



HAL
open science

Biomécanique du saut et diagnostic échographique des pathologies locomotrices associées chez le chien : étude bibliographique

Julie Devier

► To cite this version:

Julie Devier. Biomécanique du saut et diagnostic échographique des pathologies locomotrices associées chez le chien : étude bibliographique. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04415460

HAL Id: dumas-04415460

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04415460v1>

Submitted on 24 Jan 2024

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année 2023

**BIOMÉCANIQUE DU SAUT ET DIAGNOSTIC
ÉCHOGRAPHIQUE DES AFFECTIONS LOCOMOTRICES
ASSOCIÉES CHEZ LE CHIEN : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE
présentée et soutenue publiquement devant
la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)
le 15 Décembre 2023

par

Julie, Cécile DEVIER

sous la direction de

Dominique GRANDJEAN

JURY

Président du jury :	M. Henry CHATEAU	Professeur à l'EnvA
Directeur de thèse :	M. Dominique GRANDJEAN	Professeur à l'EnvA
Examineur :	M. Jérémie MORTIER	Maître de Conférences à l'EnvA
Membre invité :	Mme Vinciane ROGER	Docteure vétérinaire

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire



version décembre 2023

Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP	1
M	Audigné	Fabrice	Professeur	DEPEC	2
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP	3
Mme	Benckroun	Ghita	Maître de conférences HDR	DEPEC	4
M	Biaga	Radu	Professeur	DSBP	5
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC	6
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP	7
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC	8
Mme	Chastant	Sylvie	Professeur	DPASP	9
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP	10
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC	11
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP	12
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP	13
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC	14
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP	15
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP	16
M	Elcôt	Marc	Professeur	DSBP	17
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC	18
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP	19
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC	20
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP	21
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC	22
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP	23
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP	24
M	Jouviron	Gregory	Professeur	DSBP	25
M	Kohlhauer	Mathias	Professeur	DSBP	26
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP	27
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP	28
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC	29
Mme	Maurey-Guéneq	Christelle	Professeur	DEPEC	30
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP	31
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP	32
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP	33
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP	34
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP	35
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP	36
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP	37
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC	38
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC	39

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP	1
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP	2
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	3
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC	5
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC	7
Mme	Chevalier	Lucie	Maître de conférences	DSBP	8
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC	9
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP	10
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	11
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP	12
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP	13
Mme	De Paula Reis	Aline	Maître de conférences	DPASP	14
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP	15
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP	16
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP	17
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP	18
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP	19
Mme	Guélin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP	20
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	21
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	22
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP	23
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP	24
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP	25
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP	26
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC	27
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP	28
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	29
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	31
Mme	Mespoules-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	32
Mme	Mimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP	33
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC	34
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC	35
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	36
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP	37
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC	38
Mme	Ravary-Plumioën	Bérangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP	39
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP	40
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP	41
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC	42

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse M. Henry Chateau, Professeur à l'EnvA,
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,

À M. Dominique Grandjean, Professeur à l'EnvA,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter de diriger cette thèse. Qu'il trouve ici l'expression de mes remerciements les plus sincères et les plus respectueux.

À M. Jérémy Mortier, Maître de conférences à l'EnvA,

Qui a accepté d'être l'assesseur de cette thèse.

Remerciements respectueux.

À Mme Vinciane Roger,

Qui a accepté de s'investir dans cette thèse.

Sincères remerciements.

Table des matières

Liste des figures.....	3
Liste des abréviations.....	7
Introduction.....	9
Première partie : Biomécanique du saut chez le chien	11
1. Les sports canins comportant des sauts.....	11
A. L'agility	11
B. Le ring	13
C. Le frisbee	15
D. Le flyball	17
2. Biomécanique du saut.....	18
A. Application de la biomécanique au saut	18
B. Les paramètres biomécaniques permettant l'étude des mouvements	19
a. Les paramètres cinétiques	19
b. Les paramètres cinématiques	19
C. Application de la biomécanique lors du saut	20
a. Les différentes phases du saut et les régions anatomiques impliquées.....	20
b. Les différentes trajectoires	21
c. Les forces et les impulsions	22
Deuxième partie : Affections locomotrices liées au saut	25
1. Affections musculaires	25
A. Blessure sans lésion anatomique	26
a. La courbature	26
b. La crampe	26
c. La contracture	27
B. Blessure avec lésion anatomique	27
a. La contusion (retrouve pas)	27
b. L'élongation.....	27
c. Le claquage	27
d. La déchirure musculaire.....	28
e. La rupture musculaire	28
f. L'avulsion musculaire.....	28
C. Lésions spécifiques au saut.....	28
a. Elongation ou déchirure du muscle ilio-psoas.....	28
b. Avulsion du muscle gastrocnémien.....	30
2. Affections tendineuses	31
A. Elongation, déchirure, luxation.....	31
a. Elongation, déchirure ou luxation du tendon fléchisseur superficiel des doigts (FSDt)	31
b. Lésion du tendon calcanéen commun.....	33
B. Tendinite	34
a. Tendinite du biceps brachial	34
b. Tendinopathie du supra-épineux.....	36
3. Affections ligamentaires	37
A. Rupture du ligament croisé crânial (LCCr).....	37
B. Instabilité du ligament gléno-huméral medial (LGHM).....	40
C. Entorse du carpe et du tarse.....	42
D. Les luxations	44
4. Affections articulaires	45
A. L'arthrose	45
B. La fragmentation du processus coronoïde medial (PCM) traumatique	46

5. Affections osseuses	47
6. Affections vertébrales.....	48
A. Les fractures et luxations vertébrales	48
B. La dégénérescence des disques intervertébraux.....	49
Troisième partie : Diagnostic échographique des affections locomotrices liées au saut	51
1. Echographie des différentes structures de l'appareil musculo-squelettique du chien.....	51
A. Protocole utilisé et matériel nécessaire	51
B. Images des structures physiologiques.....	52
a. Les muscles.....	52
b. Les tendons et les ligaments.....	52
c. Les surfaces osseuses et le cartilage	54
2. L'articulation de l'épaule.....	55
A. Technique et méthode d'examen.....	55
B. Images normales des structures.....	56
C. Images pathologiques.....	59
3. L'articulation du coude	62
A. Technique et méthode d'examen.....	62
B. Images normales des structures.....	63
C. Images pathologiques.....	64
4. Le carpe et les doigts	65
A. Technique et méthode d'examen.....	65
B. Images normales des structures.....	65
C. Description pathologique.....	67
5. L'articulation de la hanche.....	67
A. Technique et méthode d'examen.....	67
B. Images normales des structures.....	67
C. Images pathologiques.....	69
6. Le grasset	70
A. Technique et méthode d'examen.....	70
B. Images normales des structures.....	70
C. Images pathologiques.....	73
7. Le tarse	74
A. Technique et méthode d'examen.....	74
B. Images normales des structures.....	75
C. Images pathologiques.....	76
Conclusion.....	77
Liste des références bibliographiques	79

Liste des figures

Figure 1 : Haie et haie double en agility : Issu du règlement d'agility de la SCC (2023).....	12
Figure 2 : Mur en agility : Issu du règlement d'agility de la SCC (2023).....	12
Figure 3 : Pneu en agility : Issu du règlement d'agility de la SCC (2023).....	13
Figure 4 : Saut en longueur en agility : Issu du règlement d'agility de la SCC (2023).....	13
Figure 5 : Saut en hauteur en Ring : Issu du programme des épreuves Sportives en RING pour chiens d'Utilité (2023).....	14
Figure 6 : Saut en longueur en Ring : Issu du programme des épreuves Sportives en RING pour chiens d'Utilité (2023).....	14
Figure 7 : Palissade en Ring : Issu du programme des épreuves Sportives en RING pour chiens d'Utilité (2023).....	15
Figure 8 : Aire de jeu en Frisbee : Issu de la CNEAC (2020a).....	16
Figure 9 : Chien qui saute en épreuve de distance de frisbee : Issu de la CNEAC (2020a).....	16
Figure 10 : Chien qui saute en épreuve freestyle de frisbee : Issu de la CNEAC (2020a).....	17
Figure 11 : Chien qui saute en épreuve de flyball : Issue de la CNEAC (2020b).....	17
Figure 12 : décomposition de la force générée par l'appui du membre sur le plateau de force (Anderson et Mann, 1994).....	19
Figure 13 : Chien équipé de capteur lumineux, d'après Gillette et Angle (2008).....	19
Figure 14 : Les différentes phase du saut (Mecklenburg, 2007).....	21
Figure 15 : Représentation d'une trajectoire de saut en vue de profil (A) et en vue de dessus (B) (Mecklenburg, 2007).....	21
Figure 16 : Comparaison entre une trajectoire arrondie (A) et aplatie (B et C) (Mecklenburg, 2007).....	22
Figure 17 : Anatomie du muscle iliopsoas, d'après Canapp (2007b).....	29
Figure 18 : Palpation du tendon de l'iliopsoas, d'après Canapp (2007b).....	30
Figure 19 : Extension et abduction de la hanche gauche (Canapp, 2007b).....	30
Figure 20 : Anatomie du muscle gastrocnémien d'après R. Barone (1980).....	31
Figure 21 : Anatomie du FSDt, vue caudale, d'après R. Barone (1980).....	32
Figure 22 : Anatomie du tendon calcanéen commun, d'après R. Barone (1980).....	33
Figure 23 : Anatomie du muscle biceps brachial, d'après R. Barone (1980).....	34

Figure 24 : Anatomie de la région de l'épaule, notamment du tendon du biceps brachial d'après Canapp (2007a)	35
Figure 25 : Pression sur le tendon du biceps brachial, l'épaule étant fléchie et le coude tendu, d'après Wernahm <i>et al.</i> (2008).....	36
Figure 26 : Anatomie de la région de l'épaule, notamment du supra-épineux et de son tendon, d'après Canapp (2007a).....	36
Figure 27 : Anatomie du grasset chez le chien, d'après Canapp (2007c)	38
Figure 28 : Signe du tiroir direct positif chez un chien, d'après Viateau (2023a)	39
Figure 29 : Signe du tiroir indirect positif chez un chien, d'après Viateau (2023a)	40
Figure 30 : Anatomie du LGHM, d'après R. Barone (1980)	41
Figure 31 : Anatomie du carpe chez le chien d'après Jaeger et Canapp (2008)	42
Figure 32 : Anatomie du tarse chez le chien d'après Jaeger et Canapp (2008)	43
Figure 33 : Anatomie du PCM de l'ulna, membre gauche de chien, d'après R. Barone (1976)	46
Figure 34 : Anatomie des doigts du chien, d'après R. Barone (1976)	48
Figure 35 : Hernies discales extrusive/protrusive sur des vertèbres de chien, d'après Sharp (2005)	49
Figure 36 : Aspect échographique d'un muscle en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	52
Figure 37 : Aspect échographique du tendon bicipital en coupe longitudinale, d'après King (2021)	53
Figure 38 : Aspect échographique de la partie distale tendon bicipital en coupe transversale (têtes de flèche bleues), d'après King (2021)	53
Figure 39 : Aspect échographique du ligament collatéral médial (flèches), d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	54
Figure 40 : Aspect échographique de l'articulation de l'épaule, d'après Penninck et d'Anjou (2015)	54
Figure 41 : Aspect échographique de la tête humérale et de son cartilage, d'après Vandeveldel <i>et al.</i> (2006).....	55
Figure 42 : Position de la sonde sur l'épaule du chien, d'après Penninck et d'Anjou (2015)	55
Figure 43 : Position de la sonde pour visualiser la face médiale de l'épaule chez le chien, d'après Penninck et d'Anjou (2015)	56
Figure 44 : Images échographiques du tendon du muscle supra-épineux proche de son insertion sur le tubercule majeur de l'humérus, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	56

Figure 45 : Images échographiques du tendon et muscle infra-épineux en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	57
Figure 46 : Images échographiques du tendon du muscle biceps brachial en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	57
Figure 47 : Image échographique du tendon du muscle biceps brachial en coupe transversale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	58
Figure 48 : Image échographique de l'articulation de l'épaule en vue latérale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	58
Figure 49 : Image échographique de l'articulation de l'épaule en vue médiale, d'après Cook (2016)	59
Figure 50 : Images échographiques d'une ténosynovite (A) et d'une rupture partielle du tendon du muscle biceps brachial, d'après Cook (2016)	59
Figure 51 : Image échographique d'une rupture complète du tendon bicipital, d'après Cook (2016)	60
Figure 52 : Image échographique d'adhérences entre le tendon du muscle biceps brachial et la gaine bicipitale en coupe longitudinale, d'après Cook (2016)	60
Figure 53 : Image échographique d'une tendinopathie chronique du tendon supra-épineux en coupe transversale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	61
Figure 54 : Image échographique d'une rupture complète du tendon supra-épineux en coupe transversale chez un chien, d'après Cook (2016).....	61
Figure 55 : Image échographique d'une rupture partielle du LGHM, d'après Cook (2016).....	62
Figure 56 : Position de la sonde sur le coude du chien pour examiner le compartiment médial, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	62
Figure 57 : Image échographique longitudinale de la région cranio-médiale du coude, d'après Penninck et d'Anjou (2015)	63
Figure 58 : Image échographique transverse-oblique de la région cranio-médiale du coude, d'après Penninck et d'Anjou (2015)	64
Figure 59 : Image échographique d'une fragmentation du PCM, d'après Penninck et d'Anjou (2015)	64
Figure 60 : Image échographique de la face dorsale du carpe centrée sur le tendon extenseur commun des doigts (EDCt) en coupe transversale, d'après Entani et al. (2022).....	65
Figure 61 : Images échographiques de la face palmaire du carpe centrée sur le FSDt (FDSt) en coupe transversale (droite) et longitudinale (gauche), d'après Entani et al (2022).....	66
Figure 62 : Images échographiques de la face palmaire du carpe centrée sur le tendon ulnaire du carpe proximal (gauche) et distal (droite) en coupe transversale, d'après Entani et al. (2022).....	66

Figure 63 : Position de la sonde pour l'échographie du muscle ilio-psoas, d'après Cannon et Puchalski (2008).....	67
Figure 64 : Image échographique du du muscle ilio-psoas en coupe longitudinale (droite) et transversale (gauche), d'après Cannon et Puchalski (2008).....	68
Figure 65 : Image échographique du tendon du muscle ilio-psoas en coupe longitudinale, d'après Cook (2016)	68
Figure 66 : Image échographique de l'articulation de la hanche en vue longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015)	69
Figure 67 : Image échographique d'un épaissement du tendon du muscle ilio-psoas, d'après Cook (2016).....	69
Figure 68 : Position de la sonde sur le grasset du chien, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	70
Figure 69 : Image échographique de la région supra-patellaire en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).	71
Figure 70 : Image échographique de la région supra-patellaire en coupe transverse, d'après Penninck et d'Anjou (2015).	71
Figure 71 : Image échographique de la région infra-patellaire en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).	72
Figure 72 : Image échographique des régions latérale (B) et médiale (C) du grasset, d'après Penninck et d'Anjou (2015).	73
Figure 73 : Image échographique d'une rupture de LCCr en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	73
Figure 74 : Image échographique d'une avulsion partielle du muscle gastrocnémien en vue longitudinale, d'après Lideo et Milan (2013)	74
Figure 75 : Position de la sonde pour échographier le tendon calcanéen chez un chien, d'après Penninck et d'Anjou (2015).	74
Figure 76 : Image échographique du tendon calacanéen en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	75
Figure 77 : Images échographiques du tendon calacanéen en coupe transversale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).....	75
Figure 78 : Images échographiques d'une rupture partielle du tendon gastrocnémien, d'après Penninck et d'Anjou (2015).	76

Liste des abréviations

CNEAC : Commission Nationale Éducation et Activités Cynophiles

FCI : Fédération Cynologique Internationale

FSDt : Tendon fléchisseur superficiel des doigts

LCCr : Ligament croisé crânial

LGHM : Ligament gléno-huméral médial

PCM : Processus coronoïde médial

SCC : Société Centrale Canine

Introduction

En France, 20% des foyers comptent parmi leurs membres au moins un chien (FACCO, 2022). Malgré la plus faible proportion de cet effectif par rapport au chat (7,6 millions de chien et 14,9 millions de chats, (FACCO, 2022)), le chien reste toutefois un compagnon de tous les jours, avec lequel l'Homme partage une réelle complicité. En effet, le chien est de plus en plus sollicité et impliqué par ses maîtres dans des activités diverses, tant sur le plan émotionnel (médiation animale), que physique (agility, ring, canicross...).

Outre la participation du chien à des activités de loisir, de nombreux maîtres s'engagent dans des activités de compétition. Parmi elles, l'agility regroupe près de 9000 licenciés en France, et présente une équipe de France lors des Championnats du Monde (Commission Nationale Éducation et Activités Cynophiles, 2023). D'autres sports se popularisent et regroupent de plus en plus d'adhérents comme le canicross ou le frisbee.

Certes, ces sports sont l'occasion de développer diverses capacités chez le chien, comme la concentration, la performance sportive, le lien avec le propriétaire, ils représentent toutefois des activités physiques, pouvant amener à des blessures plus ou moins importantes. Il est alors fondamental pour le maître de reconnaître les premiers signes de blessure, et pour le vétérinaire de pratiquer les examens adaptés afin d'assurer un diagnostic précis et une prise en charge efficace. Se pose alors la question des différentes affections locomotrices pouvant survenir dans le cadre de ces activités, et plus particulièrement lors du saut, de leurs signes cliniques et des examens à pratiquer pour les identifier.

Il s'agira dans cet écrit de déterminer les affections locomotrices liées au saut et d'utiliser l'échographie comme outils diagnostique de ses lésions. En effet, l'échographie est encore peu utilisée en médecine des animaux de compagnie contrairement en médecine humaine ou en équine (Cook, 2016). Elle a pourtant le potentiel de permettre d'effectuer des diagnostics précis et ainsi de pouvoir adapter le traitement.

Nous verrons dans un premier temps, l'étude de la biomécanique du saut pour comprendre les forces en jeu lors de cet exercice. Le sujet des lésions liées au saut sera ensuite abordé. Enfin, il s'agira d'étudier les images échographiques de ces lésions traumatiques et d'évoquer l'apport de l'échographie lors de l'examen médical.

Première partie : Biomécanique du saut chez le chien

Les sports canins impliquent de nombreux mouvements pouvant être contraignants pour l'appareil locomoteur du chien (Birch et Leśniak, 2013). Notre intérêt se portera ici sur le saut du chien et sa biomécanique, car ce mouvement, que l'on retrouve dans une majorité de sports canins (agility, frisbee, ring...), sous plusieurs variations, a un potentiel de blessures plus important que tout autre type de mouvements. Nous présenterons d'abord les différents sports canins qui nécessitent des sauts, puis nous détaillerons la biomécanique du saut afin de mettre en lumière les différentes forces en jeu.

1. Les sports canins comportant des sauts

Les chiens sont les compagnons de l'homme depuis des milliers d'années et lui ont toujours été d'une grande aide pour diverses activités telles que la garde, la chasse, le déplacement et le rassemblement de troupeaux, la recherche d'humains...(Zink et Carr, 2018).

Avec le changement de la société et des modes de vie, le lien avec le chien a également été modifié et aujourd'hui il permet surtout de tenir compagnie à l'homme. Ses capacités d'apprentissage développées accroissent cependant son potentiel, et c'est pour cette raison que les sports canins sont une discipline en expansion depuis quelques dizaines d'années (Zink et Carr, 2018).

La pratique d'une activité avec son chien est l'occasion pour le maître, entre autres, de renforcer leur lien et leur complicité, de récompenser et de défouler son compagnon, et de partager de bons moments avec lui ainsi qu'avec d'autres propriétaires de chiens. Les sports canins comportant des sauts sont pour les plus pratiqués l'agility et le ring mais aussi le frisbee et le flyball qui viennent à se démocratiser.

A. L'agility

L'agility est une activité canine ludique et sportive ouverte à tous les chiens (Commission Nationale Éducation et Activités Cynophiles, 2023). Elle sollicite la complicité entre le maître et son chien, qui doit franchir un certain nombre d'obstacles placés sur un parcours, en suivant les indications de son maître pour les franchir dans le bon ordre. Cette discipline a beaucoup évolué depuis son origine, c'est maintenant un sport à part entière où maître et chien évoluent sur des parcours d'obstacles élaborés, réfléchis, et où les techniques se font de plus en plus nombreuses pour gagner en performance et en rapidité. Aujourd'hui, les trois principales qualités en agility sont l'équilibre, l'agilité et la vitesse (Lascelles *et al.*, 2006).

En France, l'agility existe depuis 1988, créée par Peter Lewis en Grande Bretagne et importée par Claude Bernard. Il y a plus de 950 concours organisés par an, dans la France entière. Des manifestations nationales et internationales sont organisées, tels que le championnat de France et

le championnat du Monde. Les parcours sont mis en place par des juges de la discipline, selon un règlement établi par la Fédération Cynologique Internationale (FCI), adapté aux spécificités de chaque pays (Commission Nationale Éducation et Activités Cynophiles, 2023).

En France, on distingue 4 catégories pour les chiens en fonction de leur taille au garrot (S pour les moins de 35 cm , M pour ceux de 35 à 43 cm, I pour ceux de 43 à 48 cm, L pour les plus de 48 cm). Les duos maître-chien évoluent dans la discipline en participant à des concours et en progressant dans les 3 grades (ce qui détermine leur niveau), notamment grâce à une absence de faute sur certains parcours. Le règlement d'agility fourni par la SCC affirme que le chien doit négocier les obstacles imposés dans le bon ordre et terminer le parcours dans un délai prédéterminé (Commission Nationale Education et Activités Cynophiles, 2023). Parmi ces obstacles, on trouve des tunnels dans lesquels le chien doit passer, un slalom, des sauts et des obstacles à zones, que le chien doit franchir sans sauter au-dessus des zones de montée et de descente.

Les différents sauts présents sur un parcours d'agility sont (Commission Nationale Education et Activités Cynophiles, 2023):

- Les haies (Figure 1) : hauteur de 25 cm (catégorie S) à 60 cm (Catégorie L). Elles peuvent aussi être doublées et forment ainsi un oxer, la seconde barre doit être 15 à 25 cm plus haute mais ne doit pas mesurer plus de 30 cm (catégorie S) à 60 cm (catégorie L). La profondeur totale de l'oxer ne doit pas dépasser les 30 cm (catégorie S) et les 50 cm (catégorie L).

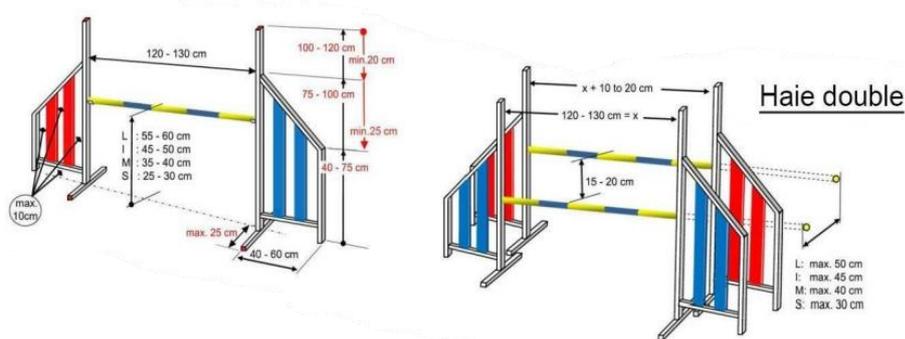


Figure 1 : Haie et haie double en agility : Issu du règlement d'agility de la SCC (2023)

- Les murs (Figure 2) : hauteur de 25 cm (catégorie S) à 60 cm (Catégorie L), largeur de 20 cm à la base et de au moins 10 cm au sommet.

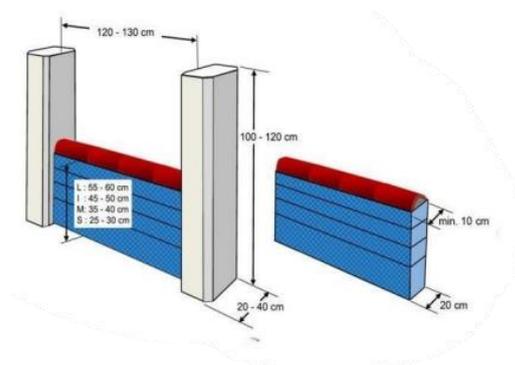


Figure 2 : Mur en agility : Issu du règlement d'agility de la SCC (2023)

- Les pneus (Figure 3) : diamètre d'ouverture de 50 à 60 cm et hauteur de l'axe par rapport au sol de 55 cm (catégorie S) à 80 cm (catégorie L)

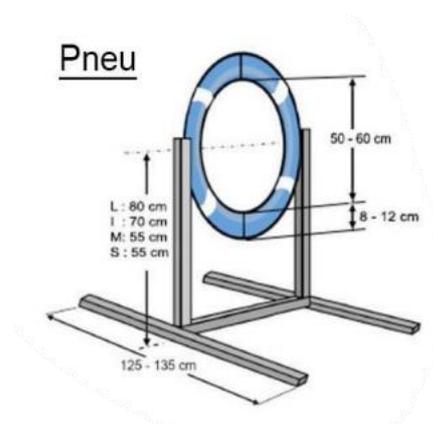


Figure 3 : Pneu en agility : Issu du règlement d'agility de la SCC (2023)

- Les sauts en longueurs (Figure 4) : composé de 2 à 4 éléments. Largeur maximale de 150 cm (catégorie L) et minimale de 40 cm (catégorie S). Hauteur de l'élément le plus bas est de 15 cm, hauteur de l'élément le plus haut est de 28 cm.



Figure 4 : Saut en longueur en agility : Issu du règlement d'agility de la SCC (2023)

B. Le ring

Cette discipline tient son nom du fait qu'elle se déroule sur un terrain clos d'environ 2500 m². Elle comporte trois épreuves majeures : les sauts, l'obéissance et le mordant (Société centrale canine, 2023).

En ce qui concerne les sauts, le chien doit en réaliser trois sortes : le saut en hauteur, le saut en longueur et l'escalade d'une palissade. Selon le niveau, il y a des variations des hauteurs et des tailles des obstacles.

- Le saut en hauteur (Figure 5) : hauteur de 90 cm à 1,20 m. Le chien doit sauter la haie aller et retour sans faire tomber les barres ni le panneau.

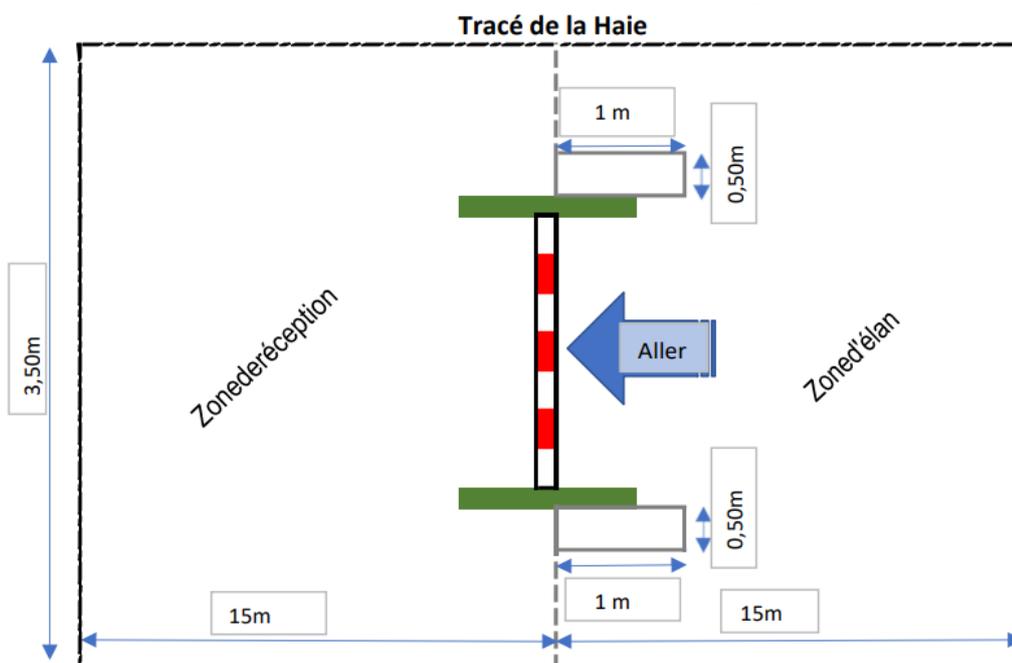


Figure 5 : Saut en hauteur en Ring : Issu du programme des épreuves Sportives en RING pour chiens d'Utilité (2023)

- Le saut en longueur (Figure 6) : profondeur de 3 m à 4m50. Le chien dispose d'une zone d'élan de maximum 20 m. Il dispose de 3 essais pour sauter la longueur maximum et ainsi récolter le maximum de points.

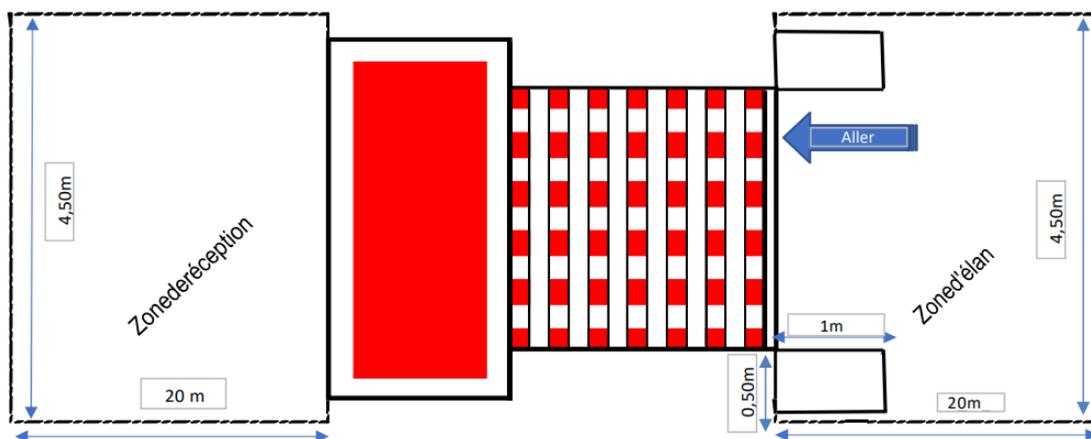


Figure 6 : Saut en longueur en Ring : Issu du programme des épreuves Sportives en RING pour chiens d'Utilité (2023)

- La palissade (Figure 7) : hauteur de 1m80 à 2m30. Le chien a trois essais pour franchir la hauteur la plus haute. Il doit réaliser un aller-retour.

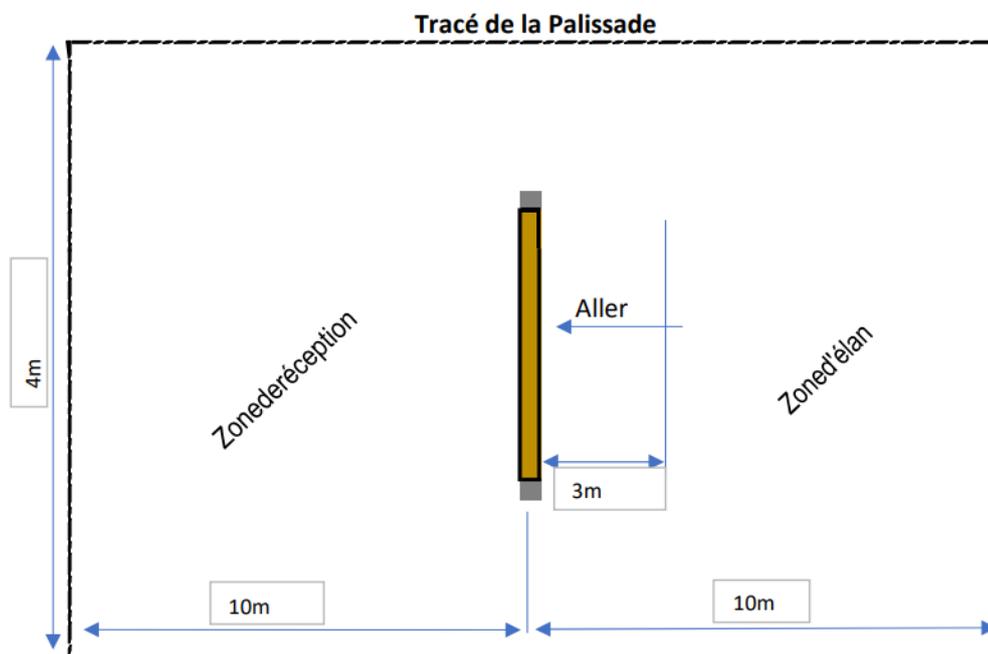


Figure 7 : Palissade en Ring : Issu du programme des épreuves Sportives en RING pour chiens d'Utilité (2023)

C. Le frisbee

Cette activité consiste à lancer un frisbee, que le chien doit attraper et rapporter (voir Figure 9). Il existe deux types d'épreuves, qui demandent au chien des efforts très différents : les épreuves de distance et les épreuves de freestyle. Ces deux épreuves sont complémentaires : l'une permet de noter la rapidité et la précision du chien, la seconde met en valeur l'expression corporelle du chien et du maître, dans les différentes combinaisons possibles pour attraper le disque, en harmonie avec une musique choisie pour la chorégraphie. Dans les deux épreuves, le concurrent et son chien ont un temps imparti pour gagner le plus de points possibles (Commission Nationale Éducation et Activités Cynophiles, 2020a). Le binôme maître-chien remporte un certain nombre de point chaque fois que le chien se saisit du frisbee. D'autres critères sont également évalués, notamment en freestyle où de nombreuses figures et des enchainements variés sont possibles.

- L'épreuve de distance : Le terrain de frisbee (Figure 8) est constitué d'une zone rectangulaire 30 x 50 mètres. Le départ de la manche correspond au moment où le chien franchit la ligne de départ, même si le frisbee a déjà été envoyé. La durée de la manche est d'une minute et trente secondes.

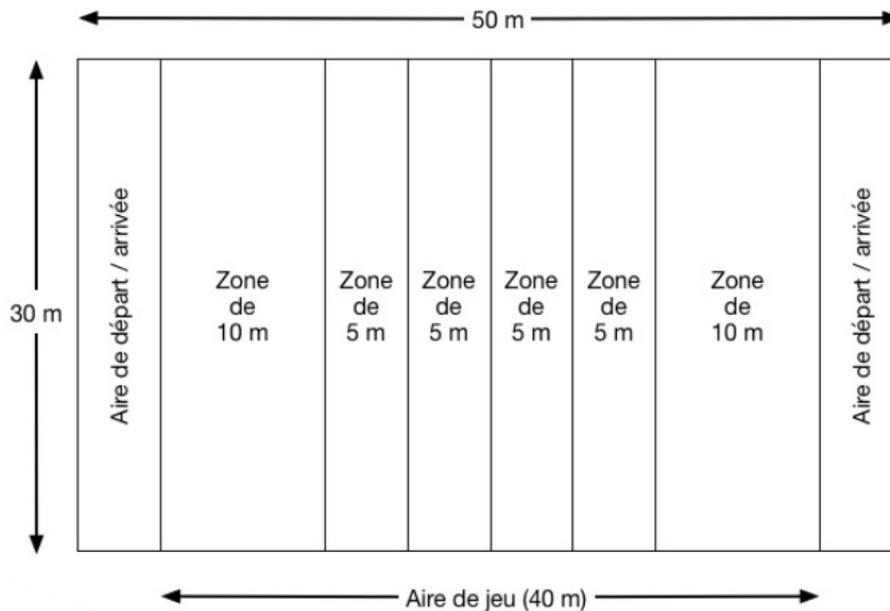


Figure 8 : Aire de jeu en Frisbee : Issu de la CNEAC (2020a)

Le nombre de points marqués est enregistré par l'arbitre, lorsque le chien récupère le frisbee. Ce nombre correspond à la zone dans laquelle le frisbee a été attrapé en vol. Le nombre de points marqués pour un lancer est de 10, 15, 20, 25 ou 30 points. Si le chien attrape le frisbee en sautant (aucune des pattes du chien ne touche le sol au moment où il prend le frisbee en gueule), un bonus de 5 points est ajouté au score, et ce autant de fois ce type de saisie du disque est réalisé par le chien (Figure 9). Une épreuve de distance comprend trois manches.



Figure 9 : Chien qui saute en épreuve de distance de frisbee : Issu de la CNEAC (2020a)

- L'épreuve de freestyle : Le jeu doit se faire dans l'aire de jeu, soit sur un terrain de 40 m par 30 m. Une épreuve de freestyle comprend deux manches. Les équipes disposent d'un temps maximum de 90 secondes et minimum de 60 secondes. La notation commence quand la musique commence. Seuls les figures ou mouvements commençant ou se terminant avec le disque en vol seront jugés en exécution ; le disque doit être en vol à un moment donné d'une figure et seuls les lancers destinés au chien seront notés en exécution (Figure 10).



Figure 10 : Chien qui saute en épreuve freestyle de frisbee : Issu de la CNEAC (2020a)

D. Le flyball

Le Flyball (Figure 11) est une activité ludique qui associe jeu et sport, tout en favorisant une très grande complicité entre le maître et son chien (Commission Nationale Éducation et Activités Cynophiles, 2020b).

C'est avant tout un sport d'équipe. Le principe est simple : le chien effectue seul un parcours rectiligne composé d'une série de 4 haies au bout duquel est positionné une boîte (le lanceur) comportant un dispositif de déclenchement sur lequel il doit appuyer, entraînant ainsi l'éjection d'une balle qu'il attrape et rapporte à son maître en sautant les mêmes 4 haies en sens inverse. Les compétitions existant dans plusieurs pays se déroulent sous la forme d'un relais où deux équipes de 4 chiens et 4 maîtres s'affrontent sur 2 lignes de parcours parallèles (Commission Nationale Éducation et Activités Cynophiles, 2020b).



Figure 11 : Chien qui saute en épreuve de flyball : Issu de la CNEAC (2020b)

Le flyball n'est pas une discipline très développée en France en comparaison avec d'autres pays comme les Etats-Unis, mais depuis quelques années le groupe de travail « flyball » de la CNEAC travaille à son développement (Commission Nationale Éducation et Activités Cynophiles, 2020b).

2. Biomécanique du saut

Bien que les sports canins impliquant des sauts se démocratisent de plus en plus (agility, ring, frisbee et flyball). Le saut est l'un des mouvements occasionnant le plus souvent des blessures. Il est donc important d'en connaître les différentes caractéristiques pour ainsi comprendre les affections locomotrices qui peuvent y être associées.

A. Application de la biomécanique au saut

La biomécanique est l'exploration des propriétés mécaniques à l'étude de tous les êtres vivants. Elle décrit l'étude des forces générées ou subies par l'organisme et de leurs effets sur son mouvement ou ses déformations. Plus précisément, c'est la physiologie du mouvement, étude de celui-ci à partir des propriétés des muscles, du squelette jusqu'aux déplacements des segments corporels sous l'effet de l'activation des muscles et de l'environnement.

Elle comporte deux composantes principales : la biostatique et la biodynamique (Zaccariotto, 2019).

- La biostatique définit l'étude des corps dans une position donnée. Elle concerne ainsi l'équilibre statique d'une articulation et les forces mises en jeu.
- La biodynamique définit l'étude des structures en mouvement. Elle regroupe la cinétique et la cinématique :
 - La cinétique correspond à l'étude des forces mises en jeu pendant le mouvement.

Lors d'une étude cinétique, les forces sont enregistrées avec un plateau de force. Il s'agit d'une surface rectangulaire posée au sol et mesurant la force exercée sur elle-même grâce à des capteurs (calcul de la force opposée à la force de réaction du sol) (Zaccariotto, 2019).

- La cinématique correspond à l'étude du mouvement proprement dit, le but est de déterminer les trajectoires des différents éléments anatomiques (Zaccariotto, 2019).

Lors d'une étude cinématique, le chien est équipé de marqueurs réfléchissants ou lumineux (Figure 13) , placés le plus fréquemment, sur la projection cutanée du centre articulaire et sur le tronc. Lors du mouvement du chien, des caméras reconnaissent ces capteurs, permettant, d'analyser le mouvement dans les trois dimensions (Pfau *et al.*, 2011).

Des analyses biomécaniques ont permis de mesurer différents paramètres, comme les forces, l'impulsion, la vitesse et l'angle de réception. Ces paramètres ont été comparés entre les haies simples, le saut en longueur et la course en ligne droite (Pfau *et al.*, 2011).

L'étude de Levy *et al.* (2009) a montré que plusieurs obstacles pouvaient représenter un risque pour le chien, notamment les haies.

B. Les paramètres biomécaniques permettant l'étude des mouvements

a. Les paramètres cinétiques

La force exercée par le membre sur le plateau de force est décomposée dans les trois dimensions de l'espace afin d'établir une courbe représentant la force en fonction du temps (voir Figure 12) :

- La force verticale F_z : est la plus utilisée.
- La force antéro-postérieure F_y : comporte les forces de freinage F_{yb} (braking), et de propulsion F_{yp} (propulsion).
- La force médio-latérale F_x , peu utilisée en pratique.

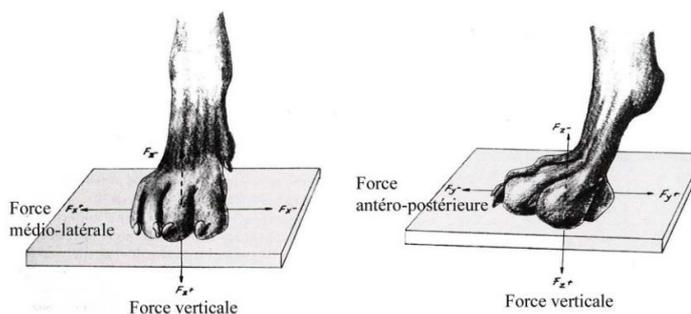


Figure 12 : décomposition de la force générée par l'appui du membre sur le plateau de force (Anderson et Mann, 1994)

On peut ainsi mesurer la durée d'appui qui correspond au temps de la foulée pendant lequel la patte est en contact avec le sol, c'est-à-dire de l'impact initial jusqu'au soulever. Elle permet d'estimer la répartition du poids corporel sur les différents appuis.

Enfin, on peut mesurer le pic maximal de force et le temps t où il apparaît qui traduisent la sévérité de l'impact au sol.

b. Les paramètres cinématiques

Les paramètres cinématiques utilisés lors de l'étude des mouvements sont :

- La trajectoire et l'angle de réception lors du franchissement d'un saut.
- La vitesse, c'est-à-dire le rapport d'une distance sur la durée de son parcours.
- L'accélération, c'est-à-dire l'évolution de la vitesse par rapport au temps.



Figure 13 : Chien équipé de capteur lumineux, d'après Gillette et Angle (2008)

C. Application de la biomécanique lors du saut

a. Les différentes phases du saut et les régions anatomiques impliquées

Quel que soit son type de saut ou l'individu le réalisant, un saut peut se décomposer en 5 phases (Figure 14) : la phase d'approche, la phase de décollage, la phase aérienne, la phase d'atterrissage et la phase de départ (Pfau *et al.*, 2011).

- Phase d'approche : le chien doit optimiser la position de son corps, la vitesse, et l'angle au moment de son décollage (Pfau *et al.*, 2011). Il s'approche du saut, plante ses membres thoraciques légèrement en avant, à l'endroit prévu pour le décollage. Le cou est tendu vers le bas et les membres se fléchissent légèrement (K9 Fitness Solutions, 2022).
- Phase de décollage : la trajectoire du saut est déjà déterminée, et la musculature du train arrière est utilisée en synergie avec l'énergie libérée par les tissus élastiques afin de générer la puissance nécessaire au passage du saut (Pfau *et al.*, 2011). Le cou et la colonne vertébrale se fléchissent légèrement lorsque les membres pelviens sont avancés et plantés en avant des membres thoraciques (K9 Fitness Solutions, 2022).
Les membres thoraciques s'étendent ensuite vers l'arrière, alors que les membres pelviens sont toujours fléchis, poussant l'avant du corps du chien vers le haut, et la tête se soulève pour favoriser la poussée ascendante (K9 Fitness Solutions, 2022).
Puis les membres pelviens s'étendent pour propulser le chien en avant (et vers le haut), la queue s'abaisse et les membres thoraciques se replient vers l'avant (K9 Fitness Solutions, 2022). La flexion simultanée des articulations scapulo-humérale et radio-humérale est à l'origine d'une tension élevée au niveau du tendon du biceps brachial (Canapp, 2007a). Il y a en outre une extension de l'articulation du tarse et de la région sacro-iliaque, qui, associés à l'extension du cou, conduisent à un alignement de la colonne vertébrale. Plus le saut à franchir est haut, plus le cou de l'animal est fléchi et plus l'extension de la région sacro-iliaque est forte (Birch et Leśniak, 2013).
- Phase aérienne : elle permet le franchissement de l'obstacle. Dans les airs, la tête s'abaisse près des membres thoraciques étendus pour favoriser l'élan en avant. Les membres pelviens restent plutôt étendus sur des sauts de taille modérée, mais ils peuvent aussi être fléchis, en particulier lors de hauteurs importantes comme pour les sauts de ring. Au sommet, le chien baisse la tête, et la queue monte pour que le corps pivote vers l'avant et vers le bas. Les membres pelviens s'étendent davantage lors de la partie descendante de la phase aérienne (K9 Fitness Solutions, 2022).
- Phase d'atterrissage : les membres thoraciques touchent le sol de façon asymétrique, un membre avant l'autre, et la tête se soulève (K9 Fitness Solutions, 2022). Une vitesse horizontale suffisante est engagée pour permettre aux membres pelviens de se réceptionner de l'autre côté de l'obstacle.
- Phase de départ : La colonne vertébrale fléchit à nouveau lorsque les membres pelviens sont amenés vers l'avant, sous le corps, absorbant ainsi une partie de l'impact de l'atterrissage et permettant de poursuivre le mouvement de course classique après l'atterrissage.

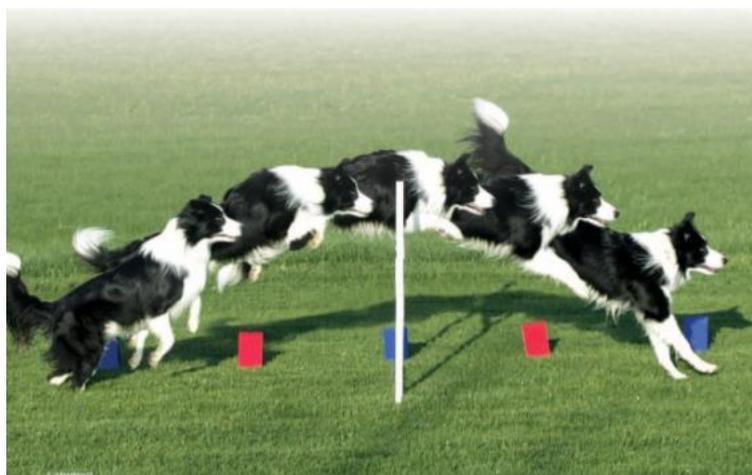


Figure 14 : Les différentes phase du saut (Mecklenburg, 2007)

Dans les études de Birch et Lesniak (2013) et de Pfau et al., (2011) la distance d'atterrissage augmente lorsque la hauteur du saut diminue

b. Les différentes trajectoires

La trajectoire d'un saut est décrite comme un arc de cercle visualisé au-dessus de la barre (Figure 15), en vue latérale au niveau du sol. Les points de prise d'appel et d'atterrissage, et la hauteur de la barre déterminent le niveau de courbure de la trajectoire, c'est-à-dire, arrondie ou aplatie.

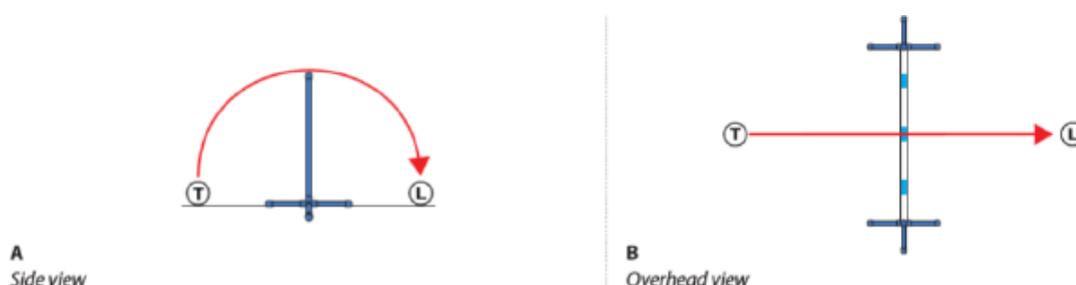


Figure 15 : Représentation d'une trajectoire de saut en vue de profil (A) et en vue de dessus (B) (Mecklenburg, 2007)

Légendes : T = point d'appel et L= point d'atterrissage.

Une fois que les pattes ont quitté le sol, lors de la phase aérienne, la trajectoire est définie (K9 Fitness Solutions, 2022). La seule chose qui puisse être modifiée est la position du corps du chien autour de son centre de gravité. Le chien peut lever ou baisser la tête, garder les membres pelviens étendus ou les fléchir, ou encore bouger la queue pour influencer sa capacité à franchir le saut.

Par exemple, un chien levant la tête juste après l'apex va déplacer son centre de gravité vers l'arrière, entraînant l'atterrissage de ses membres pelviens en même temps ou très peu de temps après ses membres thoraciques. Le saut est alors plutôt en cloche, ou groupé. Atterrir sur les quatre pattes aide à minimiser l'impact sur l'avant, mais amène les forces d'atterrissage à remonter

davantage dans la colonne vertébrale et réduit la poussée vers l'avant pour la suite de la course (K9 Fitness Solutions, 2022).

Ce type d'atterrissage est davantage recherché en frisbee, car cela facilite la prise en gueule du disque. De plus, beaucoup de chiens ont tendance à lever fortement la tête lorsqu'ils attrapent le frisbee, ce qui peut provoquer une bascule importante de leur arrière-train et un atterrissage sur les membres pelviens. Cette réception n'est pas idéale car les pattes arrière ne sont pas adaptées à recevoir tout le poids du chien d'un coup, et la répercussion est importante, notamment dans la colonne vertébrale. Un apprentissage peut être nécessaire pour corriger ce défaut.

En agility, un saut en cloche peut également être recherché, lorsqu'il est nécessaire de tourner court après un obstacle, par exemple. Cependant ce sport privilégie généralement les sauts plats (Figure 16), qui permettent de conserver davantage de vitesse et de faire gagner du temps à l'animal (Balzer, 2015).

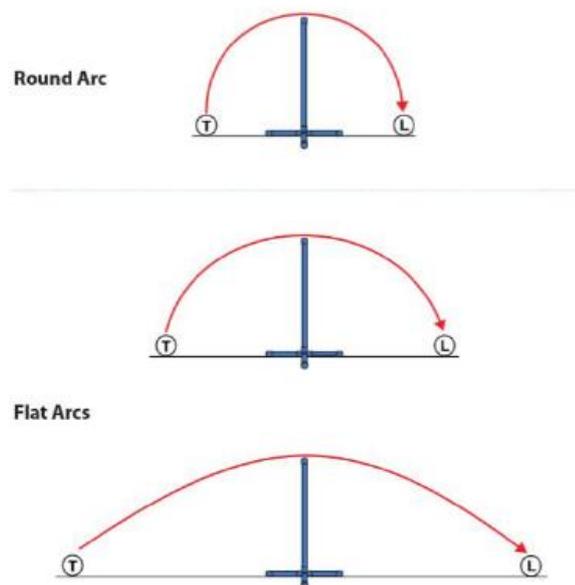


Figure 16 : Comparaison entre une trajectoire arrondie (A) et aplatie (B et C) (Mecklenburg, 2007)

Légendes : T = point d'appel et L= point d'atterrissage.

De plus, un saut plat sera souvent moins traumatique pour l'animal qu'un saut en cloche, il est donc à privilégier lorsque la trajectoire le permet.

c. Les forces et les impulsions

Lors d'un saut de 60 cm de hauteur, la mesure de la composante verticale de la force de réaction du sol à la réception donne une force de 45N/kg. Cela signifie que l'impact sur un chien devant sauter cette hauteur est égal à 4,5 fois le poids de son corps pour les membres thoraciques et 3 fois le poids de son corps pour les membres pelviens. Il y a une corrélation de cette force avec l'angle d'atterrissage : plus la trajectoire est aplatie, plus cette force est faible. Lors de trajectoires fluides, non serrées, les impacts seront donc plus faibles (Pfau *et al.*, 2011).

De plus, lors du franchissement d'une haie, la distribution du poids sur les membres est modifiée. Ainsi, 60 % du poids se retrouve sur les membres thoraciques contre 40 % sur les membres pelviens. Lors d'un saut en longueur, le rapport de poids se rapproche plus de celui atteint lors de la course. En effet, 57 % du poids se positionne sur les membres thoraciques lors d'un saut en longueur (et donc 43 % sur les membres pelviens) contre 58 % du poids sur les membres thoraciques lors de la course (Pfau *et al.*, 2011).

C'est la répétition des sauts, et donc de ces forces appliquées au membre qui pourrait être responsable des blessures au niveau des membres thoraciques qui touchent le sol en premiers, notamment au niveau des épaules. De plus, lors de la réception depuis un obstacle, les membres thoraciques atterrissent de manière asymétrique. Ainsi, lors de l'interprétation des valeurs de force rapportées dans l'étude de Pfau *et al.* (2011), il était probable que l'un ou les deux membres subissent plus de 50 % de la valeur de force combinée.

Finalement, l'étude de la biomécanique du saut permet de détailler l'ensemble des forces en jeu, et nous donne ainsi des pistes de réflexion sur les facteurs de risques de blessure. Le saut, commun à de nombreux sports canins, est un exemple de mouvement à risque, susceptible de justifier certaines affections de l'appareil locomoteur du chien de sport. Il s'agira alors de présenter ces différentes affections, pouvant toucher les groupes musculaires, tendineux, ligamentaires ou articulaires.

Deuxième partie : Affections locomotrices liées au saut

La médecine sportive canine est une branche de la médecine axée entre autre sur les blessures subies lors des activités sportives canines, incluant leur prévention, diagnostic et traitement (Zink et Carr, 2018). Les blessures peuvent être causées à divers tissus, notamment les os (fractures), les muscles, les ligaments et les tendons (déchirures), le système cardiovasculaire (déshydratation et stress thermique), la peau (lacérations) et bien d'autres.

Le type de blessure varie en fonction du sport pratiqué par le chien (Baltzer, 2012). Les membres thoraciques sont particulièrement touchés en raison de la biomécanique du saut qui implique une réception sur eux. Les chiens réalisant des sauts (agility notamment), sont particulièrement sujets aux blessures au niveau des membres thoraciques, notamment le membre dominant, car le chien atterri préférentiellement sur un membre (Baltzer, 2012). Les blessures peuvent résulter directement d'un traumatisme induit par l'activité ou par un accident lors de l'activité, d'une surcharge (choc, utilisation préférentielle d'un membre) trop importante ou chronique, ou encore d'une maladie orthopédique préexistante.

Nous nous focaliserons dans cette partie sur les blessures les plus fréquentes pouvant toucher l'appareil locomoteur et liées à la réalisation d'un saut chez le chien. L'appareil locomoteur est le système d'organes conférant l'aptitude à se mouvoir physiquement. Il comprend les membres et l'axe vertébral chez le chien.

1. Affections musculaires

On distingue les blessures avec ou sans lésions anatomiques :

- Atteinte sans lésion anatomique :
 - Les courbatures
 - Les crampes
 - Les contractures
- Atteinte avec lésion anatomique :
 - La contusion
 - L'élongation
 - Le claquage
 - La déchirure
 - La rupture

Toutes les affections musculaires peuvent être secondaires à un saut mal exécuté ou une perte d'équilibre.

A. Blessure sans lésion anatomique

a. La courbature

La courbature correspond à une douleur musculaire diffuse d'un ou de plusieurs groupes musculaires, qui apparaît après un effort inaccoutumé (Grandjean, 1996). La douleur apparaît progressivement dans les 24 à 48 heures après l'effort (Fouriez-Lablee, 2004). Elle peut durer jusqu'à une semaine (Proske *et al.*, 2003). A la palpation, le muscle est tendu et dur. Les mobilisations passives et actives sont douloureuses sur l'ensemble des groupes musculaires concernés par la courbature, surtout en partie charnue du muscle.

Le raccourcissement des muscles fait céder la douleur mais l'hyperextension l'augmente (Fouriez-Lablee, 2004). Les courbatures sont surtout dues à l'accumulation de métabolites (protons, ammoniac, acide lactique), à un œdème interstitiel (provoqué par la rupture des capillaires sanguins), à des micro-lésions des structures intramusculaires (au niveau des ponts d'actine et de myosine), et à l'apparition d'une lyse cellulaire après un effort important. Leur seuil d'apparition augmente avec l'entraînement (Fouriez-Lablee, 2004).

b. La crampe

La crampe est une contraction musculaire douloureuse, intense et involontaire, d'un muscle ou d'un groupe musculaire survenant brutalement et qui régresse progressivement à l'étirement (Grandjean, 1996).

L'impotence fonctionnelle est immédiate et totale. La douleur est permanente au repos, à la contraction, à l'étirement et à la palpation. Elles peuvent survenir avant ou après l'effort. Une crampe survenant pendant un effort peut être liée à une déficience du geste sportif (Fouriez-Lablee, 2004). Elle est aussi très souvent secondaire à des troubles vasculaires, par la pratique d'un effort musculaire trop répété, trop localisé et/ou maintenu trop longtemps (Decory, 1992a).

En effet, l'insuffisance circulatoire diminue l'apport nutritionnel du muscle, ce qui provoque un retard d'élimination des déchets, potentiellement amplifié par une déshydratation liée à l'effort (Decory, 1992a). L'acidose entraîne une entrée cellulaire de proton (H^+) et une sortie de potassium (K^+). De plus, le catabolisme glucidique et protidique concomitant entraîne également une sortie cellulaire de potassium. Par conséquent, la concentration plasmatique de K^+ augmente. La régulation de ce phénomène se fait par le biais de l'aldostérone, qui permet l'excrétion du potassium par les reins, contre la réabsorption de sodium (Na^+) ou de H^+ (Decory, 1992a).

Cependant si la régulation est insuffisante, en raison d'une quantité importante de K^+ , la concentration plasmatique trop élevée en K^+ cause une diminution du gradient sodique (Na^+), et l'activité de l'échangeur $NCX Ca^{2+}/3Na^+$ est réduite, ce qui conduit à une accumulation de calcium dans la cellule.

La concentration calcique intracellulaire jouant un rôle primordial dans la contraction, ce mécanisme aboutit à une contraction involontaire prolongée de la cellule musculaire, et par extension du muscle (Grandjean, 1996). Après l'effort, la crampe peut être due à la fatigue musculaire ou à l'engorgement du muscle par un excès de catabolites, à chaud ou à froid (Decory, 1992a).

c. La contracture

La contracture est une contraction musculaire douloureuse, involontaire et prolongée, d'un ou de plusieurs faisceaux musculaires ou muscles, non réductible par simple étirement (Grandjean, 1996). La douleur est permanente au repos, à la contraction, à l'étirement et à la palpation. La palpation révèle un muscle induré et douloureux, avec une zone précise plus dure où la douleur est dominante. Il y a une augmentation du volume musculaire, mais pas d'hématome ni d'ecchymose (Decory, 1991).

Les contractures peuvent être dues primitivement à l'acidose, avec le même mécanisme que celui décrit pour la crampe, mais exacerbé. Elles apparaissent ainsi en particulier lors d'un effort inhabituel, excessif, sur un muscle mal préparé, lors de conditions climatiques particulières, lors de gestes sportifs non appropriés, ou encore en cas de lésions extra-sportives (Decory, 1991).

B. Blessure avec lésion anatomique

a. La contusion (retrouve pas)

La contusion est un écrasement de fibres musculaires par choc direct sur un muscle, le plus souvent en pleine contraction, avec apparition de micro-ruptures capillaires (veinules, artérioles) (Grandjean *et al.*, 2002). À la suite de cet écrasement, un œdème apparaît, tout d'abord localisé puis plus diffus. Des ecchymoses apparaissent en 24 à 48 heures après le traumatisme (Fouriez-Lablee, 2004). Il est possible de mettre en évidence à la palpation un point précis où la douleur est dominante. La douleur et la sidération musculaire sont rapidement réversibles (Grandjean, 1996).

b. L'élongation

L'élongation est une lésion simple de certaines fibres musculaires du muscle, provoquée par un étirement (Grandjean, 1996). Elle correspond au dépassement des capacités élastiques du muscle de plus de 60%. Ceci implique une distension réversible des fibres musculaires, avec des micro-déchirures et un effilochage des myofibrilles (Decory, 1992b). Le tissu conjonctif reste intact.

On peut avoir, en outre, une contracture musculaire et une diminution de la force. Généralement la douleur et l'impotence fonctionnelle passent et réapparaissent au repos dans les heures qui suivent (Decory, 1992b). Elle a souvent lieu lors de gestes inappropriés.

c. Le claquage

Le claquage correspond à une rupture de quelques fibres musculaires à la suite d'une élongation excessive (Grandjean, 1996). La rupture de myofibrilles se fait perpendiculairement à leur orientation, et s'accompagne généralement d'une hémorragie interne au niveau du muscle. A l'effort, cette rupture est brutale et audible par un claquement suivi d'une douleur violente et localisée.

L'impotence fonctionnelle est immédiate et complète. Une dépression plus ou moins importante apparaît au niveau du muscle atteint : c'est le site du claquage. Puis elle disparaît et est remplacée par un œdème, la palpation demeurant douloureuse. Le muscle est ensuite restitué intégralement,

le tissu conjonctif de soutien n'étant pas rompu. La douleur et l'impotence fonctionnelle sont plus importantes que lors d'une simple élongation (Fouriez-Lablee, 2004).

d. La déchirure musculaire

La déchirure correspond à une rupture de fibres musculaires, à la suite d'une élongation au-delà de leur potentiel physiologique, avec atteinte du tissu conjonctif de soutien (Grandjean, 1996). La rupture de myofibrilles se fait perpendiculairement à leur orientation. On distingue deux stades de déchirure (le stade 2 et le stade 3). Il peut tout d'abord y avoir une atteinte d'un contingent réduit de fibres musculaires et une atteinte modérée du tissu conjonctif de soutien, sans désorganisation exagérée et sans d'hématome musculaire (Fouriez-Lablee, 2004). Les symptômes sont un claquement audible suivi d'une douleur vive en « coup de poignard », survenant au cours de l'activité sportive. L'évolution est souvent favorable, avec une cicatrisation de bonne qualité en 10 à 15 jours (Grandjean, 1996).

Au stade supérieur il y a une atteinte de nombreuses fibres musculaires et une atteinte plus sévère du tissu conjonctif de soutien, qui se trouve désorganisé, avec formation d'un hématome intramusculaire localisé (Fouriez-Lablee, 2004).

e. La rupture musculaire

Une rupture est une déchirure totale de l'ensemble d'un muscle, associée à une atteinte sévère du tissu conjonctif de soutien et à la formation d'un hématome volumineux et diffus. La douleur est extrême et l'impotence fonctionnelle totale (Grandjean, 1996). Le claquement des fibres musculaires est également audible.

f. L'avulsion musculaire

L'avulsion musculaire désigne l'arrachement, l'extraction du muscle ou d'une partie de celui-ci de son insertion osseuse. Elle peut avoir lieu lors d'effort intense ou de traumatisme lié à l'exercice par exemple.

C. Lésions spécifiques au saut

a. Elongation ou déchirure du muscle ilio-psoas

- Anatomie : (voir Figure 17)

Le muscle psoas majeur a pour origine les processus transverses des deuxième et troisième vertèbres lombaires et des corps vertébraux des quatrième à septième lombaires. Il fusionne ensuite avec le muscle iliaque (débutant au niveau de l'ilium), pour former le muscle ilio-psoas, s'insérant au niveau du petit trochanter du fémur. Le nerf fémoral passe entre les fibres du psoas et de l'ilio-psoas (Barone, 1980).

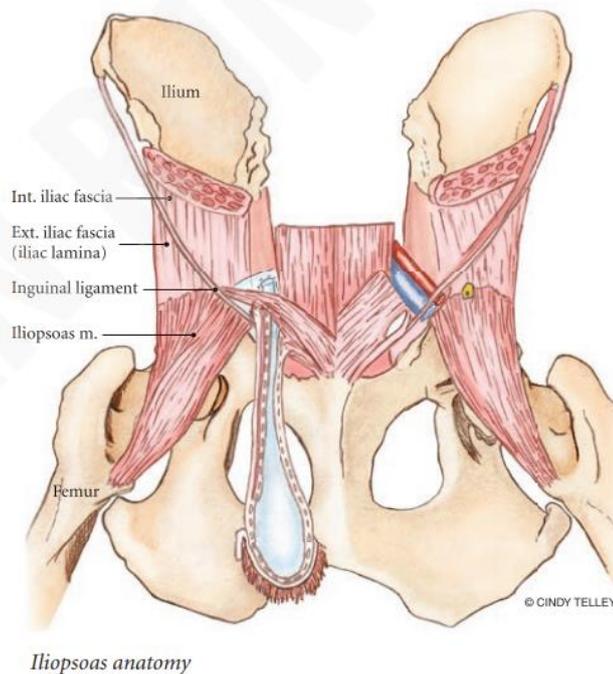


Figure 17 : Anatomie du muscle iliopsoas, d'après Canapp (2007b)

L'ilio-psoas a pour fonction la flexion de l'articulation de la hanche, ainsi que l'adduction et la rotation externe du fémur. Lorsque les membres pelviens sont fixes, il permet la flexion et la stabilisation de la colonne vertébrale au niveau lombaire (Cabon et Bolliger, 2013).

➤ Lésions et épidémiologie :

L'ilio-psoas étant un muscle profond, il est le plus souvent sujet à des elongations, même si des déchirures peuvent se produire (Marie, 2015). On peut ainsi avoir différents degrés d'atteinte. La zone de lésion est souvent la jonction musculo-tendineuse, qui est la plus fragile, ou encore le tendon lui-même, généralement à son origine.

Les chiens de sport sont prédisposés à cette affection. En effet, la course et les sauts, notamment, occasionnent des microtraumatismes répétés pouvant favoriser son apparition. De plus, un traumatisme survenant pendant la pratique de l'activité peut être un facteur déclenchant, par exemple lorsque le chien glisse en écartant ses membres pelviens (Marie, 2015). Des situations sont particulièrement à risque : les réceptions brutales comme lors du passage de la palissade en ring, les sauts avec les membres pelviens en extension, les tourner courts lors desquels le chien peut glisser, le slalom en agility...(Canapp, 2007b).

L'insuffisance de préparation musculaire, un mouvement inapproprié, un échauffement inadéquat ou une fatigue musculaire sont des facteurs favorisants (Marie, 2015).

➤ Signes cliniques :

La présentation clinique la plus fréquente est celle de chiens ayant une boiterie unilatérale intermittente avec appui, s'aggravant à l'effort. A l'examen clinique, on peut palper le tendon d'insertion de l'ilio-psoas sur un chien détendu et se laissant manipuler. Lorsque le chien est couché sur le dos, il est palpable à la base du « V » formé par le fémur et le bassin (Figure 18). On peut facilement sentir le petit trochanter, et le muscle ilio-psoas est plus profond, accolé à la face interne

de l'ilium (Marie, 2015). Si ce muscle est lésé, la palpation permet de mettre en évidence de la douleur et un spasme. La Figure 18 illustre la position du chien et la zone où palper le tendon de l'ilio-psoas.



Figure 18 : Palpation du tendon de l'ilio-psoas, d'après Canapp (2007b)

On peut également mettre en évidence une douleur et une diminution des capacités d'extension, due à la douleur ainsi qu'à la fibrose lors de lésions chroniques, en examinant l'animal debout. On place pour cela la hanche en extension et en abduction (Figure 19).



Figure 19 : Extension et abduction de la hanche gauche (Canapp, 2007b)

En raison de l'anatomie du nerf fémoral, qui passe entre les fibres du psoas et de l'ilio-psoas, une neuropathie fémorale peut apparaître lors d'une déchirure ou d'une élongation du muscle. Elle se caractérise par une diminution du réflexe patellaire et de la proprioception consciente, une faiblesse du train arrière, et une atrophie du quadriceps fémoral (Cabon et Bolliger, 2013).

b. Avulsion du muscle gastrocnémien

- Anatomie : (Figure 20)

Le muscle gastrocnémien se situe au niveau des membres pelviens. Il fait partie des muscles jambiers caudaux, et se trouve dans la loge surale. Il possède 2 chefs charnus, l'un médial l'autre latéral. Chaque chef s'attache sur la tubérosité supra-condyloire correspondante du fémur, englobant l'os sésamoïde supra-condyloire. Ils se rejoignent en un fort tendon commun qui se termine sur la partie crâniale de la tubérosité calcanéenne (Robert, 2010).

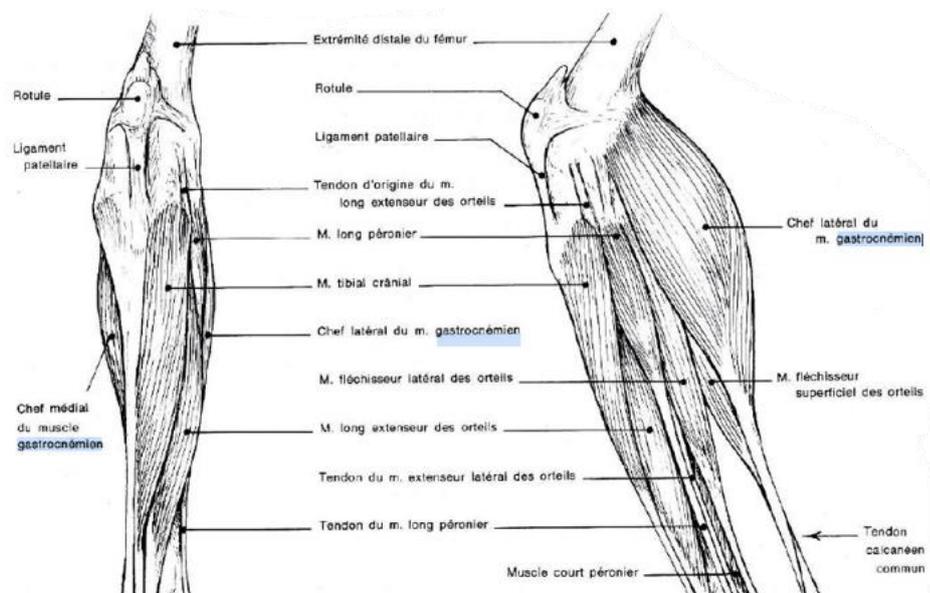


Figure 20 : Anatomie du muscle gastrocnémien d'après R. Barone (1980)

Il a pour rôle de fléchir le grasset et d'étendre le tarse, il réalise ainsi une extension du jarret. En statique il permet le maintien de l'angle articulaire du jarret (lors de rupture, il y a une plantigradie caractéristique). Lors de la locomotion, c'est l'agent principal de la détente du membre lors de la propulsion chez les quadrupèdes (Robert, 2010).

➤ Lésions, épidémiologie et clinique :

L'avulsion du muscle gastrocnémien survient au niveau de la tubérosité supra-condyloire du fémur. Une avulsion complète entraîne une boiterie aiguë sans appui, tandis qu'une avulsion partielle, lors de laquelle une partie de l'origine du muscle reste attachée au fémur, entraîne une boiterie sévère mais avec appui (Baltzer, 2012). Le jarret est hyper-fléchi chez les chiens qui essaient de poser leur membre atteint (Baltzer, 2012). Cette affection est rare et généralement traumatique.

2. Affections tendineuses

En ce qui concerne les blessures tendineuses, on retrouve d'une part les mêmes mécanismes et la même classification que les blessures musculaires, et d'autre part des lésions inflammatoires, les tendinites.

A. Elongation, déchirure, luxation

a. *Elongation, déchirure ou luxation du tendon fléchisseur superficiel des doigts (FSDt)*

➤ □Anatomie : (voir Figure 21)

De nombreux muscles s'insèrent au niveau des doigts du chien par des tendons, permettant ainsi leur extension ou leur flexion. Parmi les fléchisseurs, l'un des plus importants est le FSDt.

Chez le chien, il se place juste en arrière du muscle fléchisseur radial du carpe (Robert, 2010). Il occupe la moitié caudo-médiale de l'avant-bras. Il prend origine au sommet de l'épicondyle médial de l'humérus. Son corps charnu est allongé et mêlé de nombreuses intersections tendineuses. Il se prolonge par un long tendon qui emprunte le canal carpien (gaine synoviale propre) puis se clive dans la région métacarpienne pour se distribuer aux doigts II à IV. Chacune de ses branches tendineuses se termine en se divisant en deux sur le revers palmaire de l'extrémité proximale de P2 (sur les processus ou tubercules palmaires de P2) . Ce tendon permet l'absorption des chocs lors de la course ou de la réception d'un saut par exemple, et il permet aux doigts de s'accrocher au sol (Lotsikas et Lotsikas, 2011a).

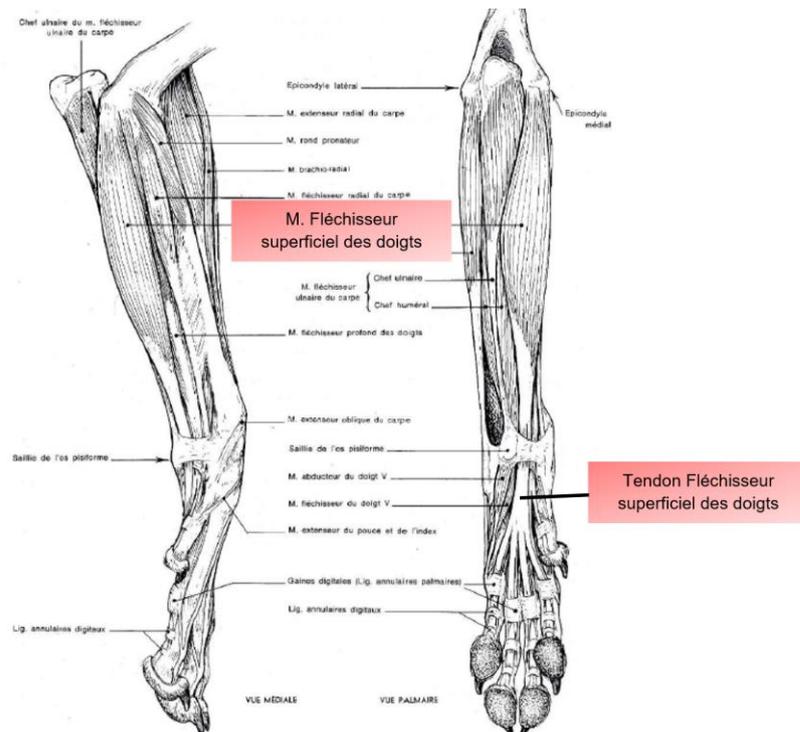


Figure 21 : Anatomie du FSDt, vue caudale, d'après R. Barone (1980)

➤ Lésions et épidémiologie :

Le FSDt peut subir une élongation ou une déchirure (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). La lésion varie d'une simple élongation à une complète rupture des fibres. Ce type de blessure a lieu notamment à la suite d'une hyperextension du carpe. Celle-ci survient à la réception d'un saut important. Au niveau des membres pelviens on retrouve le tendon superficiel des orteils, l'équivalent du FSDt. Celui-ci coiffe le calcanéus, formant la « calotte calcanéenne », qui s'attache de chaque côté du sommet du calcanéus par une bride (Robert, 2010).

Une lésion possible est une luxation au niveau de l'os calcanéen. Elle est généralement latérale. Les border collies et les bergers des Shetland sont prédisposés à cette affection (Baltzer, 2012). Elle peut survenir, par exemple, lors d'un saut ou d'une mauvaise réception.

➤ Signes cliniques :

Les signes cliniques d'une élongation ou d'une déchirure peuvent varier d'une légère sensibilité dans la zone du tendon à une boiterie immédiate du membre atteint, en fonction de la gravité des lésions (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). Si la déchirure est partielle, la plupart du temps le chien retrouve une démarche normale au bout d'un ou deux jours. Néanmoins, la guérison des fibres induit la formation d'un tissu cicatriciel, plus fragile, prédisposant le tendon à de nouvelles lésions (Marie, 2015).

Si une déchirure complète se produit par la suite, le tendon devient non réparable, et une démarche anormale peut persister (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). En cas de luxation, le chien présente une boiterie et une douleur des membres pelviens. Les orteils peuvent être en extension lorsqu'il se tient debout sur le membre affecté. En palpant la zone du calcanéus on peut sentir que le tendon est mobile et peut être replacé et luxé à nouveau (Baltzer, 2012).

b. Lésion du tendon calcanéen commun

➤ Anatomie : (voir Figure 22)

Le tendon calcanéen commun, est composé de cinq structures tendineuses : le tendon du gastrocnémien, le FSDt, et le tendon commun du biceps fémoral (côté latéral), du gracile et du semi-tendineux (côté médial). Il forme une sorte de corde fibreuse très solide et saillante, formant un relief caractéristique sous la peau, appelé la corde du jarret.

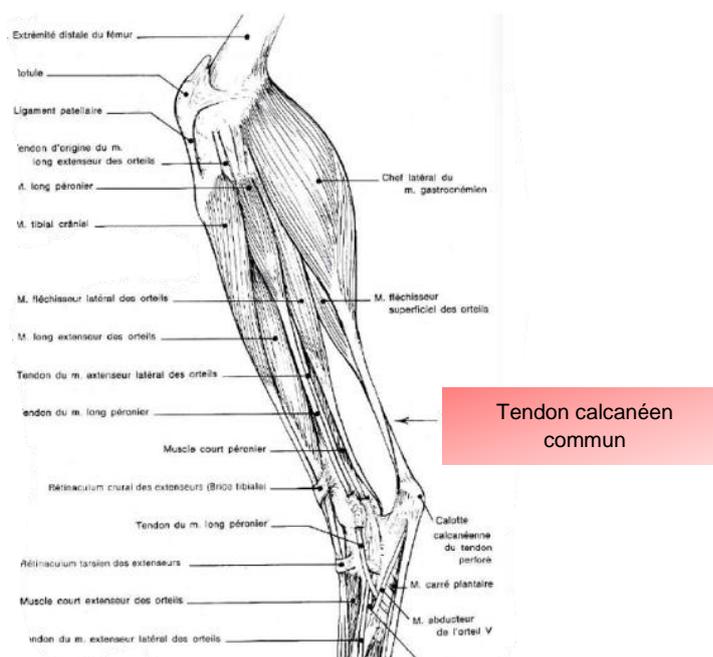


Figure 22 : Anatomie du tendon calcanéen commun, d'après R. Barone (1980)

➤ Lésions, épidémiologie et clinique :

Des lésions aiguës ou chroniques du tendon calcanéen commun peuvent survenir. Les lésions aiguës sont des déchirures ou des ruptures (Baltzer, 2012). Les lésions chroniques peuvent aussi être des déchirures ou des ruptures progressives, mais parfois il s'agit de lésions d'une autre nature, dont la pathogénie n'est pas encore comprise (Baltzer, 2012).

Ces affections sont assez rares, mais on remarque qu'elles concernent généralement des chiens sportifs de grande race, et on suppose qu'elles peuvent être liées à des atteintes répétitives durant l'exercice (Grandjean, 1996).

Cliniquement, on aura une boiterie des membres pelviens, avec une hyperflexion du jarret voire une posture plantigrade. La palpation du tendon peut révéler un épaissement, un amincissement ou une taille normale (Baltzer, 2012).

B. Tendinite

a. Tendinite du biceps brachial

➤ Anatomie : (voir Figure 23 et Figure 24)

Le biceps brachial est un muscle fusiforme avec un tendon à chaque extrémité. Son corps charnu longe la face médiale (crânialement) de l'humérus. Son tendon d'origine (proximal) s'insère sur le tubercule supra-glénoïdal de la scapula. Il passe crânialement à la capsule articulaire de l'épaule, puis glisse dans le sillon inter-tuberculaire, dans lequel il est maintenu par le ligament huméral transverse. Ce glissement est favorisé par un récessus de la synoviale articulaire de l'épaule. Son tendon distal passe contre la face crâniale de la capsule articulaire du coude, à laquelle il adhère, et se termine par deux branches : l'une courte et faible sur la tubérosité du radius, l'autre longue et plus forte à la base de l'olécrane (côté médial).

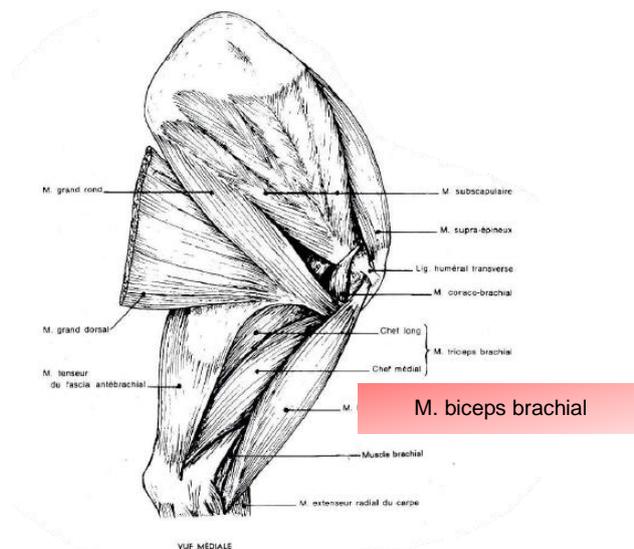


Figure 23 : Anatomie du muscle biceps brachial, d'après R. Barone (1980)

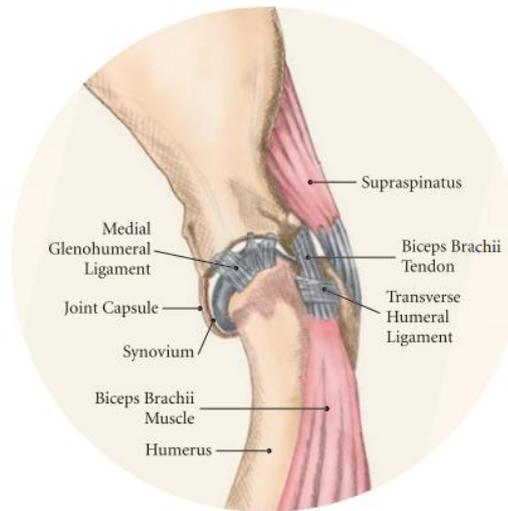


Figure 24 : Anatomie de la région de l'épaule, notamment du tendon du biceps brachial d'après Canapp (2007a)

Le muscle biceps brachial a pour rôle de fléchir le coude et d'étendre l'épaule. Le tendon du biceps brachial contribue à la stabilité passive de l'articulation de l'épaule, notamment dans les positions de soutien et de fléchissement, et procure une stabilité médiale de l'articulation de l'épaule lors de son extension (Wernham *et al.*, 2008).

➤ Lésions et épidémiologie :

Les chiens prédisposés sont les animaux de moyenne à grande taille, adultes ou âgés, les chiens sportifs et en particulier les chiens d'agility (Wernham *et al.*, 2008).

Les facteurs déclenchants de tendinites bicipitales sont variés, avec deux causes majeures : un traumatisme, avec une collision par exemple, ou l'usure chronique du tendon, souvent secondaire à une activité sportive (Wernham *et al.*, 2008).

L'inflammation du tendon est généralement secondaire à une succession de microtraumatismes, survenant surtout lors de l'atterrissage vertical sur les membres thoraciques après un saut, de changements de direction rapides... (Canapp, 2007a)

Comme nous l'avons vu (1.2.c.a), la biomécanique du saut implique généralement une réception sur un membre thoracique puis l'autre, et le membre dominant est ainsi davantage soumis à des contraintes susceptibles de provoquer des lésions.

➤ Signes cliniques :

Dans le cas d'un chien de sport, le propriétaire peut observer des modifications de comportement lors de son activité : baisse de performance, difficultés voire refus de sauter, chute de barres... A l'examen à distance, on observe une boiterie du membre thoracique avec appui, de légère à sévère selon les cas, s'aggravant à l'effort (Wernham *et al.*, 2008). Le chien est douloureux à la manipulation de l'épaule, que ce soit en extension ou en flexion. Lors de l'observation et de la palpation de l'animal debout, on a une atrophie des muscles supra-épineux et infra-épineux. Le degré d'atrophie musculaire est lié à la chronicité et à la gravité de l'atteinte tendineuse (Marie, 2015). Plus précisément, on peut palper le tendon du biceps brachial, au sein de la gouttière bicipitale, l'épaule étant fléchie et le coude tendu, comme sur la Figure 25. Si on met en évidence une douleur, cela

suggère fortement une tendinite bicipitale, mais un test négatif ne permet pas d'exclure cette affection (Marie, 2015).



Figure 25 : Pression sur le tendon du biceps brachial, l'épaule étant fléchie et le coude tendu, d'après Wernahm *et al.* (2008)

Un autre test possible est le test de rétraction du biceps (Grandjean, 1996). Le chien est debout, et l'examineur place sa main médialement au coude, de façon que l'olécrane se retrouve dans sa paume. L'index est ensuite positionné au niveau de l'insertion distale du tendon du biceps brachial et repoussé vers l'arrière. Si une douleur est mise en évidence, cela suggère une tendinite bicipitale, mais ce test n'est pas pathognomonique, et un test négatif ne permet pas d'exclure cette affection (Marie, 2015).

b. Tendinopathie du supra-épineux

➤ Anatomie : (Figure 26)

Le muscle supra-épineux est le plus gros muscle propre à l'épaule. Son corps charnu, épais, est formé de fibres pennées. Il s'insère dans la fosse supraépineuse et le long du bord crânial de la scapula qu'il déborde largement. Il se termine par un fort tendon sur le sommet du tubercule majeur de l'humérus (Chateau, 2019a).



Figure 26 : Anatomie de la région de l'épaule, notamment du supra-épineux et de son tendon, d'après Canapp (2007a)

C'est le muscle le plus puissant et le plus directement impliqué dans l'extension de l'épaule. Il maintient l'angle articulaire de l'épaule au repos (action posturale, antigravitaire). Il est également stabilisateur grâce à une contention latérale de l'épaule (Chateau, 2019a).

➤ Lésions et épidémiologie :

De nombreuses affections peuvent affecter le tendon du supra-épineux. Les plus décrites sont : la déchirure de la coiffe des rotateurs, la tendinite avec calcification, la tendinite sans calcification avec des microdéchirures, et la tendinite de surutilisation du muscle (Canapp, 2007a).

La tendinopathie du supraépineux est souvent due à des microtraumatismes répétés, en particulier lors de la réception de sauts, de mouvements d'hyperextension de l'épaule, ainsi que lors de virages rapides (Canapp, 2007a).

Ces affections sont assez rares de manière générale, mais beaucoup plus fréquentes chez les chiens de sport, en particulier chez les chiens de grandes races, les chiens de ring et d'agility (Canapp, 2007a).

➤ Signes cliniques :

Une tendinopathie du supraépineux entraîne généralement une boiterie intermittente avec appui du membre thoracique concerné. Cette boiterie s'aggrave à l'effort et elle résiste aux traitements classiques (anti-inflammatoires notamment).

A l'observation et à la palpation on peut avoir un supraépineux atrophié, selon la chronicité de l'atteinte. Une douleur peut être mise en évidence à la palpation directe du tendon et à la flexion de l'épaule, mais pas systématiquement. Une tendinite bicipitale concomitante peut être révélée (Canapp, 2007a ; Marcellin-Little *et al.*, 2007).

3. Affections ligamentaires

A. Rupture du ligament croisé crânial (LCCr)

➤ Anatomie : (Figure 27)

L'articulation du genou est complexe. Elle est composée de ligaments fémoro-tibial au nombre de quatre : ligament croisé caudal, LCCr, ligament collatéral médial et ligament collatéral latéral. On retrouve aussi, dans l'articulation du genou, deux ménisques : le ménisque médial et le ménisque latéral (Chateau, 2019b). Le LCCr est intra-articulaire mais extra-synovial. Il prend origine dans une large fossette située sur le revers interne du condyle fémoral latéral. Il se dirige vers l'avant et se termine dans l'aire intercondyloire crâniale du tibia. De profil, il est oblique en direction disto-crâniale, et vu de face, il est très oblique et croise le plan médian du côté latéral vers le côté médial. Quand le genou est en extension, l'ensemble du LCCr est tendu. Lors de la flexion du genou, il se produit une rotation interne physiologique du tibia, et le ligament se tord sur lui-même. Ceci permet de distinguer deux bandes : l'une crânio-médiale tendue en permanence, l'autre caudo-latérale, relâchée lors de la flexion (Chateau, 2019b).

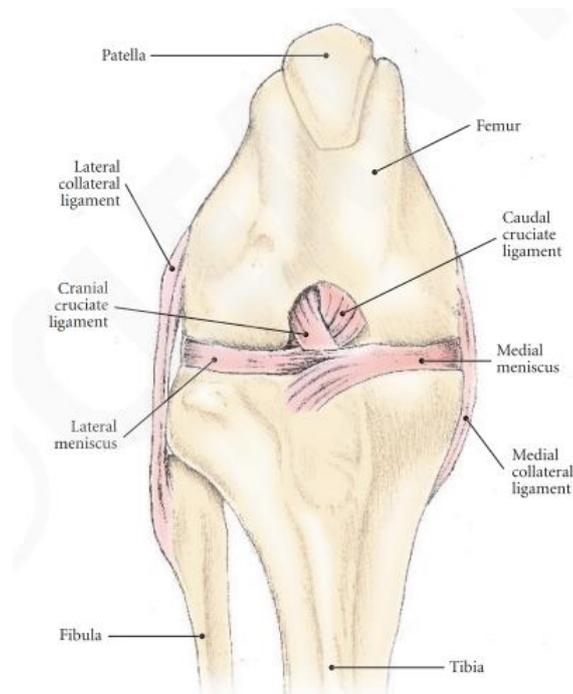


Figure 27 : Anatomie du grasset chez le chien, d'après Canapp (2007c)

La connaissance des rôles du LCCr est fondamentale pour comprendre les signes cliniques observables en cas de rupture de ce ligament :

- Limiter l'avancée crâniale du tibia : à l'appui, le genou est stable et le tibia se déplace de façon limitée.
- Limiter la rotation interne du tibia.
- Limiter l'hyperextension du grasset : Une hyperextension douloureuse du grasset est évocatrice d'une rupture du LCCr.
- Limiter le varus-valgus en flexion : en extension ce sont les collatéraux qui les limitent car ils sont tendus, inversement ils sont distendus en flexion.

Les ménisques sont situés entre le fémur et le tibia et sont constitués de structures fibrocartilagineuses semi-lunaires. Ils absorbent les chocs grâce à leur structure fibro-cartilagineuse (on observe la formation d'arthrose si on les enlève), ont donc une énorme importance dans le soutien articulaire. Ils permettent ainsi de stabiliser l'articulation et de protéger la capsule articulaire (Chateau, 2019b).

➤ Lésions et épidémiologie :

La rupture du LCCr est une affection relativement fréquente chez le chien (Viateau, 2023a). Plusieurs facteurs de risques ont été identifiés, notamment l'obésité ou le surpoids et l'augmentation de l'âge. La rupture du LCCr peut être partielle ou complète. Les causes de rupture sont les traumatismes (hyperextension et rotation interne du grasset, lorsque le chien tourne brutalement ou saute dans un trou par exemple), la dégénérescence associée à l'âge (Viateau, 2023a), et aussi ce que Canapp (2007c) appelle la routine du « weekend warrior ». Cela concerne les chiens de sport ayant une activité faible en semaine et très forte le weekend, lors des entraînements ou des compétitions. Ceux-ci sont particulièrement à risque (Canapp, 2007c). Les chiens ayant eu une

rupture du LCCr sur un membre ont 50 à 70% de risques d'en développer une sur le deuxième membre, d'où l'intérêt d'une prise en charge rapide et efficace afin de limiter le report de poids sur l'autre membre (Canapp, 2007b).

➤ Signes cliniques :

Un traumatisme brutal est plutôt à l'origine d'une rupture complète du ligament, et le chien présente alors une boiterie sans appui, avec des signes de douleur, qui s'estompe dans les jours qui suivent (Viateau, 2023a). On observe une amyotrophie qui se met en place assez rapidement, en 2 à 3 semaines généralement. On a souvent une déformation médiale du grasset très évocatrice, surtout en chronique. En effet, la rotation interne est aggravée, d'où une fibrose de la capsule en face médiale, liée à une sollicitation accrue du ligament collatéral médial, qui compense en partie cette rotation. On peut aussi avoir une distension capsulaire avec épanchement articulaire dû à la synovite, qui limite la palpation du ligament patellaire. Enfin, on constate une douleur à la pression, surtout sur le compartiment caudal et médial. La douleur est davantage présente en phase aiguë (surtout en hyperextension lors de ruptures partielles, mais aussi en flexion).

Le signe pathognomonique est le signe du tiroir, direct ou indirect. Il peut être difficile à réaliser sur un chien musclé, et il ne faut pas hésiter à tranquiliser l'animal pour le myorelaxer (Viateau, 2023a). Il est illustré par les Figure 28 et Figure 29.

Si on prend un chien couché en décubitus latéral droit et qu'on se place derrière le chien :

❖ Signe du tiroir direct : On cherche à mettre en évidence des mouvements de cisaillement entre le fémur et le tibia. La main droite est sur le fémur (pouce et majeur sur les condyles fémoraux, l'index sur la rotule), l'autre main sur le tibia (pouce et majeur sur les condyles tibiaux et l'index sur la crête tibiale). La main sur le fémur est fixe et seule la main sur le tibia bouge, de l'arrière vers l'avant. Le test est positif si on observe un déplacement crânial du tibia par rapport au fémur (Viateau, 2023a).



Figure 28 : Signe du tiroir direct positif chez un chien, d'après Viateau (2023a)

❖ Signe du tiroir indirect : On utilise la force musculaire du chien. Il faut mettre au préalable le grasset en extension, puis on tente de fléchir le jarret pour entraîner l'instabilité. On place l'index sur la crête tibiale pour sentir une éventuelle avancée du tibia. En situation physiologique, il est normalement impossible de fléchir le tarse lorsque le grasset est en extension, grâce à l'appareil

réciroque. En effet, si on essaye de fléchir le tarse, cela entraîne une extension des gastrocnémiens, qui tirent en arrière le fémur sur lequel ils sont insérés, et poussent le tibia en avant. Cette poussée est normalement enrayée par le LCCr. Lors de rupture de ce ligament, on a une flexion du jarret car le tibia peut avancer par rapport au fémur.

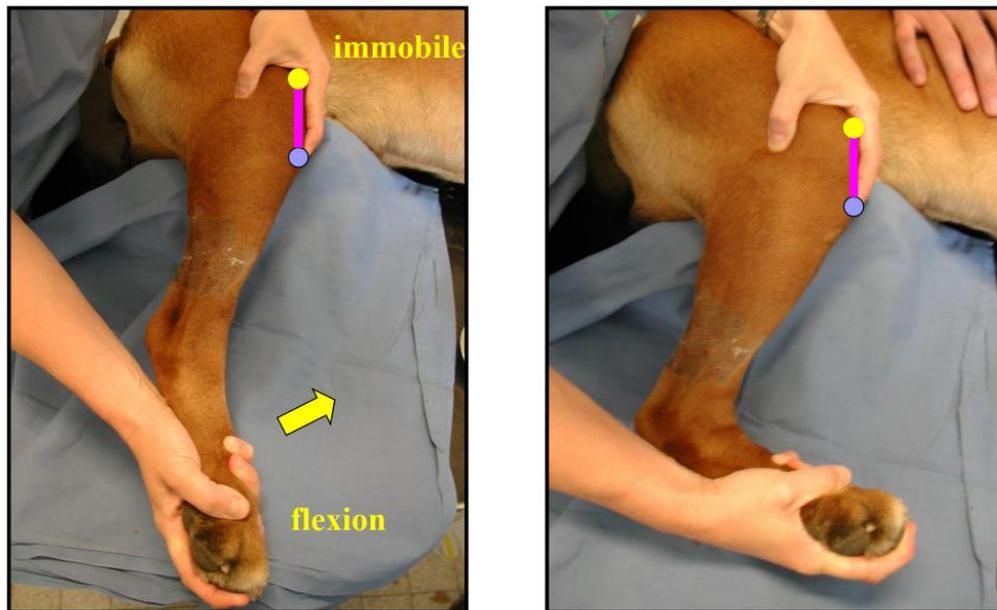


Figure 29 : Signe du tiroir indirect positif chez un chien, d'après Viateau (2023a)

A cause de sa localisation, le LCCr ne peut pas être visualisable à l'échographie.

B. Instabilité du ligament gléno-huméral medial (LGHM)

➤ Anatomie : (Figure 30)

Les ligaments gléno-huméraux, situés de chaque côté de l'articulation de l'épaule, correspondent à des renforcements fibreux de la capsule. Ils sont assez faibles et peu distincts de la capsule (sauf chez les très grandes races). Le latéral est plus fort que le médial (Barone, 1980).

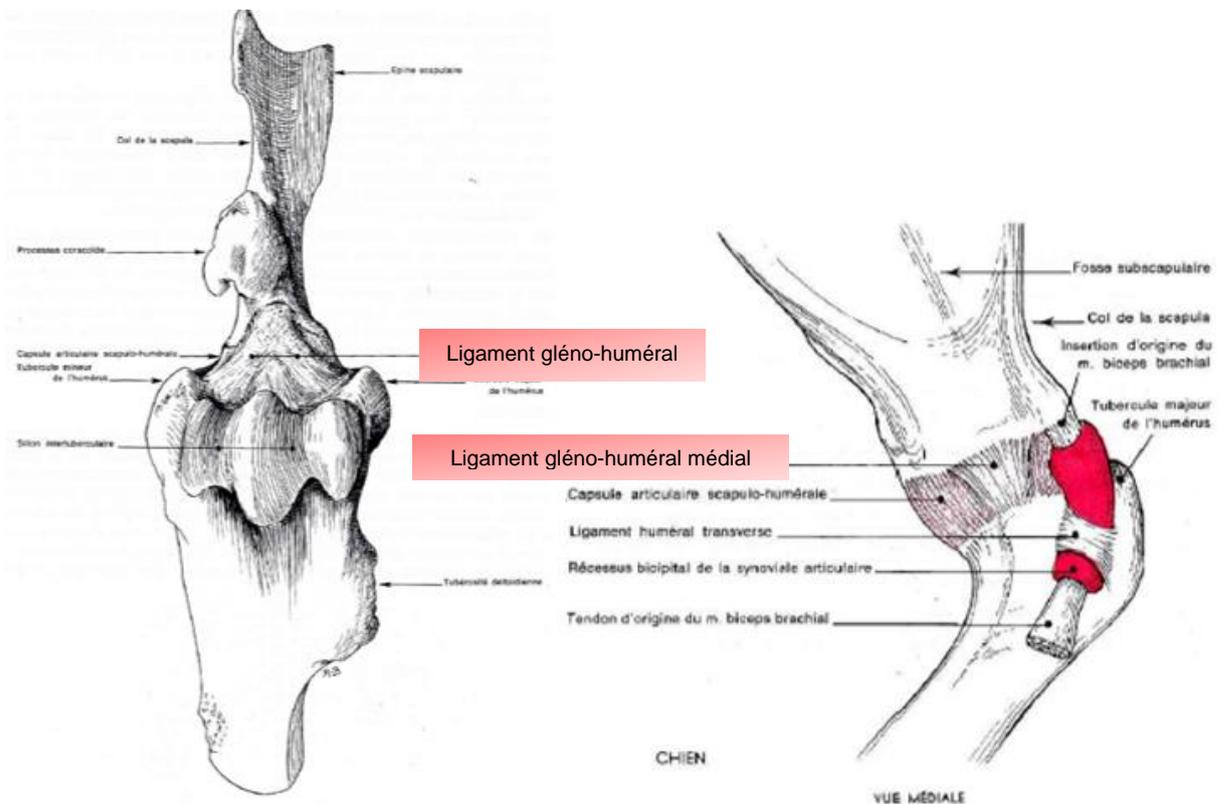


Figure 30 : Anatomie du LGHM, d'après R. Barone (1980)

➤ Lésions et épidémiologie :

L'instabilité du LGHM, aussi appelée instabilité médiale de l'épaule, est une affection relativement fréquente chez le chien de sport.

Ici encore, une activité répétitive chronique ou une surutilisation de ce ligament pourrait être à l'origine de la dégénérescence des tissus, les prédisposant à des lésions voire à une rupture. Les mouvements plaçant l'épaule en abduction importante mettent les tissus mous en partie médiale de l'épaule sous tension (Marcellin-Little *et al.*, 2007). De plus des traumatismes peuvent se produire et affecter les ligaments, en particulier lorsque l'animal glisse sur le sol ou les obstacles, ou lorsqu'il franchit la palissade en ring par exemple (Marie, 2015).

➤ Signes cliniques :

Les chiens souffrant d'une instabilité du LGHM refusent parfois de sauter ou de tourner court, et il peut présenter une boiterie unilatérale, intermittente et avec appui du membre.

A l'examen clinique, suivant la chronicité de l'atteinte, on peut noter une atrophie musculaire de l'épaule concernée et une capacité d'extension de l'épaule diminuée. On observe, de plus, de la douleur et de l'inconfort durant l'abduction de l'épaule, et, dans les cas les plus graves, une subluxation de l'épaule. Une tendinopathie du tendon du supraépineux peut être concomitante. En mesurant l'angle d'abduction de l'épaule sur un animal en décubitus latéral, l'épaule et le coude étant maintenus en extension, on peut établir un diagnostic d'instabilité médiale de l'épaule. Une abduction normale est d'environ 30°, tandis que lors d'une instabilité médiale de l'épaule, elle peut aller jusqu'à 90° (Marcellin-Little *et al.*, 2007).

C. Entorse du carpe et du tarse

➤ Anatomie : (Figure 31 et Figure 32)

Le carpe est composé de plusieurs articulations : l'articulation antébrachio-carpienne, à l'origine de 70% de la motricité du carpe, les articulations inter-carpiennes (proximales, distales et médio-carpiennes) et l'articulation carpo-métacarpienne (Jaeger et Canapp, 2008).

Les ligaments principaux du carpe sont le ligament collatéral médial (radial) et le ligament collatéral latéral (ulnaire), qui soutiennent des deux côtés les différentes articulations (Jaeger et Canapp, 2008). De nombreux ligaments dorsaux et ventraux viennent compléter leur action, mais on trouve peu de muscles à ce niveau.

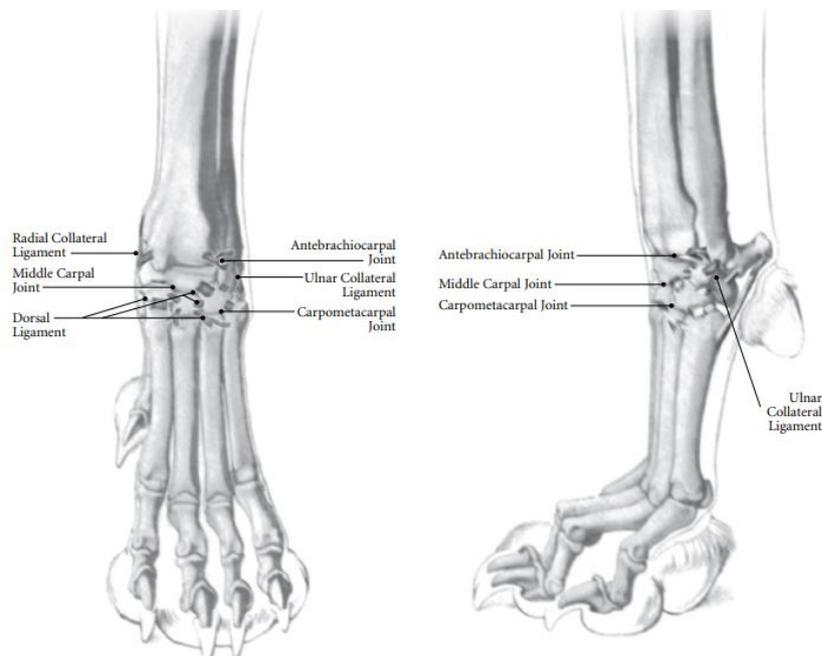


Figure 31 : Anatomie du carpe chez le chien d'après Jaeger et Canapp (2008)

Le tarse est composé de plusieurs articulations : l'articulation tarsocrurale, responsable à 80 % de la mobilité du tarse, les articulations inter-tarsiennes (proximales, distales et médio-tarsiennes), et l'articulation tarso-métatarsienne (Jaeger et Canapp, 2008).

De nombreux ligaments supportent également le tarse, comme pour le carpe : le ligament collatéral médial, le ligament collatéral latéral, et des ligaments dorsaux et plantaires (Jaeger et Canapp, 2008).

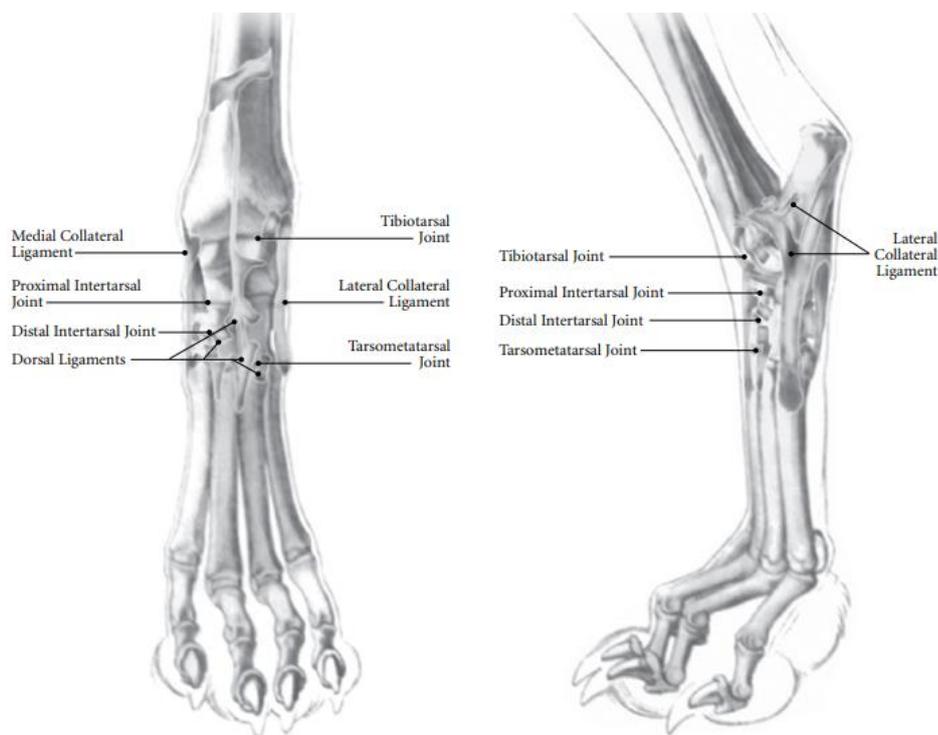


Figure 32 : Anatomie du tarse chez le chien d'après Jaeger et Canapp (2008)

➤ Lésions et épidémiologie :

Les entorses sont des lésions (distension ou rupture) d'un ligament n'entraînant pas une perte permanente des rapports normaux de l'articulation (Viateau, 2023b).

Elles sont classées selon leur importance et leur gravité (Viateau, 2023b):

- Degré 1 : On observe une élongation du ligament, il n'y a alors pas de modification des rapports normaux entre les surfaces articulaires.
- Degré 2 : On note une déchirure partielle du ligament et toujours une absence de modification des rapports normaux entre les surfaces articulaires.
- Degré 3 : Il y a rupture du ligament, avec modification possible, non permanente des rapports entre les surfaces articulaires. Une instabilité dynamique est présente.
- Degré 4 : il y a une avulsion du ligament (dans le cas où le ligament est désinséré d'une de ses extrémités), l'instabilité dynamique est aussi présente.

Chez le chien de sport, les entorses peuvent résulter soit d'un traumatisme brutal, soit de microtraumatismes répétés au niveau des articulations (Marie, 2015). L'hyperextension, mais aussi l'hyperflexion avec une rotation, un varus ou un valgus, ou encore une dégénérescence ligamentaire peuvent favoriser l'apparition d'entorses.

Ce sont les affections les plus fréquentes du carpe et du tarse chez les chiens d'agility et les chiens de flyball (Baltzer, 2012). Le carpe est particulièrement sollicité lors de la réception d'une haie ou d'une palissade, où il se trouve souvent en hyperextension, comme vu dans l'étude de la biomécanique du saut (Pfau *et al.*, 2011) (voir I.2.c.a) Le tarse est moins souvent atteint, mais les contraintes qu'il subit, en particulier lors de phase de propulsion durant la course, favorisent aussi des lésions à son niveau.

Plus spécifiquement, le ligament palmaire du carpe est fortement sollicité lors d'une hyperextension, et est ainsi souvent lésé, en particulier chez les chiens de flyball (Baltzer, 2012). On remarque également une atteinte fréquente des ligaments collatéraux du carpe. Les ligaments collatéraux latéraux du tarse, lors d'un effort intense, peuvent provoquer une fracture avulsion au niveau de la fibula distale (Baltzer, 2012). Du fait de leur faible vascularisation, les ligaments mettent du temps à cicatriser (Viateau, 2023b). Une instabilité peut perdurer tout au long de la vie de l'animal lorsque l'entorse est de grade élevé, une arthrodèse peut alors être nécessaire (Viateau, 2023b).

➤ Signes cliniques :

On observe des symptômes immédiats et constants, avec systématiquement une douleur et une boiterie, plus ou moins marquées selon la gravité de l'entorse, et de l'articulation touchée (Viateau, 2023b). La boiterie est souvent très franche les premiers jours puis s'estompe.

Cependant, l'intensité de la boiterie et de la douleur n'est pas forcément proportionnelle à la gravité de la lésion. On observe également une déformation avec une dilatation de la capsule articulaire et un gonflement des tissus mous, une instabilité articulaire pour les entorses de degré 2 et 3 (pathognomonique), et parfois une angulation articulaire anormale (plutôt pour les entorses de degré élevé) (Viateau, 2023b).

D. Les luxations

Les luxations traumatiques sont des affection dans lesquelles les surfaces articulaires perdent complètement et le plus souvent de façon permanente leurs rapports anatomiques normaux (Viateau, 2023b). Les luxations du carpe et du tarse peuvent être dues, comme les entorses, à une hyperextension, un valgus, un varus ou une hyperflexion avec rotation.

Au niveau du carpe, c'est l'articulation antébrachio-carpienne qui est la plus souvent touchée, à cause de sa grande mobilité et de sa conformation. Au niveau du tarse, ce sont les articulations inter-tarsiennes qui sont les plus touchées, en raison de leur faible surface articulaire comparée à l'articulation tarsocrurale qui stabilise le tarse (Lotsikas et Lotsikas, 2011a).

La luxation patellaire est une affection relativement fréquente chez les chiens de petites et de grandes races. Elle correspond au déplacement de la patella en dehors de la trochlée fémorale, médialement (80-90% des cas ; plutôt chez les petits chiens) ou latéralement (plutôt chez les grands chiens) (Canapp, 2007d).

La luxation patellaire peut être d'origine traumatique ou congénitale, cette dernière étant bien plus fréquente. Les luxations patellaires d'origine traumatiques sont très rares dans le cadre des sports canins.

4. Affections articulaires

A. L'arthrose

L'arthrose est une affection complexe car elle possède une étiologie multifactorielle. On retiendra 2 principales étiologies qui sont parfois associées (Cimino Brown, 2017) :

- Une contrainte anormale sur un cartilage normal : c'est la chondrose mécanique. Le cartilage dégénère à la suite de traumatismes. C'est ce qui nous intéresse le plus dans le cadre du sport, car l'activité physique augmente souvent les contraintes sur les articulations. On distingue des contraintes anormales :
 - Soit d'origine mécanique, le problème étant aggravé par les traumatismes : par exemple :
 - Une hyperlaxité ligamentaire (exemple de la dysplasie coxo-fémorale)
 - Un défaut de congruence (exemple de la dysplasie du coude)
 - Les défauts d'aplomb
 - Une instabilité (exemple de la LCCr)
 - Une amyotrophie
 - Une fibrose capsulo-ligamentaire
 - Soit d'origine traumatique : par exemple :
 - Des traumatismes articulaires : entorses, luxations, fractures articulaires...
 - Une sommation de micro-traumatismes cartilagineux : les articulations d'un animal de sport subissent davantage de contraintes que celles d'un animal ayant peu d'activité. Il n'est pas prouvé que la pratique du sport puisse entraîner directement la formation d'arthrose, mais si un facteur favorisant est présent elle risque d'accentuer son développement (Cimino Brown, 2017).
- Une contrainte normale sur un cartilage anormal : c'est la chondrose structurale. Il d'agit d'affections spécifiques qui concernent moins notre sujet (ostéochondrose, arthrite auto-immune, affections métaboliques...), mais dont les symptômes peuvent être aggravés par la pratique d'un sport (Cimino Brown, 2017).

Les chiens de sport sont ainsi plus à risques de développer de l'arthrose, en raison des microtraumatismes répétés infligés aux articulations, en particulier au niveau des doigts (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). L'arthrose des doigts peut se développer à la suite d'une entorse, d'une instabilité articulaire, de dommages directs ou indirects au niveau de la surface articulaire ou d'un déficit osseux ou de cartilage (Lotsikas et Lotsikas, 2011a).

Les signes cliniques d'arthrose ne sont pas toujours facilement visibles, et varient beaucoup d'un animal à un autre. On observe surtout de la douleur, en particulier à froid en début d'évolution (Cimino Brown, 2017).

B. La fragmentation du processus coronoïde medial (PCM) traumatique

➤ Anatomie : (Figure 33)

Le coude est une articulation complexe faisant intervenir trois os : l'humérus, le radius et l'ulna. La congruence articulaire doit être parfaite, car le coude est une charnière. Le PCM de l'ulna est une surface d'appui très importante, avec un grand rôle mécanique (elle porte jusqu'à 25% des charges). Il s'articule avec la lèvre médiale de la trochlée humérale.

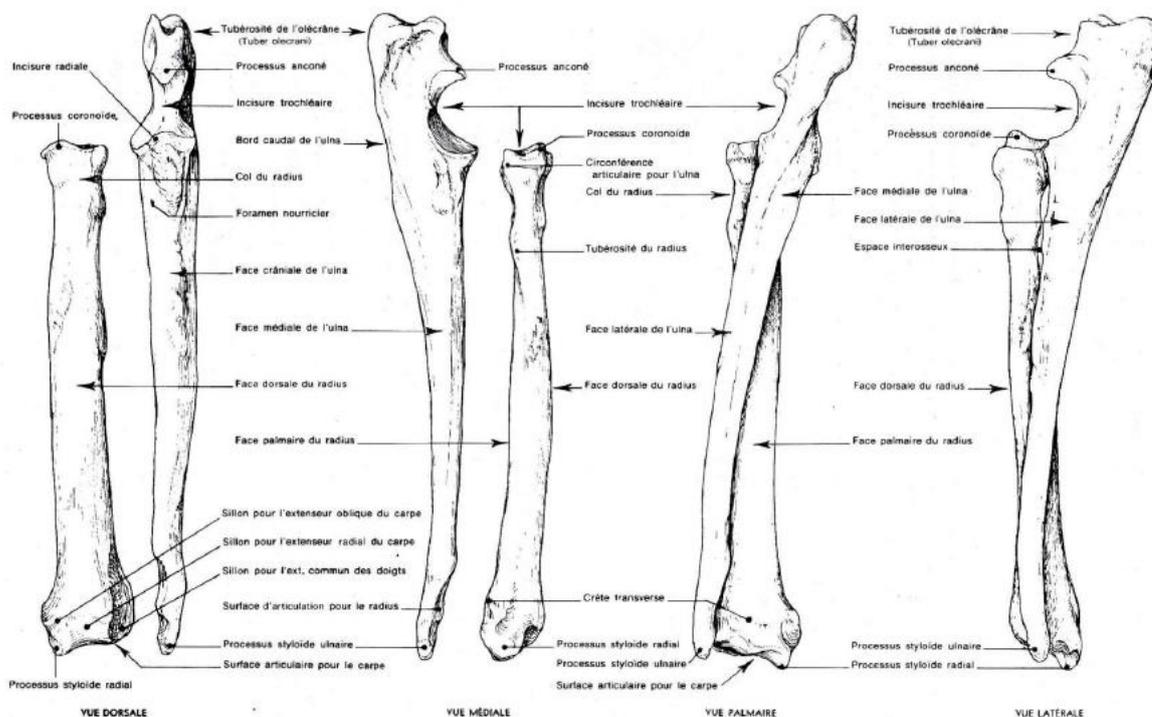


Figure 33 : Anatomie du PCM de l'ulna, membre gauche de chien, d'après R. Barone (1976)

➤ Lésions et épidémiologie :

La fragmentation du PCM est une affection qui peut être d'origine congénitale (surtout chez les jeunes chiens de grande race), mais aussi traumatique chez les chiens de sport de toute race et de tout âge (Worth et Cave, 2018).

Il s'agit d'une fracture du PCM de l'ulna, appelé « jump down syndrom », ou fragmentation du PCM traumatique. Cette affection est plutôt courante chez les chiens de sport, mais peu décrite dans la littérature.

La cause la plus probable est la répétition de chocs, notamment lors de la réception des sauts, qui pourrait entraîner des micro-fractures de l'os sous le cartilage, dans la zone sous-chondrale (Canapp et Hulse, 2008). De plus, on suppose que des surcharges répétées au niveau du coude peuvent entraîner la contraction du biceps brachial, dont l'insertion distale se situe à la base de l'olécrâne, à proximité du PCM de l'ulna, ce qui peut accentuer les contraintes sur cette zone. Les micro-fractures de l'os sous-chondral peuvent s'aggraver en fractures de fatigue dans des cas sévères (Canapp et Hulse, 2008).

Les chiens souffrant d'incongruence articulaire du coude sont prédisposés à ce syndrome (Worth et Cave, 2018). En effet, les contacts anormaux peuvent conduire à une augmentation des charges au

niveau du PCM. Cette affection est très arthrogène. On observe en effet le développement d'arthrose dans 80 à 90 % des cas (Worth et Cave, 2018).

➤ Signes cliniques :

Cette affection se traduit par une boiterie pouvant varier de légère et intermittente à marquée et permanente. Le chien a tendance à placer le carpe dans une position de valgus exagérée lorsqu'il se tient debout ou assis. De plus, lors de la marche, il a tendance à porter le coude atteint en abduction. Cette boiterie ne répond pas aux anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) et au repos (Canapp et Hulse, 2008).

À la palpation, une douleur au niveau du compartiment médial du coude est mise en évidence. Lors de la manipulation du membre, la localisation de l'atteinte peut être confondue avec une douleur à l'épaule. En effet, lors de l'extension de l'épaule, le coude est fréquemment étendu : le biceps brachial est alors étiré, ce qui exerce une pression au niveau du PCM et de l'articulation inflammée. La douleur à la manipulation peut aussi être observée lors de l'hyperflexion du coude (Marie, 2015). Dans les cas chroniques, cette hyperflexion ne peut pas être atteinte, et une atrophie du côté atteint peut être visible (Canapp et Hulse, 2008).

5. Affections osseuses

Les fractures de stress (c'est-à-dire de fatigue) liées à la pratique du sport sont assez rares chez le chien.

De manière générale, on les retrouve davantage au niveau du carpe, du tarse ou des doigts. Le carpe et le tarse sont des sites possibles de fractures chez les chiens de sport, en particulier au niveau du site d'attachement des ligaments collatéraux (fracture d'avulsion). Ils peuvent également être sujets à des fractures dues à des forces de compression ou de cisaillement (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). L'os accessoire est un siège potentiel de fractures, à l'endroit d'insertion du tendon du fléchisseur ulnaire du carpe, en particulier lors d'hyperextension du carpe (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). L'hyperextension du tarse peut, quant à elle, conduire à une fracture du calcanéum (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). Ces fractures induisent une instabilité articulaire, mise en évidence lors de la palpation de cette zone ou lors de l'appui du membre (Lotsikas et Lotsikas, 2011a).

Les fractures des doigts sont rares chez les chiens de sport, mais elles peuvent tout de même survenir. Les chiens ont cinq doigts à chaque membres thoraciques, et quatre doigts à chaque membres pelviens. Chaque doigt comporte trois os, à l'exception du doigt I, n'en comportant que deux (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). L'extrémité du dernier os forme la griffe (Figure 34).

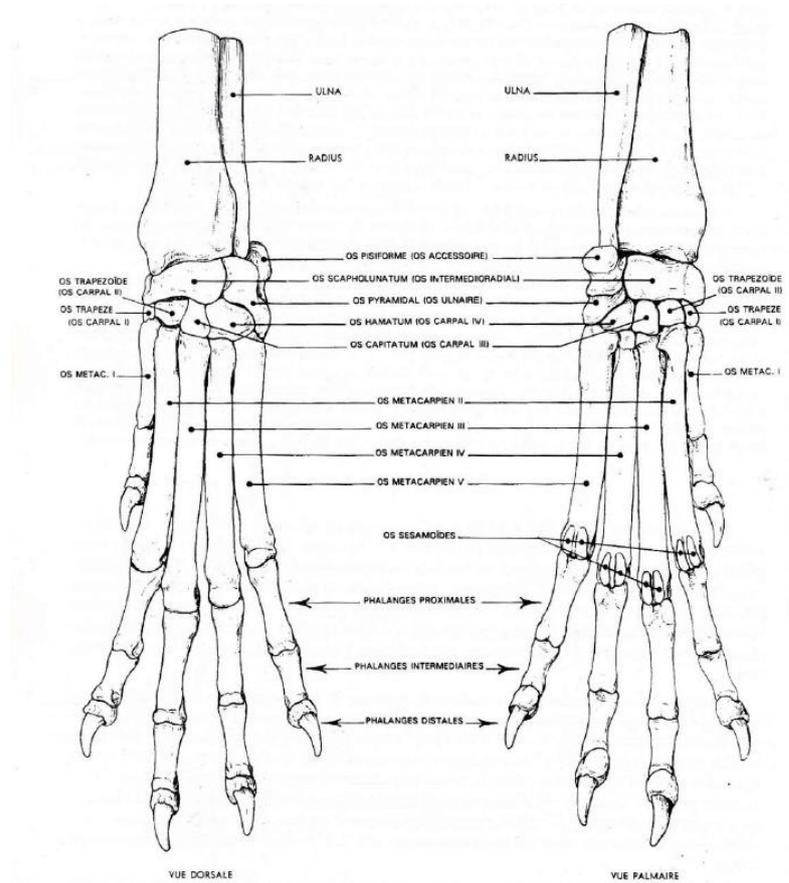


Figure 34 : Anatomie des doigts du chien, d'après R. Barone (1976)

Le doigt I, même s'il paraît rudimentaire, est très utile. Il aide à stabiliser l'articulation du carpe et participe à l'agrippement de la patte sur les surfaces, ce qui est très utile, notamment lors de virages serrés (Lotsikas et Lotsikas, 2011a). Il peut ainsi être lésé lors de course intense avec des trajectoires changeant rapidement, par exemple. Les doigts II et V sont les plus à risques de fracture, et les membres thoraciques sont plus atteints par rapport aux membres pelviens (Marie, 2015).

6. Affections vertébrales

Chez les chiens de sport, les affections vertébrales sont moins fréquentes que les affections des membres.

A. Les fractures et luxations vertébrales

Des fractures et des luxations vertébrales peuvent se produire lors de mouvements d'hyperflexion, d'hyperextension ou de rotation de la colonne vertébrale. Ces affections ne seront pas développées, étant très rares dans le cadre des sports canins (Marie, 2015).

B. La dégénérescence des disques intervertébraux

➤ Anatomie : (Figure 35)

La colonne vertébrale du chien est composée de sept vertèbres cervicales, treize vertèbres thoraciques, sept vertèbres lombaires, trois vertèbres sacrales et un nombre variable de vertèbres coccygiennes. Des disques intervertébraux sont présents entre chaque vertèbre, à l'exception des deux premières cervicales et des sacrales. Chaque disque est constitué d'un anneau fibreux et d'un noyau pulpeux. Ils confèrent de la stabilité et de la flexibilité à la colonne vertébrale, en absorbant les chocs.

➤ Lésions et épidémiologie :

La dégénérescence des disques intervertébraux peut survenir avec l'âge et précéder la survenue d'une hernie discale (Lotsikas et Lotsikas, 2011b). Une hernie discale est due à une dégénérescence du disque intervertébral et correspond :

- Soit à une extrusion du noyau pulpeux au travers de l'anneau fibreux rompu. Dans ce cas il y aura du matériel discal libre dans le canal vertébral.
- Soit à une protrusion du noyau pulpeux et de l'anneau fibreux dans le canal, ce qui provoque un bombement de la moelle. Il n'y aura alors pas de matériel libre dans le canal vertébral.

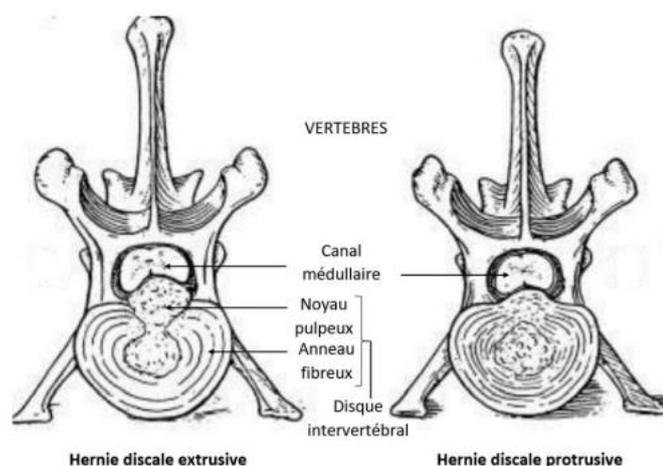


Figure 35 : Hernies discales extrusive/protrusive sur des vertèbres de chien, d'après Sharp (2005)

La hernie discale extrusive (Hansen 1) apparaît à la suite d'une dégénérescence chondroïde discale, responsable d'une rupture totale de l'anneau fibreux avec expulsion du noyau pulpeux dans le canal vertébral. Elle est généralement due à une métaplasie chondroïde du noyau pulpeux touchant principalement les races chondrodystrophiques (souvent chiens de petites races). La hernie discale se déclare alors après 3 ans et de manière aiguë (symptômes d'apparition brutale au moment de la rupture de l'anneau) (Blot, 2022).

La hernie discale protrusive (Hansen 2) fait suite à une métaplasie fibreuse du noyau, responsable d'un épaissement de l'anneau fibreux, à la suite de laquelle le noyau devenu fibreux s'engage dans la brèche, produisant un renflement de l'anneau fibreux résiduel (Blot, 2022). Le canal vertébral se voit donc rétréci sans que du matériel discal ne soit libre dans le canal. Elle touche essentiellement les chiens de grande race non chondrodystrophiques. La hernie discale se déclare

vers l'âge de 7-8 ans avec des signes frustrés, essentiellement neurologiques et apparaissant de manière chronique (Blot, 2022). Les chiens de sport peuvent plus facilement développer les symptômes de ce type d'affection en raison des mouvements répétitifs de flexion et d'extension de la colonne vertébrale qu'ils sont amenés à réaliser lors de la pratique de leur activité (Lotsikas et Lotsikas, 2011b).

➤ Signes cliniques :

Les signes cliniques peuvent être d'apparition brutale ou chronique. Ils dépendent de la région atteinte et du type de rupture de disque impliqué. Des douleurs au niveau du cou ou du dos peuvent être les premiers signes cliniques (Blot, 2022). Les chiens peuvent simplement montrer une baisse de performance ou une démarche raide.

Une dégénérescence de disque dans la région du cou entraîne plus souvent de l'inconfort, l'animal restant ambulateur, tandis que dans la région lombaire les signes cliniques seront plus sévères, à cause de la plus petite taille du canal vertébral dans cette région (Blot, 2022). Les chiens plus sévèrement atteints peuvent développer des pertes de proprioception, ainsi que des parapariésies et des paralysies des membres, voire une perte de la sensibilité profonde dans les cas les plus graves (Blot, 2022).

Dès lors, nous avons pu porter notre attention à diverses affections musculaires, tendineuses, ligamentaires et articulaires. L'ensemble de ces affections est favorisé par la réalisation de sauts lors de sport canin, en raison de traumatismes directs ou encore à cause des chocs répétés au niveau des différents tissus. Ces lésions des tissus mous sont difficilement interprétables avec la radiographie, ainsi d'autres examens complémentaires ont été étudiés (imagerie médicale ou arthroscopie). L'échographie, moins invasive et moins contraignante pour l'animal et le propriétaire, représente un grand intérêt dans l'étude des tissus mous. Nous porterons dès lors notre intérêt à la pratique de cet examen, afin de comprendre quel peut être son champ d'action et ses apports lors de l'examen clinique du chien.

Troisième partie : Diagnostic échographique des affections locomotrices liées au saut

Alors que le scanner et l'IRM (Imagerie par résonance magnétique) ont gagné en popularité pour l'évaluation de l'appareil locomoteur du chien et du chat, l'échographie musculo-squelettique représente une alternative complémentaire intéressante, peu coûteuse et toujours en développement (Penninck et d'Anjou, 2015). Très utilisée en médecine humaine et en équine, elle l'est encore trop peu en médecine des petits animaux (Cook, 2016). Laurent Couturier la qualifiait alors de « sous utilisée » (2006). Elle a pourtant l'avantage de pouvoir se réaliser sur un animal vigile, de permettre l'exploration de l'ensemble des tissus mous et d'être facilement transportable sur le terrain (lors d'évènements sportif par exemple).

Elle apparaît de plus en plus comme le complément indispensable des clichés radiologiques standards et le binôme Radiographie-Echographie devrait constituer le premier échelon de pratiquement toutes les analyses ostéo-articulaires pour résoudre de manière rapide et économique la majorité des interrogations cliniques (Penninck et d'Anjou, 2015).

Elle n'est pour autant pas l'examen de choix pour l'évaluation des lésions osseuses, vertébrales ou de l'arthrose, ces lésions ne seront donc pas abordées dans cette partie. En effet, pour ses lésions la radiographie ou l'examen tomodensitométrique sont préconisés.

1. Echographie des différentes structures de l'appareil musculo-squelettique du chien

L'échographie permet de visualiser principalement des structures comme les muscles et les tendons, mais aussi d'autres structures comme les ligaments, les capsules articulaires et les surfaces osseuses. Les éléments vasculaires et nerveux sont également observables.

A. Protocole utilisé et matériel nécessaire

Pour réaliser une échographie musculo-squelettique, les animaux sont placés en décubitus latéral. Les muscles crâniens, latéraux et caudaux sont examinés sur le membre du haut. Les muscles médiaux sont examinés sur le membre contre table avec une abduction du membre du haut. Les muscles doivent être évalués sur toute leur longueur de leur origine à leur insertion, en coupes longitudinale et transversale, la sonde devant être positionnée de manière à obtenir un alignement des fibres musculaires (Penninck et d'Anjou, 2015). On utilise, en fonction de la profondeur de la loge musculaire à étudier, des sondes linéaires de préférence, de plus ou moins haute fréquence généralement entre 8 et 15 Mhz (Cook, 2016). La comparaison entre le côté sain et le côté pathologique peut être contributive pour confirmer le diagnostic. L'étude doit être réalisée sur un muscle détendu et complétée éventuellement par des manœuvres dynamiques (Sans *et al.*, 2021).

Une sonde convexe peut être utilisée pour les régions curvilignes ou profondes avec une fréquence moins élevée. Un pad peut aussi être utilisé sur une sonde linéaire pour améliorer la qualité des images obtenues.

Enfin, l'échographie peut se réaliser sans sédation ni anesthésie la plupart du temps bien que l'examen dynamique peut trouver ses limites si le patient est douloureux (Penninck et d'Anjou, 2015).

B. Images des structures physiologiques

a. Les muscles

L'échographie permet de distinguer l'ensemble des composants anatomiques d'une loge musculaire : les fibres musculaires contractiles composant la partie centrale du muscle plutôt hypoéchogènes et un tissu conjonctif de soutien composé des éléments vasculonerveux et de fibres de collagène, laissant apparaître de fines travées obliques hyperéchogènes (Figure 36). Les muscles sont entourés par une fine surface hyperéchogène représentant le fascia et l'aponévrose d'enveloppe (Cook, 2016).

La jonction myotendineuse, zone de transition entre muscle et tendon, partie anatomique fragile et siège de la majorité des lésions traumatiques doit être examinée (Sans *et al.*, 2021).

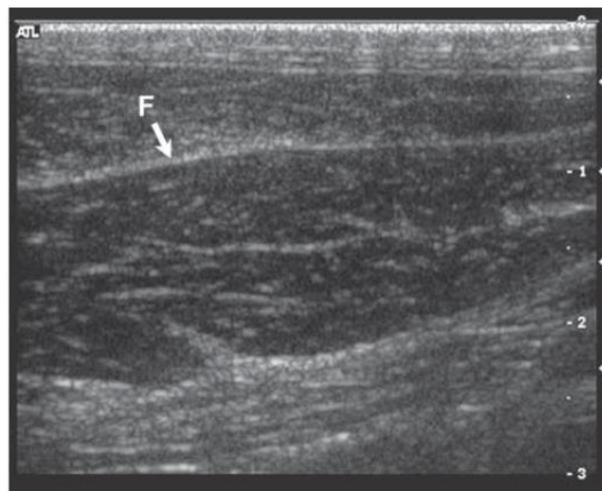


Figure 36 : Aspect échographique d'un muscle en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

Légende : F = Fascia

b. Les tendons et les ligaments

L'examen du tendon doit se faire dans ses deux plans : longitudinal et transversal.

Dans le plan longitudinal, le tendon apparaît comme une structure fibrillaire hyperéchogène, à bords parallèles, au sein d'une structure d'échogénicité intermédiaire. Le tout est entouré de deux lignes hyperéchogènes constituant la gaine tendineuse (Figure 37).

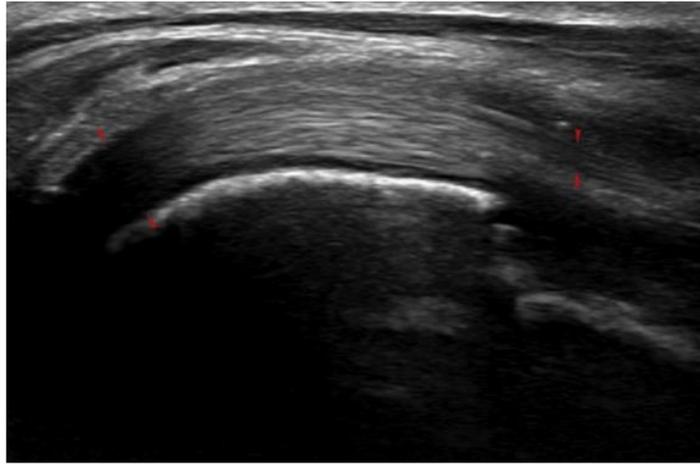


Figure 37 : Aspect échographique du tendon bicipital en coupe longitudinale, d'après King (2021)

Dans le plan transversal, le tendon est rond à ovale et présente un aspect de fin piqueté hyperéchogène (fibres de collagène) au sein d'une structure d'échogénicité intermédiaire (matrice de protéoglycanes) et entourée d'une gaine hyperéchogène (Figure 38).

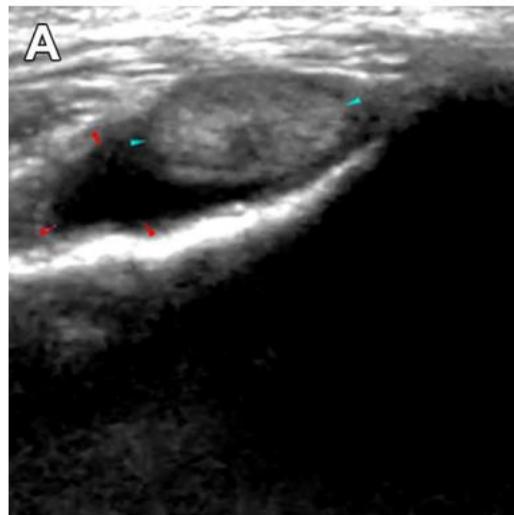


Figure 38 : Aspect échographique de la partie distale tendon bicipital en coupe transversale (têtes de flèche bleues), d'après King (2021)

Légende : tête de flèche rouge = Capsule articulaire normale

Les ligaments du chien et du chat sont de petites tailles et parfois « enchâssés » entre deux surfaces osseuses, ce qui rend leur évaluation échographique difficile.

En coupe longitudinale, les ligaments apparaissent hyperéchogènes avec une structure fibrillaire (Figure 39). La plupart des ligaments sont trop petits pour être identifiés de manière cohérente, en particulier dans les plans de coupe transversale et sont parfois difficilement dissociables de la capsule articulaire ou des fascias musculaires. Les ligaments avec des fibres en éventail sont souvent orientés obliquement (ligaments croisés) et sont généralement hypoéchogènes (Penninck et d'Anjou, 2015).

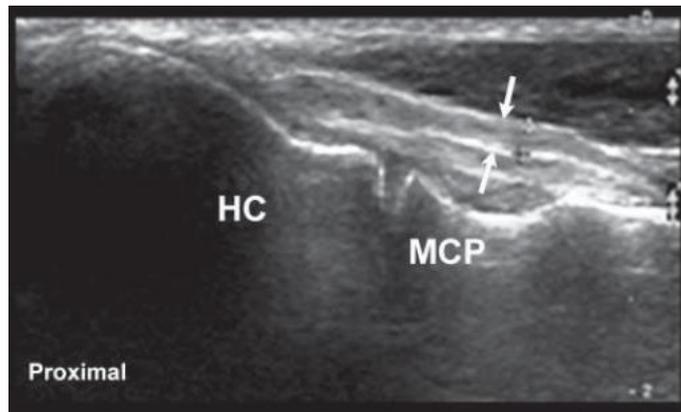


Figure 39 : Aspect échographique du ligament collatéral médial (flèches), d'après Penninck et d'Anjou (2015)

Légende : HC = condyle de l'humérus, MCP = PCM

c. Les surfaces osseuses et le cartilage

Les surfaces osseuses présentent une ligne hyper échogène généralement lisse avec un cône d'ombre associé (Cook, 2016) en raison de l'importante réflexion des ondes sonores sur la surface osseuse (Couturier, 2006) (Figure 40).

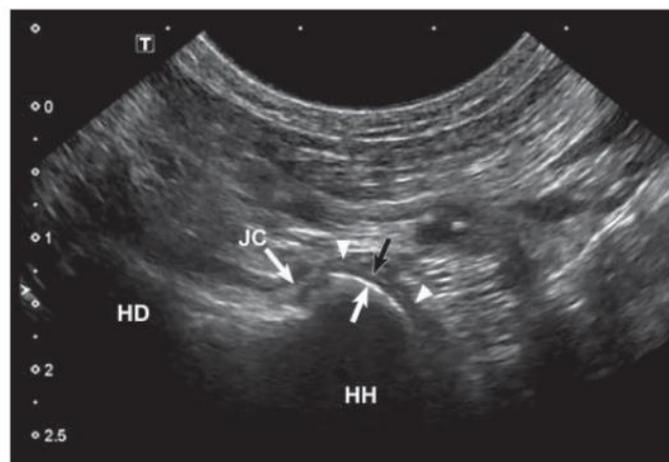


Figure 40 : Aspect échographique de l'articulation de l'épaule, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

Légende : HD = diaphyse de l'humérus, HH = tête de l'humérus, JC = capsule articulaire, flèche noire = cartilage articiel, flèche blanche = os sous-chondral, têtes de flèche = liquide synovial

Le cartilage est représenté par une fine ligne, uniforme et anéchogène inférieure à 1 mm d'épaisseur, avec une interface hyperéchogène n'appartenant pas au cartilage (Vandeveldé *et al.*, 2006) (Figure 41).

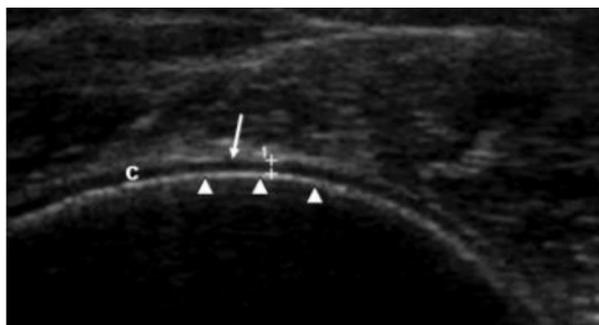


Figure 41 : Aspect échographique de la tête humérale et de son cartilage, d'après Vandeveld et al. (2006)

Légende : Têtes de flèche = tête de l'humérus, c = cartilage, flèche = interface hyperéchogène

La capsule articulaire, fine, est difficilement détectable car elle se confond avec les tissus mous qui la recouvrent. Elle devient plus facilement détectable en cas d'épanchement articulaire (Mattoon et Nyland, 2017).

2. L'articulation de l'épaule

A. Technique et méthode d'examen

On utilise une sonde linéaire avec des fréquences supérieures de 7,5 à 13 MHz. Il est possible d'utiliser une sonde convexe pour faciliter l'observation des zones curvilignes ou pour les portions profondes (Penninck et d'Anjou, 2015). L'animal est en décubitus latéral, le membre atteint vers le haut. Les deux épaules sont habituellement examinées afin de définir la pathologie en comparant à l'articulation contro-latérale normale (King, 2021). Les positions de la sonde et du membre de l'animal sont illustrées sur la Figure 42 et la Figure 43.

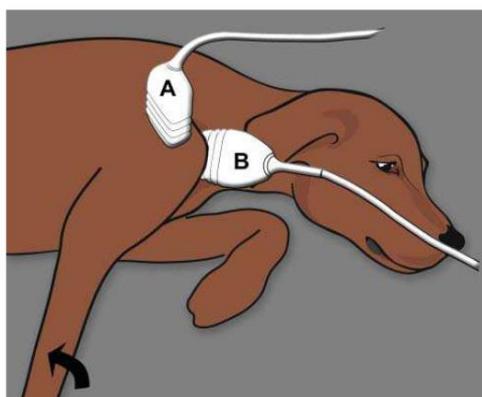


Figure 42 : Position de la sonde sur l'épaule du chien, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

A : position de la sonde pour l'échographie du muscle biceps brachial

B : position de la sonde pour l'échographie des muscles supra-épineux et infra-épineux



Figure 43 : Position de la sonde pour visualiser la face médiale de l'épaule chez le chien, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

B. Images normales des structures

- Muscles et tendons supra-épineux et infra-épineux

On peut tout d'abord observer les muscles supra et infra-épineux qui s'insèrent respectivement dans les fosses supra et infra-épineuses de la scapula et s'attachent sur le grand tubercule de l'humérus. En particulier le muscle supra-épineux est traversé par son tendon central hyperéchogène. Le reste du muscle présente les caractéristiques classiques des autres muscles (Bedu-Leperlier, 2011). Le tendon du muscle supra-épineux devient hypoéchogène et triangulaire en coupe longitudinale lorsqu'il traverse l'articulation scapulo-humérale (Cook, 2016) (Figure 44). En coupe transversale, il est situé médialement au tendon du muscle biceps brachial (Bedu-Leperlier, 2011).

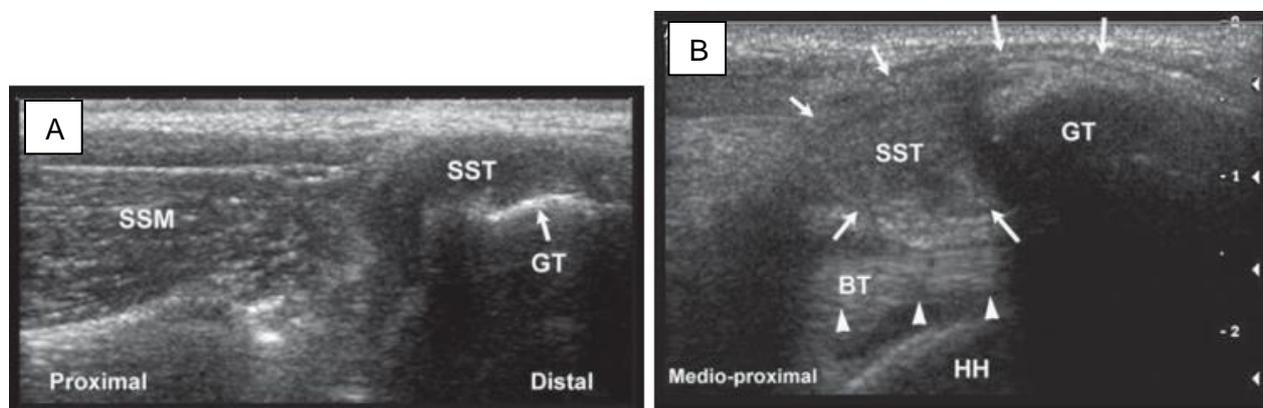


Figure 44 : Images échographiques du tendon du muscle supra-épineux proche de son insertion sur le tubercule majeur de l'humérus, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : A = coupe longitudinale, B = coupe transversale

SSM = muscle supra-épineux, SST = Tendon du muscle supra-épineux, GT = Tubercule majeur, BT et têtes de flèche = tendon du muscle biceps brachial, HH = tête de l'humérus

Quant au muscle infra-épineux, les fibres tendineuses de son tendon prennent naissance dans le corps charnu de celui-ci. Les fibres musculaires partent de cette ligne centrale en direction de la périphérie du muscle ce qui donne une image en arête de poisson aux muscles (Penninck et d'Anjou, 2015) (Figure 45). Il est recouvert par le chef spinal du muscle deltoïde et un est séparé par un fascia

intermusculaire hyper échogène. En partie latérale du tubercule majeur le tendon apparaît de façon classique avec des fibres hyper échogènes.

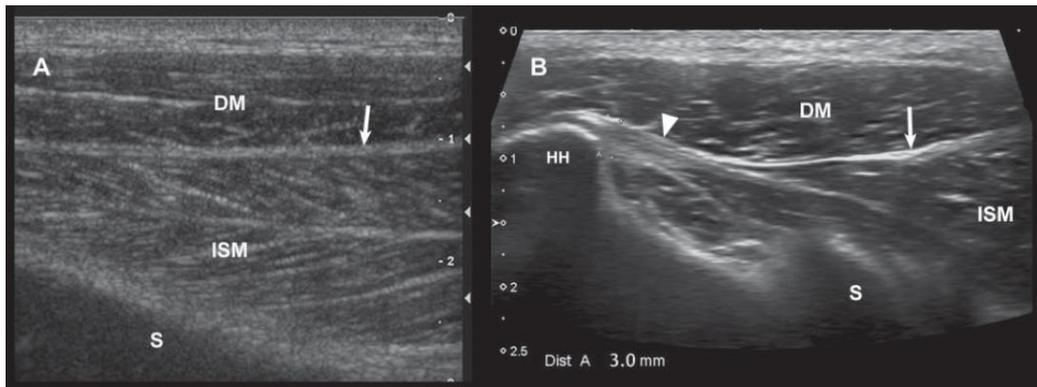


Figure 45 : Images échographiques du tendon et muscle infra-épineux en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : DM = chef spinal du muscle deltoïde, ISM = Muscle infra-épineux, HH = Tête humérale, S = scapula, flèches = fascia intermusculaire, tête de flèche = tendon du muscle infra-épineux

➤ Tendon bicipital

Pour bien visualiser le tendon du biceps, il faut partir du corps du muscle biceps sur la face cranio-médiale de l'humérus, et remonter proximale jusqu'à la coulisse bicipitale où se trouve le tendon entouré de sa gaine. Il peut alors être observé jusqu'à son insertion sur le tubercule supra-glénoïdal de la scapula. En mobilisant l'épaule dans différents plans (supination, abduction, flexion), le tendon peut être examiné de manière dynamique, ce qui permet d'identifier d'éventuelles adhérences et fragments articulaires (Penninck et d'Anjou, 2015).

En coupe longitudinale (Figure 46), le tendon du muscle biceps brachial apparaît homogène et hyper échogène avec une densité importante de fibres parallèles entre elles. En coupe transversale (Figure 47), il est circulaire à proximité de son insertion sur le tubercule supra-glénoïdal et devient ovale en s'éloignant de cette insertion avec une épaisseur d'environ 3 mm chez les grands chiens (Bedu-Leperlier, 2011).

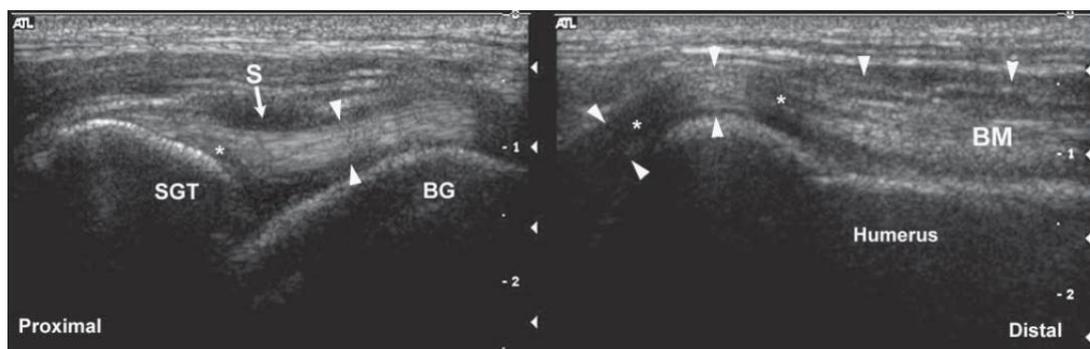


Figure 46 : Images échographiques du tendon du muscle biceps brachial en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : SGT = tubercule supra-glénoïdal, BG = gouttière bicipitale, BM = muscle biceps brachial, têtes de flèche = tendon du muscle biceps brachial, S = synoviale

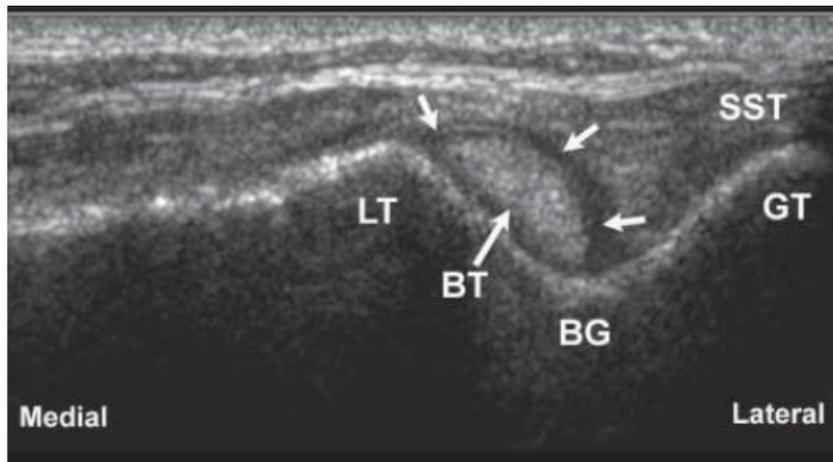


Figure 47 : Image échographique du tendon du muscle biceps brachial en coupe transversale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : LT = tubercule mineur, BT = tendon du muscle biceps brachial, BG = gouttière bicipitale, SST = tendon du muscle supra-épineux, GT = tubercule majeur, flèches blanches courtes = liquide synovial

Pour visualiser l'espace intra-articulaire de l'épaule, il faut placer la sonde :

- Latéralement en direction caudo-craniale juste en arrière de l'acromion qui sert de point de repère. La flexion du membre (Kramer *et al.*, 2001) ainsi qu'une adduction et une légère rotation permettent d'élargir l'espace articulaire.

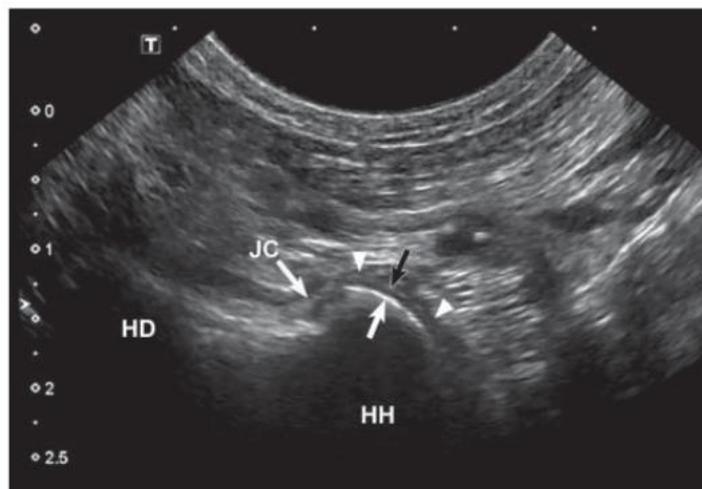


Figure 48 : Image échographique de l'articulation de l'épaule en vue latérale, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

Légende : HD = diaphyse de l'humérus, HH = tête de l'humérus, JC = capsule articulaire, flèche noire = cartilage artériel, flèche blanche = os sous-chondral, têtes de flèche = liquide synovial

- Médialement, l'abord est plus compliqué compte-tenu de la présence du grand tubercule qui ne permet qu'une petite surface de contact avec la sonde, même convexe. Le ligament gléno-huméral bien que relativement fin peut parfois être reconnu (Penninck et d'Anjou, 2015).

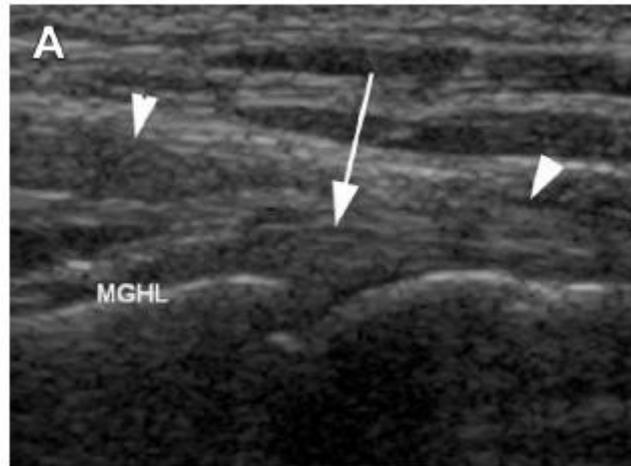


Figure 49 : Image échographique de l'articulation de l'épaule en vue médiale, d'après Cook (2016)

Légende : MGHL = LGHM, Flèche = surface médiale du MGHL, Têtes de flèche = tendon du muscle infra-épineux

C. Images pathologiques

L'articulation de l'épaule est particulièrement touchée lors de sauts, notamment les tendons du biceps brachial et du muscle supra-épineux, mais aussi le LGHM (I.2.b).

Lors de ténosynovites du tendon du muscle biceps brachial, la gaine bicipitale est distendue par du liquide inflammatoire hypoéchogène. Une hypertrophie de la membrane synoviale peut être objectivée ainsi qu'une lésion hypoéchogène centrale du tendon. Le tendon bicipital apparaît légèrement à sévèrement épaissi, perdant son aspect normal ovale pour devenir arrondi. Des zones hypoéchogènes causées par des déchirures partielles et/ou des hémorragies peuvent être observées (Cook, 2016). Les ruptures partielles du tendon bicipital peuvent apparaître n'importe où dans le tendon mais sont souvent observés à son origine (Cook, 2016) (Figure 50).

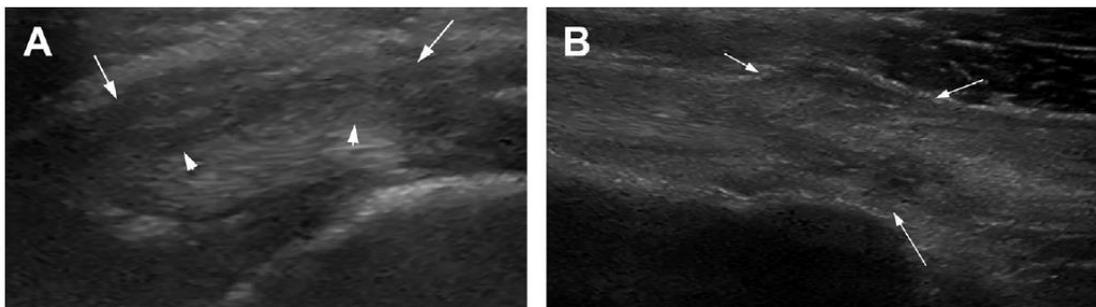


Figure 50 : Images échographiques d'une ténosynovite (A) et d'une rupture partielle du tendon du muscle biceps brachial, d'après Cook (2016)

Légende : Flèche A = zone de la ténosynovite et de l'épaississement du tendon, Têtes de flèche = tendon bicipital, Flèche B = zone de la rupture partielle.

Lors de rupture complète, la continuité fibrillaire du tendon est rompue. L'espace entre les moignons rétractés du tendon est généralement hypo ou anéchogène correspondant à une zone hémorragique. Un épanchement modéré à important de la gaine tendineuse est observé.

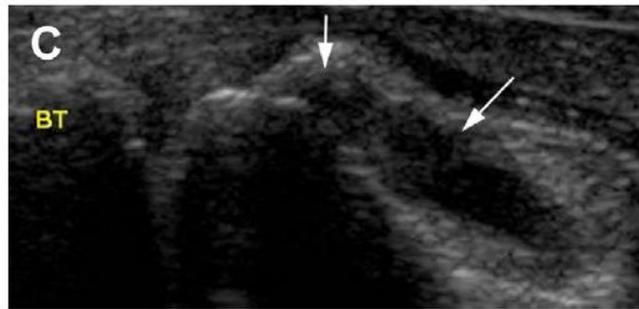


Figure 51 : Image échographique d'une rupture complète du tendon bicipital, d'après Cook (2016)

Légende : Flèches = rétraction distale du tendon

En raison de cette inflammation, on peut parfois retrouver des adhérences entre la gaine et le tendon (Figure 52). En image dynamique les adhérences forment des ondulations, elles sont représentées par un épaissement hyperéchogène et sont situés, dans la plupart des cas, proches de son insertion sur le tubercule supra glénoïde.

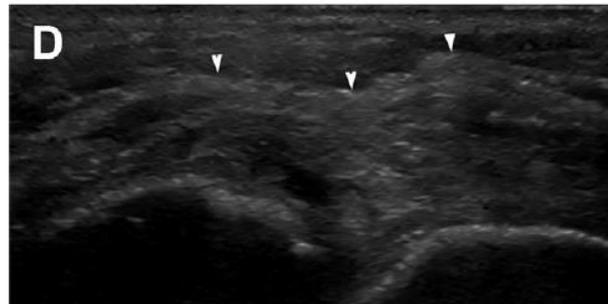


Figure 52 : Image échographique d'adhérences entre le tendon du muscle biceps brachial et la gaine bicipitale en coupe longitudinale, d'après Cook (2016)

Légende : Têtes de flèche = adhérences

La tendinopathie du supra-épineux est assez fréquente chez les chiens de sport notamment les grandes races (1.2.b.b).

A la faveur d'une inflammation importante, une rupture partielle, une hémorragie (zone hypoéchogène), une fibrose cicatricielle (zone hyperéchogène), une dégénérescence, le tendon peut apparaître épaissi et inhomogène (Penninck et d'Anjou, 2015). Sa taille est donc augmentée engendrant une compression du tendon bicipital attendant, les fibres peuvent changer d'orientation et des calcifications peuvent être visibles (Zink et Dyke, 2018). Ces minéralisations se trouvent dans la partie distale du tendon, dans la région d'insertion sur le grand tubercule. Elles se présentent comme de petites structures hyperéchogènes de formes irrégulières avec ou sans cônes d'ombre (Long et Nyland, 1999). Elles peuvent être ou non associées à une boiterie chez le chien, elles peuvent être trouvées chez des chiens cliniquement normaux, unilatéralement ou bilatéralement (Pilar Lafuente *et al.*, 2009).

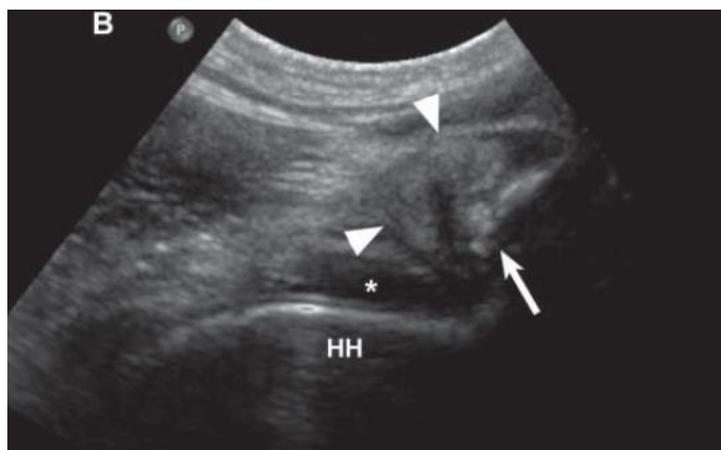


Figure 53 : Image échographique d'une tendinopathie chronique du tendon supra-épineux en coupe transversale, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

*Légende : HH = tête de l'humérus, Têtes de flèche = tendon supra-épineux, Flèche = minéralisation, * = gaine bicipitale distendue*

De façon peu fréquente, des ruptures complètes ou des avulsions du tendon du supra-épineux peuvent être observées (Figure 54) (Canapp Jr. et Kirkby, 2013).

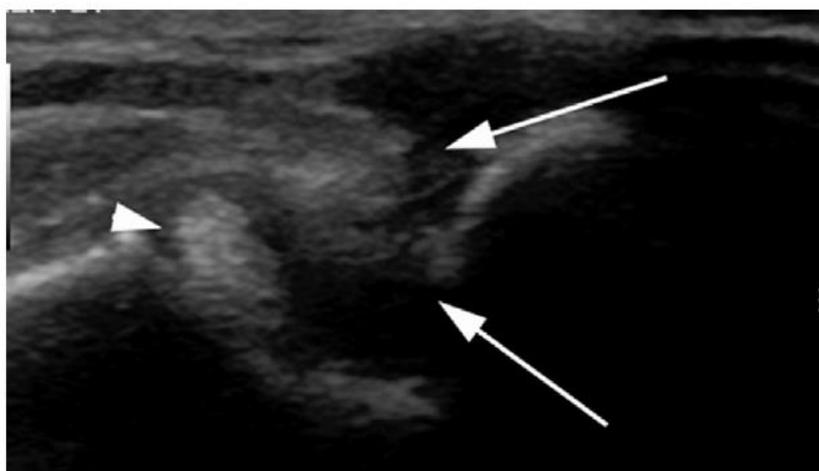


Figure 54 : Image échographique d'une rupture complète du tendon supra-épineux en coupe transversale chez un chien, d'après Cook (2016)

Légende : Flèches = capsule articulaire épaissie, Tête de flèche = rupture du tendon supra-épineux

L'instabilité du LGHM fréquente chez le chien de sport (1.3.b) est difficilement visualisable à l'échographie. Son observation dépend fortement de l'expérience du vétérinaire. Elle nécessite aussi une sédation.

A l'échographie des zones hypoéchogènes peuvent être observées en cas de ruptures partielles du ligament, à l'origine de l'instabilité de l'épaule.

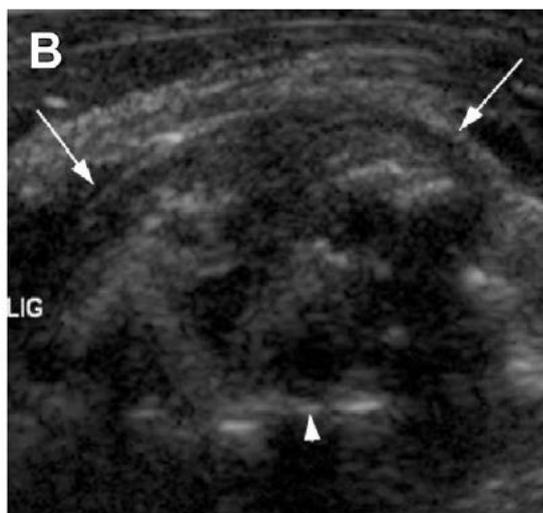


Figure 55 : Image échographique d'une rupture partielle du LGHM, d'après Cook (2016)

Légende : Flèches = LGHM épaissi, Tête de flèche = surface médiale de la scapula

3. L'articulation du coude

A. Technique et méthode d'examen

Pour le matériel et la méthode, ils sont identiques à ceux de l'épaule. Le patient est d'abord placé en décubitus latéral avec le coude concerné vers le haut. Après avoir évalué l'aspect latéral de l'articulation, le patient est retourné pour évaluer plus facilement les structures médiales.

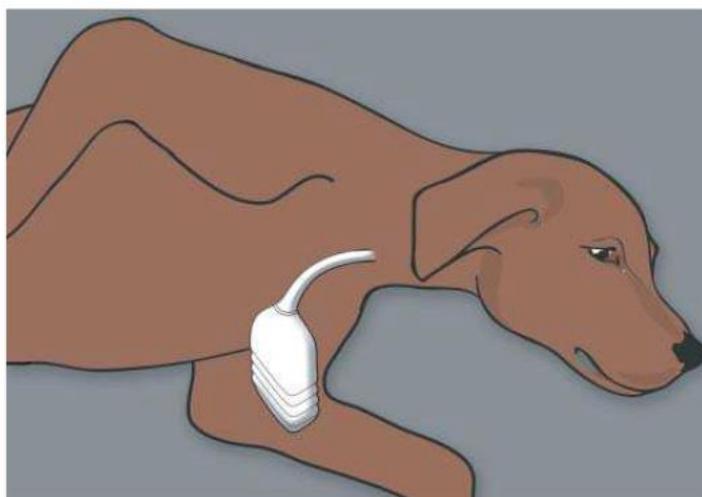


Figure 56 : Position de la sonde sur le coude du chien pour examiner le compartiment médial, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

B. Images normales des structures

➤ Abord latéral

En région cranio-latérale du coude, il y a le muscle brachial hypoéchogène qui glisse contre l'humérus lorsqu'on réalise une flexion et extension de l'articulation. On peut également observer la partie distale du muscle triceps s'insérer caudo-latéralement sur l'olécrane. La région latérale du coude est d'abord balayée en coupe transversale pour mieux identifier tous les muscles et les tendons. Chaque muscle et tendon est ensuite scanné longitudinalement : l'extenseur radial du carpe, l'ulnaire latéral, le fléchisseur radial du carpe et les tendons extenseurs communs des doigts. Le ligament collatéral est très fin et difficile à évaluer (Penninck et d'Anjou, 2015).

➤ Abord caudal

Par cet abord, on peut observer le muscle triceps qui s'insère sur l'olécrane. L'échographie se fait alors coude fléchi, ce qui permet de visualiser le contour du processus anconé. Les pseudo-indentations artificielles sont fréquentes à la surface de l'os (Penninck et d'Anjou, 2015).

➤ Abord crânial

Cette région est examinée avec le coude en extension. On peut distinguer le muscle brachial et le biceps brachial. Il est également possible de visualiser le muscle extenseur radial du carpe. Les vaisseaux et les nerfs enfouis dans le tissu adipeux sont visibles. La partie crâniale de l'interligne articulaire huméro-radiale apparaît comme une fente fine et hypoéchogène. En revanche, on ne peut distinguer la capsule articulaire (Penninck et d'Anjou, 2015).

➤ Abord médial

En région caudo-médiale proximale, les deux chefs du muscle triceps brachial peuvent être différencier. Le ligament collatéral médial peut être trouvé en région proximale mais difficilement en région distale. Le tendon du muscle biceps brachial peut être visualisé sur la face crâniale de l'humérus distal et suivi jusqu'à ses sites d'insertion sur les tubérosités ulnaire et radiale (Penninck et d'Anjou, 2015).

Le PCM est situé profondément au niveau du ligament collatéral médial et du tendon du biceps (Lamb et Wong, 2005).

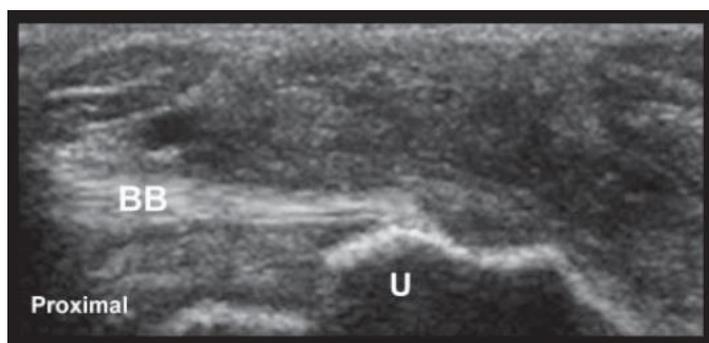


Figure 57 : Image échographique longitudinale de la région cranio-médiale du coude, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

Légende : BB = biceps brachial, U = ulna

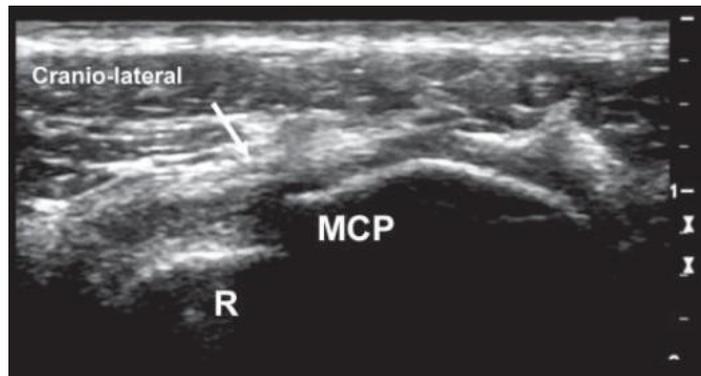


Figure 58 : Image échographique transverse-oblique de la région cranio-médiale du coude, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

Légende : R = radius, MCP = PCM, Flèche = capsule articulaire

C. Images pathologiques

La fracture du PCM, aussi appelé « jump down syndrome », apparaît à l'échographie comme une structure angulaire hyperéchogène avec un cône d'ombre crânialement ou médialement à sa position anatomique correcte (Figure 59). Cependant le diagnostic échographique de ce cette lésion est limité, en effet les fissures ou les fractures non déplacées ne sont pas facilement visualisable ainsi que les fragments profonds (Seyrek-Intas *et al.*, 2009).

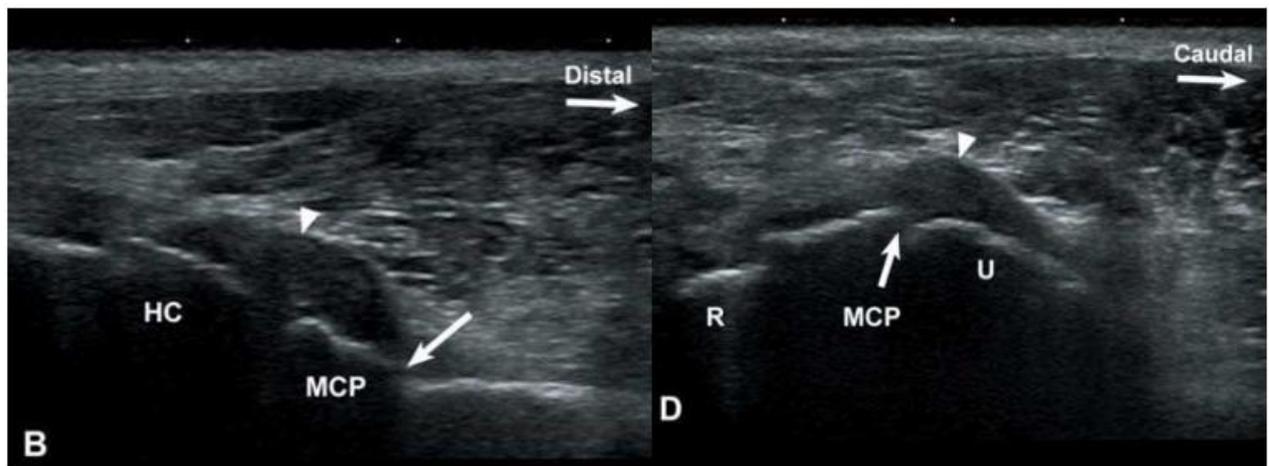


Figure 59 : Image échographique d'une fragmentation du PCM, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

*Légende : B = coupe longitudinale, D = coupe transverse
 HC = condyle huméral, MCP = PCM, R = radius, U = ulna, têtes de flèche = capsule articulaire distendue, Flèche = discontinuité de la surface osseuse*

4. Le carpe et les doigts

A. Technique et méthode d'examen

L'échographie du carpe est un excellent complément d'exploration de cette articulation à la radiographie. Elle permet également des gestes diagnostiques ou thérapeutiques de ponction ou d'injections sur les structures carpiennes. L'animal est placé en décubitus latéral. Les préconisations de tonte, sédation et de sonde sont identiques à l'échographie des articulations précédentes.

B. Images normales des structures

Les tendons de l'articulation carpienne canine ont tendance à être parfaitement parallèles aux os (à l'exception de la partie proximale du tendon du long abducteur du pouce qui s'étend obliquement) et constituent donc des structures idéales pour être visualisées par échographie.

En face dorsal, les extenseurs sont visualisables (Figure 60) et en face palmaire ce sont les

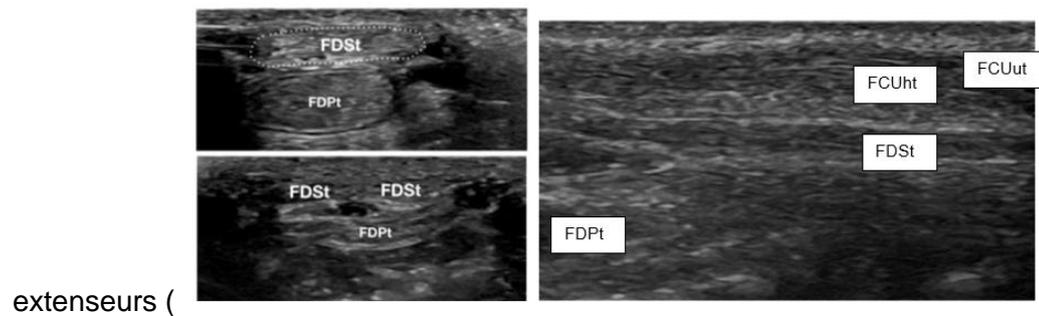


Figure 61 et Figure 62).

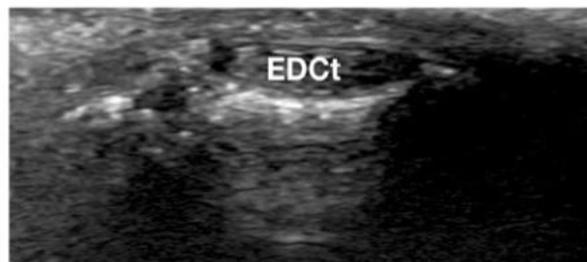


Figure 60 : Image échographique de la face dorsale du carpe centrée sur le tendon extenseur commun des doigts (EDCt) en coupe transversale, d'après Entani et al. (2022)

Le tendon extenseur commun des doigts est mince et large. Dorsalement, juste distalement à la jonction ténomusculaire, le tendon est plus épais et plus étroit. Au niveau de l'articulation radio-carpienne, le tendon se subdivise en quatre petits tendons (Entani *et al.*, 2022).

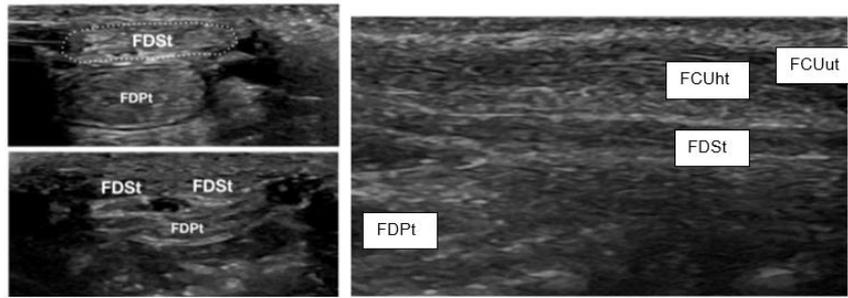


Figure 61 : Images échographiques de la face palmaire du carpe centrée sur le FSDt (FDSt) en coupe transversale (droite) et longitudinale (gauche), d’après Entani et al (2022)

Légende : FDPt = tendon fléchisseur profond des doigts, FCUut = tendon fléchisseur ulnaire du carpe partie ulnaire, FCUht = tendon fléchisseur ulnaire du carpe partie huméral

Le FSDt est une structure elliptique large et aplatie, entourée d'un tissu échogène mal défini (le Retinaculum). Proximement, le tendon est très superficiel et plat à la jonction ténomusculaire. Distalement, dans le tiers proximal du métacarpe, le tendon commence à se diviser en quatre structures qui divergent et suivent les parties plus profondes et plus larges du tendon fléchisseur profond des doigts.

En coupe longitudinale, obtenu en plaçant la sonde dans le creux médial de l'os accessoire du carpe et en l'inclinant légèrement latéralement, la fine trame fibrillaire du FSDt est visible parallèlement et séparée du tendon fléchisseur ulnaire du carpe plus latéral et superficiel par la graisse et le retinaculum. Le tendon fléchisseur profond des doigts, plus profond, est à peine visible car il n'est pas parfaitement parallèle aux deux autres tendons.

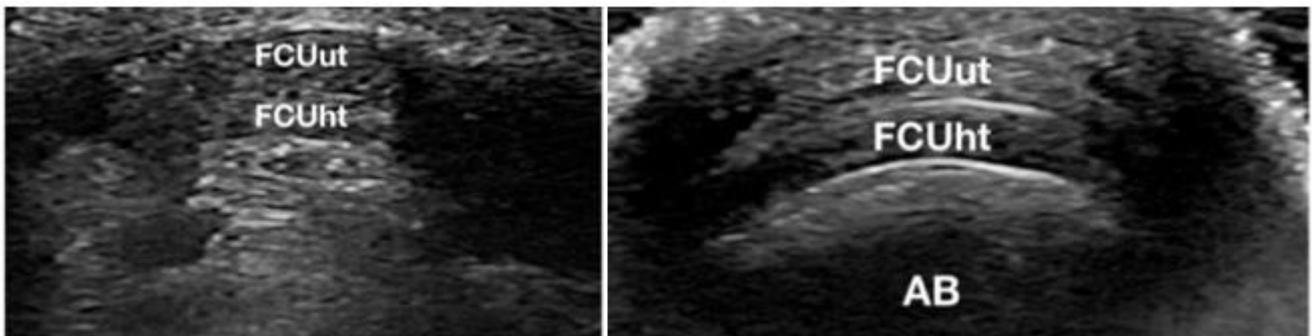


Figure 62 : Images échographiques de la face palmaire du carpe centrée sur le tendon ulnaire du carpe proximal (gauche) et distal (droite) en coupe transversale, d’après Entani et al. (2022)

Légende : FCUut = tendon fléchisseur ulnaire du carpe partie ulnaire, FCUht = tendon fléchisseur ulnaire du carpe partie huméral, AB = os accessoire du carpe

La partie proximale du tendon ulnaire du carpe est de forme arrondie. Distalement, le tendon devient plus fin et plus large.

C. Description pathologique

L'échographie du carpe permet de visualiser des blessures tendineuses et des blessures des gaines tendineuses, comme les ténosynovites de l'abducteur long du pouce, du tendon de l'extenseur radial du carpe, de l'extenseur commun des doigts, du fléchisseur ulnaire du carpe et du fléchisseur des doigts.

Les tendons lésés apparaissent alors comme décrit précédemment pour les tendons du biceps brachial ou du tendon du muscle supra-épineux (I.6.c). Une accumulation de liquide dans les gaines des tendons peut être visualisée, ainsi que des déchirures du rétinaculum (Cook, 2016).

Elle permet de visualiser et d'explorer, outre la capsule articulaire et les ligaments carpiens, le canal carpien dans lequel passe le nerf médian. Elle met aussi en évidence le glissement du tendon fléchisseur superficiel des doigts.

5. L'articulation de la hanche

A. Technique et méthode d'examen

L'abord latéral de l'articulation coxo-fémorale est réalisé avec le chien en décubitus latéral, le membre lésé sur le dessus et l'abord médial est réalisé avec un chien en décubitus dorsal, la hanche à examiner en position de grenouille Figure 63. Les préconisations de sédation, tonte et sonde à utiliser sont identiques au membre thoracique.



Figure 63 : Position de la sonde pour l'échographie du muscle ilio-psoas, d'après Cannon et Puchalski (2008)

B. Images normales des structures

L'échographie permet de visualiser le groupe des muscles ilio-psoas ainsi que l'articulation de la hanche.

Le muscle grand psoas prend son origine sur la partie ventrale des apophyses transverses des vertèbres lombaires L2 et L3 puis le corps du muscle court sur les corps vertébraux de L4 à L7, qui servent de points de repères pour son échographie. Le muscle iliaque prend son origine sur la face ventrale de l'ilium. Les deux muscles se rejoignent en une insertion commune : le tendon ilio-psoas qui s'insère sur le petit trochanter du fémur. Il apparaît comme une petite saillie focale sur la surface médiale du fémur proximal.

Le muscle ilio-psoas apparaît à l'échographie comme une structure hypoéchogène avec des lignes hyperéchogènes (Figure 64). Le tendon, lui est une structure linéaire hyperéchogène (Figure 65) (Cannon et Puchalski, 2008).

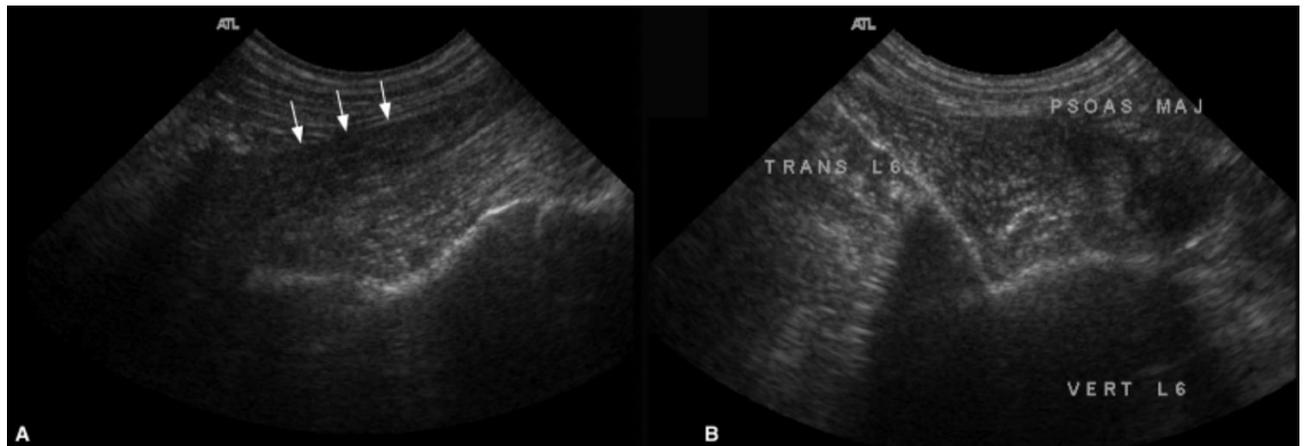


Figure 64 : Image échographique du du muscle ilio-psoas en coupe longitudinale (droite) et transversale (gauche), d'après Cannon et Puchalski (2008)

Légende : Flèches = marge ventrale du muscle

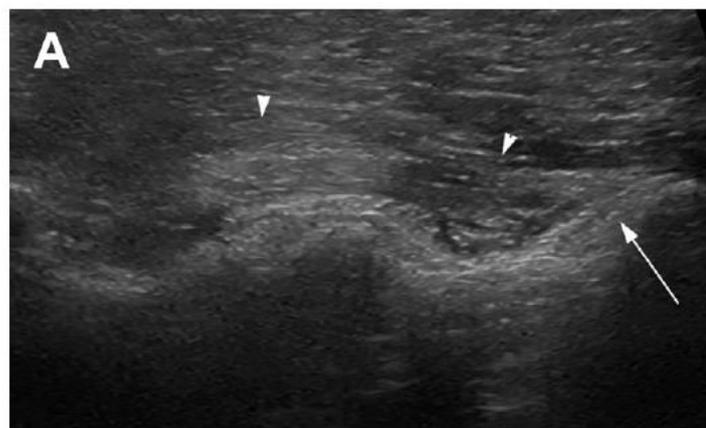


Figure 65 : Image échographique du tendon du muscle ilio-psoas en coupe longitudinale, d'après Cook (2016)

Légende : Têtes flèche = tendon du muscle ilio-psoas, flèche = insertion du tendon

La tête fémorale apparaît comme une interface hyperéchogène convexe avec une ombre acoustique importante qui empêche l'évaluation complète de l'articulation. Le cartilage articulaire apparaît comme une couche hypoéchogène lisse autour de la tête fémorale. La capsule articulaire apparaît

comme une ligne hyperéchogène à la périphérie de la tête et reliée aux bords de l'acetabulum (Figure 66).

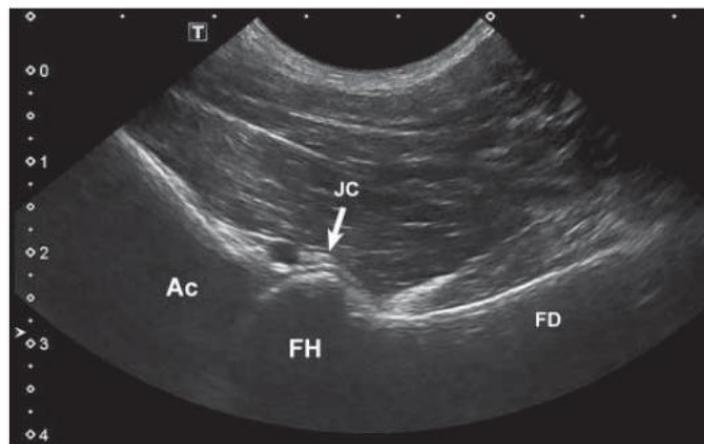


Figure 66 : Image échographique de l'articulation de la hanche en vue longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

Légende : AC = acetabulum, FH = tête fémorale, FD = diaphyse du fémur, JC = capsule articulaire

C. Images pathologiques

Le saut, à force de répétition peut créer des microtraumatismes entraînant ainsi la fragilisation du muscle ilio-psoas. Celui-ci peut alors subir des elongations ou des déchirures. La zone de lésion est souvent la jonction musculo-tendineuse, qui est la plus fragile, ou encore le tendon lui-même, généralement à son origine.

Les lésions du tendon du muscle ilio-psoas sont diagnostiquées par échographie sous la forme d'un tendon épaissi et hypoéchogène, généralement entre la jonction musculo-tendineuse et l'insertion du petit trochanter (Figure 67) (Breur et Blevins, 1997).

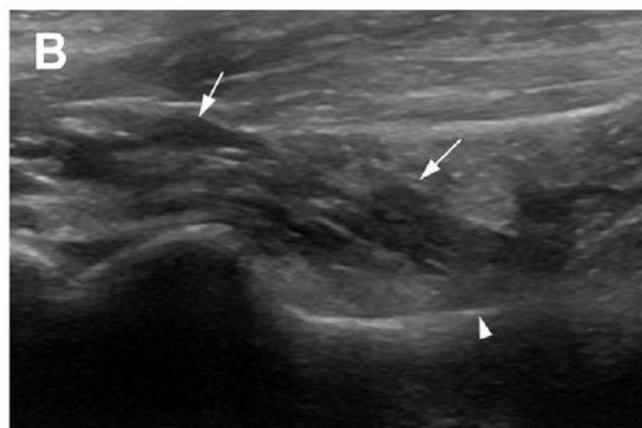


Figure 67 : Image échographique d'un épaississement du tendon du muscle ilio-psoas, d'après Cook (2016).

Légende : Flèches = déchirures partielles, Tête de flèche = petit trochanter

6. Le grasset

A. Technique et méthode d'examen

Le chien est placé en décubitus latéral avec le membre à échographier vers le haut pour examiner la partie latérale et crâniale. Pour examiner la partie médiale, le membre à échographier doit être contre la table (Figure 68). L'examen doit être dynamique et nécessite une flexion, une extension de l'articulation ainsi qu'une rotation interne et externe dans la zone des ménisques (Kramer *et al.*, 1999). Une tonte large et une sédation sont donc recommandées.

L'articulation du grasset est examinée de la partie proximale à la partie distale, on observe son compartiment crânial, caudal, latéral puis médial.

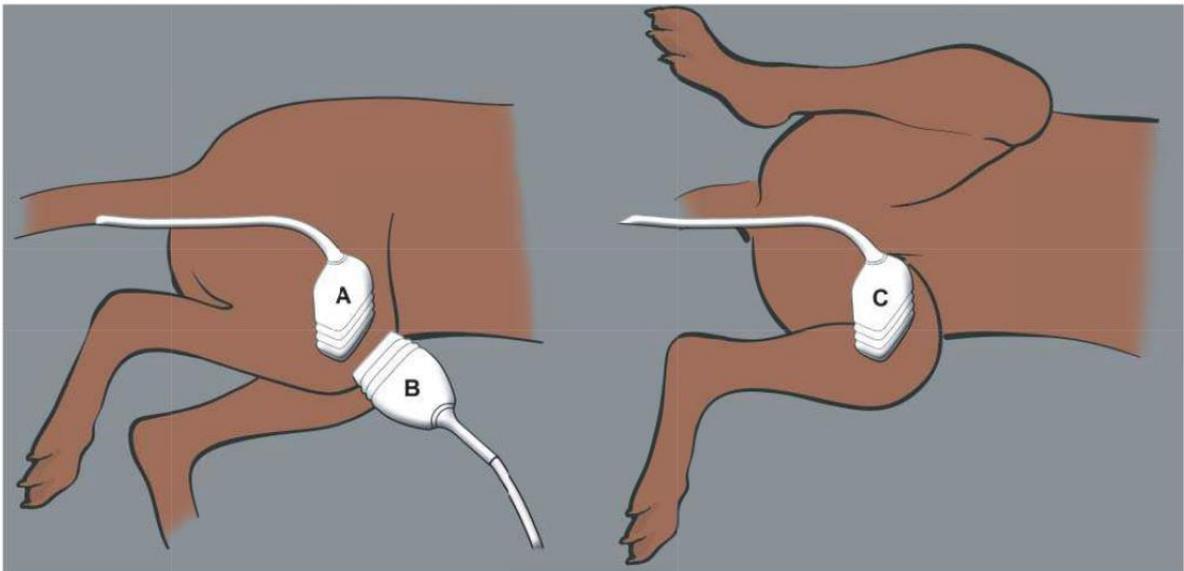


Figure 68 : Position de la sonde sur le grasset du chien, d'après Penninck et d'Anjou (2015)

A : position de la sonde pour l'échographie latérale du grasset

B : position de la sonde pour l'échographie crâniale du grasset

C : position de la sonde pour l'échographie médiale du grasset

Le grasset peut être divisé en cinq régions : supra-patellaire et infra-patellaire crânialement, latérale, caudale et médiale (Kramer *et al.*, 1999). Contrairement aux genoux humains, l'approche caudale offre une faible visibilité des structures intra-articulaires chez le chien et n'est donc pas utilisée en routine. On peut toutefois observer les contours caudo-latéraux et caudo-médiaux des condyles et des sésamoïdes (le sésamoïde latéral étant dans le tendon du muscle gastrocnémien).

B. Images normales des structures

- En région supra-patellaire :

Il est possible d'observer le tendon du quadriceps, la trochlée fémorale et le compartiment articulaire proximal (Figure 69 et Figure 70). Le grasset est fléchi à 45° et on observe la région proximale de la rotule en coupes longitudinale et transversale. La surface convexe hyperéchogène de la rotule peut

être utilisée comme point de repère. La capsule articulaire ainsi qu'un creux ou échancrure supra-patellaire peuvent être visibles (zone plutôt anéchogène de 1 à 2 mm) sur le bord crânial de la corticale fémorale distale. Le tendon distal du muscle quadriceps fémoral et la trochlée fémorale ainsi que son cartilage de recouvrement deviennent particulièrement visibles lors d'un balayage dynamique (flexion / extension). On peut évaluer, lors d'une flexion maximale du genou, la qualité du cartilage articulaire (bande anéchogène de 1 à 2 mm d'épaisseur) sur la surface sous-chondrale hyperéchogène de la trochlée fémorale, ainsi que le mouvement de glissement de la rotule dans cette trochlée (Penninck et d'Anjou, 2015).

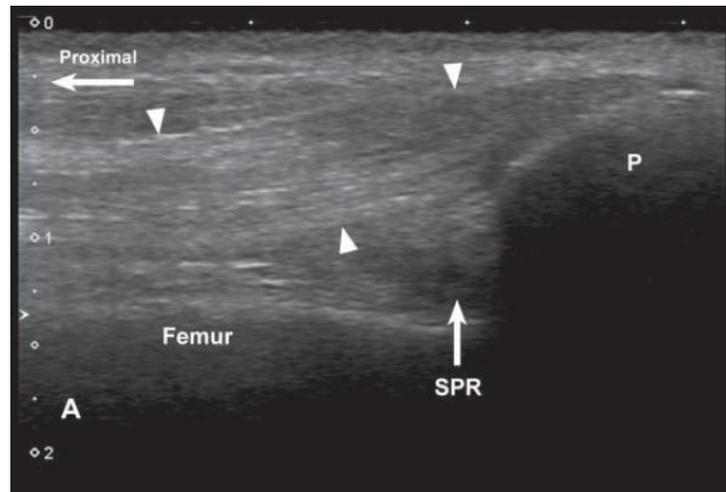


Figure 69 : Image échographique de la région supra-patellaire en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : SPR = supra-patellaire recessus, P = patella, Têtes de flèche = Tendon du muscle quadriceps

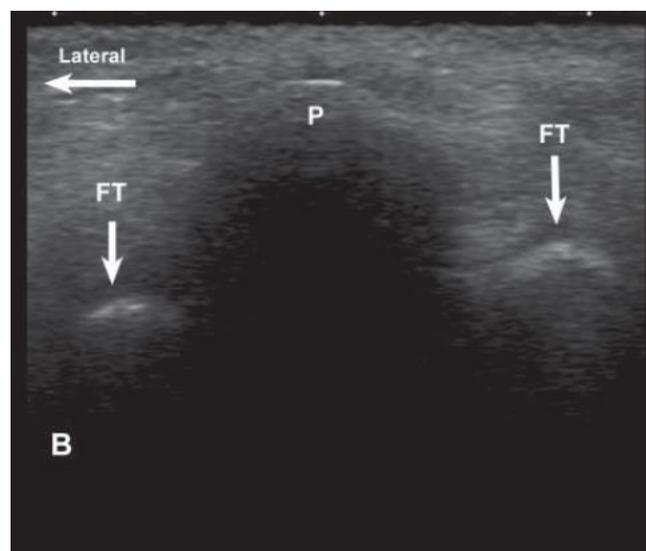


Figure 70 : Image échographique de la région supra-patellaire en coupe transverse, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : P = patella, FT = trochlée fémorale

➤ En région infra-patellaire :

Il est possible de visualiser la patella et le ligament patellaire, les condyles fémoraux, le corps gras infra-patellaire et les ligaments croisés.

Lorsque le grasset est en extension pour faire remonter la rotule proximale, on peut évaluer le cartilage articulaire des condyles fémoraux médiaux et latéraux de manière toujours plus ou moins partielle compte-tenu de la convexité de ces condyles.

Le grasset fléchi à 90°, on examine la rotule (ligne hyperéchogène convexe avec un cône d'ombre) et le ligament patellaire (texture fibrillaire hyperéchogène). Sous ce ligament, le corps adipeux infra-patellaire est une structure triangulaire d'échogénicité modérée (Figure 71). Dans ce corps adipeux, outre des vaisseaux sanguins, on peut visualiser le LCCr qui est plutôt hypo voire anéchogène. Le ligament croisé caudal n'est pas vraiment visualisable en raison de son orientation et de l'espace limité entre les condyles fémoraux (Arnault *et al.*, 2009).

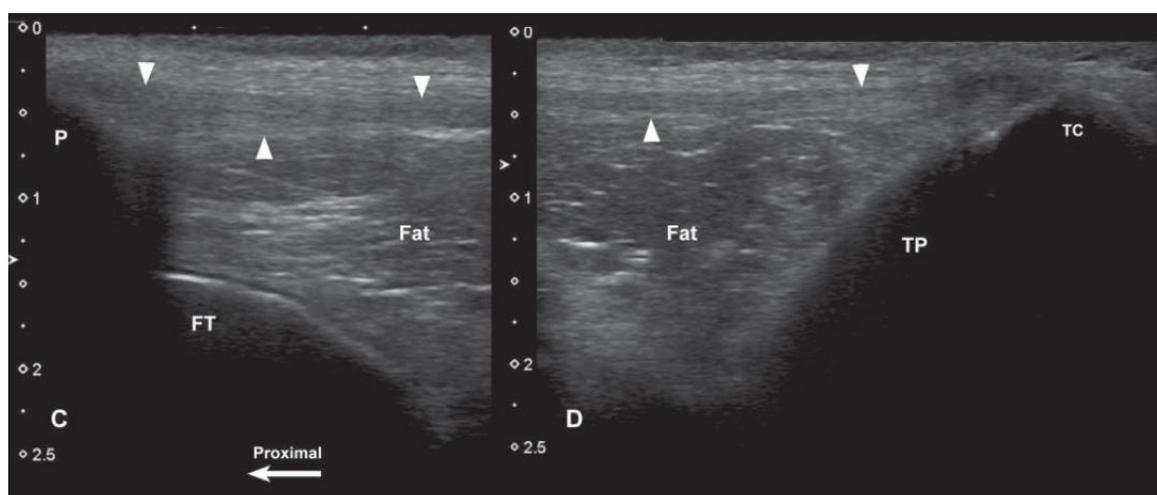


Figure 71 : Image échographique de la région infra-patellaire en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : P = patella, FT = trochlée fémorale, TP = plateau tibial, TC = crête tibiale, Têtes de flèche = ligament patellaire

➤ En régions latérales et médiales :

Les ligaments collatéraux, les ménisques, la capsule articulaire sont visualisables.

Latéralement, une échographie statique et dynamique (flexion, extension, rotations interne et externe) permet de visualiser la capsule articulaire, les ligaments collatéraux ainsi que le ménisque latéral. Médialement, on répète l'opération à l'identique (Figure 72).

Chaque ménisque apparaît comme une structure triangulaire d'échogénicité moyenne et homogène entre les condyles fémoraux et le plateau tibial. Leur surface doit être linéaire et parfaitement alignée avec les surfaces des condyles fémoraux et tibiaux adjacents. Le ligament collatéral pouvant servir de point de repère, on peut distinguer la corne fémorale, la partie médiane et la corne caudale de chaque ménisque (Mahn *et al.*, 2005).

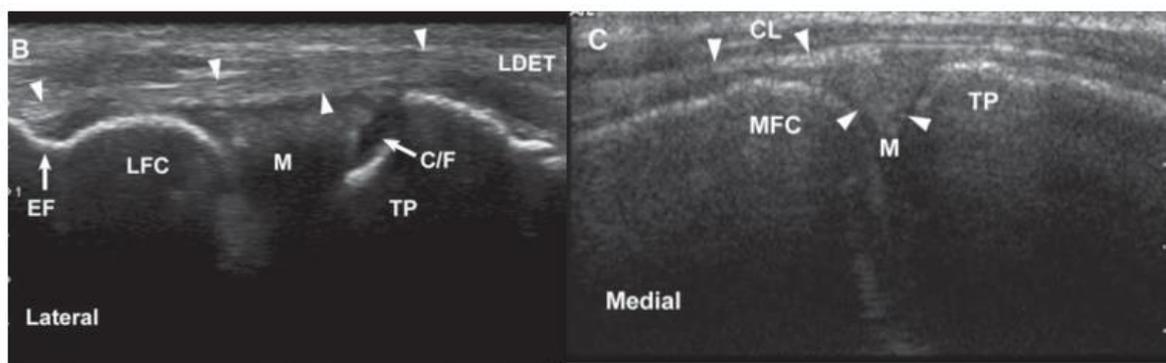


Figure 72 : Image échographique des régions latérale (B) et médiale (C) du grasset, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : M = ménisque, TP = plateau tibial, LCF = condyle fémoral latéral, MCF = condyle fémoral médial, EF = fosse de l'extenseur, LDET et Têtes de flèche (B) = tendon long extenseur des doigts, CL = ligaments collatéraux, C/F = cartilage et liquide

C. Images pathologiques

➤ Rupture du LCCr

La sensibilité de l'échographie pour la détection de la rupture du LCCr est faible et estimée à 15% (Arnault *et al.*, 2009). Pour une évaluation directe, un abord crânial sur un genou complètement fléchi est nécessaire (sous sédation). En phase aiguë, le ligament étant hypoéchogène, il peut être masqué par la présence d'un hématome (hypoéchogène) ou de l'épanchement articulaire associé à la rupture. En phase chronique, les moignons du ligament, irrégulièrement délimités et hyperéchogènes peuvent devenir visibles mais une prolifération de tissu fibreux systématique lié à la chronicité de la lésion peut encore une fois masquer la visualisation du LCCr (Gnudi et Bertoni, 2001 ; Kramer *et al.*, 1999).

On peut toutefois mettre en évidence l'épanchement articulaire associé souvent important, de nouvelles formations ostéophytiques (arthrosiques) qui se développent aux contours de la rotule, des condyles fémoraux et du plateau tibial ainsi qu'un épaissement de la capsule articulaire (Figure 73).

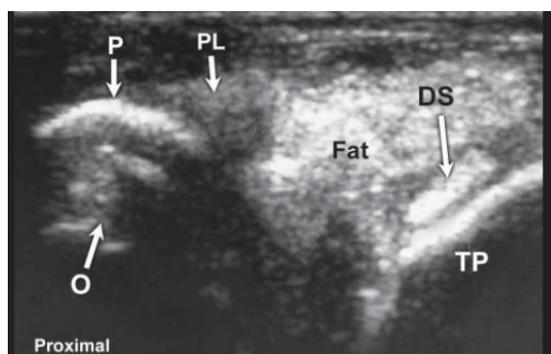


Figure 73 : Image échographique d'une rupture de LCCr en coupe longitudinale, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : P = patella, O = ostéophyte, PL = ligament patellaire, TP = plateau tibial, DS = moignon distal du LCCr rompu

➤ Avulsion partielle du muscle gastrocnémien

En région caudale du grasset il est possible d'observer l'insertion du muscle gastrocnémien (partie latérale et médiale) sur le fémur. Lors d'avulsion, le muscle présente des fibres musculaires hyperéchogènes avec des zones hypoéchogènes suggérant un œdème, un hématome et une rupture musculaire partielle (Figure 74) (Lideo et Milan, 2013).

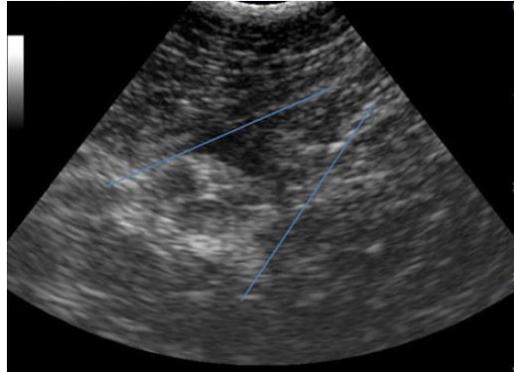


Figure 74 : Image échographique d'une avulsion partielle du muscle gastrocnémien en vue longitudinale, d'après Lideo et Milan (2013)

7. Le tarse

A. Technique et méthode d'examen

C'est la face caudale du tarse qui intéresse particulièrement l'examen échographique du fait de la présence du tendon calcanéen commun. L'échographie du tendon calcanéen est donc réalisée par un abord caudal (Figure 75), l'articulation tarso-crurale légèrement fléchie pour mettre le tendon en tension : les différentes parties du tendon depuis leur origine musculaire jusqu'au niveau de la tubérosité calcanéenne sont donc visualisées. On peut réaliser un examen dynamique en alternant flexion et extension du jarret.

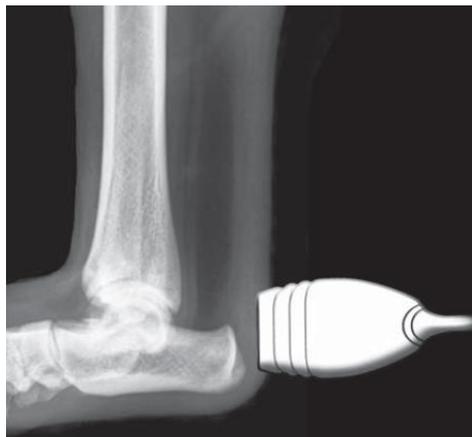


Figure 75 : Position de la sonde pour échographier le tendon calcanéen chez un chien, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

B. Images normales des structures

Les tissus mous observables à l'échographie du tarse sont le tendon calcanéen ou tendon calcanéen commun, ainsi que les muscles et tendons du long extenseur latéral des doigts, du tibial crânial et du fléchisseur profond des doigts.

Le tendon calcanéen est constitué de toutes les structures qui s'attachent à la tubérosité calcanéenne. Le tendon est relativement fin latéralement et médialement à la tubérosité et peut ne pas être identifié chez les petits chiens (Caine *et al.*, 2009). La tubérosité calcanéenne est le point de repère : une ligne hyperéchogène convexe avec un cône d'ombre distal. Le tendon et les muscles ont une échostructure classique. La gaine péri-tendineuse est particulièrement hyperéchogène lisse à la périphérie du tendon calcanéen commun (Figure 76 et Figure 77). On réalise des images en coupes longitudinale et transversale (Penninck *et d'Anjou*, 2015).

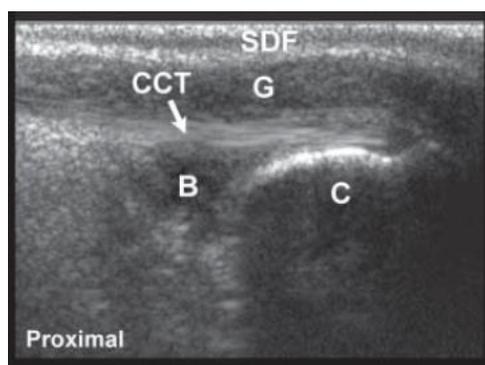


Figure 76 : Image échographique du tendon calcanéen en coupe longitudinale, d'après Penninck *et d'Anjou* (2015).

Légende : CCT = tendon calcanéen commun, G = tendon gastrocnémien, B = bourse calcanéenne, C = tubérosité calcanéenne, SDF = FSD

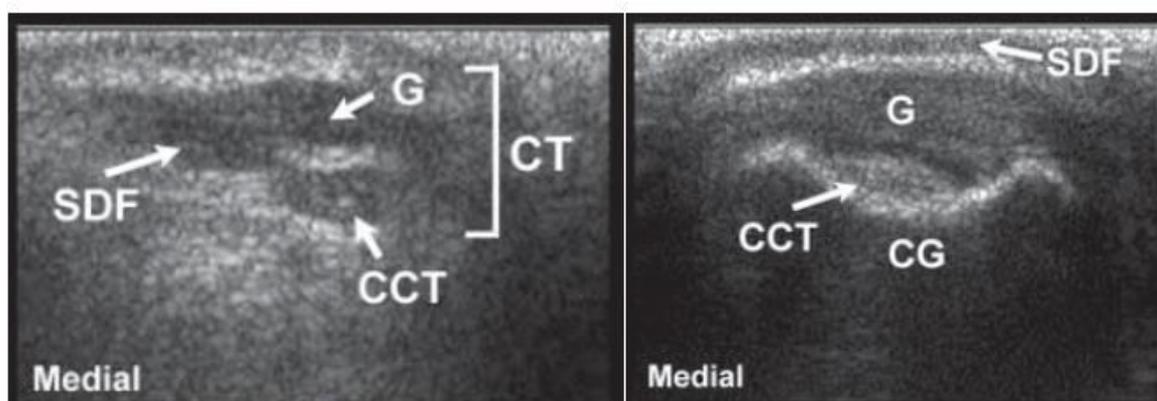


Figure 77 : Images échographiques du tendon calcanéen en coupe transversale, d'après Penninck *et d'Anjou* (2015).

Légende : CCT = tendon calcanéen commun, G = tendon gastrocnémien, B = bourse calcanéenne, C = tubérosité calcanéenne, SDF = FSD, CG = sillon calcanéen

C. Images pathologiques

Les blessures du tendon calcanéen restent assez rares chez les petits animaux et sont généralement produites par un traumatisme direct (Lamb et Duvernois, 2005). Dans le cas d'une rupture complète, l'échotexture du tendon calcanéen est totalement interrompue et une zone hypoéchogène correspondant à l'hématome est observée entre les extrémités rétractées du tendon. Lors de l'examen dynamique, le mouvement des extrémités rompues est clairement visible.

En cas de rupture partielle, la partie lésée du tendon apparaît inhomogène avec des zones mal délimitées et parfois une petite zone anéchogène qui signifie la présence de liquide (Figure 78). Dans les ruptures partielles chroniques, on peut identifier des fragments osseux résultant de lésion par avulsion ou des calcifications dans le tendon lésé si leur taille dépasse 2-3 mm (Caine *et al.*, 2009).

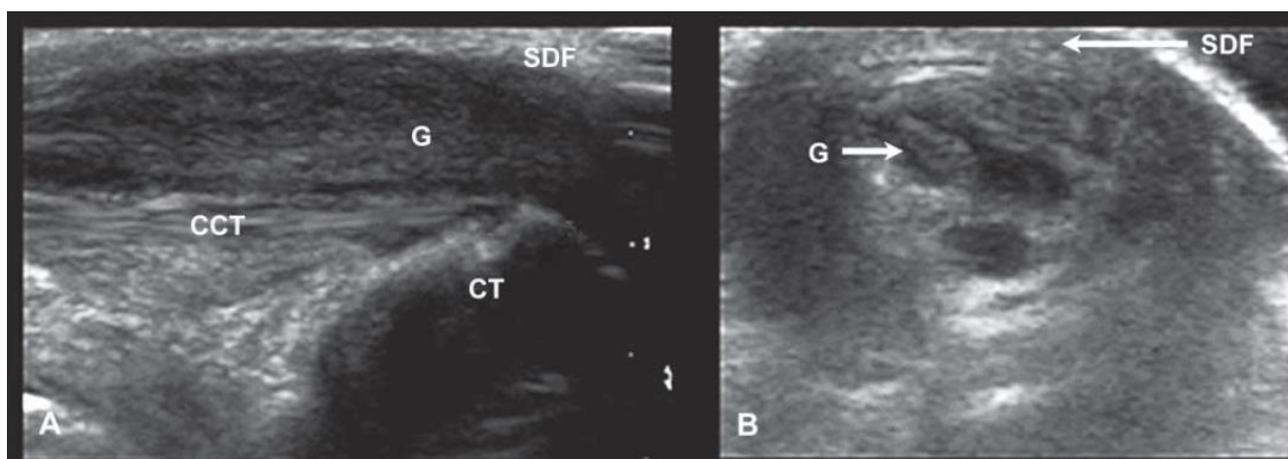


Figure 78 : Images échographiques d'une rupture partielle du tendon gastrocnémien, d'après Penninck et d'Anjou (2015).

Légende : A : coupe longitudinale, B : coupe transversale

CCT = tendon calcanéen commun, G = tendon gastrocnémien, SDF = FSD, CT = tubérosité calcanéenne

Ainsi, l'examen par échographie est un choix privilégié pour rendre compte des affections des tissus mous liées au saut. Contrairement, à l'examen tomodensitométrique ou à l'imagerie par résonance magnétique, l'échographie permet de réaliser l'examen sur animal vigile ou légèrement sédaté. De plus, l'aspect financier ne doit pas être négligé, puisque l'échographie permet un examen moins coûteux. En revanche, cet examen présente des limites, notamment pour l'observation de lésions profondes ou osseuses, et requiert que le vétérinaire soit formé pour la réalisation de l'examen. Dès lors, il est judicieux de s'appuyer sur des examens complémentaires, tels que la radiographie, afin d'affiner le diagnostic et d'assurer une prise en charge et des soins adaptés.

Conclusion

Pour conclure, cet écrit s'est porté sur le sujet de la pratique des sports canins de plus en plus populaires et compétitifs. Ces sports, qui impliquent de nombreuses actions se rejoignent en un mouvement central et incontournable : le saut. L'étude de la biomécanique du saut nous a permis d'en comprendre les différences forces en jeu et les contraintes physiques qu'elles peuvent causer sur l'appareil locomoteur. Ces contraintes, soit par leur répétition, soit par leur brutalité, peuvent causer des lésions au niveau des différents systèmes musculaires, tendineux, ligamentaires ou articulaires.

Afin de permettre à l'animal de poursuivre son activité sans douleur, un diagnostic précis et une prise en charge adaptée sont alors fondamentaux. Ceci implique donc de comprendre les différentes affections possibles et leurs signes cliniques, mais aussi d'envisager les différents examens médicaux pertinents. Notre intérêt s'est alors porté sur l'examen par échographie. Malgré sa faible utilisation persistante, l'échographie semble être un examen de choix pour l'étude des tissus mous. En effet, l'échographie permet particulièrement de diagnostiquer et d'identifier les lésions musculaires et tendineuses, sur un animal vigile. Elle se distingue aussi des autres examens d'imagerie (Imagerie par Résonance Magnétique) par son moindre coût pour le propriétaire du chien. Toutefois, il est à noter que l'échographie ne permet pas l'examen des tissus osseux ou des affections profondes et est dépendante de l'expérience du vétérinaire. Il reste donc nécessaire de pratiquer des examens complémentaires afin de garantir un diagnostic et une prise en charge complets et précis. En somme, l'échographie semble être un complément indispensable des examens radiologiques standards et ce binôme d'examens pourrait être amené à constituer le premier échelon des analyses ostéo-articulaires pour résoudre de manière rapide et économique la majorité des interrogations cliniques lors de blessures causées lors de la pratique de sports canins.

Les études au sujet de l'échographie musculo-tendineuse se multiplient, tant à propos de ses apports que de sa méthodologie. Cet intérêt croissant de la communauté médicale et scientifique pourrait permettre à l'avenir d'enrichir l'offre de formation reçue par les vétérinaires.

Liste des références bibliographiques

- ANDERSON, M.A., MANN, F.A. (1994) Force plate analysis: a noninvasive tool for gait evaluation. *Compendium on Continuing Education for The Practicing Veterinarian* vol. 16, n° 7, p. 857-867.
- ARNAULT, F., CAUVIN, E., VIGUIER, E., *et al.* (2009) Diagnostic value of ultrasonography to assess stifle lesions in dogs after cranial cruciate ligament rupture: 13 cases. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* vol. 22, n° 6, p. 479-485. [<https://doi.org/10.3415/VCOT-08-10-0103>]
- BALTZER, W. (2012) Sporting dog injuries. *Veterinary Medicine* vol. 107, p. 166-177.
- BALZER, A. (2015) Quelle hauteur de saut pour votre chiot ? *Dog Sport Magazine* n° 5, p. 25.
- BARONE, R. (1980) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2 : Arthrologie et Myologie. Paris, Edition Vigot.
- BARONE, R. (1976) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1 : Ostéologie. Paris, Edition Vigot.
- BEDU-LEPERLIER, A.S. (2011) L'échographie de l'épaule chez le chien et le chat : comment reconnaître les affections. *Nouveau Praticien Vétérinaire. Canine féline* vol. 10, n° 49, p. 15-19.
- BIRCH, E., LEŚNIAK, K. (2013) Effect of fence height on joint angles of agility dogs. *The Veterinary Journal*, e-Supplement: 7th International Conference on Canine and Equine Locomotion vol. 198, p. e99-e102. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.041>]
- BLOT, S. (2022) Les myélopathies des carnivores domestiques, Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique de Médecine.
- BREUR, G.J., BLEVINS, W.E. (1997) Traumatic injury of the iliopsoas muscle in three dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 210, n° 11, p. 1631-1634.
- CABON, Q., BOLLIGER, C. (2013) Iliopsoas muscle injury in dogs. *Compendium : Continuing Education For Veterinarians* vol. 35, n° 5, p. E2.
- CAINE, A., AGTHE, P., POSCH, B., *et al.* (2009) Sonography of the soft tissue structures of the canine tarsus. *Veterinary Radiology & Ultrasound* vol. 50, n° 3, p. 304-308. [<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2009.01539.x>]
- CANAPP JR., S.O., KIRKBY, K. (2013) Disorders of the Canine Forelimb: Veterinary Diagnosis and Treatment. In Zink M.C; Van Dyke J. B *Canine Sports Medicine and Rehabilitation*. Ames, Wiley-Blackwell, p. 223-249. [<https://doi.org/10.1002/9781118783443.ch12>]
- CANAPP, S.O. (2007a) Shoulder Conditions in Agility Dogs. *Clean Run* vol. 13, n° 1, p. 65-69. [<https://www.akcchf.org/assets/files/canine-athlete/Biceps-injury.pdf>]
- CANAPP, S.O. (2007b) Non-responsive Hind-Limb Lameness in Agility Dogs: Iliopsoas Strains. *Clean Run* vol. 13, n° 3, p. 66-69. [https://assets.ctfassets.net/rt5zmd3ipxai/2ZuMVJUqTgd54x3RIH80cA/35330a51c6c75e3dc496b529548fe068/ASSET_-_Veterinary_Emergency_and_Referral_Hospital_of_West_Toronto_-_Non-responsive_Hind-limb_Lameness.pdf]
- CANAPP, S.O. (2007c) Cranial Cruciate Ligament Injury in Agility Dogs. *Clean Run* vol. 13, n° 7, p. 54-57. [<https://akcchf.org/assets/files/canine-athlete/CCL-Part-I.pdf>]
- CANAPP, S.O. (2007d) The canine stifle. *Clinical Techniques in Small Animal Practice* vol. 22, n° 4, p. 195-205. [<https://doi.org/10.1053/j.ctsap.2007.09.008>]
- CANAPP, S.O., HULSE, D. (2008) Jump Down Syndrome. *Clean Run* vol. 14, n° 4, p. 23-27. [<https://www.icbblog.org/wp-content/uploads/2016/01/Canapp-Hulse-2008-Jump-down-syndrome.pdf>]
- CANNON, M.S., PUCHALSKI, S.M. (2008) Ultrasonographic Evaluation of Normal Canine Iliopsoas Muscle. *Veterinary Radiology & Ultrasound* vol. 49, n° 4, p. 378-382. [<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2008.00385.x>]

- CHATEAU, H. (2019a) Anatomie des membres et de la tête, Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique d'Anatomie.
- CHATEAU, H. (2019b) Le genou du chien, Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique d'Anatomie.
- CIMINO BROWN, D. (2017) What can we learn from osteoarthritis pain in companion animals? *Clinical and Experimental Rheumatology* vol. 35 Suppl 107, n° 5, p. 53-58.
- COMMISSION NATIONALE ÉDUCATION ET ACTIVITÉS CYNOPHILES (2023) C'est quoi l'agility ? [<http://activites-canines.com/agility/presentation/>] (consulté le 26/08/2023).
- COMMISSION NATIONALE ÉDUCATION ET ACTIVITÉS CYNOPHILES (2023) Règlement d'agility de la SCC (Société Centrale Canine) et de la FCI (Fédération Cynologique Internationale). [http://activites-canines.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2023/04/Reglement-agility-SCC-et-FCI-2023.pdf] (consulté le 26/08/2023).
- COMMISSION NATIONALE ÉDUCATION ET ACTIVITÉS CYNOPHILES (2020a) C'est quoi le frisbee ? [<http://activites-canines.com/frisbee/presentation/>] (consulté le 26/08/2023).
- COMMISSION NATIONALE ÉDUCATION ET ACTIVITÉS CYNOPHILES (2020b) C'est quoi le flyball ? [<http://activites-canines.com/flyball/presentation/>] (consulté le 26/08/2023).
- COOK, C.R. (2016) Ultrasound Imaging of the Musculoskeletal System. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice* vol. 46, n° 3, p. 355-371. [<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2015.12.001>]
- COUTURIER, L. (2006) Échographie musculo-squelettique. *Le Point Vétérinaire* n° 264, p. 70-76.
- DECORY, B. (1992a) Traumatismes musculaires et electro physiotherapie ou place de l'electro physiotherapie en pathologie (partie 2). *Sport Med', Revue Pratique de Médecine et de Kinésithérapie du Sport* n° 40, p. 33-35.
- DECORY, B. (1992b) Traumatismes musculaires et electro physiotherapie ou place de l'electro physiotherapie en pathologie (partie 3). *Sport Med', Revue Pratique de Médecine et de Kinésithérapie du Sport* vol. 41, p. 28-29.
- DECORY, B. (1991) Traumatismes musculaires et électro physiothérapie ou place de l'électro physiothérapie en pathologie musculaire (partie 1). *Sport Med', Revue Pratique de Médecine et de Kinésithérapie du Sport* n° 36, p. p.7-12.
- ENTANI, M.G., FRANINI, A., BARELLA, G., *et al.* (2022) High-Resolution Ultrasonographic Anatomy of the Carpal Tendons of Sporting Border Collies. *Animals* vol. 12, n° 16, p. 2050. [<https://doi.org/10.3390/ani12162050>]
- FACCO (2022) Les chiffres de la population animale en France. *In Facco*. [<https://www.facco.fr/chiffres-cles/les-chiffres-de-la-population-animale/>] (consulté le 31/08/2023).
- FOURIEZ-LABLEE, V. (2004) Les affections musculaires chez le chien de sport. Thèse de doctorat vétérinaire. École nationale vétérinaire d'Alfort.
- GILLETTE, R.L., ANGLE, T.C. (2008) Recent developments in canine locomotor analysis: A review. *The Veterinary Journal* vol. 178, n° 2, p. 165-176. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.01.009>]
- GNUDI, G., BERTONI, G. (2001) Echographic Examination of the Stifle Joint Affected by Cranial Cruciate Ligament Rupture in the Dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound* vol. 42, n° 3, p. 266-270. [<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2001.tb00938.x>]
- GRANDJEAN, D. (1996) Pathologie du chien de sport : les affections locomotrices. *Le Point Vétérinaire* vol. 27, n° 172, p. 41-51.
- GRANDJEAN, D., MOQUET, N., PAWLOWIEZ, S., *et al.* (2002) Guide pratique du chien de sport et d'utilité, 2e éd. Paris, Aniwa publishing.
- JAEGER, G.H., CANAPP, S.O. (2008) Carpal and Tarsal Injuries. *Clean Run* p. 74-76. [https://www.cleanrun.com/feature/carpal_and_tarsal_injuries/index.cfm]
- K9 FITNESS SOLUTIONS (2022) The Biomechanics of the canine jump and how your dog jumps. [<https://www.k9fitsolutions.com/blog/how-does-your-dog-jump-the-biomechanics-of-the-canine-athlete-s-jump>] (consulté le 23/08/2023).
- KING, R. (2021) Advanced Imaging of the Forelimb: Use of Musculoskeletal Ultrasound and MRI of the Shoulder and Brachial Plexus. *The Veterinary Clinics of North America : Small Animal Practice* vol. 51, n° 2, p. 383-399. [<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.11.005>]

- KRAMER, M., GERWING, M., SHEPPARD, C., *et al.* (2001) Ultrasonography for the diagnosis of diseases of the tendon and tendon sheath of the biceps brachii muscle. *Veterinary Surgery* vol. 30, n° 1, p. 64-71. [<https://doi.org/10.1053/jvet.2001.20336>]
- KRAMER, M., STENGEL, H., GERWING, M., *et al.* (1999) Sonography of the Canine Stifle. *Veterinary Radiology & Ultrasound* vol. 40, n° 3, p. 282-293. [<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1999.tb00363.x>]
- LAMB, C.R., DUVERNOIS, A. (2005) Ultrasonographic Anatomy of the Normal Canine Calcaneal Tendon. *Veterinary Radiology & Ultrasound* vol. 46, n° 4, p. 326-330. [<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2005.00061.x>]
- LAMB, C.R., WONG, K. (2005) Ultrasonographic Anatomy of the Canine Elbow. *Veterinary Radiology & Ultrasound* vol. 46, n° 4, p. 319-325. [<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2005.00060.x>]
- LASCELLES, B.D.X., ROE, S.C., SMITH, E., *et al.* (2006) Evaluation of a pressure walkway system for measurement of vertical limb forces in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research* vol. 67, n° 2, p. 277-282. [<https://doi.org/10.2460/ajvr.67.2.277>]
- LEVY, M., HALL, C., TRENTACOSTA, N., *et al.* (2009) A preliminary retrospective survey of injuries occurring in dogs participating in canine agility. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* vol. 22, n° 4, p. 321-324. [<https://doi.org/10.3415/VCOT-08-09-0089>]
- LIDEO, L., MILAN, R. (2013) Ultrasound monitoring of shortwave diathermic treatment of gastrocnemius strain in a dog. *Journal of Ultrasound* vol. 16, n° 4, p. 231-234. [<https://doi.org/10.1007/s40477-013-0044-7>]
- LONG, C.D., NYLAND, T.G. (1999) Ultrasonographic Evaluation of the Canine Shoulder. *Veterinary Radiology & Ultrasound* vol. 40, n° 4, p. 372-379. [<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1999.tb02129.x>]
- LOTSIKAS, P.J., LOTSIKAS, F.M. (2011a) Why Toes Are So Important. *In Clean Run*. [https://www.cleanrun.com/feature/why_toes_are_so_important_/index.cfm] (consulté le 20/08/2023).
- LOTSIKAS, P.J., LOTSIKAS, F.M. (2011b) Intervertebral disc disease in the canine athlete. *Clean Run* vol. 17, n° 6, p. 51-54. [<https://www.yumpu.com/en/document/read/9552761/intervertebral-disc-disease-ivdd-vosm>]
- MAHN, M.M., COOK, J.L., COOK, C.R., *et al.* (2005) Arthroscopic verification of ultrasonographic diagnosis of meniscal pathology in dogs. *Veterinary Surgery* vol. 34, n° 4, p. 318-323. [<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2005.00049.x>]
- MARCELLIN-LITTLE, D.J., LEVINE, D., CANAPP, S.O. (2007) The Canine Shoulder: Selected Disorders and Their Management with Physical Therapy. *Clinical Techniques in Small Animal Practice, Physical Therapy in Small Animals* vol. 22, n° 4, p. 171-182. [<https://doi.org/10.1053/j.ctsap.2007.09.006>]
- MARIE, M. (2015) Dominantes pathologiques chez le chien d'agility : enquête circonstanciée et analyse des facteurs de risques en relation avec la gestuelle du chien à l'effort. Thèse de doctorat vétérinaire. École nationale vétérinaire d'Alfort.
- MATTOON, J.S., NYLAND, T.G. (2017) Diagnostic échographique chez les carnivores domestiques. Paris, Med'com.
- MECKLENBURG, L. (2007) About the Dog's Jumping Arc vol. *Clean Run*, n° 11, p. 38-43. [<https://www.nxtbook.com/nxtbooks/cleanrun/1117/index.php?startid=3#/p/38>]
- PENNINCK, D., D'ANJOU, M.-A. (2015) Atlas of Small Animal Ultrasonography, 2nd Edition. Ames, Wiley-Blacwell.
- PFAU, T., GARLAND DE RIVAZ, A., BRIGHTON, S., *et al.* (2011) Kinetics of jump landing in agility dogs. *Veterinary Journal* vol. 190, n° 2, p. 278-283. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.10.008>]
- PILAR LAFUENTE, M., FRANSSON, B.A., LINCOLN, J.D., *et al.* (2009) Surgical Treatment of Mineralized and Nonmineralized Supraspinatus Tendinopathy in Twenty-four Dogs. *Veterinary Surgery* vol. 38, n° 3, p. 380-387. [<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2009.00512.x>]

- PROSKE, U., WEERAKKODY, N.S., PERCIVAL, P.A., *et al.* (2003) Force-matching errors after eccentric exercise attributed to muscle soreness. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* vol. 30, p. 576-579. [<https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2003.03880.x>]
- ROBERT, C. (2010) Groupes et actions musculaires des membres, Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique d'Anatomie.
- SANS, N., LAPÈGUE, F., FARUCH-BILFELD, M. (2021) Echographie musculosquelettique, 3ème édition. Issy Les Moulinaux, Elsevier Masson.
- SEYREK-INTAS, D., MICHELE, U., TACKE, S., *et al.* (2009) Accuracy of ultrasonography in detecting fragmentation of the medial coronoid process in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 234, n° 4, p. 480-485. [<https://doi.org/10.2460/javma.234.4.480>]
- SHARP, N.J., WHEELER, S.J. (2005) *Small Animal Spinal Disorders*, 2nd Edition. Edinburgh, Elsevier Mosby.
- SOCIÉTÉ CENTRALE CANINE (2023) Programme des épreuves Sportives en RING pour chiens d'Utilité. [<https://www.sports-canins.net/ring/2023-03--reglement-Ring-officiel.pdf>] (consulté le 26/08/2023).
- VANDEVELDE, B., VAN RYSSSEN, B., SAUNDERS, J.H., *et al.* (2006) Comparison of the Ultrasonographic Appearance of Osteochondrosis Lesions in the Canine Shoulder with Radiography, Arthrography, and Arthroscopy. *Veterinary Radiology & Ultrasound* vol. 47, n° 2, p. 174-184. [<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2006.00125.x>]
- VIATEAU, V. (2023a) Les entorses : cas particulier de la rupture du ligament croisé crânial chez le chien (entorse du grasset), Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique de Chirurgie.
- VIATEAU, V. (2023b) Les entorses du chien et du chat, Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique de Chirurgie.
- WERNHAM, B.G.J., JERRAM, R.M., WARMAN, C.G.A. (2008) Bicipital Tenosynovitis in Dogs. *Compendium : Continuing Education For Veterinarians* vol. 30, n° 10, p. 537-552.
- WORTH, A.J., CAVE, N.J. (2018) A veterinary perspective on preventing injuries and other problems that shorten the life of working dogs. *Revue Scientifique et Technique* vol. 37, n° 1, p. 161-169. [<https://doi.org/10.20506/rst.37.1.2749>]
- ZACCARIOTTO, A. (2019) Les facteurs influençant la performance de saut chez le chien d'Agility et leurs conséquences. Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- ZINK, C., CARR, B.J. (2018) What Is a Canine Athlete? *In Canine Sports Medicine and Rehabilitation*, 2nd Edition. Hoboken, John Wiley & Sons, Ltd, p. 1-22. [<https://doi.org/10.1002/9781119380627.ch1>]
- ZINK, C., DYKE, J.B.V. (2018) *Canine Sports Medicine and Rehabilitation*, 2nd Edition. Hoboken, John Wiley & Sons.

BIOMÉCANIQUE DU SAUT ET DIAGNOSTIC ÉCHOGRAPHIQUE DES AFFECTIONS LOCOMOTRICES ASSOCIÉES CHEZ LE CHIEN : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

AUTEUR : Julie DEVIER

RÉSUMÉ :

La pratique des sports canins (agility, ring, canicross...) est de plus en plus répandue au sein des binômes maîtres-chiens. Ces sports impliquent de nombreuses actions, dont le saut. Ce mouvement, dont la biomécanique est complexe, peut être la cause de diverses blessures de l'appareil locomoteur du chien. Dans cette thèse, nous nous attacherons dans un premier temps à présenter les différentes forces mises en jeu lors du saut, afin d'en décrire dans un second temps les conséquences lésionnelles possibles de l'appareil locomoteur. Enfin, il s'agira dans un troisième temps de porter notre intérêt sur l'échographie comme méthode d'examen d'imagerie. Malgré sa faible utilisation, l'échographie présente de nombreux avantages tant théoriques, que pratiques et financiers. Associée à la radiographie, elle permettrait d'assurer un diagnostic complet et précis afin d'assurer la prise en charge et le soin adaptés du chien sportif.

MOTS CLÉS :

CHIENS DE SPORT, SAUT, BIOMÉCANIQUE, AFFECTIONS MUSCULO-TENDINEUSES, ÉCHOGRAPHIE MUSCULO-TENDINEUSE

JURY :

Président : Pr CHATEAU Henry

Directeur de thèse : Pr GRANDJEAN Dominique

Examineur : Dr MORTIER Jérémy

Invitée : Dr ROGER Vinciane

BIOMECHANICS OF JUMPING AND ULTRASOUND DIAGNOSIS OF ASSOCIATED LOCOMOTOR DISORDERS IN DOGS: LITERATURE REVIEW

AUTHOR: Julie DEVIER

SUMMARY:

Dog sports (agility, ring, canicross, etc.) are becoming increasingly popular among handler-dog pairs. These sports involve a number of actions, including jumping. This movement, with its complex biomechanics, can be the cause of various injuries to the dog's musculoskeletal system. In this thesis, we will first present the different forces involved in jumping, and secondly describe the possible consequences for the locomotor system. Finally, we will focus on ultrasound as an imaging examination method. Despite its limited use, ultrasound has many theoretical, practical, and financial advantages. Combined with radiography, it can be used to provide a complete and accurate diagnosis, so that sports dogs can be treated and cared for appropriately.

KEYWORDS:

SPORTING DOGS, JUMPING, BIOMECHANICS, MUSCULOTENDINOUS DISORDERS, MUSCULOTENDINOUS ULTRASOUND

JURY:

Chairperson: Pr CHATEAU Henry
Thesis Director: Pr GRANDJEAN Dominique
Reviewer: Dr MORTIER Jérémy
Guest: Dr ROGER Vinciane