

Université de Montréal

SENSIBILITÉ DE LA RADIOLOGIE POUR DÉTECTER
L'INCONGRUENCE DU COUDE CANIN SUR UN
MODÈLE *IN VITRO*

par

LAURENT BLOND

Département de Sciences cliniques, Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire

Faculté de Médecine Vétérinaire

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)
en Sciences vétérinaires
option Sciences cliniques

Avril, 2004

© Laurent Blond, 2004



SF

607

V54

2004

V.016

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

SENSIBILITÉ DE LA RADIOLOGIE POUR DÉTECTER
L'INCONGRUENCE DU COUDE CANIN SUR UN
MODÈLE *IN VITRO*

présenté par :

LAURENT BLOND

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dr. André Bisaillon, président-rapporteur

Dr. Luc Breton, directeur de recherche

Dr. Guy Beauregard, co-directeur

Dr. Marc André D'Anjou, membre du jury

Résumé

Cette étude avait pour buts de déterminer la précision de la radiologie pour détecter l'incongruence du coude (IC) canin sur un model *in vitro* et d'évaluer l'impact de la variation de l'angle de flexion du coude et du positionnement du faisceau radiologique. Un fixateur externe avec moteur sur la barre de connexion fut fixé au radius de cinq membres normaux de cadavres de chiens. Un cm d'os fut retiré de la mi-diaphyse pour permettre son raccourcissement. Chaque coude fut radiographié à 2 angles (90° et 135°), avec 10 positions du faisceau (centré sur le coude, 3 cm cranial, caudal, distal, proximal, cranio-proximal, cranio-distal, caudo-proximal, caudo-distal et sur l'épaule) et à 4 niveaux de raccourcissement (0, 1, 2 et 3 mm). Les coudes fléchis à 135° furent aussi radiographiés avec une mise en charge simulée. Trois évaluateurs ont jugé les coudes incongruents, normaux ou douteux sur des radiographies numérisées. La sensibilité de détection d'une IC ≥ 2 mm fut excellente à 90° (médiane 100% pour chaque vue) et bonne à 135° (80%). Elle fut inchangée à 1 mm à 135° mais diminuée à 90° (60%). Les meilleures spécificités furent obtenues à 90° (entre 70 et 90%). La mise en charge a baissé la sensibilité à 1 mm (de 80 à 50%) et 3 mm (de 100 à 80%). La radiologie est sensible pour détecter une IC modérée à sévère sur un coude à 90° peu importe la position du faisceau. Une mise en charge diminue cette sensibilité.

Mots-clés: Chien, coude, dysplasie, incongruence, radiologie.

Abstract

The purposes of this study were to assess the accuracy of radiology in the detection of canine elbow incongruence in an *in vitro* model and to determine the optimal elbow angle and radiographic beam centering. An external fixator with a linear motor side bar was fixed to the radius of five normal canine cadaver left forelimbs and a 1 cm segment of bone was removed from the mid-diaphysis to allow radial shortening. Each elbow was radiographed at 2 angles of flexion (90° and 135°), with 10 radiographic beam positions (centred on the elbow, 3 cm cranial, caudal, distal, proximal, cranio-proximal, cranio-distal, caudo-proximal, caudo-distal and centred on the shoulder) and at 4 levels of radial shortening (0, 1, 2 and 3 mm). Elbows flexed at 135° were also radiographed after simulating weight bearing. Three evaluators judged the elbows incongruent, normal or borderline on digital images. The median sensitivity for detection of incongruence ≥ 2 mm was excellent on all views at 90° (100%) and good at 135° (80%). For 1 mm, the sensitivity was unchanged at 135° but reduced at 90° (60%). The best specificities were obtained at 90° (ranged from 70% to 90%). Simulating weight bearing decreased the sensitivity at 1 mm (from 80% to 50%) and 3 mm (from 100% to 80%) of incongruence. Radiology is a sensitive test to detect moderate to severe elbow incongruence with the elbow flexed at 90° regardless of beam centering. The sensitivity was affected by weight bearing simulation.

Keywords: Dog, elbow, dysplasia, incongruence, radiology.

Table des matières

Résumé	iii
Abstract	iv
Table des matières	v
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	ix
Liste des sigles et abréviations	xi
Dédicace	xii
Remerciements	xiii
Introduction	1
Chapitre 1: Recension de la littérature	4
1.1 Rappels anatomiques.....	4
1.1.1 Principales composantes	4
1.1.2 Cartilages de croissance et centres d'ossification	5
1.1.3 Aires de contact articulaires.....	6
1.2 L'incongruence du coude.....	7
1.2.1 Les mécanismes de l'incongruence.....	7
1.2.2 Les causes de l'IC	11
1.2.3 Traitement de l'IC	12
1.2.4 Diagnostic par imagerie	14
Chapitre 2: Article I: Incongruence articulaire et FPCM chez le chien.....	18
2.1 Résumé.....	19
2.2 Introduction.....	19

2.3 Caractéristiques de la FPCM.....	20
2.3.1 Épidémiologie	20
2.3.2 Étiologie	20
2.3.3 Diagnostic	21
2.4 Matériel et méthode.....	23
2.5 Résultats	24
2.6 Discussion	27
2.7 Conclusion	30
2.8 Remerciements.....	31
Chapitre 3: Méthodologie	34
3.1 Sujets d'étude	34
3.2 Protocole chirurgical	34
3.3 Protocole radiologique	35
3.4 Lecture.....	36
3.5 Analyses statistiques	36
Chapitre 4: Article II: Sensitivity and specificity of radiology for the detection of canine elbow incongruence in an <i>in vitro</i> model.....	39
4.1 Abstract	40
4.2 Introduction	41
4.3 Material and methods.....	41
4.4 Results.....	43
4.5 Discussion	45
4.6 Conclusion	46
4.7 References.....	58

Chapitre 5: Discussion	61
5.1 Objectifs de l'étude	61
5.2 Choix de la méthodologie	63
5.3 Résultats et Perspectives	65
Conclusion	67
Bibliographie.....	68
Annexe I: Critères d'évaluation radiologique.....	I
Annexe II: Code d'identification des radiographies.....	II

Liste des tableaux

Table I: Medians (%) of the specificities of the evaluators for all beam positions (BP) and angles of flexion, and for all BP at 90° and 135°.

Table II: Medians (%) of the sensitivities of the evaluators for each level of incongruence, at all BP and angles of flexion, and for all BP at 90° and 135°.

Tableau III: Medians (%) of the specificities and the sensitivities of all the evaluators at 1 mm of incongruence depending of the BP at 90° of flexion.

Tableau IV: Medians (%) of the specificities and the sensitivities of the evaluators for each level of incongruence with and without weight bearing simulation (WBS) at 135°.

Tableau V: Proportions of each specific criterion of evaluation attributed to each elbow status.

Liste des figures

Illustration 1: Structures osseuses du coude.

Photo 1: Radiographie médiolatérale d'un coude normal de chien: les articulations huméro-ulnaire et huméro-radiale sont symétriques, alignées et forment un arc de cercle. Le processus coronoïde médial (PCM) est bien défini.

Photo 2: Radiographie médiolatérale d'un coude de chien souffrant de FPCM: Incongruence huméro-ulnaire en croissant de lune aminci dans sa portion proximale. Elargissement de l'articulation huméro-ulnaire dans sa portion moyenne et perte de définition du PCM, qui suggère une fragmentation de ce dernier.

Photo 3: Radiographie médiolatérale d'un coude de chien souffrant de FPCM: Incongruence huméro-ulnaire en croissant de lune élargi dans sa portion moyenne et proximale. Déplacement proximal du processus coronoïde latéral par rapport à la tête du radius. Un petit fragment provient du PCM.

Photo 4: Radiographie médiolatérale d'un coude de chien souffrant de FPCM: Coude incongruent sans qu'il soit possible de reconnaître une AHU en croissant de lune ; celle-ci est asymétrique tout comme l'AHR. Une marche d'escalier est évidente.

Photo 5: Système de simulation de mise en charge. Chaque extrémité du membre est fixée à la table de radiologie par des fils de nylon. Un troisième fil passe par l'olécrane et est attaché à un tensiomètre. Le coude est fléchi à 135° à l'aide de la barre de connexion au dessus de celui-ci. En reculant la table, une charge de 5 kg est appliquée au coude.

Figure 1: In vitro canine forelimb model prepared with radial osteotomy and external fixator with motor for radial shortening. Note the connection bare that maintains the elbow flexed in the desired angle (90° or 135°).

Figure 2: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 90°. Note the symmetrical joint space between the humerus, the radius and the ulna creating a perfect continuous semi-circular arch.

Figure 3: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 135°.

Figure 4: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 90° after 2mm of radial shortening. A humero-ulnar widening, a radio-ulnar step and a minimally asymmetric humero-radial joint are visible.

Figure 5: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 135° after 2mm of radial shortening. A humero-ulnar widening, a radio-ulnar step and a minimally asymmetric humero-radial joint are visible.

Figure 6: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 135° after 2mm of radial shortening and weight bearing simulation. Compared to figure 5, the features of incongruence are less obvious, particularly concerning the step defect.

Liste des sigles et abréviations

AHR : Articulation huméro-radiale

AHU : Articulation huméro-ulnaire

BP : Beam position

cm : Centimètre

CT scan : Computed tomography scanner

FPCM : Fragmentation du processus coronoïde médial

kg : Kilogramme

IC : Incongruence du coude

ML : Mediolateral

NUPA : Non union de processus anconéen

PCM : Processus coronoïde médial

OA : Ostéoarthrose/osteoarthritis

OCD : Ostéochondrite disséquante

mm : Millimètre

WBS : Weight bearing simulation

A mon filleul québécois

Remerciements

Au Docteur Jacques Dupuis qui est à l'initiative de ce projet et dont le support a été précieux. Merci de m'avoir offert cette opportunité, porte d'accès pour beaucoup d'autres et d'avoir cru en moi.

Au Docteur Guy Beauregard, collègue de travail des plus exceptionnels et désormais ami. Merci pour ta disponibilité, ta patience, ton humour et ton humilité qui viennent à bout de tout problème et rendent chaque tâche moins pénible.

Au Docteur Luc Breton qui m'a inculqué la passion de l'image. Merci pour tout ce que vous m'avez appris et pour votre confiance.

A Mr. Maxim Moreau qui a effectué un travail de titan pour l'analyse statistique tout en gardant sa bonne humeur. Merci d'avoir pris ce projet à cœur, ton aide m'a été indispensable.

A Nadège qui est la raison première de cette belle aventure. Merci pour ta présence, tes conseils, ton dynamisme et ton courage qui m'ont aidé ou servi d'exemple dans les moments difficiles. Merci pour les moments de joie surtout.

A mes parents, Jacques et Martine qui ont su comprendre l'importance d'un tel projet et qui ont supporté l'éloignement nécessaire à son accomplissement. Merci pour votre soutien tout au long de mes études.

A Geneviève Rouleau et Anne-Marie Martel pour leur aide dans la recherche et le classement de centaines de radiographies. Merci pour votre bonne humeur qui rend chaque journée de travail plaisante.

A Louis, François, Sébastien, Lyane et Pierre-Yves pour leur amitié et tout le «fun» que l'on a partagé pendant ces trois dernières années.

Au Docteur Michel Carrier qui m'a donné les moyens de travailler dans les meilleures conditions.

A la Faculté de médecine vétérinaire pour m'avoir octroyé une bourse.

A Mme Diane Rodier pour tous les services administratifs rendus.

A Mme Micheline Saint-Germain pour sa disponibilité et son efficacité.

Introduction

Le terme dysplasie du coude chez le chien a été introduit en 1961 pour décrire le développement d'une ostéoarthrose (OA) généralisée au niveau du coude, associée à la non-union du processus anconéen. Avec le temps, d'autres entités ont été décrites comme manifestations de la dysplasie du coude ; il s'agit de la fragmentation du processus coronoïde médial (FPCM) ulnaire, de l'ostéochondrite disséquante de la portion médiale du condyle huméral (OCD), de l'incongruence du coude (IC), puis, selon les auteurs, de la non-union de l'épicondyle huméral médial [Fox *et al.*, 1989 ; Snaps *et al.*, 1999]. Les races moyennes à géantes sont généralement affectées avec une prédisposition pour le bouvier bernois, le rottweiler, le berger allemand, le golden retriever et le labrador. D'autres races telles le terre-neuve, le saint-Bernard, le mastiff, le springer spaniel, le berger australien, le chow chow, le sharpei, le shetland, et quelques terriers, peuvent aussi être atteintes [Wind, 1993]. La maladie se déclare habituellement chez le jeune animal en croissance entre 4 et 8 mois et peut s'avérer très débilitante. De plus, la dysplasie du coude a une forte incidence héréditaire ce qui représente un fléau pour les élevages ; à tel point qu'un organisme, le «International Elbow Working Group», a été créé en 1989 afin de diminuer l'incidence de cette affection.

L'IC a été décrite en 1982 par Alinda Wind à partir de radiographies de coudes de bouviers bernois souffrant d'une fragmentation du processus coronoïde médial. Un déplacement proximal de l'incisure trochléaire ulnaire et un élargissement des articulations huméro-radiale et huméro-ulnaire furent alors notés. Ainsi plus qu'une entité, l'IC a commencé à être considérée comme une cause potentielle d'autres manifestations de la dysplasie du coude et notamment la FPCM. Des signes radiologiques d'IC ont d'ailleurs été observés dans 93.4% de 121 cas de FPCM dans une étude rétrospective de l'auteur (cf chapitre 3).

L'hypothèse principale émise pour expliquer une telle incongruence est une croissance asynchrone entre le radius et l'ulna conduisant à un radius trop court [Wind *et* Packard, 1986]. Une étude *in vitro* a montré qu'un raccourcissement de 0.8 mm en

longueur du radius modifiait les aires de contact entre les surfaces articulaires du coude [Preston *et al.*, 2001]. Des études anatomiques sur des chiens souffrant de FPCM ont confirmé l'existence d'un radius trop court [Bienz, 1985 ; Wind, 1986 ; Trostel *et al.*, 2003]. Plusieurs causes sont avancées pour expliquer cette croissance anormale: congénitale et héréditaire, nutritionnelle ou traumatique.

Il est généralement accepté qu'une correction chirurgicale de l'incongruence représente le meilleur traitement à long terme de la FPCM [Ness, 1998 ; Bardet *et Bureau*, 1996]. La détection précoce de cette anomalie pourrait donc permettre un traitement rapide et prévenir ainsi l'apparition de l'OA qui, une fois installée, est irréversible. La radiologie, étant un outil diagnostique accessible pour la plupart des vétérinaires, facile à réaliser et peu coûteux, se place en tête de liste des tests de détection. La vue radiologique médiolatérale du coude en flexion extrême est pour le moment la seule vue requise par l'«Orthopedic Foundation for Animals» dans le but de détecter précocement l'OA [Keller *et al.*, 1997]. Elle apparaît en général vers l'âge de 6 à 7 mois [Wind, 1993] et se caractérise par la formation d'un ostéophyte sur le rebord proximal du processus anconéen. La conséquence de la pathologie peut ainsi être détectée mais non son étiologie, mise à part la NUPA qui est facilement visible sur une telle vue. La meilleure façon d'évaluer la congruence est une projection médiolatérale du coude fléchi à 90°. Le coude normal sur une telle vue se caractérise par des espaces articulaires symétriques entre l'humerus, le radius et l'ulna créant un arc de cercle régulier et continu [Murphy *et al.*, 1998].

L'IC peut aussi être appréciée sur les radiographies, toutefois l'écart minimal détectable entre le radius et l'ulna reste incertain. Une étude récente basée sur un modèle *in vitro* a établi que le degré de raccourcissement du radius requis par chaque radiologiste pour obtenir une sensibilité de 90% allait de 1.5 mm à plus de 4 mm [Mason *et al.*, 2002]. Les auteurs n'utilisaient cependant pas de critères précis d'incongruence pour chacune des articulations du coude dans leur protocole d'évaluation d'où, peut être, cette différence

entre les observateurs. De plus, plusieurs angles de flexion du coude et positionnements du faisceau radiologique ont été décrits comme permettant une meilleure évaluation de l'IC mais aucune n'a été étudiée en détail [Wind, 1993 ; kirberger *et* Fourie, 1998]. Finalement, les interactions entre les articulations du coude sont complexes et l'influence de l'application d'une mise en charge sur leur apparence radiologique n'a jamais été évaluée.

Ainsi, face à toutes ces incertitudes, les objectifs de cette étude sont d'abord d'évaluer l'influence du degré de flexion du coude et de la position du faisceau de rayons X sur l'apparence radiologique des articulations, ensuite de déterminer le niveau minimal d'incongruence qui peut être détecté avec une sensibilité et une spécificité adéquates (80% et plus) et enfin, de documenter les effets d'une simulation de mise en charge sur la détection radiologique de l'IC.

Chapitre 1: Recension de la littérature

1.1 Rappels anatomiques

1.1.1 Principales composantes

Le coude est une articulation du membre thoracique qui se compose de trois os (Illustration 1): l'humérus, le radius et l'ulna. Chacun de ces os s'articule avec les deux autres pour permettre des mouvements de flexion, d'extension, de pronation et de supination. Une capsule articulaire commune enveloppe ces trois articulations [Evans, 1993]. Le condyle huméral s'appuie sur la tête du radius qui supporte de 75 à 80% du poids exercé sur le coude. La surface articulaire du condyle huméral comprend une large trochlée dont la lèvre médiale est plus étendue et saillante que la lèvre latérale; un *capitulum* est situé latéralement, un peu en retrait de la lèvre adjacente de la trochlée. La surface articulaire de l'ulna présente deux proéminences en partie distale : les processus coronoïdes. Le processus coronoïde médial (PCM), le plus large, a une pente douce vers l'extérieur de l'articulation dont il augmente la surface tout en contribuant peu au support du poids appliqué par l'humérus (20 à 25%). Le processus anconéen est une extension articulaire proximale de l'incisure trochléaire ulnaire qui s'engage dans la fosse olécraniennne humérale lorsque le coude est en extension, assurant ainsi une stabilité latérale et en rotation. L'amplitude articulaire normale du coude est de 30° à 40° en flexion et de 170° à 180° en extension.

Le coude est aussi stabilisé par le ligament collatéral latéral qui limite l'adduction et la rotation interne, le ligament collatéral médial qui limite l'abduction et la rotation externe, le ligament annulaire qui ceint la tête du radius contre l'ulna mais le laisse pivoter entre les processus coronoïdes, le ligament olécranien et le ligament oblique. Le ligament interosseux unit l'ulna et le radius au niveau de la moitié de leur diaphyse et limite ainsi les mouvements longitudinaux entre les deux os.

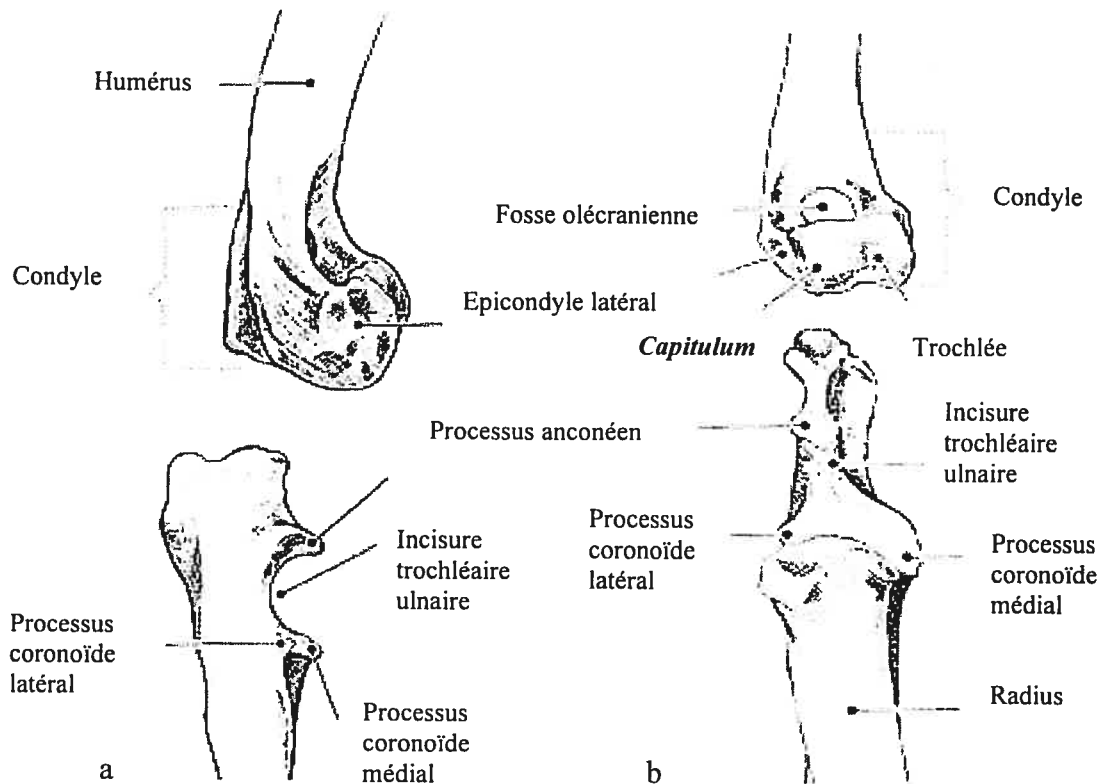


Illustration 1 : Structures osseuses du coude : a) vue de profil, b) vue de face.

1.1.2 Cartilages de croissance et centres d'ossification

La plaque de cartilage de croissance distale de l'humérus se ferme vers 10 mois, celle située au niveau de l'épicondyle huméral médial vers 6 mois. Le radius possède deux plaques de cartilage de croissance, proximale et distale qui assurent presque à part égale la croissance longitudinale de l'os (environ 60% et 40% respectivement), elles se ferment à l'âge de 10 mois et 11 mois respectivement. En ce qui concerne l'ulna, la plaque de cartilage de croissance distale est responsable de 80% de la croissance longitudinale de l'os, elle ferme vers l'âge de 10 mois alors que la plaque proximale, responsable uniquement de la croissance de l'olécrane se ferme dès 8 mois. Le processus coronoïde médial n'est complètement ossifié qu'à partir de 6 mois et ne représente pas un foyer d'ossification particulier [Wolvekamp, 1998]. L'ossification du processus anconéen commence à l'âge de

3 mois et est complète entre 4 et 5 mois. Le ligament interosseux devient mature après l'âge de 5 mois [Trostel *et al.*, 2003].

1.1.3 Aires de contact articulaires

Une étude a évalué les aires de contact articulaires de la portion proximale du radius et de l'ulna chez des coudes de cadavres de chiens normaux de race croisée pesant entre 19 et 30 kilogrammes. Trois aires de contact distinctes étaient évidentes entre les articulations: sur le radius, à l'aspect craniolatéral du processus anconéen et sur le PCM. Les aires de contact du coronoïde médial et de la tête radiale sont en continuité de part et d'autre de l'articulation radio-ulnaire. Etant donné que seules deux aires de contact ulnaires furent détectées, on peut penser qu'il existe une incongruence physiologique de l'articulation huméro-ulnaire [Preston *et al.*, 2000]. Il n'y a aucun écart de hauteur entre le rebord médial de la tête du radius et le rebord latéral du PCM. L'angle du membre pendant la phase d'appui simulée était de 135°, ce qui correspond à l'angle du membre au moment de la phase moyenne du cycle de la mise en appui [DeCamp *et al.*, 1993].

Une autre étude ayant mesuré la densité osseuse de coudes de chiens bergers allemands par ostéo-absorptiométrie à l'aide d'un tomодensitomètre (CT scan) a démontré que cette incongruence disparaît lorsque l'on passe d'une mise en charge de 10 à 400 Newton. Cette incongruence physiologique représenterait donc un moyen d'adaptation aux fortes charges. En effet, la charge est alors distribuée sur l'ensemble de l'espace articulaire ce qui réduit le stress pour tous les tissus de l'articulation [Maierl *et al.*, 2000].

1.2 L'incongruence du coude

1.2.1 Les mécanismes de l'incongruence

1.2.1.1 Une première cause écartée: l'ostéochondrose

L'IC est l'une des entités incluses dans la dysplasie du coude, une maladie orthopédique fréquente chez le chien, particulièrement pour les races grandes à géantes [Wind, 1993]. L'une des présentations les plus fréquentes à l'heure actuelle de la dysplasie du coude est la FPCM. Cette maladie est la conséquence d'une séparation du rebord axial du processus coronoïde médial de l'ulna. La FPCM affecte plus les mâles et est souvent bilatérale [Meyer-Linderberg *et al.* 2002 ; Lewis *et al.*, 1989]. La cause de la FPCM est encore hypothétique. L'ostéochondrose, altération de l'ossification endochondrale, a été la première étiologie proposée. Olsson a indiqué que toute perturbation dans les couches profondes du cartilage responsable de la formation des surfaces articulaires pouvait conduire à des changements significatifs dans le développement du cartilage articulaire et de l'os sous chondral. Comme le processus coronoïde médial n'est pas ossifié avant 6 mois, il est plus vulnérable au développement d'ostéochondrose pendant cette période et les mouvements des os suffisent à endommager le cartilage altéré [Olsson, 1983 ; Rettenmaier-Heath, 2001].

Grondalen (1981) a observé une fragmentation et/ou des fissures du PCM chez 85% de 120 chiens souffrant d'OA au niveau du coude. Les fissures furent considérées comme la phase initiale à la fragmentation. L'examen histologique de 28 coudes a révélé la présence de cartilage hyalin épaissi ou dégénéré, lésions caractéristiques d'ostéochondrose, dans seulement 18% des cas. Grondalen a conclu que même si la condition peut être la conséquence d'une ostéochondrose, il faut cependant suspecter l'exposition du PCM fragilisé à des forces excédant ses capacités de support de poids et conduisant à la formation de fissures ou d'une fragmentation.

1.2.1.2 Sous-développement du radius

Wind décrit en 1982 la présence, sur les radiographies de coudes de 15 bouviers bernois atteints de FPCM, d'un déplacement proximal de l'incisure trochléaire de l'ulna et d'un élargissement des espaces articulaires huméro-radial et huméro-ulnaire. Elle émet alors l'hypothèse d'un retard de développement de la plaque de cartilage de croissance distale du radius. Cette phase retardée de la croissance du radius serait responsable d'une incongruence articulaire au niveau du coude qui entraînerait une FPCM suite à une surcharge de poids exercée sur cette partie de l'ulna [Wind 1982]. En 1986, Wind et Packard ont observé en mesurant la longueur du radius et de l'ulna sur des radiographies latérales de 825 chiens, une croissance asynchrone de l'ulna et du radius chez les chiens atteints de dysplasie du coude. En effet, le ratio de la longueur de l'ulna proximal sur celle du radius était de 0.17 à 0.19 sur les chiens sains et de 0.19 à 0.23 sur les chiens affectés. En se basant sur l'apparence des coudes atteints de FPCM ou d'OCD en radiologie et en nécropsie, l'incongruence entre le rebord distal de l'incisure trochléaire et la surface articulaire du radius était de 3 mm au plus [Wind *et* Packard, 1986].

Deux revues de littérature récentes ont publié les données de Pool qui supportent également l'évidence que la FPCM et éventuellement l'OCD de la portion médiale du condyle huméral résultent d'une croissance asynchrone entre le radius et l'ulna. A partir de dissections réalisées sur 36 paires de coudes de chiots de grandes races, Pool a observé que le radius et l'ulna grandissaient de façon indépendante et que des mouvements longitudinaux de chacun de ces os pouvaient être réalisés par manipulation avant l'âge de 5 mois, soit avant que le ligament interosseux ne devienne mature. Selon lui, les lésions de FPCM et d'OCD apparaissent au moment où la différence de longueur entre le radius et l'ulna aboutit à une élévation du PCM au dessus de la surface articulaire de la tête du radius. A ce moment, le PCM se situerait 1 à 2 mm au dessus de cette dernière selon ses observations. Une croissance asynchrone du radius et de l'ulna durant les 5 à 6 premiers mois du développement squelettique fournit donc la meilleure explication pour la

pathogénèse des lésions de dysplasie du coude rencontrées dans cette étude. De plus, la fréquence élevée de lésions de contact impliquant le condyle huméral médial et la surface articulaire opposée du processus coronoïde médial de l'ulna supporte l'idée d'une pathogénie commune qui est la mieux expliquée par une croissance asynchrone du radius et de l'ulna telle qu'observée par Wind [Trostel *et al.*, 2003].

Une étude radiologique réalisée par Bienz sur 77 bouviers suisses a montré une association entre la présence d'une FPCM et le sous développement du radius. La différence de longueur entre le radius et l'ulna aurait amené une élévation du PCM qui, alors en contact plus étroit avec la partie médiale du condyle huméral, aurait subi un excès de stress menant à sa dégénérescence [Bienz, 1985]. Ces observations rejoignent toutes les théories précédentes. Plus récemment, une étude *in vitro* visant à évaluer les effets du raccourcissement du radius sur les surfaces de contact dans l'articulation du coude a montré qu'un défaut d'à peine 0,8 mm modifiait ces dernières. Les auteurs ont décrit une réduction de l'aire de contact radiale, une réduction ou une perte de l'aire de contact ulnaire proximale et une migration de l'aire de contact du processus coronoïde médial vers son aspect latéral. Ils ont conclu qu'un écart entre la tête du radius et l'ulna pouvait concentrer les forces physiologiques sur le rebord latéral, alors élevé du PCM et résulter en une fragmentation ostéocondrale de ce dernier [Preston *et al.*, 2001].

1.2.1.3 Sous-développement de l'incisure trochléaire ulnaire

Bienz a aussi remarqué que des chiens avec une FPCM avait un ulna proportionnellement plus long que l'ulna de chiens sains. Cette dernière observation pourrait rejoindre une autre hypothèse de Wind et Packard comme quoi les chiens de grandes races pourraient présenter une dysplasie de l'incisure trochléaire ulnaire qui n'aurait pas un rayon de courbe assez grand pour épouser parfaitement la trochlée humérale. Cette incisure aurait donc une forme trop elliptique amenant un contact trop étroit entre les processus anconéen et coronoïde médial et donc la non union ou la fragmentation de ces derniers. Une des explications avancées serait une croissance plus

importante de l'olécrane chez les chiens de grandes races afin de convenir à une trochlée humérale plus imposante et donnant ainsi l'impression d'un radius trop court. Une telle croissance exacerbée prédisposerait donc à la dysplasie du coude si les cartilages ne peuvent suivre ce rythme de croissance élevé.

Cependant, cette hypothèse ne paraît pas être un facteur majeur. Autrement, une association de NUPA et de FPCM devrait être vue dans un plus grand nombre de coudes et l'ostéotomie de l'ulna n'aurait que peu d'effet sur la résolution de la NUPA [Kirberger *et* Fourie, 1998]. Cette théorie finaliste est de plus contredite. Tout d'abord par Pool dont l'étude montre que l'ensemble des chiens affectés par une dysplasie du coude avait un humérus bien assis dans l'incisure trochléaire ulnaire. Ensuite, une étude récente a comparé les courbes des incisures ulnaires d'une population de rottweillers avec celles d'une population de greyhounds (race qui démontre peu d'anomalie orthopédique de développement) ; leur conclusion est que, malgré une différence notable entre les deux races, une association avec une prédisposition à la FPCM ne pouvait être faite [Collins *et al.*, 2001].

Il a aussi été postulé que l'élévation transitoire du processus coronoïde entre 4 et 6 mois d'âge en conséquence de cette phase de croissance accélérée de l'ulna pourrait ensuite être rattrapée par le radius. Ce type d'écart transitoire de croissance permettrait ainsi d'expliquer l'existence chez certains chiens de lésions de FPCM ou d'OCD de la portion médiale du condyle huméral sans évidence d'incongruence [Wind 1986]. On peut aussi envisager un retard de croissance transitoire du radius.

1.2.2 Les causes de l'IC

1.2.2.1 Traumatique

Ainsi, le type d'incongruence le plus plausible serait celui relié à un radius trop court. Une première hypothèse pour expliquer ce défaut de croissance est directement reliée à la prévalence de cette maladie chez les chiens de grandes races et surtout les mâles. En effet, ces chiots plus lourds seraient plus enclins à une fermeture prématurée ou à un retard de croissance des plaques de cartilage de croissance du radius suite aux traumatismes répétés subits par ces dernières. L'augmentation de l'espace huméro-radial dans ce cas place les processus coronoïdes en position proximale par rapport à la surface articulaire de la tête du radius. Conséquemment, une surcharge est transmise aux processus coronoïdes via la trochlée humérale lors de l'appui et particulièrement sur le médial qui est plus large, d'où les altérations subies par celui-ci [Goring *et* Bloomberg, 1983]. Cette hypothèse est confortée par la description de chiens présentant une FPCM à la suite d'une fermeture prématurée de la plaque de croissance distale du radius et sur les radiographies desquelles des signes évidents d'incongruence tels que décrits par Wind étaient visibles [Macpherson *et al.*, 1992].

1.2.2.2 Nutritionnelle

Une autre hypothèse concerne l'alimentation. En effet, une étude a démontré chez des grands danois âgés de 7 à 21 semaines qu'une prise excessive de calcium induisait un retard de développement des centres d'ossification secondaires et une diminution de la croissance en longueur du radius. De telles anomalies de développement osseux prédisposent donc à la dysplasie du coude. Il est par ailleurs connu que de nombreux chiots à croissance rapide ont une diète trop riche en calcium entraînant de nombreux problèmes orthopédiques et que les compagnies productrices d'aliments pour chien développent des diètes spéciales pour ces races [Voorhout *et al.*, 1987].

1.2.2.3 Congénitale et héréditaire

Plusieurs études ont enfin montré que la dysplasie du coude était une maladie congénitale et héréditaire de par la prédisposition de certaines lignées de races pures comme le bouvier bernois ou le labrador retriever dont l'héritabilité varie entre 0.27 et 0.77 selon les études [Suddert *et al.*, 1991 ; Swenson *et al.*, 1997 ; Guthrie *et* Pidduck, 1990 ; Padgett *et al.*, 1995]. Il en va de même pour l'IC [Ubbink *et al.*, 1999]. Ceci permet d'envisager une sélection des reproducteurs et ce, dès 6 mois si l'on se fie à la pathogénie de la maladie décrite précédemment. Une étude sur la dysplasie du coude en Suède montre une réduction de l'incidence de l'affection de 50% à 42% chez les rottweillers et de 48% à 31% chez les bouviers bernois [Hedhammar *et al.*, 1995] suite à la sélection des reproducteurs.

Les chiens atteints de nanisme ou les races chondrodystrophiques comme le basset hound peuvent aussi développer de la dysplasie du coude de par les anomalies de conformation de leur squelette.

Il est fort probable que plusieurs de ces causes coexistent et s'appliquent en fonction des individus.

1.2.3 Traitement de l'IC

La détection précise de cette IC semble primordiale dans la mise en place du traitement. En effet, plusieurs études montrent que lors de FPCM, la seule exérèse du fragment provenant du coronoïde par arthrotomie ne donne pas de meilleurs résultats que le traitement médical et ne semble pas empêcher la progression de l'OA [Bouck *et al.*, 1995 ; Huibregtse B.A. *et al.*, 1994]. Dans l'article de Huibregtse, les exemples de radiographies de coudes démontrent de l'incongruence ce qui pourrait expliquer en partie de tels résultats. Aussi, d'autres études dans lesquelles une FPCM fut traitée par ostéotomie proximale dynamique de l'ulna ont démontré des résultats bons à excellents dans 84.6% [Ness, 1998],

92.7% [Bardet *et Bureau*, 1996] et 100% [Thompson *et Robin*, 1995] des cas. Leurs auteurs encouragent la correction de l'IC de cette manière dans le traitement de la FPCM. Le retrait d'une tranche de quelques millimètres de la diaphyse ulnaire au dessus du ligament interosseux entraîne un glissement distal de l'ulna proximal lors de la mise en charge, ce qui rétablit le contact huméro-radial et diminue la pression sur le PCM. Une rotation de 10° à 15° caudalement et de 0° à 5° médialement de la partie proximale de l'ulna a été notée lors de la réévaluation radiologique après guérison complète. Preston a d'ailleurs démontré dans son étude *in vitro* qu'une ostectomie ulnaire proximale au ligament interosseux, stabilisée de façon dynamique à l'aide d'une tige intra-médullaire, restaurait les aires de contact physiologiques entre les surfaces articulaires de 4 des 6 coudes dont il avait raccourci le radius de 1.6 mm [Preston *et al.*, 2001]. Une ostéotomie distale a aussi été rapportée chez des chiens en croissance. Elle serait moins morbide que l'ostéotomie proximale et faciliterait la mise en charge du membre peu après la chirurgie ce qui encouragerait le déplacement distal de l'ulna avant la formation d'un cal osseux [Vezzoni, 2000].

Dans tous les cas, il ne faut évidemment pas que l'OA se soit installée de façon trop sévère. Un traitement médical à base d'anti-inflammatoire est alors recommandé [Wind, 1993] en attendant la mise sur le marché de prothèses totales de coude qui sont déjà à l'étude [Conzemius *et al.*, 2001].

De la même manière, une ostéotomie préventive de l'ulna pourrait être envisagée sur des coudes incongruents avant l'apparition d'OA.

Une autre alternative de traitement chirurgical proposée est la coronoïdectomie médiale au niveau de l'ulna de chiens présentant de l'IC dans le but de prévenir une FPCM. Les 17 chiens de cette étude ont tous vu une résolution de leur boiterie mais l'auteur reconnaît que la progression de l'OA, présente lors du suivi radiologique dans 70% des cas, peut avoir des répercussions cliniques à long terme [Puccio *et al.*, 2003]. Preuve que

l'incongruence à elle seule peut être à l'origine d'OA par altération du cartilage des surfaces articulaires sans nécessairement impliquer une FPCM.

1.2.4 Diagnostic par imagerie

1.2.4.1 La radiologie

Un premier protocole radiologique pour évaluer l'IC a été décrit comme devant comprendre une vue craniocaudale et une vue latérale en légère flexion avec le faisceau centré sur le coude ; une légère pronation du bout de la patte peut être faite afin de mettre en évidence le processus coronoïde latéral permettant ainsi de mieux visualiser l'existence d'IC. Elle se caractérise par un élargissement de l'articulation huméro-ulnaire dans la zone centrale de l'incisure trochléaire ulnaire, un élargissement de l'articulation huméro-radiale, une discontinuité entre ces articulations créant une «marche d'escalier» entre la tête du radius et le processus coronoïde latéral et un déplacement crânial du condyle huméral par rapport au radius. Wind a aussi affirmé que le degré de rotation (supination ou pronation) ainsi que le fait de centrer la radiographie sur le radius ne changeait en rien l'apparence d'un coude congruent [Wind, 1986, 1993]. Les effets de la position radiologique sur l'interprétation de la congruence du coude ont été étudiés. Les conclusions étaient que les artefacts de distorsion de la largeur des espaces articulaires obtenus sur les projections médiolaterales avec le membre en flexion extrême ou en extension complète ou lorsque le faisceau radiologique était centré sur le milieu du radius nuisaient à une évaluation objective et subjective de la congruence du coude. La projection craniocaudale, si elle donne une bonne évaluation de l'articulation huméro-radiale avec le faisceau centré à 30° vers l'humérus n'apporte en revanche que peu d'information sur la congruence. L'examen radiologique optimal consiste donc en une vue médiolaterale centrée sur l'articulation en position neutre, soit une flexion à 90° [Murphy *et al.*, 1998]. Sur cette projection et pour un coude normal, les espaces articulaires entre la trochlée humérale, l'incisure trochléaire ulnaire et la tête du radius doivent être minces, symétriques et alignés parfaitement pour former un arc de cercle [Wind, 1986]. Cette étude reconnaît tout de même la limite de leur

méthode à mesurer les espaces articulaires visés et n'a pu réellement mettre en évidence un changement significatif de l'aspect de l'articulation du coude lorsqu'on ne centre pas le faisceau sur l'articulation.

Peu d'études ont été faites pour l'évaluation radiologique du coude incongruent et de nombreuses interrogations demeurent concernant cet examen radiologique qui reste difficile [Clifford, 1992; Wolvekanp, 1998]. C'est notamment vrai au sujet de l'angle de flexion du coude durant l'examen. Il a été proposé des angles de 90°, de 100° à 120° [Wind, 1993] ou encore de 110° [kirberger *et* Fourie, 1998] pour obtenir une meilleure interprétation de l'incongruence. Le niveau d'incongruence détectable à la radiographie reste aussi inconnu. Il peut varier de 2 à 5 mm au plus [Wind, 1993]. Lorsqu'ils ont proposé en 1995 leur nouvelle approche de traitement de la FPCM par ostéotomie dynamique de l'ulna, Thomson et Robins ont mesuré sur des radiographies latérales, le ratio de la longueur du radius sur la longueur de l'ulna et ont comparé les ratios de chaque membre d'un même chien. Lorsque les ratios variaient de 0.79 à 0.81 d'un membre à l'autre, ils étaient capables de voir des signes d'incongruence sur la radiographie du membre affecté. Mais lorsque les ratios variaient de 0.79 à 0.80 ou de 0.80 à 0.81, aucun signe d'incongruence n'était détectable sur la radiographie. Ceci fut expliqué par une erreur de mesure ou de positionnement, l'inexpérience à reconnaître l'IC sur les radiographies ou l'impossibilité de corrélérer des signes cliniques à une incongruence radiologique [Thomson *et* Robins, 1995]. Ceci illustre bien l'incertitude de pouvoir détecter un faible niveau d'incongruence, surtout si l'on se réfère à l'étude de Preston (2001) qui a montré des changements significatifs au niveau des aires de contact articulaires lorsque l'on raccourcissait le radius de 0.8 à 1.6 mm.

Une étude récente ayant raccourci progressivement le radius de cadavres de chiens normaux a conclu qu'il fallait un écart d'au moins 4 mm entre la tête du radius et le

processus coronoïde pour avoir une sensibilité de 90% pour la détection radiologique de l'IC [Mason et al, 2002]. Cependant, trois des quatre radiologues de cette étude étaient capables de reconnaître avec la même sensibilité une incongruence suite à un raccourcissement du radius de 2 mm, ce qui est plus vraisemblable et déjà décrit [Wind et Packard, 1986]. De plus, les critères utilisés pour évaluer l'incongruence étaient de déterminer si le coude paraissait normal ou non ou s'il y avait évidence d'une marche entre le processus coronoïde latéral et la tête du radius. Ceci reste imprécis et écarte les autres caractéristiques décrites précédemment concernant les espaces huméro-ulnaire et huméro-radial.

La détection radiologique de l'incongruence du coude n'est donc pas toujours facile même en présence de lésions d'OA ou d'autres lésions articulaires spécifiques qui peuvent servir de signes d'appel.

1.2.4.2 Autres modalités

D'autres techniques d'imagerie sont décrites pour l'examen du coude normal ou dysplasique [Carpenter *et al.*, 1993 ; Snaps *et al.*, 1997] mais peu concernent l'IC. La tomographie assistée par ordinateur (CT scan) donne de très bons résultats dans l'évaluation de l'asymétrie entre les espaces articulaires et la mise en évidence d'une marche d'escalier sur des images sagittales grâce à l'absence de superposition. Le CT scan permet aussi de mieux apprécier les modifications de densité osseuse qui peuvent être les révélateurs précoces d'une articulation anormale [Rovesti *et al.*, 2002 ; Reicle *et al.*, 2000 ; Rycke *et al.*, 2002 ; Kiberger *et al.*, 1998]. Cependant, cet examen requiert l'anesthésie de l'animal et peu de vétérinaires y ont un accès direct. L'imagerie par résonance magnétique semble prometteuse de par sa capacité à bien visualiser les espaces articulaires et le cartilage mais reste peu disponible et le coût en est très élevé [Snaps FR *et al.*, 1998].

L'arthrographie n'apporte pas de renseignements supplémentaires par rapport à la radiographie conventionnelle et son interprétation est toujours difficile [Lowry *et al.*, 1993].

L'échographie, même si elle permet d'identifier de nombreuses structures au niveau de coude, ne semble pas en mesure de donner d'information sur la congruence articulaire [Knox *et al.*, 2003].

Il est donc pertinent, à partir d'un modèle d'IC connu créé par un raccourcissement du radius de déterminer la sensibilité et la spécificité de la radiologie en fonction du niveau d'incongruence et de connaître l'influence de la position du faisceau radiologique et du degré de flexion du coude sur cet examen.

Chapitre 2: Article I: Incongruence articulaire et FPCM chez le chien

Laurent Blond, Luc Breton

Faculté de médecine vétérinaire

Service de radiologie

3200, rue Sicotte – CP 5000

J2S 7C6 Saint-Hyacinthe

Québec – Canada

Article publié dans le journal *Le Point Vétérinaire*

2.1 Résumé

Une incongruence articulaire semble être la cause la plus probable de la fragmentation du processus coronoïde médial chez le chien. A partir de radiographies de coudes de chiens atteints de cette affection, l'aspect radiologique de l'IC est décrit. Les radiographies de 121 coudes de chiens atteints de FPCM sont examinées. Sur la projection médiolatérale, la congruence des articulations huméro-radiale et huméro-ulnaire est évaluée. La population est composée d'animaux jeunes, souvent atteints de façon bilatérale, avec une majorité de mâles et une prédominance de bouviers bernois. Une incongruence est notée dans 93.4% des cas ; 82.6% présentent une articulation huméro-ulnaire en forme de croissant de lune et 52.8% présentent une marche d'escalier entre la tête du radius et l'incisure trochléaire de l'ulna, due au déplacement proximal du processus coronoïde. Ainsi, l'incongruence articulaire du coude pourrait prédisposer à la FPCM et elle doit être suspectée lorsque sur une radiographie médiolatérale, l'articulation huméro-ulnaire est "en croissant de lune" et/ou qu'une "marche d'escalier" est visible. Il convient de reconnaître ces signes lors de suspicion de FPCM afin de mieux orienter le traitement.

2.2 Introduction

La FPCM est l'une des composantes les plus fréquentes de la dysplasie du coude chez le chien [Bardet *et* Bureau, 1996], syndrome qui englobe aussi l'OCD de la portion médiale du condyle huméral, NUPA, l'incongruence articulaire, puis, selon certains auteurs, la non-union de l'épicondyle huméral médial [Fox *et al.*, 1983 ; Snaps *et al.*, 1999]. Le but de cette étude est de décrire l'apparence radiologique des articulations du coude dans une population de chiens atteints de FPCM, afin d'évaluer la proportion de coudes incongruents.

2.3 Caractéristiques de la FPCM

2.3.1 Épidémiologie

Les chiens de races de taille moyenne à géante sont plus souvent affectés. Le bouvier bernois, le rottweiler, le berger allemand, le golden retriever et le labrador sont notamment prédisposés. D'autres races telles que le terre-neuve, le saint-Bernard, le mastiff, le springer spaniel, le berger australien, le chow-chow, le sharpei, le shetland et quelques terriers peuvent aussi être atteintes [Wind, 1993].

La maladie se déclare habituellement chez l'animal en croissance, entre l'âge de quatre et huit mois et peut s'avérer très débilante, car souvent suivie d'ostéoarthrose [Rettenmaier-Heath, 2001]. La FPCM a une forte incidence héréditaire [Padgett *et al.*, 1995 ; Ubbink *et al.*, 1999] et est souvent bilatérale (33 à 80 % des cas) [Lewis *et al.*, 1989]. Les mâles sont apparemment plus souvent atteints que les femelles : de 65,8 % [Meyer-Linderberg *et al.*, 2002] à plus de 75 % [Lewis *et al.*, 1989] selon les études.

2.3.2 Étiologie

La cause de la FPCM reste encore hypothétique. La première étiologie proposée a été la manifestation d'ostéochondrose, altération de l'ossification sous-chondrale [Olsson, 1983] qui aboutit à un épaissement du cartilage, suivi d'une dégradation de ce dernier. En 1982, A. Wind décrit, sur des radiographies de coudes de plusieurs bouviers bernois atteints de FPCM, un déplacement proximal de l'incisure trochléaire de l'ulna et un élargissement des articulations huméro-radiale et huméro-ulnaire, cette dernière prenant alors l'apparence d'un croissant de lune ouvert dans sa portion proximale. Elle émet alors l'hypothèse d'une croissance asynchrone entre l'ulna et le radius, qui aboutit à un raccourcissement de ce dernier et serait responsable d'une incongruence articulaire au

niveau du coude [Wind, 1982 ; Wind *et* Packard, 1986]. Cette observation est confortée par la description de chiens qui présentent une fragmentation du processus coronoïde suite à une fermeture prématurée de la plaque de croissance distale du radius [Macpherson *et al.*, 1992].

Le raccourcissement du radius semble donc entraîner une surcharge de poids appliquée au processus coronoïde, surtout sur sa portion médiale qui est la plus large, d'où les dommages subis par celle-ci [Goring *et* Bloomberg, 1983].

Un autre type de malformation du coude suspectée serait une forme inadéquate de l'incisure trochléaire ulnaire. En effet, au lieu d'épouser parfaitement le contour de la trochlée du condyle huméral, celle-ci serait plutôt de forme elliptique, entraînant un amincissement de l'espace articulaire au niveau du processus coronoïde et du processus anconé [Wind, 1986 ; Wind *et* Packard, 1986]. L'articulation huméro-ulnaire prend alors l'apparence d'un croissant de lune fermé dans ses portions proximale et distale (figure 1). Cette dernière hypothèse permettrait d'expliquer la coexistence d'une non-union du processus anconéen et d'une FPCM sur un même coude.

2.3.3 Diagnostic

Lors de FPCM, un diagnostic et un traitement précoces permettent d'espérer un pronostic satisfaisant [Wind, 1993]. La vue radiologique latérale en flexion extrême du coude donne la meilleure évaluation de l'OA précoce [Keller *et al.*, 1997], qui apparaît en général vers l'âge de six à sept mois [Wind, 1993]. Plusieurs vues radiologiques sont décrites pour identifier la FPCM : une incidence craniocaudale, une craniolatérale-caudomédiale oblique ou caudomédiale-craniolatérale oblique, une médiolatérale en extension avec une supination à 15° [Hornof *et al.*, 2000] et, plus récemment, une projection distomédiale-proximolatérale oblique à 35°, qui renforce la mise en évidence

d'un processus coronoïde médial anormal [Haudiquet *et al.*, 2002]. La conséquence de l'affection peut ainsi être détectée, mais pas sa cause.

En ce qui concerne la congruence articulaire, un premier protocole radiologique a été décrit et comprend une vue craniocaudale et une médiolatérale en légère flexion, avec le faisceau centré sur le coude. Une légère pronation du bout de la patte permet alors de mieux visualiser si le processus coronoïde latéral est déplacé dans une direction proximale, ce qui donne un effet de "marche d'escalier", signe d'incongruence [Wind, 1986].

Il a ensuite été avancé que la vue médiolatérale en position neutre (90°) est la plus sensible pour évaluer la congruence articulaire. Sur cette projection et sur un coude normal, les articulations entre l'humérus, le radius et l'ulna apparaissent symétriques et en parfaite continuité, formant un arc de cercle [Murphy *et al.*, 1998]. L'angle peut être en fait plus ouvert (110° ou 120°) à condition d'obtenir une vue latérale parfaite et de prendre soin de diriger le faisceau de rayons X sur l'axe de rotation du coude, c'est-à-dire le centre du condyle huméral [Wind, 1993 ; Kirberger *et* Fourie, 1998].

Il est aussi possible d'identifier le PCM sur une telle projection médiolatérale. Passé l'âge de six mois, il est complètement minéralisé et se superpose sur l'aspect caudal de la tête du radius et son rebord cranial apparaît lisse et concave. Même si un fragment n'est pas visible, ce qui est fréquent [Carpenter *et al.*, 1993 ; Hornof *et al.*, 2000], la perte de visualisation de l'aspect proximal du PCM, une forme convexe ou aplatie de son rebord cranial ou une irrégularité corticale suggèrent fortement une anomalie de ce processus coronoïde [Berry, 1992]. Il est aussi possible, sur des cas chroniques, d'observer une sclérose de l'os sous chondral ulnaire en regard du processus coronoïde. Cette observation reste toutefois très subjective et est sujette à variation en fonction de la technique radiologique utilisée.

D'autres techniques d'imagerie (tomodensitométrie, imagerie par résonance magnétique) sont extrêmement sensibles, bien que souvent décrites pour le diagnostic de la FPCM plutôt que de l'incongruence [Carpenter *et al.*, 1993, Snaps *et al.*, 1997]. Elles restent néanmoins peu accessibles en pratique de routine. L'arthroscopie par contre devient un moyen de diagnostic de plus en plus populaire et très précis pour les cas plus subtils [Bardet, 1997].

2.4 Matériel et méthode

Les clichés radiologiques de chiens présentés de 1992 à 2002 au Centre hospitalier universitaire vétérinaire de l'Université de Montréal à Saint-Hyacinthe et ayant révélé la présence d'une FPCM, sont examinés (vue médiolatérale en position neutre : angle $\geq 90^\circ$). Les cas sélectionnés présentent un PCM anormal (irrégulier ou non-visible) sur au moins deux vues ou un fragment provenant du PCM sur au moins une vue ou un PCM anormal sur une seule vue, mais avec une confirmation chirurgicale de FPCM. La race, l'âge, le sexe et les résultats de l'examen orthopédique des patients sont répertoriés.

L'ensemble des radiographies est évalué par un consensus de deux radiologues et l'apparence des articulations du coude est décrite à partir de la vue médiolatérale en position neutre. Le but est de déterminer si ces articulations sont congruentes ou non. Les critères d'évaluation sont les suivants :

-coude normal : les articulations huméro-radiale et huméro-ulnaire sont symétriques, alignées et forment un arc de cercle (Photo 1) ;

-coude incongruent :

- articulation huméro-ulnaire en forme de croissant de lune, soit aminci au niveau du processus anconéen (Photo 2) soit élargi (Photo 3) ;
- ou toute autre asymétrie entre les articulations huméro-radiale et huméro-ulnaire (Photo 4) ;

- évidence ou non d'une "marche d'escalier" sur les coudes déclarés incongruents.

Les dossiers des cas sélectionnés sont ensuite revus afin de noter si le coude a subi une intervention chirurgicale et quelle était alors l'apparence du PCM. Le groupe des coudes ayant été opérés servira de population de référence pour tester la précision diagnostique des radiologues pour la FPCM. Les proportions sont testées statistiquement à l'aide d'un test exact binomial avec un $p < 0,1$.

2.5 Résultats

Quatre-vingt chiens répondent aux critères d'inclusion précités: vingt-quatre bouviers bernois (30%), dix-neuf labradors (23.75%), neuf golden retrievers (11.25%), six rottweilers (7.5%), cinq mastiffs (6.25%) et croisés, trois bergers allemands et terre-neuves (3.75%), deux chow-chows (2.5%), un léonberg (1.25%), un pitt-bull, un saint-bernard et un shetland. Sur la même période, les bouviers bernois ne représentent que 12.4% des cas chirurgicaux concernant l'articulation du coude dans notre hôpital ce qui démontre une sur-représentation de cette espèce dans la population étudiée.

Les animaux présentent tous, à des degrés divers, une boiterie d'un ou des membres thoraciques, une douleur et/ou des crépitations à la manipulation du ou des coudes (flexion, extension), une distension et/ou une fibrose articulaire.

Parmi ceux-ci, 53 (66.2%) sont des mâles (30 entiers, 23 stérilisés) et 27 (33.8%) des femelles (7 entières et 20 stérilisées). Les mâles sont significativement plus nombreux que les femelles ($p = 0.002$).

La médiane d'âge lors de la première présentation est de 12 mois avec un minimum de 5 mois et un maximum de 132 mois. Quarante six (57.5%) animaux ont 12 mois ou moins et 69 (86.25%) ont 24 mois ou moins.

Quarante et un (51.25%) chiens sont atteints de façon bilatérale, soit un total de 121 coudes examinés, 58 coudes droits et 63 gauches.

Sur ces 121 coudes, 8 (5.6%) apparaissent congruents à la radiologie et 113 (93.4%) montrent des signes d'incongruence. Les coudes incongruents sont donc significativement majoritaires ($p = 0.00001$) dans cette population de coudes diagnostiqués avec une FPCM.

En ce qui concerne les types d'incongruence répertoriés, 100 (82.6%) articulations huméro-ulnaires ont une forme de croissant de lune. Soixante cinq (53.7%) sont élargies en portion proximale, dont 46 avec une "marche d'escalier" et 35 (28.9%) sont amincies, dont 16 avec une "marche d'escalier". Une articulation huméro-ulnaire en forme de croissant de lune élargie en portion proximale est donc la présentation radiologique la plus souvent décrite de l'incongruence et ce, de façon significative ($p = 0.00001$). Pour les autres coudes, il n'est pas possible de reconnaître une forme de croissant de lune, mais 5 (4.1%) ont l'articulation huméro-radiale plus large que l'articulation huméro-ulnaire, dont 1 avec une "marche d'escalier", 2 (1.7%) ont l'articulation huméro-ulnaire plus large que l'articulation huméro-radiale dont 1 avec une "marche d'escalier", 4 (3.4%) présentent une asymétrie articulaire difficile à définir et un chien présente 2 coudes ou seule une "marche d'escalier" est visible.

Au total, 64 (52.8%) coudes présentent une "marche d'escalier".

Soixante et un (50.4%) coudes sont explorés chirurgicalement. Tous révèlent un PCM anormal, cinquante quatre fragmentés et sept endommagés. De cette proportion découle un intervalle de confiance ayant une limite inférieure de 94.1%. De cette limite, il est possible d'envisager qu'au moins 94 % des coudes n'ayant pas été explorés chirurgicalement ont réellement un PCM anormal. Dix-huit (29.5% des coudes explorés) ostectomies proximales

dynamiques de l'ulna sont réalisées, dont seize sur des coudes avec une "marche d'escalier" visible sur les radiographies.

Chez le bouvier bernois, race la plus représentée, vingt quatre individus sont touchés, dont 17 (70.8%) de façon bilatérale. Neuf (37.5%) sont des femelles (1 entière et 8 stérilisées) et 15 (62.5%) des mâles (7 entiers et 8 stérilisés). La moyenne d'âge est de 14 mois, avec un maximum de 26 mois et un minimum de 6 mois. Quinze (62.5%) individus sont âgés de douze mois ou moins lors de la première présentation. Sur les quarante et un coudes de bouviers bernois examinés, tous apparaissent incongruents. En ce qui concerne les types d'incongruence répertoriés, 38 (92.7%) articulations huméro-ulnaires ont une forme de croissant de lune. Trente trois (80.5%) sont élargies en portion proximale, dont 32 avec une "marche d'escalier" et 5 (12.2%) sont amincies, dont 4 avec une "marche d'escalier". Trois coudes (7.3%) ont l'articulation huméro-radiale plus large que l'articulation huméro-ulnaire avec une "marche d'escalier". En tout, 39 coudes (95.1%) présentent une "marche d'escalier". Une articulation huméro-ulnaire en forme de croissant de lune élargi en portion proximale, avec une "marche d'escalier", est pour le bouvier bernois la présentation radiologique la plus souvent décrite de l'incongruence et ce, de façon significative ($p = 0.00001$).

La deuxième race la plus représentée est le labrador avec 19 individus dont 12 atteints de façon bilatérale pour un total de 31 coudes. Dix neuf (61.3%) coudes présentent une articulation huméro-ulnaire en croissant de lune aminci en portion proximale dont 8 avec une "marche d'escalier". Ce type d'incongruence est significativement plus important que les autres ($p = 0.00007$).

2.6 Discussion

Les résultats de cette étude indiquent une forte proportion de coudes incongruents dans une population canine atteinte de FPCM, ce qui conforte l'hypothèse selon laquelle une malformation articulaire est à l'origine de cette maladie. En raison du fort pourcentage de PCM anormaux découverts lors de l'intervention chirurgicale suivant le diagnostic radiologique, les cas sélectionnés sans confirmation chirurgicale étaient probablement atteints de FPCM selon les critères cliniques et radiologiques utilisés. Il est peu probable que l'incongruence notée ait été créée lors de la prise du cliché radiologique puisque le degré de rotation (supination ou pronation), ainsi que le fait de centrer la radiographie sur le radius, ne changent en rien l'apparence d'un coude congruent [Wind *et* Packard, 1986].

La population obtenue est représentative de ce qui a été décrit auparavant : ce sont des animaux jeunes, souvent atteints de façon bilatérale et avec une forte proportion de mâles. Les races représentées sont aussi celles connues comme prédisposées, avec une majorité de bouviers bernois, ce qui rejoint les observations d'autres études [Ubbink *et al.*, 1999 ; Meyer-Linderberg *et al.*, 2002].

La mise en évidence d'une articulation huméro-ulnaire en croissant de lune caractérisée par l'amincissement de l'espace articulaire dans sa portion distale et par l'élargissement de celui-ci en portion proximale et moyenne représente l'anomalie la plus fréquemment observée. Le premier est la conséquence d'un contact plus étroit entre l'humérus et le processus coronoïde et le second pourrait être associé à un déplacement caudal et proximal de l'ulna suite au stress excessif imposé au processus coronoïde. Une "marche d'escalier" entre le radius et l'ulna est très souvent associée à ce type d'incongruence et l'ensemble de ces anomalies suggère la suspicion d'un radius trop court. Une "marche d'escalier" est aussi logiquement retrouvée dans le groupe, avec une articulation huméro-radiale plus large que l'articulation huméro-ulnaire.

L'observation d'articulation huméro-ulnaire en croissant de lune amincie au niveau du processus anconéen pourrait rejoindre l'hypothèse d'un développement insuffisant de l'incisure ulnaire comme suggéré précédemment. Ceci se justifie toutefois moins pour les coudes qui ont cette apparence et présentent une "marche d'escalier". En effet, dans ce cas, l'articulation huméro-ulnaire est amincie dans sa portion proximale et distale, mais ceci n'implique pas que le processus coronoïde se retrouve au dessus de la tête du radius. En outre, dans une autre étude, les courbes des incisures ulnaires d'une population de rottweillers ont été comparées avec celles d'une population de greyhounds (race qui montre peu d'anomalies orthopédiques de développement) et, malgré une différence notable, une association avec une prédisposition à la FPCM n'a pu être établie [Collins *et al.*, 2001].

Cette apparence de l'incongruence pourrait aussi s'expliquer par une moindre différence de longueur entre le radius et l'ulna, qui amène un déplacement moindre de ce dernier. La position du coude par rapport au faisceau de rayons X, inconstante dans cette étude, peut également donner un aspect différent des espaces articulaires lors d'obliquité. Ces deux dernières hypothèses valent pour les autres types d'incongruence.

Les coudes de bouviers bernois présentent pratiquement tous une incongruence huméro-ulnaire en croissant de lune élargi en portion proximale avec une "marche d'escalier". L'apparence des coudes de cette race semble donc plus constante et renforce l'hypothèse d'un seul type d'incongruence comme celui trouvé majoritairement dans toute la population. Toutefois, la possibilité d'un type d'incongruence spécifique à une race ne peut pas être éliminée et expliquerait la prévalence de l'incongruence huméro-ulnaire en croissant de lune aminci en portion proximale dans la population de labradors. Cependant, la coexistence de plusieurs types d'incongruence dans cette race et dans les autres, pourrait signifier une incongruence réelle unique prenant différents aspects radiologiques pour les raisons précédemment mentionnées.

Le fait qu'une "marche d'escalier" n'ait pas été identifiée sur tous les coudes incongruents peut aussi s'expliquer par des écarts entre le radius et l'ulna non détectables à la radiologie. Seule la portion osseuse du processus coronoïde est en effet visible, ce qui ne tient pas compte des écarts possibles entre les parties cartilagineuses. En outre, selon notre expérience, il a été remarqué lors d'autopsie de certains coudes atteints de FPCM que le rebord du processus coronoïde était éburné en raison du contact anormalement étroit avec l'humérus. Cette éburnation pourrait contribuer à une atténuation de l'effet de "marche d'escalier". La position du coude lors de la prise du cliché ou de l'OA sévère associée à la FPCM, pourraient aussi masquer cet effet.

Sur les huit coudes congruents avec une FPCM, 5 ont été confirmés en chirurgie et 3 présentaient un fragment sur au moins une radiographie avec, pour l'un, confirmation de la FPCM du coude controlatéral par arthrotomie. Là encore le degré d'incongruence n'était peut être pas assez sévère pour être détecté par la radiographie. Il se peut aussi que la différence de développement entre le radius et l'ulna, assez sévère pour provoquer une FPCM en jeune âge, se soit corrigée au cours de la croissance comme il l'a été suggéré par certains auteurs [Wind, 1986 ; Kirberger *et* Fourie, 1998].

Quelle est la sensibilité de la technique diagnostique de l'incongruence du coude en radiologie ? Une étude visant à évaluer les effets du raccourcissement du radius sur les surfaces de contact dans l'articulation du coude a montré qu'un défaut de 0,8 mm modifiait ces dernières. En effet, le raccourcissement du radius diminue l'aire de contact radiale, réduit ou élimine l'aire de contact ulnaire proximale et déplace l'aire de contact du processus coronoïde vers l'aspect latéral de sa portion médiale [Preston *et al.*, 2001]. Sans savoir si ces modifications sont suffisantes pour engendrer l'affection, la radiologie est-elle assez sensible pour détecter d'aussi faibles degrés de difformité ? A. Wind a écrit que la radiologie permettait de voir une différence de longueur de 3 à 4 mm entre le radius et

l'ulna. Une étude récente ayant raccourci progressivement le radius de cadavres de chiens normaux a conclu qu'il fallait un écart d'au moins 4 mm entre la tête du radius et le processus coronoïde pour avoir une sensibilité et une spécificité acceptables pour la détection de cette incongruence [Mason *et al.*, 2002]. Ce résultat semble surprenant et en contradiction avec ceux de cet article dans lequel il est peu probable que tous les animaux dont l'incongruence était visible aient une telle difformité. En outre, trois des quatre radiologues de cette étude sont capables de reconnaître les coudes incongruents avec un raccourcissement de 2 mm, ce qui est plus vraisemblable et déjà décrit [Wind *et Packard*, 1986].

Des études *in vitro* supplémentaires permettraient de préciser le potentiel de la radiologie dans le diagnostic de cette affection et de définir l'influence de la position du faisceau radiologique par rapport au coude dans l'apparence des articulations incongruentes.

La détection de cette incongruence permettrait d'abord d'établir un diagnostic précoce de la maladie et ensuite de traiter la cause et non seulement les conséquences, lors du choix d'un traitement. En effet, plusieurs études tendent à montrer que l'ostectomie proximale dynamique de l'ulna donne de meilleurs résultats dans le traitement de la FPCM que la seule exérèse du fragment provenant du coronoïde [Thomson *et al.*, 1995 ; Bardet *et Bureau*, 1996 ; Ness, 1998]. Ainsi, une ostectomie préventive de l'ulna pourrait être envisagée sur des coudes incongruents avant même l'apparition d'une FPCM.

2.7 Conclusion

Cette étude semble confirmer l'hypothèse selon laquelle l'incongruence du coude serait impliquée dans la pathogénie de la FPCM. Il se peut qu'un seul et même type

d'incongruence existe, mais qu'il apparaisse différemment à la radiologie pour des raisons non encore élucidées. Reste qu'une des caractéristiques majoritairement rencontrée pour un coude incongruent est une articulation huméro-ulnaire en forme de croissant de lune. Le fait que le processus coronoïde soit déplacé dans une direction proximale est aussi un facteur prédisposant à la FPCM et peut être facilement reconnu sur une radiographie par la mise en évidence d'une "marche d'escalier". Il est donc important de reconnaître l'incongruence du coude en radiologie afin de conforter une suspicion de FPCM et de guider le traitement chirurgical : une vue médiolaterale centrée sur le condyle huméral avec un coude ouvert à au moins 90° est nécessaire dans ce cas. Il reste aussi utile de détecter de façon précoce les chiens de certaines races prédisposées avant l'apparition d'arthrose soit autour de 6 mois. Cependant, une inconnue demeure en ce qui concerne le degré d'incongruence décelable par la radiologie et d'autres études seront donc nécessaires.

2.8 Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Mr Maxim Moreau pour l'analyse statistique des résultats.



Photo 1: Radiographie médiolatérale d'un coude normal de chien: les articulations huméro-ulnaire et huméro-radiale sont symétriques, alignées et forment un arc de cercle. Le processus coronoïde médial (PCM) est bien défini (flèche noire).



Photo 2: Radiographie médiolatérale d'un coude de chien souffrant de FPCM: Incongruence huméro-ulnaire en croissant de lune aminci dans sa portion proximale. Elargissement de l'articulation huméro-ulnaire dans sa portion moyenne (flèche noire) et perte de définition du PCM, qui suggère une fragmentation de ce dernier.



Photo 3: Radiographie médiolatérale d'un coude de chien souffrant de FPCM: Incongruence huméro-ulnaire en croissant de lune élargi dans sa portion moyenne et proximale. Déplacement proximal du processus coronoïde latéral (flèche noire) par rapport à la tête du radius. Un petit fragment provient du PCM (tête de flèche blanche).



Photo 4: Radiographie médiolatérale d'un coude de chien souffrant de FPCM: Coude incongruent sans qu'il soit possible de reconnaître une AHU en croissant de lune ; celle-ci est asymétrique tout comme l'AHR. Une marche d'escalier est évidente (flèche noire).

Chapitre 3: Méthodologie

3.1 Sujets d'étude

Cinq membres thoraciques gauches provenant de cinq cadavres de chiens (adultes et sans aucune évidence d'OA au niveau du coude) de plus de 20 kilogrammes, euthanasiés pour une autre raison que celle de l'étude, sont utilisés.

3.2 Protocole chirurgical

Après une approche craniomédiale du radius, le ligament interosseux est incisé complètement. Deux tiges de 3/32^{ème} (1 simple et 1 à filetage positif) sont insérées dans la partie proximale et dans la partie distale du radius. Au moins une des tiges distales est engagée dans l'ulna pour éviter le déplacement proximal de la portion distale du radius lors de son raccourcissement.

Un appareil de fixation externe, unilatéral et uniplanaire avec moteur de distraction sur la barre de connexion, est mis en place sur la surface craniale du radius. Le raccourcissement du radius est rendu possible grâce au filetage de la barre de connexion et au moteur.

Deux tiges sont insérées perpendiculairement à l'axe de membre, une placée dans la partie proximale de l'humérus, l'autre dans le carpe, et reliées à une barre de connexion. Ce dispositif a pour but de maintenir le coude fléchi à un angle donné. Un trou est foré dans la portion proximale et caudale de l'olécrâne. Une ostectomie du radius est pratiquée à l'aide d'une scie fil entre les tiges distales et proximales. Un morceau de 1 cm d'os est retiré au niveau de la moitié de la diaphyse.

3.3 Protocole radiologique

Le coude est d'abord fléchi à 90°. Le dispositif est placé sous une planche de plexiglas quadrillée (carrés de 3 cm) de façon à ce que la ligne du quadrillage perpendiculaire à l'axe du membre et passant par le condyle huméral soit la bissectrice de l'angle donné au coude. Le plexiglas est une matière radiotransparente qui ne nuira pas à l'examen radiologique.

Le coude est placé en parfaite position médiolatérale à l'aide de la fluoroscopie et une première radiographie est réalisée alors que le faisceau de rayon X est centré directement sur le centre de la portion médiale du condyle huméral. En se fiant au quadrillage, une radiographie est prise avec le faisceau centré 3 cm cranialement au coude, 3 cm cranioproximement, 3 cm craniodistalement, 3 cm caudalement, 3 cm caudoproximement, 3 cm caudodistalement, 3 cm distalement et 3 cm proximement. Un cliché supplémentaire est effectué en centrant le faisceau sur l'épaule. La même procédure est répétée avec le coude fléchi à 135°.

Un fil de nylon (fil de pêche 200 lb test) est ensuite passé dans le trou perforé dans l'olécrâne avec les deux chefs (un médial et un latéral au coude) dirigés cranialement au coude et attachés à un tensiomètre. Avec le coude à 135° et les extrémités du membre bien fixées à la table, une tension de 5 kg est appliquée cranialement pour simuler une mise en charge du coude (Photo 5). Une radiographie en projection médiolatérale avec le faisceau centré sur l'articulation est alors prise. Vingt et un clichés radiologiques sont ainsi effectués pour le coude normal.

Le radius est ensuite successivement raccourci de 1 mm, puis 2 mm, puis 3 mm; le raccourcissement réalisé mm par mm est vérifié par mesure directe. Le même protocole

radiologique est appliqué pour chacun des niveaux de raccourcissement, soit 84 radiographies par coude.

Le même protocole est répété pour chacun des membres soit 460 radiographies qui sont toutes numériques.

3.4 Lecture

Les radiographies des coudes normaux sont dupliquées afin de rééquilibrer les populations. En effet, il y a un grand nombre de radiographies de coudes incongruents. Il y a donc pour chaque coude 42 radiographies normales et 63 radiographies avec une incongruence.

Les radiographies des cinq coudes (525 en tout) sont compilées sur un disque compact et sont évaluées de manière aléatoire et indépendante par trois radiologistes qui ne connaissent pas le statut du raccourcissement du radius (le site d'ostectomie est caché par collimation numérique). Les radiologistes doivent déterminer si le coude est normal, incongruent ou douteux sur la base de critères spécifiques désignés par des lettres ou des chiffres (cf annexe 1).

La lecture est répétée une deuxième fois, 2 semaines après la première interprétation. Les résultats sont compilés sur un tableau numéroté où chaque numéro correspond au code d'une radiographie (cf annexe 2).

3.5 Analyses statistiques

Les résultats des deux interprétations sont regroupés pour l'analyse, soit 3150 données. Les coudes douteux sont considérés comme incongruents afin de renforcer la spécificité de l'étude vu que les radiologistes savent qu'ils recherchent des coudes incongruents.

La spécificité est définie comme le nombre de coudes qualifiés congruents divisé par 20 et exprimée en pourcent. La sensibilité est définie comme le nombre de coudes qualifiés incongruents divisé par 10 et exprimée en pourcent. Les spécificités et sensibilités sont calculées pour chaque évaluateur, chaque angle, chaque position du faisceau radiologique et pour les vues avec simulation d'une mise en charge à chaque niveau d'incongruence.

Les clichés réalisés avec la simulation de mise en charge sont traités à part dans l'analyse et comparés uniquement aux clichés sans mise en charge, réalisés avec le même angle et la même position du faisceau radiologique.

La comparaison entre les médianes des sensibilités et des spécificités est réalisée en utilisant une ANOVA à une voie de Kruskal-Wallis. Quand des différences significatives apparaissent, le test Z de Kruskal-Wallis est utilisé pour cibler la médiane qui diffère. Dans certains cas les médianes sont comparées avec un test de la somme des rangs de Wilcoxon. La correction de Bonferroni est utilisée pour les comparaisons multiples. Les probabilités inférieures à 0.05 sont considérées significatives.

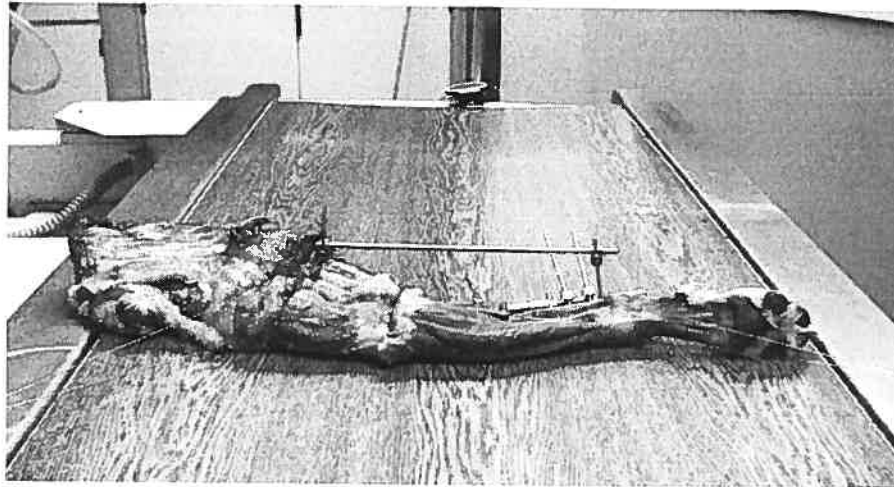


Photo 5 : Système de simulation de mise en charge. Chaque extrémité du membre est fixée à la table de radiologie par des fils de nylon. Un troisième fil passe par l'olécrane et est attaché à un tensiomètre. Le coude est fléchi à 135° à l'aide de la barre de connexion au dessus de celui-ci. En reculant la table, une charge de 5 kg est appliquée au coude.

Chapitre 4: Article II: Sensitivity and specificity of radiology for the detection of canine elbow incongruence in an *in vitro* model

Laurent Blond, DVM, Jacques Dupuis, DVM, MS, DACVS, Guy Beauregard, DVM, Luc Breton, DVM, MS, Maxim Moreau, BSc, MS.

From the department of Clinical Sciences, Sections of Radiology (Blond, Breton, Beauregard) and Surgery (Dupuis, Moreau), Faculty of Veterinary Medicine, University of Montreal, 3200 Sicotte, Saint Hyacinthe, Quebec, Canada J2S 6L1.

Article soumis pour publication dans le journal *Veterinary Radiology & Ultrasound*

4.1 Abstract

Canine elbow incongruence is believed to be the consequence of an underdevelopment of the radius. For economical and practical reasons, radiology is the primary diagnostic tool. The purpose of this study is to determine the sensitivity and specificity of radiology to detect elbow incongruence in an *in vitro* model and to assess the optimal elbow angle and radiographic beam position. Five normal cadaveric canine left forelimbs were used. A four-pin, type 1 external fixator with a linear motor side bar was fixed to the cranial part of the radius of each limb and a 1 cm segment of bone was removed from the mid-diaphysis to allow radial shortening. Each elbow was submitted to the same protocol. They were radiographed at 2 different angles (90° and 135°) of flexion, with 10 different radiographic beam positions (centered on the humeral condyle, 3 cm cranial, 3 cm caudal, 3 cm distal, 3 cm proximal, 3 cm cranio-proximal, 3 cm cranio-distal, 3 cm caudo-proximal, 3 cm caudo-distal and on the shoulder joint) and at 4 different level of radial shortening (0, 1, 2 and 3 mm). In addition, a radiographic view centered on the elbows flexed at 135° was taken after simulating weight bearing. The acquired digital images were independently evaluated by 3 evaluators unaware of the elbows status. The elbows were judged normal, incongruent or borderline based on specific criteria. The sensitivity for detection of elbow incongruence at, and beyond 2 mm was excellent at 90° (median = 100% for all views) and good at 135° (med = 80%) of flexion with no difference between examiners. The sensitivity at 1 mm of incongruence was unchanged at 135° but was reduced at 90° of flexion (med = 60%) with a significant difference between the evaluators. The specificity was significantly different between the evaluators and ranged from 70% to 90% at 90° of flexion and from 50% to 80% at 135°. The lowest specificities at 90° were obtained with the proximal displacements of the X-ray beam. Simulating weight bearing significantly decreased the sensitivity at 1 mm (from 80% to 50%) and 3 mm (from 100% to 80%) of incongruence and slightly increased the specificity (from 55% to 65%). Radiology is a sensitive and specific test to detect moderate to severe radio-ulnar

incongruence (2 mm and over) if the elbow is flexed at a 90° angle regardless of the radiographic beam position. Finally, canine elbow incongruence appeared reduced on radiograph after an *in vitro* weight bearing simulation.

4.2 Introduction

Elbow incongruence is one of the entities included in elbow dysplasia, a frequent orthopedic disease in the large and giant breeds of dog (1). Elbow incongruence was first described by Wind in 1982 from radiographs of Bernese Mountain Dogs suffering of ulnar medial coronoid process fragmentation (2). A proximal displacement of the ulnar trochlear notch, creating a step defect between the radial head and the proximal ulna and a widening of the humero-radial and humero-ulnar joint spaces were noted.

The main retained hypothesis to explain elbow incongruence is an asynchronous growth between the radius and the ulna leading to a radius being too short (3). An *in vitro* study showed that a radial shortening of 0.8 mm modified the contact areas between the surfaces in the elbow joint. The authors noted a migration of the coronoid contact area to the lateral projection of the medial coronoid process and concluded that a step may concentrate physiologic forces on the elevated lateral edge of the medial coronoid process, resulting in osteochondral fragmentation (4). Anatomic studies on dogs suffering of medial coronoid process fragmentation have confirmed the existence of a shorter radius (5). Moreover, the high frequency of kissing lesions involving the medial condyle of the humerus and the apposing articular surface of the medial coronoid process of the ulna supports a common pathogenesis that is best explained by asynchronous growth of the radius and ulna as was observed by Wind. This abnormal growth may have different causes: congenital and hereditary (6), nutritional (7) or traumatic (8). The surgical correction of incongruence improves the long term results in the treatment of coronoid process fragmentation (9, 10). Dynamically stabilized ulnar ostectomy proximal to the radio-ulnar ligament restores contact patterns between the articular surfaces *in vitro*, after a

radius shortening of 1.6 mm (4). The early detection of this anomaly could therefore improve the treatment of the disease and prevent osteoarthritis.

Since radiology is a readily available and inexpensive diagnostic tool, it is the most used imaging modality in the evaluation of the elbow. Elbow congruence is best assessed via a flexed 90° medio-lateral (ML) radiographic view (11). The normal elbow on this view is characterized by a symmetrical joint space between the humerus, the radius and the ulna creating a perfect continuous semi-circular arch.

Elbow incongruence can be appreciated on radiographs, but the minimal detectable step defect between the radius and ulna remains uncertain. A recent study based on an *in vitro* model demonstrated that the degree of radial shortening required for each radiologist to achieve a sensitivity of 90% ranged from 1.5 mm to greater than 4 mm (12). The radiologists were asked to evaluate whether the joint was normal or not and if there was evidence of radio-ulnar incongruence. This important in-between examiners difference may be reduced if precise features of incongruence, considering all joint spaces, are included in the evaluation protocol of the elbow. In a recent retrospective study made from 121 elbows suffering of fragmented medial coronoid process, 113 (93.4 %) showed signs of incongruence on a ML view (13). The authors of this study used precise criterions to evaluate each articular space and recognize the incongruent elbows.

Several elbow angles and beam positions have been advocated as permitting a better evaluation of the elbow incongruence but none were scientifically challenged (1, 14). Finally, the interactions between the multiple joint surfaces in an elbow are complex. The effects of weight bearing on the dynamics of the elbow and the subsequent changes in the radiographic appearance of these joint surfaces have not been evaluated (12).

The objectives of this study were first to evaluate the influence of the elbow angle and of the beam position on the radiographic recognition of the elbow incongruence; second, to determine the minimal degree of incongruence that can be detected on radiographs with a good sensitivity and specificity and third, to evaluate the effect of a weight bearing simulation on the radiographic detection of elbow incongruence.

4.3 Material and methods

Five normal left forelimbs from adult canine cadavers weighting more than 20 kg were used. These dogs had radiographic normal elbows without any sign of osteoarthritis. Dogs were euthanatized for reasons unrelated to this study. The entire limbs, including the scapula, were harvested. A type 1 external fixator was placed on the cranial aspect of the radius of each limb. Two pins were fixed in the proximal radius and two in the distal radius. At least one of the distal pins was seated in the ulna to avoid a proximal displacement of the distal radius. The inter-osseous ligament was cut. A hole was drilled in the olecranon. A segment of bone of 1 cm was removed from the radial diaphysis between the distal and proximal pins. Shortening of the radius was realized with a motor installed on the connection bare (Figure 1). An additional bare connecting 2 pins fixed perpendicularly to the sagittal plan of the limb, one in the carpus and the other in the proximal humerus, allowed to immobilize the elbow in the desired angle of flexion (90° or 135°) (Figure 1).

Each elbow was placed in a perfect ML position flexed at 90° under a transparent plastic template with marks placed 3 cm cranially to the elbow, 3 cm cranio-proximally, 3 cm cranio-distally, 3 cm caudally, 3 cm caudo-proximally, 3 cm caudo-distally, 3 cm distally and 3 cm proximally. A first radiograph was taken with the X-ray beam centered directly on the humeral condyle (Figure 2). Then, the beam was centered on each mark. A final radiograph was taken with the beam centered on the shoulder joint. The same protocol was repeated with the elbow flexed at 135° (angle of the elbow during the midstance phase of the gait cycle (15)) (Figure 3).

The limb was then stabilized on the radiographic table at this same angle of flexion and, to simulate weight bearing, the elbow was pulled cranially with a load of 5 kilograms via a nylon thread inserted in the olecranon and attached to a load measurer. A ML view with the beam centered on the joint was then taken for a total of 21 views.

The radius was then shortened progressively from 1 mm to 3 mm and the same radiographic protocol was repeated for each level of shortening. All images were obtained using a computerized radiography system.

Radiographs made from normal length of the radius were duplicated in order to increase the population of congruent elbows. For each elbow, 42 congruent and 63 incongruent radiographs were analyzed. All computerized radiographs were cropped so only the elbow could be visible during the evaluation. Each radiograph was assigned a number generated by a computer.

The interpretation of the 525 radiographs was done blindly by 3 independent evaluators. The evaluation was repeated 2 weeks later by each evaluator. They were asked to determine the status of each elbow, normal or incongruent. An elbow was called incongruent when at least one of the 3 following criteria was noted (Figure 4 and 5): a widened humero-ulnar joint space (noted 1) and or a radio-ulnar step defect (noted 2) and or an asymmetric humero-radial joint space (noted 3). When none of these criteria could be clearly identified but some doubts remained, the elbow was ruled as being borderline.

For analysis, borderline cases were considered incongruent to reinforce the specificity as the evaluators knew they were looking for incongruent elbows. Borderline elbows were in minority (106). The results of the two series of interpretation were grouped and analyzed together (3150 data). The specificity and sensitivity were calculated for each

evaluator, each angle of flexion, each radiographic beam position and for the elbows submitted to a weight bearing simulation at each level of incongruence. For each of the 21 views, 20 congruent and 10 incongruent radiographs per level of radial shortening were interpreted. The specificity was defined as the number of congruent interpretations divided by 20. The sensitivity was defined as the number of incongruent interpretations divided by 10. Specificity and sensitivity were expressed in percent. For statistical purposes, the medians of the sensitivities and the specificities were compared using Kruskal-Wallis one way ANOVA. When significance was reached, the Kruskal-Wallis Z test procedure adjusted according to Bonferroni's correction was then used to pinpoint which median was different. A *p* value of less than 0.05 was considered significant.

4.4 Results

The medians of the sensitivities and specificities of each evaluator for each angle of flexion are summarized in tables 1 and 2. The best specificity for each evaluator was obtained at 90°. The difference of specificity between evaluators at this angle was mild and ranked from 70% to 90% (median = 80%). The lowest specificities at 90° of flexion were obtained with the radiographic beam positioned proximally to the medial epicondyle excluding the shoulder joint position (Table 3).

With 3 mm of incongruence, the median sensitivity was 100% for each evaluator, each angle of flexion and each beam position. With 2 mm of incongruence, the sensitivity was excellent at 90° of flexion (median = 100% for all views) and good at 135° (median = 80%) of flexion with no significant difference between examiners. The sensitivity at 1 mm of incongruence was unchanged at 135° but was reduced at 90° of flexion (median = 60%) with a significant difference between the evaluators. For this angle, the most accurate views with a median sensitivity of 80% and a median specificity of 85% were the ones with the radiographic beam positioned caudally of the medial epicondyle and on the shoulder joint (Table 3).

With the radiographic beam centered on the elbow flexed at 135°, the specificity was increased from 55% to 65% after a weight bearing load was applied (stress). The sensitivity was dramatically decreased from 80% to 50% and from 100% to 80% at 1 mm and 3 mm of incongruence respectively (Table 4).

The proportion of each specific criterion used to evaluate the elbows in regards to their status is summarized in table 5. Around 80% of the elbows with an incongruence of 2 mm were diagnosed with an association of at least a radio-ulnar step and a humero-ulnar widening. This percentage increased at 3 mm of incongruence with the majority of the diagnoses including the 3 criterion. Number of borderline and false negative cases decreased as the level of incongruence increased.

4.5 Discussion

In this study the best specificity for all evaluators was observed with the elbow flexed at 90°. This result is in agreement with a previous study which showed that the best radiographic view to evaluate a congruent elbow is a flexed 90° ML view centered on the humeral epicondyle (11). The recognition of normal elbows was only affected when the radiographic beam was centered proximally, except on the shoulder joint. This was previously observed by Wind as she stated that a congruent elbow could not be made to appear incongruent if radiographed with the beam centered on the radius (16). The difference in specificity between evaluators, even if mild, may be associated with the subjective aspect of the evaluation although specific criteria were established. The evaluators with the lowest specificity may have placed too much emphasis on discreet and non significant signs of elbow incongruence knowing that they were looking for incongruent elbows. Interestingly, the best specificity was obtained by the most experienced evaluator (A) suggesting that the experience may influence the recognition of normal elbows.

The lowest specificity was observed at 135°. It may be explained by a physiological humero-ulnar incongruence of the elbow at this angle. A study, based on an *in vitro* model, reported a lack of contact between the medial aspect of the anconeal process and the central position of the ulnar trochlear notch in normal dogs suggesting a physiologic incongruence of the humero-ulnar joint (17). This is believed to be a mechanism of adaptation to high loading to better compensate the pressure reducing stress in all tissues of the joint (18). This physiological incongruence can appear as a slight widening of the humero-ulnar joint space in the center of the ulnar trochlear notch and be falsely interpreted on radiographs as a sign of incongruence (16).

The sensitivity was excellent at 3 mm of incongruence, regardless of the beam position, the elbow angle of flexion or the evaluator. At 2 mm, the sensitivity was excellent for all evaluators with the elbow flexed at a 90° angle. Wind reported, based on radiographic and gross appearance of 255 elbows with dysplasia, that the degree of incongruence between the distal edge of the ulnar trochlear notch and the radial head was 3 mm at the most (3). A step defect of 2 mm was frequently observed in elbows with medial coronoid process fragmentation (16, 5). In a previous study, a variation greater than 2 mm between the length of the left and right radius of dogs with medial coronoid process fragmentation was considered a significant factor in the decision to treat the condition with a sliding osteotomy of the proximal ulna (9). Therefore a radius length deficit of 2 mm or more seems to create elbow incongruence susceptible to damage the medial coronoid process. Based on the results of this study, radiology is sensitive enough to identify such incongruence and might be used for therapeutic planning.

In a similarly designed study, three of four radiologists were able to detect a step defect of 2 mm or less with a sensitivity of 90%. The fourth radiologist needed a step defect greater than 4 mm to achieve such sensitivity. This led the authors to conclude that standard

radiology had a poor sensitivity and specificity for detection of canine elbow incongruence (12). In that study, the radiologists had to assess if the joint was normal or not and if there was a detectable step defect between the radius and the ulna. They did not specifically evaluate the humero-ulnar and humero-radial joint spaces. The improved sensitivity of the present study may be due to the specific criteria used in the evaluation. A step defect was not always observed on the incongruent elbows. Other features are thus useful to identify elbows with incongruence. Nevertheless, a majority of elbows with an incongruence of 2 mm and more were diagnosed with at least an association of a radio-ulnar step and a humero-ulnar joint space widening.

A widening of the humero-ulnar space is a frequent radiographic feature of elbow incongruence (2, 13, 19). It is possibly a particular type of incongruence known as ulnar trochlear notch dysplasia. It was hypothesized that elbow joint incongruence and subsequent medial coronoid process fragmentation in heavier breeds may result in part from an ulnar trochlear notch too elliptic in shape to fully encompass a heavier and larger humeral trochlea (3). A recent study compared the radius of curvature along the ulnar trochlear notch of Rottweillers and Greyhounds. Although significant differences were identified between both breeds, an association between these differences and the cause of a fragmented coronoid process in Rottweillers was not established (20). This humero-ulnar joint widening was the single most frequently observed sign on elbows with a shortened radius. Therefore, even when a radio-ulnar step defect is not visible on a radiograph, a humero-ulnar widening may be indicative of an elbow incongruence caused by a radius too short. The widening of this joint space may be explained by the ulnar trochlear notch sliding backward due to an excessive pressure between the humerus and the coronoid process.

Radiology was not sensitive at 1 mm of incongruence at 90° of flexion which is in agreement with another study (12). Preston and al. demonstrated that a radius shortening of 0.8 mm was sufficient to increase the contact area between the medial coronoid process and

the humeral condyle (4). The consequences of this on the cartilage of the elbow joints are unknown. The lack of sensitivity of radiology for discreet incongruence as observed in this study, may not allow for identification of these slight changes in radius length that may eventually predispose to osteoarthritis. However, some radiographic views such as the one with the beam positioned caudally to the medial epicondyle provided better sensitivity at this angle of flexion. The radiographic beam in this position may be more parallel to the humero-ulnar joint than the one centered directly on the medial epicondyle. If so, this allows a better definition of the humero-ulnar joint space. When perfectly centered on the elbow, the radiographic beam is more parallel to the humero-radial joint (12).

The approximate angle at which the elbow is held during a routine radiographic exam of the shoulder joint is 135° . The view centered on the shoulder joint had a good sensitivity but a poor specificity at this angle. This distant beam position creates an important distortion that may mimic elbow incongruence. Interpretation of elbow incongruence on a shoulder radiograph should be avoided because of the increased probability of a false positive diagnosis.

The different beam positions evaluated in this study were done to determine the effect of slightly miscentering the radiographic beam during an elbow evaluation. The various beam positions centered around the joint did not influence the interpretation of incongruence. Only when exaggerating the distance from the center of the humeral condyle did the evaluation change as seen with the views centered on the shoulder joint.

All elbows were disarticulated after completion of the study to verify that a step had been created between the radius and the ulnar trochlear notch. The magnitude of the step defect observed was proportional to the degree of radial shortening. Our model reliably created the type of incongruence expected. The step defect created was consistently identified on radiographs at 2 mm and more of radial shortening. Nevertheless, the acute

shortening of the radius used in the design of this study does not reproduce the gradual alterations undergone by the soft tissues and the bone structures in an *in vivo* situation. The results obtained with this *in vitro* model may differ from the ones of an *in vivo* model.

The weight bearing simulation modified the radiographic appearance of the joint spaces. It increased the specificity and decreased the sensitivity of the radiographic evaluation particularly in minimally incongruent elbows. This could be the result of a decrease of the incongruence under loading (Figure 6). If so, performing the exam in a standing position may modify our interpretation of incongruence. The force applied on the coronoid process by the humerus may displace the ulnar trochlear notch caudally and distally therefore reducing the step defect, particularly if minimal. However, the technique used in this study to simulate weight bearing did not replicate the *in vivo* forces applied to the joints. This simulation may have force the ulna against the humerus consequently reducing the humero-ulnar incongruence without really reproducing the forces exercised physiologically by the triceps muscle in an *in vivo* situation. An *in vivo* study would be necessary to determine the usefulness of a weight bearing radiographic evaluation.

Other modalities like CT scan, a valuable diagnostic tool for elbow disease (21, 22), may improve detection of incongruence but remains to be proven and need to be investigated.

4.6 Conclusion

This study concluded that radiology is a sensitive and specific test to detect moderate to severe radio-ulnar incongruence (2 mm and over) on an *in vitro* model. For the radiographic examination, the elbow should be flexed at a 90° angle and the radiographic beam must be positioned in the vicinity of the medial epicondyle. The most constant radiographic signs of elbow incongruence were a step defect between the radial head and the ulnar lateral coronoid process and a widening of the humero-ulnar joint space. For

discreet incongruence, radiology is less sensitive; the view with the radiographic beam positioned caudally to the medial epicondyle increased the accuracy of the detection and should be further investigated. Finally, the *in vitro* weight bearing simulation modified the appearance of the joint spaces and reduced the radiographic recognition of incongruence.

Table 1: Medians (%) of the specificities of the evaluators for all beam positions (BP) and angles of flexion, and for all BP at 90° and 135°.

Evaluators	All BP & angles [‡]	90° [€]	135° [‡]
All: (ABC)	70	80 [§]	57.5
A	80	90 [§]	77.5
B	62.5	80 [§]	50
C	62.5	70 [§]	55

[‡] A ≠ B = C ≠ A
[€] A = B = C ≠ A
[§] 90° ≠ 135°
 ≠ Significantly different (P<0.05)
 = Not significantly different

Table 2: Medians (%) of sensitivities of the evaluators for each level of incongruence, all BP and angles, all BP at 90° and 135°.

Evaluators	Level 1 mm			Level 2 mm			Level 3 mm		
	All BP & angles [‡]	90°	135°	All BP & angles	90°	135°	All BP & angles	90°	135°
ABC	80 [*]	70 ^{§**}	80 ^{§***}	100	100 [§]	80	100	100 [§]	100
A	75 ^{**}	60 ^{§***}	80 ^{§***}	100	100 [§]	80	100	100 [§]	100
B	70 ^{**}	65 ^{§***}	80 ^{§***}	95	100 [§]	80	100	100	100
C	80 ^{**}	80 ^{**}	80 ^{§***}	100	100 [§]	90	100	100	100

[‡] A=B≠C≠A
^{*} Level 1 mm ≠ Level 2 mm ≠ Level 3 mm ≠ Level 1 mm
^{**} Level 1 mm ≠ Level 2 mm = Level 3 mm ≠ Level 1 mm
^{***} Level 1 mm = Level 2 mm ≠ Level 3 mm ≠ Level 1 mm
[§] 90°≠135°
 ≠ Significantly different (P<0.05)
 = Not significantly different

Table 3: Medians (%) of the specificities and the sensitivities of all the evaluators at 1 mm of incongruence depending of the BP at 90° of flexion.

Views	90°	
	Sensitivity	Specificity
Cranio-proximal	90	70
Caudal	80	85
Shoulder	80	85
Centered	70	80
Proximal	70	75
Caudo-proximal	60	70
Cranial	60	90
Cranio-distal	60	80
Distal	60	85
Caudo-distal	50	80
<i>Median of all BP</i>	65	80

Table 4: Medians (%) of the specificities and the sensitivities of the evaluators for each level of incongruence with and without weight bearing simulation (WBS) at 135°.

Evaluators	Without WBS				WithWBS			
	Specificity	Sensitivity by level			Specificity	Sensitivity by level		
		1 mm	2 mm	3 mm		1 mm	2 mm	3 mm
ABC	55	80	80	100	65	50	80	80
A	65	100	80	100	80	50	80	80
B	55	80	80	90	65	50	90	90
C	55	80	90	100	65	80	80	80

Table 5: Proportions of each specific criterion of evaluation attributed to each elbow status.

Elbows	Criterion ^y								
	Normal	1	2	3	1,2	1,3	1,2,3	2,3	Borderline
Congruent	862	95	58	1	59	21	92	16	56
Incongruent:									
Level 1 mm	165	83	19	19	189	29	85	7	34
Level 2 mm	50	54	5	1	235	14	260	0	11
Level 3 mm	13	40	4	1	221	13	333	0	5

^y1: humero-ulnar widening, 2: radio-ulnar step, 3: asymmetric humero-radial joint.

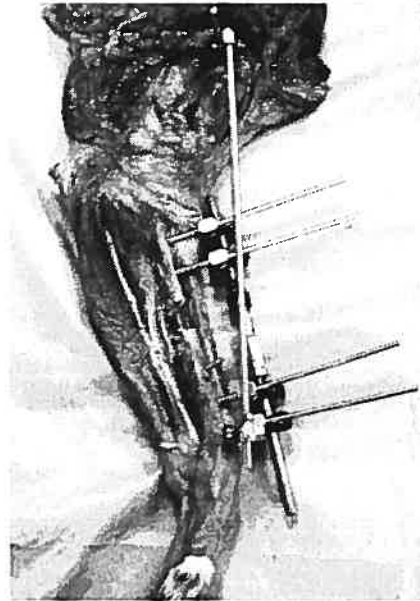


Figure 1: In vitro canine forelimb model prepared with radial osteotomy and external fixator with motor for radial shortening. Note the connection bare that maintains the elbow flexed in the desired angle (90° or 135°).

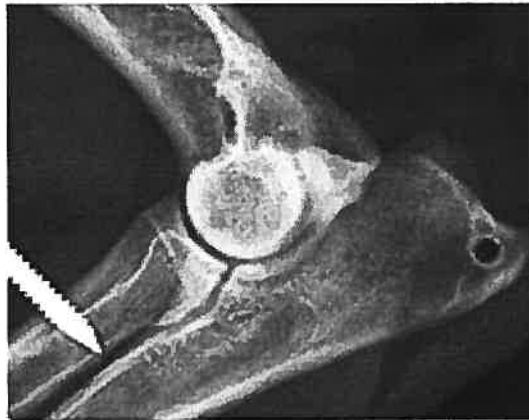


Figure 2: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 90° . Note the symmetrical joint spaces between the humerus, the radius and the ulna creating a perfect continuous semi-circular arch.



Figure 3: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 135°.



Figure 4: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 90° after 2mm of radial shortening. A humero-ulnar widening, a radio-ulnar step and a minimally asymmetric humero-radial joint are visible.



Figure 5: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 135° after 2mm of radial shortening. A humero-ulnar widening, a radio-ulnar step and a minimally asymmetric humero-radial joint are visible.



Figure 6: ML view centered on the humeral condyle of elbow number 1 angled at 135° after 2mm of radial shortening and weight bearing simulation. Compared to figure 5, the features of incongruence are less obvious, particularly concerning the step defect.

4.7 References

- 1) Wind AP. Elbow dysplasia. In: Slatter D. Textbook of small animal surgery. 2nd ed. Vol 2. Philadelphia. WB Saunder. 1993:1966-1977.
- 2) Wind AP. Incidence and radiographic appearance of fragmented coronoid process. *Calif Vet* 1982:19-25.
- 3) Wind AP, Packard ME. Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog: part II. *J Am Anim Hosp Assoc* 1986; 26:725-730.
- 4) Preston CA, Schulz KS, Taylor KT, Kass PH, Hagan CE, Stover SM. *In vitro* experimental study of the effect of radial shortening and ulnar ostectomy on contact patterns in the elbow joint of dogs. *Am J Vet Res* 2001; 62:1548-1556.
- 5) Trostel CT, MacLaughlin RM, Pool RR. Canine elbow dysplasia: anatomy and pathogenesis. *Comp Cont Edu Pract Vet* 2003; 25:754-761.
- 6) Ubbink GJ, Hazenwinkel HAW, van de Broek J et al. Familial clustering and risk analysis for fragmented coronoid process and elbow joint incongruity in Bernese Mountain Dogs in The Netherlands. *Am J Vet Res* 1999; 60:1082-1087.
- 7) Macpherson GC, Lewis DD, Johnson KA, Allen GS, Yovich JC. Fragmented coronoid process associated with premature distal radial physeal closure in four dogs. *Vet Comp Orthop Traum* 1992; 5:93-99.

- 8) Voorhout G, Herman A, Hazewinkel W. A radiographic study on the development of the antebrachium in Great Dane pups on different calcium intakes. *Vet Radiol Ultrasound* 1987; 28:152-157.
- 9) Thomson MJ, Robinson GM. Osteochondrosis of the elbow : a review of the pathogenesis and a new approach to treatment. *Aust Vet J* 1995; 72:375-378.
- 10) Ness MG. Treatment of fragmented coronoid process in young dogs by proximal ulnar osteotomy. *J Small Anim Pract* 1998; 39:15-18.
- 11) Murphy ST, Lewis DD, Shiroma JT, Neuwirth LA, Parker RB, Kubilis PS. Effect of radiographic positioning on interpretation of cubital joint congruity in dogs. *Am J Vet Res* 1998; 59:1351-1357.
- 12) Mason DR, Shulz KS, Samii VF et al. Sensitivity of radiographic evaluation of radio-ulnar incongruence in the dog *in vitro*. *Vet Surgery* 2002; 31:125-132.
- 13) Blond L, Breton L. Incongruence articulaire et fragmentation du processus coronoïde médial chez le chien. *Le Point Vétérinaire* 2004; 242:74-78.
- 14) Kirberger RM, Fourie SL. Elbow in the dog: pathophysiology, diagnosis and control. *J S Afr Vet Assoc* 1998; 69:43-54.
- 15) DeCamp CE, Soutas-Little RW, Hauptman J, Bari O, Braden T, Walton A. Kinematic gait analysis of the trot in healthy Greyhounds. *Am J Vet Res* 1993; 54:627-634.
- 16) Wind AP. : Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog: part I. *J Am Anim Hosp Assoc* 1986; 26:711-724.

- 17) Preston CA, Schulz KS, Kass PH. *In vitro* determination of contact areas in the normal elbow joint of dogs. *Am J Vet Res* 2000; 61:1315-1320.
- 18) Maierl J, Hecht S, Böttcher P, Matis U, Liebich HG. New aspects of the functional anatomy of the canine elbow joint. Proceedings of the 10th ESVOT Congress, Munich, 2000:90.
- 19) Boulay JP. Fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog. *Vet Clin N Am. Small Anim Pract* 1998; 28:51-74.
- 20) Collins KE, Cross AR, Lewis DD, Zapata JL, Goett SD, Newell SM, Rapoff AJ. Comparison of the radius curvature of the ulnar trochlear notch of Rottweiller and Greyhound. *Am J Vet Res* 2001; 62:968-973.
- 21) Reicle JK, Park RD, Bahr AM. Computed tomographic findings of dogs with cubital joint lameness. *Vet Radiol Ultrasound* 2000; 41:125-130.
- 22) Rovesti GL, Biasibetti M, Shumacher A, Fabiani M. The use of the computed tomography in the diagnostic protocol of the elbow in the dog: 24 joints. *Vet Comp Orthop Traum* 2002; 1:35-43.

Chapitre 5: Discussion

5.1 Objectifs de l'étude

Le premier but de cette étude était d'évaluer si la radiologie est un outil fiable pour la détection de l'IC. En effet, de par l'expérience clinique acquise à la Faculté de médecine vétérinaire de Saint Hyacinthe, cette pathologie orthopédique est fréquente chez le chien. Pourtant, bien que décrite depuis une vingtaine d'année, l'IC est souvent méconnue des vétérinaires et de nombreuses questions subsistent en ce qui concerne sa pathophysiologie et ses conséquences. La possibilité qu'il existe même plusieurs types d'IC à l'origine de diverses entités de la dysplasie du coude est encore d'actualité. Suite à de nombreuses observations histopathologiques et radiologiques, le type d'IC le plus probable serait la conséquence d'un déficit en longueur du radius. Ce déficit est à l'origine d'un élargissement anormal des espaces articulaires huméro-ulnaire et huméro-radiale et d'un décalage entre la tête du radius et la partie distale de l'incisure trochléaire ulnaire donnant un effet de «marche d'escalier». Les contacts au niveau des surfaces articulaires sont donc modifiés, surtout entre le PCM et la portion médiale du condyle huméral, ce qui a été observé *in vitro*.

Les premières descriptions de l'IC ont été faites à partir de radiographie de coudes en projection latérale. Il a été déterminé par la suite que la projection ML avec le coude fléchi à 90° et le faisceau radiologique centré sur le coude donne la meilleur évaluation du coude normal. Pourtant, peu d'études ont vraiment cherché à savoir quelle était la meilleure façon de diagnostiquer l'IC à l'aide de la radiologie ni quelle en était la capacité. Plusieurs niveaux d'IC détectables ont été suggérés sur la base d'observations histologiques ou de simples suppositions et beaucoup s'accordent à dire que le défaut de croissance du radius minimal entraînant des conséquences cliniques est de 2 mm. Cependant, Preston en 2001 a établi qu'un raccourcissement du radius de 0.8 mm ou 1.6 mm suffisait à modifier les surfaces articulaires du coude. Cette étude *in vitro* ne peut toutefois pas prédire les

conséquences *in vivo* de tels niveaux d'IC. La radiologie est-elle capable de les détecter? Une étude ayant aussi raccourci le radius *in vitro* de 1.5 mm à 4 mm a conclu que la radiologie n'était pas fiable pour détecter une telle incongruence et qu'elle ne devrait en aucun cas servir à orienter le traitement. Pourtant, deux des radiologistes de cette étude avaient une sensibilité de 90% pour détecter une IC de 1.5 mm [Mason *et al.*, 2002]. Dans l'étude rétrospective présentée au chapitre 2, les auteurs ont diagnostiqué un grand nombre de coudes incongruents sur des radiographies issues d'une population de chiens atteints de FPCM. Pour leur interprétation, ils utilisaient des critères spécifiques à l'ensemble des espaces articulaires ce qui a certainement accru leur sensibilité. Il apparaissait donc nécessaire d'explorer davantage la fiabilité de la radiologie pour le diagnostic de l'IC sur un modèle avec des niveaux d'incongruence connus. Cet outil diagnostique est en effet disponible dans la plupart des cliniques vétérinaires, l'examen est facile à réaliser, non invasif, rapide et peu coûteux. La radiologie permettrait donc au praticien de détecter de façon précoce des problèmes d'IC et ainsi de renseigner au mieux son client sur les traitements éventuels et de prévenir l'apparition d'OA. D'autant plus que la correction chirurgicale de cette incongruence par ostéotomie de l'ulna semble donner les meilleurs résultats à long terme [Thomson *et al.*, 1995 ; Bardet *et Bureau*, 1996 ; Ness, 1998].

Il semblait utile aussi de déterminer l'influence du degré de flexion du membre ainsi que de la direction du faisceau radiologique sur l'évaluation de l'IC afin de cibler le type d'examen idéal et de déterminer les sources éventuelles d'erreur d'interprétation.

Enfin, les études sur les surfaces articulaires de contact du coude ont été réalisées en dynamique. L'aspect dynamique de l'IC apparaissait donc important à prendre en compte lors de l'évaluation radiologique. Il était pertinent de prendre des clichés du modèle lors d'une simulation de mise en charge pour évaluer l'influence de cette dernière sur le diagnostic de l'IC.

5.2 Choix de la méthodologie

Pour le modèle d'IC, il a été choisi de raccourcir le radius de membres de cadavres de chiens de 20 kg au moins. Ce gabarit de chien correspond plus au type de races prédisposées. Preston avait utilisé une plaque DCP à 9 trous pour le raccourcissement du radius mais avait conseillé d'utiliser un fixateur externe [Preston *et al.*, 2001]. C'est ce qui a été fait à l'aide d'un fixateur uniplaire et unilatéral. Composé de 4 tiges et d'une barre de connexion munie d'un moteur mécanique, il permet le rapprochement des tiges distales et proximales et donc le raccourcissement du radius après ostectomie d'une partie de la diaphyse. De façon intéressante, le même type de modèle a aussi été utilisé dans l'étude de Mason (2002) alors que ce projet était en oeuvre, preuve supplémentaire qu'il est efficace. Chaque coude a été disséqué après l'étude afin de confirmer qu'un écart avait bien été créé entre le rebord de la surface articulaire de la tête du radius et celui de la portion distale de l'incisure trochléaire ulnaire.

L'angle de 90° au niveau du coude a été choisi comme angle minimal puisqu'il permet la meilleure évaluation du coude normal [Murphy *et al.*, 1998]. L'angle de 135° a été choisi comme angle maximal puisqu'il correspond à l'angle du membre au moment de la phase moyenne du cycle de la mise en appui [DeCamp *et al.*, 1993]. Ceci a donc permis d'effectuer la simulation de mise en charge dans les conditions proches de l'appui et d'effectuer une comparaison directe avec les radiographies prises sans stress au même angle. Il n'a pas été jugé nécessaire d'évaluer le coude en flexion ou en extension complète, positions qui forcent trop les articulations et peuvent nuire à leur interprétation [Hornof *et al.*, 2000 ; Wind, 1986] .

Les niveaux d'incongruence ont été choisis en fonction de ce qui avait été décrit dans la littérature à savoir 1mm pour se rapprocher du 0.8 mm modifiant les contacts des surfaces articulaires, 2 mm qui correspond à l'écart entre la tête du radius et l'ulna souvent

rapporté sur la base d'études histologiques de coudes incongruents et 3 mm décrit par Wind comme un écart maximal. Au début, un pallier de 4 mm avait aussi été envisagé pour se rapprocher de l'étude de Mason qui venait d'être publiée mais lors d'une étude pilote, les difformités au niveau articulaire étaient tellement évidentes qu'il a été abandonné.

En ce qui concerne les positions du faisceau radiologique, un écart de 3 cm autour du coude a été choisi pour mimer le type d'erreur qui peut être fait en pratique avec un animal plus ou moins coopératif et une assistance limitée. En outre, pour des raisons économiques et de gain de temps, une bonne partie du membre est souvent incluse sur le cliché avec l'articulation, ce qui implique que le centrage ne s'est pas fait sur cette dernière. Il était donc important d'évaluer la crédibilité que l'on pouvait attribuer à de tels clichés concernant la congruence articulaire du coude. C'est aussi pourquoi un cliché centré sur l'épaule a été réalisé. De par l'expérience des auteurs, de nombreux clichés d'épaules incluant le coude sont envoyés à la Faculté de médecine vétérinaire de Saint-Hyacinthe pour évaluation. En effet, ces deux articulations sont le siège de maladies orthopédiques de développement chez le jeune chien qui peuvent être difficiles à diagnostiquer ou différencier par l'examen de boiterie et la palpation. La radiologie est donc un outil de prédilection dans ce cas et il importait de connaître les limites de son interprétation.

Lors de la simulation de l'appui, une charge de 5 kg a été arbitrairement choisie en divisant le poids moyen des chiens (soit 20 kg) par 4 pour une répartition égale sur chaque membre. Ceci ne reflète pas vraiment la réalité car les membres thoraciques supportent généralement plus de poids que les membres pelviens. Néanmoins, ce poids de 4 kg apparaissait suffisant pour avoir une approximation valable de la mise en charge du coude lors de l'appui. Un système ayant appliqué une force mesurée en Newton aurait pu permettre de standardiser les observations faites avec des études précédentes [Preston *et al.*, 2000, 2001 ; Maierl *et al.*, 2000] mais les difficultés techniques que cela imposait ne pouvaient être surmontées au moment de l'étude.

Au sujet de la lecture, vu que les évaluateurs savaient qu'ils recherchaient de l'incongruence et donc qu'ils étaient alertes à tout changement au niveau des articulations, il a été pressenti que la sensibilité serait forte. Il fallait donc renforcer la spécificité de ce test et pour cela, les radiographies des coudes normaux ont été dupliquées et les cas douteux ont été considérés comme incongruent. Ainsi, toute surinterprétation de l'incongruence conduirait à l'augmentation du nombre de faux positif et donc à une diminution de la spécificité ce qui remettrait en cause une bonne sensibilité.

La lecture a été répétée afin d'augmenter le nombre de données. L'ensemble des résultats a été compilé pour l'analyse, une comparaison intra-observateur n'a pas été faite puisqu'elle sortait des objectifs de cette étude.

5.3 Résultats et Perspectives

La radiologie a permis d'identifier une IC à partir d'un raccourcissement du radius de 2 mm. L'examen offrant la meilleure sensibilité et spécificité pour cela est une projection médiolatérale centrée sur le coude fléchi à 90°. Ce résultat *in vitro* confirme les observations précédentes *in vivo*. Ceci est encourageant lorsque l'on sait que l'ostéotomie proximale de l'ulna rétablit les contacts physiologiques entre les surfaces articulaires après un raccourcissement du radius de 1.6 mm *in vitro* [Preston *et al.*, 2001]. Il est donc possible de décider de corriger l'IC par une intervention chirurgicale basée sur le diagnostic radiologique. En effet, s'il y a incongruence visible, on peut affirmer qu'elle est d'au moins 2 mm et raisonnablement penser qu'une ostéotomie de l'ulna sera profitable pour le chien. De plus, on peut suivre radiographiquement l'évolution de cette intervention. Si sur une vue identique au cliché préopératoire l'IC n'est plus visible, on peut dire qu'elle est inférieure à 2 mm. Il n'est cependant pas possible d'identifier une IC de 1 mm avec certitude, la sensibilité avec le coude à 90° est trop faible et la bonne sensibilité obtenue à 135° est suspecte compte tenu de l'incongruence physiologique huméro-ulnaire décrite avec cet

angle et donc de la mauvaise spécificité. Si l'on se réfère à l'étude de Mason, une limite inférieure de détection de 1.5 mm pourrait être envisagée mais en deçà, il faut avoir recours à d'autres modalités. Il va sans dire que l'ensemble de ces interprétations implique une certaine expérience de l'évaluateur [Hornof *et al.*, 2000], expérience qui a d'ailleurs permis au radiologiste le plus chevronné de l'étude d'obtenir le meilleur score. Il ne faut pas négliger non plus la présence d'autres signes radiologiques orientant vers la recherche d'une IC comme une perte de visualisation ou des contours anormaux du PCM, une sclérose de l'os sous chondral ulnaire en regard du processus coronoïde ou des ostéophytes sur le processus anconéen, les épicondyles huméraux ou le rebord cranial de la tête du radius.

Concernant l'utilisation éventuelle de la radiologie comme examen de sélection pour les animaux voués à l'élevage, certaines avenues peuvent être proposées. En effet, certaines races véhiculent le caractère héréditaire de l'IC [Ubbink *et al.*, 1999]. Le sous développement du radius se ferait avant six mois (âge de maturité du ligament interosseux). L'OA apparaissant généralement entre 6 et 7 mois, une radiographie du coude à 6 mois pourrait être conseillée. Les animaux avec une IC visible pourraient être écartés de la reproduction. Cependant, une inconnue demeure concernant les animaux ayant une incongruence minimale et donc non détectable s'il est admis qu'une telle incongruence soit à l'origine de pathologie. Une autre zone grise concerne les animaux qui ont souffert d'un sous développement du radius au début de leur croissance mais qui a été rattrapé par la suite. Cette théorie pourrait expliquer la description de chiens adultes souffrant de boiterie uniquement associée à une FPCM sans évidence d'OA ou d'IC [Meyer-Lindenberg *et al.*, 2002]. Une étude prospective évaluant l'effet de la sélection des reproducteurs basée sur le diagnostic radiologique sur une population de chiens atteints d'IC devrait être menée.

Un autre résultat intéressant est la faible spécificité obtenue pour un cliché centré sur l'épaule avec le coude à 135°. En effet, cet angle est proche de celui obtenu lors d'un examen de routine de l'épaule puisqu'il faut tirer sur le membre afin de dégager cette

articulation. Ainsi, il est hasardeux de reconnaître de l'IC sur une projection latérale de l'épaule puisque l'on risque d'interpréter des coudes normaux comme étant incongruent.

Bien que ce soit un résultat préliminaire, selon cette étude, la mise en charge des articulations du coude diminuerait l'IC sur les radiographies. Le but essentiel de notre système était de comprimer l'ensemble des articulations. La traction effectuée sur l'olécrane suivant un vecteur perpendiculaire à l'axe du membre n'a pu reproduire la force exercée par le triceps qui est orientée dans une direction plus proximale. Au moins a-t-on réussi à simuler une charge de l'humérus sur le radius et les processus coronoïdes. On peut alors suspecter que cette charge est à l'origine d'un amincissement de l'articulation huméro-radiale et d'une atténuation de l'effet de «marche d'escalier» et donc d'une diminution de l'incongruence. En revanche, la compression de l'articulation huméro-ulnaire par la traction de l'olécrane a probablement diminué son élargissement suite au raccourcissement du radius mais aussi l'incongruence physiologique au niveau de cet espace articulaire. Il reste donc à déterminer si une mise en charge du coude masque une IC significative ou si elle donne une image plus réelle de l'articulation et évite ainsi le diagnostic de faux positifs. Une étude prospective comparant des projections latérales de coudes de chien normaux et atteints de FPCM prises sur la table et en appui permettrait de mieux comprendre la signification de ce résultat. L'obtention de clichés radiologiques de qualité constante alors que le chien est en appui représente cependant un bon défi.

Maintenant qu'il est possible de connaître un peu mieux les limites de la radiologie pour l'examen de l'IC, il serait souhaitable de la confronter à d'autres modalités comme le CT scan qui s'avère être de plus en plus populaire et de plus en plus disponible. Plusieurs articles décrivent l'utilité de cet examen pour évaluer le coude normal et le coude dysplasique mais jamais l'IC directement [Rovesti *et al.*, 2002 ; Reicle *et al.*, 2000 ; Rycke *et al.*, 2002 ; Kiberger *et al.*, 1998]. Une étude comparative entre la radiologie et le CT scan basée sur le même modèle *in vitro* d'IC serait à envisager.

Conclusion

Basé sur les résultats de cette étude, la radiologie est un outil diagnostique sensible et spécifique pour détecter une IC modérée à sévère créée par un radius trop court de 2 mm et plus sur un modèle *in vitro*. Le cliché d'évaluation idéal semble être celui avec le faisceau radiologique centré sur le coude fléchi à 90°. Des projections réalisées avec le faisceau centré sur la portion de l'humérus proximale au coude sont à éviter. L'association d'une «marche d'escalier» entre la tête du radius et l'incisure trochléaire ulnaire et d'un élargissement de l'articulation huméro-ulnaire qui prend alors la forme d'un croissant de lune est le critère le plus fiable d'identification de l'IC. Enfin, l'incongruence sur les radiographies fut réduite avec une simulation de mise en charge *in vitro* ce qui demande une investigation *in vivo*.

Bibliographie

Bardet JF, Bureau S. La fragmentation du processus coronoïde chez le chien. *Prat Méd Chir Anim Comp* 1996; 31:451-463

Bardet JF. Traitement des lésions du processus coronoïde par voie arthroscopique médiale : étude rétrospective de 24 cas. *Prat Méd Chir Anim Comp* 1997; 32:57-65

Berry CR. Evaluation of the canine elbow for fragmented medial coronoid process. *Vet Radiol Ultrasound* 1992; 33:273-276

Bienz HA. Klinische und radiologische untersuchungernuber fragmentierten processus coronoideus medialis in elbogenglenk des Berner sennenhunde und der anderen sennenhunde-vassen (dissertation). Zurich, Switzerland, University of Zurich, 1985

Bouck GR, Miller CW, Taves CL. A comparison of surgical and medical treatment of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the canine elbow. *Vet Clin Orthop Traum* 1995; 8: 177-83

Carpenter LG, Schwarz PD, Lowry JE, Park RD, Steyn PF. Comparison of radiologic imaging techniques for diagnosis of fragmented medial coronoid process of the cubital joint in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1993; 203:78-83

Collins KE, Cross AR, Lewis DD, Zapata JL, Goett SD, Newell SM, Rapoff AJ. Comparison of the radius curvature of the ulnar trochlear notch of Rottweiller and Greyhound ; *Am J Vet Res* 2001; 62:968-973

Conzemius MG, Aper RL, Hill CM. Evaluation of a canine total-elbow arthroplasty system: a preliminary study in normal dogs. *Vet Surgery* 2001; 30:11-20

- DeCamp CE, Soutas-Little RW, Hauptman J, Bari O, Braden T, Walton A. Kinematic gait analysis of the trot in healthy Greyhounds. *Am J Vet Res* 1993; 54:627-634
- Evans HE. Elbow joint. In: *Miller's anatomy of the dog*. 3rd ed. Philadelphia. WB Saunders. 1993:236-238
- Fox SM, Bloomberg MS, Bright RM. Developmental anomalies of the canine elbow. *J Am Anim Hosp Assoc* 1983; 19:605-615
- Goring RL, Bloomberg MS. Selected developmental abnormalities of the canine elbow: radiographic evaluation and surgical management. *Comp Cont Educ Pract Vet* 1983; 5:178-188
- Grondalen J. Arthrosis with special reference to the elbow joint in rapidly growing dogs. A pathoanatomical investigation. *Nord Vet Med* 1981; 33:1-16
- Guthrie S, Pidduck HG. Heritability of elbow osteochondrosis within a closed population of dogs. *J Sm Anim Pract* 1990; 31:93-96
- Haudiquet PR, Marcellin-Little DJ, Stebbins ME. Use of the distomedial-proximolateral oblique radiographic view of the elbow joint for examination of the medial coronoid process in dogs. *Am J Vet Res* 2002; 63:1000-1005
- Hedhammar A, Swenson L, Audell L. Control of hip dysplasia and elbow dysplasia in Sweden. Proceedings, IEWG, Constance, 1995:48-50

- Hornof WJ, Wind AP, Wallack ST, Schulz KS. Canine elbow dysplasia, the early radiographic detection of fragmentation of the coronoid process. *Vet Clin N Am. Small Anim Pract* 2000; 30:257-266
- Huibregtse BA, Johnson AL, Muhlbauer MC, Pijanowski GJ. The effect of treatment of fragmented coronoid process on the development of osteoarthritis of the elbow. *J Am Anim Hosp Assoc* 1994; 30:190-195
- Keller GG, Kreeger JM, Mann FA, Lattimer JC. Correlation of radiographic, necropsy and histologic findings in 8 dogs with elbow dysplasia. *Vet Radiol Ultrasound* 1997; 38:272-276
- Kirberger RM, Fourie SL. Elbow in the dog: pathophysiology, diagnosis and control. *J S Afr Vet Assoc* 1998; 69:43-54
- Knox VW, Sehgal CM, Wood AKW. Correlation of ultrasonographic observations with anatomic features and radiography of the elbow joint in dogs. *Am J Vet Res* 2003; 64:721-726
- Lewis PD, Parker RB, Hager DA. Fragmented medial coronoid process of the canine elbow. *Comp Cont Educ Pract Vet* 1989; 11:703-716
- Lowry JE, Carpenter LG, Park RD, Steyn PF, Schwarz PD. Radiographic anatomy and technique for arthrography of the cubital joint in clinically normal dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1993; 203:72-77

- Macpherson GC, Lewis DD, Johnson KA, Allen GS, Yovich JC. Fragmented coronoid process associated with premature distal radial physeal closure in four dogs. *Vet Clin Orthop Traum* 1992; 5:93-99.
- Maiel J, Hecht S, Böttcher P, Matis U, Liebich HG. New aspects of the functional anatomy of the canine elbow joint. Proceedings, 10th ESVOT Congress, Munich, 2000:90
- Mason DR, Schulz KS, Samii VF, Fujita Y, Hornof WJ, Herrgesell EJ, Long CD, Morgan JP, Kass PH. Sensitivity of radiographic evaluation of radio-ulnar incongruence in the dog *in vitro*. *Vet Surgery* 2002; 31:125-132
- Meyer-Linderberg A, Langhmann A, Fehr M, Nolte I. Prevalence of fragmented medial coronoid process of the ulna in lame adult dogs. *Vet Record* 2002; 151:230-234
- Murphy ST, Lewis DD, Shiroma JT, Neuwirth LA, Parker RB, Kubilis PS. Effect of radiographic positioning on interpretation of cubital joint congruity in dogs. *Am J Vet Res* 1998; 59:1351-1357
- Ness MG. Treatment of fragmented coronoid process in young dogs by proximal ulnar osteotomy. *J Small Anim Pract* 1998; 39:15-18
- Olsson SE. The early diagnosis of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the canine elbow joint. *J Am Anim Hosp Assoc* 1983; 19:616-626
- Padgett GA, Mostosky UV, Probst CW, Thomas MW, Krecke CF. The inheritance of osteochondritis dissecans and fragmented coronoid process of the elbow joint in Labrador Retrievers. *J Am Anim Hosp Assoc* 1995; 31:327-330

- Preston CA, Schulz KS, Kass PH. *In vitro* determination of contact areas in the normal elbow joint of dogs. *Am J Vet Res* 2000; 61:1315-1320
- Preston CA, Schulz KS, Taylor KT, Kass PH, Hagan CE, Stover SM. *In vitro* experimental study of the effect of radial shortening and ulnar ostectomy on contact patterns in the elbow joint of dogs. *Am J Vet Res* 2001; 62:1548-1556
- Puccio M, Marino DJ, Stefanacci JD, McKenna B. Clinical evaluation and long-term follow-up of dogs having coronoidectomie for elbow incongruity. *J Am Anim Hosp Assoc* 2003; 39:473-478
- Reicle JK, Park RD, Bahr AM. Computed tomographic findings of dogs with cubital joint lameness. *Vet Radiol Ultrasound* 2000; 41:125-130
- Rettenmaier-Heath JL. Examining elbow dysplasia. *The Advocate* 2001; 1:1-7
- Rovesti GL, Biasibetti M, Shumacher A, Fabiani M. The use of the computed tomography in the diagnostic protocol of the elbow in the dog: 24 joints. *Vet Comp Orthop Traum* 2002; 1:35-43.
- Rycke LM, Gielen IM, Van Bree H, Simoens PJ. Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 2002; 63:1400-1407
- Snaps FR, Balligand MH, Saunders JH, Park RD, Dondelinger RF. Comparison of radiography, magnetic resonance imaging, and surgical findings in dogs with elbow dysplasia. *Am J Vet Res* 1997; 58:1367-1370

- Snaps FR, Balligand MH, Saunders JH, Heimann M, Beths T. Ununited humeral medial epicondyle in a dog. *Canine Pract* 1999; 24:7-10
- Snaps FR, Saunders JF, Park RD, Daenen B, Balligand MH, Dondelinger RF. Comparison of spin echo, gradient echo and fat saturation magnetic resonance imaging sequences for imaging the canine elbow. *Vet Radiol Ultrasound* 1998; 39:518-523
- Studdert VP, Lavelle RB, Beilharz RG, Mason TA. Clinical features and heritability of osteochondrosis of the elbow in Labrador retriever. *J Sm Anim Pract* 1991; 32:537-563
- Swenson L, Audelle L, Hedhammar A. Prevalence and inheritance of and selection for elbow arthrosis in Bernese Mountain Dogs and Rottweillers in Sweden and benefit:cost analysis of a screening and control program. *J Am Vet Assoc* 1997; 210:215-220
- Thomson MJ, Robinson GM. Osteochondrosis of the elbow: a review of the pathogenesis and a new approach to treatment. *Aust Vet J* 1995; 72:375-378
- Trostel CT, MacLaughlin RM, Pool RR. Canine elbow dysplasia: anatomy and pathogenesis. *Comp Cont Edu Pract Vet* 2003; 25:754-761
- Trostel CT, MacLaughlin RM, Pool RR. Canine lameness caused by developmental orthopedic disease: fragmented medial coronoid process and ununited anconeal process. *Comp Cont Edu Pract Vet* 2003; 25:112-120

- Ubbink GJ, Hazenwinkel HAW, van de Broek J, Rothuizen J. Familial clustering and risk analysis for fragmented coronoid process and elbow joint incongruity in Bernese Mountain Dogs in The Netherlands. *Am J Vet Res* 1999; 60:1082-1087
- Vezzoni A. Dynamic ulna osteotomies in treating canine elbow dysplasia. 10th ESVOT Congress, Munich, March 2000:94-98
- Voorhout G, Herman A, Hazewinkel W. A radiographic study on the development of the antebrachium in Great Dane pups on different calcium intakes. *Vet Radiol Ultrasound* 1987; 28:152-157
- Wind AP. Incidence and radiographic appearance of fragmented coronoid process. *Calif Vet* 1982:19-25
- Wind AP. Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog: part I. *J Am Anim Hosp Assoc* 1986; 26:711-724
- Wind AP, Packard ME. Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog: part II. *J Am Anim Hosp Assoc* 1986; 26:725-730
- Wind AP. Elbow dysplasia. In: Slatter D. *Textbook of small animal surgery*. 2nd ed. vol 2. Philadelphia. WB Saunders. 1993:1966-1977
- Wolvekamp P. Radiographic diagnosis of abnormal development of the appendicular skeleton in growing dogs: « the many faces of elbow dysplasia ». Proceedings, TNAVC, 1998:224-225

Annexe I : Critères d'évaluation radiologique

Coude normal (désigné par la lettre N):

Arc de cercle parfait formé par l'articulation huméro-ulnaire et huméro-radiale avec une largeur égale entre les deux espaces articulaires.

Coude incongruent (désigné par la lettre I):

Articulation huméro-ulnaire en forme de croissant de lune (note 1).

Marche d'escalier entre l'articulation huméro-ulnaire et radio-ulnaire (note 2).

Espace articulaire huméro-radial asymétrique (note 3).

Coude douteux (désigné par la lettre D):

Aucun des critères précédents définissant un coude normal ou incongruent ne peut être identifié de façon certaine.

Annexe II : Code d'identification des radiographies

Coude :

n° I, II, III, IV et V

Angle :

N = angle de 90°

P = angle de 135°

Niveau d'IC :

a = 0

b = 1 mm

c = 2 mm

d = 3 mm

Position du faisceau :

0 = centré sur le coude

1 = 3 cm proximal

2 = 3 cm distal

3 = 3 cm caudal

4 = 3 cm crânial

5 = 3 cm crânio-distal

6 = 3 cm crânio-proximal

7 = 3 cm caudo-distal

8 = 3 cm caudo-proximal

9 = sur l'épaule

S pour stress.

ACCORD ET PERMISSION DES COAUTEURS D'UN ARTICLE¹

IDENTIFICATION DE L'ÉTUDIANT

Nom de l'étudiant Laurent Blond		Code permanent [REDACTED]
Sigle du programme M.Sc.	Titre du programme Sciences vétérinaires	Option Sciences cliniques

DESCRIPTION DE L'ARTICLE

Auteurs L Blond, J Dupuis, G Beaugard, L Breton, M Moreau	
Titre SENSITIVITY AND SPECIFICITY OF RADIOLOGY IN THE DETECTION OF CANINE ELBOW INCONGRUENCE IN AN <i>IN VITRO</i> MODEL.	
Revue Veterinary Radiology and Ultrasonography	Date de publication Non définie (2004-2005)

DÉCLARATION DES COAUTEURS

Déclaration <i>À titre de coauteurs de l'article identifié ci-dessus, nous autorisons le microfilmage du mémoire et nous sommes d'accord que Mr Laurent Blond inclut cet article dans son mémoire de maîtrise qui a pour titre sensibilité de la radiologie pour détecter l'incongruence d'un modèle in vitro de coude canin.</i>		
Coauteur Beaugard Guy	Signature [REDACTED]	Date 11-4-04
Coauteur Breton Luc	[REDACTED]	Date 11-4-04
Coauteur Dupuis Jacques	[REDACTED]	Date 7/03/2004
Coauteur Moreau Maxime	[REDACTED]	Date 11-4-04
Coauteur	Signature	Date
Coauteur	Signature	Date
Coauteur	Signature	Date
Coauteur	Signature	Date

Envoyé à la FÉS le

