. Elle joue un rôle de protection mécanique, thermique et biologique.

I.6. La vascularisation et l'innervation

La vascularisation artérielle de la paroi thoracique provient :

- des artères collatérales de l'aorte, formant les artères intercostales ;
- de l'artère thoracique interne émanant de l'artère subclavière ipsilatérale (Figure 19).

L'artère thoracique interne se situe ventralement à la jonction chondrocostale (Tobias & Johnston, 2012).

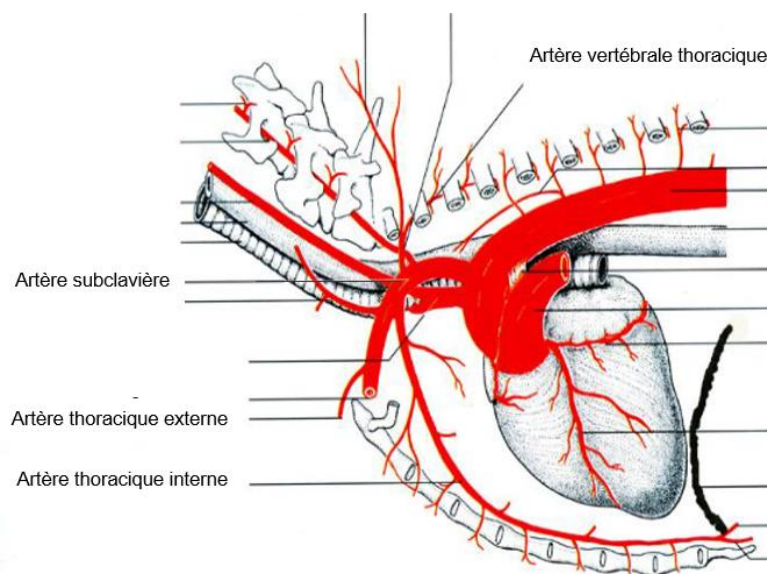


Figure 19 : Vascularisation artérielle de la paroi thoracique (Evans et de Lahunta, 2013)

À chacune de ces artères est associée une veine intercostale dorsale et une ventrale (Figure 20). Le plus souvent, ces 2 dernières s'anastomosent et l'ensemble des deux veines permet le drainage de l'ensemble de l'espace intercostal concerné.

Les veines intercostales dorsales sont les affluents de la veine vertébrale thoracique ipsilatérale, puis de la veine azygos.

Les veines intercostales ventrales aboutissent à la veine thoracique interne. Fréquemment chez le chien, les deux veines thoraciques internes se rejoignent dans le plan médian pour former un tronc commun sur quelques centimètres avant de se jeter dans le tronc brachio-céphalique.

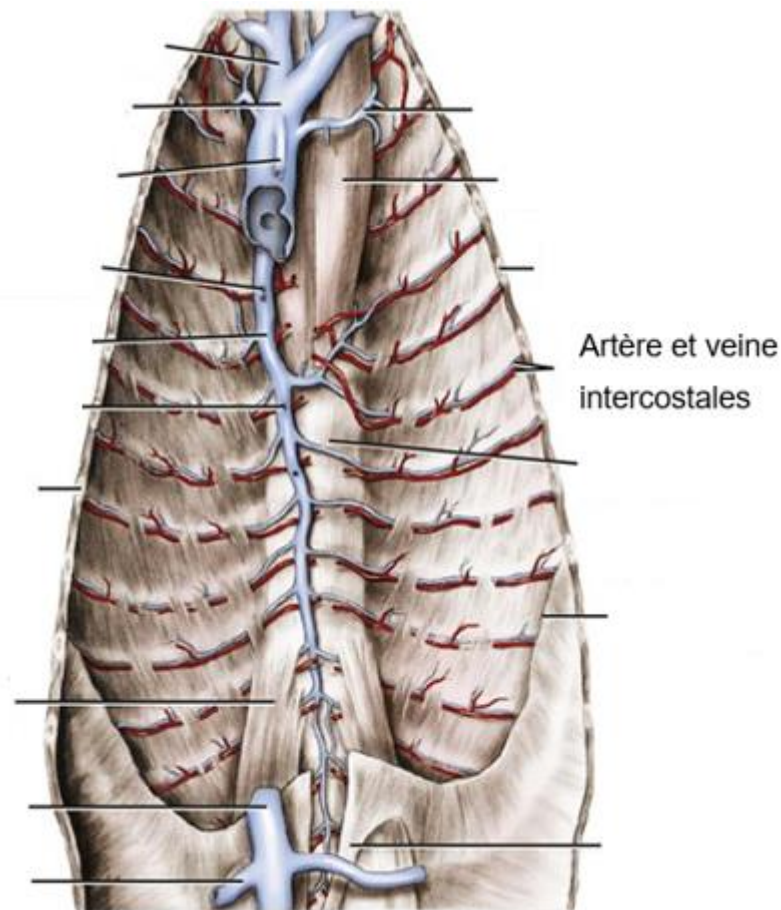


Figure 20 : Topographie des veines de la paroi thoracique (Tobias and Johnston, 2012)

L'innervation de la paroi thoracique est issue des nerfs spinaux. Ils émettent un rameau dorsal ainsi qu'un rameau ventral. Le rameau ventral constitue le nerf intercostal. Au cours de son trajet, il émet deux rameaux cutanés (Barone, 2009) (Barone & Simoens, 2010) (Evans & DeLahunta, 2017).

L'ensemble nerf, artère et veine intercostales forme un faisceau vasculo-nerveux localisé caudalement à chacune des côtes. Un rameau collatéral peut également être retrouvé crânialement à celles-ci mais il est de moindre importance.

II. Physiologie de la respiration

II.1. Introduction

La mécanique ventilatoire a pour finalité d'assurer l'hématose, c'est-à-dire les échanges gazeux au niveau de l'alvéole pulmonaire. Ces échanges permettent l'absorption d'oxygène et le rejet de dioxyde de carbone issu du métabolisme cellulaire.

La fréquence respiratoire physiologique chez un chien est de 14 à 30 mouvements par minute.

Elle est influencée par des facteurs tels que l'activité, l'excitation, la douleur, l'environnement, la température, et certaines substances iatrogènes.

La respiration est composée d'une inspiration et d'une expiration.

La respiration nécessite l'association :

- du mouvement des côtes, résultant de la coordination des muscles thoraciques et du diaphragme ;
- de la présence du vide pleural dans la cavité thoracique ;
- de la caractéristique extensive des poumons pour engendrer des changements de pression en leur sein (Figure 21).

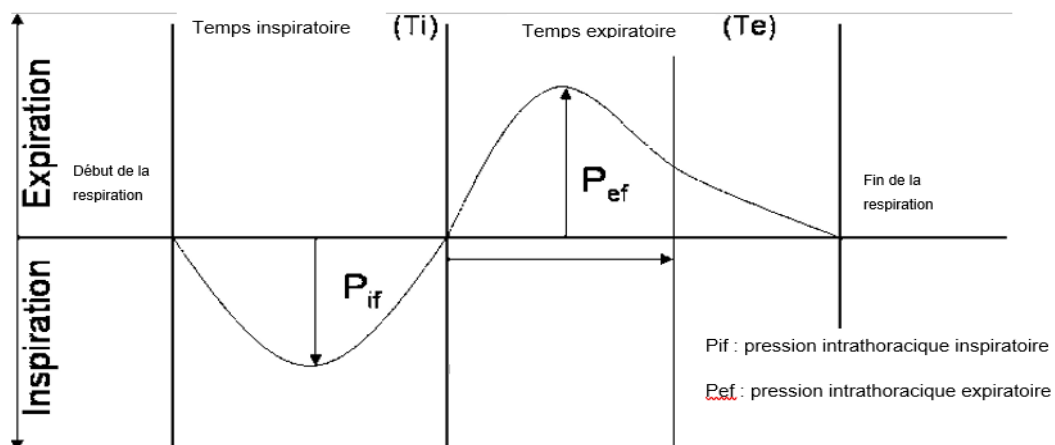


Figure 21 : Représentation schématique des variations de pression intrapulmonaire lors de l'inspiration (pointillés) et de l'expiration permises grâce au vide pleural (Dyce et al., 2010)

II.2. L'inspiration

L'inspiration est un processus actif, mobilisant les côtes et les muscles thoraciques.

Chez le chien, les côtes peuvent avoir des mouvements dans trois axes :

- au niveau du plan horizontal : mouvement d'avancée ou de recul des extrémités antérieures, augmentant le diamètre antéro-caudal de la cage thoracique ;
- au niveau du plan frontal : mouvement de montée et de descente de la partie latérale des côtes en « anse de seau », en prenant pour points fixes le sternum et la colonne vertébrale (augmentation du diamètre transversal) (Figure 22) ;
- au niveau du plan sagittal : mouvement d'ascension de la partie antérieure de la côte à l'inspiration, « en poignée de pompe » (augmentation du diamètre antéro-caudal).

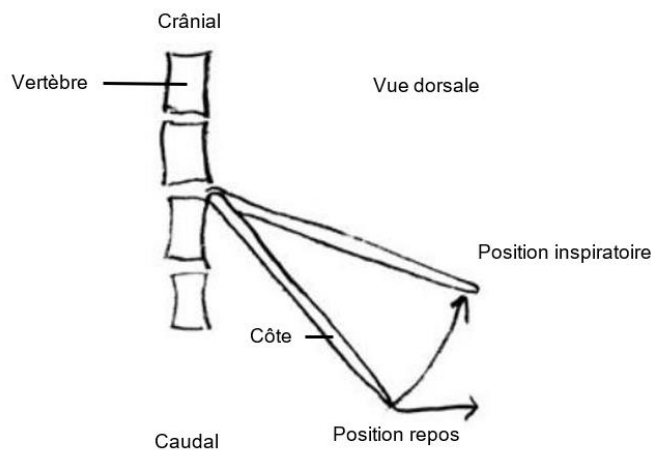


Figure 22 : Schéma représentant le mouvement en « anse de seau » (Schünke, 2005)

Les côtes du chien sont disposées de telle manière que l'inspiration est liée au déplacement crânial des côtes (Figure 22). En raison de la relation en « anse de seau » entre les côtes et la colonne vertébrale, le déplacement crânial des côtes entraîne une augmentation du diamètre thoracique et du volume intra-thoracique et une réduction de la pression pleurale (Figure 23). Cet ensemble conduit à l'inspiration.

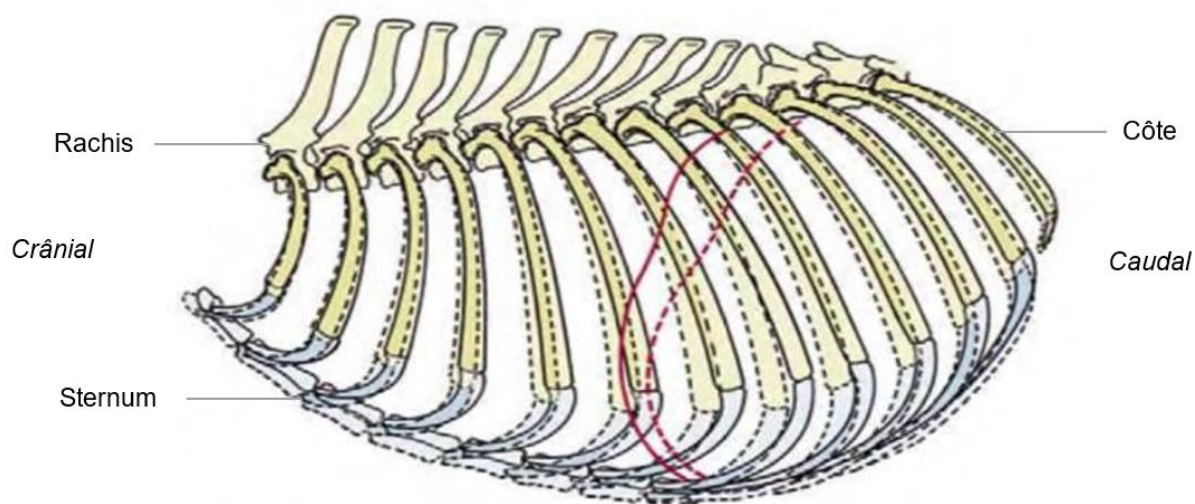


Figure 23 : Vue latérale du thorax représentant la silhouette diaphragmatique (en rouge) d'un chien en inspiration (pointillés) et expiration (trait plein) (Dyce et al., 2010)

Par conséquent, tous les muscles qui déplacent les côtes vers l'avant et vers l'extérieur contribueront à l'inspiration, et tous ceux qui déplacent les côtes caudalement et/ou vers l'intérieur contribueront à l'expiration.

Les principaux muscles d'inspiration comprennent le diaphragme, le muscle élévateur des côtes, les muscles intercostaux internes (ventro-crâniens) et externes (dorso-crâniens) (Tableau 2).

Les muscles intercostaux externes se contractent et tirent la cage thoracique crânio-dorsalement (Figure 24). Le diaphragme se contracte et tire la cage thoracique caudalement. L'action combinée augmente le volume de la cavité thoracique et, en raison du vide pleural, les poumons se dilatent (Figure 23). Cela abaisse la pression intrathoracique, de sorte que l'air atmosphérique est conduit dans les alvéoles pulmonaires (Constantinescu, 2005).

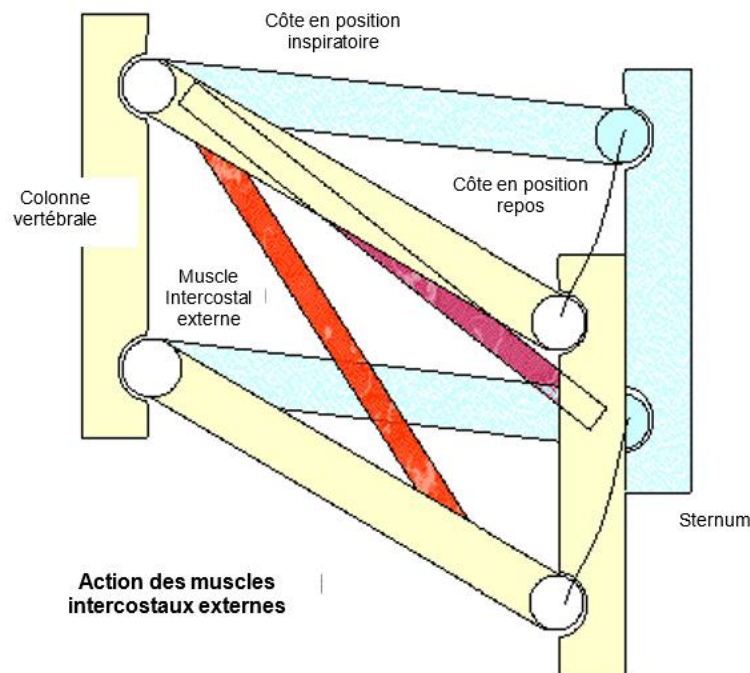


Figure 24 : Schéma de l'action du muscle intercostal externe chez le chien au repos (en jaune) et à l'inspiration (en bleu) (Schünke, 2005)

Lorsque le diaphragme travaille de concert avec les muscles intercostaux parasternaux et les muscles élévateurs des côtes, il aide au déplacement crâno-latéral de la côte lors de l'inspiration pour augmenter la circonférence et le volume thoraciques (Figure 23). Cet effort combiné est significativement plus important que la somme des contributions individuelles des muscles du diaphragme et des côtes.

La masse musculaire des muscles intercostaux externes est la plus importante dans la région dorso-crâniale où ils possèdent le plus grand avantage mécanique pour l'inspiration.

Les muscles accessoires de la respiration sont ceux qui ne participent pas normalement à la respiration à moins qu'ils ne soient sollicités pendant les périodes de forte demande. Les muscles accessoires d'inspiration comprennent les muscles scalènes (De Troyer et al., 1994).

La cavité pleurale, délimitée par ces deux feuillets pleuraux, est un espace clôt presque virtuel chez les carnivores domestiques. Elle subit les forces thoraciques – tendance à l'expansion du thorax – et les forces pulmonaires – tendance à la rétraction des poumons. Au sein de cette cavité règne une pression infra-atmosphérique permise par une très faible quantité de fluide séreux – 2

à 3 mL dans les conditions physiologiques. Ce liquide permet également de lubrifier les feuillets afin de faciliter leur glissement lors de la respiration. Il est produit par la plèvre pariétale et drainé par les vaisseaux lymphatiques de la plèvre viscérale. En tapissant les deux feuillets pleuraux, il forme une force cohésive, la dépression pleurale ou vide pleural, qui permet de maintenir une expansion des alvéoles pulmonaires (Barone, 1997 ; Constantinescu, 2005).

II.3. L'expiration

L'expiration est un processus, quant à lui, principalement passif. Les principaux muscles expiratoires comprennent le muscle thoracique transverse et les muscles intercostaux internes dorso-caudaux (Figure 25).

Les muscles intercostaux externes et le diaphragme se détendent et reviennent en position de repos. Le volume de la cavité thoracique diminue, les poumons reprennent leur taille normale, la pression intrapulmonaire augmente et les gaz sont poussés dans les voies respiratoires hautes et en dehors du corps (Figure 23). Pendant l'expiration forcée - par exemple, lorsque l'animal fait de l'exercice - les muscles intercostaux internes et les quatre groupes de muscles abdominaux, c'est-à-dire, le droit de l'abdomen, l'oblique externe, l'oblique interne et les transversaux de l'abdomen, se contractent pour expulser l'air (De Troyer et al., 1994 ; Constantinescu, 2005). Leur contraction augmente la pression intra-abdominale et force le diaphragme à se déplacer crânialement à l'intérieur de la cage thoracique.

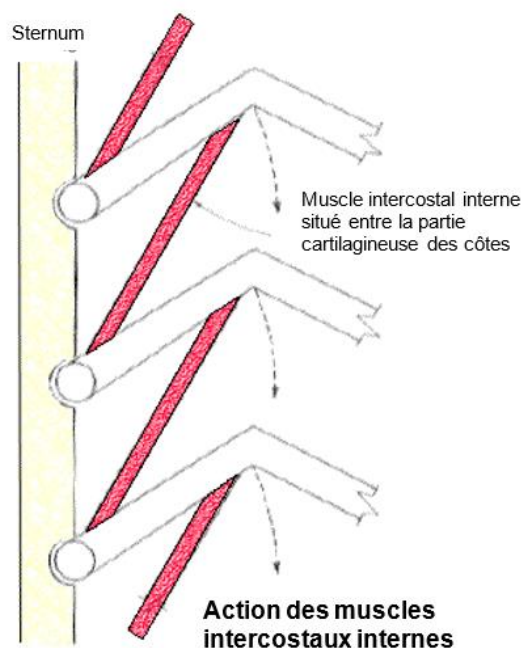


Figure 25 : Schéma de l'action du muscle intercostal interne chez le chien (Schünke, 2005)

II.4. Répercussions d'une intervention chirurgicale

La respiration est la principale fonction impactée lors d'une thoracotomie en raison de la perte du vide pleurale et de la section de certains muscles de la respiration. Les chirurgies thoraciques sont donc des interventions qui modifient l'homéostasie de la mécanique ventilatoire et qui impliquent donc le maintien du patient sous une ventilation assistée. (Pascoe, 2016).

Lors de toute intrusion dans la cavité pleurale, la dépression pleurale n'est plus efficace. Les poumons s'affaissent au sein de la cage thoracique et ne suivent plus les mouvements imposés par les muscles intercostaux et le diaphragme. L'organisme ne pouvant pas assurer spontanément la fonction ventilatoire, une ventilation assistée devra impérativement être mise en place et nécessite une surveillance per-opératoire permanente (Pascoe, 2016 ; Halfacree et Liptak, 2018).

L'anesthésie volatile et la ventilation assistée pourront être réalisées soit par une machine anesthésique possédant un ventilateur mécanique, soit par un aide opératoire dont la seule fonction sera d'assurer la ventilation manuelle du patient. La ventilation mécanique apporte une régularité et une fiabilité que l'assistant humain ne peut égaler, mais ce dernier peut être nécessaire afin de réaliser certaines manœuvres spécifiques non prises en charge par la machine (recrutement alvéolaire par exemple). La ventilation assistée doit être mise en place dès l'ouverture de la cavité

thoracique et peut être arrêtée dès lors que le tissu sous-cutané profond a été correctement suturé et que le vide pleural a été recréé à l'aide du drain thoracique.

Il faut alors contrôler que l'animal reprenne une fonction ventilatoire spontanée correcte avec une bonne saturation avant d'arrêter la ventilation assistée. Un relai manuel par l'aide opératoire peut avoir lieu pour effectuer cette transition. Comme les mouvements respiratoires du patient ne seront pas spontanés lors de l'intervention, ils ne peuvent jouer le rôle d'indicateurs d'une décompensation pendant la chirurgie. Ainsi, cette ventilation assistée devra être couplée à l'utilisation d'appareils permettant de surveiller les grandes fonctions de l'animal (électrocardiographe, capnographe et oxymètre de pouls) (Pascoe, 2016).

III. Les thoracotomies latérales

III.1. Introduction

Les thoracotomies latérales sont des interventions chirurgicales qui permettent de pénétrer dans la cavité thoracique.

Quelle que soit la technique, une thoracotomie représente une chirurgie invasive délicate, associée à des risques opératoires variables selon la voie d'abord utilisée et les structures localisées à proximité (lobe pulmonaire, cœur, ...). Les mouvements continus des organes ainsi que l'exiguïté de la zone opératoire augmentent la difficulté des interventions.

En outre, l'entrée dans le thorax perturbe les fonctionnements pulmonaire et cardio-vasculaire. En effet, l'introduction d'air dans la cavité thoracique crée un pneumothorax à l'origine d'un affaissement des poumons par disparition du vide pleural. Cela impose la mise en place de techniques anesthésiques particulières afin de maintenir les échanges gazeux du patient anesthésié.

III.2. Les indications

Une thoracotomie latérale est indiquée pour réaliser toute intervention au niveau des structures internes du thorax. Les affections peuvent provenir :

- d'un traumatisme ;

- d'anomalies congénitales siégeant au niveau du cœur, des vaisseaux ou bien de l'œsophage ;
- d'anomalies cardiaques ou péricardiques ;
- d'affections œsophagiennes (occlusion, obstruction, perforation, jabot œsophagien) ;
- d'anomalies pulmonaires (abcès, torsion) ;
- d'affections trachéales ;
- d'affections lymphatiques ou médiastinales (intervention au niveau du canal thoracique, sur les nœuds lymphatiques intra-thoracique ou du thymus chez les jeunes) ;
- de néoplasies ;
- d'une atteinte pleurale (chylothorax, pyothorax, pneumothorax).

La fréquence des différentes affections nécessitant un traitement par thoracotomie varie suivant les articles (Tableau 3). Cependant, Tattersall et Welsh en 2006 et par la suite Moores et al. en 2007 rapportent une prédominance des atteintes cardiaques et péricardiques dans 40 à 53 % des cas. Parmi elles, la prise en charge de la persistance du canal artériel représente 69 à 82 % des interventions.

La technique de thoracotomie est choisie en fonction de l'organe-cible, de l'affection et/ou de leur localisation (Tableau 4).

Affections	Tattersall et Welsh (%)	Moores
Cardiaques et péricardiques	40	46
Néoplasies diverses	18	17
Œsophagiennes	12 dont 92% d'anneaux vasculaires	14 dont 42% d'anneaux vasculaires
Pulmonaires	6	19

Tableau 3 : Affections nécessitant la mise en place d'une thoracotomie

	Partie dorsale	Partie ventrale
Médiastin crânial	<ul style="list-style-type: none"> - Œsophage - Trachée - Tronc brachio-céphalique - Artères carotides communes - Artères subclavières - Veine cave crâniale - Crosse aortique - Nœuds lymphatiques médiastinaux crâniens et sternaux - Nerfs vague, laryngés, récurrents, phréniques, faisceaux cardiaques 	<ul style="list-style-type: none"> - Thymus
Médiastin moyen	<ul style="list-style-type: none"> - Œsophage - Trachée - Crosse aortique - Tronc pulmonaire - Nerfs vagues, laryngés récurrents - Nœuds lymphatiques trachéo-bronchiques - Artères carotides communes et sous-clavières - Faisceaux du système nerveux sympathiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Cœur - Péricarde - Veines caves (crâniale et caudale) - Veines azygos - Nerfs phréniques
Médiastin caudal	<ul style="list-style-type: none"> - Œsophage - Aorte descendante - Veine azygos - Troncs vagues - Nerf phrénique droit - Veine cave caudale - Conduit thoracique 	<ul style="list-style-type: none"> - Nerf phrénique gauche

Tableau 4 : Localisation des différents organes au sein du médiastin (Barone, 2007)

La thoracotomie la mieux adaptée est celle qui offrira un meilleur accès à la zone d'intérêt. Une thoracotomie latérale crâniale donne un bon accès à la base du cœur, au péricarde ou à la bifurcation trachéo-bronchique. Réalisée à gauche, elle fournit un accès privilégié à l'œsophage, au cœur, au péricarde et au thymus (Warang et al., 2021). Une thoracotomie latérale caudale gauche peut être mise en œuvre pour accéder à la partie caudale du thorax et de la partie terminale de l'œsophage, ainsi qu'au diaphragme. Réalisée à droite, elle permet de ligaturer un canal thoracique ou bien de réduire une hernie diaphragmatique. Deux techniques chirurgicales sont décrites. C'est la technique la plus réalisée en pratique.

La cage thoracique étant profonde et étroite, la thoracotomie latérale offre un accès adéquat pour la majorité des opérations chirurgicales thoraciques. Elle est préférentiellement indiquée lors d'affections latéralisées et localisées ou médiastinales, mais elle ne permet pas une exploration complète au-delà de cette zone, ni de l'hémithorax controlatéral.

La thoracotomie latérale trans-costale représente une variante de la thoracotomie latérale intercostale. Elle présente les mêmes indications que cette dernière mais en fournissant un accès à la cavité thoracique, réputé, plus large. Elle permet ainsi le retrait d'une masse thoracique volumineuse, une inspection plus importante de la cavité thoracique ou l'exérèse en bloc d'une tumeur de la paroi thoracique. Elle est présentée comme une alternative à la sternotomie médiane (Orton, 2003b ; Hunt, 2012 ; Tobias and Johnston, 2012).

III.3. Les contre-indications

Quand cela est possible, il est recommandé de privilégier les techniques moins invasives telles que les techniques d'imagerie, d'endoscopie, de biopsies échoguidées ou de thoracoscopie. Néanmoins, lorsqu'un accès large à un hémithorax ou à la cavité thoracique complète est nécessaire, la thoracotomie reste la technique de voie d'abord la plus appropriée.

Il existe de multiples contre-indications plus ou moins spécifiques à la mise en œuvre d'une thoracotomie. Les plus courantes, et valables quelle que soit la thoracotomie, sont l'instabilité pré-opératoire du patient ou la présence d'une insuffisance systémique majeure, l'existence de difficultés respiratoires majeures, des troubles de coagulation difficilement corrigibles et la présence d'une ischémie cardiaque aiguë. Il est préconisé dans un premier temps de stabiliser, si possible et au mieux, l'animal en effectuant une oxygénothérapie ou en ponctionnant un liquide

s'il y a une accumulation intra-thoracique. Une fluidothérapie adaptée doit être mise en œuvre le plus précocement possible et régulièrement évaluée.

Les poumons peuvent présenter de l'atélectasie, ce qui peut abaisser l'efficacité de l'anesthésie volatile. Il faudra en tenir compte lors de l'intervention.

III.4. Le matériel

Une thoracotomie nécessite une équipe chirurgicale expérimentée, composée d'au moins 3 personnes (un chirurgien et un anesthésiste expérimentés, un aide opératoire).

La réalisation d'une thoracotomie utilise, en premier lieu, du matériel d'exérèse classique. Quelles que soient la taille de l'animal et la voie d'abord, il est recommandé d'avoir recours à des écarteurs auto-statiques pour maintenir le thorax ouvert, tel qu'un écarteur de Finochietto (Figure 26). Il permet une ouverture du thorax progressive, précise et autobloquée, limitant le risque de fractures des côtes. Les écarteurs de Gelpi sont utilisables sur les animaux de petit format (Figure 26). Néanmoins, ils sont associés à davantage de fractures de côtes et à une morbidité plus importante compte-tenu de leur répartition moins adaptée des forces (Orton et Monnet, 2018 ; Etcheparborde, 2019).

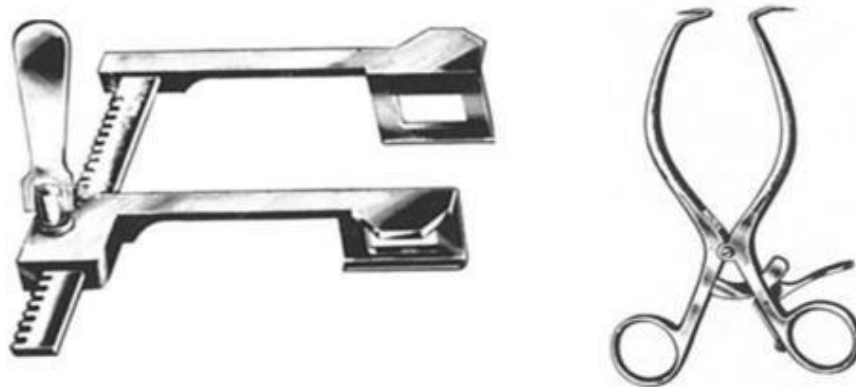


Figure 26 : Écarteur de Finochietto (à gauche) et de Gelpi (à droite) (Tobias et Johnston, 2013)

La désinsertion du périoste et de certaines attaches musculaires est réalisée à l'aide d'une rugine dont la taille est adaptée en fonction du gabarit du patient (Figure 27).

Il est parfois nécessaire de sectionner une côte. En général, cette étape pourra être réalisée à l'aide d'une pince de Linston (Figures 28).



Figure 27 : Rugine (Tobias et Johnston, 2013)



Figure 28 : Pince de Linston (Tobias et Johnston, 2013)

En fonction du type d'intervention intra-thoracique et du gabarit du patient, ces instruments pourront être complétés par des instruments longs de 17 à 23 cm et plus adaptés pour travailler dans la profondeur du thorax. Ces instruments ne sont pas nécessaires pour réaliser la thoracotomie.

L'utilisation d'un bistouri électrique monopolaire ou d'une pince à thermofusion facilitent la réalisation de l'hémostase et les incisions musculaires.

En fin d'intervention, la mise en place d'un drain thoracique est indispensable pour la gestion post-opératoire. Après avoir assuré l'étanchéité de la paroi thoracique, il permet de recréer le vide pleural en aspirant l'air ou les épanchements résiduels présents dans le thorax. Le diamètre n'influençant pas l'efficacité du drainage, les drains de petit diamètre sont recommandés en première intention pour un meilleur confort du patient (Evans, 2013).

Le drain peut également participer à la gestion de la douleur en fournissant un moyen supplémentaire d'administration locale de produits analgésiques.

III.5. Description des techniques chirurgicales

III.5.1. Thoracotomie latérale intercostale (droite ou gauche)

La thoracotomie intercostale est l'approche la plus réalisée en chirurgie thoracique chez les carnivores domestiques. Elle consiste à passer entre 2 côtes, au niveau d'un espace intercostal, en incisant les muscles intercostaux.

III.5.1.1. Temps pré-opératoire

En premier lieu, l'espace intercostal doit être choisi. Les sites d'incision sont préconisés en fonction de l'affection (Tableau 5).

Les espaces intercostaux peuvent varier en fonction de la race de l'animal. L'abord par la droite doit être privilégié pour l'intervention au niveau des veines caves. L'abord par la gauche restera la voie par défaut.

L'espace précis est défini à l'aide de l'analyse des examens d'imagerie disponibles (radiologie, échographie ou scanner). Dans un premier temps, les examens d'imagerie permettent de vérifier le nombre de côtes. Ensuite, la position de l'organe ou de l'anomalie est vérifiée et l'espace correspondant défini. Néanmoins, si un doute persiste, et en raison de la mécanique respiratoire, le déplacement d'une côte s'avère plus facile crânialement que caudalement. L'anatomie et la physiologie de la cage thoracique étant mise à profit par le chirurgien, il convient donc de privilégier un espace situé légèrement caudalement au site d'intérêt. En effet, une traction crâniale sur les côtes autorise une large exposition de la cavité thoracique.

Après avoir été anesthésié, le patient est positionné en décubitus latéral droit ou gauche, le thorax latéral est tondu du rachis à la ligne médiane ventrale. Le pli du coude et la face caudale du membre thoracique sont également tondu. Caudalement, la tonte doit dépasser, d'au moins d'une ou deux largeurs de tondeuse, la 13^{ème} côte qui doit rester accessible pour le comptage. Le membre pelvien est fixé en extension pour augmenter la zone accessible. Un drap roulé ou un sac de sable peuvent être positionnés sous le thorax, juste en dessous de l'omoplate. Ils permettent d'écarter les côtes supérieures et d'élever le cœur. Ils rapprochent ainsi les viscères intra-thoraciques de la

plaie chirurgicale. (Tobias and Johnston, 2012) L'ensemble des zones tondues sont alors désinfectées de manière conventionnelle. Un ou plusieurs champs opératoires sont placés afin de recouvrir la totalité du patient ainsi que la table chirurgicale. Une fenêtre est alors découpée dans le champ afin de laisser un accès à 2 espaces intercostaux rostralement à la future incision ainsi qu'à la 13^{ème} côte pour permettre l'identification de l'espace intercostal cible par comptage des côtes.

Structure thoracique	Espace intercostal	
	Gauche	Droit
Trachée		3 – 4
Cœur et péricarde	4 – 5	4 – 5
Canal artériel	4 – (5)	
Persistance du 4^{ème} arc aortique	4 – (5)	
Valve pulmonaire (sténose)	4 – 5	
Lobe pulmonaire crânial	(4) – 5	(4) – 5
Lobe pulmonaire moyen		5
Lobe pulmonaire caudal	5 – 6	5 – 6
Œsophage crânial	3 – 4	3 – 5
Œsophage caudal	7 – 9	7 – 9
Veine cave crâniale	(6 – 7)	6 – 8
Veine cave caudale	8 - 10	8 - 10
Conduit thoracique	8 - 10	(8 – 10)
Masse médiastinale caudale	9	9

Tableau 5 : Localisation préférentielle du site de thoracotomie intercostale en fonction des viscères à aborder (Halfacree et Lipatck, 2018)

III.5.1.2. Temps opératoire

L'espace à inciser est repéré en comptant les côtes, en commençant par la 13^{ème} côte, très facilement identifiable, et en remontant jusqu'à l'espace souhaité.

L'anatomie et la physiologie de la cage thoracique est mise à profit par le chirurgien. En effet, une traction crâniale sur les côtes autorise une large exposition de la cavité thoracique.

Pour faciliter la description de la technique et en relation avec la suite du travail, l'espace intercostal choisi a été le 5^{ème}, c'est-à-dire entre les 5^{ème} et 6^{ème} côtes, espace fréquemment incisé.

La peau est incisée en regard du bord crânial de la 6^{ème} côte (Figure 29A). L'incision suit la courbure de la côte, de sa tête à son insertion sur le sternum.

Les côtes sont comptées à nouveau afin de vérifier la position de l'espace. Le tissu sous-cutané est ensuite incisé ou disséqué. Le muscle cutané du tronc est en général incisé simultanément. Le muscle grand dorsal est incisé avec des ciseaux ou par électrocautérisation ou thermofusion (Figure 29B). Ce muscle peut également être élevé en incisant ses attaches fasciales ventrales et déplacé en le réclinant dorsalement, au niveau d'un espace plus caudal (Figure 30A) (Tobias & Johnston, 2012). Une étude de 2015 menée par Youn suggère que la technique de respect musculaire était plus efficace que la méthode traditionnelle pour assurer une récupération moins douloureuse pendant les 7 premiers jours après la thoracotomie intercostale. En outre, cette technique serait aussi efficace que l'incision en termes d'exposition des organes pour les procédures chirurgicales.

Plus récemment, Nutt (2021) a évalué et comparé l'ampleur de la boiterie de l'animal et le niveau de douleur observés à la suite d'une thoracotomie latérale épargnant le muscle grand dorsal et une thoracotomie latérale standard où le muscle était sectionné. Il en conclue que les thoracotomies latérales ont causé des douleurs post-opératoires et une boiterie homolatérale des membres thoraciques. Néanmoins, ces deux paramètres ont été réduits en épargnant le muscle grand dorsal. Ainsi, le fait d'épargner ce muscle doit être envisagé pour diminuer la morbidité post-opératoire immédiate chez les chiens subissant une thoracotomie latérale (Landreneau et al., 1996).

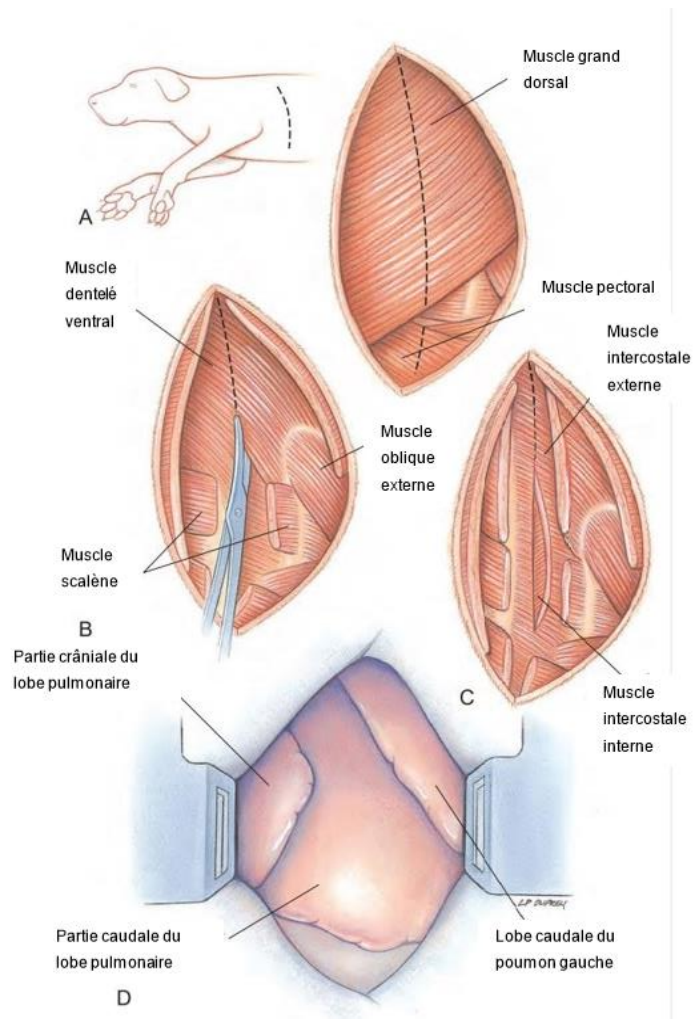


Figure 29 : Schéma des étapes de la thoracotomie intercostale (Tobias & Johnston, 2012)

A, Incision de la peau, des tissus sous-cutanés, et muscle cutané du tronc. Incision du muscle grand dorsal. B et C, Incision des muscles scalène, pectoral, dentelé ventral puis des intercostaux. D, Mise en place d'un écarteur Finochietto pour écarter les côtes.

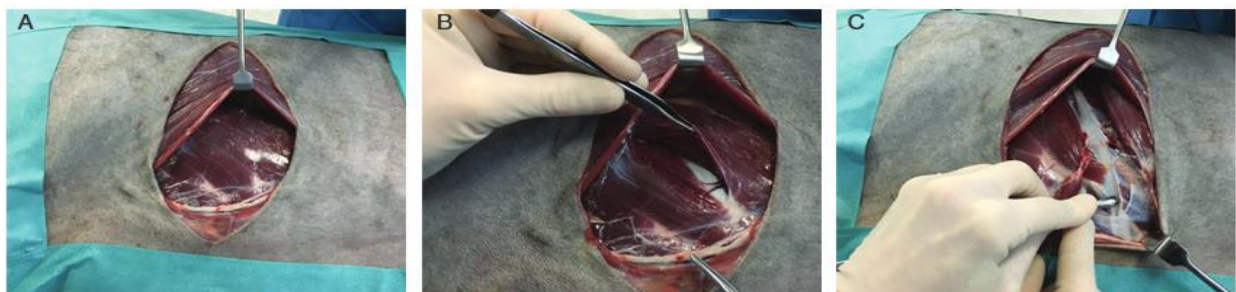


Figure 30 : Abord de la 5^{ème} côte - la tête du chien est à gauche.

(A) La peau, le tissu sous-cutané et le muscle peaucier ont été incisés en regard de la 5^{ème} côte. La face ventrale du muscle grand dorsal est identifiée et réclinée dorsalement. (B) Le muscle dentelé ventral du cou est séparé pour exposer la côte. Le muscle scalène est élevé au-dessus de la 5^{ème} côte.

Une fois le muscle grand dorsal incisé ou récliné dorsalement, le chirurgien peut recompter les côtes pour vérifier le bon espace intercostal. Le site peut également être identifié en visualisant l'insertion caudale de la partie musculaire du muscle scalène. Une division évidente entre les parties musculaires et tendineuses du muscle scalène dorsal est visible au niveau de la 5^{ème} côte, ce qui en fait un repère utile en chirurgie (Evans & DeLahunta, 2017).

Ventralement, le bord dorsal du muscle pectoral profond est incisé (Tobias & Johnston, 2012). Le muscle droit de l'abdomen, qui est majoritairement localisé en région ventrale, peut lui aussi être sectionné partiellement (Evans & DeLahunta, 2017).

Les muscles dentelés du thorax peuvent être soit sectionnés, soit divisés (Figure 30B). La séparation des corps musculaires est à privilégier car elle ne diminue pas l'exposition aux organes thoraciques et facilite la création d'un joint étanche lors de la fermeture de la thoracotomie (Tobias & Johnston, 2012).

Le muscle scalène est désinséré de la côte et rétracté crânialement (Figure 30C). Les faisceaux musculaires associés à chaque côte sont séparés par une dissection ou une incision, en prenant note qu'une branche de l'artère intercostale alimente chaque faisceau du muscle dentelé ventral et l'hémostase devra être contrôlée.

Le muscle intercostal externe est alors visible. Il est incisé simultanément avec le muscle intercostal interne. Cette incision est réalisée de préférence le long du bord crânial de la côte 6^{ème} côte pour éviter de léser les vaisseaux et nerfs intercostaux situés le long du bord caudal de la 5^{ème} côte (Tobias & Johnston, 2012). Certains auteurs recommandent d'inciser les muscles intercostaux au milieu de l'espace intercostal (Radlinsky dans le Tobias & Johnston, Chp 105, 2012) (Figure 29C).

Afin de limiter les lésions iatrogènes sur les organes thoraciques, l'entrée dans la paroi thoracique doit se faire en deux temps pour lever la force cohésive, c'est-à-dire en abordant la région intercostale initialement en préservant la plèvre pariétale, puis en incisant celle-ci dans un deuxième temps pour rentrer dans la cavité thoracique. La plèvre translucide est percée soigneusement avec une pince hémostatique ou une pince à dissection pour éviter d'endommager

le poumon sous-jacent. Il est conseillé de réaliser ce geste au cours d'une expiration. En pratique et en raison de sa proximité avec le muscle intercostal interne, la plèvre est souvent ponctionnée simultanément aux muscles intercostaux.

La ventilation assistée doit être enclenchée à cet instant.

L'incision intercostale est prolongée dorsalement jusqu'au tubercule costal et ventralement, vers le sternum. La poursuite de l'incision induit d'inciser la musculature épiaxiale (muscles pectoraux, droit de l'abdomen et oblique externe). Ventralement, il est possible de prolonger l'incision après avoir visualisé l'artère thoracique interne afin de la préserver. Il est également possible, bien que rarement pratiqué, de couper le cartilage costal de la côte caudale à la thoracotomie pour augmenter l'exposition des organes (Hunt, 2012 ; Liptak et al., 2013 ; Halfacree et Liptak, 2018 ; Orton et Monnet, 2018).

Des compresses sont placées sur les berges de la plaie pour les protéger et un écarteur de Finochietto est mis en place (Figure 29D). Les côtes sont écartées jusqu'à ce que le tissu conjonctif de l'extrémité dorsale de la plaie soit tendu. Augmenter la tension sur les côtes à ce stade accroît le risque de fracture des côtes.

Une fois l'intervention intra-thoracique terminée, la cavité pleurale est lavée et inspectée pour identifier d'éventuelles hémorragies ou fuite d'air. Un drain thoracique est positionné 2 à 3 espaces intercostaux en aval de la plaie (Figure 31A). Il est introduit sous la peau entre les 10^{ème} et 12^{ème} espaces intercostaux en région caudo-dorsale, est glissé sous la peau 3 à 4 espaces avant de plonger dans le thorax à hauteur du 7^{ème} ou 8^{ème} espace intercostal. La longueur du drain est ajustée par visualisation directe dans la cavité thoracique. Son positionnement est crânial et ventral dans la cavité thoracique, proche du manubrium sternal.

Le sac de sable ou le drap est retiré du dessous de la poitrine du patient pour faciliter l'apposition des côtes.

Pour suturer la thoracotomie, des points en X ou des points simples de fil à résorption lente de décimale 3 (2/0) à décimale 4 (1) sont prépositionnés autour des côtes délimitant l'espace intercostal incisé. Dans le cas du 5^{ème} espace intercostal, chaque point traverse le 6^{ème} espace intercostal en prenant appui sur la partie caudale de la 6^{ème} côte, et le 5^{ème} espace intercostal en

prenant appui sur la partie crâniale de la 5^{ème} côte (Figures 31B et C). Après positionnement, les points sont maintenus par une pince à forcipressure (Figure 31C).

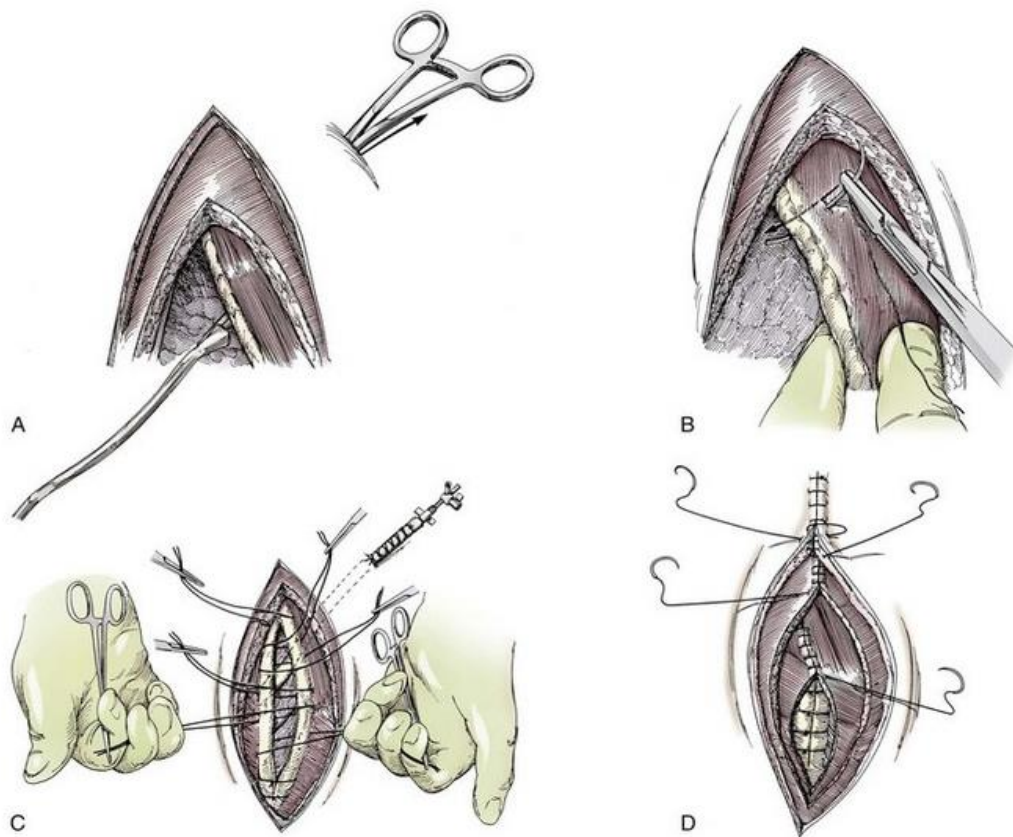


Figure 31 : Suture d'une thoracotomie intercostale.

A : Mise en place du drain thoracique ; B-C : Mise en place des sutures autour des côtes délimitant l'espace intercostal incisé et traction par l'aide opératoire ; D : Sutures musculaires et sous-cutanées plan par plan pour assurer l'étanchéité (Orton et Monnet, 2018)

Les points sont noués en alternance (1 dorsalement puis 1 ventralement ou inversement), le dernier étant celui du milieu. Les points sont serrés jusqu'à apposition plus ou moins complet des côtes l'une contre l'autre. Les points prennent appui sur les 2 côtes délimitant l'espace intercostal, sans prendre en charge les muscles intercostaux.

Théoriquement, il convient d'éviter d'incarcérer, dans le point, le faisceau-vasculo-nerveux situé caudalement à chaque côte. Cette suture péri-costale permet de réduire les tensions sur les tissus mous et éviter de devoir immobiliser les deux côtes, mais présente comme conséquence l'écrasement du nerf intercostal.

Une alternative à cette technique de suture est la réalisation de sutures trans-costales, en forant la côte caudale pour y passer la suture. Cependant, cette technique ne peut être effectuée que sur des individus de grand gabarit et rallonge le temps chirurgical (Kostesic et al., 2020). En effet, chez les animaux de petite taille, le forage de la côte risque d'induire une fracture de cette dernière.

Les formes de 2 côtes adjacentes n'étant pas exactement complémentaires, l'étanchéité de la cavité thoracique n'est obtenue qu'après la suture des muscles profonds du thorax. Le volet de muscles intercostaux fixés sur le bord caudal de la 5^{ème} côte est alors déplié caudalement afin de recouvrir le 1^{er} plan de suture ainsi que la 6^{ème} côte. Il est ensuite fixé dans cette position à l'aide de points prenant appui dans le muscle intercostal externe du 6^{ème} espace intercostal. Les faisceaux du muscle dentelé ventral sont repositionnés et maintenus par une suture continue qui peut être étendue ventralement pour inclure le muscle scalène (Figure 31D). Les muscles épaxiaux sont, à leur tour, suturés. Après ces étapes, une première tentative de rétablissement du vide pleural peut être réalisée via le drain thoracique qui aura été, au préalable, fixé à la peau. Le muscle grand dorsal est ensuite remplacé ou suturé, s'il a été sectionné, par une suture continue. Le muscle cutané du tronc, le tissu sous-cutané et enfin la peau sont suturés de façon conventionnelle. A chaque étape de suture, des points d'ancrage peuvent être réalisés pour éviter la formation d'espace mort, à l'origine d'un sérome.

Lorsque le tissu sous-cutané est suturé et que le vide pleural est rétabli, l'anesthésiste peut envisager d'arrêter la ventilation assistée (Hunt, 2012 ; Liptak et al., 2013 ; Halfacree et Liptak, 2018 ; Orton et Monnet, 2018).

III.5.2. Thoracotomie latérale trans-costale (droite ou gauche)

Cette voie d'abord constitue une variante de la thoracotomie intercostale classique.

III.5.2.1. Temps pré-opératoire

La préparation est identique à celle de la thoracotomie intercostale. La différence réside dans l'identification de la côte-cible au lieu d'un espace intercostal. Le placement du patient est identique.

III.5.2.2. Temps opératoire

Les premières étapes sont identiques à celles de la thoracotomie intercostale, seule la localisation des incisions diffère légèrement. Une fois la côte identifiée, les incisions cutanées et de toutes les structures sous-jacentes sont centrées sur la côte-cible (exemple la 5^{ème}) et non sur un espace intercostal, jusqu'à visualiser cette dernière (Figure 32).

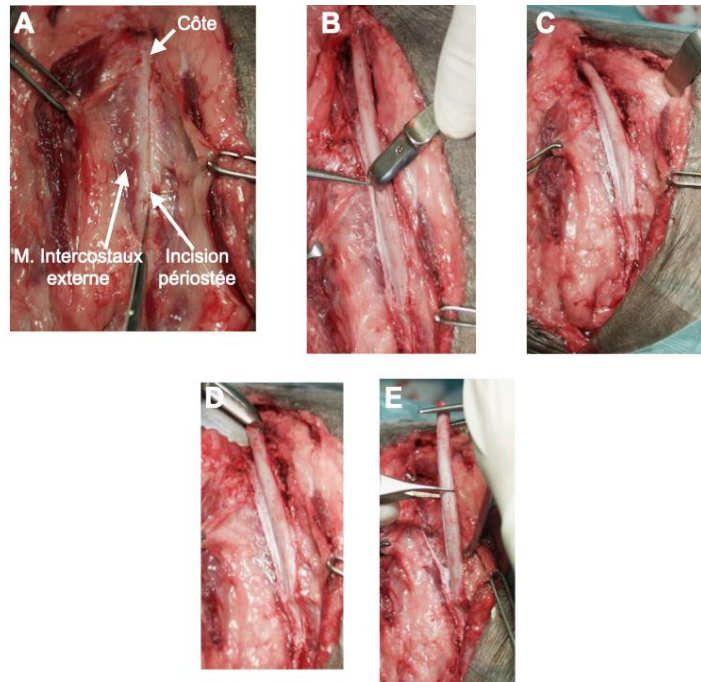


Figure 32 : Etapes finales de la thoracotomie trans-costale (UP Chirurgie – ENVTC©)

Une fois abordé, le périoste latéral de la 5^{ème} côte est incisé avec un bistouri à la lame froide, dorso-ventralement, au milieu de la côte (Figure 32A). Il est alors élevé de part et d'autre grâce à une rugine afin d'isoler la côte (Figure 32B). L'élevation périostée est également réalisée sur la face interne de la côte (Figure 32C).

A ce stade, la plèvre et le périoste médial sont préservés. La côte est ensuite sectionnée proximale et distale avec une pince coupante dédiée (Figure 32D). La côte est enlevée (Figure 32E).

Une alternative consiste à pivoter la côte et non à la retirer (Figure 33). Après avoir dégagé la côte du périoste latéral (Figure 33A), deux trous sont forés, ventralement, de part et d'autre du futur site d'ostéotomie afin de fixer les deux bouts osseux lors de la reconstruction (Figure 33B) (Appelgrein et Hosgood, 2018). Une unique ostéotomie est alors pratiquée ventralement, puis la

côte est luxée crânialement (Figures 33B et C).

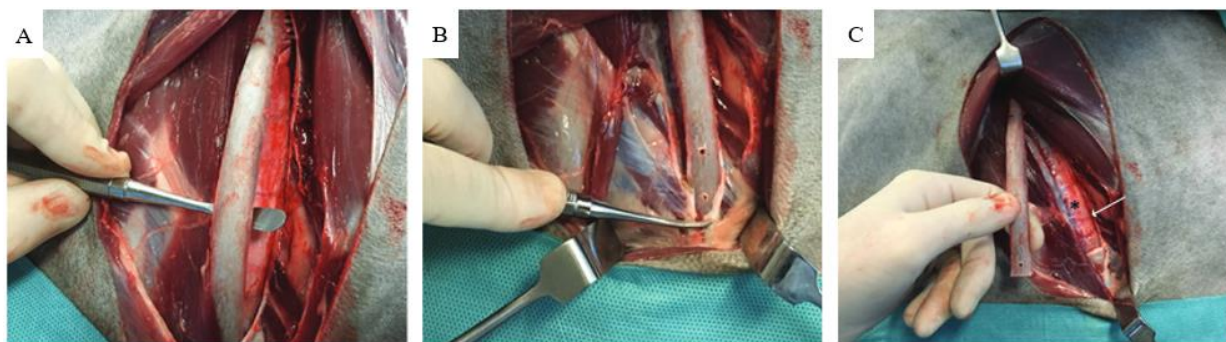


Figure 33 : Présentation d'une variante de la thoracotomie trans-costale par pivotement de la 5^{ème} côte - la tête du chien est à gauche.

Après avoir déperiosté la côte (A), deux trous sont réalisés en région ventrale de la côte, dorsalement à la jonction costochondrale (B). Les trous sont distants d'environ 1 à 1,5 cm. (C) La côte est incisée à mi-chemin entre les trous, lui permettant d'être pivotée crânialement. Le périoste médial et la plèvre sous-jacents sont identifiés (*)

A leur tour, le périoste médial de la plèvre pariétale sont incisés, au milieu de l'ancienne localisation de la côte (Figure 33C). L'écarteur de Finochietto est ensuite disposé comme précédemment. (Orton, 2003b ; Hunt, 2012 ; Liptak et al., 2013) (Appelgrein et Hosgood, 2018).

La suture de la thoracotomie débute par la plèvre pariétale associée au périoste. Une suture continue ou discontinue en U permet de rapprocher la plèvre pariétale et les feuillets médial et latéral du périoste de la côte (Figure 34) (Tobias, 2012).

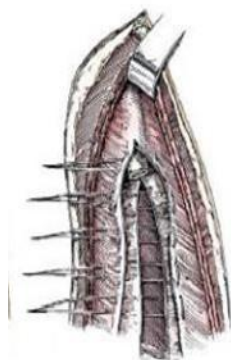


Figure 34 : Suture d'une thoracotomie par résection costale : suture de la plèvre et du périoste par des points préplacés en U (Orton et Monnet, 2018)

Si elle a été pivotée et non sectionnée, la côte est alors rebasculée dans sa position initiale. Les 2 abouts osseux sont stabilisés en réalisant une suture passant par les 2 trous forés, au préalable, de part et d'autre de l'ostéotomie. Un groupe d'étude basé sur 24 chiens et 1 chat a subi une thoracotomie à pivot costal modifié. Appelgrein et Hosgood ont surveillé la bonne exposition de

la technique opératoire, les complications possibles et le taux de morbidité. Les complications post-opératoires à court terme sont minimales. Le site d'ostéotomie costale de tous les chiens lors du suivi post-opératoire était stable, palpablement lisse et sans formation de cal osseux évident. La technique du pivot costal maintient une meilleure rigidité de la paroi thoracique par rapport à la thoracotomie trans-costale. Cette méthode diminue de manière anecdotique la douleur post-opératoire. Les avantages présumés de la technique du pivot costal n'ont pas été évalués dans cette étude. Une étude clinique prospective utilisant des scores de douleur, la quantification des pertes sanguines et une échelle objective de l'exposition obtenue serait bénéfique pour appuyer ces résultats.

La suture des plans musculaires est similaire à celle décrite lors de la thoracotomie intercostale.

III.6. La surveillance post-opératoire

La période post-opératoire immédiate, soit les premières 48 heures, constitue la phase la plus critique pendant laquelle il convient de bien surveiller le patient. Garder l'animal sous perfusion au moins durant cette période est essentiel pour un meilleur retour à l'équilibre des éventuels désordres hydro-électrolytiques et l'administration d'analgésiques entre autres.

Un bandage semi-compressif peut être mis en place à la fin de la chirurgie. Ce bandage limite l'apparition d'œdème inflammatoire. Il ne doit, cependant, pas réduire l'expansion de la cage thoracique et induire une insuffisance respiratoire. Il est conservé entre 24 et 48h et doit être vérifié fréquemment.

Le drain thoracique est conservé tant qu'il est fonctionnel. Il permet :

- de rétablir le vide pleural ce qui est en général effectif en 12h ;
- de vidanger les éventuels épanchements ;
- de continuer des lavages de la cavité thoracique si nécessaire ;
- d'administrer d'éventuels analgésiques.

En général, il est retiré dès que la production liquidienne extraite du thorax est mesurée à un volume de 2 mL/kg/j. Les recommandations actuelles évoquent plutôt une cinétique décroissante jusqu'à atteindre un plateau. Cette étape peut intervenir quelques heures à quelques jours après la chirurgie (Tattersall et Welsh, 2007).

Il est fréquent de constater une hypoventilation post-opératoire, induite par un ensemble de mécanismes : la rémanence des molécules anesthésiques, la présence d'air et/ou de liquides résiduels dans l'espace pleural, la douleur liée à l'intervention chirurgicale, la présence d'un bandage thoracique serré. Cette hypoventilation favorise elle-même une hypoxémie et une acidose, généralement mal tolérées par le patient en post-opératoire. Si elle est confirmée par une pression artérielle en dioxyde de carbone supérieure à 50 mm Hg, il conviendra d'en déterminer la cause et de la corriger plutôt que d'administrer un supplément d'oxygène (Tattersall et Welsh, 2006 ; Moores et al., 2007 ; Hunt, 2012 ; Liptak et al., 2013 ; Halfacree et Liptak, 2018 ; Orton et Monnet, 2018).

Une antibiothérapie peut être mise en place le cas échéant, avec l'appui d'un antibiogramme si jugé utile. Le retrait des points sera effectué 10 à 12 jours après la chirurgie.

III.7. Les incidents et les complications

Les complications post-opératoires sont usuellement décrites sur deux périodes :

- le court terme, correspondant aux deux premières semaines post-opératoires ;
- le long terme, soit la période au-delà de ces premières semaines.

Selon une récente étude (octobre 2020) portant sur l'étude du suivi de thoracotomies réalisées dans les douze dernières années au Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire d'Alfort (ENVA), 95 % des patients ayant survécu à la thoracotomie ont présenté des complications post-opératoires. Ces complications sont liées à la procédure chirurgicale dans 47 % des cas et sont rencontrées chez 2/3 des patients (67 %). Parmi elles, les complications liées au drain sont les plus fréquentes (19 %) suivi d'épisodes de douleur excessive malgré l'analgésie multimodale mise en place (16 %) et d'œdème ou de gonflement excessif de la plaie (15 %). (thèse ENVA, 2020).

Les complications à court terme sont rapportées dans 31 % à 47 % des thoracotomies intercostales sur des carnivores domestiques. Il s'agit le plus souvent d'hémorragies, d'hypoxie, de douleur, d'emphysème sous-cutané, de séromes, de fistule broncho-pleurale, d'infections, de réactions aux anesthésiques, de déhiscence de plaie ou encore d'œdème ou de boiterie du membre thoracique ipsilatéral à la thoracotomie (Tattersall et Welsh, 2006 ; Moores et al., 2007 ; Hunt, 2012 ; Halfacree et Liptak, 2018 ; Orton et Monnet, 2018).

Les fuites post-opératoires d'air se manifestent sous la forme de pneumothorax, de pneumomédiastin ou encore d'emphysème sous-cutané. Le pneumomédiastin est plus fréquemment rencontré en cas de ruptures alvéolaires iatrogènes induites par un barotraumatisme durant l'anesthésie (Tattersall et Welsh, 2006 ; Moores et al., 2007 ; Hunt, 2012 ; Halfacree et Liptak, 2018 ; Orton et Monnet, 2018). En excluant les complications provoquées par une intervention pulmonaire, elles sont généralement liées à un problème d'étanchéité de la cavité pleurale lors de la suture de la thoracotomie induites par une apposition insuffisante des tissus mous, ou bien par un défaut en rapport avec le drain thoracique. La fuite peut provenir, dans ce cas, au niveau de la stomie du drain ou d'un défaut d'étanchéité du joint entre le drain et le robinet trois voies.

Les complications à long-terme sont très peu décrites dans le cas des thoracotomies intercostales (Tattersall et Welsh, 2006 ; Liptak et al., 2013 ; Orton et Monnet, 2018).

Quelques études se sont intéressées à la morbidité et la mortalité engendrées à la suite d'une thoracotomie sur le court terme et en fonction de la voie d'abord mise en œuvre. Elles révèlent des pourcentages de mortalité sur le court terme allant de 7 à 32 %, toutes thoracotomies confondues (Tableau 6) (thèse Alfort, 2020).

Taux de mortalité	Peropératoire	<48h	<15j	Total
Tattersall et Welsh, 2006	12 %	2 %	8 %	21 %
Moore et al., 2007	11 %		3 %	13 %
Bleakley et al., 2017	1 %	5 %	1 %	7 %
Etudes ENVA (2010-2020)	6 %	11%	15%	32 %

Tableau 6 : Mortalité post-opératoire et à court terme à la suite d'une thoracotomie (Etudes ENVA (2010-2020))

La voie d'abord semble avoir une influence notable sur le taux de mortalité post-opératoire (Tableau 7). Il apparaît que la sternotomie médiane présente un pourcentage de mortalité plus élevé que les interventions pratiquées par un abord intercostal. Néanmoins, les affections prises en charge par thoracotomie intercostale et par sternotomie médiane ne sont pas les mêmes et sont difficilement comparables en termes de morbidité/mortalité.

	Thoracotomie intercostale	Sternotomie médiane	Total
Tattersall et Welsh, 2006	15 % (11/75)	43 % (10/23)	21 % (21/98)
Bleakley et al., 2017	3 % (3/93)	15 % (6/41)	7 % (9/134)

Tableau 7 : Mortalité des patients en fonction de la voie d'abord (Tattersall et Welsh, 2006 ; Bleakley et al., 2017)

III.8. La gestion de l'analgésie

En humaine, bien qu'en général la douleur aiguë de thoracotomie traitée de manière appropriée disparaisse, un nombre important de patients développent un syndrome de douleur chronique post-thoracotomie intercostale, avec jusqu'à 65 % des patients souffrant de douleur et 10 % souffrant de douleur débilante qui change la vie (Gupta et al., 2020).

En médecine vétérinaire, de plus en plus d'études traitent de l'analgésie per-opératoire autour de la thoracotomie intercostale. La douleur issue de ces chirurgies réside dans la compression de la triade neuro-vasculaire, dans la présence de contusions, dans la diminution de la ventilation en raison de la rétraction des structures de la paroi thoracique et de la présence de liquide inflammatoire ou de gaz en région intrathoracique, ce qui rend les efforts respiratoires plus difficiles. On observe généralement une modification de la courbe respiratoire avec apparition de dyspnée, de tachypnée, une respiration superficielle, et des risques de complications respiratoires majorés.

De récentes études ont révélé une douleur post-opératoire moindre évaluée chez les patients suite à une thoracotomie trans-costale plutôt qu'une thoracotomie intercostale (Leandro et al., 2014). Après une thoracotomie trans-costale, la douleur des patients était minimale ou absente autour du 7^{ème} jour post-opératoire, alors que les patients ayant subi une thoracotomie intercostale ont encore signalé une douleur modérée à ce moment-là. Dans ce second groupe, cette douleur n'est devenue minimale qu'à partir du 60^{ème} jour post-opératoire.

Une seconde étude basée sur la base des scores de douleur et le taux de perfusion de Fentanyl a démontré que la fermeture de la thoracotomie trans-costale était significativement moins douloureuse que celle de la thoracotomie intercostale (Rooney et al., 2004).

D'autres études ont témoigné de l'importance d'associer une analgésie multimodale systémique et une analgésie loco-régionale lors d'une thoracotomie. La douleur post-opératoire peut être gérée avec des analgésiques parentéraux (opioïdes, anti-inflammatoires non stéroïdiens) associés à des anesthésiques locaux administrés par voie intercostale ou intra-pleurale ou même une association des deux. (Tobias & Johnston, 2012)

Dès les années 90, Thompson et son associé Johnson (Thompson & Johnson, 1991), Pascoe et Dyson (Pascoe & Dyson, 1993), puis Conzemius et ses associés (Conzemius et al., 1994), se sont intéressés à la gestion de l'analgésie post-opératoire suite à une thoracotomie intercostale. Plusieurs protocoles ont été proposés :

- administration de morphine par voie parentérale ;
- réalisation de blocs nerveux intercostaux sélectifs avec du chlorhydrate de bupivacaïne et de l'épinéphrine (Figure 35);
- administration intraveineuse de buprénorphine adaptée aux résultats du scoring douleur effectué.

Ces études ont révélé que les deux premiers protocoles proposaient une analgésie adéquate.

Asorey et ses confrères ont rédigé, en 2021, le premier rapport clinique vétérinaire utilisant le bloc du plan dentelé échoguidé dans le cadre d'un protocole d'analgésie multimodale chez des chiens subissant une thoracotomie latérale. Cette technique d'anesthésie loco-régionale aurait le potentiel de prévenir la nociception et de réduire les besoins per-opératoires en opioïdes chez les chiens subissant ce type d'opération. Un essai clinique prospectif randomisé reste cependant nécessaire pour confirmer ces résultats prometteurs (Asorey et al., 2021).

En humaine, les recherches de Zengin et de ses confrères (2021) comparent l'analgésie péridurale thoracique et le bloc paravertébral thoracique. Ils démontrent que les deux protocoles analgésiques fournissent des scorings douleur similaires. En revanche, les complications post-opératoires sont moins fréquentes lorsqu'un bloc paravertébral thoracique avec l'analgésie contrôlée par voie intraveineuse a été mis en place. Par conséquent, le bloc paravertébral thoracique peut être une bonne alternative pour prévenir les douleurs aiguës après une thoracotomie et serait intéressant à étudier en médecine vétérinaire (Zengin et al., 2022).



Figure 35 : Anesthésie par bloc locorégional des nerfs intercostaux avant la reconstruction d'une sternotomie (Dr. Patti Sura)

Pour conclure, la gestion de la douleur engendrée par une thoracotomie est fondée à la fois sur l'adoption d'une technique chirurgicale adaptée à la pathologie présente, et l'association d'une approche analgésique multimodale systémique et loco-régionale (Gupta et al., 2020).

MATERIELS ET METHODES

I. Introduction

Ce travail expérimental avait pour objectif de tenter de quantifier puis de comparer la taille des fenêtres opératoires obtenues par thoracotomies latérales trans-costales et intercostales.

II. Les animaux

Les thoracotomies ont été réalisées sur des cadavres de chien Beagle adulte. L'étude a porté sur 12 chiens.

Les thorax ont été totalement tondu à l'aide d'une tondeuse électrique. Les chiens ont été placés en décubitus latéral. Les membres thoraciques ont été tirés crânialement, et les membres pelviens tirés caudalement. Les membres ont été maintenus à l'aide de liens.

III. Le matériel

Le matériel nécessaire a été listé dans le Tableau 8.

IV. La procédure chirurgicale

Les 2 thoracotomies latérales ont été réalisées chez tous les chiens, une par côté. Pour chaque individu, le côté ainsi que le type de thoracotomie ont été définis à l'aide d'une table de randomisation.

Les interventions ont été réalisées par 2 opérateurs, soit un total de 24 thoracotomies. Pour chaque thoracotomie, les étapes mises en œuvre ont suivi les deux procédures décrites en suivant.

Matériel	Thoracotomie intercostale	Thoracotomie trans-costale
Une règle graduée	✓	✓
Un mètre ruban	✓	✓
Un appareil photo	✓	✓
Un trépied pour appareil photo	✓	✓
Un ordinateur avec le logiciel ImageJ	✓	✓
Une tondeuse	✓	✓
Une table chirurgicale	✓	✓
2 liens	✓	✓
Des ciseaux de Mayo	✓	✓
Des ciseaux de Metzenbaum	✓	✓
Un bistouri à lame froide	✓	✓
Des compresses	✓	✓
Des pinces de Debaquey	✓	✓
Des pinces à forcipressure	✓	✓
Des écarteurs auto-statiques (type Finochietto)	✓	✓
Une rugine		✓
Une pince coupante		✓
Un porte aiguille	✓	✓
Des fils de suture	✓	✓

Tableau 8 : Matériel nécessaire pour la réalisation des thoracotomies

IV.1. Thoracotomie latérale intercostale

Il a été réalisé une thoracotomie latérale intercostale au niveau du 5^{ème} espace intercostal. L'espace intercostal a été repéré par comptage des côtes en partant de la 13^{ème} côte.

Les principales étapes sont résumées ci-dessous :

- a. incision dorso-ventrale de la peau à l'aide du bistouri à lame froide en regard du bord crânial de la 6^{ème} côte ;
- b. incision du tissu sous-cutané (conjonctif et adipeux) associée au muscle peaucier à l'aide du bistouri à lame froide. La localisation est identique à la précédente ;
- c. vérification de l'espace intercostal (EIC) ;
- d. incision du muscle grand dorsal puis des muscles dentelés à l'aide du bistouri à lame froide ;
- e. vérification de l'espace intercostal (EIC) ;
- f. ponction des muscles intercostaux externe et interne, ainsi que la plèvre pariétale le long du bord crânial de la 6^{ème} côte à l'aide du bistouri à lame froide ;
- g. incision des 3 structures à l'aide des ciseaux de Metzenbaum à partir de la ponction précédente, dorsalement jusqu'au tubercule costal et ventralement vers le sternum. L'incision a suivi l'incurvation du bord crânial de la côte.

IV.2. Thoracotomie latérale trans-costale

Une thoracotomie trans-costale de la 5^{ème} côte a été réalisée. La côte a été repérée par comptage des côtes en partant de la 13^{ème}. Les principales étapes de la technique mises en œuvre sont résumées ci-dessous :

- a. incision dorso-ventrale de la peau à l'aide du bistouri à lame froide en regard de la 5^{ème} côte ;
- b. incision du tissu sous-cutané (conjonctif et adipeux) associée au muscle peaucier à l'aide du bistouri à lame froide. La localisation est identique à la précédente ;
- c. vérification de la position de la côte cible ;

- d. incision du muscle grand dorsal puis des muscles dentelés à l'aide du bistouri à lame froide ;
- e. vérification de la position de la côte cible ;
- f. incision médiane dorso-ventrale du périoste latéral de la 5^{ème} côte au bistouri à lame froide, en écartant les fibres du muscle scalène ;
- g. décollement du périoste latéral de la côte à l'aide d'une rugine, crânialement et caudalement, puis du périoste médial sur la face interne de la côte ;
- h. section de la côte le plus dorsalement et le plus ventralement possible à l'aide d'une pince coupante ;
- i. ponction du périoste médial et de la plèvre pariétale avec le bistouri à lame froide ;
- j. prolongement de cette incision, dorsalement et ventralement.

V. La réalisation des photographies

Un morceau de champ chirurgical bleu a été placé dans la cavité thoracique afin d'augmenter les contrastes et faciliter le traitement d'images (Figure 36). Un mètre ruban a été placé sur un bord de la plaie afin d'obtenir la mesure la plus précise de l'ouverture en tenant compte du bombement de la cage thoracique. Une règle graduée a été placée sur l'autre bord de la plaie afin de servir de gabarit lors de la réalisation des mesures.

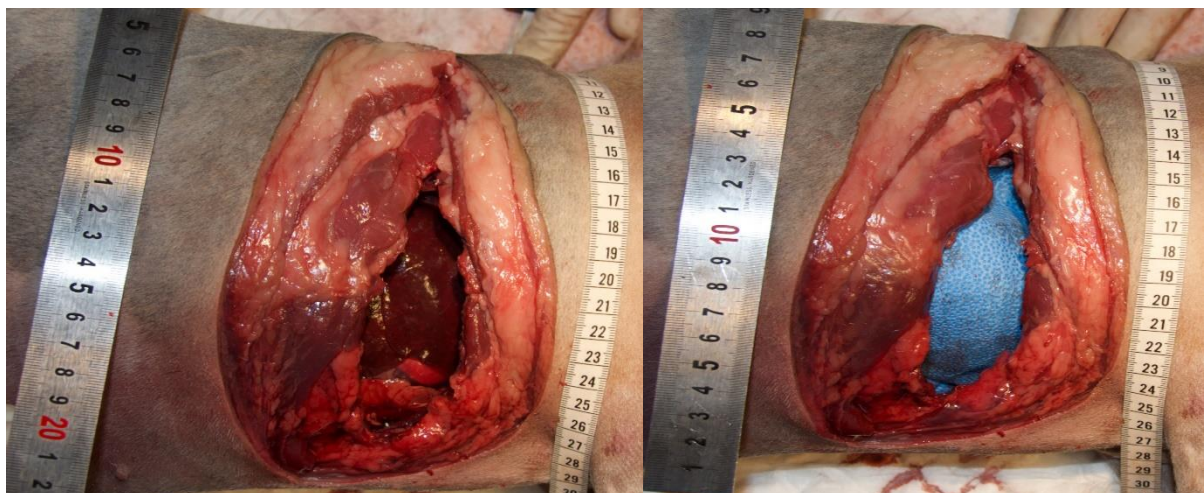


Figure 36 : Photographies d'une thoracotomie latérale avec mise en place d'une règle, d'un mètre ruban, avant et après avoir placé un tissu dans la cavité thoracique

L'appareil photo (Nikon D7200) a été fixé sur le trépied et placé au-dessus du thorax du chien. Une première photo sans écarteur a été réalisée (Figure 36). Afin de limiter les risques d'obtenir des clichés de qualité médiocre, 2 photos identiques ont été réalisées.

L'opérateur a mis en place un écarteur auto-statique de Finochietto (Figure 37). L'écarteur a été ouvert au maximum sans toutefois induire de fracture de côte ou de déchirure tissulaire. Une deuxième série de clichés a été effectuée. Ainsi, un total de 4 photos a été pris pour chaque type de thoracotomies.

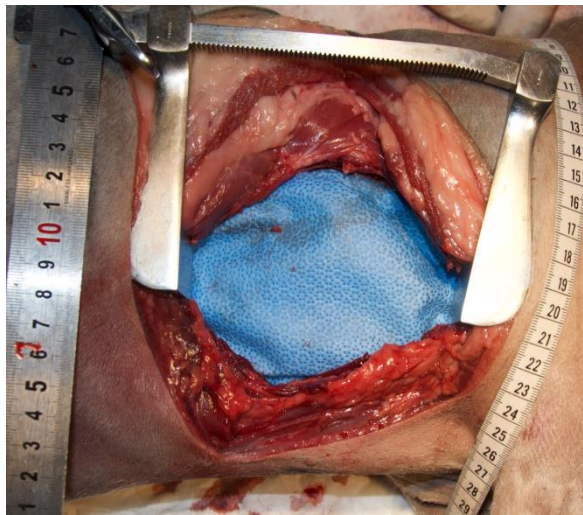


Figure 37 : Mise en place d'un écarteur de Finochietto

Une fois les clichés réalisés, le chien a été retourné et la seconde thoracotomie a été effectuée sur le thorax controlatéral, en suivant la même procédure.

VI. La réalisation des mesures

Toutes les photos ont été transférées sur un ordinateur puis identifiées. La meilleure prise des 2 clichés a été conservée. Elles ont ensuite été ré-identifiées de façon aléatoire afin de réaliser les mesures sans connaître ni le chien, ni le type de thoracotomie.

Les mesures sur les photographies ont été réalisées à l'aide du logiciel ImageJ. Il s'agit d'un logiciel de traitement et d'analyse d'image couramment utilisé lors d'études scientifiques. C'est un logiciel complet, libre d'accès et gratuit. Il est écrit en Java et est adaptable à Microsoft, Mac OS, Linux et Zaurus.

Les photos à traiter ont été importées les unes après les autres dans le logiciel ImageJ. Toutes les mesures ont été réalisées par un des opérateurs ayant effectué les thoracotomies.

Chaque image a été étalonnée grâce aux gabarits placés figurant sur la photo (Figure 38). Un trait rectiligne de 10 à 20 cm a été tracé en suivant les graduations situées sur le bord de la règle. La longueur du segment dépendait de la lisibilité des graduations de la règles sur la photo. A cette longueur, correspondait un nombre de pixels.

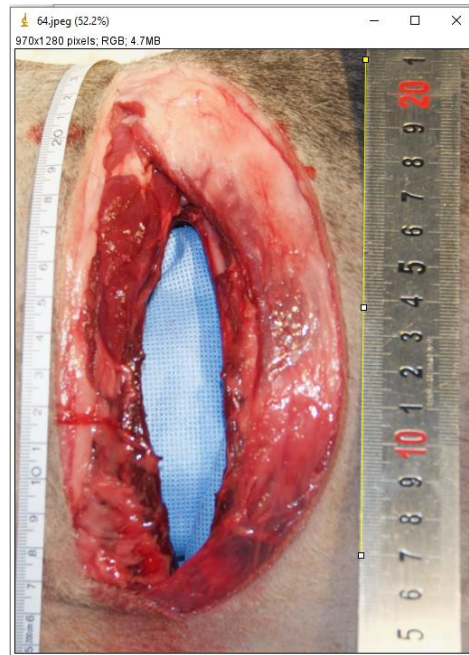


Figure 38 : Traçage d'un segment pour l'étalonnage du logiciel ImageJ

L'étalonnage est alors réalisé en renseignant la longueur en cm correspondante au nombre de pixels obtenus (Figure 39).

ImageJ ne permettant pas de faire des étalonnages à l'aide de ligne courbe, il a été impossible d'utiliser le mètre ruban comme gabarit pour l'étalonnage.

La zone représentant la fenêtre chirurgicale a été délimitée manuellement à l'aide de l'outil « polygone » (Figure 40).

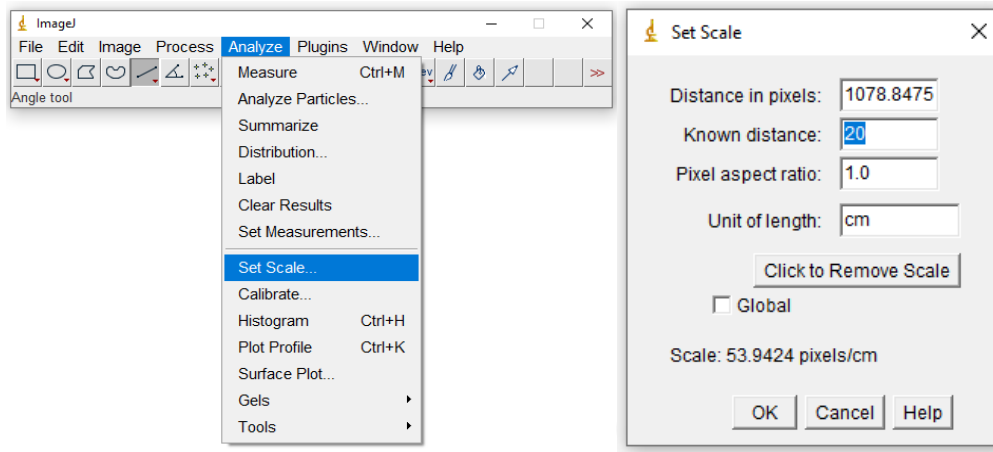


Figure 39 : Etalonnage du logiciel ImageJ pour 1 image

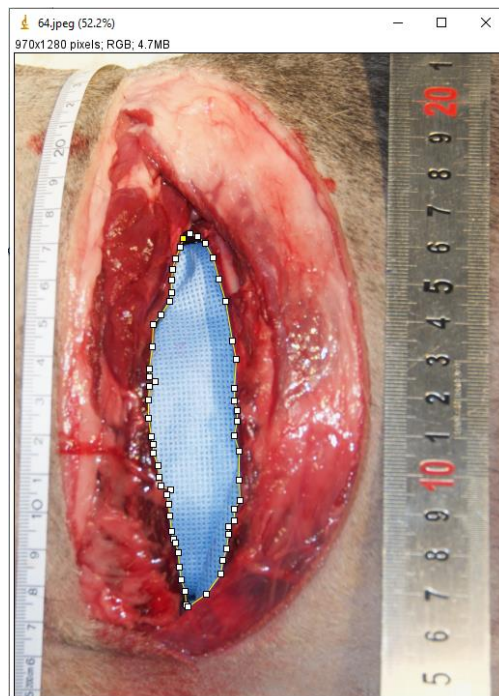


Figure 40 : Délimitation de l'ouverture chirurgicale sur le logiciel ImageJ à l'aide de l'outil « polygone »

A partir de ce polygone, ImageJ a fourni l'aire et le périmètre de chaque fenêtre chirurgicale. Le tracé du périmètre ainsi que les mesures (aire et périmètre) ont été répétés 4 fois de plus pour réaliser une étude de répétabilité (Figure 41).

	Label	Area	Perim.
1	image 72.jpeg	24.016	23.516
2	image 72.jpeg	24.225	23.412
3	image 72.jpeg	24.255	23.406
4	image 72.jpeg	24.200	23.390
5	image 72.jpeg	24.175	23.163

Figure 41 : Répétition des mesures pour l'obtention des données d'aire et de périmètre sur le logiciel ImageJ

Dans un second temps, la longueur dorso-ventrale (longueur) et la largeur crânio-caudale (largeur) de la zone opératoire ont été mesurées (Figure 42). Les mesures ont été réalisées 5 fois par paramètres pour chacune des thoracotomies.

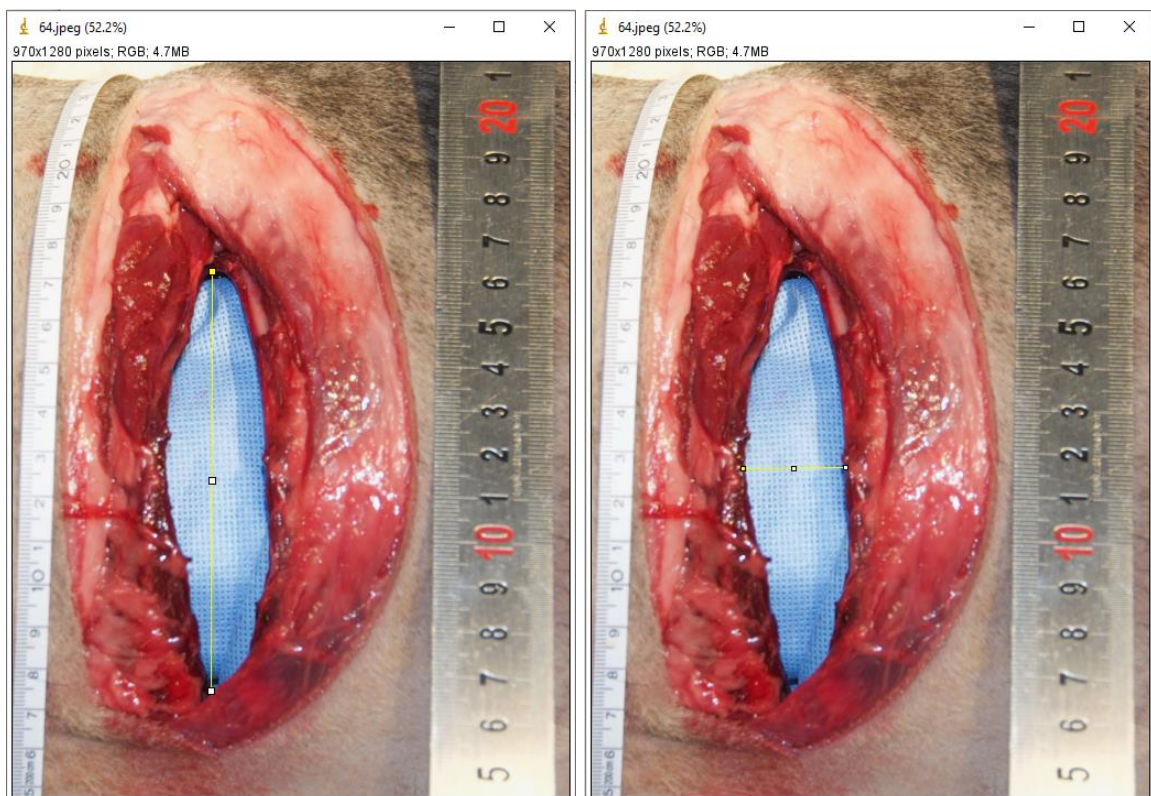


Figure 42 : Détermination de la longueur ventro-dorsale (à gauche) et de la largeur crânio-caudale (à droite) de l'ouverture chirurgicale sur le logiciel ImageJ

Toutes les valeurs ont été enregistrées puis exportées dans le logiciel Microsoft Excel pour établir un tableau récapitulatif puis préparer les données afin de réaliser les analyses statistiques.

VII. Analyses statistiques

Les moyennes et les écart-types des différents paramètres mesurés (aire, périmètre, largeur et longueur) ont été calculées par chien et pour la population totale.

La répétabilité des mesures a été vérifiée par le calcul de l'incertitude-type en faisant le rapport écart-type / racine carrée du nombre de mesures pour chaque paramètre mesuré de chaque thoracotomie et pour chaque chien ($p \leq 0,05$).

Enfin, les différents paramètres (aires, périmètres, longueurs et largeurs) des différentes thoracotomies ont été comparés afin de mettre en évidence d'éventuelles différences et de les quantifier quand elles existaient ($p \leq 0,05$). Pour les données suivant une loi normale, il a été réalisé une ANOVA et dans le cas contraire, un test de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$).

RESULTATS

I. Etude de la répétabilité des mesures

Chaque paramètre a été mesuré 5 fois. Pour chacun des paramètres (aire, périmètre, longueur et largeur), il n'a pas été mis en évidence de différence significative ($p \leq 0,05$) (Tableaux 9 et 10). La méthode de mesure employée est donc répétable.

Chiens	Ecarteurs	Incertitudes			
		Aires	Périmètres	Longueurs	Largeurs
1	Aucun	0,007	0,011	0,000	0,001
	Finochietto	0,012	0,003	0,000	0,001
2	Aucun	0,000	0,002	0,001	0,000
	Finochietto	0,005	0,001	0,000	0,000
3	Aucun	0,000	0,000	0,001	0,000
	Finochietto	0,000	0,001	0,000	0,000
4	Aucun	0,004	0,003	0,000	0,001
	Finochietto	0,009	0,000	0,000	0,000
5	Aucun	0,001	0,002	0,000	0,000
	Finochietto	0,002	0,000	0,001	0,000
6	Aucun	0,001	0,005	0,001	0,000
	Finochietto	0,005	0,003	0,000	0,000
7	Aucun	0,001	0,000	0,000	0,000
	Finochietto	0,014	0,001	0,000	0,000
8	Aucun	0,001	0,002	0,000	0,000
	Finochietto	0,002	0,000	0,001	0,001
9	Aucun	0,000	0,004	0,000	0,000
	Finochietto	0,001	0,000	0,000	0,000
10	Aucun	0,001	0,001	0,001	0,000
	Finochietto	0,001	0,003	0,000	0,000
11	Aucun	0,000	0,001	0,000	0,000
	Finochietto	0,004	0,002	0,000	0,000
12	Aucun	0,000	0,001	0,000	0,000
	Finochietto	0,001	0,000	0,000	0,000

Tableau 9 : Valeurs des incertitudes des différentes mesures réalisées sans ou avec écarteur pour les thoracotomies intercostales

		Incertitudes			
Chiens	Ecarteurs	Aires	Périmètres	Longueurs	Largeurs
1	Aucun	0,001	0,001	0,000	0,000
	Finochietto	0,001	0,001	0,001	0,000
2	Aucun	0,008	0,007	0,001	0,000
	Finochietto	0,001	0,000	0,000	0,000
3	Aucun	0,000	0,000	0,000	0,000
	Finochietto	0,005	0,005	0,000	0,001
4	Aucun	0,006	0,004	0,001	0,000
	Finochietto	0,009	0,009	0,000	0,000
5	Aucun	0,002	0,010	0,000	0,000
	Finochietto	0,000	0,004	0,000	0,000
6	Aucun	0,004	0,001	0,000	0,000
	Finochietto	0,001	0,003	0,000	0,000
7	Aucun	0,001	0,052	0,000	0,000
	Finochietto	0,001	0,003	0,001	0,000
8	Aucun	0,002	0,006	0,000	0,000
	Finochietto	0,003	0,000	0,000	0,000
9	Aucun	0,002	0,003	0,000	0,001
	Finochietto	0,001	0,004	0,000	0,000
10	Aucun	0,001	0,005	0,001	0,000
	Finochietto	0,001	0,002	0,000	0,000
11	Aucun	0,006	0,003	0,000	0,000
	Finochietto	0,002	0,005	0,000	0,000
12	Aucun	0,004	0,003	0,000	0,000
	Finochietto	0,001	0,001	0,000	0,001

Tableau 10 : Valeurs des incertitudes des différentes mesures réalisées sans ou avec écarteur pour les thoracotomies trans-costales

II. Comparaison des thoracotomies

II.1. Sans écartement

Les résultats obtenus pour les 4 paramètres mesurés (aire, périmètre, longueur et largeur) pour les thoracotomies intercostales et trans-costales sans dispositif d'écartement ont été reportés dans les tableaux 11 et 12 respectivement.

Chiens	Aires (cm ²)		Périmètres (cm)		Longueurs (cm)		Largeurs (cm)	
	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type
1	12,52	0,19	21,88	0,24	9,78	0,02	1,97	0,06
2	11,97	0,05	21,85	0,10	9,86	0,05	1,65	0,02
3	12,18	0,02	24,93	0,04	11,81	0,05	1,49	0,03
4	19,05	0,13	25,22	0,11	11,48	0,05	2,13	0,05
5	15,28	0,08	26,27	0,10	12,69	0,03	1,83	0,03
6	14,78	0,06	24,65	0,16	10,86	0,08	1,96	0,05
7	17,69	0,06	22,60	0,04	10,34	0,03	2,37	0,05
8	19,26	0,06	23,34	0,10	10,27	0,02	2,39	0,04
9	13,24	0,03	20,65	0,14	9,62	0,04	1,85	0,02
10	22,09	0,06	23,55	0,06	10,46	0,05	2,80	0,02
11	12,93	0,02	20,04	0,07	9,24	0,02	1,87	0,04
12	16,77	0,04	21,50	0,06	9,73	0,03	2,30	0,03
Total	15,65	3,32	23,04	1,95	10,51	1,025	2,05	0,36

Tableau 11 : Valeurs (moyennes et écart-types) des différentes mesures réalisées sans écarteur pour les thoracotomies intercostales

Chiens	Aires (cm ²)		Périmètres (cm)		Longueurs (cm)		Largeurs (cm)	
	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type
1	17,40	0,08	22,57	0,07	9,77	0,04	2,59	0,03
2	35,52	0,19	28,50	0,18	12,50	0,06	3,97	0,02
3	26,15	0,05	23,51	0,04	9,94	0,01	3,34	0,03
4	27,07	0,18	26,63	0,14	10,69	0,07	3,85	0,04
5	24,38	0,09	23,64	0,22	10,33	0,05	3,51	0,04
6	24,13	0,13	22,69	0,07	9,87	0,04	3,39	0,02
7	30,00	0,06	25,75	0,51	11,34	0,04	3,49	0,03
8	24,98	0,09	24,28	0,17	9,92	0,02	3,94	0,04
9	24,17	0,09	23,38	0,13	10,08	0,04	3,19	0,05
10	29,30	0,05	25,45	0,16	11,34	0,05	3,58	0,03
11	19,65	0,17	22,74	0,12	9,95	0,03	2,62	0,04
12	25,77	0,14	23,68	0,12	10,23	0,03	3,62	0,03
Total	25,71	4,7	24,40	1,83	10,50	0,83	3,42	0,45

Tableau 12 : Valeurs (moyennes et écart-types) des différentes mesures réalisées sans écarteur pour les thoracotomies trans-costales

Sans écartement et pour l'ensemble des chiens, l'aire moyenne a été mesurée à $15,65 \pm 3,32$ cm² pour les thoracotomies intercostales et à $25,71 \pm 4,70$ cm² pour les thoracotomies trans-costales (Tableaux 11 et 12, Figure 43).

Le périmètre moyen a été mesurée à $23,04 \pm 1,95$ cm pour les thoracotomies intercostales et à $24,40 \pm 1,83$ cm pour les thoracotomies trans-costales (Tableaux 11 et 12, Figure 44).

La longueur moyenne a été mesurée à $10,51 \pm 1,03$ cm pour les thoracotomies intercostales et à $10,50 \pm 0,83$ cm pour les thoracotomies trans-costales (Tableaux 11 et 12, Figure 45).

La largeur moyenne a été mesurée à $2,05 \pm 0,36$ cm pour les thoracotomies intercostales et à $3,42 \pm 0,45$ cm pour les thoracotomies trans-costales (Tableaux 11 et 12, Figure 46).

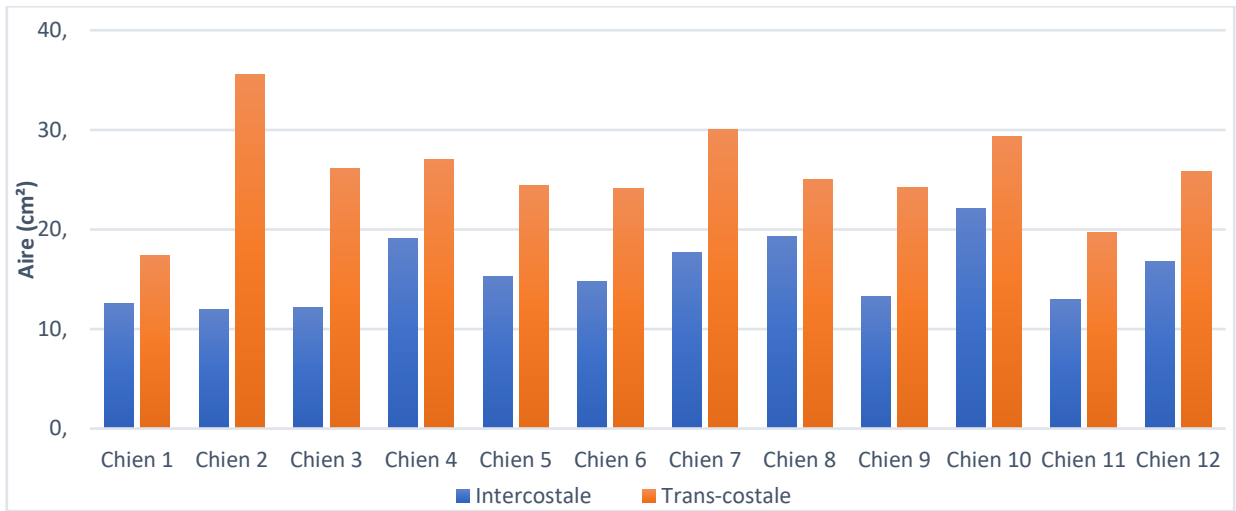


Figure 43 : Représentation graphique des mesures d'aires des thoracotomies intercostales sans écarteur et par chien

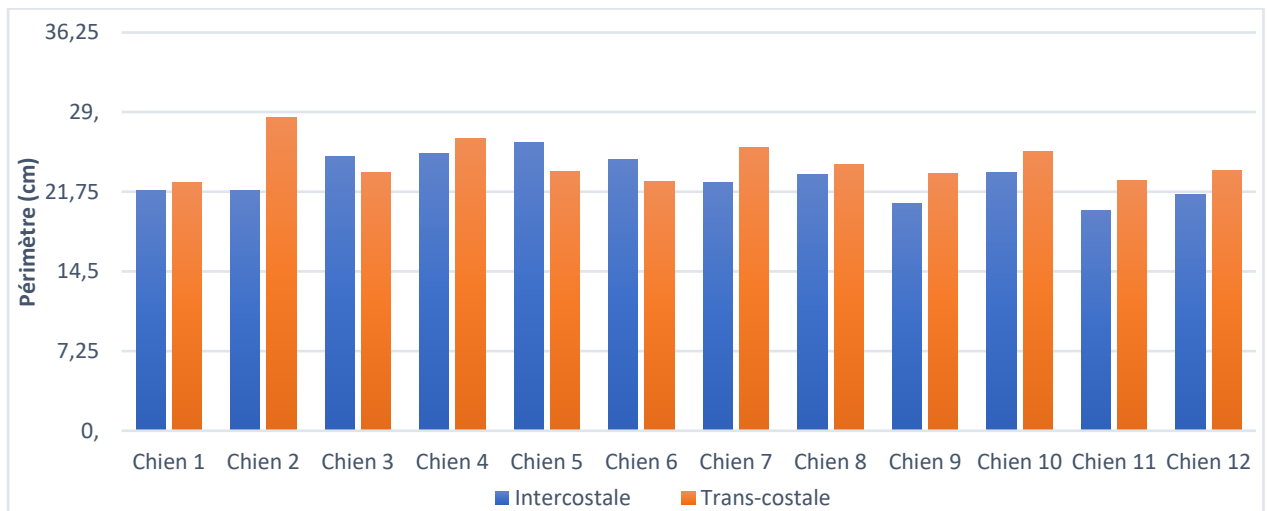


Figure 44 : Représentation graphique des mesures de périmètres des thoracotomies intercostales sans écarteur et par chien

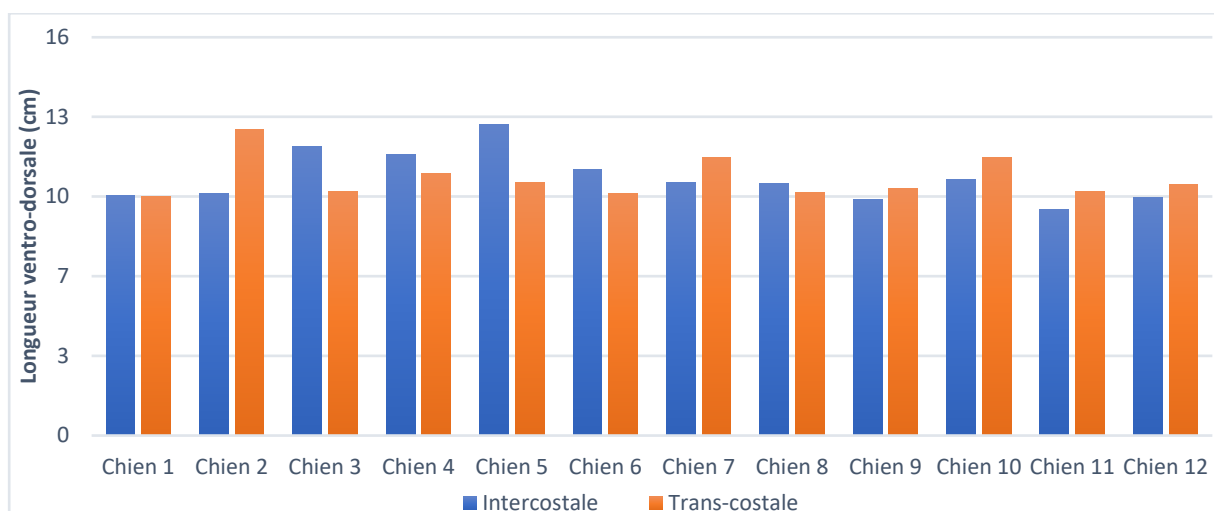


Figure 45 : Représentation graphique des mesures de longueurs des thoracotomies intercostales sans écarteur et par chien

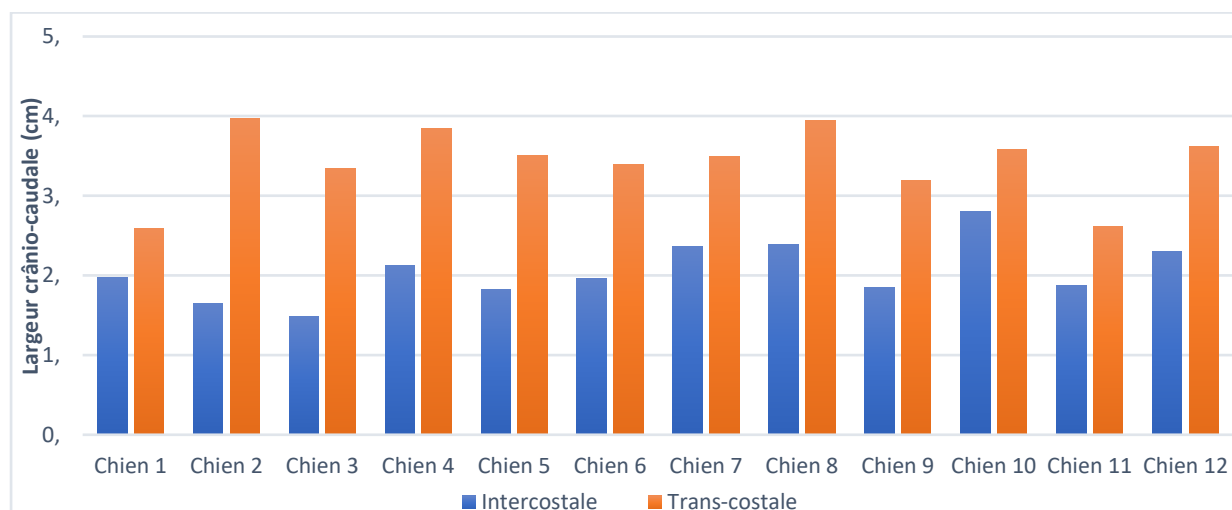


Figure 46 : Représentation graphique des mesures de largeurs des thoracotomies intercostales sans écarteur et par chien

Pour chaque chien, la valeur de chaque paramètre mesuré des thoracotomies inter-costales a été retranchée à celle des thoracotomies trans-costales afin de calculer la différence entre les 2 types de thoracotomies sans écarteur (Tableau 13 et Figures 47 à 50).

Chiens	Aires (cm ²)		Périmètres (cm)		Longueurs (cm)		Largeurs (cm)	
	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type
1	4,88	0,25	0,69	0,31	-0,01	0,04	0,62	0,07
2	23,56	0,23	6,65	0,11	2,65	0,09	2,31	0,03
3	13,97	0,05	-1,42	0,08	-1,87	0,05	1,85	0,04
4	8,02	0,30	1,41	0,10	-0,79	0,06	1,72	0,03
5	9,10	0,10	-2,62	0,30	-2,36	0,03	1,68	0,05
6	9,34	0,18	-1,95	0,14	-0,99	0,09	1,43	0,05
7	12,30	0,03	3,14	0,54	1,00	0,03	1,12	0,05
8	5,72	0,10	0,93	0,18	-0,36	0,03	1,55	0,05
9	10,93	0,09	2,73	0,23	0,46	0,02	1,34	0,03
10	7,21	0,10	1,90	0,16	0,88	0,01	0,77	0,01
11	6,73	0,16	2,70	0,17	0,71	0,04	0,75	0,07
12	9,00	0,12	2,18	0,16	0,50	0,04	1,33	0,06
Total	10,06	5,00	1,36	2,54	-0,02	1,37	1,37	0,50

Tableau 13 : Différences calculées entre les 2 types de thoracotomies (données mesurées sans écartement)

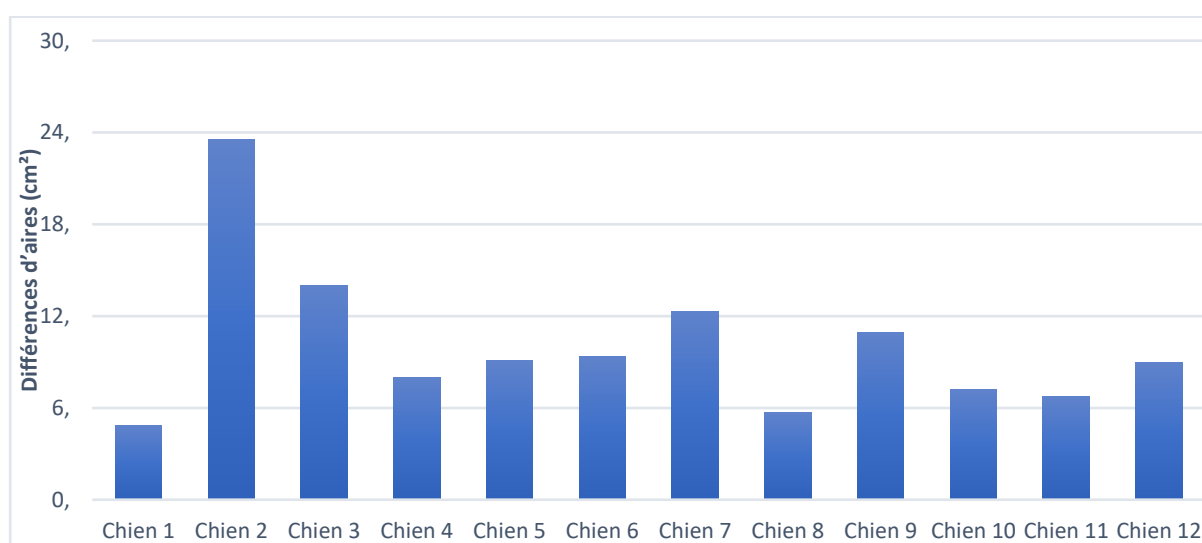


Figure 47 : Représentation graphique des différences d'aires des thoracotomies sans écarteur et par chien

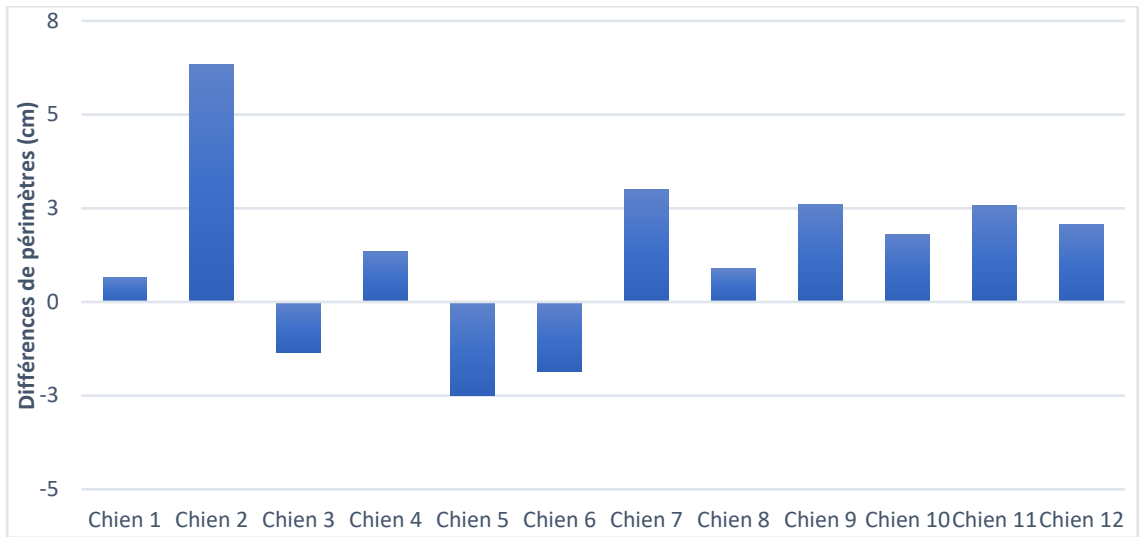


Figure 48 : Représentation graphique des différences de périmètres des thoracotomies sans écarteur et par chien

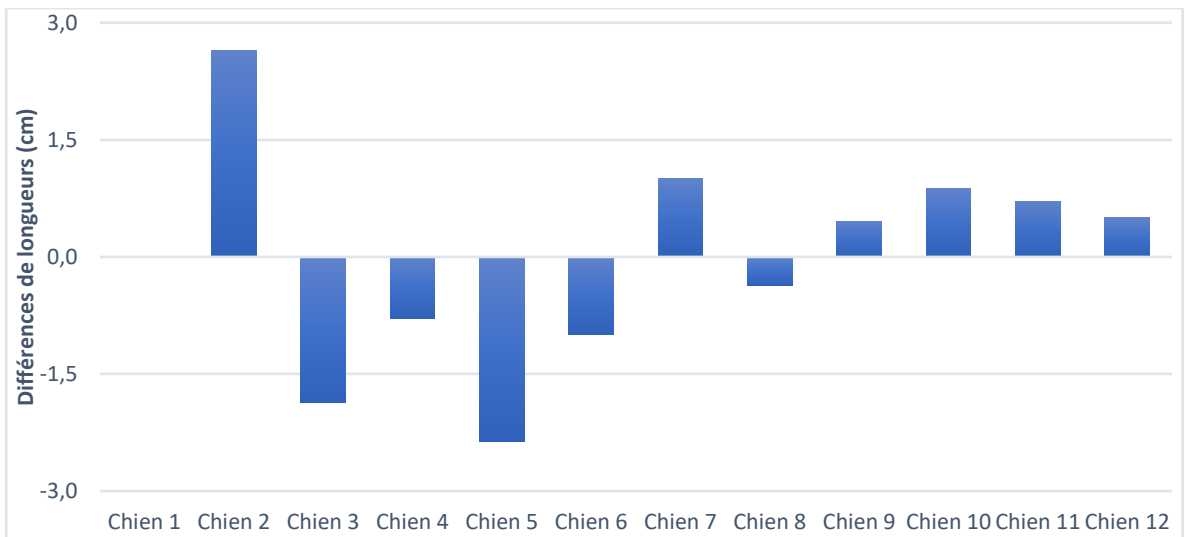


Figure 49 : Représentation graphique des différences de longueurs des thoracotomies sans écarteur et par chien

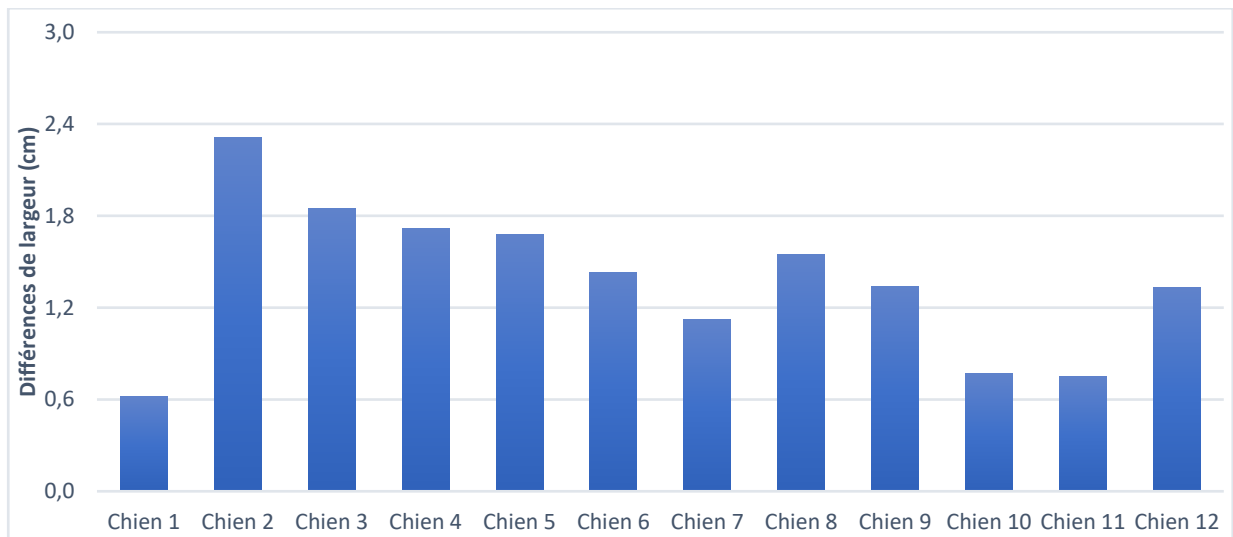


Figure 50 : Représentation graphique des différences de largeurs des thoracotomies sans écarteur et par chien

Les aires moyennes des thoracotomies trans-costales ont été statistiquement plus élevées que celles des intercostales avec une augmentation moyenne de $10,06 \pm 5,00 \text{ cm}^2$, soit une augmentation moyenne de 64% ($p < 0,05$) (Tableaux 13 et 14, Figure 51).

Les périmètres moyens et les longueurs moyennes des thoracotomies trans-costales ont été statistiquement identiques à celles des intercostales ($p > 0,05$) (Tableau 14).

Les largeurs moyennes des thoracotomies trans-costales ont été statistiquement plus élevées que celles des intercostales avec une augmentation moyenne de $1,37 \pm 0,50 \text{ cm}$, soit une augmentation moyenne de 67% ($p < 0,05$) (Tableaux 13 et 14).

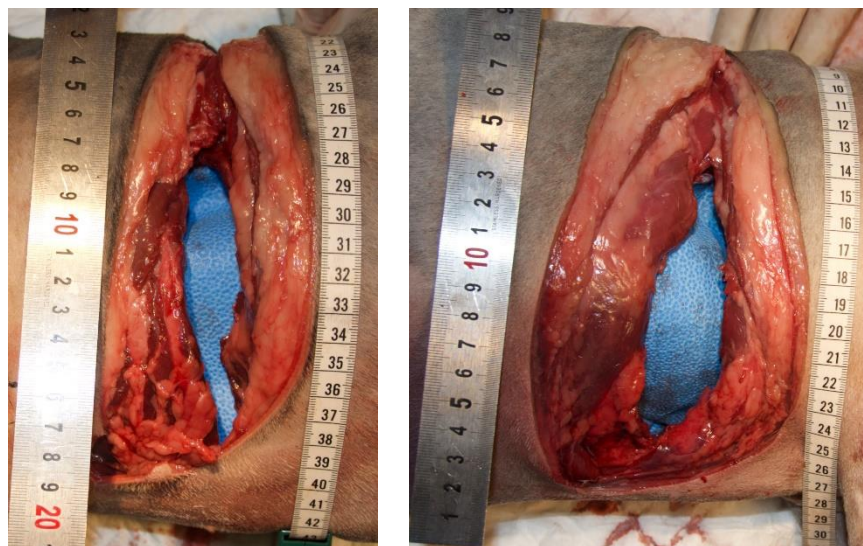


Figure 51 : Photographies du chien 1 sans écartement : à gauche, la thoracotomie intercostale ; à droite, la thoracotomie trans-costale

		Aire (cm ²)	Périmètre (cm)	Longueur (cm)	Largeur (cm)
Inter	Moyenne	15,65	23,04	10,51	2,05
	Ecart type	3,32	1,95	1,025	0,36
Trans	Moyenne	25,71	24,40	10,50	3,42
	Ecart type	4,70	1,83	0,83	0,45
P value		0,000	0,091	0,817	0,000

Tableau 14 : Comparaison par paramètres mesurés des thoracotomies inter- et trans-costale sans écartement

II.2. Avec un écarteur auto-statique

Les résultats obtenus pour les 4 paramètres mesurés (aire, périmètre, longueur et largeur) pour les thoracotomies intercostales et trans-costales, avec écarteur de Finochietto, ont été reportés dans les tableaux 15 et 16 respectivement.

Chiens	Aires (cm²)		Périmètres (cm)		Longueurs (cm)		Largeurs (cm)	
	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type
1	70,54	0,25	32,08	0,11	9,65	0,03	8,64	0,05
2	59,54	0,16	29,27	0,06	8,58	0,03	8,02	0,03
3	68,60	0,05	31,47	0,08	10,72	0,03	7,50	0,04
4	68,53	0,21	31,02	0,03	10,52	0,04	7,86	0,05
5	69,17	0,09	31,42	0,03	10,44	0,05	7,94	0,05
6	60,78	0,16	29,54	0,12	8,70	0,05	8,69	0,03
7	59,56	0,26	30,20	0,07	8,42	0,03	7,82	0,05
8	67,30	0,10	32,33	0,01	9,38	0,07	8,48	0,06
9	74,79	0,08	34,60	0,05	10,19	0,03	8,71	0,02
10	60,12	0,07	30,05	0,12	9,49	0,02	7,76	0,02
11	49,50	0,13	27,55	0,09	9,21	0,02	6,18	0,03
12	45,83	0,05	26,28	0,02	9,42	0,03	5,55	0,03
Total	62,85	8,68	30,48	2,21	9,56	0,78	7,76	0,98

Tableau 15 : Valeurs (moyennes et écart-types) des différentes mesures réalisées avec un écarteur auto-statique pour les thoracotomies intercostales

Chiens	Aires (cm ²)		Périmètres (cm)		Longueurs (cm)		Largeurs (cm)	
	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type
1	61,04	0,09	30,56	0,08	7,47	0,08	9,06	0,03
2	89,37	0,08	35,88	0,04	10,58	0,05	10,29	0,04
3	72,64	0,15	33,84	0,16	8,80	0,02	9,81	0,05
4	71,44	0,22	33,89	0,21	8,51	0,03	10,14	0,04
5	68,97	0,05	31,67	0,14	9,39	0,03	8,46	0,02
6	71,07	0,06	32,70	0,12	8,11	0,02	9,86	0,04
7	69,69	0,08	32,51	0,12	9,34	0,08	8,89	0,02
8	70,72	0,12	32,83	0,04	8,43	0,03	9,49	0,02
9	75,98	0,05	33,84	0,14	10,05	0,02	9,28	0,02
10	72,39	0,06	32,88	0,10	9,21	0,05	9,43	0,03
11	64,88	0,09	31,14	0,16	9,06	0,02	8,43	0,03
12	53,39	0,07	28,04	0,06	8,92	0,04	7,13	0,07
Total	70,13	8,59	32,48	1,99	8,99	0,84	9,19	0,88

Tableau 16 : Valeurs (moyennes et écart-types) des différentes mesures réalisées avec un écarteur auto-statique pour les thoracotomies trans-costales

Avec un écarteur auto-statique et pour l'ensemble des chiens, l'aire moyenne a été mesurée à 62,85 ± 8,68 cm² pour les thoracotomies intercostales et à 70,13 ± 8,59 cm² pour les thoracotomies trans-costales (Tableaux 15 et 16, Figure 52).

Le périmètre moyen a été mesurée à 30,48 ± 2,21 cm pour les thoracotomies intercostales et à 32,48 ± 1,99 cm pour les thoracotomies trans-costales (Tableaux 15 et 16, Figure 53).

La longueur moyenne a été mesurée à 9,56 ± 0,78 cm pour les thoracotomies intercostales et à 8,99 ± 0,84 cm pour les thoracotomies trans-costales (Tableaux 15 et 16, Figure 54).

La largeur moyenne a été mesurée à 7,76 ± 0,98 cm pour les thoracotomies intercostales et à 9,19 ± 0,88 cm pour les thoracotomies trans-costales (Tableaux 15 et 16, Figure 55).

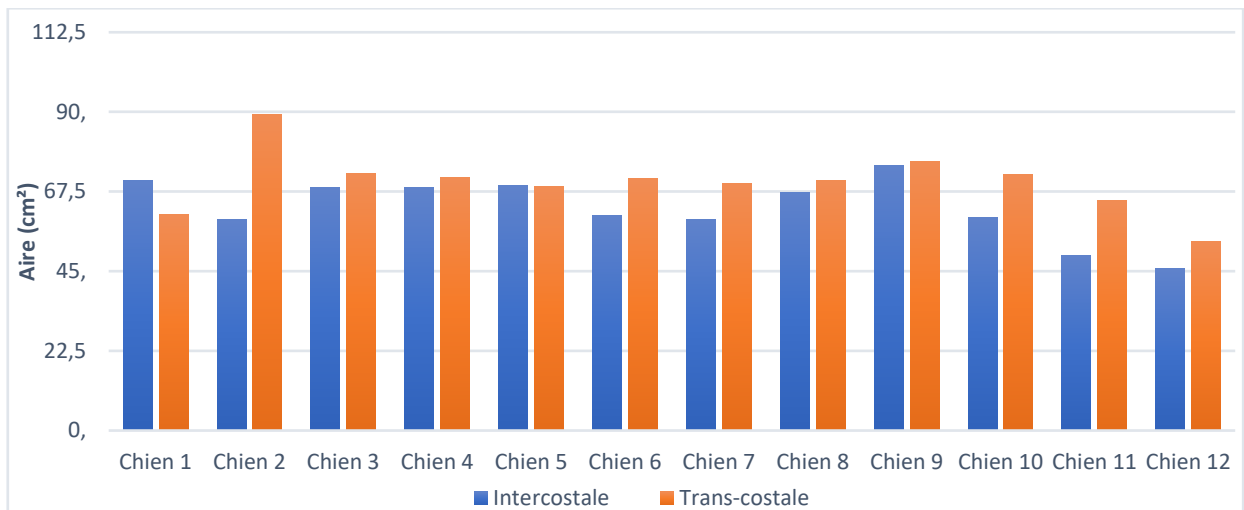


Figure 52 : Représentation graphique des mesures d'aires des thoracotomies avec écarteur auto-statique et par chien

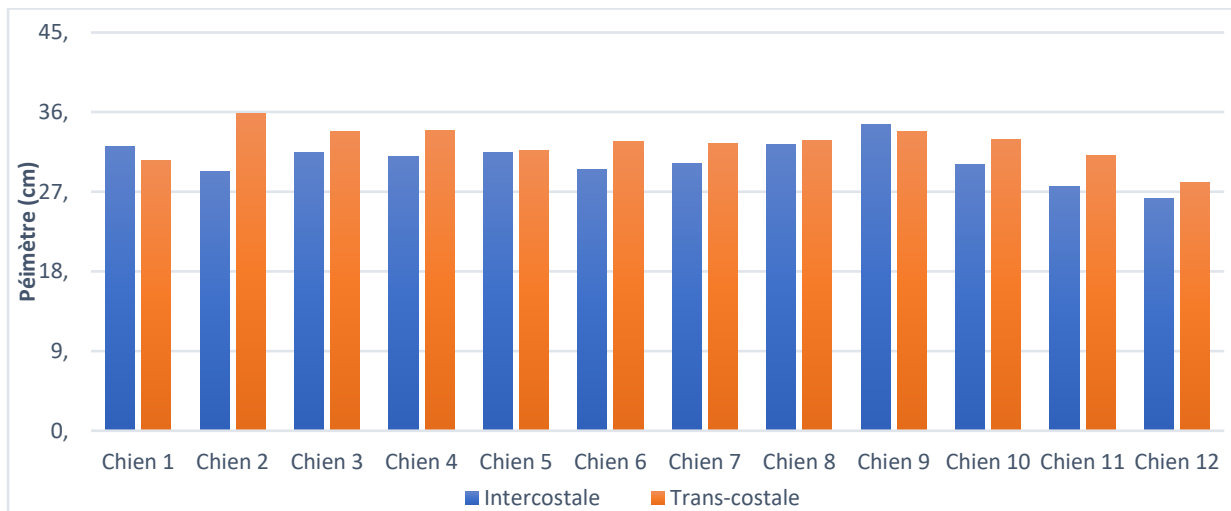


Figure 53 : Représentation graphique des mesures de périmètres des thoracotomies avec écarteur auto-statique et par chien

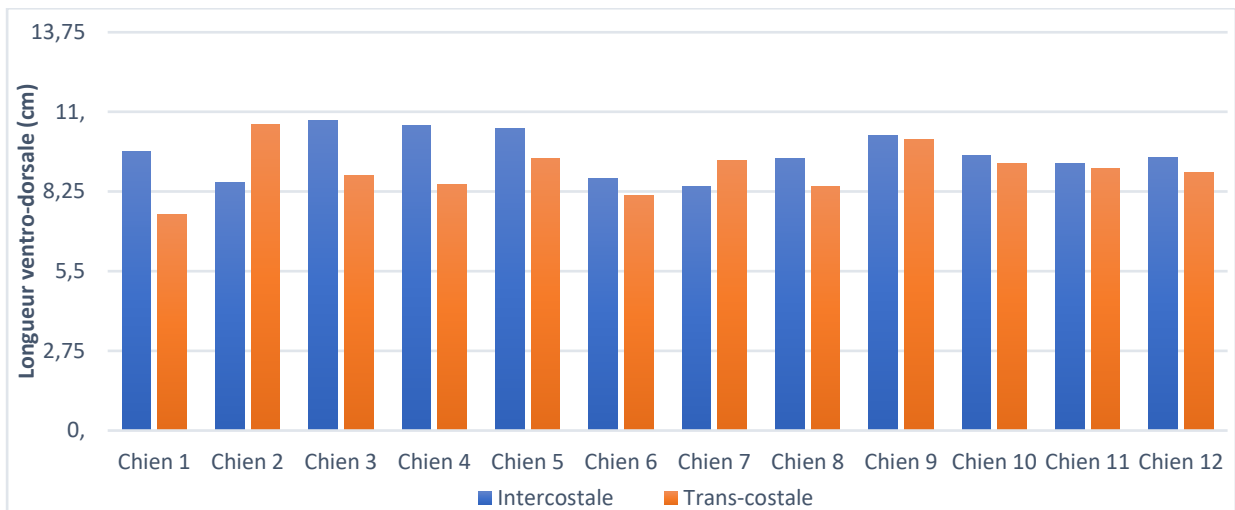


Figure 54 : Représentation graphique des mesures de longueurs des thoracotomies avec écarteur auto-statique et par chien

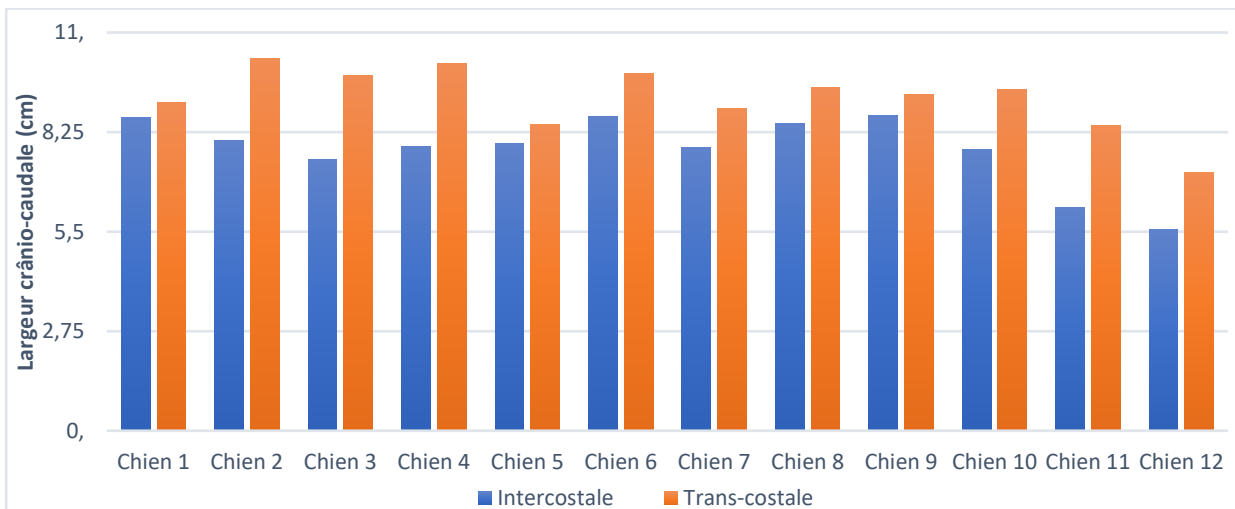


Figure 55 : Représentation graphique des mesures de largeurs des thoracotomies avec écarteur auto-statique et par chien

Pour chaque chien, la valeur de chaque paramètre mesuré des thoracotomies inter-costales a été retranchée à celle des thoracotomies trans-costales afin de calculer la différence entre les 2 types de thoracotomies avec écarteur de Finochietto (Tableau 17 et Figures 56 à 59).

Chiens	Aires (cm ²)		Périmètres (cm)		Longueurs (cm)		Largeurs (cm)	
	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type	Moy	Ecart-type
1	-9,50	0,21	-1,52	0,10	-2,18	0,08	0,42	0,07
2	29,83	0,23	6,62	0,09	2,01	0,07	2,27	0,06
3	4,04	0,15	2,37	0,09	-1,92	0,04	2,31	0,07
4	2,92	0,35	2,87	0,23	-2,01	0,06	2,28	0,06
5	-0,20	0,11	0,26	0,10	-1,05	0,07	0,52	0,03
6	10,29	0,11	3,16	0,12	-0,59	0,07	1,18	0,07
7	10,14	0,25	2,31	0,13	0,92	0,11	1,07	0,05
8	3,42	0,17	0,50	0,04	-0,95	0,06	1,01	0,07
9	1,19	0,09	-0,76	0,16	-0,14	0,04	0,57	0,02
10	12,26	0,10	2,84	0,19	-0,28	0,06	1,67	0,03
11	15,37	0,20	3,58	0,23	-0,15	0,04	2,24	0,04
12	7,56	0,05	1,76	0,05	-0,50	0,03	1,58	0,09
Total	7,28	9,70	2,00	2,18	-0,57	1,21	1,43	0,73

Tableau 17 : Différences calculées entre les 2 types de thoracotomies (données mesurées avec écarteur auto-statique)

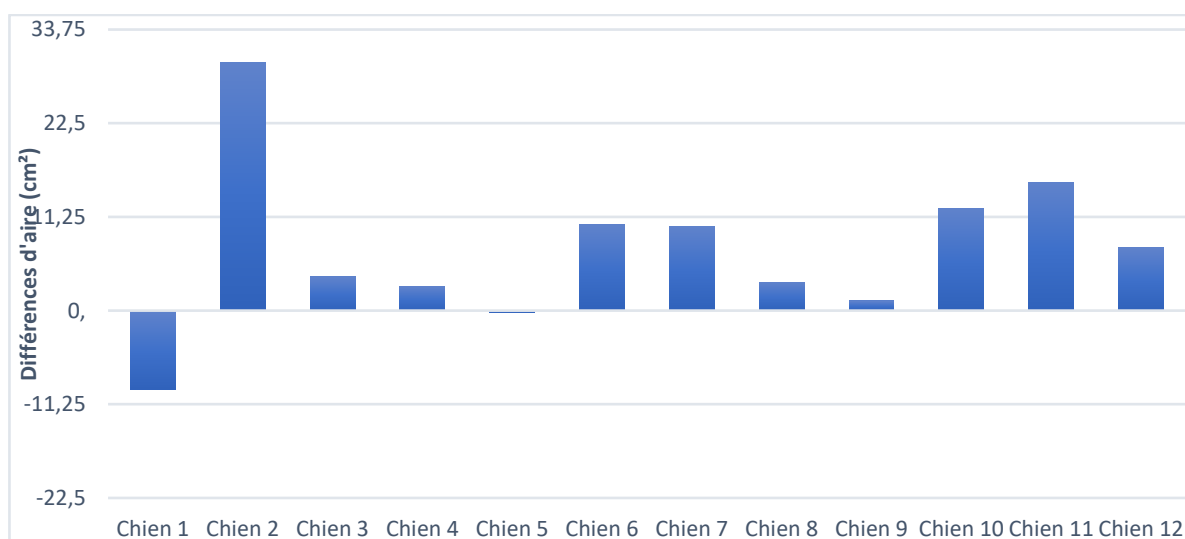


Figure 56 : Représentation graphique des différences d'aires des thoracotomies avec écarteur auto-statique et par chien

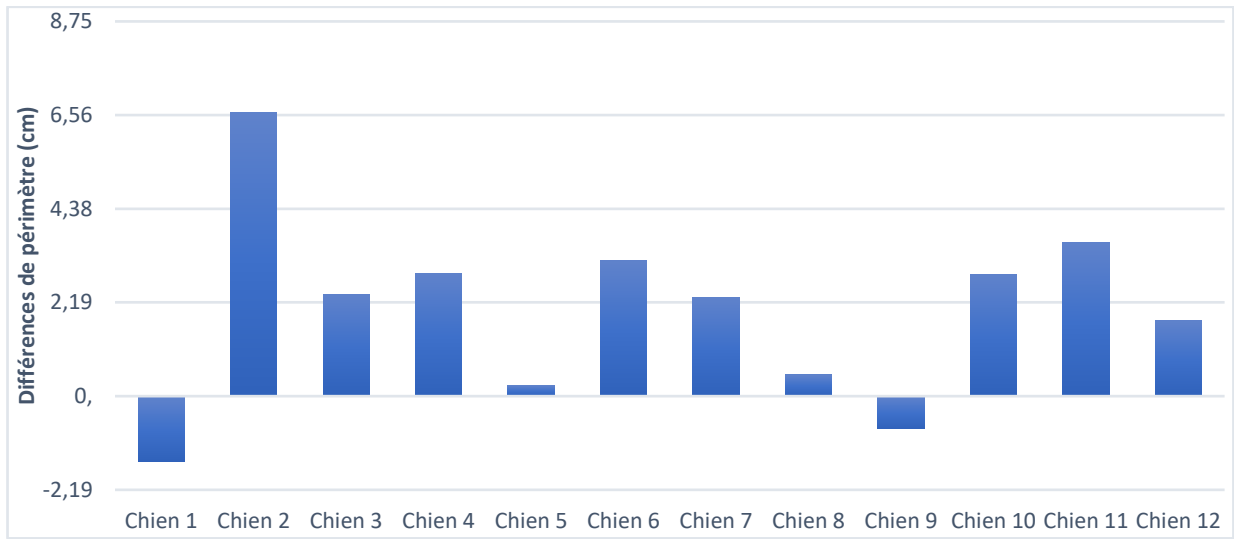


Figure 57 : Représentation graphique des différences de périmètres des thoracotomies avec écarteur auto-statique et par chien

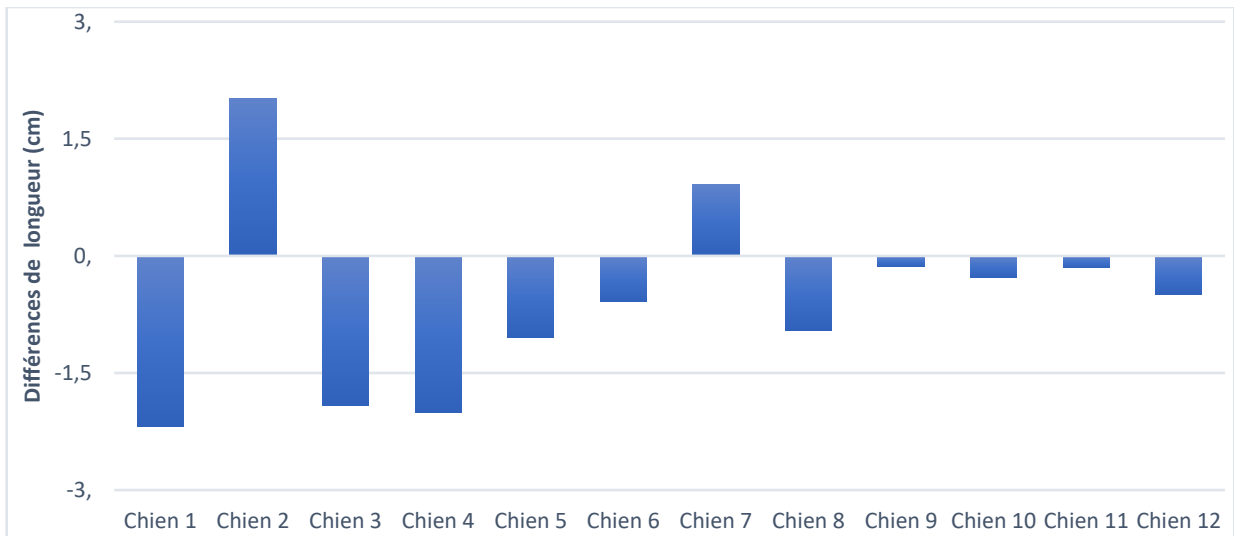


Figure 58 : Représentation graphique des différences de longueurs des thoracotomies avec écarteur auto-statique et par chien

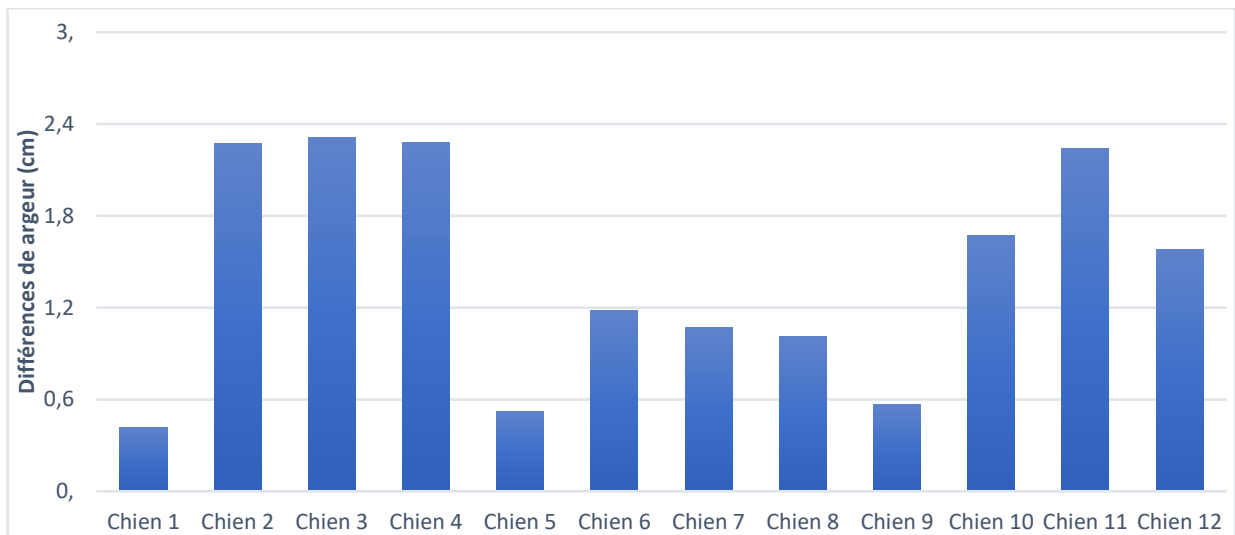


Figure 59 : Représentation graphique des différences de largeurs des thoracotomies avec écarteur auto-statique et par chien

Avec écarteur de Finochietto, les aires moyennes des thoracotomies trans-costales n'ont pas été statistiquement différentes de celles des intercostales. Ce résultat n'est pas statistiquement significatif mais est proche de l'être avec une p-value égale à 0,051 (Tableaux 17 et 18, Figure 60).

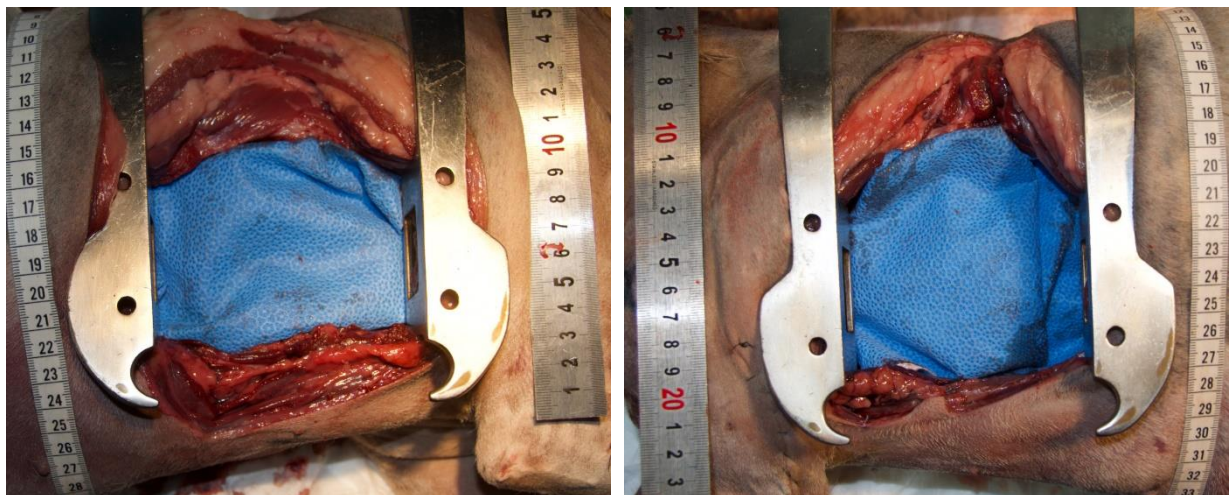


Figure 60 : Photographies du chien 1 avec écartement : à gauche, la thoracotomie intercostale ; à droite, la thoracotomie trans-costale

Les périmètres moyens des thoracotomies trans-costales ont été statistiquement plus élevés que ceux des intercostales avec une augmentation moyenne de $2,00 \pm 2,18$ cm, soit une augmentation moyenne de 6,9% ($p < 0,05$) (Tableaux 17 et 18).

Les longueurs moyennes des thoracotomies trans-costales ont été statistiquement identiques à celles des intercostales ($p > 0,05$) (Tableau 18).

Les largeurs moyennes des thoracotomies trans-costales ont été statistiquement plus élevées que celles des intercostales avec une augmentation moyenne de $1,43 \pm 0,73$ cm, soit une augmentation moyenne de 19,3% ($p < 0,05$) (Tableaux 17 et 18).

		Aire (cm ²)	Périmètre (cm)	Longueur (cm)	Largeur (cm)
Inter	Moyenne	62,85	30,48	9,56	7,76
	Ecart type	8,68	2,215	0,78	0,98
Trans	Moyenne	70,13	32,48	8,99	9,19
	Ecart type	8,58	1,988	0,83	0,88
P value		0,051	0,030	0,097	0,001

Tableau 18 : Comparaison des thoracotomies inter- et trans-costale avec écartement à travers les 4 paramètres étudiés

DISCUSSION

Les thoracotomies intercostale et trans-costale sont techniquement proches : elles se basent sur un abord latéral. Elles sont préconisées pour des affections similaires et font partie des thoracotomies les plus pratiquées dans le milieu vétérinaire. Le choix d'étudier et de comparer ces deux thoracotomies semble pertinent. Dans la littérature, il est stipulé que la thoracotomie trans-costale permettait d'obtenir une fenêtre chirurgicale plus importante que la thoracotomie intercostale, mais aucune étude ne l'a jamais démontré ni quantifié, d'où la réalisation de ce travail.

L'étude a porté sur des cadavres par souci de reproductibilité et d'éthique. Il était impossible et incorrect de réaliser 2 thoracotomies différentes sur un chien vivant. En outre, effectuer ce type d'opération en l'absence de mouvements respiratoires est plus aisé. Les mouvements respiratoires de l'animal induisent un mouvement permanent qui peut gêner le chirurgien dans ses gestes, surtout s'il manque d'expérience, et risquer d'induire davantage de lésions des tissus environnants. Ainsi, l'opérateur peut prendre le temps de réaliser l'intervention.

Du fait de la disponibilité des cadavres, l'étude s'est basée sur 12 chiens. Ce nombre est éthiquement acceptable et suffisant pour élaborer de premières analyses statistiques. Il reste cependant faible pour étendre les résultats à l'ensemble de l'espèce canine. En effet, l'étude a uniquement porté sur des chiens Beagles. De fortes divergences anatomiques existent chez les chiens. Il serait donc intéressant de vérifier les résultats de cette étude à travers d'autres races, en appliquant un protocole expérimental similaire.

La race Beagle présente une taille moyenne (poids de 9 à 11kg en moyenne). Cependant, les mensurations de ces chiens présentent suffisamment de variabilités intra-raciales pour influencer les tailles de fenêtre opératoire. Les cadavres n'ont pas été pesés ni mesurés. Ces valeurs manquent :

- pour évaluer les gabarits des chiens étudiés (poids, score corporel, hauteur ventro-dorsale au garrot, dimensions thoraciques) ;
- pour vérifier que notre échantillon est physiologiquement uniforme.

Le fait de travailler sur des cadavres d'animaux expérimentaux n'a pas permis de choisir spécifiquement l'échantillon de l'étude (race, sexe, âge). Une plus grande collecte d'individus d'une même race décrirait davantage les modifications intra-raciales de l'anatomie de la cage thoracique et fournirait des résultats plus généraux.

Le protocole a été établi suite à un premier essai réalisé par le Docteur P. Meynaud-Collard sur un cadavre afin de s'assurer de l'intérêt et de la faisabilité de cette étude. Les thoracotomies ont été réalisées sous sa supervision afin de respecter le bon déroulement des étapes opératoires.

En pratique, les thoracotomies latérales sont fréquemment réalisées au niveau de la 5^{ème} côte ou du 5^{ème} espace intercostal (chirurgie cardiaque, vasculaire) (Tobias and Johnston, 2012). C'est la raison pour laquelle, ces 2 localisations ont été choisies.

La zone d'intérêt a été repérée plusieurs fois en partant de la 13^{ème} côte avant de commencer les incisions cutanées et musculaires. Le choix de la 13^{ème} côte résulte du fait que cette dernière est facilement repérable par palpation contrairement à la 1^{ère} qui est enfouie sous la musculature.

En préambule à l'étude, il n'a pas été réalisé de cliché radiographique du thorax des chiens afin de dénombrer leurs côtes. De manière générale, les chiens ont 13 paires de côtes. Néanmoins, il peut être observé une ou une paire de côte sur- ou sous-numéraire :

- côtes cervicales naissant généralement de la 7^{ème} vertèbre cervicale, rarement de la 6^{ème} et très rarement de la 5^{ème} (Cantalamesa et al., 2017) ;
- 1 côte ou 1 paire de côtes thoraciques absentes ;
- côte(s) lombaire(s) au niveau de la vertèbre lombaire L1.

Chez le chien, ces malformations restent rares et seules quelques descriptions anatomopathologiques sporadiques existent (Ricciardi et al., 2015 ; Cornevin et al., 1897).

Une vérification par imagerie aurait donné, avec certitude, le nombre de paires de côtes des animaux. Néanmoins, grâce aux repères anatomiques et plus particulièrement aux insertions musculaires sur le 5^{ème} côte, il n'y a pas eu de doute sur l'identification de la zone.

Les thoracotomies ont été réalisées par 2 chirurgiens différents pour un gain de temps (thésard et chirurgien expérimenté). Les procédures ont été identiques à celles suivies sur animal vivant. La taille des incisions était guidée par les mêmes points de repère afin d'obtenir une fenêtre chirurgicale identique à celle d'une intervention réelle.

Le protocole prévoyait d'estimer la taille des fenêtres opératoires sans et avec écarteur thoracique du type Finochietto. Le choix du cran de fixation de l'écarteur auto-statique n'a pas été fixé à l'avance mais adapté à chaque chien puisque les gabarits n'étaient pas strictement identiques. L'écarteur a été ouvert de sorte à obtenir la plus grande ouverture possible sans toutefois induire de fracture de côte. La sensation d'étirement maximum des structures et l'audition d'un léger craquement des articulations costo-vertébrales ont été choisis comme témoin d'écartement. La perception de ce craquement reste néanmoins plus ou moins appréciable selon la subjectivité de l'individu et donc difficilement quantifiable.

Les mesures se reposant sur un support photographique, la qualité des photographies prises était primordiale. L'appareil utilisé (appareil photo reflex à forte résolution), la mise en place d'un trépied et le type de format des images (RAW) nous ont permis de réaliser des photographies nettes, avec une résolution adéquate pour acquérir une grande précision de mesure.

2 clichés ont été réalisés pour chaque thoracotomie. Cette sécurité a permis de choisir le meilleur des deux et de ne pas manquer de données.

La couleur marron-noir des organes thoraciques de cadavres décongelés induisait un manque de contraste, compliquant la détection de la fenêtre chirurgicale. Pour résoudre ce problème, la quantité de lumière a été augmentée à l'aide d'un flash mais cela s'est également traduit par une sur-exposition sur la règle métallique. Le placement d'un morceau de champ opératoire à l'intérieur de la cage thoracique a permis d'augmenter le contraste et a facilité la visualisation des limites de la fenêtre thoracique.

La mise en place de gabarits sur les photographies avait pour objectif de calibrer le logiciel de mesure : une règle métallique et un mètre ruban ont été choisis. La règle était plate, rigide et métallique. Une règle en plastique aurait peut-être permis de réduire les risques de sur-exposition lumineuse des clichés. Néanmoins, cette dernière aurait peut-être manqué de contraste et par conséquent rendre la lisibilité des graduations plus difficile.

Le thorax n'est pas plan mais convexe. Or une photographie se limite à 2 dimensions. Elle ne permet pas d'évaluer le volume que représentait en réalité la fenêtre chirurgicale. Les mesures

réalisées à partir de la règle rigide métallique ne sont pas totalement rigoureuses car elles ne tiennent pas compte de la courbure du thorax. Les mesures sont donc sous-estimées.

Le mètre ruban, avec sa souplesse, suit la convexité du thorax. C'est pour cette raison que 2 gabarits différents ont été placés lors de la réalisation du cliché photographique, dans l'objectif de comparer les 2 dispositifs et de tenter de quantifier les éventuelles sous-estimations.

Le logiciel de traitement d'image exploité a été Image J. Il s'agit d'un logiciel gratuit, facile d'utilisation et accessible. Il permet de délimiter manuellement ou automatiquement après calibrage une zone d'intérêt à mesurer. En début d'étude, nombreux paramètres de mesures peuvent être programmés. Ce logiciel permet de choisir le type d'unité et ainsi fournir immédiatement exploitables. Les résultats sont présentés sous format compatible avec un tableur type Excel.

Le mètre ruban n'a pas pu être exploité comme témoin d'échelle. En effet, ImageJ ne permet pas de réaliser un calibrage à partir d'une ligne courbe mais uniquement à partir d'une ligne droite. Les potentielles informations apportées par le mètre-ruban n'ont donc pu être obtenues.

La sur-exposition de certains clichés au niveau de la règle métallique a compliqué le calibrage du logiciel. Les graduations étaient parfois peu visibles, raison pour laquelle, la taille du segment de calibrage a varié entre 10 et 20 cm. Plus le segment était long, plus les erreurs de calibrage étaient minimisées. Néanmoins, un trait d'un minimum de 10 cm assurait des résultats fiables.

Le champ de couleur bleue n'était pas uniforme, sa taille pas toujours bien ajustée et parfois il était taché de liquide biologique, d'où les problèmes de reconnaissance par le logiciel. Cela a induit des erreurs très importantes de détection et donc de délimitation automatique de la zone d'intérêt par le logiciel. En outre, le champ bleu se reflétait dans les écarteurs de Finchietto et donc sur-estimait la taille réelle. La délimitation manuelle a donc été retenue car elle permettait de faire la différence entre reflet et réalité. Elle a permis d'obtenir des mesures cohérentes. Cette méthode a, cependant, impliqué une interprétation humaine et donc subjective, avec des choix de tracés et de possibles erreurs à la clé.

Une alternative serait d'utiliser d'autres logiciels plus sophistiqués, tels que SketchAndCalc ou une version payante d'un logiciel plus spécialisé dans les mesures biologiques et non de matériaux. En outre, le développement de nouvelles technologies plus performantes et plus accessibles devrait

réduire ces biais et fournir une plus grande précision de mesure. Les connaissances pré-requises et la facilité d'utilisation du logiciel ImageJ ont néanmoins permis de réaliser des mesures manuelles de qualité.

Afin de ne pas influencer l'opérateur, toutes les photographies ont été mélangées et identifiées de façon aléatoire. Ainsi, l'opérateur ne connaissait ni le numéro du chien, ni le type de thoracotomie lors de la réalisation des mesures.

La première étude statistique a établi que la procédure de mesure était répétable, démontrant ainsi qu'il n'y avait pas de biais relevant des manipulations de l'opérateur quel que soit le type de mesure (aire, périmètre, longueur et largeur).

Pour chaque type de thoracotomie, il a été noté des résultats très différents entre les chiens et ce pour chaque paramètre. Cela provient des différences de gabarits de l'échantillon. C'est pourquoi, il n'a été réalisé de comparaison entre les différents chiens. Pour cela, il aurait fallu enregistrer les poids, mensurations du thorax, ... pour chaque chien.

Afin de s'affranchir du gabarit des chiens, il a été décidé d'étudier les différences calculées pour un même paramètre (exemple l'aire) entre les 2 thoracotomies sur un même animal.

Les périmètres mesurés sans écartement ne présentaient pas de différence significative entre les thoracotomies inter- et trans-costale. Cette information révèle que le retrait d'une côte n'aurait pas d'influence sur le périmètre de la fenêtre chirurgicale. Il ne permet pas d'obtenir un périmètre plus grand, les dégâts tissulaires provoqués par l'intervention ne sont pas plus importants.

Les longueurs dorso-ventrales sont elles aussi identiques. L'ouverture est maximale pour les 2 thoracotomies : en effet, quelle que soit la technique chirurgicale, la cavité thoracique est incisée sur la totalité de sa hauteur. Il n'y a pas de différence d'abord au niveau de ce paramètre.

Les largeurs crânio-caudales sont, quant à elles, significativement différentes. Le retrait de la côte lors des thoracotomies trans-costale apporte un abord plus large de la cavité thoracique.

Les résultats sont identiques pour l'aire : la thoracotomie trans-costale fournit une fenêtre dont l'aire est plus importante que celle obtenue par thoracotomie intercostale. Ainsi, les différences d'aires semblent exclusivement liées aux différences de largeurs crânio-caudales puisque les longueurs ventro-dorsales sont identiques. Cela est confirmé par les pourcentages de variation de

l'aire et de la largeur entre les 2 thoracotomies qui s'élèvent respectivement 64% et 67%. Il semblerait que la différence d'aire soit proportionnelle à la différence de largeur crânio-caudale entre les 2 techniques chirurgicales.

Après placement d'un écarteur de Finochietto, les périmètres des fenêtres opératoires ont présenté des différences significatives entre les thoracotomies inter- et trans-costale. Cette information permet d'émettre l'hypothèse que le retrait d'une côte augmenterait le périmètre de la fenêtre chirurgicale lorsqu'un écarteur est positionné. En effet, la présence de la côte rigidifierait davantage la zone opératoire. Cette augmentation a été évaluée à hauteur de 6,9%.

Les longueurs dorso-ventrales sont restées identiques pour les mêmes raisons que celles exposées sans écartement. Que ce soit avec ou sans écartement, les 2 techniques sont équivalentes pour ce paramètre et permettent la même visibilité dorso-ventrales.

Les largeurs crânio-caudales ont été significativement différentes avec un écartement auto-statique. Le retrait de la côte lors des thoracotomies trans-costales apporte un abord plus large de la cavité thoracique (augmentation de 19,3%). En effet, l'écartement permet l'éloignement des côtes adjacentes. Lors de la thoracotomie trans-costale, la 4^{ème} et la 6^{ème} côte sont initialement plus espacées que la 5^{ème} et la 6^{ème} côte pour la thoracotomie intercostale. Avec une même force d'écartement, la largeur crânio-caudale sera plus grande avec un retrait de côte que sans.

Avec écarteur, les aires n'ont pas présenté de différence significative, mais avec une p-value proche de la valeur limite (0,051). Ces résultats doivent donc être interprétés avec précaution. Avec un effectif plus important, ce paramètre aurait peut-être été significativement différent.

Une autre hypothèse peut cependant être formulée : la mise en place d'un écarteur de Finochietto pourrait réduire les différences d'aires entre les 2 types de thoracotomies. Il réduirait les effets du retrait de la côte. Les différences enregistrées pour les largeurs, qui ont été plus faibles pour les valeurs obtenues avec écarteur (67% sans écartement contre 19,3% avec écartement) pourraient corroborer cette hypothèse. Rien ne prouve que les forces exercées sur les thoracotomies inter- et trans-costales soient similaires. Le choix du cran de fixation de l'écarteur auto-statique de Finochietto a été fait de tel sorte d'avoir la plus grande ouverture. Il se peut que l'ouverture pour les thoracotomies intercostales ait été forcée par rapport aux trans-costales. Ainsi, l'écarteur, en forçant sur la plaie de thoracotomie permettrait de combler en partie les différences de taille observées sans écarteur. Néanmoins, la thoracotomie trans-costale permet d'obtenir une fenêtre opératoire plus grande de presque 20% par rapport à une thoracotomie intercostale.

Quoi qu'il en soit, la pose d'un écarteur de Finochietto sur une thoracotomie intercostale exerçant une force plus importante devrait également induire une douleur par étirement des tissus plus importante. En outre, elle engendre une reconstruction plus douloureuse du fait d'un rapprochement de façon non anatomique des 2 côtes dans l'espace et d'un écrasement du nerf intercostal de la 6^{ème} côte sur lequel elle s'appuie.

De nombreuses perspectives d'approfondissement de cette étude sont envisageables. L'augmentation de la taille, dans un premier temps, et la diversification (par augmentation du nombre de races étudiées), dans un second temps, de l'échantillon pourraient permettre d'apporter davantage de précisions aux résultats. Tenir compte des gabarits sera un élément important.

Le protocole devra être amélioré pour faire intervenir la physiologie individuelle des animaux dans l'analyse des résultats (poids, score corporel, mesures thoraciques...) et permettre de réaliser des comparaisons directes entre individus.

La standardisation des forces d'écartement avec l'écarteur de Finochietto reste à être mise en place pour s'assurer de limiter un biais qui peut s'avérer être non négligeable. Ainsi, il faudrait mesurer la force appliquée par l'écarteur et la reporter sur chaque individu.

Trouver un logiciel de mesure mieux adapté aux études biologiques permettrait d'avoir des résultats plus fiables, et peut-être fournir des estimations de volume.

Une nouvelle étude analytique, fondée sur l'observation et l'accessibilité des organes thoraciques selon la thoracotomie latérale choisie, compléterait cette étude. Elle devra néanmoins être réalisée sur cadavres frais afin de faciliter les observations.

Enfin, il serait intéressant de vérifier si les informations récoltées lors de cette étude sont transposables à d'autres espaces intercostaux ou côtes.

CONCLUSION

Les thoracotomies étudiées ont présenté des divergences selon la mise en place ou non d'un écarteur auto-statique.

Sans écartement, la thoracotomie trans-costale engendre une aire d'ouverture en moyenne 64% plus élevée que celle de la thoracotomie intercostale. Avec écartement, cette différence n'a pas été retrouvée mais mériterait d'être explorée plus en profondeur.

Le périmètre n'a pas présenté de modification significative entre les deux protocoles de thoracotomies sans écartement. Dans cette condition, le retrait d'une côte ne permet pas d'agrandir le périmètre de la fenêtre chirurgicale. L'écarteur auto-statique a permis d'observer une augmentation significative du périmètre de la thoracotomie trans-costale par rapport à l'intercostale de 6,9 % ($p=0,030$). On peut s'interroger sur le fait que l'absence de la côte permettrait un étirement plus important de la zone chirurgicale.

Concernant la largeur crânio-caudale, on note des différences significatives entre les deux méthodes de thoracotomie avec ou sans écartement auto-statique. La thoracotomie trans-costale présente une largeur crânio-caudale plus élevée en moyenne de 67 % que celle issue d'une thoracotomie intercostale sans écartement et de 19,3% plus élevée lorsqu'un écarteur auto-statique est mis en place.

Les longueurs dorso-ventrales avec ou sans écartement sont statistiquement identiques pour les deux thoracotomies latérales étudiées puisqu'elles représentent la hauteur complète de la cavité thoracique. Elle ne peut s'agrandir davantage.

Pour résumé, les différences entre les 2 thoracotomies sont plus importantes sans écarteur. La mise en place d'un écarteur réduit les différences mais la thoracotomie trans-costale permet néanmoins d'obtenir une largeur d'accès plus importante de près de 20% que son homologue. En outre, les douleurs induites par la thoracotomie intercostale liées à l'écartement imposé et la reconstruction devrait encore être en faveur de la thoracotomie trans-costale comme l'ont montré quelques études par le passé.

BIBLIOGRAPHIE

APPELGREIN, C et HOSGOOD, G, 2018. Modified rib pivot lateral thoracotomy: a case series. *Australian Veterinary Journal*. janvier 2018. Vol. 96, n° 1-2, pp. 28-32.

ASOREY, Iago, SAMBUGARO, Beatrice, BHALLA, Rebecca J. et DROZDZYNSKA, Maja, 2021. Ultrasound-guided serratus plane block as an effective adjunct to systemic analgesia in four dogs undergoing thoracotomy. *Open Veterinary Journal*. 5 février 2021. Vol. 10, n° 4, pp. 407-411.

BARONE, Robert, 2009. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Appareil digestif, appareil respiratoire Tome troisième, Tome troisième*. Paris : Vigot.

BARONE, Robert, 2010. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Ostéologie. Tome premier, Tome premier* . Barone.

BARONE, Robert, 2011. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Angiologie. Tome cinquième, Tome cinquième* . Paris : Vigot.

BARONE, Robert et BORTOLAMI, Ruggero, 2004. *Anatomie comparée des mammifères domestiques: système nerveux central. Tome sixième*. Paris : Vigot frères.

BARONE, Robert et SIMOENS, Paul, 2010. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. 2 système nerveux périphérique, glandes endocrines, esthésiologie* . Paris : Vigot Freres.

BLEAKLEY, Seth, PHIPPS, Kevin, PETROVSKY, Brian et MONNET, Eric, 2018. Median sternotomy versus intercostal thoracotomy for lung lobectomy: A comparison of short-term outcome in 134 dogs. *Veterinary Surgery*. janvier 2018. Vol. 47, n° 1, pp. 104-113.

BOWDISH, Michael E., HUI, Dawn S., CLEVELAND, John D., MACK, Wendy J., SINHA, Raina, RANJAN, Rupesh, COHEN, Robbin G., BAKER, Craig J., CUNNINGHAM, Mark J., BARR, Mark L. et STARNES, Vaughn A., 2016. A comparison of aortic valve replacement via an anterior right minithoracotomy with standard sternotomy: a propensity score analysis of 492 patients. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. février 2016. Vol. 49, n° 2, pp. 456-463.

CANTALAMESSA, Andrea, MARTIN, Stefano, MARCHEGANI, Andrea, FRUGANTI, Alessandro, DINI, Fabrizio et TAMBELLA, Adolfo Maria, 2017. Bilateral cervical ribs in a mixed breed dog. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2017. Vol. 79, n° 6, pp. 1120-1124.

CLINIC FOR SURGERY, Orthopaedics and ophthalmology, Faculty of veterinary medicine, University of Zagreb, Zagreb, Croatia, Kostesic, Petar, VUČKOVIĆ, Mirta, KODVANJ, Janoš, ŠURJAK, Martin, VNUK, Dražen, DARABOŠ, Nikica et MATIČIĆ, Dražen, 2020. A comparison of the mechanical strength of three different suture techniques for intercostal thoracotomy closure - ex vivo study. *Veterinarski arhiv*. 15 décembre 2020. Vol. 90, n° 6, pp. 637-642.

COLLIN, Bernard, 2006. *Anatomie du chien*. Place of publication not identified : Derouaux-Ordina.

CONSTANTINESCU, Gheorghe M, 2005. *Guide pratique d'anatomie du chien et du chat*. Paris : Éditions Med'Com.

CONZEMIUS, M.G., BROCKMAN, D.J., KING, L.G. et PERKOWSKI, S.Z., 1994. Analgesia in Dogs After Intercostal Thoracotomy: A Clinical Trial Comparing Intravenous Buprenorphine

and Interpleural Bupivacaine. *Veterinary Surgery*. juillet 1994. Vol. 23, n° 4, pp. 291-298.

CORNEVIN, M. et LESBRE, François-Xavier, 1897. Mémoire sur les variations numériques de la colonne vertébrale et des côtes chez les mammifères domestiques. *Bulletin de la Société d'anthropologie de Lyon*. 1897. Vol. 16, n° 2, pp. 343-383.

DE TROYER, A., CAPPELLO, M. et BRICHANT, J. F., 1994. Do canine scalene and sternomastoid muscles play a role in breathing? *Journal of Applied Physiology*. 1 janvier 1994. Vol. 76, n° 1, pp. 242-252.

DE TROYER, A, KELLY, S, MACKLEM, P T et ZIN, W A, 1985. Mechanics of intercostal space and actions of external and internal intercostal muscles. *Journal of Clinical Investigation*. 1 mars 1985. Vol. 75, n° 3, pp. 850-857.

EVANS, Howard E et DELAHUNTA, Alexander, 2017. *Guide to the dissection of the dog*.

EVANS, Howard E et Lahunta, Alexander de, 2013. *Miller's Anatomy of the Dog - E-Book*.

GIBSON, G. John, LODDENKEMPER, Robert, LUNDBÄCK, Bo et SIBILLE, Yves, 2013. Respiratory health and disease in Europe: the new European Lung White Book. *European Respiratory Journal*. septembre 2013. Vol. 42, n° 3, pp. 559-563.

GUPTA, Ruchir, VAN DE VEN, Thomas et PYATI, Srinivas, 2020. Post-Thoracotomy Pain: Current Strategies for Prevention and Treatment. *Drugs*. novembre 2020. Vol. 80, n° 16, pp. 1677-1684.

HALFACREE Z.J., LIPTAK J.M. (2018) Thoracic wall anatomy and surgical approaches. In *BSAVA Manual of Canine and Feline Head, Neck and Thoracic Surgery*, Eds Brockman D.J., Holt D.E., Ter Haar G., 2e ed. Gloucester, British Small Animal Veterinary Association, pp 137-156

HUNT et JOHNSON, KA, 2003. Diaphragmatic, pericardial, and hiatal hernia. In : *Textbook of small animal surgery*. 3. Philadelphia, WB Saunders : Slatter D. pp. 471-488.

KÖNIG, Horst Erich et LIEBICH, Hans-Georg, 2014. *Veterinary anatomy of domestic mammals: textbook and colour atlas*. . 6th revised and extended ed. Stuttgart : Schattauer.

LANDRENEAU, Rodney J., PIGULA, Frank, LUKETICH, James D., KEENAN, Robert J., BARTLEY, Susan, FETTERMAN, Lynda S., BOWERS, Claudia M., WEYANT, Robert J. et FERSON, Peter F., 1996. Acute and chronic morbidity differences between muscle-sparing and standard lateral thoracotomies. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1 novembre 1996. Vol. 112, n° 5, pp. 1346-1351.

LEANDRO, Juliana Duarte, RODRIGUES, Olavo Ribeiro, SLAETS, Annie France Frere, SCHMIDT, Aurelino F. et YAEKASHI, Milton L., 2014. Comparison between two thoracotomy closure techniques: postoperative pain and pulmonary function. *Jornal Brasileiro De Pneumologia: Publicacao Oficial Da Sociedade Brasileira De Pneumologia E Tisiologia*. août 2014. Vol. 40, n° 4, pp. 389-396.

MOORES, A. L., HALFACREE, Z. J., BAINES, S. J. et LIPSCOMB, V. J., 2007a. Indications, outcomes and complications following lateral thoracotomy in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*. 28 novembre 2007. Vol. 48, n° 12, pp. 695-698.

- NUCCI, Daniel J., HURST, Keriann C. et MONNET, Eric, 2018. Retrospective comparison of short-term outcomes following thoracoscopy versus thoracotomy for surgical correction of persistent right aortic arch in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 août 2018. Vol. 253, n° 4, pp. 444-451.
- NUTT, Anna E., KNOWLES, Toby G., NUTT, Neil G., MURRELL, Joanna C., CARWARDINE, Darren, MEAKIN, Lee B. et CHANOIT, Guillaume, 2021. Influence of muscle-sparing lateral thoracotomy on postoperative pain and lameness: A randomized clinical trial. *Veterinary Surgery*. août 2021. Vol. 50, n° 6, pp. 1227-1236.
- ORTON, E. Christopher et MONNET, Eric, 2018. *Small animal thoracic surgery*. Hoboken, NJ : Wiley/Blackwell.
- PARVIZI R., HASHEMZEHI M., HASSANZADEH S., SAFAIE N., 2006. Comparison of early results of limited thoracotomy versus complete sternotomy in atrial septal defect closure. . 2006. Vol. Saudi Med, n° 27, pp. 742-745.
- PASCOE, P. J. et DYSON, D. H., 1993. Analgesia After Lateral Thoracotomy in Dogs Epidural Morphine Vs. Intercostal Bupivacaine. *Veterinary Surgery*. mars 1993. Vol. 22, n° 2, pp. 141-147.
- RICCIARDI, M., DE SIMONE, A., GERNONE, F. et GIANNUZZI, P., 2015. Bilateral cervical ribs in a Doberman Pinscher. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2015. Vol. 28, n° 02, pp. 145-150.
- ROONEY, Matthew B., MEHL, Margo et MONNET, Eric, 2004. Intercostal thoracotomy closure: transcostal sutures as a less painful alternative to circumcostal suture placement. *Veterinary surgery: VS*. juin 2004. Vol. 33, n° 3, pp. 209-213.
- ROTH, Jack A., PASS, Harvey I., WESLEY, Margaret N., WHITE, Donald, PUTNAM, Joe B. et SEIPP, Claudia, 1986. Comparison of Median Sternotomy and Thoracotomy for Resection of Pulmonary Metastases in Patients with Adult Soft-Tissue Sarcomas. *The Annals of Thoracic Surgery*. août 1986. Vol. 42, n° 2, pp. 134-138.
- ROUSSEAU, Camille, 2022. La morbi-mortalité de la thoracotomie chez le chien et le chat : étude rétrospective sur 85 cas à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort de 2008 à 2019. ENVA.
- RUBERTE, J, SAUTET, J, NAVARRO, M, CARRETERO, A et ESPELT, J., 1996. *Atlas d'Anatomie du Chien et du Chat. Thorax et Membre Thoracique*.
- SINGH, Baljit et DYCE, K. M. (éd.), 2018. *Dyce, Sack, and Wensing's textbook of veterinary anatomy*. . Fifth edition. St. Louis, Missouri : Saunders.
- SÜNDERMANN, Simon H., SROMICKI, Juri, RODRIGUEZ CETINA BIEFER, Héctor, SEIFERT, Burkhardt, HOLUBEC, Tomas, FALK, Volkmar et JACOBS, Stephan, 2014. Mitral valve surgery: Right lateral minithoracotomy or sternotomy? A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. novembre 2014. Vol. 148, n° 5, pp. 1989- 1995.e4.
- TATTERSALL, J., SHAW, D. J. et WELSH, E., 2009. Retrospective analysis of the relationship between time of thoracostomy drain removal and discharge time. *Journal of Small Animal Practice*. avril 2009. Vol. 50, n° 4, pp. 162-166.

TOBIAS, Karen M. et JOHNSTON, Spencer A. (éd.), 2012. *Veterinary surgery: small animal*. . St. Louis, Mo : Elsevier.

WARANG, Anushri M., MANN, F. A., MIDDLETON, John R., WAGNER-MANN, Colette et BRANSON, Keith, 2021. Comparison of left fourth and fifth intercostal space thoracotomy for open-chest cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2021. Vol. 31, n° 3, pp. 331-339.

ZENGİN, Musa, BALDEMİR, Ramazan, ÜLGER, Gülay, SAZAK, Hilal et ALAGÖZ, Ali, 2022. Comparison of thoracic epidural analgesia and thoracic paravertebral block in pain management after thoracotomy. *Anatolian Current Medical Journal*. 24 janvier 2022. Vol. 4, n° 1, pp. 70-75.

NOM : MANHES

PRENOM : JORDAN

TITRE : TAILLE DES FENETRES OPERATOIRES OBTENUES PAR THORACOTOMIES LATERALES INTERCOSTALE ET TRANS-COSTALE : ETUDE EXPERIMENTALE

RESUME :

Les thoracotomies latérales intercostales et trans-costales sont une étape préliminaire et essentielle avant toute intervention chirurgicale au niveau des organes thoraciques. Des études comparatives entre ces diverses méthodes portent sur la douleur engendrée en per- et post-opératoire et sur la méthode la plus adaptée selon l'organe et l'intervention chirurgicale souhaités. Néanmoins nous avons peu d'informations de comparaison sur l'aspect technique de ces deux voies d'abord.

Cette étude comparative effectuée en double aveugle se base sur la comparaison des tailles des fenêtres opératoires obtenues à la suite d'une thoracotomie intercostale et trans-costale, avec ou sans dispositif d'écartement auto-statique à travers 4 paramètres (aire, périmètre, largeur crânio-caudale, longueur ventro-dorsale) sur 12 cadavres de chien Beagle. Chaque Beagle a reçu une thoracotomie trans-costale d'un côté et une thoracotomie intercostale de l'autre. Les mesures des paramètres ont été permises par le traitement d'image avec le logiciel ImageJ.

Ce projet révèle que les différences de taille de fenêtre opératoire entre les 2 thoracotomies sont plus importantes sans écarteur. La mise en place d'un écarteur réduit ces différences. Néanmoins, la thoracotomie trans-costale permet d'obtenir une largeur d'accès plus importante de près de 20% que celle issue de son homologue. Les douleurs engendrées par la thoracotomie intercostale liées à l'écartement imposé et la reconstruction serait encore en faveur de la thoracotomie trans-costale comme l'ont montré les études ultérieures.

MOTS-CLES : THORACOTOMIE – INTERCOSTALE – TRANS-COSTALE – CHIEN – FENETRE OPERATOIRE – CHIRURGIE – VOIE-D'ABORD

.....
.TITLE : SIZE OF SURGICAL WINDOWS OBTAINED BY LATERAL INTERCOSTAL AND TRANS-COSTAL THORACOTOMIES: EXPERIMENTAL STUDY

ABSTRACT :

Lateral intercostal and trans-costal thoracotomies are a preliminary and essential step before any surgical intervention on the thoracic organs. Comparative studies between these various methods focused on the scoring of the pain caused during and after the surgery, on the most suitable method according to the organ and the desired surgical intervention. However, we have few comparative information on the technical aspect between these two approaches.

This double-blind comparative study is based on the comparison of the sizes of the operative windows obtained following an intercostal and transcostal thoracotomy, with or without a self-static retractor device through 4 parameters (area, perimeter, cranio-caudal width, ventro-dorsal length) on 12 Beagle dog cadavers. Each Beagle received a trans-costal thoracotomy on one side and an intercostal thoracotomy on the other. Parameter measurements were made possible by image processing with ImageJ software.

This project reveals that the differences between the 2 thoracotomies are greater without a self-static retractor. The placement of a retractor reduces the differences, but trans-costal thoracotomy nevertheless permits to obtain a wider surgical window of almost 20% than its counterpart. The pain caused by intercostal thoracotomy related to the imposed spacing and reconstruction should still be in favor of trans-costal thoracotomy as shown by subsequent studies.

MOTS-CLES : THORACOTOMY – INTERCOSTAL – TRANS-COSTAL – DOG – SURGICAL WINDOW – SURGERY – SURGICAL APPROACH