

Université de Montréal

**APPROCHES ARTHROSCOPIQUES ET DESCRIPTION DE L'ANATOMIE
ARTICULAIRE NORMALE DU CARPE ET DU TARSE CHEZ LE BOVIN ADULTE**

par HÉLÈNE LARDÉ

Département de Sciences Cliniques

Faculté de Médecine Vétérinaire

Mémoire présenté à la Faculté de médecine vétérinaire en vue de l'obtention
du grade de maître ès sciences (M.Sc.)
en sciences vétérinaires option sciences cliniques

Avril 2015

©Lardé, 2015

RÉSUMÉ

Les approches arthroscopiques et l'anatomie normale des articulations antébrachio-carpienne, carpienne moyenne et tarsocrurale n'ont jamais été décrites spécifiquement chez les bovins. Notre étude avait pour buts de définir les abords chirurgicaux et de décrire l'anatomie arthroscopique de ces trois articulations. Deux carpes et deux tarse issus du cadavre frais d'une vache adulte ont été injectés avec un mélange de latex, puis disséqués afin de déterminer les sites arthroscopiques d'intérêt. Par la suite, l'arthroscopie des articulations antébrachio-carpienne et carpienne moyenne (approche dorsale) et de l'articulation tarsocrurale (approches dorsale et plantaire) a été réalisée sur six cadavres frais de vaches adultes ne présentant ni boiterie ni distension articulaire avant leur euthanasie. Les approches dorsolatérale et dorsomédiale des articulations antébrachio-carpienne et carpienne moyenne ont été réalisées de part et d'autre de l'extenseur radial du carpe. Les structures observées étaient le radius distal, les os radial, intermédiaire, ulnaire, II et III fusionnés et IV du carpe, ainsi que des ligaments palmaires. Les approches dorsolatérale et dorsomédiale de l'articulation tarsocrurale ont été réalisées latéralement au long extenseur des doigts et médialement au troisième péronier respectivement. Les approches plantarolatérale et plantaromédiale ont été réalisées latéralement au fléchisseur latéral des doigts et latéralement au fléchisseur médial des doigts respectivement. Les structures observées étaient le tibia distal, les trochlées proximale et plantaire du talus, le processus coracoïde du calcaneus, l'articulation fibulo-calcaneenne et des ligaments articulaires. Quelle que soit l'articulation, l'approche latérale était préférée à l'approche médiale. L'arthroscopie du carpe et du tarse pourra être proposée dans un contexte hospitalier comme outil diagnostique, thérapeutique et pronostique des maladies articulaires bovines.

Mots-clés : arthroscopie, carpe, articulation antébrachio-carpienne, articulation carpienne moyenne, tarse, articulation tarsocrurale, bovin, anatomie articulaire.

ABSTRACT

Arthroscopic approaches and normal anatomy of the antebrachiocondylar, middle carpal and tarsocrural joints have not been specifically described in cattle. Our study aimed to determine surgical approaches and to describe the arthroscopic anatomy of these three joints. Two carpi and two tarsi from the fresh cadaver of an adult cow were injected with a latex mixture and dissected to determine the arthroscopic sites of interest. Thereafter, arthroscopic evaluation of the antebrachiocondylar and middle carpal joints (dorsal approach) and tarsocrural joint (dorsal and plantar approaches) was performed on six fresh cadavers of adult cows exhibiting neither lameness nor joint distension prior to their euthanasia. Dorsolateral and dorsomedial approaches of the antebrachiocondylar and middle carpal joints were performed on either side of the *extensor carpi radialis*. Observed structures were the distal radius, the radial, intermediate, ulnar, fused second and third and fourth carpal bones, as well as palmar ligaments. Dorsolateral and dorsomedial approaches of the tarsocrural joint were performed laterally to the *extensor digitorum longus* and medially to the *peroneus tertius* respectively. Plantarolateral and plantaromedial approaches were performed laterally to the *flexor digitorum lateralis* and laterally to the *flexor digitorum medialis* respectively. Observed structures were the distal tibia, proximal and plantar trochleae of the talus, the coracoid process of the calcaneus, the fibulocalcaneal joint and intra-articular ligaments. Whatever the joint, the lateral approach was preferred to the medial one. Arthroscopy of the carpus and tarsus may be offered in a hospital setting as a diagnostic, therapeutic and prognostic tool for bovine joint diseases.

Keywords: arthroscopy, carpus, antebrachiocondylar joint, middle carpal joint, tarsus, tarsocrural joint, cattle, joint anatomy.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	ii
Abstract.....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	x
Liste des sigles et des abréviations.....	xiii
Citations.....	xvii
Remerciements.....	xviii
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>1. RECENSION DE LA LITTÉRATURE</u>	3
1.1. Anatomie normale du carpe bovin	3
1.1.1. Anatomie osseuse.....	3
1.1.1.1. <i>Surface articulaire distale du radius et de l'ulna</i>	3
1.1.1.2. <i>Rangée proximale des os du carpe</i>	4
1.1.1.3. <i>Rangée distale des os du carpe</i>	6
1.1.1.4. <i>Surface articulaire proximale des os métacarpiens</i>	7
1.1.2. Anatomie synoviale.....	8
1.1.3. Anatomie musculaire et tendineuse.....	10
1.1.3.1. <i>Tendons de la face dorsale du carpe</i>	10

1.1.3.2. <i>Tendons de la face palmaire du carpe</i>	13
1.1.4. Anatomie ligamentaire.....	15
1.1.5. Anatomie vasculaire.....	16
1.1.5.1. <i>Artères du carpe</i>	16
1.1.5.2. <i>Veines du carpe</i>	17
1.1.6. Anatomie nerveuse.....	17
1.2. Anatomie normale du tarse bovin	19
1.2.1. Anatomie osseuse.....	19
1.2.1.1. <i>Surface articulaire distale du tibia et du vestige de fibula</i>	19
1.2.1.2. <i>Rangée proximale des os du tarse</i>	20
1.2.1.3. <i>Rangées distales partiellement fusionnées des os du tarse</i>	23
1.2.1.4. <i>Surface articulaire proximale des os métatarsiens</i>	25
1.2.2. Anatomie synoviale.....	27
1.2.3. Anatomie musculaire et tendineuse.....	29
1.2.3.1. <i>Tendons de la face dorsale du tarse</i>	29
1.2.3.2. <i>Tendons de la face plantaire du tarse, plan profond</i>	33
1.2.3.3. <i>Tendons de la face plantaire du tarse, plan superficiel</i>	34
1.2.4. Anatomie ligamentaire.....	35
1.2.5. Anatomie vasculaire.....	38
1.1.5.1. <i>Artères du tarse</i>	38
1.1.5.2. <i>Veines du tarse</i>	38
1.2.6. Anatomie nerveuse.....	39

1.3. Maladies articulaires du carpe et du tarse bovins.....	40
1.3.1. Maladies articulaires non infectieuses.....	40
1.3.1.1. <i>Ostéochondrose.....</i>	<i>40</i>
1.3.1.2. <i>Maladies articulaires dégénératives.....</i>	<i>42</i>
1.3.1.3. <i>Hémarthrose.....</i>	<i>43</i>
1.3.2. Arthrites septiques.....	44
1.4. Arthroscopie bovine.....	46
1.4.1. Techniques générales.....	46
1.4.1.1. <i>Équipements.....</i>	<i>46</i>
1.4.1.2. <i>Préparation chirurgicale.....</i>	<i>51</i>
1.4.1.3. <i>Technique chirurgicale générale.....</i>	<i>52</i>
1.4.1.4. <i>Intérêts de l'arthroscopie.....</i>	<i>52</i>
1.4.1.5. <i>Limites de l'arthroscopie chez le bovin.....</i>	<i>53</i>
1.4.2. Arthroscopie du boulet.....	54
1.4.3. Arthroscopie du grasset.....	56
1.4.4. Arthroscopie du carpe.....	57
1.4.4.1. <i>Rapports de cas dans l'espèce bovine.....</i>	<i>57</i>
1.4.4.2. <i>Arthroscopie du carpe dans l'espèce équine.....</i>	<i>57</i>
1.4.4.3. <i>Différences anatomiques du carpe entre les espèces bovine et</i>	
<i>équine.....</i>	<i>58</i>
1.4.5. Arthroscopie du tarse.....	60
1.4.5.1. <i>Rapports de cas dans l'espèce bovine.....</i>	<i>60</i>
1.4.5.2. <i>Arthroscopie du tarse dans l'espèce équine.....</i>	<i>60</i>

1.4.5.3. <i>Différences anatomiques du tarse entre les espèces bovine et équine</i>	61
2. <u>PROBLÉMATIQUE</u>	63
3. <u>HYPOTHÈSES ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE</u>	64
4. <u>ARTICLE 1 – DORSAL ARTHROSCOPIC APPROACH AND INTRA-ARTICULAR ANATOMY OF THE BOVINE ANTEBRACHIOCARPAL AND MIDDLE CARPAL JOINTS</u>	65
Abstract.....	66
Acronyms.....	66
Introduction.....	67
Materials and methods.....	69
Results.....	71
Discussion.....	75
Table and figures.....	79
References.....	85
5. <u>ARTICLE 2 – ARTHROSCOPIC APPROACH AND INTRA-ARTICULAR ANATOMY OF THE DORSAL AND PLANTAR COMPARTMENTS OF THE BOVINE TARSOCRURAL JOINT</u>	89
Abstract.....	90

Acronyms.....	90
Introduction.....	92
Materials and methods.....	93
Results.....	95
Discussion.....	99
Table and figures.....	103
References.....	110
6. <u>DISCUSSION GÉNÉRALE</u>	112
6.1. Conclusions de l'étude sur le carpe	112
6.2. Conclusions de l'étude sur le tarse	114
6.3. Applications cliniques	116
6.4. Difficultés rencontrées lors du projet / limites de l'étude	118
6.5. Projets futurs	120
<u>CONCLUSION</u>	121
Bibliographie.....	122

LISTE DES TABLEAUX

4. Article 1

Table 1- Structures viewed through each arthroscopic portal and reached with an instrument inserted through the opposite portal.....79

5. Article 2

Table 1- Structures viewed through each arthroscopic portal and reached with an instrument inserted through the opposite portal.....103

LISTE DES FIGURES

1. Recension de la littérature

Figure 1 – Extrémité distale du radius et de l’ulna droits d’un bovin adulte.....	4
Figure 2 – Surfaces articulaires proximales de la rangée proximale des os du carpe droit d’un bovin adulte.....	5
Figure 3 – Surfaces articulaires distales de la rangée proximale des os du carpe droit d’un bovin adulte.....	6
Figure 4 – Surfaces articulaires proximales de la rangée distale des os du carpe droit d’un bovin adulte.....	7
Figure 5 – Articulations antébrachiocarpienne (ABC), carpienne moyenne (CPM) et carpo-métacarpienne (CMC) du carpe droit d’un bovin adulte.....	9
Figure 6 – Dissection des tendons, vaisseaux et nerfs importants d’un carpe droit de bovin adulte.....	12
Figure 7 – Extrémité distale du tibia et de l’os malléolaire (vestige de la fibula) gauches d’un bovin adulte.....	20
Figure 8 – Surfaces articulaires proximales du talus et du calcanéus du tarse gauche d’un bovin adulte.....	22
Figure 9 – Surfaces articulaires distales du talus et du calcanéus du tarse gauche d’un bovin adulte.....	23
Figure 10 – Surfaces articulaires proximales de l’os centroquartale (OTC+4) du tarse gauche d’un bovin adulte.....	24
Figure 11 – Anatomie osseuse du tarse droit d’un bovin adulte, résumé.....	26
Figure 12 – Articulations tarsocrurale (TSC), intertarsienne proximale (ITP), intertarsienne distale (ITD) et tarsométatarsienne (TMT) d’un tarse droit de bovin adulte.....	28
Figure 13 – Dissection des tendons, vaisseaux et nerfs importants d’un tarse droit de bovin adulte, face médiale.....	31

Figure 14 – Dissection des tendons, vaisseaux et nerfs importants d’un tarse droit de bovin adulte, face latérale.....	32
Figure 15 – Ligaments talo-fibulaire plantaire (LTFP) et tibio-talien plantaire (LTTP), face plantaire du tarse droit d’un bovin adulte.....	37
Figure 16 – Vues radiographiques dorso-latérale plantaro-médiale oblique (DLPMO) du tarse gauche d’un bovin femelle de 12 mois et dorso-palmaire du carpe gauche d’un bovin femelle de 11 mois.....	42
Figure 17 – Tour d’arthroscopie.....	48
Figure 18 – Instruments utilisés lors d’une arthroscopie.....	50

4. Article 1

Figure 1 - Anatomy of the dorsal aspect of the right carpus of an adult Holstein cow.....	80
Figure 2 - Dorsolateral approach of a right antebrachiocarpal joint.....	81
Figure 3 - Dorsomedial approach of a right antebrachiocarpal joint.....	82
Figure 4 - Dorsolateral approach of a right middle carpal joint.....	83
Figure 5 - Dorsomedial approach of a right middle carpal joint.....	84

5. Article 2

Figure 1 - Dorsolateral (1) and dorsomedial (2) approaches of a right tarsocrural joint drawn in extension.....	104
Figure 2 - Plantarolateral (1) and plantaromedial (2) approaches of a right tarsocrural joint drawn in flexion.....	105
Figure 3 - Dorsolateral approach of a right tarsocrural joint.....	106
Figure 4 - Dorsomedial approach of a right tarsocrural joint.....	107
Figure 5 - Plantarolateral approach of a right tarsocrural joint.....	108

Figure 6- Plantaromedial approach of a right tarsocrural joint.....109

LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS

ABC : articulation antébrachio-carpienne (articulation radio-carpienne)

ACQ : articulation calcanéο-quartale (entre le calcanéus et l'os centroquartale)

AINS : anti-inflammatoire non stéroïdien

ATC : articulation talo-centrale (entre le talus et l'os centroquartale)

CED : court extenseur des doigts (*extensor digitorum brevis*)

CGL : cavité glénoïde latérale de la surface articulaire distale du radius

CGML : cavité glénoïde médiale de la surface articulaire distale du radius

CGMN : cavité glénoïde médiane de la surface articulaire distale du radius

CHUV : centre hospitalier universitaire vétérinaire

CLC : calcanéus (ou calcanéum)

CMC : articulation carpo-métacarpienne

CPM : articulation carpienne moyenne (articulation intercarpienne)

CPSL : crête parasagittale latérale de la surface articulaire distale du radius

CPSM : crête parasagittale médiale de la surface articulaire distale du radius

DLPMO : vue radiographique dorso-latérale plantaro-médiale oblique

ECD : extenseur commun des doigts (*extensor digitorum communis*)

ED3+4 : extenseur des doigts III et IV

EDL : extenseur du doigt latéral (*extensor digitorum lateralis*)

EDM : extenseur du doigt médial (*extensor digitorum medialis*)

EOC : extenseur oblique du carpe (*extensor carpi obliquus*)

ERC : extenseur radial du carpe (*extensor carpi radialis*)

EUC : extenseur ulnaire du carpe (*extensor carpi ulnaris*), anciennement ulnaire latéral (*ulnaris lateralis*)

FLD : fléchisseur latéral des doigts (*flexor digitorum lateralis*)

FMD : fléchisseur médial des doigts (*flexor digitorum medialis*)

FPD : fléchisseur profond des doigts (*flexor digitorum profundus*)

FRC : fléchisseur radial du carpe (*flexor carpi radialis*)

FSD : fléchisseur superficiel des doigts (*flexor digitorum superficialis*)

FUC : fléchisseur ulnaire du carpe (*flexor carpi ulnaris*), anciennement ulnaire médial (*ulnaris medialis*)

GGE : glyceryl guaiacolate ether (ou guaiphenesin)

GLCT : gorge latérale de la cochlée tibiale

GMCT : gorge médiale de la cochlée tibiale

GTC : gastrocnémien (*gastrocnemius*)

GTPI : gorge de la trochlée plantaire du talus

GTPr : gorge de la trochlée proximale du talus

IRM : imagerie par résonnance magnétique

ITD : articulation intertarsienne distale

ITP : articulation intertarsienne proximale

KOSC : kyste osseux sous-chondral

LCLC : ligament collatéral latéral court

LCLL : ligament collatéral latéral long

LCMC : ligament collatéral médial court

LCML : ligament collatéral médial long

LgED : long extenseur des doigts (*extensor digitorum longus*)

LgP : long péronier (*peroneus longus*), anciennement long fibulaire

LLTPI : lèvre latérale de la trochlée plantaire du talus

LLTPr : lèvre latérale de la trochlée proximale du talus

LMTPI : lèvre médiale de la trochlée plantaire du talus

LMTPr : lèvre médiale de la trochlée proximale du talus

LTFP : ligament talo-fibulaire plantaire

LTTP : ligament tibio-talien plantaire

MC3+4 : os métacarpiens III + IV fusionnés

ML : malléole latérale = os malléolaire, vestige de la fibula

MM : malléole médiale du tibia

MT3+4 : os métatarsiens III + IV fusionnés

OAC : os accessoire du carpe = os pisiforme

OC2+3 : os carpal II + os carpal III fusionnés = os capitato-trapézoïde

OC4 : os carpal IV = os crochu = os hamatum

OCD : ostéochondrite dissecans

OIC : os intermédiaire du carpe = os semi-lunaire = os lunatum

ORC : os radial du carpe = os scaphoïde

OSM : os sésamoïde métatarsien

OT1 : os tarsal I = os petit cunéiforme

OT2+3 : os tarsal II + os tarsal III fusionnés = os grand cunéiforme

OTC+4 : os centroquartale = os naviculo-cuboïde = os central + os tarsal IV fusionnés

OUC : os ulnaire du carpe = os pyramidal = os triquetrum

PCC : processus coracoïde du calcaneus

PSGAG : polysulfate de glycosaminoglycane (Adequan®)

PSR : processus styloïde radial

PSU : processus styloïde ulnaire

STT : *sustentaculum tali*

TBC : tubérosité calcanéenne (*tuber calcanei*)

TCC : tendon calcanéen commun

TCd : tibial caudal (*tibialis caudalis*)

TCr : tibial crânial (*tibialis cranialis*)

TICT : tenon intermédiaire de la cochlée tibiale

TMT : articulation tarso-métatarsienne

TrP : troisième péronier (*peroneus tertius*)

TSC : articulation tarsocrurale (articulation tibiotarsienne)

« Connaitre, ce n'est point démontrer, ni expliquer. C'est accéder à la vision. »

« On ne voit bien qu'avec le cœur. L'essentiel est invisible pour les yeux. »

« Fais de ta vie un rêve, et d'un rêve, une réalité. »

Antoine de Saint-Exupéry, citations

REMERCIEMENTS

Je remercie chaleureusement Dr Sylvain Nichols, mon directeur de maîtrise, d'avoir accepté de me superviser dans ce projet, de m'avoir accordé sa confiance, et pour son enseignement, ses encouragements, sa patience et ses conseils tout au long de cette étude. J'espère avoir la chance de travailler avec toi encore longtemps !

Je remercie également, et tout aussi chaleureusement, mon co-directeur de maîtrise, Dr André Desrochers, pour son soutien tout au long du projet et pour le partage de ses infinies connaissances relatives à son ~~âge avancé~~ expérience.

Un gros merci à Dr David Francoz d'avoir accepté le rôle de « président-rapporteur », de m'avoir épaulée dans la dernière ligne droite de la rédaction de ce mémoire, et pour ses remarques toujours très pertinentes et attentionnées.

Merci à Dr Bertrand Lussier d'avoir accepté d'être membre du jury d'examen de mon mémoire, pour sa relecture attentive et ses corrections perspicaces.

Merci à Dre Marie Babkine, précieuse collaboratrice et coéquipière triathlonienne en or (en or... pas notre médaille évidemment !). Merci pour le prêt à durée indéterminée des Barone (heureusement que tu n'appliques pas les mêmes frais de retard que la bibliothèque, je serais ruinée). À notre prochain défi sportif !

Merci beaucoup à Dre Marketa Kopal et à Dre Rebecca Vandormael pour la relecture et les corrections de mon anglais, même quand je vous envoie mon texte à la dernière minute !

Merci à l'ensemble du personnel du secteur bovin, avec une pensée particulière pour les animaliers qui m'ont aidée à installer les cadavres de vaches sur la table de chirurgie, à Marco Bosa pour le fonctionnement de la tour d'arthroscopie et la logistique du matériel de chirurgie, à Marie-Ève Rémy pour la préparation de mes os qui me furent d'une aide inestimable pour la compréhension de l'anatomie, à Josée Beaudry pour l'appui technique et moral lors des dissections tard le soir (et le collage des nerfs à la crazy glue pour les photos ☺) et à mon amie Emma pour son soutien et ses encouragements depuis la première minute de mon projet !

Merci aux éleveurs qui ont accepté les manipulations sur leur vache. Merci aux cliniciens du CHUV bovin, les docteurs Babkine, Desrochers, Fecteau, Francoz et Nichols, qui m'ont permis de récupérer les vaches avant la réalisation de la nécropsie et qui m'ont soutenue dans mon étude.

Merci au Fonds Pfizer de recherche clinique du CHUV bovin qui a généreusement participé à la subvention de ce projet de recherche.

Je remercie du fond du cœur mes parents Annie et Patrick sans qui toute cette aventure n'aurait pas été possible. Merci de m'avoir transmis cette force qui me permet d'aller toujours de l'avant et de franchir les obstacles, quel que soit leur niveau ! Merci pour votre amour et votre soutien sans faille, quelle chance j'ai de pouvoir compter sur vous à tout moment !

Merci à mes trois petites sœurs chéries : ma Coco Nuts, ma Cachounette et ma petite Marilou, merci à mon frangin adoré Jean : je vous aime ! Vous avez intérêt à venir me rendre visite bientôt !!

Merci à mes amis, d'ici ou d'ailleurs ! Désolée de ne pas donner plus souvent signe de vie... Vous êtes toujours les bienvenus pour me rendre visite, même à l'improviste ! Je suis certaine que la vie fera en sorte que nos chemins se recroiseront un jour !

INTRODUCTION

La boiterie représente un problème important en médecine vétérinaire bovine (Russell 1982, McLennan 1988, Clarkson 1996). La prévalence instantanée dans un troupeau varie de 12,1% à 33,7% (Cook 2003). Concernant les vaches laitières, la boiterie a été associée avec une diminution de la production laitière (Green 2002, Hernandez 2005-b) et une diminution de la fécondité (Hernandez 2005-a), ce qui entraîne des répercussions économiques pour les éleveurs et de nombreuses réflexions sur le bien-être animal. La plupart des boiteries chez les bovins adultes est due à des lésions du pied (jusqu'à 90% de l'ensemble des boiteries), dont les plus fréquentes sont la dermatite digitale ou piétin d'Italie, la pododermatite *circumscripta* ou ulcère de sole, la maladie de la ligne blanche, la pododermatite septique ou abcès de sole, l'érosion du talon et la fourbure (Russell 1982, McLennan 1988, Cramer 2008, Shearer 2012). Le reste des boiteries inclut les problèmes articulaires et ligamentaires, osseux, musculaires et tendineux, et neurologiques (parésies).

Les maladies articulaires décrites chez les bovins sont les arthrites septiques (Desrochers 2014) et les maladies articulaires non infectieuses (Nichols 2014-b), qui incluent les maladies développementales, les traumatismes articulaires et l'arthrose. Les arthrites septiques peuvent affecter toute articulation synoviale. Le carpe et le grasset sont les plus fréquemment impliqués chez les jeunes animaux, le boulet et le tarse chez les adultes (Desrochers 2014). Les maladies articulaires développementales sont l'ostéochondrose, dont les trois articulations les plus fréquemment atteintes sont le grasset, le carpe et le tarse (Trostle 1997), et les maladies articulaires dégénératives, qui affectent principalement la hanche (Howlett 1972) et l'articulation interphalangienne distale (Mulon 2009). Le carpe et le tarse sont des articulations à risque pour les traumatismes articulaires du fait de la maigre protection par les tissus périarticulaires (absence de muscle) et de leur sollicitation importante lors du coucher et du lever. Enfin, toute maladie articulaire peut évoluer en arthrose. Les articulations fréquemment impliquées sont le tarse, le grasset et les articulations intervertébrales (Weisbrode 1982, Bargai 1992, Persson 2007).

Il convient de bien comprendre la pathophysiologie des différentes maladies articulaires afin de pouvoir les diagnostiquer, les traiter et proposer un pronostic pour chacune d'entre elles. En ce sens, l'imagerie médicale avancée est un outil intéressant qui permet de comparer l'évolution des lésions

dans le temps. À titre d'exemple, l'échographie est devenue un examen complémentaire utilisé de routine qui permet, avec une sensibilité supérieure à la radiographie, d'identifier les lésions articulaires (Hinz 2011). Dans l'espèce équine, l'arthroscopie est souvent présentée comme l'examen de référence pour l'évaluation des problèmes articulaires du vivant de l'animal. Elle est maintenant réalisée sur une base quasi-quotidienne en pratique équine dans les centres de références, surtout pour le traitement de l'ostéochondrite *dissecans* et des kystes osseux sous-chondraux.

Les principes généraux de l'arthroscopie bovine ont été rapportés à plusieurs reprises (Hurtig 1985, Gaughan 1996, Lardé 2014) mais une description détaillée par articulation n'existe à ce jour que pour l'articulation du boulet (Blaser 2012) et pour les articulations fémorotibiales (approche crâniale) et fémoropatellaire (Nichols 2014-a). On comprend l'urgence de décrire précisément la technique d'arthroscopie pour les autres articulations fréquemment traitées en clinique, dont le carpe et le tarse.

1. RECENSION DE LA LITTÉRATURE

1.1. Anatomie normale du carpe bovin

Le carpe est l'ensemble des os courts compris entre l'avant-bras (radius et ulna) et les os métacarpiens. Par extension, la définition inclut également l'ensemble des tissus mous périarticulaires.

1.1.1. Anatomie osseuse

Les os impliqués dans le carpe bovin sont le radius et l'ulna proximement, la rangée proximale des os du carpe (os radial, os intermédiaire, os ulnaire, os accessoire), la rangée distale des os du carpe (os carpal II + os carpal III fusionnés, os carpal IV) et les os métacarpiens distalement (Barone 2010-a, Nomina Anatomica Veterinaria 2012).

1.1.1.1. Surface articulaire distale du radius et de l'ulna

Le radius et l'ulna sont fusionnés par syndesmose (articulation semi-mobile fibreuse) chez le jeune et par synostose (fusion complète) chez l'adulte.

La surface articulaire distale du radius (**Figure 1**) est irrégulière et encadrée médialement par le processus styloïde radial (**PSR**) et latéralement par le processus styloïde ulnaire (**PSU**). Deux crêtes parasagittales, la crête parasagittale médiale (**CPSM**) et la crête parasagittale latérale (**CPSL**) délimitent trois cavités glénoïdes dans lesquelles s'imbriquent les os de la rangée proximale du carpe. La CPSM est plus saillante et plus épaisse que la CPSL, surtout palmairement. La cavité glénoïde médiale (**CGML**), dans laquelle s'imbrique l'os radial du carpe, est encadrée par le PSR et la CPSM et elle est caractérisée par une forte dépression dans sa portion latérale. La cavité glénoïde médiane (**CGMN**), dans laquelle s'imbrique l'os intermédiaire du carpe, est encadrée par la CPSM et la CPSL et elle est caractérisée par une strie dans sa portion la plus concave (strie dans le plan frontal). La cavité

glénoïde latérale (**CGL**), dans laquelle s'imbrique l'os ulnaire du carpe, est encadrée par la CPSL et le PSL et c'est la moins profonde des trois cavités glénoïdes.

La surface articulaire distale de l'ulna (**Figure 1**) correspond uniquement au PSU, qui s'articule avec l'os ulnaire dans sa portion palmaire.

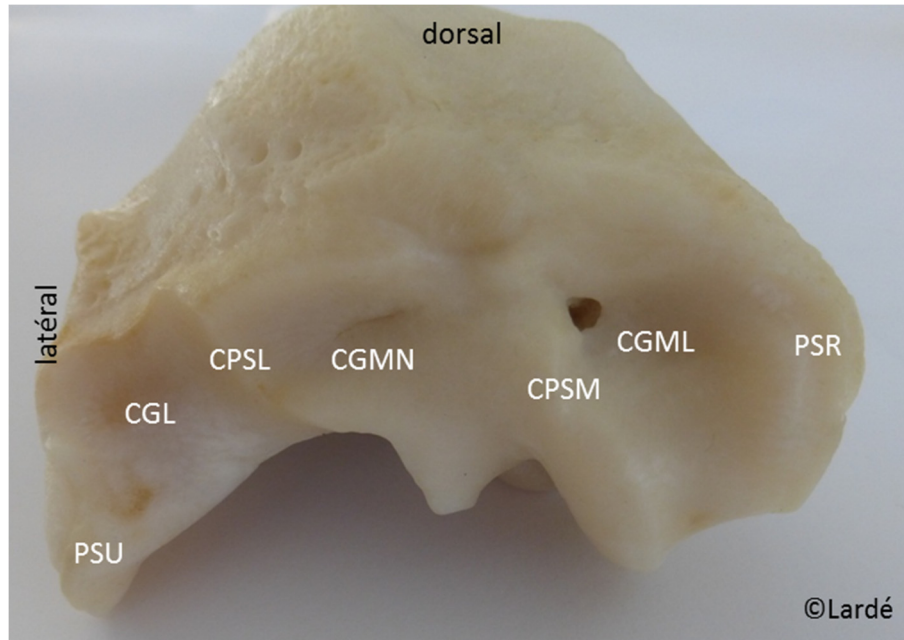


Figure 1 – Extrémité distale du radius et de l'ulna droits d'un bovin adulte. CGL = cavité glénoïde latérale, CGML = cavité glénoïde médiale, CGMN = cavité glénoïde médiane, CPSL = crête parasagittale latérale, CPSM = crête parasagittale médiale, PSR = processus styloïde radial, PSU = processus styloïde ulnaire.

1.1.1.2. Rangée proximale des os du carpe

La rangée proximale contient, de médial vers latéral, l'os radial du carpe (**ORC**), l'os intermédiaire du carpe (**OIC**) et l'os ulnaire du carpe (**OUC**). L'os accessoire du carpe (**OAC**) appartient également à la rangée proximale ; il s'articule uniquement avec l'OUC, à la face latéro-palmaire de ce dernier.

Les surfaces articulaires proximales de la rangée proximale des os du carpe (**Figure 2**) sont irrégulières et s'imbriquent dans les reliefs de la surface articulaire distale du radius et de l'ulna. La surface articulaire proximale de l'ORC est convexe dorsalement et sa portion la plus saillante fait une pointe qui s'imbrique dans la forte dépression de la CGML du radius. La surface articulaire proximale de l'OIC est relativement plate dorsalement. Elle fait une crête peu saillante dans le plan frontal, qui s'imbrique dans la strie de la CGMN du radius. La surface articulaire proximale de l'OUC est convexe dorsalement et très bombée. L'OUC s'imbrique dans la CGL du radius et contre le PSU.

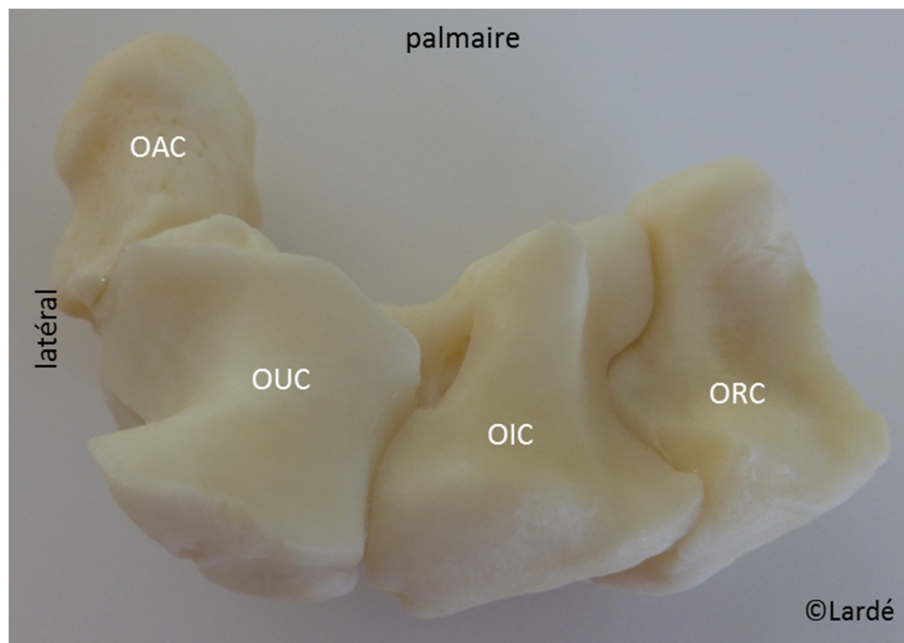


Figure 2 – Surfaces articulaires proximales de la rangée proximale des os du carpe droit d'un bovin adulte. OAC = os accessoire du carpe, OIC = os intermédiaire du carpe, ORC = os radial du carpe, OUC = os ulnaire du carpe.

Les surfaces articulaires distales de la rangée proximale des os du carpe (**Figure 3**) sont légèrement irrégulières. Les reliefs importants sont une crête dans le plan sagittal de l'OIC (correspondant à la jonction entre l'os carpal II+III fusionnés et l'os carpal IV) et un processus styloïde de l'OUC (situé dans sa portion latéro-palmaire).

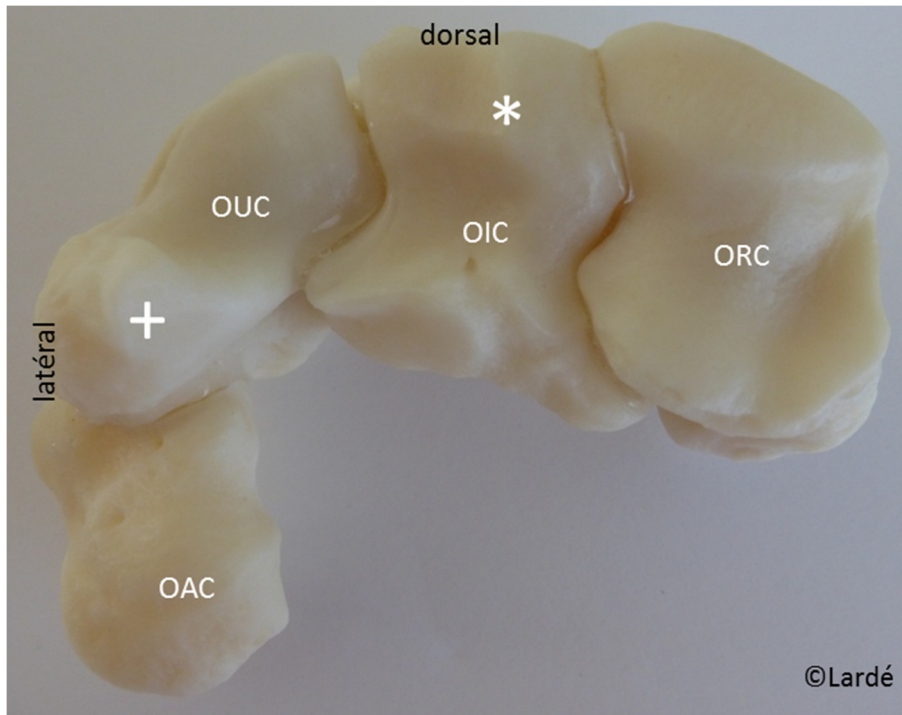


Figure 3 – Surfaces articulaires distales de la rangée proximale des os du carpe droit d'un bovin adulte. OAC = os accessoire du carpe, OIC = os intermédiaire du carpe, ORC = os radial du carpe, OUC = os ulnaire du carpe. Le symbole * identifie la crête sagittale dorsale de l'OIC. Le symbole + identifie le processus styloïde de l'OUC.

1.1.1.3. Rangée distale des os du carpe

La rangée distale contient, de médial vers latéral l'os carpal II + III fusionnés (**OC2+3**) et l'os carpal IV (**OC4**). L'OC4 est plus petit que l'OC2+3. L'espace entre ces deux os se situe dans le plan sagittal de l'OIC, vis-à-vis de la crête sagittale dorsale de ce dernier.

Les surfaces articulaires proximales de la rangée distale (**Figure 4**) des os du carpe sont légèrement irrégulières. Les reliefs importants sont une crête dans le plan parasagittal latéral de l'OC2+3 (qui s'imbrique dans l'espace articulaire entre l'ORC et l'OIC) et une crête dans le plan sagittal de l'OC4 (qui s'imbrique dans l'espace articulaire entre l'OIC et l'OUC).

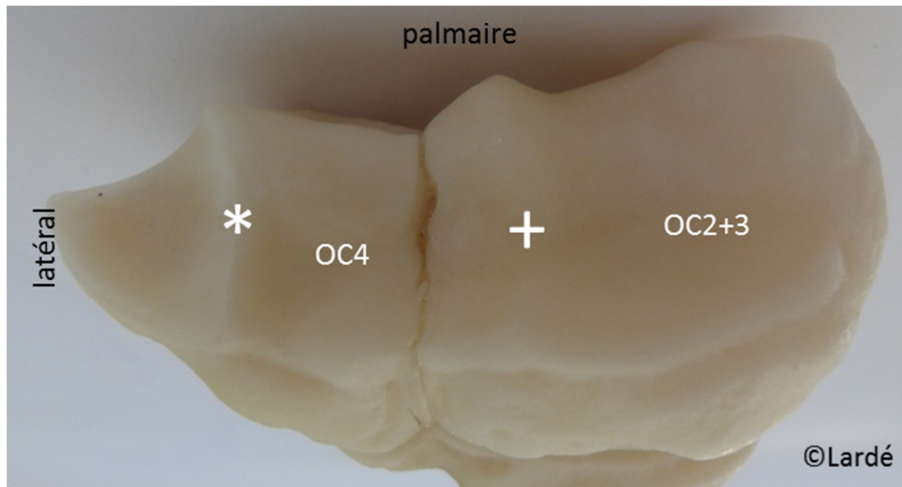


Figure 4 – Surfaces articulaires proximales de la rangée distale des os du carpe droit d'un bovin adulte. OAC = os accessoire du carpe, OIC = os intermédiaire du carpe, ORC = os radial du carpe, OUC = os ulnaire du carpe. Le symbole * identifie la crête sagittale de l'OC4. Le symbole + identifie la crête parasagittale latérale de l'OC2+3.

Les surfaces articulaires distales de la rangée distale des os du carpe sont relativement planes (aucun relief significatif).

1.1.1.4. Surface articulaire proximale des os métacarpiens

Les os métacarpiens principaux III et IV sont fusionnés chez le bovin (**MC3+4**). Il existe également un os métacarpien V rudimentaire, situé en portion latéro-palmaire et proximale de l'os métacarpien IV. Le MC3+4 (mais pas l'os métacarpien V) s'articule proximale avec la rangée distale des os du carpe. La surface articulaire proximale des os métacarpiens est relativement plane (aucun relief significatif).

1.1.2. Anatomie synoviale

Le carpe compte trois articulations (Barone 2000) (**Figure 5**). L'articulation antébrachio-carpienne (articulation **ABC**), aussi appelée articulation radio-carpienne, est située entre les os radius et ulna, et la rangée proximale des os du carpe. C'est l'articulation du carpe qui a la plus grande mobilité (mouvements de flexion et d'extension surtout). L'articulation carpienne moyenne (articulation **CPM**), aussi appelée articulation intercarpienne, est située entre les rangées proximale et distale des os du carpe. Cette articulation est mobile et participe aux mouvements de flexion et d'extension du carpe. L'articulation carpo-métacarpienne (articulation **CMC**), est située entre la rangée distale des os du carpe et le MC3+4. Cette articulation est peu mobile.

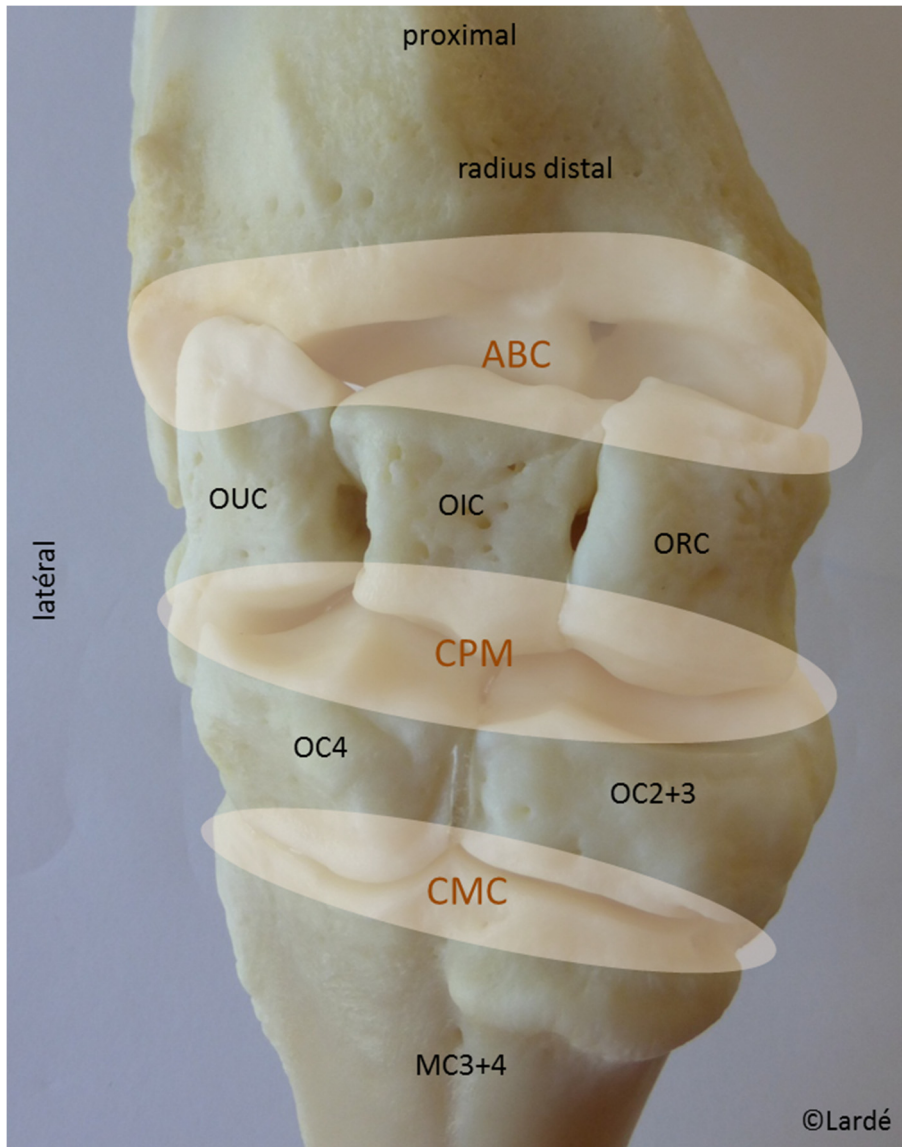


Figure 5 – Articulations antébrachio-carpienne (ABC), carpienne moyenne (CPM) et carpo-métacarpienne (CMC) du carpe droit d'un bovin adulte. MC3+4 = os métacarpiens III + IV fusionnés, OC2+3 = os carpal II + os carpal III fusionnés, OC4 = os carpal IV, OIC = os intermédiaire du carpe, ORC = os radial du carpe, OUC = os ulnaire du carpe. Les trois articulations sont représentées par les surfaces orangées.

Les articulations CPM et CMC communiquent entre elles dans 100% des cas (Desrochers 1997). La communication se fait entre l'OC4 et l'OC2+3. Dans un faible pourcentage de cas, une communication

additionnelle existe à l'aspect palmaire des OC4 et OC2+3. Les articulations ABC et CPM ne communiquent pas entre elle la plupart du temps. Cependant, dans 13,1% des cas, une communication entre l'OUC et l'OIC a pu être mise en évidence.

1.1.3. Anatomie musculaire et tendineuse

1.1.3.1. Tendons de la face dorsale du carpe

Les tendons de la face dorsale du carpe sont, de l'aspect dorso-médial à l'aspect dorso-latéral, l'extenseur radial du carpe, l'extenseur oblique du carpe, l'extenseur commun des doigts et l'extenseur du doigt latéral (**Figure 6**). Ce sont tous des extenseurs du carpe et des doigts (Barone 2000, Clayton 1996, Ashdown 2010, Budras 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012).

L'extenseur radial du carpe (**ERC**) (*extensor carpi radialis*) s'insère proximale sur la crête épicondyloire (latérale) de l'humérus et distalement sur la tubérosité dorsale du métacarpien III. Il passe à la face dorsale du carpe et chemine dans une direction dorso-médiale distalement (insertion sur le métacarpien III). À la face dorsale du carpe, le tendon de ce muscle s'aplanit et coulisse dans une gaine fibreuse, sur une bourse synoviale subtendineuse. Il est innervé par le nerf radial. Il assure essentiellement l'extension du carpe, et s'oppose à la flexion du carpe durant la phase d'appui de la foulée.

L'extenseur oblique du carpe (**EOC**) (*extensor carpi obliquus*) s'insère proximale sur la face latérale du tiers distal du radius et distalement sur la face médiale de l'extrémité proximale du métacarpien III. Il passe superficiellement à l'extenseur radial du carpe à la face crâniale du radius distal, juste proximale au carpe, et superficiellement au ligament collatéral médial à la face médiale du carpe. Le tendon de l'extenseur oblique du carpe possède également une bourse synoviale subtendineuse dans sa portion distale. Il est innervé par le nerf radial. Il participe faiblement à l'extension du carpe.

L'extenseur commun des doigts (**ECD**) (*extensor digitorum communis*) est un tendon double, qui comprend l'extenseur du doigt médial (**EDM**) et l'extenseur des doigts III et IV (**ED3+4**). Proximale, l'ECD possède deux chefs principaux qui s'insèrent crânialement et distalement à la crête épicondyloire de l'humérus, et un chef profond qui prend naissance sur la portion proximale et

latérale du corps de l'ulna (vestige de l'extenseur des doigts I et II présent dans les autres espèces). L'ECD passe sur la face dorso-latérale du carpe où il coulisse à ce niveau dans sa propre gaine synoviale. Distalement, l'ECD se divise en deux tendons : l'EDM (tendon médial) et l'ED3+4 (tendon latéral). Le tendon de l'EDM se termine sur la face dorsale des phalanges moyenne et distale du doigt médial. Le tendon de l'ED3+4 se sépare distalement en 2 branches, qui s'insèrent sur le *processus extensorius* de la phalange distale de chaque doigt. L'ECD assure l'extension des doigts, avec une composante plus forte pour le doigt médial. L'ED3+4 tend à rapprocher les deux doigts l'un de l'autre alors que l'EDM et l'extenseur du doigt latéral les écartent. L'ECD participe minimalement à l'extension du carpe. Il est innervé par le nerf radial.

L'extenseur du doigt latéral (**EDL**) (*extensor digitorum lateralis*) possède proximalelement plusieurs chefs : le premier s'insère sur la portion distale de la crête épicondylaire de l'humérus, le deuxième sur la tubérosité proximo-latérale du radius (sur le ligament collatéral latéral du coude) et le troisième sur la face latérale du corps de l'ulna. Les trois chefs fusionnent vis-à-vis du radius / ulna où l'EDL chemine latéralement à l'ECD. En regard du carpe, l'EDL passe sous le ligament collatéral latéral du carpe. À ce niveau, il possède sa propre gaine synoviale. Distalement, l'EDL s'insère sur la face dorsale des phalanges moyenne et distale du doigt latéral. L'EDL assure l'extension du doigt latéral. Il est innervé par le nerf radial.

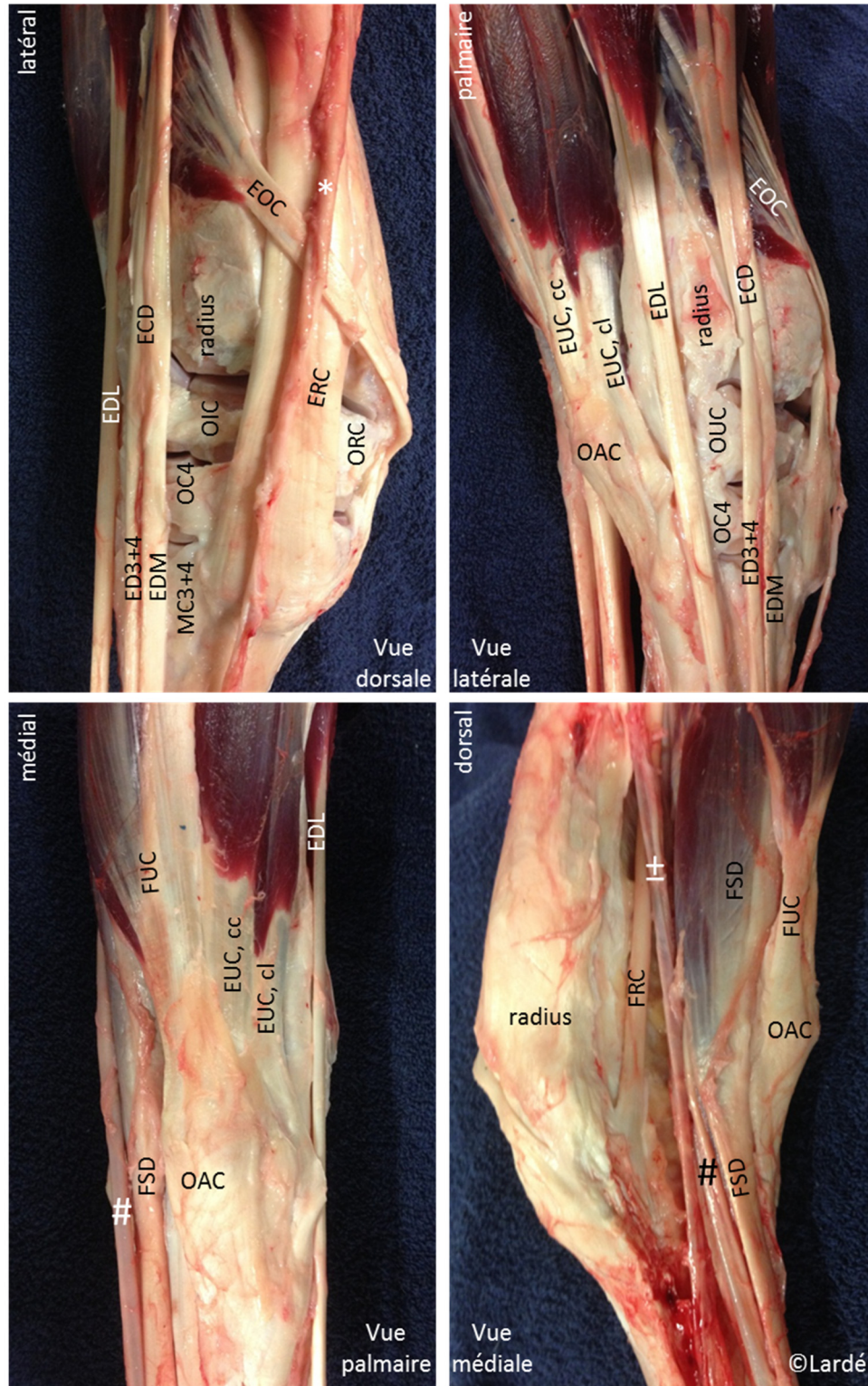


Figure 6 – Dissection des tendons, vaisseaux et nerfs importants d’un carpe droit de bovin adulte. cc = chef court, cl = chef long, EDC = extenseur commun des doigts, ED3+4 = extenseur des doigts III et IV,

EDL = extenseur du doigt latéral, EDM = extenseur du doigt médial, EOC = extenseur oblique du carpe, ERC = extenseur radial du carpe, EUC = extenseur ulnaire du carpe, FRC = fléchisseur radial du carpe, FSD = fléchisseur superficiel des doigts, FUC = fléchisseur ulnaire du carpe, MC3+4 = os métacarpiens III + IV fusionnés, OAC = os accessoire du carpe, OC4 = os carpal IV, OIC = os intermédiaire du carpe, ORC = os radial du carpe, OUC = os ulnaire du carpe. Le symbole * identifie un faisceau neuro-vasculaire qui chemine superficiellement à l'ERC et qui contient le nerf cutané antébrachial latéral (rameau superficiel du nerf radial), la veine céphalique accessoire et l'artère antébrachiale superficielle crâniale. Le symbole # identifie un faisceau neuro-vasculaire qui chemine crânialement au FSD et qui contient l'artère médiane, les veines médianes et le nerf médian. Le symbole ± identifie l'artère et la veine radiales. Le fléchisseur profond des doigts n'est pas visualisé car caché sous le FSD et l'artère médiane.

1.1.3.2. Tendons de la face palmaire du carpe

Les tendons de la face palmaire du carpe sont, de l'aspect latéro-palmaire à l'aspect médio-palmaire, l'extenseur ulnaire du carpe, le fléchisseur ulnaire du carpe, le fléchisseur superficiel des doigts, le fléchisseur profond des doigts et le fléchisseur radial du carpe (**Figure 6**). Ce sont tous des fléchisseurs du carpe et des doigts (Barone 2000, Clayton 1996, Ashdown 2010, Budras 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012).

L'extenseur ulnaire du carpe (**EUC**) ou ulnaire latéral (*extensor carpi ulnaris*) s'insère proximale sur l'épicondyle latéral de l'humérus et distalement sur l'os accessoire du carpe (chef court) et sur l'os métacarpien IV (chef long). Le chef long possède sa propre gaine synoviale. Il passe sur la face latéro-palmaire du carpe. L'EUC participe à la flexion du carpe. Il est innervé par le nerf radial.

Le fléchisseur ulnaire du carpe (**FUC**) ou ulnaire médial (*flexor carpi ulnaris*) s'insère proximale sur l'épicondyle médial de l'humérus (chef huméral) et sur la face médiale de l'olécrâne (chef ulnaire). Sa terminaison distale se fait sur l'os accessoire du carpe. C'est un fléchisseur du carpe et il empêche l'hyperextension du carpe pendant la phase d'appui de la foulée. Il est innervé par le nerf ulnaire.

Le fléchisseur superficiel des doigts (**FSD**) (*flexor digitorum superficialis*) s'insère proximale sur l'épicondyle médial de l'humérus et se divise en regard du carpe en un chef superficiel qui possède sa propre bourse subtendineuse en portion médio-palmaire du carpe et un chef profond qui rejoint le

tendon du fléchisseur profond des doigts dans le canal carpien (gaine palmaire du carpe) au moyen d'un faisceau interfléchisseur. Au sein du canal carpien, le chef profond du FSD possède sa propre bourse subtendineuse. À mi-métacarpe, les chefs superficiel et profond du FSD fusionnent en un tendon unique, qui distalement se sépare en deux branches : une branche latérale pour le doigt IV et une branche médiale pour le doigt III. Chaque branche du FSD forme un anneau (*manica flexoria*) dans lequel coulisse la branche correspondante du fléchisseur profond des doigts. Il est à noter que chez les bovins, la portion superficielle de la *manica flexoria* est formée par le FSD et la portion profonde par la bride carpienne, ou ligament accessoire. Distalement à la *manica flexoria*, chaque branche (médiale et latérale) du FSD se divise en une terminaison axiale et une terminaison abaxiale, qui s'insèrent sur la tubérosité des fléchisseurs de la phalange moyenne correspondante (phalange moyenne du doigt III pour la branche médiale et phalange moyenne du doigt IV pour la branche latérale). Le FSD participe à la flexion du carpe et des doigts (articulations métacarpo-phalangienne et interphalangienne proximale notamment). Il est innervé par le nerf ulnaire. Chez les bovins, il n'existe pas de bride radiale.

Le fléchisseur profond des doigts (**FPD**) (*flexor digitorum profundus*) s'insère proximale sur l'épicondyle médial de l'humérus (chef huméral), au bord caudal et médial de la tubérosité olécrânienne (chef ulnaire) et à la face médio-palmaire et proximale du radius (chef radial). Les trois chefs deviennent un tendon unique au sein du canal carpien où ce tendon chemine avec le chef profond du FSD. Au sein du canal carpien, le tendon du FPD possède sa propre bourse subtendineuse. Plus distalement, le tendon du FPD se sépare en deux branches : une branche latérale pour le doigt IV et une branche médiale pour le doigt III. Chaque branche du FPD passe dans la *manica flexoria* correspondante et se termine à la face palmaire de la phalange distale correspondante (phalange distale du doigt III pour la branche médiale et phalange distale du doigt IV pour la branche latérale). Le FPD participe à la flexion du carpe et des doigts (articulation interphalangienne distale notamment) et au soutien du boulet. Le FPD est innervé par les nerfs ulnaire et médian.

Le fléchisseur radial du carpe (**FRC**) (*flexor carpi radialis*) s'insère proximale sur l'épicondyle médial de l'humérus et distalement sur la face palmaire de la portion proximale de l'os métacarpien III. Il passe dans le canal carpien avec le chef profond du FSD et le FPD. Il possède sa propre gaine synoviale à ce niveau. Il participe à la flexion du carpe. Il est innervé par le nerf médian.

1.1.4. Anatomie ligamentaire

Les ligaments périarticulaires du carpe bovin sont le ligament collatéral latéral du carpe, le ligament collatéral médial du carpe, le ligament commun dorsal du carpe et le ligament commun palmaire du carpe. Les ligaments propres à l'os accessoire du carpe sont le ligament accessorio-ulnaire entre l'ulna et l'os accessoire, le ligament accessorio-carpo-ulnaire entre l'OUC et l'os accessoire, le ligament accessorio-quartale entre l'OC4 et l'os accessoire et le ligament accessorio-métacarpien entre l'os métacarpien III et l'os accessoire.

Le ligament collatéral latéral du carpe (ou collatéral ulnaire du carpe) s'étend du PSU à la portion proximale et latérale de l'os métacarpien IV, avec des attaches sur la portion latérale de l'OUC et de l'OC4. Le ligament collatéral latéral du carpe passe au bord palmaire du tendon de l'extenseur du doigt latéral.

Le ligament collatéral médial du carpe (ou collatéral radial du carpe) s'étend du processus styloïde radial à la portion proximale et médiale de l'os métacarpien III, avec des attaches sur la portion médiale de l'ORC et de l'OC2+3. Le ligament collatéral radial du carpe passe en dessous du tendon de l'extenseur oblique du carpe.

Le ligament commun dorsal du carpe s'étend de la face crâniale et distale du radius et de l'ulna à la face dorsale et proximale des os métacarpiens. Médialement et latéralement, ce ligament rejoint les ligaments collatéraux, de sorte qu'il constitue la portion dorsale de la capsule articulaire du carpe. Les tendons des extenseurs du carpe et des doigts coulissent sur le ligament commun dorsal du carpe ; il existe notamment un sillon pour le tendon de l'extenseur radial du carpe.

Le ligament commun palmaire du carpe s'étend de la face caudale et distale du radius et de l'ulna à la rangée proximale des os du carpe. Le prolongement distal de ce ligament est un fascia palmaire profond qui assure la continuité entre le ligament commun palmaire du carpe et l'insertion proximale des muscles interosseux III et IV sur la rangée distale des os du carpe et sur le MC3+4. Le fascia palmaire profond se prolonge distalement en bride carpienne, ou ligament accessoire, lame fibreuse large qui prend naissance à la face palmaire et proximale du MC3+4, qui chemine palmairement aux muscles interosseux III et IV et dorsalement au tendon du FPD. La bride carpienne se divise en deux branches (une branche pour le doigt latéral et une branche pour le doigt médial), qui se terminent au plan profond de la *manica flexoria* correspondante. Alors que chez les équins la bride carpienne est le

ligament accessoire du fléchisseur profond du doigt, chez les bovins la bride carpienne joint la face palmaire des muscles interosseux III et IV à la *manica flexoria* et n'a donc aucune attache pour le fléchisseur profond des doigts. Le regroupement du ligament commun palmaire du carpe et du fascia palmaire profond constitue la portion palmaire de la capsule articulaire du carpe. Les tendons des fléchisseurs du carpe et des doigts coulisent sur ce ligament.

1.1.5. Anatomie vasculaire

1.1.5.1. Artères du carpe

Les artères du membre thoracique sont des ramifications de l'artère axillaire (Barone 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012). Les artères de diamètre important au niveau du carpe bovin sont l'artère antébrachiale superficielle crâniale, l'artère médiane et l'artère radiale.

Les artères interosseuse caudale, interosseuse crâniale et collatérale ulnaire sont des ramifications de l'artère brachiale et elles sont à l'origine de la plupart des petites artères et artéioles des tissus périarticulaires du carpe. Elles ont un petit diamètre en regard du carpe et sont donc de moindre importance pour l'étude anatomique du carpe.

L'artère antébrachiale superficielle crâniale passe à la face dorso-médiale du carpe, superficiellement à l'ERC, dans sa portion médiale (**Figure 6**, symbole *). C'est une ramification de l'artère collatérale radiale, elle-même ramification de l'artère circonflexe caudale de l'humérus, elle-même ramification de l'artère subscapulaire.

L'artère médiane est l'artère de diamètre le plus important vis-à-vis du carpe. Elle passe à la face médio-palmaire du radius et du carpe, crânialement au FSD et au FPD, partiellement cachée sous le FRC (**Figure 6**, symbole #).

L'artère radiale passe également à la face médio-palmaire du radius et du carpe, crânialement à l'artère médiane dont elle est une ramification. Elle est plus superficielle que cette dernière et passe notamment superficiellement au FRC et au rétinacle des fléchisseurs vis-à-vis du carpe (**Figure 6**, symbole ±).

1.1.5.2. Veines du carpe

Les veines du membre thoracique (Barone 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012) ramènent le sang jusqu'à la veine céphalique (qui se draine dans la veine jugulaire externe) et jusqu'à la veine subclavière. Les veines de diamètre important au niveau du carpe bovin sont la veine céphalique accessoire, les veines médianes et la veine radiale.

Comme pour leurs homologues artériels, les petites veines et veinules des tissus périarticulaires du carpe sont drainées par les veines interosseuses caudale, interosseuse crâniale et collatérale ulnaire, qui elles-mêmes se drainent dans la veine brachiale. Elles ont un petit diamètre en regard du carpe et sont donc de moindre importance pour l'étude anatomique du carpe.

La veine céphalique accessoire, à la face dorso-médiale du carpe, passe superficiellement à l'ERC, dans sa portion médiale. Proximale au carpe, elle se draine dans la veine céphalique. Elle chemine avec l'artère antébrachiale superficielle crâniale (**Figure 6**, symbole *).

Les deux ou trois veines médianes passent à la face médio-palmaire du radius et du carpe, crânialement au FSD et au FPD, partiellement cachées sous le FRC. Elles cheminent avec l'artère médiane (**Figure 6**, symbole #) et se drainent dans la veine subclavière.

La veine radiale passe également à la face médio-palmaire du radius et du carpe, crânialement aux veines et à l'artère médianes. Elle est plus superficielle que ces dernières et passe notamment superficiellement au FRC et au rétinacle des fléchisseurs vis-à-vis du carpe (**Figure 6**, symbole ±). La veine radiale se draine proximale au carpe dans les veines médianes.

1.1.6. Anatomie nerveuse

Les nerfs importants (Barone 2010-b, Nomina Anatomica Veterinaria 2012) au niveau du carpe bovin sont le nerf cutané antébrachial latéral, le nerf cutané antébrachial médial, le nerf ulnaire (rameaux dorsal et palmaire) et le nerf médian.

Le nerf cutané antébrachial latéral (rameau superficiel du nerf radial) passe à la face dorso-médiale du carpe, superficiellement à l'ERC, dans sa portion médiale. Il chemine avec l'artère antébrachiale superficielle crâniale et la veine céphalique accessoire (**Figure 6**, symbole *).

Le nerf cutané antébrachial médial (branche du nerf musculo-cutané) passe à la face médiale du carpe, superficiellement.

Les rameaux dorsal et palmaire du nerf ulnaire passent à la face latéro-palmaire du carpe.

Le nerf médian passe à la face médio-palmaire du carpe. Il chemine avec les veines et l'artère médianes (**Figure 6**, symbole #).

1.2. Anatomie normale du tarse bovin

Le tarse (ou jarret) est l'ensemble des os courts compris entre les os de la jambe (tibia et fibula) et les os métatarsiens. Par extension, la définition inclut également l'ensemble des tissus mous péri-articulaires.

1.2.1. Anatomie osseuse

Les os impliqués dans le tarse bovin sont le tibia et le vestige de fibula proximement, la rangée proximale des os du tarse (talus, calcaneus), les deux rangées distales partiellement fusionnées des os du tarse (os centroquartale, os tarsal II + os tarsal III fusionnés, os tarsal I) et les os métatarsiens distalement (Barone 2010-a, Nomina Anatomica Veterinaria 2012).

1.2.1.1. Surface articulaire distale du tibia et du vestige de fibula

La fibula des bovins est présente sous la forme de deux vestiges partiellement fusionnés au tibia, l'un proximal et l'autre distal. Le vestige proximal a l'aspect d'un tubercule pointant distalement, qui prend origine sur le condyle latéral de l'extrémité proximale du tibia. Le vestige distal correspond à l'os malléolaire, ou malléole latérale (**ML**), et il s'articule avec la portion distale latérale du tibia (articulation non mobile de type synostose). La malléole latérale possède une surface articulaire distale concave pour le calcaneus (articulation fibulo-calcaneenne) et une surface articulaire concave courbe pour la face latérale de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus (articulation fibulo-talienne).

La surface articulaire distale du tibia (**Figure 7**) est une cochlée comprenant deux gorges séparées par un tenon intermédiaire. Les gorges et le tenon intermédiaire de la cochlée tibiale sont parallèles au plan sagittal. La gorge latérale de la cochlée tibiale (**GLCT**) est plus large mais plus courte que la gorge médiale de la cochlée tibiale (**GMCT**). Crânialement, le tenon intermédiaire de la cochlée tibiale (**TICT**) s'allonge distalement pour venir se mouler dans la gorge de la trochlée proximale du talus. Caudalement, le TICT se moule dans la portion la plus proximale de cette même gorge. Enfin,

médialement à la GMCT, on trouve la malléole médiale (**MM**) du tibia, qui se moule contre la portion médiale de la lèvre médiale de la trochlée proximale du talus.

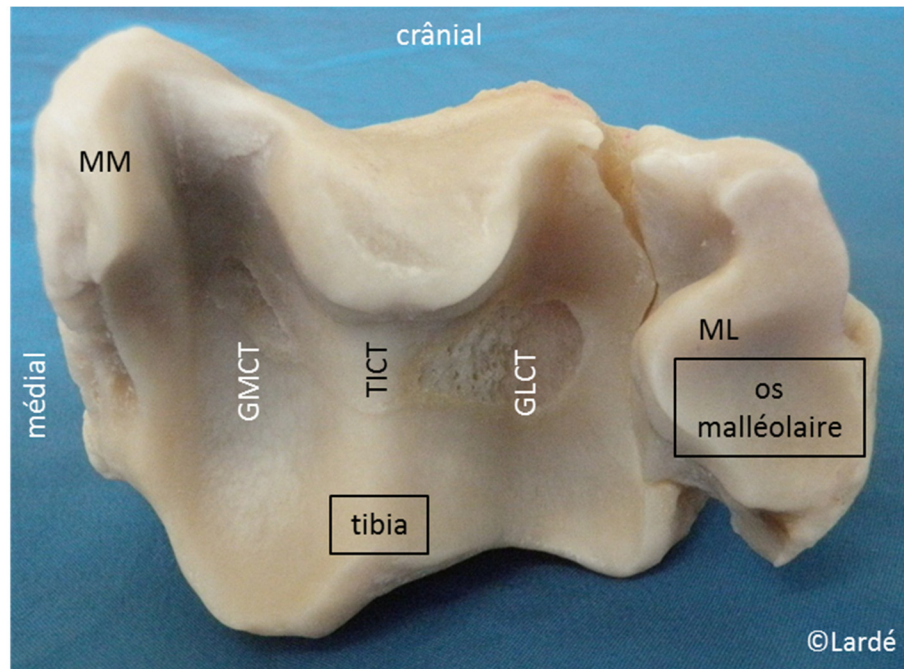


Figure 7 – Extrémité distale du tibia et de l'os malléolaire (vestige de la fibula) gauches d'un bovin adulte. GLCT = gorge latérale de la cochlée tibiale, GMCT = gorge médiale de la cochlée tibiale, ML = malléole latérale, MM = malléole médiale, TICT = tenon intermédiaire de la cochlée tibiale.

1.2.1.2. Rangée proximale des os du tarse

La rangée proximale contient le talus dorsalement et le calcanéus (ou calcanéum) plantairement. Le talus s'articule avec les os adjacents via 3 trochlées : la trochlée proximale répond à la cochlée tibiale (articulation tibio-talienne), la trochlée distale s'articule avec l'os centroquartale (articulation intertarsienne proximale) et la trochlée plantaire avec le calcanéus (articulation talo-calcanéenne). Un ginglyme est une articulation trochléenne, où une trochlée (deux lèvres séparées par une gorge) répond à une cochlée (deux gorges séparées par un tenon intermédiaire). On trouve donc dans le tarse bovin trois ginglymes. Concernant la trochlée proximale du talus (**Figure 8**), la lèvre latérale (**LLTPr**) est plus large et plus saillante que la lèvre médiale (**LMTPr**). Les deux lèvres encadrent la gorge

de la trochlée proximale du talus (**GTPr**), dans laquelle coulisse le TICT. La trochlée distale et la trochlée plantaire sont moins profondes. Il existe une ligne de démarcation entre les trochlées proximale et distale (ligne apparaissant sous la forme d'une dépression irrégulière entre les deux trochlées) qui correspond à l'insertion de la capsule articulaire séparant les articulations tarsocrurale et intertarsienne proximale. De même, il existe une ligne de démarcation entre les trochlées proximale et plantaire (ligne apparaissant sous la forme d'une dépression irrégulière entre les deux trochlées) qui correspond à l'insertion des ligaments talo-fibulaire plantaire et tibio-talien plantaire. La lèvre latérale de la trochlée plantaire (**LLTPI**) est plus large que la lèvre médiale (**LMTPI**). La tubérosité calcanéenne (**TBC**) du calcaneus des bovins est longue et étroite en comparaison avec celle des chevaux. Le processus coracoïde (**PCC**) correspond à l'extrémité distale du bord dorsal du calcaneus, relief qui coulisse dans la gorge de la trochlée plantaire du talus (**GTPI**). Le calcaneus s'articule avec le talus via 2 autres facettes articulaires : une facette pour la face latérale de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus et une facette pour la face latérale de la lèvre latérale de la trochlée distale du talus (articulations talo-calcaneennes). Enfin, le calcaneus possède une surface articulaire pour la portion latérale de l'os centroquartale (articulation intertarsienne proximale). La **Figure 9** illustre les surfaces articulaires distales du talus et du calcaneus.

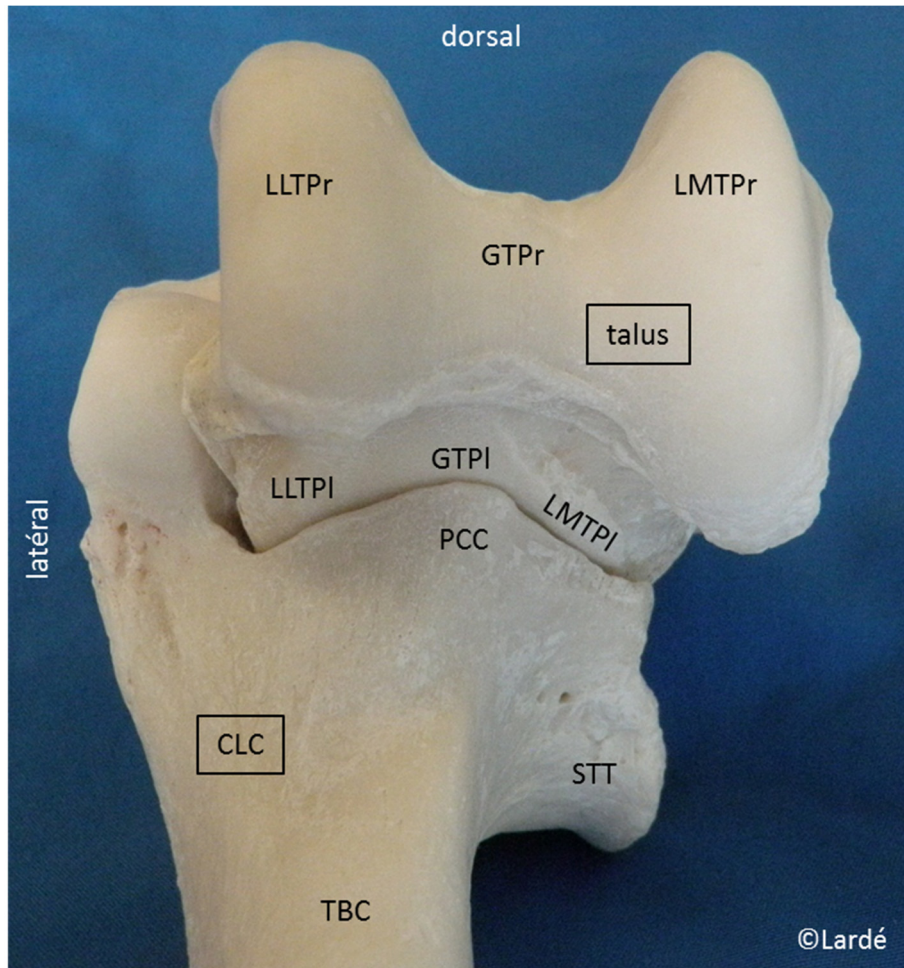


Figure 8 – Surfaces articulaires proximales du talus et du calcanéus du tarse gauche d’un bovin adulte. CLC = calcanéus, GTPI = gorge de la trochlée plantaire du talus, GTPr = gorge de la trochlée proximale du talus, LLTPI = lèvre latérale de la trochlée plantaire du talus, LLTPr = lèvre latérale de la trochlée proximale du talus, LMTPI = lèvre médiale de la trochlée plantaire du talus, LMTPr = lèvre médiale de la trochlée proximale du talus, PCC = processus coracoïde du calcanéus, STT = *sustentaculum tali*, TBC = tubérosité calcanéenne.

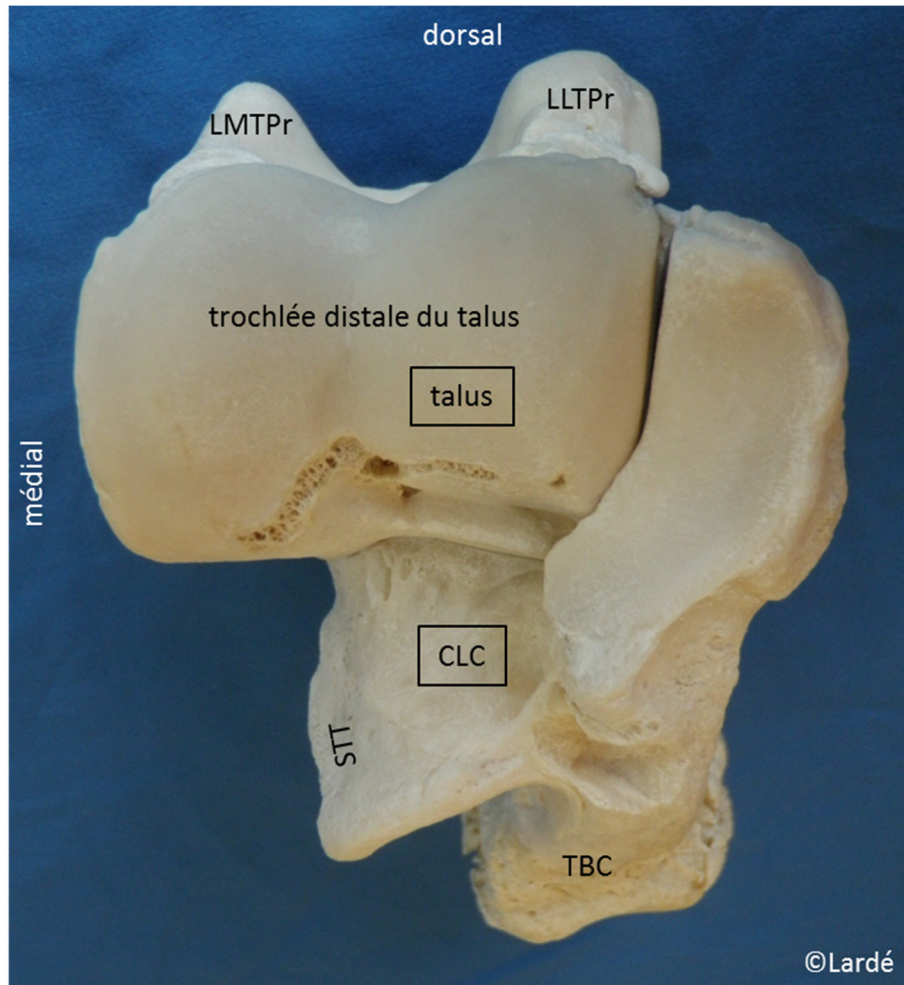


Figure 9 – Surfaces articulaires distales du talus et du calcanéus du tarse gauche d’un bovin adulte. CLC = calcanéus, LLTPr = lèvre latérale de la trochlée proximale du talus, LMTPr = lèvre médiale de la trochlée proximale du talus, STT = *sustentaculum tali*, TBC = tubérosité calcanéenne.

1.2.1.3. Rangées distales partiellement fusionnées des os du tarse

La rangée distale contient l’os centroquartale, l’os tarsal II+III fusionnés et l’os tarsal I. L’os centroquartale (**OTC+4**) est le troisième os, en terme de taille, composant le tarse, après le calcanéus et le talus. Chez les bovins, il provient de la fusion entre l’os central du tarse et l’os tarsal IV. Proximale, l’OTC+4 s’articule latéralement avec le calcanéus (portion « os tarsal IV » de l’OTC+4) via une facette articulaire relativement plane mais inclinée dorsalement (articulation calcanéo-quartale, **ACQ**), et médialement avec la trochlée distale du talus (portion « os central » de l’OTC+4)

via deux gorges séparées par un tenon intermédiaire (articulation talo-centrale, **ATC**). La gorge latérale est plus large mais plus étroite que la gorge médiale (**Figure 10**). Distalement, l'OTC+4 s'articule latéralement (articulation tarso-métatarsienne) avec l'os métatarsien IV (facette articulaire plane) et médialement (articulation intertarsienne distale) avec l'os tarsal II + III fusionnés (dorsalement) et l'os tarsal I (plantairement). Les os tarsal II et tarsal III sont fusionnés (**OT2+3**) se situe à l'aspect médial, distal et dorsal du tarse. L'os tarsal I (**OT1**) se situe à l'aspect médial, distal et plantaire du tarse. L'OT2+3 et l'OT1 sont les petits os du tarse intercalés à l'aspect médial et distal du tarse entre l'OTC+4 et l'os métacarpien III.

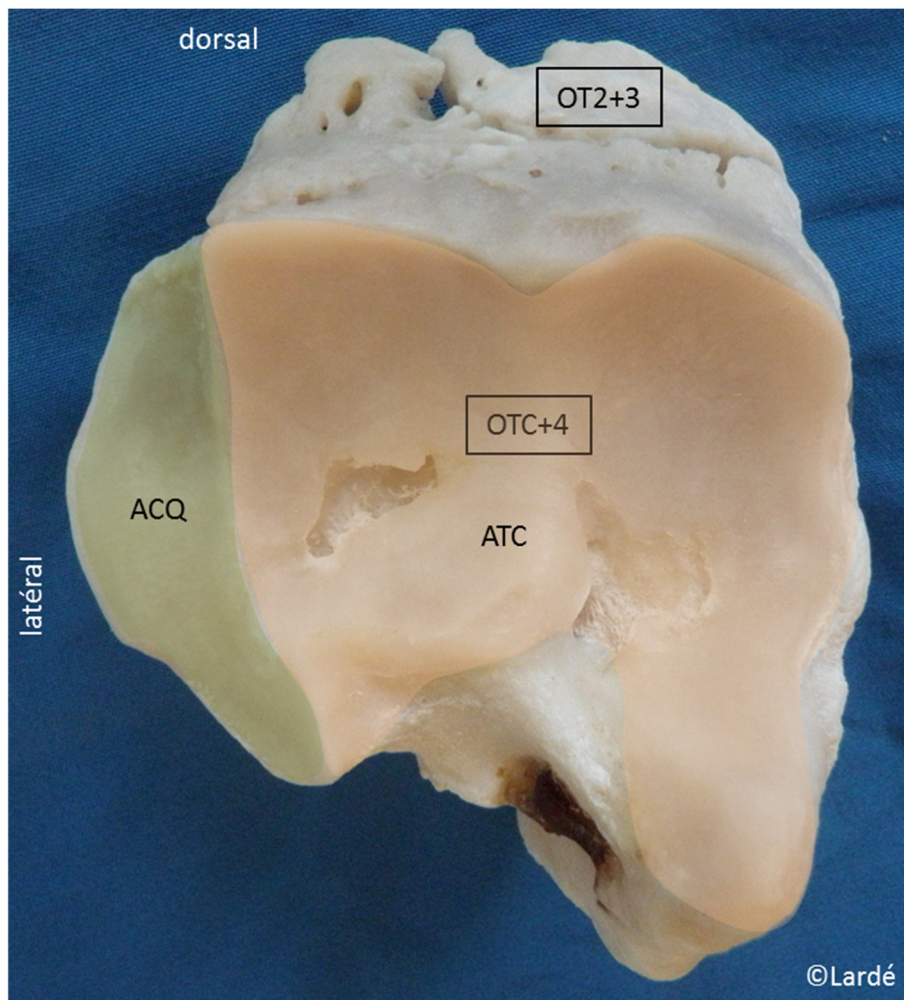


Figure 10 – Surfaces articulaires proximales de l'os centroquartale (OTC+4) du tarse gauche d'un bovin adulte. OT2+3 = os tarsal II + os tarsal III fusionnés. L'OTC+4 s'articule proximale avec

d'une part le calcaneus latéralement (ACQ = articulation calcanéo-quartale, surface verte) et d'autre part le talus médialement (ATC = articulation talo-centrale, surface orangée).

1.2.1.4. Surface articulaire proximale des os métatarsiens

Les os métatarsiens III et IV (**MT3+4**) sont fusionnés chez le bovin. L'os métatarsien III s'articule proximalelement avec l'OT2+3 à l'aspect dorsal du tarse, et avec l'OT1 à l'aspect plantaire du tarse. L'os métatarsien IV s'articule proximalelement avec l'OTC+4. Il existe également un os sésamoïde métatarsien (**OSM**), situé en portion plantaro-médiale et proximale de l'os métatarsien III. L'OSM n'est pas un os métatarsien rudimentaire. Il ne s'articule pas avec les os du tarse. Il n'appartient donc pas à proprement parlé au tarse.

La **Figure 11** illustre l'anatomie osseuse des os du tarse bovin.

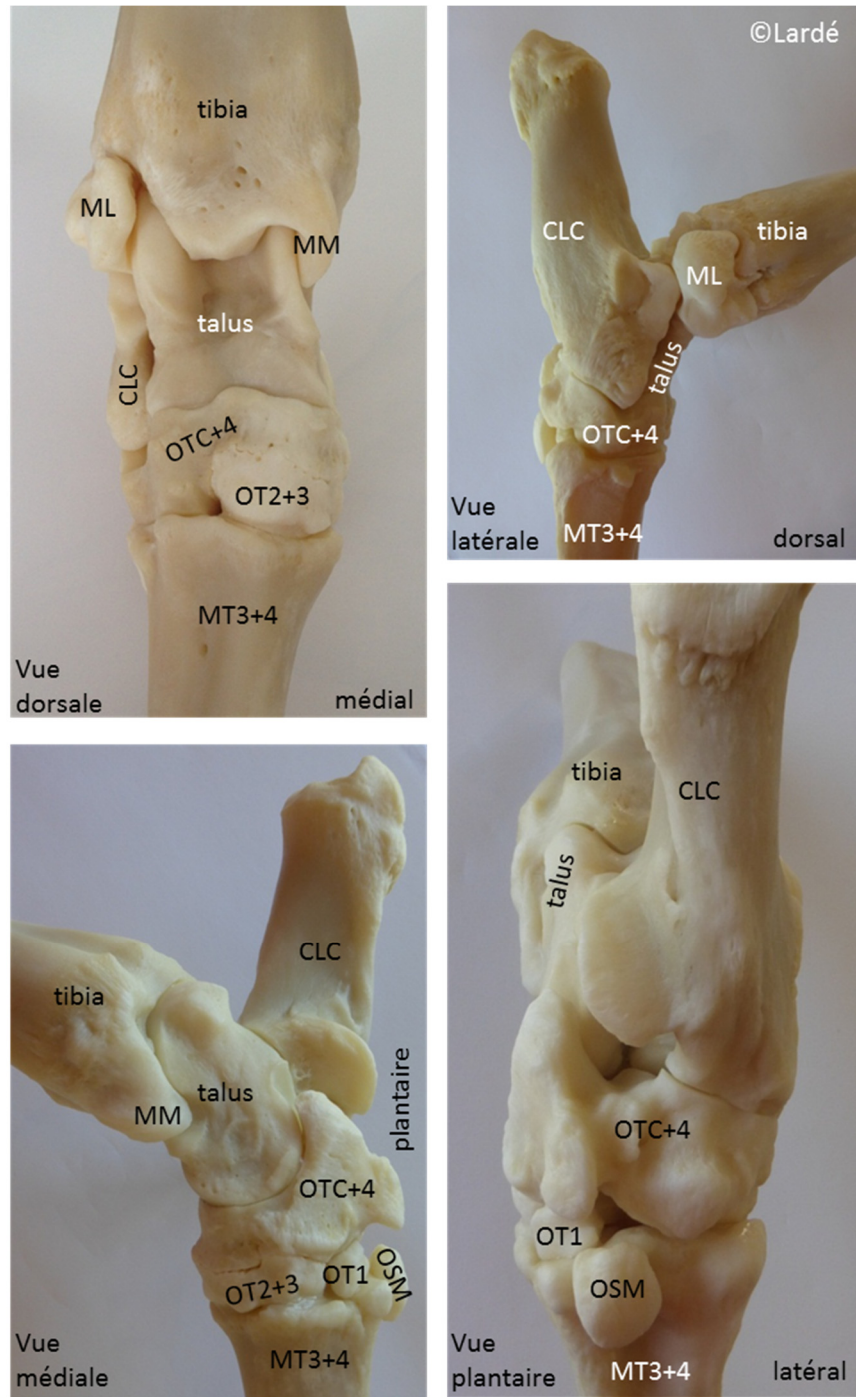


Figure 11 – Anatomie osseuse du tarse droit d'un bovin adulte, résumé. CLC = calcaneus, ML = malléole latérale, MM = malléole médiale, MT3+4 = os métatarsiens III + IV fusionnés, OSM = os sésamoïde métatarsien, OT1 = os tarsal I, OT2+3 = os tarsal II + os tarsal III fusionnés, OTC+4 = os centroquartale.

1.2.2. Anatomie synoviale

Les quatre articulations du tarse (Barone 2000) sont l'articulation tarsocrurale, l'articulation intertarsienne proximale, l'articulation intertarsienne distale et l'articulation tarsométatarsienne (**Figure 12**).

L'articulation tarsocrurale (**TSC**) se fait entre l'extrémité distale du tibia et de l'os malléolaire et la surface articulaire proximale du talus et du calcaneus. Les trois articulations intrinsèques de l'ATC sont : l'articulation tibio-talienne (entre l'extrémité distale du tibia et la trochlée proximale du talus), l'articulation fibulo-calcaneenne (entre l'extrémité distale de l'os malléolaire et le calcaneus) et la portion proximale de l'articulation talo-calcaneenne (entre la trochlée plantaire du talus et le calcaneus).

L'articulation intertarsienne proximale (**ITP**) se fait entre la portion distale du talus et du calcaneus et la surface articulaire proximale de l'os centroquartale. Les trois articulations intrinsèques de l'articulation ITP sont : l'articulation talo-centrale (entre la trochlée distale du talus et la portion médiale de l'os centroquartale), la portion distale de l'articulation talo-calcaneenne (entre la trochlée plantaire du talus et le calcaneus) et l'articulation calcaneéo-quartale (entre le calcaneus et la portion latérale de l'os centroquartale).

L'articulation intertarsienne distale (**ITD**) se fait entre la surface articulaire distale de l'OTC+4 (portion médiale) et la surface articulaire proximale de l'OT2+3 et de l'OT1. Les trois articulations intrinsèques de l'articulation ITD sont : l'articulation entre l'OTC+4 et l'OT2+3, l'articulation entre l'OTC+4 et l'OT1 et l'articulation entre l'OT2+3 et l'OT1. Cette articulation ne concerne que la portion médiale du tarse.

L'articulation tarsométatarsienne (**TMT**) se fait entre d'une part (latéralement) la surface articulaire distale de l'OTC+4 et la surface articulaire proximale de l'os métatarsien IV et d'autre part (médialement) la surface articulaire distale de l'OT2+3 et de l'OT1 et la surface articulaire proximale de l'os métatarsien III.

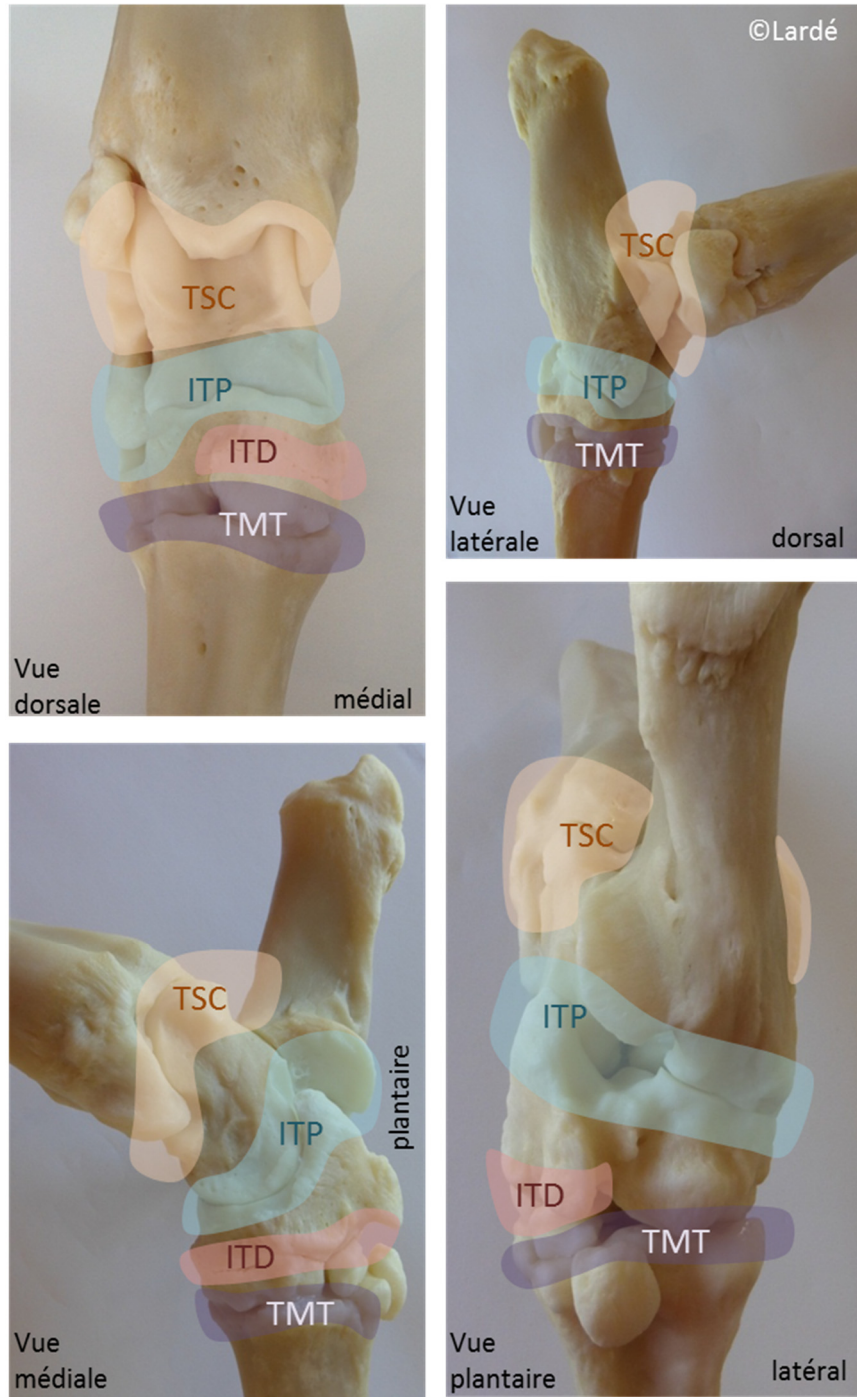


Figure 12 – Articulations tarsocrurale (TSC), intertarsienne proximale (ITP), intertarsienne distale (ITD) et tarsométatarsienne (TMT) d'un tarse droit de bovin adulte. Les articulations synoviales sont représentées par les surfaces orangées (articulation TSC), bleutées (articulation ITP), rosées (articulation ITD) et mauves (articulation TMT).

L'articulation TSC communique avec l'articulation ITP dans 100% des cas (Desrochers 1995). Deux sites de communication ont été identifiés, le premier entre l'aspect abaxial de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus et la malléole latérale, et le second entre l'aspect abaxial de la lèvre médiale de la trochlée proximale du talus et la malléole médiale.

Il n'existe pas de communication entre les articulations ITP et ITD.

L'articulation ITD communique avec l'articulation TMT dans environ un tiers des cas. Le site de communication se situe entre l'OT2+3 et l'OT1.

1.2.3. Anatomie musculaire et tendineuse

1.2.3.1. Tendons de la face dorsale du tarse

Les tendons de la face dorsale du tarse sont, de l'aspect dorso-médial à l'aspect dorso-latéral, le tibial crânial, le troisième péronier, le long extenseur des doigts, le long péronier, l'extenseur du doigt latéral et le court extenseur des doigts (**Figures 13 et 14**). Ce sont tous des fléchisseurs du tarse et des extenseurs des doigts, soit des articulations métatarso-phalangiennes et interphalangiennes (Barone 2000, Clayton 1996, Ashdown 2010, Budras 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012).

Le tibial crânial (**TCr**) (*tibialis cranialis*) s'insère proximale dans la fosse tibiale (portion proximale du tibia, crânio-latéralement). Il se termine distalement en deux branches : la branche principale s'insère sur la face dorso-médiale du métatarsien III et la branche secondaire sur l'OT1. Il passe contre le tibia, sous le troisième péronier qu'il perfore distalement pour devenir superficiel. Il partage une gaine tendineuse avec le troisième péronier et le long extenseur des doigts, à la face dorso-médiale du tarse. La branche pour l'OT1 possède également sa propre bourse subtendineuse (face médiale et distale du tarse, en regard de l'OT2+3). Il est innervé par le nerf péronier profond. Il participe à la flexion du tarse.

Le troisième péronier (**TrP**) (*peroneus tertius*) s'insère proximale dans la fosse des extenseurs du fémur (entre la lèvre latérale de la trochlée et le condyle latéral du fémur). À son origine, il est fusionné avec le long extenseur des doigts. Le TrP s'insère distalement sur la tubérosité dorsale du

métatarsien III (avec une branche qui s'insère sur l'OT1 et sur l'OT2+3). Il passe à la face dorso-médiale du tarse où il partage une gaine tendineuse avec le tendon du TCr et le tendon du long extenseur des doigts. Il est innervé par le nerf péronier profond. Le TrP participe à la flexion du tarse. Il fait partie de l'appareil réciproque, ce qui signifie qu'il entraîne de façon passive une flexion du jarret lorsque le grasset est en flexion.

Le long extenseur des doigts (**LgED**) (*extensor digitorum longus*) est un tendon double, qui comprend l'extenseur du doigt médial (**EDM**) et l'extenseur des doigts III et IV (**ED3+4**). Proximale, le LgED s'insère dans la fosse des extenseurs du fémur. Il se divise rapidement en deux chefs : un chef médial (l'EDM) et un chef latéral (l'ED3+4). Ces deux chefs cheminent latéralement au TrP et passent à la face dorsale du tarse dans une gaine tendineuse partagée avec les tendons du TCr et du TrP. Distalement, le tendon de l'EDM se termine sur la face dorsale des phalanges moyenne et distale du doigt médial, et le tendon de l'ED3+4 se sépare en 2 branches, qui s'insèrent sur le processus extensorius de la phalange distale de chaque doigt. Le LgED est innervé par le nerf péronier profond. Il assure l'extension des doigts (avec une composante plus forte pour le doigt médial) et participe à la flexion du tarse.

Le long péronier (**LgP**) (*peroneus longus*) s'insère sur la portion proximale et dorso-latérale du tibia (condyle latéral et vestige proximal de la fibula). Il chemine latéralement au LgED, croise superficiellement le tendon de l'extenseur du doigt latéral distalement (vis-à-vis du talus) puis encercle le tarse plantairement (face profonde) de la face latérale à la face médiale. Son insertion distale se fait sur l'OT1, sous le ligament collatéral latéral long. Il partage une gaine tendineuse avec l'extenseur du doigt latéral en regard de la malléole latérale (gaine commune mais synoviales vaginales séparées). Le LgP est innervé par le nerf péronier superficiel. Il participe à la flexion du tarse et permet également une légère abduction de ce dernier.

L'extenseur du doigt latéral (**EDL**) (*extensor digitorum lateralis*) s'insère proximale sur le vestige proximal de la fibula. Il chemine latéralement au LgP jusqu'au tarse, puis passe sous le tendon du LgP (juste avant que ce dernier s'insère sur l'OT1) et se situe distalement à la face dorso-latérale du métatarse, latéralement au LgED. Dans la région du tarse, il possède sa propre synoviale vaginale mais partage une gaine tendineuse avec le LgP. Il s'insère distalement sur la face dorsale des phalanges moyenne et distale du doigt latéral. L'EDL assure l'extension du doigt latéral et participe à la flexion du tarse. Il est innervé par le nerf péronier superficiel.

Le court extenseur des doigts (**CED**) (*extensor digitalis brevis*) s'insère proximale-ment entre la trochlée proximale et la trochlée distale du talus (il renforce à ce niveau la capsule articulaire). Il chemine ensuite entre le LgED et l'EDL et se termine sur le tendon du LgED (au tiers distal du métatarse). Il est innervé par le nerf péronier profond. Il participe à l'extension des doigts et à la flexion du tarse.

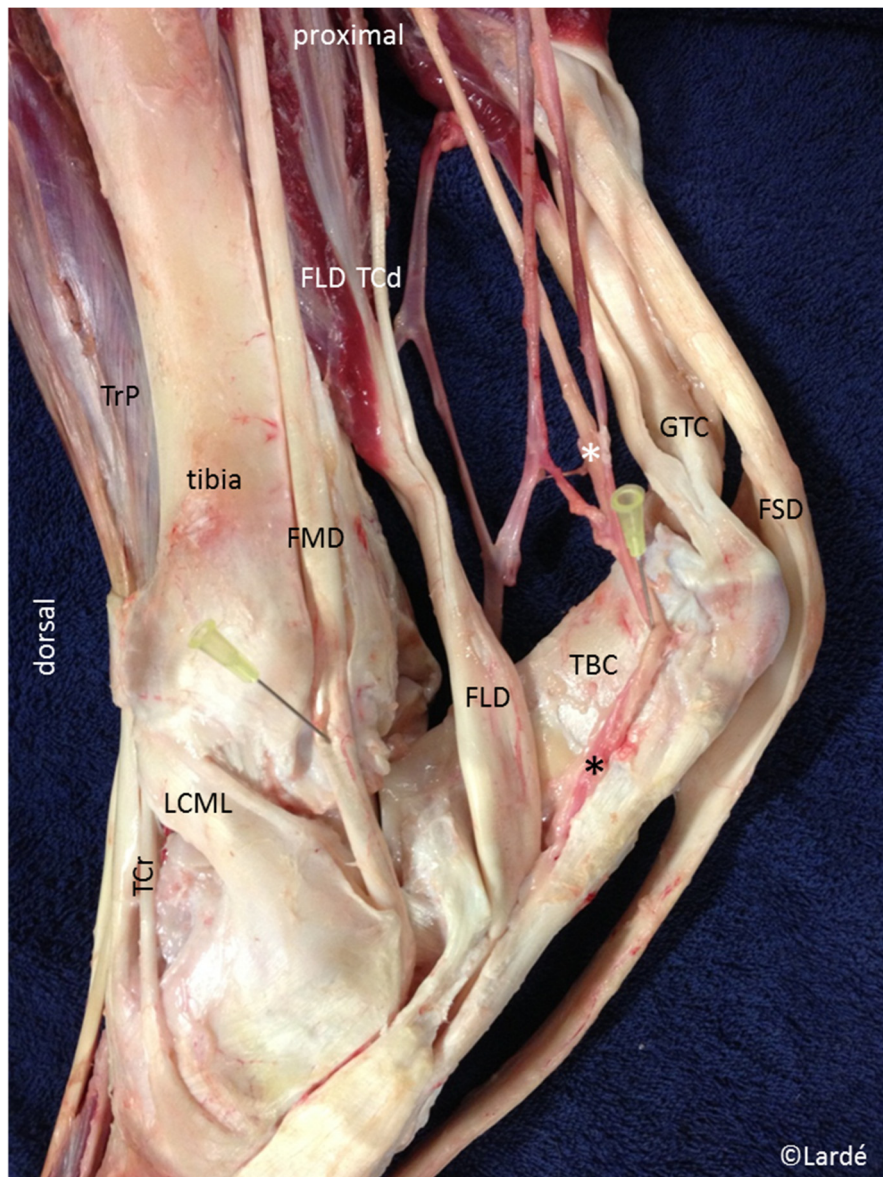


Figure 13 – Dissection des tendons, vaisseaux et nerfs importants d'un tarse droit de bovin adulte, face médiale. FLD = fléchisseur latéral des doigts, FMD = fléchisseur médial des doigts, FSD =

fléchisseur superficiel des doigts, GTC = gastrocnémien, LCML = ligament collatéral médial long, TBC = tubérosité calcanéenne, TCd = tibial caudal, TCr = tibial crânial, TrP = troisième péronier. Le symbole * identifie un faisceau neuro-vasculaire qui chemine superficiellement à la face médio-plantaire du tarse, médialement au calcanéus et qui contient le nerf tibial, la veine saphène médiale et l'artère saphène.

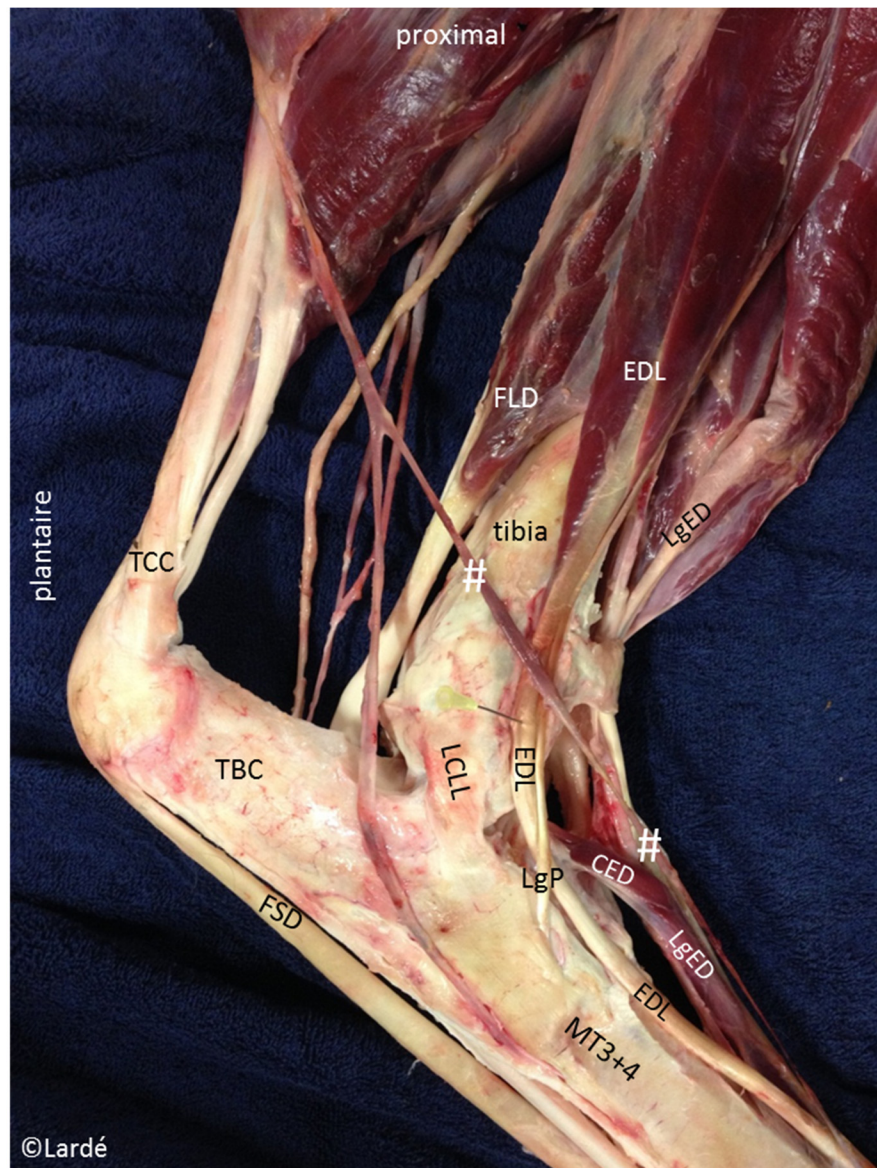


Figure 14 – Dissection des tendons, vaisseaux et nerfs importants d'un tarse droit de bovin adulte, face latérale. CED = court extenseur des doigts, EDL = extenseur du doigt latéral, FLD = fléchisseur

latéral des doigts, FSD = fléchisseur superficiel des doigts, LCLL = ligament collatéral latéral long, LgED = long extenseur des doigts, MT3+4 = os métatarsiens III+IV fusionnés, TBC = tubérosité calcanéenne, TCC = tendon calcanéen commun. Le symbole # identifie un faisceau neuro-vasculaire qui chemine latéralement au LgED, au plan profond, et qui contient le nerf péronier profond, la veine tibiale crâniale et l'artère tibiale crâniale.

1.2.3.2. Tendons de la face plantaire du tarse, plan profond

Les tendons du plan profond de la face plantaire du tarse sont, de l'aspect latéro-plantaire à l'aspect médio-plantaire, le fléchisseur latéral des doigts, le fléchisseur médial des doigts et le tibial caudal (**Figures 13 et 14**). Ce sont tous des extenseurs du tarse et fléchisseurs des doigts (Barone 2000, Clayton 1996, Ashdown 2010, Budras 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012).

Le fléchisseur latéral des doigts (**FLD**) (*flexor digitorum lateralis*) constitue l'un des deux chefs du fléchisseur profond des doigts. Il s'insère proximale à la face caudo-latérale du tibia. Il descend à la face caudo-latérale du tibia puis se dirige médialement dans la région proximale du tarse, pour passer dans la gaine plantaire du tarse (ou gaine tarsienne), sur le sustentaculum tali. Il possède à ce niveau une synoviale vaginale importante. Le tendon du FLD fusionne au tiers proximal du métatarse avec le tendon du fléchisseur médial des doigts pour donner le tendon fléchisseur profond des doigts (voir la description ci-dessous). Le FLD est innervé par le nerf tibial.

Le fléchisseur médial des doigts (**FMD**) (*flexor digitorum medialis*) constitue l'un des deux chefs du fléchisseur profond des doigts. Il s'insère proximale à la face caudale du tibia, juste médialement à l'attache du FLD. Il descend à la face caudo-médiale du tibia et ne passe pas sur le sustentaculum tali avec son homologue latéral. Il passe sur la malléole médiale puis dans une gaine synoviale qui lui est propre sur la face médiale du tarse. Distalement, il chemine vers la face plantaire du métatarse et rejoint le FLD pour former un tendon unique à mi-métatarse : le tendon fléchisseur profond des doigts (voir la description ci-dessous). Le FMD est innervé par le nerf tibial.

Le tibial caudal (**TCd**) (*tibialis caudalis*) s'insère au bord caudal du vestige proximal de la fibula et du condyle latéral du tibia. Il chemine à la face caudo-médiale du tibia, entre le FLD et le FMD. Il passe

dans la gaine tarsienne, sur le sustentaculum tali et se termine sur le FLD. Le TCd fait donc partie du tendon fléchisseur profond des doigts. Il est innervé par le nerf tibial.

Le fléchisseur profond des doigts (**FPD**) (*flexor digitorum profundus*) est un tendon qui provient de la fusion à mi-métatarse des FLD et FMD. En regard de l'articulation métatarso-phalangienne, le tendon FPD se sépare en deux branches : une branche latérale pour le doigt IV et une branche médiale pour le doigt III. Chaque branche passe dans l'anneau formé par la branche correspondante du tendon fléchisseur superficiel des doigts (*manica flexoria*) et se termine à la face plantaire de la phalange distale correspondante. Le FPD participe à la flexion des doigts (articulation interphalangienne distale notamment) et au soutien du boulet et du jarret. Lors de la foulée, il intervient dans la phase de propulsion, en étendant le jarret. Le FPD est innervé par le nerf tibial.

1.2.3.3. Tendons de la face plantaire du tarse, plan superficiel

Les tendons du plan superficiel de la face plantaire du tarse (**Figures 13 et 14**) sont le gastrocnémien et le fléchisseur superficiel des doigts (Barone 2000, Clayton 1996, Ashdown 2010, Budras 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012). Ce sont tous les deux des extenseurs du tarse. Ils participent à la formation du tendon calcanéen commun (ou corde du jarret). Le tendon calcanéen commun est le regroupement, proximale à la tubérosité calcanéenne, de plusieurs structures tendineuses ou fibreuses : le tendon du muscle gastrocnémien, le tendon du muscle fléchisseur superficiel des doigts et le fascia jambier (*fascia cruris*), qui forme des « lanières de renforcement » fibreuses (terminaison des muscles glutéobiceps, gracile et semi-tendineux).

Le gastrocnémien (**GTC**) (*gastrocnemius*) s'insère à la face caudale et distale du fémur, dans la fosse supracondyloire. On distingue un chef latéral (insertion dans la portion latérale de la fosse supracondyloire) et un chef médial (une insertion sur la tubérosité supracondyloire médiale et une insertion dans la fosse supracondyloire latérale, médialement au chef latéral). Les deux chefs fusionnent en un tendon unique (scindé en une partie profonde et une partie superficielle). Le tendon du gastrocnémien est le principal constituant du tendon calcanéen commun. Il se termine sur la TBC. Il est innervé par le nerf tibial. Il est le principal extenseur du jarret. Il fait partie de l'appareil réciproque : lorsque le grasset est en extension, le GTC est responsable d'une extension passive du jarret.

Le fléchisseur superficiel des doigts (**FSD**) (*flexor digitorum superficialis*) s'insère également à la face caudale et distale du fémur, dans la fosse supracondyloire (médialement au chef latéral du GTC). Le tendon du FSD passe sous le tendon du GTC proximale à la TBC, puis il devient médial et superficiel par rapport au tendon du GTC, s'élargit en regard de la tubérosité calcanéenne (calotte calcanéenne) et s'affine à nouveau distalement au calcaneus. Au tiers distal du métatarse, le tendon du FSD se sépare en deux branches : une branche latérale pour le doigt IV et une branche médiale pour le doigt III. Chaque branche du FSD forme un anneau (*manica flexoria*) dans lequel coulisse la branche correspondante du FPD. Il est à noter que chez les bovins, la paroi superficielle de cet anneau (*manica flexoria*) est formée par le FSD et la paroi profonde par la bride tarsienne, ou ligament accessoire (prolongement distal du ligament plantaire distal, voir la description dans la section 1.2.4). Distalement à la *manica flexoria*, chaque branche (médiale et latérale) du FSD se divise en une terminaison axiale et une terminaison abaxiale, qui se terminent sur la tubérosité des fléchisseurs de la phalange moyenne correspondante (phalange moyenne du doigt III pour la branche médiale et phalange moyenne du doigt IV pour la branche latérale). Le FSD est fléchisseur des doigts (notamment des articulations métatarso-phalangiennes et interphalangiennes proximales). Il fait partie de l'appareil réciproque : lorsque le grasset est en extension, le FSD est responsable d'une extension passive du jarret. Il est innervé par le nerf tibial.

1.2.4. Anatomie ligamentaire

Les ligaments périarticulaires du tarse bovin sont le ligament collatéral latéral long, le ligament collatéral latéral court, le ligament collatéral médial long, le ligament collatéral médial court, la membrane fibreuse dorsale, le ligament plantaire long et le ligament plantaire distal. Deux ligaments articulaires sont à noter : le ligament talo-fibulaire plantaire et le ligament tibio-talien plantaire.

Le ligament collatéral latéral long (**LCLL**) est situé entre l'os malléolaire (dans sa portion disto-caudale) et le métatarse, avec des attaches sur le calcaneus et l'OTC+4.

Le ligament collatéral latéral court (**LCCL**) passe sous le ligament collatéral latéral long, entre l'os malléolaire (dans sa portion disto-crâniale) et le calcaneus.

Le ligament collatéral médial long (**LCML**) possède un plan superficiel qui joint la malléole médiale au calcaneus (bord médial du sustentaculum tali) et à l'OTC+4 et un plan profond qui joint la malléole médiale au métatarse, avec des attaches sur le calcaneus, l'OTC+4, l'OT2+3 et l'OT1.

Le ligament collatéral médial court (**LCMC**) joint la malléole médiale et le calcaneus d'une part, le talus et l'OTC+4 d'autre part.

La membrane fibreuse dorsale est mince. Elle joint dorsalement l'extrémité distale du tibia à l'extrémité proximale du MT3+4. Elle a une attache entre les deux trochlées dorsales du talus (trochlées proximale et distale du talus) où elle est notamment renforcée par l'insertion du CED et sur les os de la rangée distale du tarse.

Le ligament plantaire long prend origine sur la face plantaire de la TBC et se termine sur le MT3+4. Il est renforcé latéralement et médialement par un fascia plantaire épais et large, dont l'ensemble constitue la paroi superficielle de la gaine plantaire du tarse.

Le ligament plantaire distal se situe entre le sustentaculum tali et le MT3+4 et constitue la paroi profonde de la gaine plantaire du tarse. Le prolongement distal du ligament plantaire distal constitue la bride tarsienne, ou ligament accessoire.

Le ligament talo-fibulaire plantaire (**LTFP**) prend origine sur la face plantaire de l'os malléolaire et sur la portion plantaire du tibia adjacent. Il se termine dans la dépression entre la LLTPr et la LLTPI. Ce ligament est puissant et large chez les bovins (**Figure 15**).

Le ligament tibio-talien plantaire (**LTTP**) est l'équivalent médial du LTFP. Il prend origine sur la face plantaire de la malléole médiale. Il se termine dans la dépression entre la LMTPr et la LMTPI (**Figure 15**).

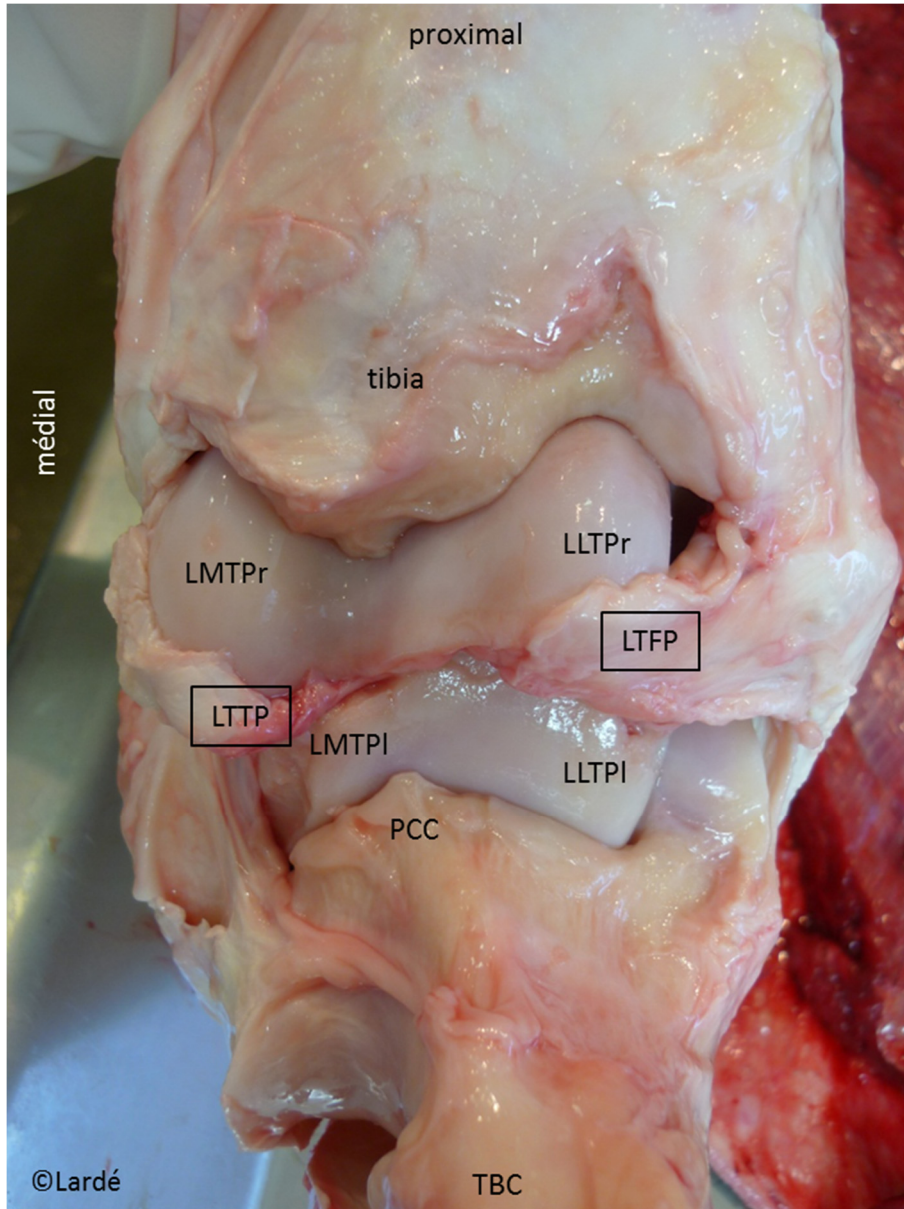


Figure 15 – Ligaments talo-fibulaire plantaire (LFTP) et tibio-talien plantaire (LTTP), face plantaire du tarse droit d'un bovin adulte. LLTPI = lèvre latérale de la trochlée plantaire du talus, LLTPr = lèvre latérale de la trochlée proximale du talus, LMTPI = lèvre médiale de la trochlée plantaire du talus, LMTPr = lèvre médiale de la trochlée proximale du talus, PCC = processus coracoïde du calcaneus, TBC = tubérosité calcanéenne.

1.2.5. Anatomie vasculaire

1.2.5.1. Artères du tarse

Les artères du membre pelvien sont des ramifications de l'artère fémorale (Barone 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012). Les artères de diamètre important au niveau du tarse bovin sont l'artère tibiale crâniale et l'artère saphène.

L'artère tibiale crâniale passe à la face dorsale du tarse (**Figure 14**, symbole #), latéralement au LgED. C'est la continuité de l'artère dorsale du pied. Elle possède de nombreuses ramifications, en regard du tarse (artères malléolaires crâiales latérale et médiale, artères tarsiennes latérale et médiale, rameau superficiel).

L'artère saphène passe à la face médio-plantaire du tarse (**Figure 13**, symbole *), entre le FLD et le FMD. Distalement à la malléole médiale du tibia, elle se divise en deux branches : l'artère plantaire médiale et l'artère plantaire latérale.

1.2.5.2. Veines du tarse

Les veines du membre pelvien (Barone 2011, Nomina Anatomica Veterinaria 2012) ramènent le sang jusqu'à la veine iliaque externe. Les veines de diamètre important au niveau du tarse bovin sont la veine saphène latérale (rameau crânial et rameau caudal), la veine saphène médiale et la veine tibiale crâniale.

Le rameau crânial de la veine saphène latérale passe superficiellement à la face dorso-latérale du tarse, latéralement au LgED, avec le nerf péronier superficiel. Proximale, elle se dirige caudalement pour rejoindre la veine saphène latérale.

Le rameau caudal de la veine saphène latérale passe superficiellement à la face latéro-plantaire du tarse, latéralement au calcaneus. Proximale, elle rejoint la veine saphène latérale.

La veine saphène médiale passe superficiellement à la face médio-plantaire du tarse, médialement au calcaneus où elle chemine avec l'artère saphène et le nerf tibial (**Figure 13**, symbole *).

La veine tibiale crâniale passe à la face dorsale du tarse. C'est une veine profonde, habituellement double. Elle chemine avec l'artère tibiale crâniale et le nerf péronier profond, latéralement au LgED (**Figure 14**, symbole #).

1.2.6. Anatomie nerveuse

Les nerfs importants (Barone 2010-b, Nomina Anatomica Veterinaria 2012) au niveau du tarse bovin sont le nerf péronier superficiel, le nerf tibial, le nerf saphène et le nerf péronier profond.

Le nerf péronier superficiel (ou fibulaire superficiel) passe à la face dorso-latérale du tarse et chemine avec le rameau crânial de la veine saphène latérale superficiellement.

Le nerf tibial passe à la face médio-plantaire du tarse, médialement au calcaneus, avec la veine saphène médiale et l'artère saphène (**Figure 13**, symbole *). Distalement à la malléole médiale, il se divise en deux branches, le nerf plantaire médial et le nerf plantaire latéral.

Le nerf saphène est situé à la face médiale du tarse.

Le nerf péronier profond (ou fibulaire profond) passe à la face dorsale du tarse et chemine dans le plan profond avec la veine tibiale crâniale et l'artère tibiale crâniale (**Figure 14**, symbole #).

1.3. Maladies articulaires du carpe et du tarse bovins

1.3.1. Maladies articulaires non infectieuses

1.3.1.1. *Ostéochondrose*

L'ostéochondrose (Ytrehus 2007, Van Weeren 2012, Laverty 2013, Olstad 2015) est une maladie développementale qui survient durant l'ossification des os au stade fœtus et jusqu'à l'âge adulte tant que les plaques de croissance sont actives. Elle est définie par un défaut focal du processus d'ossification endochondrale du cartilage épiphysaire ou physaire des os longs. Ce défaut d'ossification entraîne la rétention d'un foyer cartilagineux (qui nécrose secondairement) dans l'épiphyse ou la plaque de croissance, dont l'évolution peut être soit la résorption complète (guérison) soit le développement de lésions caractéristiques : kyste osseux sous-chondral (**KOSC**), ostéochondrite dissecans (**OCD**) ou physite focale.

Dans l'espèce bovine, l'ostéochondrose est une maladie rarement diagnostiquée et principalement décrite chez les animaux en croissance (Reiland 1978, Jensen 1981, Wegener 1992, Davies 1996, Davies 1999, Scott 2000) et les mâles reproducteurs (Weisbrode 1982, Hill 1998, Tryon 1999, Dutra 1999, Persson 2007). L'incidence est cependant d'environ 10% dans les parcs d'engraissement (Jensen 1981) et dans une étude sur des taureaux laitiers adultes en centre d'insémination (Weisbrode 1982). C'est une maladie multifactorielle dont les facteurs de risque évoqués dans la littérature sont environnementaux, nutritionnels, individuels et génétiques.

L'âge moyen au diagnostic est de 21 mois (Trostle 1997). Les signes cliniques rapportés sont :

- boiterie et effusion articulaire (69% des cas)
- boiterie seulement (21% des cas)
- effusion articulaire seulement (10% des cas).

La boiterie est généralement d'apparition progressive. Elle peut être absente ou légère en début de maladie, et se dégrade au fil des mois, jusqu'à devenir franche, avec un animal réticent à se lever. Pour les taureaux, le refus de se cabrer pour saillir peut constituer le seul signe clinique (Persson 2007).

Le diagnostic se fait par imagerie (échographie, radiographie, arthroscopie). L'arthrocentèse est en général non significative : légère inflammation non septique (comptage cellulaire et protéines normaux à légèrement augmentés).

À la radiographie, des fragments osseux sont identifiés dans les cas d'OCD et des zones radiotransparentes entourées d'un halo de sclérose dans les cas de KOSC. Des lésions de maladie articulaire dégénérative sont observées de façon concomitante dans deux tiers des cas (Trostle 1997). La **Figure 16** montre un exemple d'OCD de la malléole médiale du tibia chez un bovin femelle âgé de 12 mois.

L'ostéochondrose est une condition souvent bilatérale : jusqu'à 88% des articulations radiographiées (Trostle 1997), 34% des articulations à la nécropsie (Jensen 1981).

Les articulations les plus fréquemment affectées sont, par ordre décroissant, le grasset, le tarse, le carpe, l'épaule et les phalanges (Trostle 1997). L'articulation atlanto-occipitale a également été incriminée (Jensen 1981). Toutes lésions confondues, l'OCD (79% des lésions) est plus fréquente que les KOSC (21% des lésions).

Concernant l'ostéochondrose du tarse bovin, des lésions d'OCD sont plus fréquemment diagnostiquées que des KOSC. Les sites de distribution de ces lésions sont le TICT, la LLTPr et la LMTPr pour les lésions d'OCD, et la MM pour les KOSC (Baxter 1991, Trostle 1997, Davies 1999, Dutra 1999, Tryon 1999, Persson 2007).

Le carpe bovin présente plus rarement des lésions d'ostéochondrose. L'épiphyse distale du radius peut présenter des KOSC (Trostle 1997).

Le traitement médical (ou conservateur) est empirique et repose sur des études dans d'autres espèces. Il comprend un repos strict, une ration pauvre en énergie et protéines, l'administration systémique d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (**AINS**) et de polysulfate de glycosaminoglycane (**PSGAG**), l'administration intra-articulaire de corticostéroïdes.

Le traitement chirurgical est le retrait des fragments d'OCD par arthroscopie ou arthrotomie et le débridement du site de détachement du fragment d'OCD ou du KOSC jusqu'au niveau de l'os sous-chondral afin d'atteindre les vaisseaux sanguins et de stimuler une cicatrisation de la lésion par la mise en place de fibrocartilage (Baxter 1991, Trostle 1997, Tryon 1999).

Le pronostic est réservé. Les articles tendent à montrer que si aucun traitement chirurgical n'est entrepris, les animaux sont abattus en général dans une période de 6 mois après le diagnostic d'ostéochondrose, pour cause de boiterie ou d'infertilité pour les taureaux de reproduction. Il n'existe pas assez de données pour savoir le pronostic suite à un traitement chirurgical, pour chaque type de lésion.

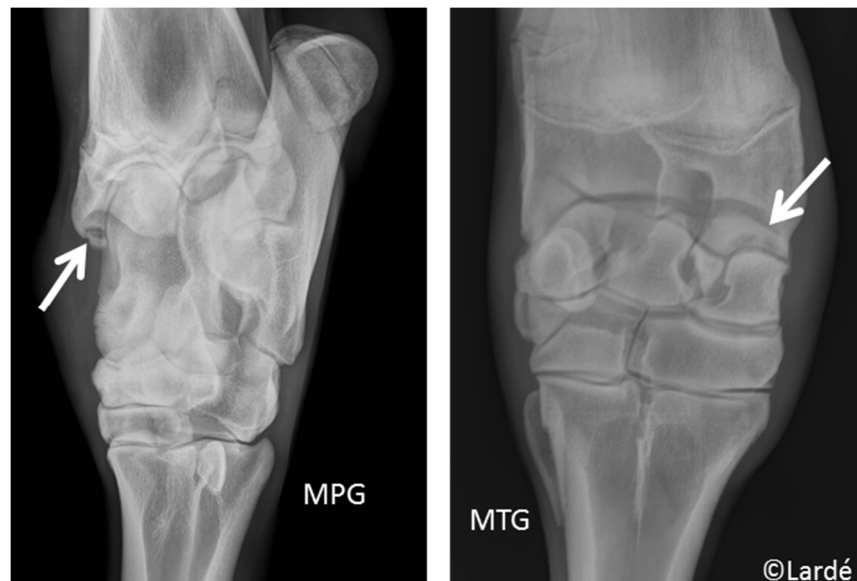


Figure 16 – Vues radiographiques dorso-latérale plantaro-médiale oblique (**DLPMO**) du tarse gauche d'un bovin femelle de 12 mois et dorso-palmaire du carpe gauche d'un bovin femelle de 11 mois. Les flèches blanches pointent respectivement une lésion d'OCD de la malléole médiale du tibia et une lésion de type KOSC de la portion médiale de l'épiphyse distale du radius.

1.3.1.2. Maladies articulaires dégénératives

Les maladies articulaires dégénératives (Van Pelt 1966, Van Pelt 1970, Van Pelt 1975-a et Van Pelt 1975-b) constituent un groupe de maladies articulaires vaste, dont la cause est soit primaire (développementale), soit secondaire (acquise). Il est parfois difficile de différencier le caractère primaire ou secondaire d'une arthropathie dégénérative. Par exemple, concernant l'articulation coxo-fémorale, certaines publications sont en faveur d'un problème développemental car les lésions sont

identifiées sur de jeunes animaux en croissance (Howlett 1972, Radostits 1976) alors que d'autres semblent plutôt décrire un problème acquis puisque les lésions sont trouvées sur des animaux adultes et semblent secondaires à d'autres maladies articulaires (Weaver 1982).

Lors de maladies articulaires dégénératives primaires, une composante héréditaire est souvent suspectée. Ces maladies articulaires sont rares. Elles affectent l'articulation interphalangienne distale (Mulon 2009), l'articulation coxo-fémorale (Howlett 1972, Radostits 1976), le grasset (Kendrick 1966), le tarse (Holmberg 1984), et enfin le carpe et le tarse chez des veaux japonais (Taura 1984, Nishimura 1992, Taura 1996).

Les maladies articulaires dégénératives acquises sont un ensemble de maladies menant progressivement à l'arthrose (encore appelée arthrite pour souligner le caractère inflammatoire actif de la condition). L'arthrose est généralement détectée sur des animaux ayant terminé leur croissance. Elle peut être secondaire à une mauvaise conformation de l'articulation (comme lors de déviation angulaire, d'hyperextension du jarret lors de parésie spastique ou de dysplasie de la hanche, Van Vlierbergen 2007), à un confort inadéquat en stabulation ou en parc d'engraissement, à des traumatismes articulaires répétés combinés à un poids corporel élevé (comme pour les grassets des taureaux reproducteurs dans les centres d'insémination, Bargai 1992 ou pour les carpes des vaches en stabulation attachée, soumis à des traumatismes répétés lors du lever et du coucher de la vache). L'arthrose est caractérisée par une dégénérescence du cartilage articulaire. Elle est souvent d'apparition progressive, chronique, et pas nécessairement associée à de la distension articulaire ou à une boiterie si l'animal est laissé au repos. Les changements dégénératifs articulaires peuvent être spectaculaires (Weaver 1982) : ostéophytes, ulcérations du cartilage articulaire, diminution de l'espace articulaire qui peut mener à une ankylose naturelle de l'articulation, partielle ou totale. Enfin, l'arthrose peut apparaître secondairement à toute lésion articulaire, qu'elle soit infectieuse ou non (Persson 2007).

1.3.1.3. Hémarthrose

Les traumatismes articulaires sont généralement d'apparition aiguë chez les bovins, secondaires à une chute ou un coup reçu d'un autre animal. Les traumatismes les plus fréquemment diagnostiqués sont les luxations et subluxations (Weaver 1972), les fractures articulaires (Welker 1989), les déchirures

partielles ou totales ligamentaires, les déchirures de capsule articulaire et les fractures par avulsion. Secondairement à ces traumatismes, les saignements aigus dans l'articulation sont à l'origine d'une hémarthrose (Vallance 2012, Van Pelt 1968-b). Des fragments osseux ou cartilagineux peuvent flotter dans le liquide synovial et causer des lésions cartilagineuses aux points de contact. Les articulations les plus fréquemment atteintes sont le grasset (déchirure du ligament croisé crânial, lésions méniscales, luxation de la rotule, Pentecost 2014), la hanche (luxation ou subluxation coxofémorale associée à un étirement ou une déchirure complète du ligament de la tête fémorale, Marchionatti 2014) et le tarse (rupture des ligaments collatéraux ou hémarthrose secondaire à une ruade reçue d'un autre animal ou secondaire à une chute).

1.3.2. Arthrites septiques

L'arthrite septique (Desrochers 2014) est une infection de l'articulation, le plus souvent par des bactéries. Les germes pénètrent l'articulation par trois voies : voie hématogène (la plus fréquente), plaie pénétrante (ou iatrogénique suite à une injection intra-articulaire) ou par dissémination à partir d'une structure infectée adjacente (bourse tendineuse par exemple). Les signes cliniques fréquents sont une boiterie habituellement de non-appui, une distension articulaire (avec douleur et chaleur lors de la palpation de l'articulation), la contracture partielle de l'articulation (dans les cas chroniques) et des signes reliés au foyer infectieux primaire (diarrhée, pneumonie, omphalite...). Le diagnostic se fait par arthrocentèse (avec cytologie et culture du liquide articulaire) et par échographie et radiographie de l'articulation impliquée. Une articulation avec un comptage de cellules nucléées supérieur à 25000 cellules par microlitre, un comptage de polymorphonucléaires supérieur à 20000 cellules par microlitre (ou plus de 80% de cellules nucléées identifiées comme polymorphonucléaires) et des protéines totales supérieures à 4,5 g/dL devrait être considérée septique (Rohde 2000, Van Pelt 1968-a). La culture bactérienne est positive dans environ 60% des cas d'arthrites septiques. Le traitement inclut le lavage articulaire, une antibiothérapie, le contrôle de la douleur (AINS) et au besoin le rétablissement de l'angulation normale de la patte (en cas de contracture notamment). Le lavage de l'articulation peut être fait à l'aide d'aiguilles ou de canules insérées dans l'articulation, d'incisions de la capsule articulaire (arthrotomies) ou par arthroscopie. Le lavage à l'aiguille est efficace uniquement si le liquide synovial est suffisamment fluide (cas les plus aigus). Chez les bovins cependant, de la fibrine se dépose rapidement dans l'articulation et un pannus synovial

(épaississement de la membrane synoviale) se met en place donc le lavage à l'aiguille est rarement réalisable. Des arthrotomies sont alors indiquées afin de pouvoir insérer une pince mousse (de type Magill) dans l'articulation pour déloger les amas de fibrine, puis un cathéter souple afin de réaliser un lavage abondant. Le pronostic dépend du nombre d'articulations impliquées, de l'articulation impliquée, du foyer primaire d'infection, de la chronicité et des lésions articulaires associées (lésions cartilagineuses ou de l'os sous-chondral, voire ostéomyélite).

1.4. Arthroscopie bovine

1.4.1. Techniques générales

1.4.1.1. Équipements

L'équipement comprend un arthroscope, un générateur de lumière froide, une caméra vidéo reliée à un écran par l'intermédiaire d'un processeur vidéo, une pompe d'insufflation ou d'irrigation (arthropompe), des trocarts et canules d'arthroscopie, ainsi que des instruments spécifiques.

L'arthroscope utilisé en chirurgie bovine est un endoscope rigide de 4 mm de diamètre et de 12 à 18 cm de long, avec un axe de vision terminal de 25 ou 30 degrés. Pour les articulations les plus étroites (et souvent moins mobiles), un arthroscope de diamètre inférieur (1,9 mm, 2,4 mm ou 2,7 mm) et avec un axe de vision plus élevé (70° par exemple) pourrait être préféré, pour augmenter la maniabilité au sein de l'articulation, ainsi que le champ de vision (articulations interphalangiennes par exemple). L'arthroscope est constitué d'une gaine rigide qui renferme une succession de lentilles optiques, un objectif, un oculaire et un faisceau de fibres optiques. Les lentilles optiques sont placées à intervalles réguliers, permettant la transmission des images à l'intérieur de l'endoscope, de l'objectif jusqu'à l'oculaire. L'objectif génère l'image. L'oculaire permet l'acquisition et l'agrandissement de l'image. Le faisceau de fibres optiques chemine dans un canal séparé du canal principal (où sont alignées les lentilles) et permet la transmission de la lumière à la structure à examiner (espace articulaire).

Un générateur de lumière froide est utilisé. Plusieurs sources lumineuses existent (xénon, diode électroluminescente, halogène, tungstène...). Les lampes au xénon (300 watts) sont parmi les plus puissantes et les plus performantes, et sont celles qui sont le plus fréquemment utilisées. Un câble de lumière froide permet de transporter la lumière du générateur de lumière froide vers l'endoscope. Le câble est constitué d'une gaine souple protégeant un ensemble de fibres de verre. Il se fixe directement sur l'arthroscope, où la transmission de la lumière se poursuit à travers le faisceau de fibres optiques.

La caméra vidéo se fixe à l'oculaire de l'endoscope par l'intermédiaire de la tête de caméra. Cette dernière est reliée par un câble à un processeur vidéo, qui permet la transmission et la projection des images sur un écran. Une balance des blancs est effectuée avant de commencer le visionnement afin

d'obtenir un rendu naturel des couleurs. L'écran est placé sur une tour d'arthroscopie, face au chirurgien (**Figure 17**). Un clavier numérique et un moniteur d'enregistrement des images et vidéos est connecté au processeur vidéo afin de sauvegarder chaque examen. Un port USB est maintenant fréquemment disponible et permet de récupérer facilement et rapidement les données.

Un fluide (ou liquide) d'irrigation (solution de lactate de Ringer) ou un gaz (dioxyde de carbone) sont utilisés stérilement pour distendre l'espace articulaire. Pour l'irrigation lors d'arthroscopie bovine, une pompe à débit continu (en anglais « continuous wave arthroscopy infusion pump ») est la plus fréquemment utilisée. Un sac contenant le liquide d'irrigation est connecté, par l'intermédiaire d'une tubulure stérile à la canule arthroscopique dans laquelle l'arthroscope est inséré. Le débit (en litres par minute) et la pression intra-articulaire (en millimètres de mercure, mmHg) peuvent être réglés en fonction de la facilité à distendre l'articulation. Les arthropompes sont équipées de capteurs de pression, afin de réussir à maintenir une pression stable et donc une distension constante de l'espace articulaire. Selon l'intervention réalisée, de 5 à 20 litres de liquide d'irrigation peuvent être nécessaires.

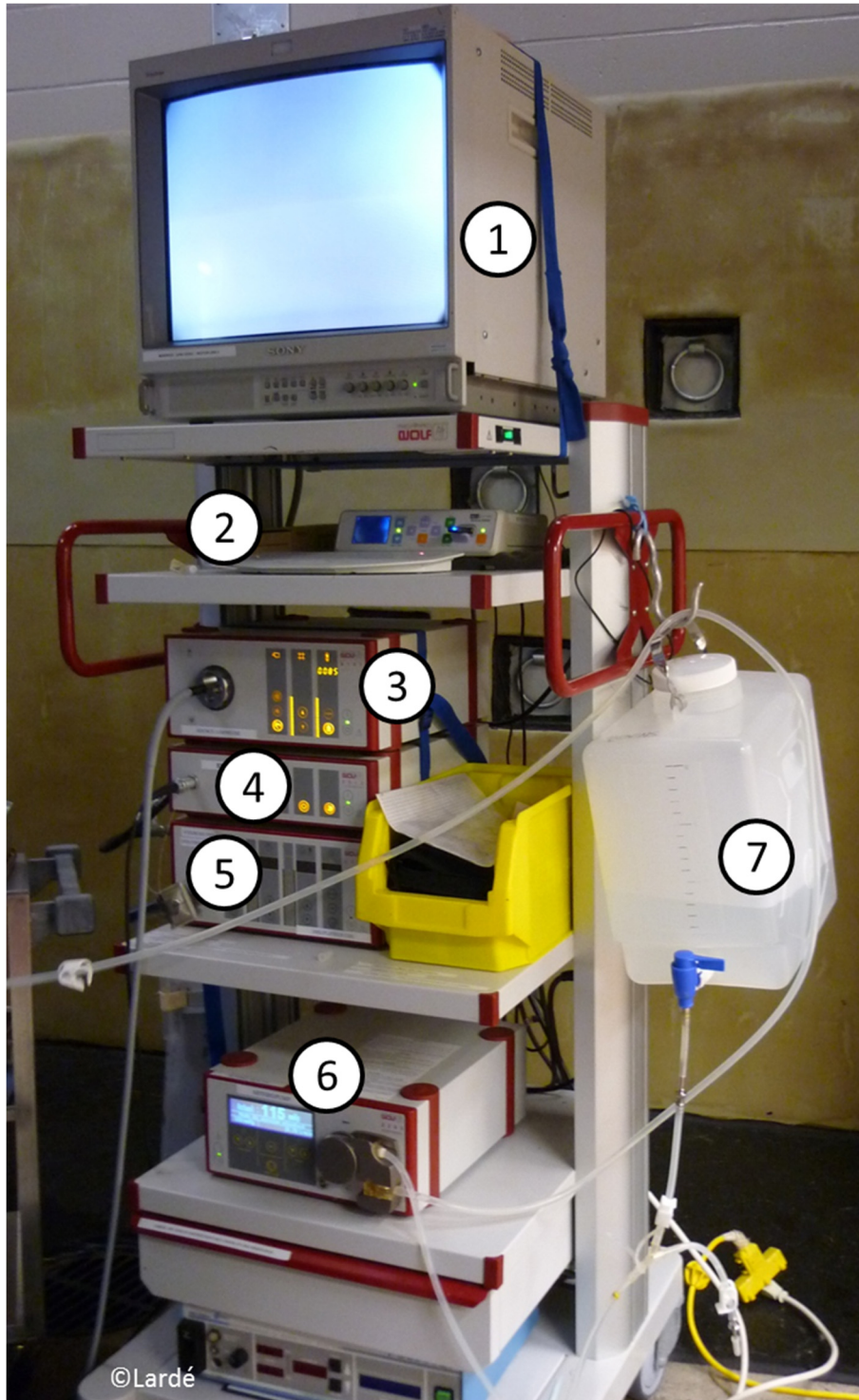


Figure 17 – Tour d’arthroscopie. Les numéros de 1 à 7 désignent respectivement l’écran de visionnement des images (1), le clavier numérique et le moniteur d’enregistrement des images (2), le

générateur de lumière froide (3), le processeur vidéo (4), une pompe d'insufflation (5), une pompe d'irrigation (6), et le liquide de lavage (7).

Des trocarts mous et tranchants sont disponibles en acier inoxydable. Le diamètre du trocart est adapté afin qu'il puisse être inséré dans une canule arthroscopique, aussi appelée chemise d'arthroscopie. Le diamètre interne de la canule arthroscopique doit être supérieur au diamètre de l'arthroscope car ce dernier est inséré dans la canule à la place du trocart, une fois l'approche chirurgicale réalisée. Le diamètre externe des canules arthroscopiques est généralement de 5,5 mm pour un arthroscope standard de 4 mm de diamètre. La canule arthroscopique a plusieurs fonctions : protection de l'arthroscope lors de son insertion dans l'articulation puis lors de l'exploration de l'articulation (protection contre les éraflures et contre les forces externes appliquées lors de la manipulation du couple « canule et arthroscope » au sein de l'articulation) et irrigation lors de la procédure (un robinet de connexion de la tubulure pour les fluides est présent sur la canule). Les canules servent également en fin de procédure à réaliser un lavage articulaire abondant (une canule munie de l'arthroscope ou d'un trocart permet l'irrigation et une autre canule dépourvue de trocart draine le liquide de lavage vers l'extérieur de l'articulation).

Plusieurs instruments sont essentiels pour réaliser un examen d'arthroscopie complet (**Figure 18**). D'autres sont plus spécifiques et plus rarement utilisés.

Un crochet palpeur (parfois appelé « palpateur ») est une sonde mousse, graduée ou non, qui permet d'évaluer la consistance et la qualité du cartilage (un cartilage mou ou qui se détache en lambeaux est généralement signe d'une maladie articulaire). Le crochet palpeur sert aussi à détecter des lignes de fracture articulaire.

Plusieurs pinces rongeurs (de type Ferris-Smith) doivent être disponibles. Elles sont caractérisées par leurs mors : droits ou inclinés (vers le haut ou vers le bas), lisses ou à crémaillère (dotée de crans ou de dents), pointus ou ronds, fenestrés ou non, à biopsie ou non. Les rongeurs servent essentiellement à retirer les débris au sein de l'articulation (cartilage, fragments osseux, fibrine, caillots de sang...), libres ou partiellement adhérents à la membrane synoviale ou au cartilage articulaire.

Plusieurs curettes, de différentes tailles et formes font également partie de l'instrumentation de base. Les curettes sont disponibles droites ou courbes, et de grosseur variant de 6-0 à 6 (la taille 2-0 étant la plus fréquemment utilisée). Les curettes servent à débrider les lésions cartilagineuses. Elles permettent de décoller le cartilage en profondeur, jusqu'à l'os sous-chondral. Les débris sont ensuite récupérés à l'aide de rongeurs.

D'autres instruments sont plus rarement utilisés : ostéotome, élévateur à périoste, couteau d'arthroscopie, ciseau d'arthroscopie, méniscotome.

Un instrument motorisé tel que le « rasoir aspirateur » (en anglais « shaver »), sur lequel est inséré un résecteur, un couteau ou une fraise permet de réaliser une synovectomie, un débridement des fibrillations du cartilage ou encore d'abraser l'os sous-chondral.

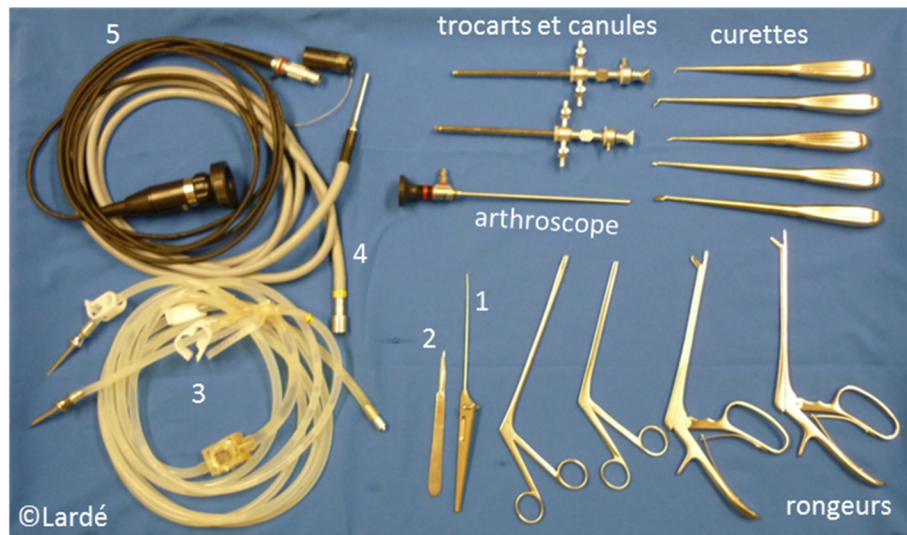


Figure 18 – Instruments utilisés lors d'une arthroscopie. Les numéros de 1 à 5 désignent respectivement le crochet palpeur (1), le bistouri muni d'une lame #11 (2), la tubulure pour l'irrigation (3), le câble de lumière (4) et la caméra vidéo (5).

1.4.1.2. Préparation chirurgicale

L'arthroscopie est une procédure chirurgicale réalisée dans un environnement hospitalier contrôlé. L'intervention est propre (classe I selon la classification d'Altemeier) ou propre contaminée (classe II selon la classification d'Altemeier) dans les cas d'arthrites septiques, de lésions cutanées vis-à-vis de l'articulation à explorer, ou de cellulite / infection péri-articulaire. Une anesthésie générale est vivement recommandée pour réaliser une arthroscopie bovine. Les avantages sont l'absence de mouvement, un meilleur contrôle des paramètres cardiorespiratoires de l'animal, une intervention sur plusieurs membres possible et un réveil moins imprévisible et moins dangereux que suite à une épidurale par exemple. Pour les veaux cependant, la combinaison d'une anesthésie locorégionale et injectable est envisageable. Pour les membres pelviens, une épidurale sacro-coccygienne à haut volume est réalisée. Pour les membres thoraciques, on utilise un bloc du plexus brachial. Ces blocs sont réalisés en combinaison avec une sédation profonde et un maintien au besoin de l'anesthésie à l'aide d'une perfusion combinant des drogues telles que le GGE (glyceryl guaiacolate ether ou guaiphenesin), la kétamine et la xylazine. Cette approche est moins coûteuse que l'anesthésie générale mais demande une certaine expérience de l'arthroscopie par le chirurgien afin de diminuer le temps chirurgical.

L'animal est placé en décubitus dorsal ou latéral selon l'articulation explorée et la préférence du chirurgien, sur une table dotée d'un matelas confortable. Du fait de la durée de la procédure, le matelas devrait être conçu pour limiter les risques de parésie ou de lésions pour l'animal.

L'articulation affectée est rasée à 360°, et 20 cm proximale et distale. Le membre est ensuite attaché (suspendu si l'animal est en décubitus dorsal), afin de permettre une préparation chirurgicale sans risquer de toucher la table sur laquelle l'animal est allongé. Trois lavages successifs de la zone rasée sont effectués, suivis d'un scrub chirurgical classique. La zone est rincée avec de la saline stérile puis des passages avec une alternance de gazes d'alcool et de chlorhexidine sont réalisés.

1.4.1.3. Technique chirurgicale générale

Lors de la création d'un site d'insertion pour l'arthroscope, les étapes sont les suivantes. La peau est incisée avec une lame de bistouri numéro 21 (incision de 10 mm de long, dans le sens longitudinal du membre) puis les tissus sous-cutanés et la capsule articulaire sont incisés avec une lame de bistouri numéro 11 (incision punctiforme). Le trocart conique mousse, muni de sa canule, est alors introduit dans l'espace articulaire par pression et avec un mouvement de rotation, jusqu'à ce que son extrémité soit libre au sein de l'articulation. Le trocart est alors retiré et remplacé par l'arthroscope. Idéalement, un trocart mousse est utilisé pour pénétrer dans l'articulation (afin de limiter les risques de lésions cartilagineuses iatrogéniques lors de l'introduction du couple canule / trocart). Chez les bovins cependant, la capsule articulaire est très épaisse et fibreuse. Le trocart tranchant est donc parfois utilisé, mais immédiatement rétracté dans la canule dès que son insertion dans l'articulation est réussie. Lorsque l'animal est couché en décubitus dorsal ou latéral pour une arthroscopie, par convention on oriente en haut de l'écran l'aspect distal et en bas de l'écran l'aspect proximal du membre.

Les techniques générales d'utilisation de l'arthroscopie chez les bovins ont été décrites pour la première fois par Hurtig en 1985, puis par Gaughan en 1996, et enfin par Lardé en 2014.

1.4.1.4. Intérêts de l'arthroscopie

L'arthroscopie a plusieurs intérêts. C'est avant tout un examen d'imagerie médicale, qui permet de visualiser les lésions articulaires et donc de poser un diagnostic sur la maladie articulaire présente. L'arthroscopie, comme l'échographie, permet l'évaluation du cartilage articulaire (présence ou non d'irrégularité de la surface, de fibrillation, de décollement...) ainsi que des tissus mous (membrane synoviale, sites d'insertion des tendons et ligaments). Sous contrôle arthroscopique, le cartilage est palpé à l'aide du crochet palpeur afin d'identifier les lésions.

L'arthroscopie a un but thérapeutique. Après avoir identifié les lésions, ces dernières peuvent être débridées et l'articulation est lavée. L'efficacité du lavage est augmentée par rapport aux techniques « à l'aveugle » (lavage à l'aide d'aiguilles ou de canules insérées dans l'articulation, lavage via des plaies d'arthrotomie) car les culs-de-sac synoviaux sont explorés et méticuleusement débridés au

besoin. La technique d'arthroscopie est minimalement invasive (incisions d'environ 1 cm de long) et l'intervention est visualisée ce qui assure une diminution du risque de lésion iatrogénique lors du débridement.

1.4.1.5. Limites de l'arthroscopie chez le bovin

L'arthroscopie est un examen onéreux. L'achat et l'entretien du matériel représentent un investissement économique important. De plus, la procédure est réalisée le plus souvent sous anesthésie générale, ce qui constitue des frais supplémentaires par rapport aux interventions faites sous sédation et bloc anesthésique local (arthrotomies par exemple). Globalement, une arthroscopie sous anesthésie générale est facturée environ 1000 à 1500 CAD.

La peau des bovins est épaisse et fibreuse, ce qui nuit à l'insertion et aux mouvements de l'arthroscope et des instruments au sein de l'articulation. Le manque de souplesse des tissus bovins limite également la possibilité de récliner les bords de plaie afin d'identifier les structures sous-jacentes (nerfs, vaisseaux).

Le carpe et le tarse sont deux articulations propices aux plaies chroniques et aux hygromas, lésions pour lesquelles l'arthroscopie est strictement contre-indiquée à cause du risque de contamination de l'articulation. Même en présence d'un hygroma non infecté, les repères anatomiques sont plus difficiles à palper et l'insertion de l'arthroscope hasardeuse (valable surtout pour le carpe où les hygromas sont présents à la face dorsale alors que les hygromas de tarse sont à la face latérale).

Pour les cas d'arthrites septiques, les bovins sont probablement de moins bons candidats pour le lavage articulaire par arthroscopie que d'autres espèces, car l'articulation atteinte est rapidement obstruée par de la fibrine et la membrane synoviale épaissie en pannus, ce qui nuit à l'insertion de l'arthroscope au sein de l'articulation et à la vision. Cette trouvaille est d'autant plus vraie que l'arthrite est chronique. Certaines bactéries prédisposent au développement d'une arthrite septique fibrineuse, comme par exemple *Mycoplasma bovis*. De plus, le débridement de la fibrine dans les cas chroniques est plus facilement réalisé via de larges plaies d'arthrotomie par rapport aux sites arthroscopiques d'une longueur limitée (1 cm).

Enfin, l'une des limites actuelles à l'arthroscopie bovine est le manque de description précise de la technique et le manque d'expérience des chirurgiens bovins. Seuls le boulet et le grasset ont fait l'objet d'une étude cadavérique détaillée. Les techniques utilisées en clinique (approches, traitement) pour les autres articulations sont largement inspirées de la littérature équine faute de description plus spécifique à l'espèce bovine. Les approches et l'anatomie de chaque articulation doivent être recensées avant de déterminer comment l'arthroscopie peut devenir un outil diagnostic, thérapeutique et pronostique dans l'espèce bovine.

1.4.2. Arthroscopie du boulet

Les approches arthroscopiques et l'anatomie des articulations métacarpo(tarso)phalangiennes latérale et médiale ont été décrites dans une étude cadavérique (Blaser 2012). Dix articulations métacarpophalangiennes issues de membres thoraciques droits, et dix articulations métatarsophalangiennes issues de membres pelviens gauches, ont été évaluées dans cette étude. Un arthroscope de 4 mm de diamètre et d'une longueur de 18 cm avec un angle de visionnement de 30 degrés était utilisé.

L'approche latéro-palmaire(plantaire) se fait entre les deux branches latérales du ligament suspenseur du boulet, dans la portion la plus proximale du sac synovial palmaire(plantaire), en visant distalement. Les structures visualisées par l'approche latéro-palmaire(plantaire) sont :

- l'extrémité distale de l'os métacarpien(tarsien) IV, soit un condyle axial et un condyle abaxial séparés par une crête intermédiaire
- l'extrémité proximale de la phalange proximale latérale (P1 latérale), soit une cavité glénoïde axiale et une cavité glénoïde abaxiale séparées par une gorge intermédiaire répondant à la crête intermédiaire de l'os métacarpien(tarsien) IV
- la surface articulaire des deux os sésamoïdiens proximaux latéraux (un axial et un abaxial, l'os abaxial étant plus large mais moins haut que l'os axial)
- les ligaments collatéraux latéraux abaxial et axial (entre l'os métacarpien(tarsien) IV et P1 latérale)

- le muscle interosseux IV, comprenant une insertion tendineuse sur la portion proximale des deux os sésamoïdiens proximaux latéraux, une bride axiale et une bride abaxiale qui contournent respectivement axialement et abaxialement P1 latérale et s'insèrent dorsalement au tendon de l'EDL

- l'un des ligaments sésamoïdiens croisés (celui entre l'os sésamoïdien proximal latéral abaxial et la cavité glénoïde axiale de P1 latérale)

- le septum palmaire(plantaire), entre les sacs synoviaux latéral et médial, très fin et qui présente une communication (dans 98,9% des cas) dans sa portion distale, soit au niveau de l'incisure interarticulaire (échancrure entre l'extrémité distale des os métacarpiens(tarsiens) III et IV).

Une fois l'exploration du sac synovial latéro-palmaire(plantaire) réalisée, l'arthroscope peut être passé dans le site de communication entre les sacs synoviaux latéro-palmaire(plantaire) et médio-palmaire(plantaire). Le septum est facilement déchiré, ce qui permet de faire l'exploration complète du sac synovial médio-palmaire(plantaire). Les structures visualisées dans ce sac synovial sont les mêmes que pour le sac synovial latéro-palmaire(plantaire), mais concernent cette fois l'os métacarpien(tarsien) III, la phalange proximale médiale (P1 médiale), les deux os sésamoïdiens proximaux médiaux, les ligaments collatéraux médiaux et le muscle interosseux III.

L'approche dorso-médiale se fait abaxialement au tendon de l'ECD (membre thoracique) ou du LgED (membre pelvien), dans la portion la plus proximale du sac synovial dorsal, en visant distalement. Les structures visualisées par l'approche dorso-médiale sont :

- l'extrémité distale de l'os métacarpien (tarsien) III, soit un condyle axial et un condyle abaxial séparés par une crête intermédiaire

- l'extrémité proximale de la phalange proximale médiale (P1 médiale), soit une cavité glénoïde axiale et une cavité glénoïde abaxiale séparées par une gorge intermédiaire répondant à la crête intermédiaire de l'os métacarpien(tarsien) III

- le site d'insertion du ligament collatéral médial abaxial

- le septum dorsal, entre les sacs synoviaux latéral et médial, plus fibreux que le septum palmaire(plantaire), ainsi que l'incisure interarticulaire (échancrure entre l'extrémité distale des os métacarpiens(tarsiens) III et IV).

Une fois l'exploration du sac synovial dorso-médial réalisée, le septum dorsal peut être perforé avec un trocart mousse, ce qui permet d'explorer le sac synovial dorso-latéral. Les structures visualisées dans ce sac synovial sont les mêmes que pour le sac synovial dorso-médial, mais concernent cette fois l'os métacarpien(tarsien) IV, la phalange proximale latérale (P1 latérale) et le site d'insertion du ligament collatéral latéral abaxial.

1.4.3. Arthroscopie du grasset

Les approches arthroscopiques et l'anatomie des articulations fémoropatellaire et fémorotibiales (latérale et médiale) ont été décrites dans une étude cadavérique (Nichols 2014-a). Un arthroscope de 4 mm de diamètre et d'une longueur de 15 cm avec un angle de visionnement de 30 degrés était utilisé, et dix grassets ont été explorés. Pour les articulations fémorotibiales, seule l'approche crâniale a été décrite. L'approche caudale est difficile et rarement indiquée.

L'articulation fémoropatellaire est examinée par une approche latérale : l'arthroscope est inséré entre le ligament patellaire médian et le ligament patellaire latéral, à mi-distance entre l'extrémité distale de la patella et le plateau tibial, sans distension préalable et avec le membre maintenu en extension. Les structures visualisées sont : la patella, les lèvres latérale et médiale de la trochlée fémorale, la gorge de la trochlée fémorale et le cul-de-sac suprapatellaire.

L'articulation fémorotibiale médiale est pénétrée par une approche médiale, entre le ligament patellaire médian et le ligament patellaire médial, avec le grasset en flexion à 60° et en visant l'aspect crânial et axial du condyle fémoral médial. Les structures visualisées sont : le condyle fémoral médial, l'attachement fémoral du ligament croisé caudal, l'éminence intercondyloire du tibia, l'attachement tibial du ligament croisé crânial et le ménisque médial. Pour évaluer les structures médiales abaxiales (portion abaxiale du ménisque médial et du condyle fémoral médial), une approche latérale est recommandée.

L'articulation fémorotibiale latérale est pénétrée, après distension avec 60 mL de liquide d'irrigation, par une approche latérale pour les structures axiales (portion axiale du condyle fémoral latéral, du condyle tibial latéral, du ménisque latéral, ligament tibial crânial du ménisque latéral, attachement tibial du ligament croisé crânial, origine du tendon du LgED) et par une approche médiale pour les

structures abaxiales (notamment le tendon du muscle poplité et portion abaxiale du ménisque latéral). L'approche médiale permet également l'évaluation du *sulcus extensorius* (cul-de-sac entourant la portion tendineuse du LgED et du TrP) et de l'aspect crânial du condyle tibial, par un port arthroscopique orienté plus distalement que précédemment (par l'incision cutanée médiale mais en visant l'aspect crânial et abaxial du condyle tibial latéral).

1.4.4. Arthroscopie du carpe

1.4.4.1. Rapports de cas dans l'espèce bovine

L'arthroscopie du carpe n'a jamais fait l'objet d'une étude spécifique. Les approches et l'évaluation des articulations ABC et CPM n'ont donc jamais été décrites en détail. Un rapport de cas (deux veaux) décrit le débridement chirurgical par arthroscopie de deux carpes atteints d'arthrite septique (Munroe 1994). Une approche dorso-latérale était utilisée, réalisée entre l'ECD et l'ERC. Dans le premier cas, une fibrillation du cartilage à l'aspect dorso-latéral de l'OC2+3 a été observée dans l'articulation CPM. Lorsque le cartilage à ce niveau était palpé avec une sonde, du matériel purulent s'en écoulait. La lésion a été débridée jusqu'à la mise en évidence d'un os sous-jacent sain et l'articulation débridée et lavée abondamment. Le deuxième cas ne présentait pas de lésion cartilagineuse mais des amas de fibrine épais et adhérents au cartilage articulaire et à la membrane synoviale. L'arthroscopie a permis dans ce cas un débridement minutieux de l'articulation. Les deux veaux de ce rapport de cas ont été traités avec succès. Deux rapports de cas (Hirsbrunner 1998 et Steiner 1999) décrivent le débridement et lavage, sous contrôle arthroscopique, de cinq cas d'arthrites septiques de l'articulation ABC, suivi de l'implantation d'éponges de collagène imprégnées de gentamicine. Les cinq cas ont été traités avec succès. La technique d'arthroscopie utilisée était inspirée de celle décrite chez les chevaux.

1.4.4.2. Arthroscopie du carpe dans l'espèce équine

Les articulations ABC et CPM peuvent être examinées par une approche dorsale (McIlwraith 2015-a, Hurtig 1986, Martin 1985) et, plus rarement, par une approche palmaire (Cheetham 2006).

L'articulation CPM est plus facile à explorer que l'articulation ABC à cause de l'anatomie du radius distal et des os du carpe et de la façon dont la flexion se fait au niveau de ces deux articulations. Quand les deux articulations doivent être explorées, l'articulation CPM est donc évaluée avant l'articulation ABC. La procédure est généralement réalisée sur cheval en décubitus dorsal, sous anesthésie générale. Pour l'articulation CPM, l'approche dorso-latérale se fait à mi-chemin entre le tendon de l'ERC et le tendon de l'ECD, et à mi-chemin entre les rangées proximale et distale des os carpaux, avec le carpe fléchi à 70° environ. L'approche dorso-médiale est réalisée suffisamment médialement au tendon de l'ERC pour éviter de toucher sa gaine tendineuse. Les incisions cutanées se font avant la distension de l'articulation pour éviter de léser les gaines tendineuses. Pour l'articulation ABC, l'approche dorso-latérale se fait à mi-chemin entre les tendons de l'ERC et de l'ECD, avec le carpe fléchi à 120-130°. L'approche dorso-médiale est réalisée médialement au tendon de l'ERC, dans le centre d'un triangle formé par l'ERC, l'extrémité distale du radius et le rebord dorsal de l'os radial du carpe. L'approche dorso-médiale de l'articulation ABC est plus complexe que les autres approches dorsales du carpe. À cause du rétrécissement de l'espace articulaire dans cette région, des attachements serrés de la capsule articulaire et de la nature convexe de l'articulation à ce niveau, le chirurgien doit être prudent lors de l'insertion du trocart, afin d'éviter toute lésion iatrogénique au cartilage.

1.4.4.3. Différences anatomiques du carpe entre les espèces bovine et équine

Concernant les os du carpe, les bovins possèdent un os carpal II+III fusionnés alors que chez les équins, les os carpaux II et III sont séparés. Les bovins, comme les équins, possèdent un os carpal IV. Rarement, le carpe des chevaux peut présenter un os carpal I, et encore plus rarement un os carpal V. Ce n'est pas décrit à ma connaissance chez les bovins. Les os métacarpiens III et IV sont fusionnés chez les bovins, et il existe un os métacarpien V rudimentaire qui ne s'articule pas avec le carpe. Les chevaux ont un os métacarpien III principal (os canon) et deux os métacarpiens rudimentaires (II et IV) qui sont plus développés que l'os métacarpien rudimentaire des bovins, et qui s'articulent avec la rangée distale des os du carpe.

Concernant les tendons de la face dorsale du carpe, on retrouve globalement la même architecture entre les deux espèces : ERC, EOC, extenseur commun des doigts (bovin) ou extenseur commun du

doigt (équien), extenseur du doigt latéral (bovin) ou extenseur latéral du doigt (équien). Chez les équins, il n'existe pas d'extenseur médial du doigt. Chez les bovins, l'EDM chemine accolé à l'ED3+4 ; l'ensemble de ces deux tendons forme l'ECD. Chez les équins, le tendon de l'extenseur latéral du doigt possède un ligament accessoire qui origine de l'os accessoire. Chez les bovins, il n'existe pas de ligament accessoire pour l'EDL.

Concernant les tendons de la face palmaire du carpe, la différence la plus importante concerne le tendon du fléchisseur superficiel du doigt (équins) ou fléchisseur superficiel des doigts (bovins). Chez les équins, ce tendon est unique et passe dans la gaine palmaire du carpe avec le tendon du fléchisseur profond du doigt. Il possède un ligament accessoire (ou bride radiale) qui origine du radius et se termine sur le tendon du fléchisseur superficiel du doigt proximalement au carpe. Chez les bovins, le FSD se sépare en deux chefs vis-à-vis du carpe. Le chef superficiel du FSD passe dans la gaine palmaire superficielle du carpe alors que le chef profond du FSD passe dans la gaine palmaire profonde du carpe, avec le tendon du FPD. Il n'existe pas de bride radiale (ligament accessoire du fléchisseur superficiel) chez les bovins.

L'organisation des nerfs, veines et artères est complexe. On retrouve les mêmes structures importantes entre les deux espèces mais leur trajet et leurs collatérales sont sensiblement différents. Concernant la face dorsale du carpe, chez le bovin, le seul faisceau neurovasculaire majeur (artère antébrachiale superficielle crâniale, veine céphalique accessoire et nerf cutané latéral) passe au-dessus de l'ERC. Chez les équins, il existe une veine céphalique qui passe médialement à l'ERC (cette veine n'est pas présente chez les bovins).

Chez les équins (Ford 1988), les articulations CPM et CMC communiquent toujours entre elles (comme chez les bovins). La communication se fait entre l'os carpal III et l'os carpal IV, et dans 34% des cas, une communication additionnelle est présente. Dans 1 cas sur 50 dans cette étude, une communication entre les articulations CPM et ABC a été mise en évidence, entre l'os intermédiaire et l'os ulnaire du carpe.

Ces différences anatomiques entre les deux espèces montrent l'importance d'une description spécifique de la technique d'arthroscopie pour l'espèce bovine.

1.4.5. Arthroscopie du tarse

1.4.5.1. Rapports de cas dans l'espèce bovine

Pour les bovins, un rapport de cas existe (Baxter 1991). Il concerne un cas d'OCD de la portion la plus proximale de la LMTPr chez un veau Limousin de huit mois. Une approche arthroscopique dorso-latérale a été choisie, avec mise en place d'un instrument dans le cul-de-sac synovial dorso-médial. La lésion sur la LMTPr n'a pas pu être visualisée par cette approche, probablement à cause de sa position trop proximale sur la trochlée du talus. Une approche plantaro-médiale a alors été essayée mais les chirurgiens n'ont pas réussi à pénétrer l'articulation par cette dernière approche. Les auteurs de l'article concluent que l'approche plantaire de l'articulation tarsocrurale des bovins est difficile quand réalisée après une approche dorsale, et qu'il n'est pas certain que l'approche plantaro-médiale, telle que décrite pour les équins, est réalisable sur un tarse de bovin.

1.4.5.2. Arthroscopie du tarse dans l'espèce équine

Dans l'espèce équine, les approches dorsale et plantaire de l'articulation tarsocrurale ont été décrites (McIlwraith 2015-b). La procédure est réalisée sur cheval en décubitus dorsal, sous anesthésie générale. L'approche dorsale se fait par une incision dorso-médiale. L'approche dorso-latérale n'est pas nécessaire pour explorer cette articulation, sauf en cas de fracture de la malléole latérale du tibia. Le tarse est placé en extension et une aiguille est placée dans le sac synovial dorso-médial afin de distendre l'articulation. La peau est alors incisée avec un bistouri muni d'une lame #11. L'incision est faite juste distalement à la malléole médiale, légèrement dorsalement au centre de la distension articulaire. Avant d'inciser les tissus mous péri-articulaires et la capsule articulaire, il faut s'assurer que la veine saphène n'est pas présente dans le site d'incision. L'insertion de la canule arthroscopique munie du trocart mousse se fait entre la veine saphène et les tendons des extenseurs (LgED, TrP and TCr), proche des extenseurs (à environ 1 cm médialement aux extenseurs). L'articulation est alors placée en flexion, permettant de glisser le trocart mousse, muni de sa canule, vers le côté latéral, en passant dorsalement à la trochlée du talus. L'approche plantaire de l'articulation tarsocrurale est rarement utilisée (Zamos 1994). Les principales indications de cette approche sont : l'évaluation de la portion proximale de la trochlée du talus, le retrait d'un débris dans le sac synovial plantaire, le

traitement d'une arthrite septique et l'approche de la malléole latérale. La lèvre latérale est plus facilement visualisable par l'approche latéro-plantaire, la lèvre médiale par l'approche médio-plantaire. La distension articulaire est importante pour l'approche latéro-plantaire. L'incision cutanée est réalisée dans le milieu du sac synovial plantaire, avec le tarse en flexion à 90°. La canule arthroscopique, munie du trocart mousse, est alors insérée, en prenant garde de ne pas créer de lésion iatrogénique aux lèvres de la trochlée du talus.

1.4.5.3. Différences anatomiques du tarse entre les espèces bovine et équine

Concernant les os du tarse, les équins ont un os central et un os tarsal IV alors que chez les bovins ces deux os sont fusionnés (os centroquartale). Les équins ont un os tarsal III et un os tarsal I+II fusionnés alors que les bovins ont un os tarsal II+III fusionnés et un os tarsal I. Le talus équin ne présente qu'une trochlée (pour le tibia), alors que le talus bovin en présente trois (pour le tibia, pour l'os centroquartale et pour le talus). Le talus bovin s'articule avec la malléole latérale (vestige de la fibula), alors qu'il n'existe pas d'articulation fibulo-calcanéenne chez les équins (l'extension latérale du calcanéus de ces derniers étant moins développée).

Les os métatarsiens III et IV sont fusionnés chez les bovins et il n'existe pas d'os métatarsien rudimentaire V à la différence du membre thoracique. Par contre, on note un os sésamoïde métatarsien médial à la localisation d'un os rudimentaire II. Les chevaux ont un os métatarsien III principal et deux os métatarsiens rudimentaires (II et IV) qui s'articulent avec la rangée distale des os du tarse.

Concernant les tendons de la face dorsale du tarse, on retrouve globalement la même architecture entre les deux espèces : TCr (le tendon se sépare en deux chefs chez les équins en regard du talus alors que chez les bovins, le tendon reste simple), TrP, long extenseur des doigts (bovin) ou long extenseur du doigt (équin), extenseur du doigt latéral (bovin) ou extenseur latéral du doigt (équin). Chez les équins, il n'existe pas d'extenseur médial du doigt. Chez les bovins, l'EDM chemine accolé à l'ED3+4 ; l'ensemble de ces deux tendons forme le LgED. Chez les équins, le tendon de l'extenseur latéral du doigt fusionne distalement au tarse avec le long extenseur du doigt. Chez les bovins, ces deux tendons restent indépendants.

Concernant les tendons de la face plantaire du tarse, l'anatomie est sensiblement la même entre les deux espèces.

L'organisation des nerfs, veines et artères est complexe. Le rameau crânial de la veine saphène médiale qui passe à l'aspect dorso-médial du tarse chez les équins n'est pas présent à cet endroit chez les bovins. La veine saphène médiale des bovins passe à l'aspect médio-plantaire du tarse (équivalent du rameau caudal de la veine saphène médiale des équins).

Chez les équins, l'articulation tarsocrurale communique dans 100% des cas avec l'articulation ITP en portion distale de la trochlée du talus (sauf chez les jeunes poulains où la communication peut ne pas être ouverte). Exceptionnellement, une communication peut exister entre les articulations ITP et ITD (dans moins de 5% des cas), ce qui est différent des bovins (0% des cas). L'articulation ITD communique avec l'articulation TMT dans 7 à 38% des cas selon les études (Sack 1981, Kraus-Hansen 1992, Bell 1993) chez les chevaux (un tiers des cas chez les bovins).

2. PROBLÉMATIQUE

Au CHUV bovin de St-Hyacinthe, une dizaine d'arthroscopies est réalisée par an depuis quelques années. Ce nombre est en croissance et l'intérêt pour cette nouvelle procédure augmente avec l'expérience et l'avancée des connaissances. Environ une arthroscopie sur deux réalisée au CHUV bovin de St-Hyacinthe concerne un cas d'arthrite septique. Les autres cas sont des ostéochondroses (grasset, jarret surtout), des traumatismes articulaires (luxation de la rotule, rupture complète ou partielle du ligament croisé crânial, hémarthrose, fracture articulaire...) et quelques cas de maladies articulaires dégénératives (jarret, carpe surtout).

Le carpe et le tarse bovins présentent des particularités anatomiques d'espèce. Les maladies articulaires qui affectent ces articulations complexes sont souvent mal comprises, difficiles à diagnostiquer et sont traitées de façon conservatrice et parfois empiriquement (AINS ou corticostéroïdes par voie systémique ou intra-articulaire, repos strict, chondroprotecteurs...). L'arthroscopie est un outil diagnostique qui a déjà fait ses preuves dans d'autres espèces, notamment dans l'espèce équine, et qui a permis en outre l'amélioration des traitements en fonction de la pathologie présente et l'augmentation des chances de guérison. La littérature est pauvre concernant l'arthroscopie dans l'espèce bovine. Le grasset et le boulet sont les seules articulations qui ont été évaluées en détail dans des études sur cadavres. Aucune étude clinique de grande envergure n'est disponible à ce jour. Il devient urgent de décrire l'arthroscopie des autres articulations importantes telles que le carpe et le tarse, afin de pouvoir dans un second temps s'intéresser à la pathologie articulaire.

3. HYPOTHÈSES ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Nos hypothèses initiales de travail étaient les suivantes :

- Les articulations antébrachio-carpienne et carpienne moyenne peuvent être évaluées par arthroscopie par une approche dorsale chez le bovin adulte exempt de maladie articulaire.
- L'articulation tarsocrurale peut être évaluée par arthroscopie par une approche dorsale et par une approche plantaire chez le bovin adulte exempt de maladie articulaire.

Notre seconde hypothèse de travail était que l'anatomie articulaire des articulations antébrachio-carpienne, carpienne moyenne et tarsocrurale peut être décrite précisément par arthroscopie et qu'elle présente des particularités propres à l'espèce bovine.

Nos objectifs étaient donc les suivants :

- Description des sacs synoviaux dorsolatéral et dorsomédial des articulations antébrachio-carpienne et carpienne moyenne par rapport à des repères anatomiques, afin de déterminer le meilleur site d'insertion d'un arthroscope ou d'un instrument d'arthroscopie.
- Description des sacs synoviaux dorsolatéral, dorsomédial, plantarolatéral et plantaromédial de l'articulation tarsocrurale par rapport à des repères anatomiques, afin de déterminer le meilleur site d'insertion d'un arthroscope ou d'un instrument d'arthroscopie.
- Description détaillée de la technique d'arthroscopie pour les trois articulations d'intérêt.
- Description de l'anatomie articulaire telle que visualisée par arthroscopie pour les trois articulations d'intérêt (et en particulier de toutes les structures intra-articulaires [os et tissus mous] observées par chaque approche arthroscopique étudiée).

4. ARTICLE 1

Article en préparation pour soumission au journal *Veterinary Surgery*

RUNNING HEAD: Arthroscopy of bovine antebrachiocarpal and middle carpal joints.

TITLE: Dorsal arthroscopic approach and intra-articular anatomy of the bovine antebrachiocarpal and middle carpal joints.

AUTHORS:

Hélène Lardé, DMV, DES

Sylvain Nichols, DMV, MS, DACVS

André Desrochers, DMV, MS, DACVS, Dip. ECBHM

Marie Babkine, DMV, DES, MSc, Dip. ECBHM

Faculty of Veterinary Medicine, Department of Clinical Sciences, Université de Montréal, St-Hyacinthe, Québec, Canada

CORRESPONDING AUTHOR:

Hélène Lardé, DMV, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Clinical Sciences, Université de Montréal, CP 5000, St-Hyacinthe, Canada QC J2S 7C6

Abstract

Description of the arthroscopic technique to evaluate the bovine carpal joints is lacking. Our objectives were to determine arthroscopic approaches to the dorsal compartments of the antebrachiocarpal and middle carpal joints in adult cattle, and to describe the normal intra-articular anatomy. We hypothesized that the technique was feasible in adult cattle and that the articular structures could be evaluated from a dorsal approach. The study was conducted on fresh cadavers. Ten carpi were used to assess the dorsomedial and dorsolateral approaches of the antebrachiocarpal and middle carpal joints. The locations of the portals were recorded. Videos and still images of intra-articular structures were taken. The dorsolateral approach was made between the extensor carpi radialis and the common digital extensor tendons and the dorsomedial approach medial to the extensor carpi radialis tendon, midway between the distal radius and the proximal row of carpal bones (antebrachiocarpal joint) and midway between the two rows of carpal bones (middle carpal joint), with the joint in flexion. Arthroscopy of the antebrachiocarpal joint allowed visualization of the distal radius, proximal aspect of the radial, intermediate and ulnar carpal bones, and a palmar ligament located between the radius and the intermediate carpal bone. From the approach to the middle carpal joint, the distal aspect of the radial, intermediate and ulnar carpal bones, the proximal aspect of the fourth and fused second and third carpal bones and an interosseous ligament could be identified. In conclusion, dorsal approaches to the antebrachiocarpal and middle carpal joints allowed evaluation of most intra-articular dorsal structures. The choice of a lateral or medial approach is dictated by the location of the articular lesion.

Acronyms

C2+3: fused second and third carpal bones

C4: fourth carpal bone

CDE: common digital extensor

CE3+4: common extensor of digits III and IV

ECO: extensor carpi obliquus

ECR: extensor carpi radialis

ICB: intermediate carpal bone

LatDE: lateral digital extensor

LGC: lateral glenoid cavity of the distal articular surface of the radius

LPR: lateral parasagittal ridge of the distal articular surface of the radius

MC3+4: fused third and fourth metacarpal bones

MedDE: medial digital extensor

MIGC: medial glenoid cavity of the distal articular surface of the radius

MnGC: median glenoid cavity of the distal articular surface of the radius

MPR: medial parasagittal ridge of the distal articular surface of the radius

RCB: radial carpal bone

RSP: radial styloid process

SMB: synovial membrane

UCB: ulnar carpal bone

USP: ulnar styloid process

Introduction

The bovine carpus includes three joints that are the antebrachiocondylar, middle carpal and carpometacarpal joints. The latter two communicate with each other in all cases between the fourth (C4) and the fused second and third (C2+3) carpal bones (1). In a small percentage of cases, a further communication is present at the palmar aspect of the C4 and C2+3. The antebrachiocondylar and middle carpal joints communicate in about 13% of cases between the ulnar (UCB) and intermediate (ICB) carpal bones.

Recognized joint diseases of the carpus in cattle are septic arthritis (2), osteochondrosis (3-5), degenerative joint disease (6-8) and traumatic arthritis (9). Surgical treatment of septic arthritis of the carpus depends on the chronicity of the disease. A joint lavage is mandatory to decrease the

inflammation factors and bacterial load in the synovial cavity. Insertion of needles or cannula into the joint or arthrotomy incisions are used for this purpose. In case of osteomyelitis of the carpal bones, resection of one or both row(s) of carpal bones has been described (10-11). Arthroscopy has been used for a thorough debridement and lavage of antebrachiocarpal and middle carpal joints affected with septic arthritis (12-14). Particularly, arthroscopy allowed identification of joint lesions and removal of pieces of fibrin adhered to the synovial membrane or collected in a joint recess. For one calf, a purulent lesion hidden under a cartilaginous flap was palpated with a probe inserted through an instrument portal under arthroscopic control. This lesion was debrided until healthy subchondral bone was reached and the calf recovered successfully (15). Osteochondrosis can be diagnosed and treated with arthroscopy in cattle (3-4).

However, the arthroscopic technique and normal arthroscopic anatomy have not been studied methodically in cattle without any carpal injury. Therefore, observed injuries in clinical cases are evaluated without comparison with a normal carpus, thus the risk to over- or underestimate the severity of the joint disease is present. The general procedure has been described (16-18) and was based on clinical experience of farm animal surgeons. The arthroscopic technique and normal arthroscopic anatomy have only been described for the metacarpo/metatarsophalangeal, the femoropatellar and the cranial medial and lateral femorotibial joints (19-20). These studies have shown important species specificity, related to the two digits for the fetlock and to the thick joint capsule and abundant synovium for the stifle that limited the manipulation of the scope and visualization of the articular structures (distal part of the femoral trochlear ridges).

In horse, the dorsal and palmar arthroscopic approaches of the antebrachiocarpal and middle carpal joints are well established (21-24). The technique has proven effective to diagnose and treat numerous carpal joint diseases in horses (25-26): removal of osteochondral fragments (27-29), repair of carpal chip fractures (30-35), and surgical treatment of a palmar intercarpal ligament disruption or avulsion (36-37). In cattle, the technique used for carpal arthroscopy is often copied from that of the horse despite important anatomical variation between the 2 species (38-41). As a first significant anatomical difference, the second and third carpal bones are fused together in cattle. Secondly, the third and fourth metacarpal bones are fused and together with a vestigial fifth metacarpal bone, they are the distal bones of the carpo-metacarpal joint. In regards to the soft tissue, cattle have a medial digital extensor tendon that is missing in horses.

Our hypotheses are that the arthroscopic evaluation of the dorsal compartment of the antebrachio-carpal and middle carpal joints can be successfully performed in adult cattle free of joint disease, and that the articular anatomy of these joints can be accurately described under arthroscopy and shows species specificity. Our objectives are to describe the dorsal arthroscopic approaches and normal anatomy of the antebrachio-carpal and middle carpal joints in adult cattle.

Materials and methods

Anatomical preliminary cadaver study

Both antebrachio-carpal joints and middle carpal joints of a 4 years old Holstein cow, euthanized for reasons not related to an orthopedic condition, were injected immediately after death with a mixture of 3 parts red latex (Ward's Science, Rochester, New York, USA), 1 part water, and 1 part acidified 10% formalin. A 14-gauge, 1.5-inch (3.8-cm) long needle was placed in the dorsolateral compartment of the antebrachio-carpal joint and the synovial fluid was allowed to drain passively. A syringe was then connected to the needle to inject the latex mixture until slight distension of the joint was felt. The procedure was repeated for the middle carpal joint and the contralateral carpus. All four joints were injected by the same person. The joints were flexed and extended through a normal range of motion several times after the injection, allowing distribution of the latex mixture into the entire antebrachio-carpal, middle carpal and carpometacarpal joints. The limbs were frozen for one week, and then placed in cold water at 15°C for 24 hours before dissection. The skin and subcutaneous tissues were removed to reveal periarticular structures. Articular compartments were identified and described according to their relationship with tendons, nerves, blood vessels and ligaments. Potential sites for arthroscopic portals were recorded.

Arthroscopic cadaver study (technique and anatomy)

Both antebrachio-carpal and middle carpal joints of five adult cows, 4 Holstein (40, 45, 63 and 65 months old) and one Jersey (27 months old), euthanized for reasons not related to an orthopedic condition, were evaluated. Arthroscopy was performed on fresh cadavers with the cow placed in dorsal recumbency. The legs were supported by a hoist. The skin around the carpus was clipped and cleaned.

A standard 4-mm outer diameter, 175-mm working length arthroscope with a 25° viewing angle (Panoview-endoscope, Richard Wolf, Vernon Hills, Illinois) was used. A video camera and a cold light cable were connected to the arthroscope and a digital recorder (MediCap USB200, Mediacapture, Plymouth Meeting, Pennsylvania) was used to capture images and videos of each joint. A continuous wave infusion pump was used to distend the joint and maintain pressure (150 mmHg) during the surgical procedure (tap water was used). Images and videos were reviewed after each arthroscopy.

Only the antebrachio-carpal joint was evaluated on the right carpus of the first cow to allow careful evaluation and simultaneous dissection of the joint to fully understand the structures viewed during the procedure. Similarly, only the middle carpal joint was scoped on the left carpus of that same cow. Arthroscopic portals were done as determined in the preliminary study. For the remaining cows both joints on each leg were evaluated. For each joint, the location of the first portal to be created (dorsolateral or dorsomedial) was determined randomly. The location of the first portal on the contralateral joint was the opposite of the one created on the already scoped joint.

The skin incision was created prior to joint distension. A 10-mm skin incision was made in the selected compartment with a No. 21 scalpel blade. The underlying neurovascular structures were identified if observed. Then, the joint was distended with fluids using an 18-gauge, 1.5-inch (3.8-cm) long needle connected to a 60-cc syringe, through the skin incision with the carpus in partial flexion (100°). The amount of fluid injected was recorded. A stab incision was made with a No. 11 scalpel blade through the retinaculum extensorum, joint capsule and synovial membrane. The arthroscopic sleeve and blunt obturator were then inserted into the joint using a twisting motion. After flow of synovial fluid through the open stopcock of the arthroscopic sleeve was seen, the obturator was replaced by the arthroscope. The proper placement of the scope within the joint was confirmed by viewing articular cartilage. The joint was re-distended and the evaluation begun. The joint was flexed and extended to evaluate different areas of the articulation. The structures viewed were recorded and the ease to move the scope around was noted.

After identifying the structures, an 18 gauge, 1.5-inch (3.8-cm) long needle was placed in the opposite compartment under arthroscopic guidance. The needle helped to determine the ideal location of the instrument portal. As for the first portal, the skin incision was created with a No. 21 scalpel blade and the retinaculum extensorum, joint capsule and synovial membrane were incised under arthroscopic guidance with a No. 11 scalpel blade. An arthroscopic probe was used to reach the structures visible through the scope. Thereafter, the scope and the instrument were inverted and the evaluation was repeated.

Complications associated with the procedure (subcutaneous fluid extravasation and cartilage trauma) and feasibility to evaluate both antebrachio-carpal and middle carpal joints one after another were recorded.

Results

Anatomical preliminary cadaver study

Fifty milliliters of the latex mixture were injected in each antebrachio-carpal joint of the cow. Two synovial outpouchings were identified dorsally, on both sides of the extensor carpi radialis (ECR) tendon. The dorsolateral synovial outpouching was larger than the dorsomedial one. The former was located between the common digital extensor (CDE) and ECR tendons, distal to the extensor carpi obliquus (ECO) tendon. It protruded between the distal radius and the proximal row of carpal bones, in front of the lateral part of the ICB. The dorsomedial synovial outpouching protruded medially to the ECR tendon, just distal to the ECO, between the distal radius and the proximal row of carpal bones, in front of the medial part of the radial carpal bone (RCB).

Forty milliliters of the latex mixture were injected in each middle carpal joint of the cow. Similarly to the antebrachio-carpal joint, two synovial outpouchings were identified dorsally, on both sides of the ECR tendon. The dorsolateral synovial outpouching was larger than the dorsomedial one. It was located between the CDE and ECR tendons and protruded between the proximal and distal rows of

carpal bones, between the lateral part of the ICB and the medial part of the C4. The dorsomedial synovial outpouching was the smallest of the studied compartments. It protruded medially to the ECR tendon, between the RCB and the C2+3.

The dorsolateral and dorsomedial outpouching identified with the latex study were determined to be the location for insertion of the arthroscope in the antebrachiocarpal and middle carpal joints.

Careful dissection of the periarticular structures (Figure 1) revealed an important neurovascular bundle located at the dorsal aspect of the carpus, containing the accessory cephalic vein, the cranial superficial antebrachial artery and the lateral cutaneous antebrachial nerve (superficial branch of radial nerve). This bundle was present over the dorsomedial aspect of the ECR tendon. Since it did not pass over the joint outpouching, it was considered unlikely to be traumatized during the arthroscopy. The tendons located on the dorsal aspect of the carpus are the ECR and the CDE. The ECR is a broad and thick tendon confined in a synovial sheath, located on the dorsomedial aspect of the carpus. It crosses over the craniomedial aspect of the distal radius, the junction between the ICB and RCB, and the C2+3. The CDE is composed of the medial digital extensor (MedDE) and common extensor of digits III and IV (CE3+4) tendons. It travels along the dorsolateral aspect of the carpus within a single synovial sheath. It crosses over the craniolateral aspect of the distal radius, the UCB and the C4. The ECR and CDE tendons are held against the carpus by the fibrotic extensor retinaculum.

Arthroscopic cadaver study (technique and anatomy)

The antebrachiocarpal and middle carpal joints were infused with a mean volume of 35 and 25 milliliters respectively, after skin incision. This allowed enough distension of the joint to safely incise the joint capsule and insert the trocar.

1-Antebrachiocarpal joint.

-Dorsolateral approach (Figure 2)

The portal was created about 1 cm lateral to the ECR tendon and 1 cm distal to the distal end of the radius, in the middle of the dorsolateral outpouching, as determined with the preliminary latex study. The evaluation started at the medial aspect of the joint. The medial synovial membrane was first

observed with the medial aspect of the RCB in front of the radial styloid process (RSP). By slightly withdrawing the arthroscope, the proximal articular surface of the RCB could be fully evaluated, with its lateral part articulating with the medial glenoid cavity (MIGC) of the distal articular surface of the radius. Looking toward the dorsolateral aspect of the MIGC, close to the attachment of the synovial membrane on the radius, a circular depression devoid of articular cartilage was always observed. Then, the junction between the RCB and the ICB could be observed distally and by continuing to draw back the scope, the medial parasagittal ridge (MPR) of the radius was seen proximally. This ridge is a large prominence between the medial and median (MnGC) glenoid cavities of the distal articular surface of the radius. By withdrawing the scope, the ICB could be seen articulating with the MnGC. In the center of the MnGC, a smooth cleft in the articular cartilage was always identified. From the MnGC, by redirecting the scope toward the lateral aspect of the joint, the lateral parasagittal ridge (LPR) of the distal radius was then observed in front of the junction between the ICB and UCB. At this level, a palmar ligament could be observed between the radius and ICB. This ligament was better viewed when the flexion was increased (90°). The lateral part of the UCB, the lateral glenoid cavity (LGC) of the distal radius, the ulnar styloid process (USP) and the lateral synovial membrane could not be seen from this approach. By placing the joint in partial extension (135°), more of the UCB could be seen.

-Dorsomedial approach (Figure 3)

The portal was created 0.5 cm medial to the ECR and 0.5 cm distal to the radial styloid process, in the middle of the dorsomedial outpouching, as determined with the preliminary latex study. The evaluation started at the lateral aspect of the joint. Distally, the medial aspect of the UCB was seen in front of the LPR. The LGC and USP were not viewed because of the LPR preventing the arthroscope from advancing beyond. By withdrawing the arthroscope, the ICB came into view. The palmar ligament between the radius and ICB seen with the dorsolateral approach could not be localized in any of the cows. As for the dorsolateral approach, the cleft was seen in the MnGC. The MPR was observed, at the same level as the junction between the ICB and RCB. By redirecting the scope medially and proximally, the MIGC with its depression on its dorsolateral aspect, then the RSP, could be seen. The arthroscope could be slid medially to evaluate the medial aspect of the RSP and RCB.

Manipulations of the arthroscope were easier from the lateral approach. This dorsolateral compartment was bigger and allowed, except for the lateral part of the joint, to evaluate the articular

surfaces adequately. The dorsomedial compartment was smaller. The RCB and the large styloid process of the distal radius restricted the movement of the scope. The portal had to be located closer to the carpal bones than distal radius in the parasagittal plane and close to the ECR tendon, to allow movements toward the lateral compartment of the joint. It was easier to start the evaluation of the antebrachio-carpal joint with the lateral approach. Articular structures that were seen and reached with the arthroscopic probe are summarized in Table 1.

2-Middle carpal joint.

-Dorsolateral approach (Figure 4)

The portal was created 1 cm lateral to the ECR tendon, between the proximal and distal rows of carpal bones, in the middle of the dorsolateral outpouching, as determined with the preliminary latex study. The evaluation started on the medial aspect of the joint. First, the medial synovial membrane, the RCB and the C2+3 were seen. By withdrawing the arthroscope, the parasagittal ridge of the C2+3 was observed in front of the lateral aspect of the RCB. Then the junction between the RCB and ICB was seen. The parasagittal ridge of the C2+3 molds into the space between the RCB and ICB when the joint is extended but because the distal row of carpal bones slides medially when the joint is flexed, the parasagittal ridge of the C2+3 is in front of the lateral aspect of the RCB during the flexion. Drawing back the scope, the junction between the C2+3 and C4 was observed. The ICB has a sagittal ridge at this level that fit in the space between the C 2+3 and C4. A palmar intercarpal ligament was occasionally observed between the C2+3 and C4 when the joint was flexed to 90°. By withdrawing the arthroscope furthermore, the junction between the ICB and UCB could be viewed. When the scope was oriented distally, the C4 and its parasagittal ridge were seen. The lateral synovial membrane and the most lateral aspect of the UCB and C4 were difficult to view because of the CDE located just above these bones. Extending the carpus (>135°) relaxed the tendon and eased the manipulation of the scope in the lateral compartment.

-Dorsomedial approach (Figure 5)

The portal was created 0.5 cm medial to the ECR and just distal to the RCB, in the middle of the dorsomedial outpouching, as determined with the preliminary latex study. From this approach, it was difficult to access the lateral compartment of the joint. The C4 and UCB could only be seen partially. Between the C2+3 and C 4, the palmar intercarpal ligament was observed more easily than from the

dorsolateral approach. This ligament was easier to see when the joint was flexed to 90°. By turning the scope medially, the RCB and C2+3 were seen. This portion of the joint was easier to evaluate from this approach.

Once again, manipulation of the scope was easier from the dorsolateral approach. This compartment was bigger than its medial counterpart and allowed a more thorough evaluation of the middle carpal joint. The dorsomedial approach did not allow evaluation of the lateral aspect of the joint. The space occupied by the RCB did not allow placing the scope in a location that would have allowed sliding above the parasagittal ridge of the C2+3. Articular structures that were seen and reached with the arthroscopic probe are summarized in Table 1.

No iatrogenic cartilage damage was recorded during the arthroscopic exploration of the antebrachio-carpal joint. Mild erosion of the C2+3 and C4 were seen in 2 middle carpal joints after introduction of the arthroscope. Fluid extravasation in the subcutaneous tissue occurred frequently. Despite its presence, it was always possible to explore both joint on the same leg. However, the subcutaneous fluid made palpation of the landmarks to create the arthroscopic portal more difficult. It seemed that it was lesser of a problem when the evaluation started with the antebrachio-carpal joint.

Discussion

The antebrachio-carpal and middle carpal joints were effectively explored by arthroscopy through a dorsolateral and a dorsomedial portal. In each joint, through the dorsolateral approach, all the synovial structures were viewed with the exception of the lateral glenoid cavity of the distal radius, ulnar styloid process, ulnar carpal bone and C4. These bones were located just below the CDE tendon. It was difficult to turn the scope on itself to slide under this tendon. The dorsomedial outpouching of both joints were smaller because of the dorsomedial location of the ECR tendon. Precise location of the portal in regard to the medial parasagittal ridge of the radius, in the antebrachio-carpal joint, and the radial carpal bone, in the middle carpal joint, was essential to slide the arthroscope in the lateral

compartment of those joints. Therefore, lateral structures were easier to view from a lateral approach. The medial structures could be seen from both locations.

Regarding the dorsolateral approach of the antebrachiocondylar joint, the lateral third of the distal articular surface of the radius (including the LGC and the USP), the lateral part of the UCB and the lateral synovial membrane could not be observed. Two hypotheses can be advanced in order to explain this finding. The first explanation refers to the way the antebrachiocondylar joint works. During the flexion, the lateral side progressively closes while the medial side opens. Moreover, during the movement of flexion, the proximal row of carpal bones slides medially against the radius. Therefore, the parasagittal ridges of the distal articular surface of the radius are not in front of the junction between the RCB and ICB and the ICB and UCB respectively when the joint is in flexion. In fact, the MPR is at the level of the medial aspect of the ICB and the LPR is at the level of the medial aspect of the UCB. The articular space between the UCB and the radius is pinched during the flexion. The second explanation refers to the specific anatomy of the bones and periarticular tendons at level of the lateral third of the joint. The CDE is particularly adhered to the articular capsule during flexion of the carpus as a taut band in front of the UCB that prevents progression of the scope laterally. Additionally, because of the LPR and the shape of the UCB dorsally (proximal bony prominence), the scope can not be advanced beyond the LPR from the dorsolateral approach we described. An additional lateral approach could be attempted between the CDE and the LDE that could allow evaluation of the lateral third of the antebrachiocondylar joint. This additional approach could be used for diagnosis and treatment of lesions of the LGC, USP and lateral aspect of the UCB.

In comparison to the horse, the distal radius of cattle is more irregular, complicating movement of the scope from medial to lateral. Cattle have a cleft in the articular cartilage of the median glenoid cavity of their distal radius that is not present in the horse. However, creases in articular cartilage of the distal radius are commonly seen abnormalities of unknown significance in horses. The cleft in the median glenoid cavity and the depression in the medial glenoid cavity of bovine distal radius can be used as benchmarks during arthroscopy. Cattle also have an ulnar styloid process that is not present in horses. This process articulates with the ulnar carpal bone. However, it was not accessible through the approach used in this study. The proximal carpal bones have also a different shape when compared to those found in horses. They are shaped to fit within the deep glenoid cavities present on the distal radius. The distal row of carpal bones, in cattle, has also a different morphology than the

one found in horses. The main difference is the fusion of the second and third carpal bones. This fusion combined with the small dorsomedial outpouching of the joint explained why it is so difficult to evaluate the lateral compartment of the middle carpal joint through this approach. In cattle, we found doing an arthroscopy of the antebrachiocarpal joint easier than doing it on the middle carpal joint. In horses, the opposite is true (McIlwraith 2015). The middle carpal joint, in horses, is hinge-like making it easier to scope than the antebrachiocarpal joint. The latter is a plane joint where the bones slide on themselves rather than moving away from each other during flexion. In cattle, both joints are hinge-like. The antebrachiocarpal joint is bigger explaining why it was easier to scope.

Intercarpal ligaments were seen in both joints. In the antebrachiocarpal joint, a ligament was found between the ICB and the distal radius. In the middle carpal joint, a ligament was seen between the C2+3 and the C4. Bone insertions of these ligaments could not be seen. They were easier to locate when the flexion of the carpus was increased. Palmar intercarpal ligaments are also present in horses (42). They prevent dorsal displacement of the middle carpal joint and are seen from a dorsal or palmar arthroscopic approach of the middle carpal joint. Partial or complete disruption or avulsion of the medial and lateral palmar intercarpal ligaments has been described (43-48,37). Pathologies to these ligaments have not been described in cattle.

In this study, it was noted that cows older than 36 months old had thicker skin over their carpi. This thick skin made palpation of the landmarks to create the portal more difficult. It also decreased the range of motion of the scope making complete evaluation of the joint more challenging. It was also noted, in those older cows, that erosion of the carpal bone and thick and proliferative synovial membrane were frequent. These lesions were present without evident clinical signs. The cow used in this study came from tie stall barns. They must lift their hindquarters up by staying on their carpus. Similarly, when lying down, much of their body weight is shifted to their carpi as they let their hindquarters fall. This form of husbandry is most likely the cause of the carpal callus and the arthritic lesions found in this study.

Carpal pathologies described in cattle include septic arthritis and osteochondrosis. Fractures of the carpal bones have never been reported. Septic arthritis of the carpus is frequent in young calves. This can be from blood borne infection spreading to the joints or from peri-arthritis secondary to carpal ulceration. Young debilitated calves kept on slippery concrete flooring frequently traumatize their carpi while lying down creating a necrotic area just above the middle and the carpometacarpal joints.

Articular lavage is mandatory in the more chronic cases. Needle lavage is frequently unrewarding because of the fibrin clots produced rapidly in cattle. Therefore, doing an arthroscopy will help remove those clots and will provide a voluminous articular lavage. The technique describe in this study, allowed the evaluation of the antebrachioacarpal and middle carpal joint. Since these two joints do not communicate at all time, it is important, through arthrocentesis, to determine which joint will need to be lavage. However, since the middle carpal joint communicates at all time with the carpometacarpal joint, it is recommended to lavage this small joint by placing a large bore needle in between the metacarpus and the distal row of carpal bones. If the carpometacarpal joint is severely distended, it could even be possible to place the arthroscope through the outpouching to improve flushing. However, this possibility was not evaluated in our study.

In cases of septic joint or osteochondrosis, arthroscopy could be used to evaluate the cartilage lesions. It is not uncommon with chronic septic joints for secondary osteomyelitis to occur. The arthroscope could help determine the extent of the disease. It could also be used to curette necrotic cartilage and subchondral bone. It is an excellent tool to establish a prognosis for the future of the animal. Cattle are not as athletic as a horse. However, they need to be productive to stay in the herd. Painful joints from degenerative joint disease or from osteoarthritis would inevitably decrease the productivity, by increasing the interval between calvings and by decreasing their milk and embryo production. Finding a way to understand the expansion of the cartilaginous lesions through arthroscopic reassessments would be a first step towards evaluating the effectiveness of a treatment.

In conclusion, arthroscopic evaluation of the dorsal aspect of the antebrachioacarpal and middle carpal joints in cattle is possible. The technique differs from the one described in horses. It will have to be used in clinical cases to evaluate its reliability. Eventually, the palmar approach of the bovine carpus would have to be evaluated.

Table and figures

Table 1- Structures viewed through each arthroscopic portal and reached with an instrument inserted through the opposite portal.

		Viewed articular structures		Articular structures reached with an instrument inserted through the opposite portal
		Consistently viewed	Inconsistently viewed	
Antebrachio-carpal joint	Dorsolateral arthroscopic portal	<ul style="list-style-type: none"> - medial synovial membrane - distal articular surface of the radius excluding the LGC and USP - proximal articular surface of the RCB and ICB - medial aspect of the UCB 	<ul style="list-style-type: none"> - with carpus in extension: <ul style="list-style-type: none"> - part of the LGC - with carpus in flexion: <ul style="list-style-type: none"> - palmar ligament between the distal radius and ICB 	<ul style="list-style-type: none"> - distal articular surface of the radius, excluding the LGC and USP - proximal articular surface of the RCB and ICB
	Dorsomedial arthroscopic portal	<ul style="list-style-type: none"> - same structures than from the dorsolateral arthroscopic portal - medial side of the radius and RCB 		<ul style="list-style-type: none"> - distal articular surface of the radius, excluding the LGC and USP - proximal articular surface of the RCB and ICB - medial aspect of the UCB
Middle carpal joint	Dorsolateral arthroscopic portal	<ul style="list-style-type: none"> - medial synovial membrane - distal articular surface of the RCB, ICB and UCB excluding the most lateral aspect of the UCB - proximal articular surface of the C2+3 and C4 excluding the most lateral aspect of C4 	<ul style="list-style-type: none"> - palmar intercarpal ligament between the C2+3 and C4 - lateral aspect of the UCB and C4 	<ul style="list-style-type: none"> - distal articular surface of the RCB and ICB - proximal articular surface of the C2+3
	Dorsomedial arthroscopic portal	<ul style="list-style-type: none"> - same structures than from the dorsolateral arthroscopic portal 		<ul style="list-style-type: none"> - distal articular surface of the RCB and ICB - proximal articular surface of the C2+3 - medial aspect of the UCB and C4

Figure 1- Anatomy of the dorsal aspect of the right carpus of an adult Holstein cow. 1 = dorsolateral synovial outpouching of the antebrachiocarpal joint, 2 = dorsomedial synovial outpouching of the antebrachiocarpal joint, 3 = dorsolateral synovial outpouching of the middle carpal joint, 4 = dorsomedial synovial outpouching of the middle carpal joint, ★ = neurovascular bundle (accessory cephalic vein, cranial superficial antebrachial artery and lateral cutaneous antebrachial nerve). C4 = fourth carpal bone, CDE = common digital extensor, CE3+4 = common extensor of digits III and IV, ECO = extensor carpi obliquus, ECR = extensor carpi radialis, ICB = intermediate carpal bone, LatDE = lateral digital extensor, MC3+4 = fused third and fourth metacarpal bones, MedDE = medial digital extensor, RCB = radial carpal bone, UCB = ulnar carpal bone.

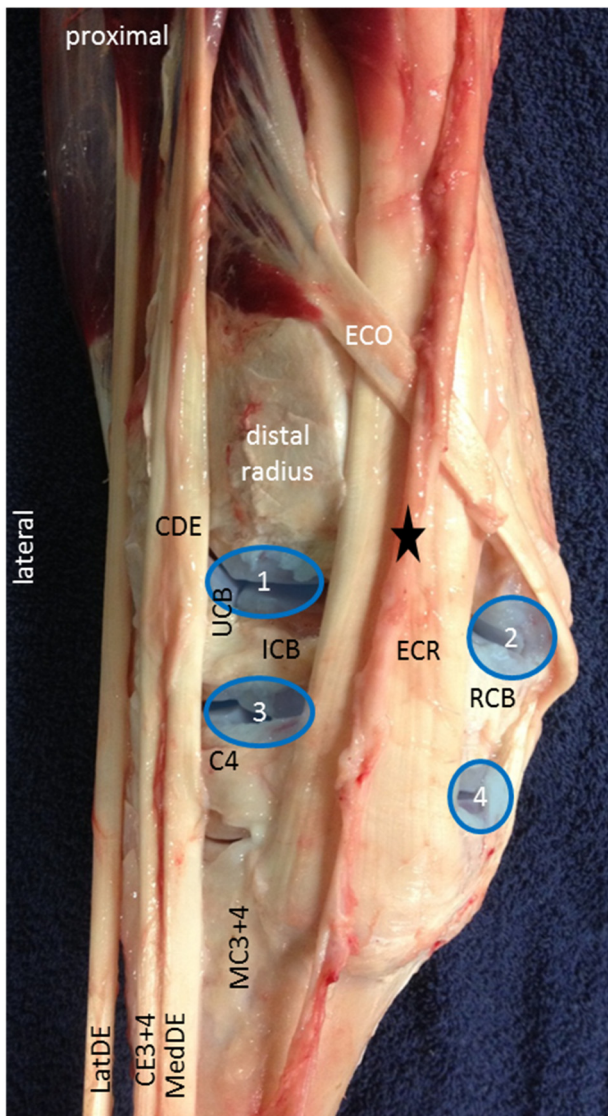


Figure 2- Dorsolateral approach of a right antebrachio-carpal joint. The scope scans the joint from its medial (A) to lateral (F) aspect. ICB = intermediate carpal bone, LGC = lateral glenoid cavity of the distal articular surface of the radius, MIGC = medial glenoid cavity of the distal articular surface of the radius, MnGC = median glenoid cavity of the distal articular surface of the radius, MPR = medial parasagittal ridge of the distal articular surface of the radius, RCB = radial carpal bone, RSP = radial styloid process, SMB = synovial membrane, UCB = ulnar carpal bone. The white arrow points the depression to the depression devoid of articular cartilage in the MIGC. The black arrow points to the palmar ligament between the distal radius and the ICB. The # symbols define the cleft in the articular cartilage of the MnGC. The * symbols define the lateral parasagittal ridge of the distal articular surface of the radius, between the MnGC and the LGC.

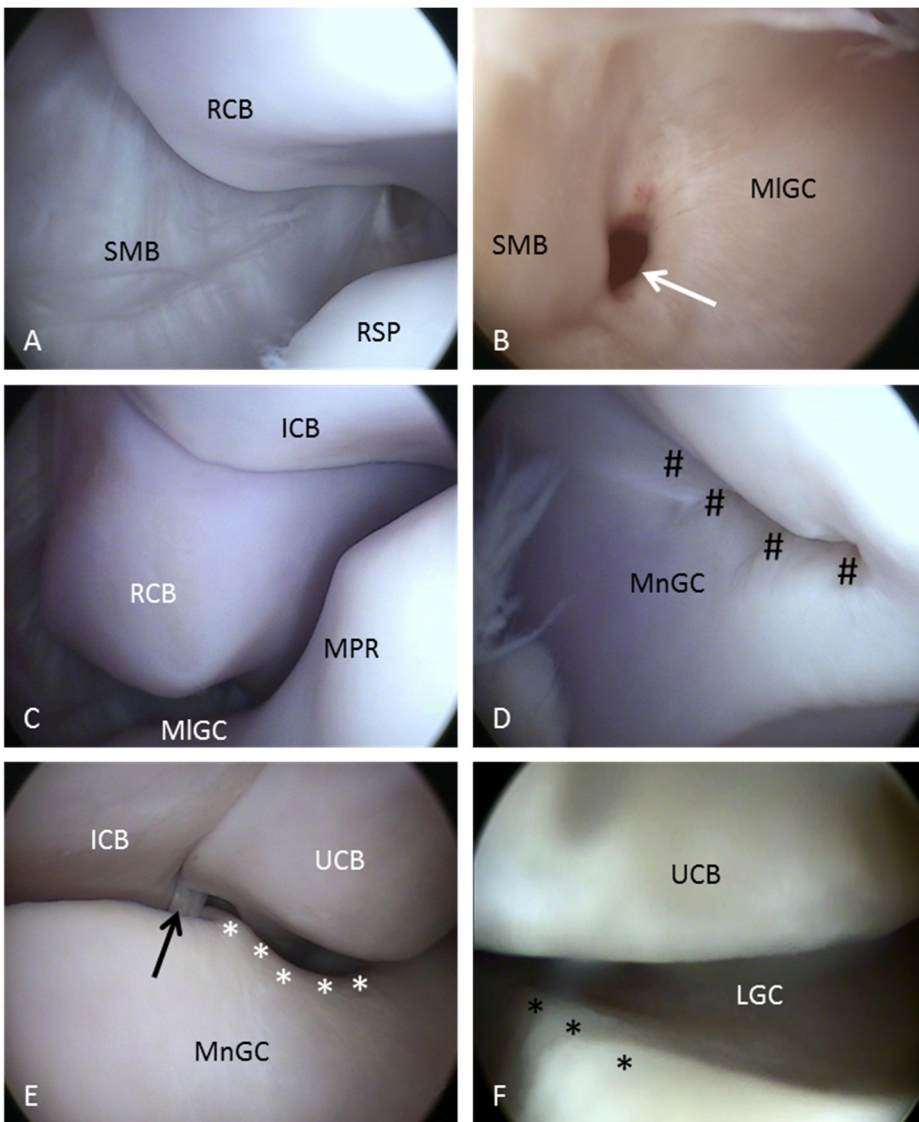


Figure 3- Dorsomedial approach of a right antebrachiocarpal joint. The scope scans the joint from its lateral (A) to medial (D) aspect. ICB = intermediate carpal bone, MIGC = medial glenoid cavity of the distal articular surface of the radius, MnGC = median glenoid cavity of the distal articular surface of the radius, RCB = radial carpal bone, RSP = radial styloid process, SMB = synovial membrane, UCB = ulnar carpal bone. The # symbol indicates one end of the cleft in the articular cartilage of the MnGC. The * symbols define the lateral parasagittal ridge of the distal articular surface of the radius, between the MnGC and the LGC. The + symbols define the medial parasagittal ridge of the distal articular surface of the radius, between the MnGC and the MIGC. Note the erosion of the articular cartilage on the medial part of the ICB (★).

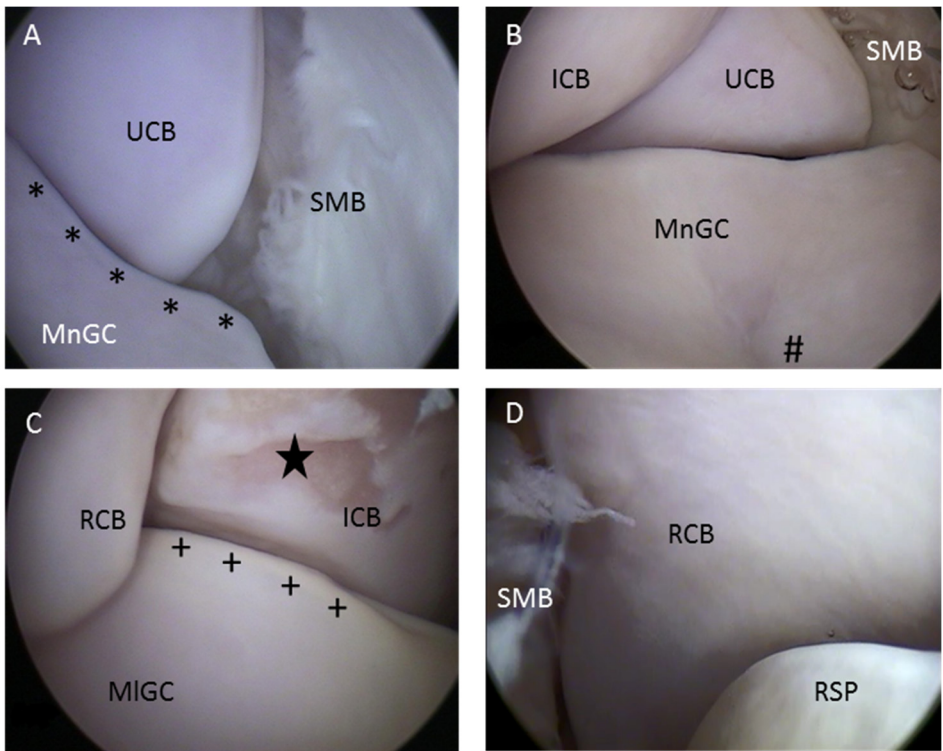


Figure 4- Dorsolateral approach of a right middle carpal joint. The scope scans the joint from its medial (A) to lateral (D) aspect. C2+3 = fused second and third carpal bones, C4 = fourth carpal bone, ICB = intermediate carpal bone, RCB = radial carpal bone, SMB = synovial membrane, UCB = ulnar carpal bone. The * symbols define the parasagittal ridge of the C2+3 in front of the lateral aspect of the RCB. The black arrow points to the palmar intercarpal ligament between the C2+3 and C4. Note the fibrillation of the articular cartilage on the parasagittal ridge of the C4 (★).

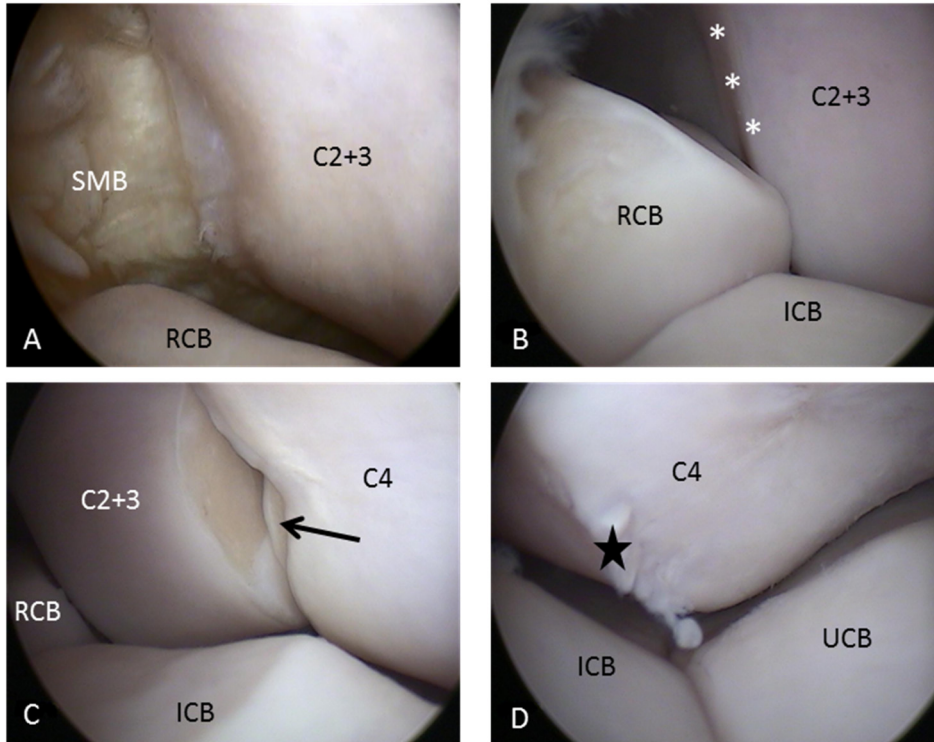
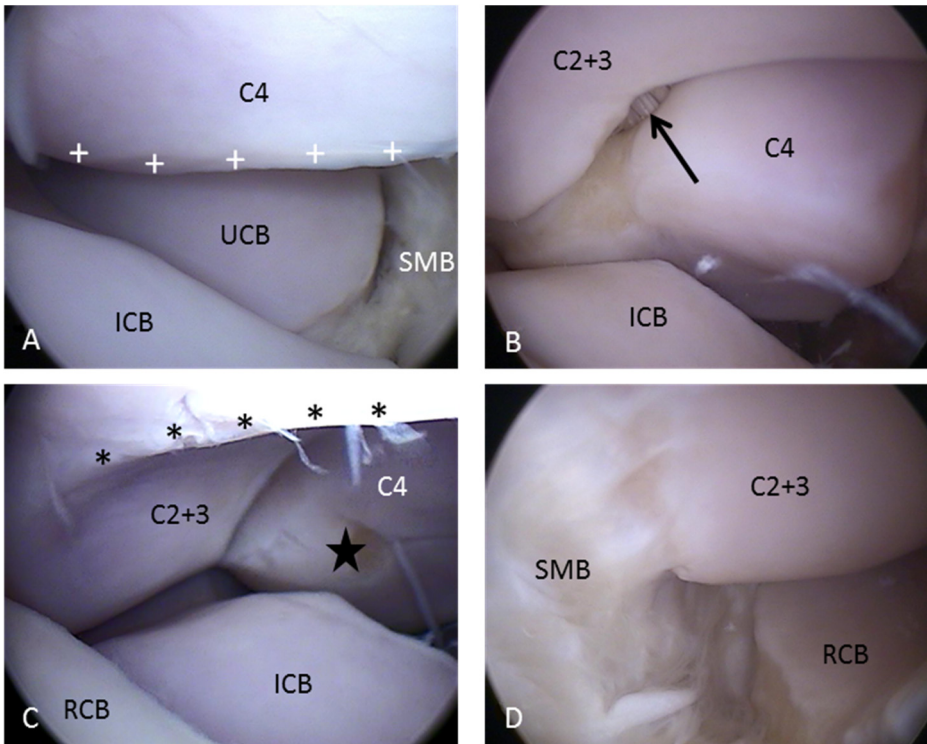


Figure 5- Dorsomedial approach of a right middle carpal joint. The scope scans the joint from its lateral (A) to medial (D) aspect. C2+3 = fused second and third carpal bones, C4 = fourth carpal bone, ICB = intermediate carpal bone, RCB = radial carpal bone, SMB = synovial membrane, UCB = ulnar carpal bone. The * symbols define the parasagittal ridge of the C2+3 in front of the junction between the ICB and RCB. The + symbols define the parasagittal ridge of the C4 in front of the junction between the ICB and UCB. The black arrow points to the palmar intercarpal ligament between the C2+3 and C4. Note the erosion of the articular cartilage on the medial part of the C4 (★).



References

1. Desrochers A, St-Jean G, Cash WC, Hoskinson JJ, DeBowes RM. Characterization of anatomic communications among the antebrachio-carpal, middle carpal, and carpometacarpal joints in cattle, using intra-articular latex, positive-contrast arthrography, and fluoroscopy. *Am J Vet Res.* 1997 Jan;58(1):7-10.
2. Desrochers A, Francoz D. Clinical management of septic arthritis in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2014 Mar;30(1):177-203.
3. Trostle SS, Nicoll RG, Forrest LJ, Markel MD. Clinical and radiographic findings, treatment, and outcome in cattle with osteochondrosis: 29 cases (1986-1996). *Am Vet Med Assoc.* 1997 Dec 15;211(12):1566-70.
4. Tryon KA, Farrow CS. Osteochondrosis in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 1999;15(2):265-74.
5. Nichols S, Lardé H. Noninfectious joint disease in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2014 Mar;30(1):205-23.
6. Van Pelt RW, Langham RF. Degenerative joint disease of the carpus and fetlock in cattle. *J Am Vet Med Assoc* 1970;157(7):953-61.
7. Taura Y, Sasaki N, Nishimura R, Ohashi F, Takeuchi A, Usui K. Ulceric lesions of articular cartilages distal to carpal and tarsal joints in Japanese black beef cattle. *Nihon Juigaku Zasshi.* 1984 Aug;46(4):571-6.
8. Taura Y, Sasaki N, Nishimura R, et al. Histopathological findings on ulcerative lesions of carpal and tarsal joints in Japanese black cattle. *J Vet Med Sci* 1996;58(2):135-9.
9. Busato A, Trachsel P, Blum JW. Frequency of traumatic cow injuries in relation to housing systems in Swiss organic dairy herds. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med.* 2000 May;47(4):221-9.
10. Van Huffel X, Steenhaut M, Imschoot J, Verschooten F, Gasthuys F, Desmet P, De Moor A. Carpal joint arthrodesis as a treatment for chronic septic carpalitis in calves and cattle. *Vet Surg.* 1989 Jul-Aug;18(4):304-11.
11. Riley CB, Farrow CS. Partial carpal arthrodesis in a calf with chronic infectious arthritis of the carpus and osteomyelitis of the carpal and metacarpal bones. *Can Vet J.* 1998 Jul;39(7):438-41.

12. Munroe GA, Cauvin ER. The use of arthroscopy in the treatment of septic arthritis in two Highland calves. *Br Vet J.* 1994 Sep-Oct;150(5):439-49.
13. Hirsbrunner G, Steiner A. Treatment of infectious arthritis of the radiocarpal joint of cattle with gentamicin-impregnated collagen sponges. *Vet Rec.* 1998 Apr 11;142(15):399-402.
14. Steiner A, Hirsbrunner G, Miserez R, Tschudi P. Arthroscopic Lavage and Implantation of Gentamicin-impregnated Collagen Sponges for Treatment of Chronic Septic Arthritis in Cattle. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 1999;12:64-9.
15. Munroe GA, Cauvin ER. The use of arthroscopy in the treatment of septic arthritis in two Highland calves. *Br Vet J.* 1994 Sep-Oct;150(5):439-49.
16. Hurtig MB. Recent developments in the use of arthroscopy in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1985 Mar;1(1):175-93.
17. Gaughan EM. Arthroscopy in food animal practice. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1996 Mar;12(1):233-47.
18. Lardé H, Nichols S. Arthroscopy in cattle: technique and normal anatomy. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2014 Mar;30(1):225-45.
19. Blaser M, Bertagnoli A, Räber M, Nuss K, Rasekh M, Steiner A. Arthroscopic approaches to the fetlock joint of adult cattle: a cadaver study. *Vet J.* 2012 Sep;193(3):701-6.
20. Nichols S, Anderson DE. Determination of the normal arthroscopic anatomy of the femoropatellar and cranial femorotibial joints of cattle. *Can Vet J.* 2014 Mar;55(3):232-9.
21. Martin GS, McIlwraith. Arthroscopic anatomy of the intercarpal and radiocarpal joints of the horse. *Equine Vet J.* 1985 Sep;17(5):373-6.
22. Hurtig MB, Fretz PB. Arthroscopic landmarks of the equine carpus. *J Am Vet Med Assoc.* 1986 Nov 15;189(10):1314-21.
23. Cheetham J, Nixon AJ. Arthroscopic approaches to the palmar aspect of the equine carpus. *Vet Surg.* 2006 Apr;35(3):227-31.
24. McIlwraith CW, Nixon AJ, Wright IM. Diagnostic and surgical arthroscopy in the horse. 4th edition. Mosby Ltd 2015. 454 pp. Diagnostic and surgical arthroscopy of the carpal joints, Chapter 4:45-110.
25. McIlwraith CW, Fessler JF. Arthroscopy in the diagnosis of equine joint disease. *J Am Vet Med Assoc.* 1978 Feb 1;172(3):263-8.

26. McIlwraith CW. Experiences in diagnostic and surgical arthroscopy in the horse. *Equine Vet J.* 1984 Jan;16(1):11-9.
27. McIlwraith CW, Yovich JV, Martin GS. Arthroscopic surgery for the treatment of osteochondral chip fractures in the equine carpus. *J Am Vet Med Assoc.* 1987 Sep 1;191(5):531-40.
28. Lucas JM, Ross MW, Richardson DW. Post operative performance of racing Standardbreds treated arthroscopically for carpal chip fractures: 176 cases (1986-1993). *Equine Vet J.* 1999 Jan;31(1):48-52.
29. Getman LM, Southwood LL, Richardson DW. Palmar carpal osteochondral fragments in racehorses: 31 cases (1994-2004). *J Am Vet Med Assoc.* 2006 May 15;228(10):1551-8.
30. Richardson DW. Technique for arthroscopic repair of third carpal bone slab fractures in horses. *J Am Vet Med Assoc.* 1986 Feb 1;188(3):288-91.
31. Wilke M, Nixon AJ, Malark J, Myhre G. Fractures of the palmar aspect of the carpal bones in horses: 10 cases (1984-2000). *J Am Vet Med Assoc.* 2001 Sep 15;219(6):801-4.
32. Shimozawa K, Ueno Y, Ushiya S, Kusunose R. Survey of arthroscopic surgery for carpal chip fractures in thoroughbred racehorses in Japan. *J Vet Med Sci.* 2001 Mar;63(3):329-31.
33. Kraus BM, Ross MW, Boston RC. Surgical and nonsurgical management of sagittal slab fractures of the third carpal bone in racehorses: 32 cases (1991-2001). *J Am Vet Med Assoc.* 2005 Mar 15;226(6):945-50.
34. Rutherford DJ, Bladon B, Rogers CW. Outcome of lag-screw treatment of incomplete fractures of the frontal plane of the radial facet of the third carpal bone in horses. *N Z Vet J.* 2007 Apr;55(2):94-9.
35. Wright IM, Smith MR. The use of small (2.7 mm) screws for arthroscopically guided repair of carpal chip fractures. *Equine Vet J.* 2011 May;43(3):270-9.
36. Whitton RC, Kannegieter NJ, Rose RJ. Postoperative performance of racing horses with tearing of the medial palmar intercarpal ligament. *Aust Vet J.* 1999 Nov;77(11):713-7.
37. Beinlich CP, Nixon AJ. Prevalence and response to surgical treatment of lateral palmar intercarpal ligament avulsion in horses: 37 cases (1990-2001). *J Am Vet Med Assoc.* 2005 Mar 1;226(5):760-6.
38. Barone R. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2 Arthrologie et myologie. Éditions Vigot. 4^e édition 2000.
39. Barone R. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1 Ostéologie. Éditions Vigot. 5^e édition 2010.

40. Barone R. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 7 Neurologie II. Éditions Vigot. 1^e édition 2010.
41. Barone R. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 5 Angiologie. Éditions Vigot. 2^e édition 2011.
42. Whitton RC, McCarthy PH, Rose RJ. The intercarpal ligaments of the equine midcarpal joint, Part 1: The anatomy of the palmar and dorsomedial intercarpal ligaments of the midcarpal joint. *Vet Surg.* 1997 Sep-Oct;26(5):359-66.
43. McIlwraith CW. Tearing of the medial palmar intercarpal ligament in the equine midcarpal joint. *Equine Vet J.* 1992 Sep;24(5):367-71.
44. Kannegieter NJ, Colgan SA. The incidence and severity of intercarpal ligament damage in the equine carpus. *Aust Vet J.* 1993 Mar;70(3):89-91.
45. Phillips TJ, Wright IM. Observations on the anatomy and pathology of the palmar intercarpal ligaments in the middle carpal joints of thoroughbred racehorses. *Equine Vet J.* 1994 Nov;26(6):486-91.
46. Whitton RC, Rose RJ. Postmortem lesions in the intercarpal ligaments of the equine midcarpal joint. *Aust Vet J.* 1997 Oct;75(10):746-50.
47. Whitton RC, Kannegieter NJ, Rose RJ. The intercarpal ligaments of the equine midcarpal joint, Part 3: Clinical observations in 32 racing horses with midcarpal joint disease. *Vet Surg.* 1997 Sep-Oct;26(5):374-81.
48. Beinlich CP, Nixon AJ. Radiographic and pathologic characterization of lateral palmar intercarpal ligament avulsion fractures in the horse. *Vet Radiol Ultrasound.* 2004 Nov-Dec;45(6):532-7.

5. ARTICLE 2

Article en préparation pour soumission au journal *Veterinary Surgery*

RUNNING HEAD: Arthroscopy of bovine tarsocrural joint.

TITLE: Arthroscopic approach and intra-articular anatomy of the dorsal and plantar compartments of the bovine tarsocrural joint.

AUTHORS:

Hélène Lardé, DMV, DES

Sylvain Nichols, DMV, MS, DACVS

André Desrochers, DMV, MS, DACVS, Dip. ECBHM

Marie Babkine, DMV, DES, MSc, Dip. ECBHM

Faculty of Veterinary Medicine, Department of Clinical Sciences, Université de Montréal, St-Hyacinthe, Québec, Canada

CORRESPONDING AUTHOR:

Hélène Lardé, DMV, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Clinical Sciences, Université de Montréal, CP 5000, St-Hyacinthe, Canada QC J2S 7C6

Abstract

Description of the arthroscopic technique to evaluate the bovine tarsocrural joint is lacking. Our objectives were to determine arthroscopic approaches to the dorsal and plantar compartments of the tarsocrural joint in adult cattle, and to describe the normal intra-articular anatomy. We hypothesized that the technique was feasible in adult cattle and that the articular structures could be evaluated from both dorsal and plantar approaches. The study was conducted on fresh cadavers. Twelve hocks were used to assess the dorsolateral, dorsomedial, plantarolateral and plantaromedial approaches of the tarsocrural joint. The locations of the portals were recorded. The locations of the portals were recorded. Videos and still images of intra-articular structures were taken. The dorsolateral approach, through the large pouch located between the long digital extensor and the peroneus longus tendons, allowed for the best evaluation of the dorsal tarsocrural joint. From this approach, the distal tibia, the proximal trochlea of the talus and the fibulocalcaneal joint could be seen. The plantarolateral approach, through the large pouch located between the caudolateral aspect of the distal tibia and the common synovial sheath of the lateral digital flexor and caudal tibial tendons, allowed for the best evaluation of the plantar tarsocrural joint. From this approach, the caudal aspect of distal tibia, calcaneus, and talus, and the insertion of the plantar talofibular and talotibial ligaments could be seen. In conclusion, this study described the unique anatomy of the bovine tarsocrural joint. In cattle, this joint is better evaluated through a lateral approach.

Acronyms

CdT: caudal tibial

CE3+4: common extensor of digits III and IV

CLC: calcaneus

CPC: coracoid process of the calcaneus

CrT: cranial tibial

CTFL: cranial tibiofibular ligament

DIRT: distal intermediate ridge of the tibia
LatDE: lateral digital extensor
LatDF: lateral digital flexor
LgDE: long digital extensor
LM: lateral malleolus
LR: lateral ridge of the proximal trochlea of the talus
LR': lateral ridge of the plantar trochlea of the talus
LTCL: lateral talocalcaneal ligament
MedDE: medial digital extensor
MedDF: medial digital flexor
MM: medial malleolus
MR: medial ridge of the proximal trochlea of the talus
MR': medial ridge of the plantar trochlea of the talus
MT3+4: fused third and fourth metatarsal bones
PL: *peroneus longus*
PT: *peroneus tertius*
PTFL: plantar talofibular ligament
PTTL: plantar talotibial ligament
SLCL: short lateral collateral ligament
SMB: synovial membrane
SMCL: short medial collateral ligament
STT: *sustentaculum tali*
T2+3: fused second and third tarsal bones
TC+4: centroquartale bone
TG: trochlear groove of the proximal trochlea of the talus
TG': trochlear groove of the plantar trochlea of the talus

Introduction

In the last decades, medical imaging techniques have improved exponentially. Arthroscopy is now widely used in human medicine to treat most of the joint pathologies (ligament reconstruction, debridement of cartilaginous and meniscal lesions, removal of foreign bodies, re-tensioning of the capsule, treatment of articular fractures...). In equine, arthroscopy is routinely used to treat osteochondrosis and other degenerative disease of the articulation. Bovine individual medicine is facing new challenges, especially for high-value animals. Arthroscopy is emerging as a new diagnostic and therapeutic modality that must be considered in certain cases of joint disease in cattle. Descriptions of the general technique (1-3) have been made. Only a few cases, where arthroscopy was successfully used (4-6) have been reported. Finally, in recent years, the normal arthroscopic anatomy and the specific technique to evaluate the metacarpo/metatarsophalangeal (fetlock) and the cranial compartment of the femoropatellar and femorotibial joints have been described (7,8). To our knowledge, there is currently no such description regarding the tarsocrural joint in cattle.

Actually, the technique used to scope the tarsocrural joint in horses is transposed to cattle (9,10). However, numerous peri-articular and intra-articular anatomical differences are present between the two species (11-16). For example, the bovine talus has two dorsal trochleae: the proximal trochlea which articulates with the distal tibia as in horses, and the distal trochlea which articulates with the centroquartale bone. The calcaneus, in cattle, articulates with the lateral malleolus (tibiocalcaneal joint) and with the lateral aspect of the lateral ridge of the proximal trochlea of the talus. In horses, this part of the calcaneus has no articular facets. The lateral malleolus of cattle is more developed than in horses. It is the vestigial fibula that has fused by synarthrosis to the distal tibia. Regarding the periarticular soft tissues, cattle have more tendons (peroneus longus and split long digital extensor tendon) crossing the tarsocrural joint than horses. The vascularization is also different. Cattle have no cranial branch of the medial saphenous vein but they have a cranial and a caudal branch of the lateral saphenous that crosses over the lateral compartments of the tarsocrural joint. Our hypotheses are that arthroscopic evaluation of the dorsal and plantar compartments of the tarsocrural joint can be successfully performed in adult cattle free of joint disease, and that the articular anatomy of these joints can be accurately described under arthroscopy and shows species specificity. Our objectives are

to describe the dorsal and plantar arthroscopic approaches and normal anatomy of the tarsocrural joint in adult cattle.

Materials and methods

Anatomical preliminary cadaver study

Both tarsocrural joints of a 4 year old Holstein cow, euthanized for reasons not related to an orthopedic condition, were injected with a mixture of 3 parts red latex (Ward's Science, Rochester, New York, USA), 1 part water, and 1 part acidified 10% formalin. A 14-gauge, 1.5-inch (3.8-cm) long needle was placed in the dorsomedial compartment of the joint and the synovial fluid was allowed to drain passively. A syringe was then connected to the needle to inject 100 mL of the latex mixture. Both joints were injected by the same person. The joints were flexed and extended through a normal range of motion several times after the injection, permitting distribution of the latex mixture into the entire tarsocrural and proximal intertarsal joints. The limbs were frozen for one week, and then placed in cold water at 15°C for 24 hours before dissection. The skin and subcutaneous tissues were removed to reveal periarticular structures. Articular compartment were identified and described according to their relationship with tendons, nerves, blood vessels and ligaments. Potential sites for arthroscopic portals were recorded.

Arthroscopic cadaver study (technique and anatomy)

Both tarsocrural joints of six adult cows, 5 Holstein (27, 40, 45, 63 and 65 months old) and one Jersey (27 months old), euthanized for reasons not related to an orthopedic condition were evaluated. Arthroscopy was performed on fresh cadavers with the cow placed in dorsal recumbency. The legs were supported by a hoist only for the plantar approach. The skin around the hock was clipped and cleaned.

A standard 4-mm outer diameter, 175-mm working length arthroscope with a 25° viewing angle (Panoview-endoscope, Richard Wolf, Vernon Hills, Illinois) was used. A video camera and a cold light cable were connected to the arthroscope and a digital recorder (MediCap USB200, Mediacapture, Plymouth Meeting, Pennsylvania) was used to capture images and videos of each joint. A continuous wave infusion pump was used to distend the joint and maintain pressure (150 mmHg) within the joint during the surgical procedure (tap water was used). Images and videos were reviewed after each arthroscopy.

Only the dorsal approach was performed on the first cow to allow careful evaluation and simultaneous dissection of the joint to fully understand the structures viewed during the procedure. Similarly, only the plantar approach was performed on the second cow. For the remaining cows both approaches were used. For each approach (dorsal or plantar), the location of the first portal to be created (lateral or medial) was determined randomly. The location of the first portal, on the contralateral joint, was the opposite of the one created on the already scoped joint.

Prior to skin incision, the joint was distended with fluids using an 18-gauge, 1.5-inch (3.8-cm) long needle connected to a 60-cc syringe, through the dorsomedial pouch with the tarsus in extension (135°). The amount of fluid injected was recorded. Then, a 10-mm skin incision was made in the selected compartment with a No. 21 scalpel blade. The underlying neurovascular structures were identified if observed. A stab incision was made with a No. 11 scalpel blade through the joint capsule and synovial membrane. The arthroscopic sleeve and blunt obturator were then inserted into the joint using a twisting motion. After flow of synovial fluid through the open stopcock of the arthroscopic sleeve was seen, the obturator was replaced by the arthroscope. The proper placement of the scope within the joint was confirmed by viewing articular cartilage. The joint was re-distended and the evaluation begun. The joint was flexed (90°) or kept in extension depending of the compartment evaluated. The structures viewed were recorded and the ease to move the scope around was noted.

After identifying the structures, an 18 gauge, 1.5-inch long needle was placed in the opposite compartment under arthroscopic guidance. The needle helped to determine the ideal location of the instrument portal. As for the first portal, the skin incision was created with a No. 21 scalpel blade and the joint capsule and synovial membrane were incised under arthroscopic guidance with a No. 11

scalpel blade. An arthroscopic probe was used to reach the structures visible through the scope. Thereafter, the scope and the instrument were inverted and the evaluation was repeated.

Complications associated with the procedure (subcutaneous fluid extravasation and cartilage trauma) and feasibility to evaluate both dorsal and plantar compartments one after another were recorded.

Results

Anatomical preliminary cadaver study

The dorsolateral synovial outpouching (Figure 1) is located between the long digital extensor (LgDE) tendon (dorsal aspect of the tarsus) and the *peroneus longus* (PL) tendon (lateral aspect of the tarsus), distally to the lateral malleolus and at the level of the lateral ridge of the proximal trochlea of the talus. The LgDE tendon shares a common synovial sheath with the *peroneus tertius* (PT) and cranial tibial (CrT) tendons. The PL tendon has its own synovial sheath but it is kept in close contact with the lateral digital extensor (LatDE) tendon through a retinaculum. The superficial peroneal nerve and cranial branch of the lateral saphenous vein are important neurovascular structures that are found laterally to the LgDE tendon.

The dorsomedial synovial outpouching (Figure 1) is located medially to the common synovial sheath of the CrT, PT and LgDE tendons, distally to the medial malleolus of the tibia and at the level of the medial ridge of the proximal trochlea of the talus. No important neurovascular structure is present surrounding the dorsomedial synovial outpouching.

The plantarolateral synovial outpouching (Figure 2) is located between the caudolateral aspect of the distal tibia and the common tendon of the caudal tibial (CdT) and lateral digital flexor (LatDF) muscles (part of the more distal deep digital flexor tendon). The caudal branch of the lateral saphenous vein is found at the plantar aspect of the LatDF tendon.

The plantaromedial synovial outpouching (Figure 2) is located at the caudomedial aspect of the distal tibia, between the medial digital flexor (MedDF) tendon and the common tendon of the CdT and LatDF muscles (these two tendons merge distally to the tarsus to become the deep digital flexor tendon). An important neurovascular bundle is present between the MedDF and LatDF tendons, composed primarily of the caudal branch of the saphenous artery, medial saphenous vein and tibial nerve.

The lateral compartments are bigger than its medial counterpart. In the plantaromedial compartment, the presence of the tarsal sheath makes this compartment even smaller than it appears.

Arthroscopic cadaver study (technique and anatomy)

For the dorsal approaches, the joint was distended with a mean volume of 77.5 mL of fluid. For the plantar approaches, the joint was distended with a mean volume of 80 mL of fluid.

-Dorsolateral approach (Figure 3)

The portal was created in the center of the large outpouching between the LgDE tendon (dorsal aspect of the tarsus) and the PL tendon (lateral aspect of the tarsus) making sure to avoid the cranial branch of the lateral saphenous. The joint was first placed in extension and then partially flexed to ease the access of the scope to the medial compartment. Medially, the first structures viewed were the medial malleolus (MM), and the medial ridge of the proximal trochlea of the talus (MR). The arthroscope was then rotated, looking distally and the distal part of the MR came into view. Coming back proximally, the rim of the tibia could be followed to the distal intermediate ridge of the tibia (DIRT). The DIRT was sliding in the trochlear groove of the proximal trochlea of the talus (TG). The DIRTs of all evaluated tarsus were irregular and rough and a synovial fossa was always present at the distal aspect of the TG. The lateral ridge of the proximal trochlea of the talus (LR) was observed laterally to the TG, larger and more prominent than the MR. The lateral malleolus (LM) was partially hidden under a large ligament composed of two adjacent ligaments: the cranial tibiofibular ligament (CTFL) and the short lateral collateral ligament (SLCL). The LM had the shape of a small smooth triangle that molded against the lateral side of the LR. Following the LR on its abaxial surface, the

articulation between the LM and the calcaneus (fibulocalcaneal joint) was found. A ligament extended from the LR and the calcaneus, in the most distal aspect of the joint: the lateral talocalcaneal ligament (LTCL).

-Dorsomedial approach (Figure 4)

The portal was created in the center of the outpouching created just medially to the common synovial sheath of the CrT, PT and LgDE tendons. The joint was first placed in extension and then partially flexed to ease the access of the scope to the lateral compartment. Laterally, the first structure viewed was the LR. The LM was difficult to see from that approach since it was mostly covered by the CTFL proximally and by the SLCL distally. The abaxial part of the LR was difficult to reach and the fibulocalcaneal joint could not be assessed. The TG and the MR were then seen. The DIRT and the MM could also be viewed. However, because of the relatively small size of the medial compartment, it was difficult to look proximally at the MM like it was done in the lateral compartment. Manipulation of the scope was more difficult from this approach.

-Plantarolateral approach (Figure 5)

The portal was created in the center of the large outpouching created between the caudolateral aspect of the distal tibia and the common synovial sheath of the LatDF and CdT tendons, making sure to avoid the caudal branch of the lateral saphenous. With the tarsus in flexion (90°) and with the scope oriented proximally (towards the tibia) and medially, the first structure evaluated was the MR. By withdrawing slightly the arthroscope, the TG was observed, with the plantar part of the DIRT sliding on it. The DIRT had an irregular contour at this level. Just the very axial part of the LR could be observed because most of the LR was hidden under a ligament called the plantar talofibular ligament (PTFL). By orientating the scope distally (towards the calcaneus) and medially, the first structure seen was the plantar talotibial ligament (PTTL) covering the MR similarly to the PTFL covering the LR. The space between those 2 ligaments gave access to the plantar aspect of the tarsocrural joint. The PTFL and the PTTL were attached at the junction between the plantar and proximal trochleae of the talus. This junction appeared as a transverse irregular depression on the talus. Distally to the PTTL, the large medial synovial compartment was observed. By putting the tarsus in extension (135°), the coracoid process of the calcaneus (CPC) could be seen sliding on the trochlear groove of the plantar trochlea of the talus (TG'). The CPC had a triangular shape and is smoother than the DIRT. Following the

calcaneus on the lateral side of the joint, the articulation between the lateral projection of the calcaneus (condyle) and the LM could be seen (fibulocalcaneal joint). The insertion of the PTFL on the LM was observed between the LM and the LR. By rotating the arthroscope and directing it laterally to the calcaneus, the lateral synovial membrane and the insertion of the SLCL on the calcaneus could be observed. This ligament ran along the lateral and dorsal aspect of the joint.

-Plantaromedial (Figure 6)

The portal was created in the center of the outpouching created between the MedDF tendon and the common synovial sheath of the LatDF and CdT tendons, at the caudomedial aspect of the distal tibia. With the tarsus in flexion (90°), the scope could be slid proximally (towards the tibia) and laterally, under the PTFL, to view the LR and the DIRT. The MR could not be seen because it is hidden by the PTFL. The TG is observed in front of the DIRT. By orientating the scope distally (towards the calcaneus) and laterally, the CPC, part of the lateral condyle of the calcaneus and the plantar trochlea of the talus could be seen. The fibulocalcaneal joint could not be reached. Moving the scope in the plantaromedial compartment was more difficult than in the plantarolateral compartment because of the LatDF tendon passing within the plantaromedial compartment. When the medial abaxial aspect of the talus could be reached, the short medial collateral ligament (SMCL) was observed as a medial extension of the medial edge of the calcaneus. At the intersection between the medial edge of the calcaneus, insertion of the SMCL and abaxial aspect of the talus, the communication with the proximal intertarsal joint was seen. However, introducing this joint was not possible. None of the malleolus could be seen from this approach.

Articular structures that were seen and reached with the arthroscopic probe are summarized in Table 1.

No iatrogenic damage to the articular cartilage was noted during arthroscopic evaluation. Fluid extravasation was a common problem especially when the dorsal and plantar compartments were evaluated. None the less, complete evaluation of the tarsocrural joint was performed in 8 tarsi. Subjectively, it seemed that more fluid extravasation occurred during dorsal evaluation. Therefore, complete evaluation of the tarsocrural joint was best realized by starting with the plantar compartments.

Discussion

The tarsocrural joint was effectively explored by both dorsal and plantar approaches. The dorsolateral and plantarolateral portals allowed a better arthroscopic exploration. The technique showed particularities specific to the bovine species.

The dorsal compartment was better evaluated through the lateral approach. This compartment was larger and allowed easier movement of the scope. The medial and the lateral structures were identified without difficulty. No communication was identified between the tarsocrural joint and the proximal intertarsal joint dorsally. The distal trochlear groove had a synovial fossa and the DIRT always appeared rough and irregular. The main difference with the horse was the lateral projection of the calcaneus. It possessed two articular facets, one for the abaxial surface of the lateral trochlear ridge and the other one for the lateral malleolus (fibulocalcaneal joint). This projection could be followed proximally and distally only through the lateral approach. The lateral malleolus is difficult to see because it is hidden proximally by the cranial tibiofibular ligament and distally by the short lateral collateral ligament. The cranial tibiofibular ligament is located between the craniolateral and distal aspect of the tibia and the cranial and proximal aspect of the lateral malleolus. The short lateral collateral ligament is located between the cranial and distal aspect of the lateral malleolus (portion seen from the dorsolateral approach) and the lateral aspect of the calcaneus (portion seen from the plantarolateral approach). The junction between those two ligaments is not apparent, so that the lateral malleolus seems to be covered by a single ligament. In horses, the lateral malleolus is partially hidden under the short lateral collateral ligament. The cranial tibiofibular ligament is not present in horses. Another ligament was identified during examination of the joint through the dorsolateral approach: the lateral talocalcaneal ligament was present between the distal and abaxial aspect of the lateral trochlear ridge and the distal aspect of the lateral condyle of the calcaneus. This ligament was identified during evaluation of the fibulocalcaneal joint, between the lateral trochlear ridge and the calcaneus.

In horses, the dorsal compartments are usually evaluated through a medial approach, allowing evaluation of most of the articular structures. The lateral approach is only used for evaluation of the

lateral malleolus (especially for fractures of the lateral malleolus, 17). From the medial approach in horses, the cranial branch of the medial saphenous vein must be identified prior entering the joint. In cattle, this branch is not present. However, cattle have a cranial branch of the lateral saphenous vein that travels above the lateral compartment and needs to be identified prior to incision of the joint capsule. This vein is not present in horses.

In comparison to horses, the bovine skin is thicker and less flexible allowing fewer imprecisions for the skin portal.

The plantar compartment, as for the horse, was better evaluated through a lateral approach. This compartment was bigger and allowed moving the scope easily from medial to lateral and from proximal to distal. The tibiotarsal, talocalcaneal and fibulocalcaneal joints were observed. The coracoid process of the calcaneus was readily identified as an irregular triangular prominence sliding on the shallow plantar trochlea of the talus during flexion and extension of the joint. From there, the calcaneus could be followed to its lateral projection where it articulates with the lateral malleolus (fibulocalcaneal joint). Laterally to the fibulocalcaneal joint, the short lateral collateral ligament could be identified. The medial malleolus could not be seen from either plantar approach. As in the horse, it is covered by the medial digital flexor tendon. The main anatomical feature of the plantar compartment in cattle is the presence of the plantar talotibial and talofibular ligaments that divide the compartment in a proximal (tibiotarsal joint) and a distal (talocalcaneal and fibulocalcaneal joints) cul-de-sacs. Those ligaments do not exist in horses. They complicate significantly the evaluation of the tarsocrural joint. They have a broad attachment on the talus, at the junction between the plantar and proximal trochleae, and on each side of the tibia. The PTFL inserts from the junction between the lateral ridges of both trochleae to the medial and caudal aspect of the lateral malleolus. The PTTL inserts from the junction between the medial ridges of both trochleae to the caudal aspect of the medial malleolus. A slit is present between the two ligaments that allowed, from a lateral approach to view only the DIRT and the medial aspect of the distal tibia, and from a medial approach, to see the DIRT and the lateral aspect of the distal tibia. A communication with the proximal intertarsal joint could be identified only from the plantaromedial arthroscopic approach, at the medial and abaxial aspect of the talus. This site of communication was already described in an anatomical study on cadavers using intra-articular latex and positive arthrography (18). The short medial collateral ligament could be observed as a medial extension of the edge of the calcaneus, extending along the

abaxial surface of the talus. The short medial collateral ligament is located between the cranial aspect of the medial malleolus and the medial edge of the sustentaculum tali. This part of the exploration was difficult because of the medial digital flexor tendon and it was not possible to enter with the scope into the proximal intertarsal joint. The centroquartale bone could not be observed.

The medial plantar compartment appeared large. However, a lot of space is taken up by the tendon of the lateral digital flexor muscle that runs from caudolateral on the tibia to the sustentaculum tali in the tarsal canal. This tendon reduced significantly the range of motion of the arthroscope and made viewing the lateral side of the joint almost impossible.

As for the lateral dorsal approach, the caudal branch of the lateral saphenous vein crossed over the lateral plantar compartment. This structure has to be identified prior to incision of the joint capsule. On the medial plantar compartment, the medial saphenous vein coursed in a more secured location over the axial portion of the medial outpouching. In horses, the caudal tibial vein runs between the lateral and medial digital flexor tendons at the plantaromedial aspect of the joint. However, no major neurovascular structure is mentioned in the description of the plantar approaches of the tarsocrural joint in horses (9,10).

The main complication encountered during this ex-vivo study was fluid extravasation from prolonged arthroscopic evaluation. The more familiar we were with the technique and the structures evaluated, the less fluid extravasation we had. If all the compartments had to be evaluated, the evaluation should begin with the plantar compartment. Subjectively, it appeared to cause less leakage of fluid in the periarticular soft tissue.

No iatrogenic cartilaginous damage was created in this study. The blunt obturator was used after the thick joint capsule was fully incised with the scalpel blade. Failing to fully incise the capsule made penetrating the articulation impossible. Adequate joint distension is also mandatory to avoid traumatizing the cartilage with the blade or the obturator. Furthermore, no tendon sheath was inadvertently entered.

After the skin incision, the lateral saphenous was looked for but could not be found in any of our cases. However, since the surgery was performed on cadavers, it is not impossible that this vein could have been damaged. Not all the joints were dissected down after the procedure. We believe that in live animals, this vein will be easier to identify.

Another potential complication could be iatrogenic damage to the peroneal and tibial nerve. However, those nerves are not located over the outpouching and such lesions would be improbable.

Indications for tarsocrural joint arthroscopy in cattle are mainly septic arthritis and osteochondrosis (19,20). Other possible indications include osteoarthritis and joint trauma. It could be used as a diagnostic, therapeutic and prognostic tool. It has been proven as a better diagnostic tool than radiography and ultrasonography to detect articular pathologies (21). In regard to therapeutic arthroscopy in horses, it has been shown to reduce hospitalization time, decrease morbidity and improve recovery compared to arthrotomy (22). In cases of septic arthritis, arthroscopy allows a thorough debridement of the articulation and a large volume articular lavage. Cattle rapidly produce fibrin clots. Performing complete debridement under arthroscopic guidance is tedious and practically almost impossible. However, the use of the arthroscope would be beneficial to make sure no clots are left behind, to flush deep in the joint and to assess the articular cartilage.

The tarsocrural joint is a frequent site of osteochondrosis (23) in cattle. The main presentation of this disease is osteochondrosis dissecans of the DIRT and lateral or medial trochlear ridge of the talus. Subchondral cyst-like lesions are also reported, on the medial malleolus. In horses, arthroscopic debridement of osteochondrosis lesion is the state of the art. In cattle, even if our lesions are generally more extensive, they should be approached similarly. The technique described in this study would help determine the best approach according to the structures to be debrided.

In conclusion, arthroscopic evaluation of the dorsal and plantar compartment in cattle is technically possible. The ideal dorsal approach is different than what has been described in horses. Some important arthroscopic anatomic differences have been found especially regarding the calcaneus, the lateral malleolus and the intrasynovial plantar ligaments. The technique needs to be evaluated in clinical cases to make sure that the compartments could be entered safely without traumatizing the periarticular blood vessels and to evaluate the possibility to perform arthroscopic manipulation on a traumatized or diseased joint.

Table and figures

Table 1- Structures viewed through each arthroscopic portal and reached with an instrument inserted through the opposite portal.

	Viewed articular structures	Articular structures reached with an instrument inserted through the opposite portal
Dorsolateral arthroscopic portal	<ul style="list-style-type: none"> - MM - LR, MR and TG - distal tibia, DIRT - medial aspect of the LM - CTFL and SLCL - fibulocalcaneal joint - LTCL 	<ul style="list-style-type: none"> - MM - MR and TG - axial surface of the LR - distal tibia, DIRT - CTFL
Dorsomedial arthroscopic portal	<ul style="list-style-type: none"> - CTFL (the LM can be viewed partially under this ligament) - axial surface of the LR - MR and TG - distal tibia, DIRT - MM 	<ul style="list-style-type: none"> - axial surface of the MR - LR and TG - distal tibia, DIRT - MM
Plantarolateral arthroscopic portal	<ul style="list-style-type: none"> - MR and TG - DIRT - CPC - plantar trochlea of the talus (LR', TG', MR') - LM - fibulocalcaneal joint - SLCL, PTFL, PTTL 	<ul style="list-style-type: none"> - CPC - plantar trochlea of the talus (LR', TG', MR') - DIRT - TG
Plantaromedial arthroscopic portal	<ul style="list-style-type: none"> - plantar trochlea of the talus (LR', TG', MR') - CPC and part of the lateral projection of the calcaneus - DIRT - LR and TG - PTFL, PTTL, SMCL - communication with the proximal intertarsal joint 	<ul style="list-style-type: none"> - CPC - plantar trochlea of the talus (LR', TG', MR') - DIRT

Figure 1- Dorsolateral (1) and dorsomedial (2) approaches of a right tarsocrural joint drawn in extension. CE3+4 = common extensor of digits III and IV, CLC = calcaneus, CrT = cranial tibial, DIRT = distal intermediate ridge of the tibia, LatDE = lateral digital extensor, LgDE = long digital extensor, LM = lateral malleolus, LR = lateral ridge of the proximal trochlea of the talus, MedDE = medial digital extensor, MM = medial malleolus, MR = medial ridge of the proximal trochlea of the talus, MT3+4 = fused third and fourth metatarsal bones, PL = peroneus longus, PT = peroneus tertius, T2+3 = fused second and third tarsal bones, TC+4 =centroquartale bone, TG = trochlear groove of the proximal trochlea of the talus.

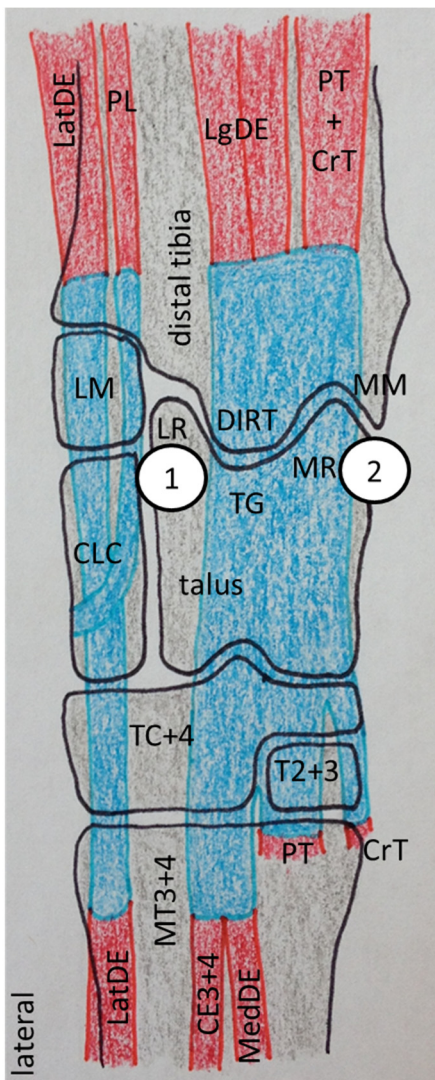


Figure 2- Plantarolateral (1) and plantaromedial (2) approaches of a right tarsocrural joint drawn in flexion. CdT = caudal tibial, CLC = calcaneus, CPC = coracoid process of the calcaneus, DIRT = distal intermediate ridge of the tibia, LatDF = lateral digital flexor, LM = lateral malleolus, LR / LR' = lateral ridge of the proximal / plantar trochlea of the talus, MedDF = medial digital flexor, MM = medial malleolus, MR / MR' = medial ridge of the proximal / plantar trochlea of the talus, STT = *sustentaculum tali*, TG / TG' = trochlear groove of the proximal / plantar trochlea of the talus.

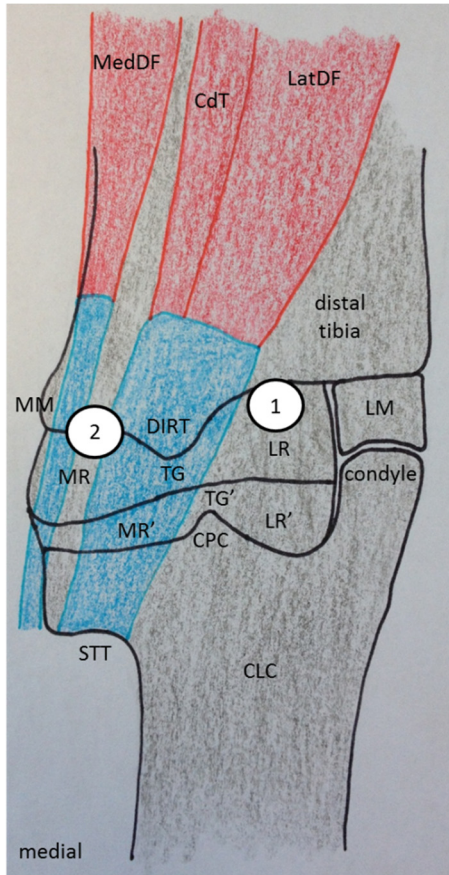


Figure 3- Dorsolateral approach of a right tarsocrural joint. The scope scans the joint from its medial (A) to lateral (F) aspect. CLC = calcaneus, CTFL = cranial tibiofibular ligament, DIRT = distal intermediate ridge of the tibia, LM = lateral malleolus, LR = lateral ridge of the proximal trochlea of the talus, LTCL = lateral talocalcaneal ligament, MM = medial malleolus, MR = medial ridge of the proximal trochlea of the talus, SF = synovial fossa (distal aspect of the TG), SLCL = short lateral collateral ligament, SMB = synovial membrane, TG = trochlear groove of the proximal trochlea of the talus. The * symbol identifies the LM, hidden under the SLCL. The # symbol identifies the plantar aspect of the LR.

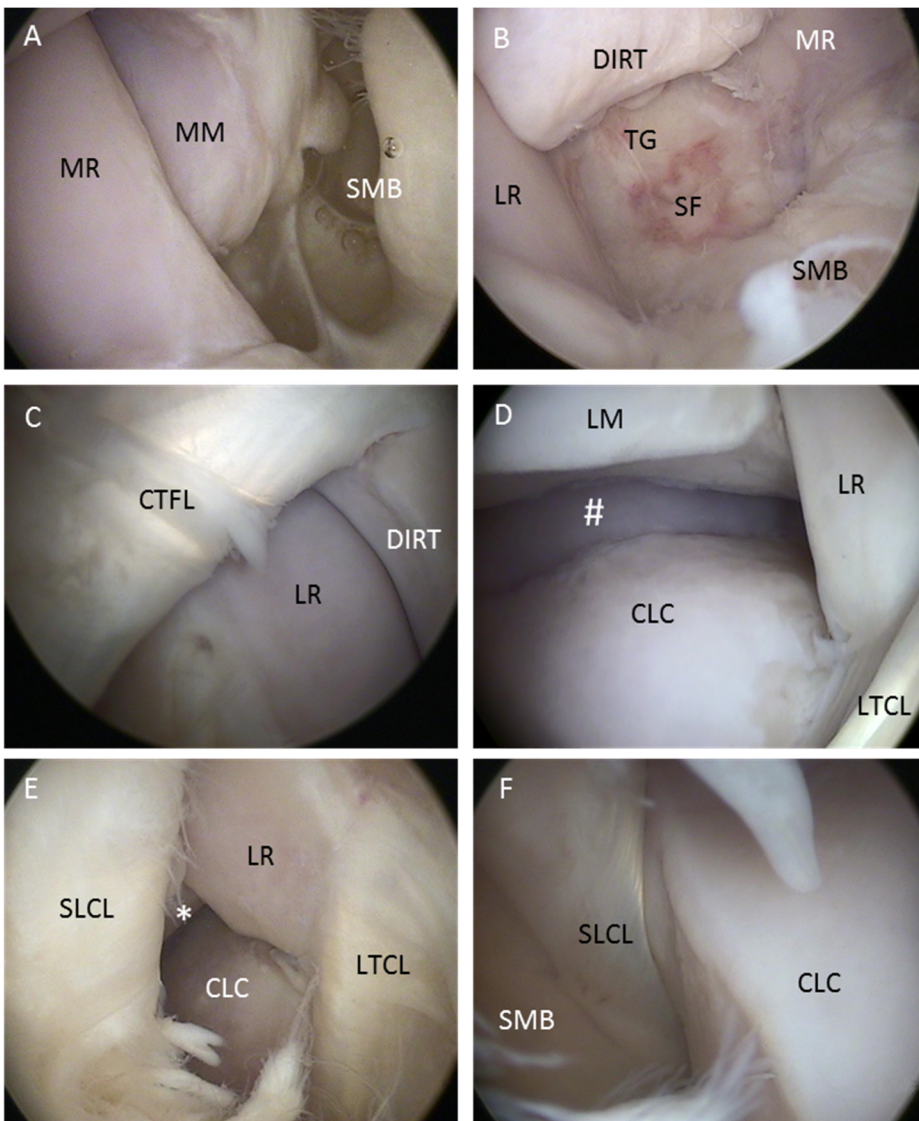


Figure 4- Dorsomedial approach of a right tarsocrural joint. The scope scans the joint from its lateral (A) to medial (F) aspect. CTFL = cranial tibiofibular ligament, DIRT = distal intermediate ridge of the tibia, LM = lateral malleolus, MR = medial ridge of the proximal trochlea of the talus, MM = medial malleolus, MR = medial ridge of the proximal trochlea of the tibia, SLCL = short lateral collateral ligament. The white arrow points to the LM, hidden under the CTFL.

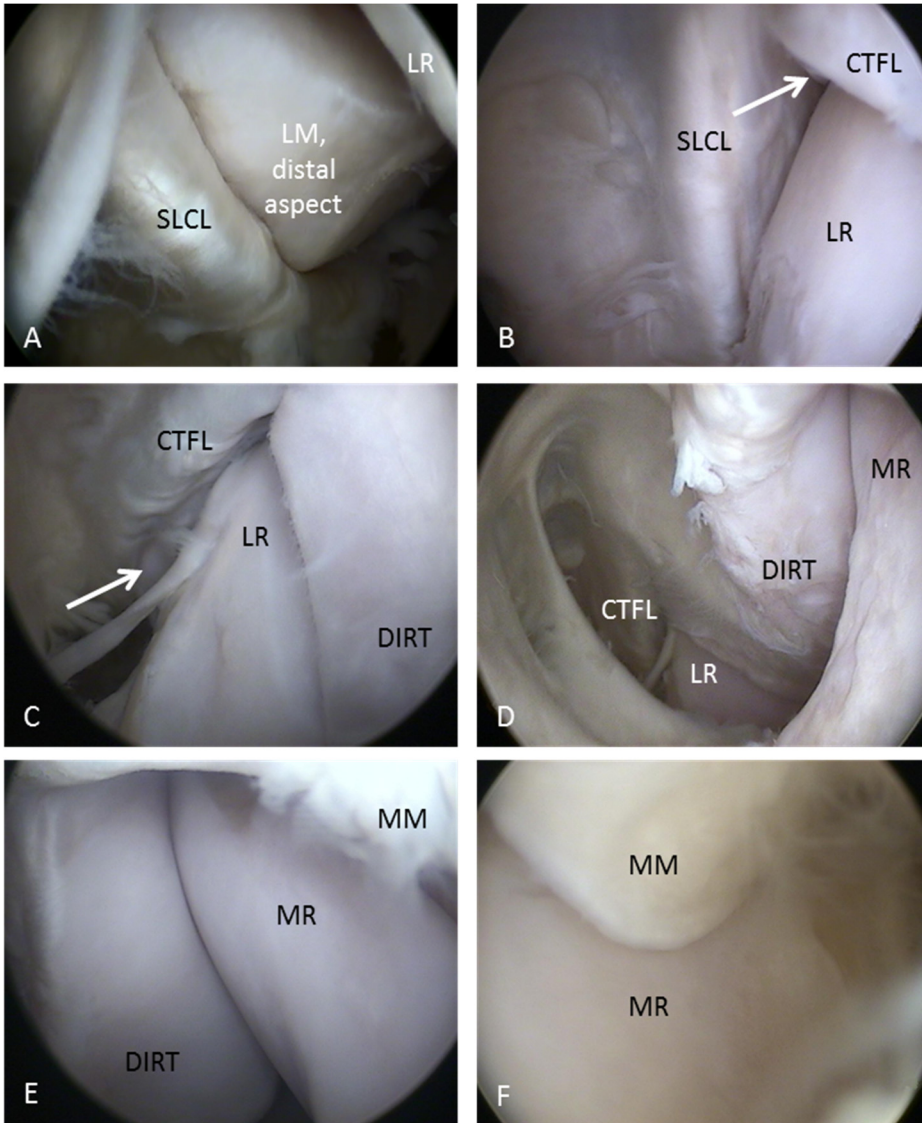


Figure 5- Plantarolateral approach of a right tarsocrural joint. The scope scans the joint from its medial (A) to lateral (F) aspect. CLC = calcaneus, CPC = coracoid process of the calcaneus, DIRT = distal intermediate ridge of the tibia, LM = lateral malleolus, LR / LR' = lateral ridge of the proximal / plantar trochlea of the talus, MR = medial ridge of the proximal trochlea of the talus, PTFL = plantar talofibular ligament, PTTL = plantar talotibial ligament, SLCL = short lateral collateral ligament, SMB = synovial membrane, TG / TG' = trochlea groove of the proximal / plantar trochlea of the talus. The * symbol identifies the most proximal aspect of the calcaneal condyle.

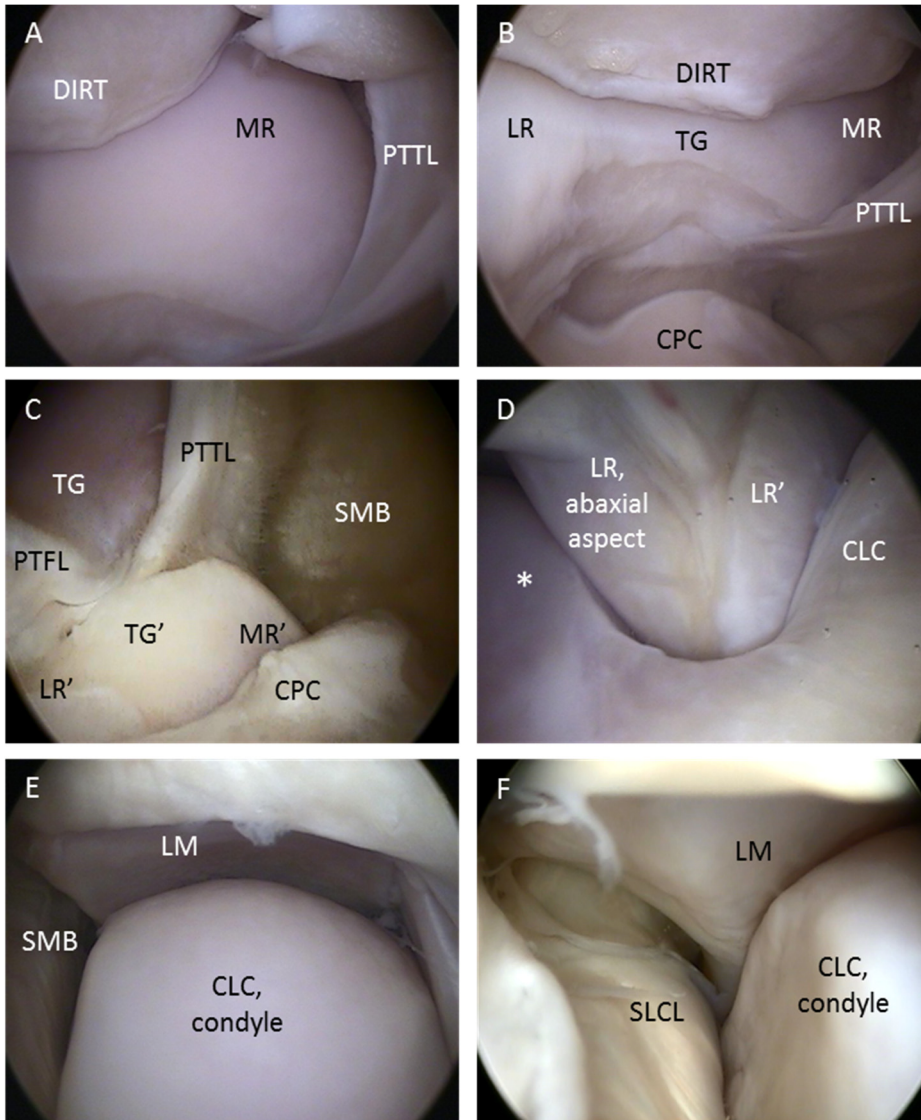
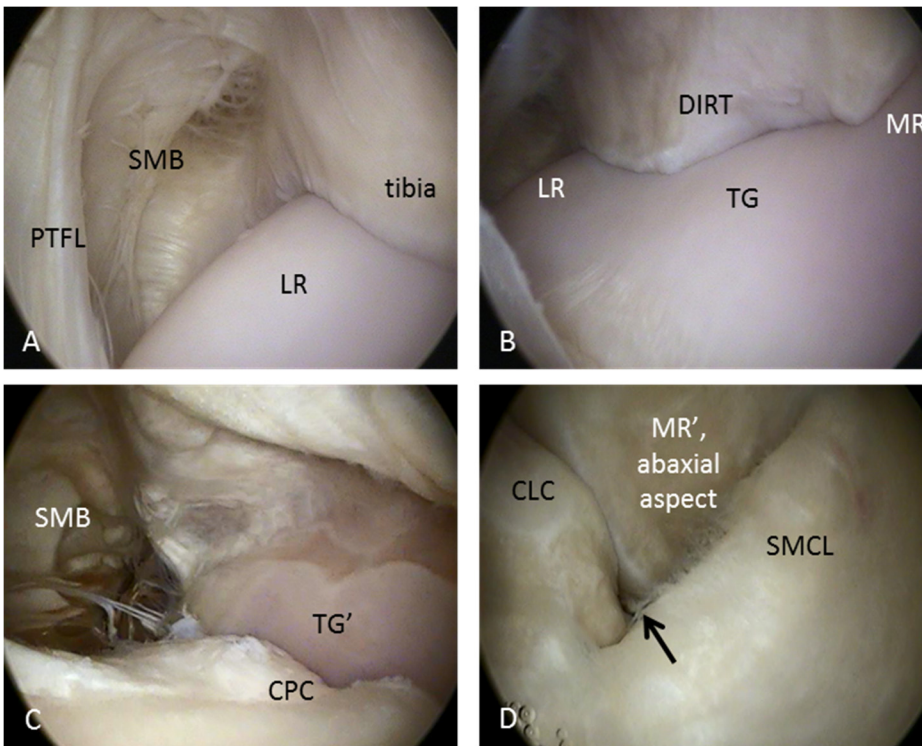


Figure 6- Plantaromedial approach of a right tarsocrural joint. The scope scans the joint from its lateral (A) to medial (D) aspect. CLC = calcaneus, CPC = coracoid process of the calcaneus, DIRT = distal intermediate ridge of the tibia, LR = lateral ridge of the proximal trochlea of the tibia, MR / MR' = medial ridge of the proximal / plantar trochlea of the tibia, PTFL = plantar talofibular ligament, SMB = synovial membrane, SMCL = short medial collateral ligament, TG / TG' = trochlear groove of the proximal / plantar trochlea of the talus. The black arrow points to the communication between the tarsocrural joint and the proximal intertarsal joint.



References

1. Hurtig MB. Recent developments in the use of arthroscopy in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1985 Mar;1(1):175-93.
2. Gaughan EM. Arthroscopy in food animal practice. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1996 Mar;12(1):233-47.
3. Lardé H, Nichols S. Arthroscopy in cattle: technique and normal anatomy. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2014 Mar;30(1):225-45.
4. Munroe GA, Cauvin ER. The use of arthroscopy in the treatment of septic arthritis in two Highland calves. *Br Vet J.* 1994 Sep-Oct;150(5):439-49.
5. Hirsbrunner G, Steiner A. Treatment of infectious arthritis of the radiocarpal joint of cattle with gentamicin-impregnated collagen sponges. *Vet Rec.* 1998 Apr 11;142(15):399-402.
6. Baxter GM, Hay WP, Selcer BA. Osteochondritis dissecans of the medial trochlear ridge of the talus in a calf. *J Am Vet Med Assoc* 1991;198(4):669-71.
7. Blaser M, Bertagnoli A, Räber M, Nuss K, Rasekh M, Steiner A. Arthroscopic approaches to the fetlock joint of adult cattle: a cadaver study. *Vet J.* 2012 Sep;193(3):701-6.
8. Nichols S, Anderson DE. Determination of the normal arthroscopic anatomy of the femoropatellar and cranial femorotibial joints of cattle. *Can Vet J.* 2014 Mar;55(3):232-9.
9. McIlwraith CW, Nixon AJ, Wright IM. Diagnostic and surgical arthroscopy in the horse, 4th Edition. Mosby Ltd 2015. 454 pp. Diagnostic and surgical arthroscopy of the tarsocrural (tibiotalar) joint, Chapter 7:243-72.
10. Zamos DT, Honnas CM, Hoffman AG. Arthroscopic approach and intra-articular anatomy of the plantar pouch of the equine tarsocrural joint. *Vet Surg.* 1994 May-Jun;23(3):161-6.
11. Barone Robert, Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1 Ostéologie. Éditions Vigot. 5^e édition 2010.
12. Barone Robert, Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2 Arthrologie et myologie. Éditions Vigot. 4^e édition 2000.
13. Barone Robert, Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 5 Angiologie. Éditions Vigot. 2^e édition 2011.

14. Barone Robert, Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 7 Neurologie II. Éditions Vigot. 2010.
15. Budras Klaus-Dieter, Habel Robert E. Bovine anatomy. Ed schlütersche, 2nd extended edition 2011.
16. Ehlert A, Ferguson J, Gerlach K. Magnetic Resonance Imaging and Cross-Sectional Anatomy of the Normal Bovine Tarsus. *Anat Histol Embryol*. 2011 Jun;40(3):234-40.
17. Smith MR, Wright IM. Arthroscopic treatment of fractures of the lateral malleolus of the tibia: 26 cases. *Equine Vet J*. 2011 May;43(3):280-7.
18. Desrochers A. Characterization of anatomic communications of the carpus, fetlock, stifle, and tarsus in cattle using intra-articular latex and positive contrast arthrography. Thesis (MS). Manhattan: Kansas State University. 1995. 94 pp.
19. Desrochers A, Francoz D. Clinical management of septic arthritis in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2014 Mar;30(1):177-203.
20. Nichols S, Lardé H. Noninfectious joint disease in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2014 Mar;30(1):205-23.
21. Hinz A, Fischer AT. Comparison of the accuracy of radiography and ultrasonography for detection of articular lesions in horses. *Vet Surg*. 2011 Oct;40(7):881-5.
22. Vatistas NJ, Wright IM, Dyson SJ. Comparison of arthroscopy and arthrotomie for the treatment of osteochondritic lesions in the femoropatellar joint of horses. *Vet Rec*. 1995 Dec 16;137(25):629-32.
23. Trostle SS, Nicoll RG, Forrest LJ, Markel MD. Clinical and radiographic findings, treatment, and outcome in cattle with osteochondrosis: 29 cases (1986-1996). *J Am Vet Med Assoc*. 1997 Dec 15;211(12):1566-70.

6. DISCUSSION GÉNÉRALE

6.1. Conclusions de l'étude sur le carpe

Les articulations ABC et CPM ont été explorées arthroscopiquement par des approches dorso-latérale et dorso-médiale. Quatre sites d'insertion de l'arthroscope ont été identifiés (deux sites par articulation), qui nous ont permis de valider notre hypothèse. Le bovin présente la particularité d'avoir un carpe aux reliefs osseux très irréguliers. La surface articulaire du radius distal présente trois profondes cavités glénoïdes et deux crêtes parasagittales, reliefs dans lesquels les os de la rangée proximale du carpe s'emboîtent intimement lorsque le carpe est en extension. Lorsque le carpe fléchit, la rangée proximale des os du carpe se déplace médialement par rapport au radius. L'ORC se décale de la CGML vers le PSR (l'ORC déborde donc médialement par rapport au radius), l'OIC se décale de la CGMN vers la CPSM et l'OUC de la CGL vers la CPSL. De la même façon, les os des rangées proximale et distale du carpe s'articulent étroitement entre eux, au moyen de crêtes parasagittales. Lors de la flexion, les os de la rangée distale du carpe restent par contre vis-à-vis des os de la rangée proximale du carpe (pas ou peu de déplacement médial). Le contour des os du carpe est très irrégulier, donnant l'impression d'os bossus ou difformes. Le glissement d'un arthroscope entre ces reliefs est donc plus difficile que dans l'articulation d'un cheval où les os sont plus alignés et les reliefs osseux moins profonds. De plus, chez le bovin, les tendons de la face dorsale du carpe sont épais et maintenus contre le carpe par le rétinacle des extenseurs, ce qui limite le glissement de l'arthroscope sous ces tendons. C'est notamment le cas pour l'ECD, qui coulisse contre la portion crânio-latérale du radius distal, contre l'OUC et contre l'OC4. Lorsque le carpe est en flexion, passer sous l'ECD avec l'arthroscope est pratiquement impossible. L'extension du carpe permet de visualiser partiellement les structures latérales des articulations antébrachio-carpienne et carpienne moyenne mais dans aucun de nos cas nous n'avons été capable de visualiser la membrane synoviale latérale et le PSU. L'ERC est très large chez les bovins et il passe à la face dorsomédiale du carpe, appliqué contre la portion crânio-médiale du radius distal, contre la jonction entre l'OIC et l'ORC et contre l'OC2+3. L'ERC a servi de repère pour la description des sites d'arthroscopie, que ce soit pour l'articulation ABC que pour l'articulation CPM. Ce tendon est facilement palpable en l'absence de distension articulaire, plus difficile à palper quand les articulations du carpe sont distendues. Les sacs synoviaux dorso-

latéral et dorso-médial sont situés de part et d'autre de ce tendon. Par contre, d'un point de vue anatomique, ce tendon ne partage pas le carpe en deux côtés symétriques et de taille équivalente. Étant donné que le tendon de l'ERC passe à la face dorso-médiale du carpe, le sac synovial dorso-médial est de taille nettement inférieure au sac synovial dorso-latéral. Nous avons cependant été capables de nous glisser facilement sous ce tendon lors de chacune des approches arthroscopiques. La membrane synoviale médiale et le PSR ont ainsi pu être observés. De façon générale, nous avons remarqué que le fait d'insérer l'arthroscope proche du tendon de l'ERC (donc pas trop latéral ou médial) facilitait les mouvements de ce dernier au sein des articulations. Il faut cependant être prudent afin de ne pas entrer accidentellement dans la gaine synoviale du tendon de l'extenseur radial du carpe au risque de la contaminer si on travaille en présence d'une arthrite septique ou de ne pas pouvoir réaliser l'arthroscopie à cause de l'encombrement dû à la distension de la gaine synoviale. Des ligaments articulaires ont pu être observés, le premier entre l'OIC et le radius distal (ligament radio-lunaire, Barone 2000) et le second entre l'OC2+3 et l'OC4 (ligament interosseux capitato-crochu, Barone 2000). L'insertion osseuse de ces ligaments n'a pas pu être identifiée par arthroscopie. Pour observer ces ligaments interosseux (situés en portion palmaire), il faut ouvrir l'articulation en augmentant la flexion du carpe.

Aucune structure neurovasculaire majeure ne passe de part et d'autre de l'ERC, à l'endroit des sites d'insertion de l'arthroscope ou des instruments d'arthroscopie. Le faisceau neurovasculaire qui passe superficiellement à l'ERC contient la veine céphalique accessoire, l'artère antébrachiale superficielle crâniale et le nerf antébrachial cutané latéral (branche superficielle du nerf radial). Suite à nos dissections, nous ne pensons pas qu'une de ces structures pourrait être endommagée lors de la création des sites d'arthroscopie.

L'articulation ABC est évaluée préférentiellement par une approche arthroscopique dorso-latérale, latéralement au tendon de l'ERC. La surface articulaire du radius distal est évaluée à l'exception de la CGL et du PSU. De plus, la surface articulaire proximale de l'ORC (visualisation complète), de l'OIC (visualisation complète) et de l'OUC (visualisation incomplète, la portion la plus latérale n'étant pas atteignable) est évaluable.

L'articulation CPM est également évaluée préférentiellement par une approche arthroscopique dorso-latérale, latéralement au tendon de l'ERC. La surface articulaire distale de l'ORC (visualisation complète), de l'OIC (visualisation complète) et de l'OUC (visualisation incomplète, la portion la plus

latérale n'étant pas atteignable) est évaluable. La surface articulaire proximale de l'OC2+3 et de l'OC4 est visualisée à l'exception de la portion la plus latérale de l'OC4.

6.2. Conclusions de l'étude sur le tarse

Cette étude a permis d'identifier quatre sites d'insertion pour l'arthroscope (deux sites dorsaux et deux sites plantaires), qui permettent d'explorer l'articulation tarsocrurale et donc de valider notre hypothèse. L'approche dorso-latérale est la plus appropriée pour l'exploration des structures articulaires dorsales. L'approche se fait entre le tendon du LgP et le tendon du LgED (qui partage une synoviale vaginale commune avec le TrP et le TCr), dans le centre du récessus dorso-latéral. Le tarse doit être placé en extension et l'articulation tarsocrurale distendue préalablement à l'incision. Par l'approche dorso-latérale, les structures suivantes sont observées : le cul-de-sac dorso-médial, la malléole médiale, la trochlée proximale du talus (lèvre médiale, gorge et lèvre latérale), la portion distale et crâniale du tibia (et notamment le tenon intermédiaire de la cochlée tibiale), la malléole latérale, le ligament tibiofibulaire crânial, le ligament collatéral latéral court, l'articulation fibulo-calcanéenne (entre la malléole latérale et la projection latérale du calcaneus) et le ligament talocalcanéen latéral. Un site arthroscopique dorso-médial est alors réalisé sous contrôle arthroscopique, médialement à la gaine tendineuse commune du TCr, TrP et LgED, dans le centre du récessus dorso-médial. Un instrument est inséré par cette approche et les structures suivantes peuvent être atteintes : la malléole médiale, la lèvre médiale et la gorge de la trochlée proximale du talus, la face axiale de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus, le tenon intermédiaire de la cochlée tibiale et le ligament tibiofibulaire crânial. L'articulation fibulo-calcanéenne et l'aspect abaxial de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus ne peuvent être atteints par l'instrument inséré dorso-médialement.

L'approche dorso-médiale permet une meilleure visualisation de la face axiale de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus et de la malléole latérale (partiellement cachée sous le ligament tibiofibulaire crânial). L'articulation fibulo-calcanéenne et l'aspect abaxial de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus ne peuvent pas être observés. Cette approche est moins intéressante globalement que l'approche dorsolatérale du fait que moins de structures articulaires sont observées et que le récessus dorso-médial est moins étendu que le récessus dorso-latéral.

Concernant l'approche plantaire de l'articulation tarsocrurale, l'approche latéro-plantaire est supérieure à l'approche médio-plantaire. Le premier inconvénient majeur de l'approche médio-plantaire est la maniabilité réduite à cause du tendon du FLD qui passe de la face caudo-latérale du tibia distal à l'aspect médial du calcanéus, pour coulisser sur le sustentaculum tali. Le tendon du FLD scinde le récessus médio-plantaire en deux. L'approche arthroscopique se fait entre le tendon du FLD et le tendon du FMD. Ces deux tendons fusionnent distalement (au tiers proximal du métatarse) en un tendon FPD. Les mouvements au sein de l'articulation sont très restreints par l'approche médio-plantaire et permettent l'évaluation d'un nombre limité de structures articulaires : trochlée plantaire du talus, processus coracoïde du calcanéus, tendon du fléchisseur latéral des doigts, tenon intermédiaire de la cochlée tibiale, gorge et une portion de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus, ligaments talo-fibulaire et tibio-talien plantaires. Par contre, l'approche médio-plantaire est la seule approche de l'articulation tarsocrurale qui a permis de mettre en évidence une communication avec l'articulation intertarsienne proximale. Cette communication à l'intersection entre la portion médiale du calcanéus, le site d'insertion du ligament collatéral médial court et l'aspect médial du talus.

L'approche latéro-plantaire se fait entre l'aspect caudo-latéral du tibia distal et le tendon du FLD. L'approche est facile et les mouvements de l'arthroscope au sein de l'articulation sont aisés en comparaison avec l'approche médio-plantaire. Un repère majeur dans l'exploration du cul-de-sac plantaire de l'articulation tarsocrurale est la démarcation entre la trochlée proximale et la trochlée plantaire du talus. Elle apparaît comme une ligne rugueuse entre les deux trochlées, sur laquelle s'insèrent deux ligaments particulièrement développés chez les bovins : le ligament talo-fibulaire plantaire et le ligament tibio-talien plantaire. Le ligament talo-fibulaire plantaire s'insère à la jonction entre les lèvres latérales des trochlées proximale et plantaire et se dirige à l'aspect caudo-médial de la malléole latérale. Le ligament tibio-talien plantaire s'insère à la jonction entre les lèvres médiales des trochlées proximale et plantaire et se dirige à l'aspect caudal de la malléole médiale. Ces deux ligaments délimitent un compartiment tibial et un compartiment calcanéen au sein du cul-de-sac plantaire de l'articulation tarsocrurale. Il est quasiment impossible d'entrer l'arthroscope dans le compartiment tibial (pour cela, l'arthroscope doit être glissé proximement aux ligaments). L'arthroscope est toujours inséré dans le compartiment calcanéen (distalement aux ligaments). Le compartiment tibial est plus serré, seul le tenon intermédiaire de la cochlée tibiale et la portion la plus axiale de la trochlée proximale du talus (et notamment la gorge et la lèvre médiale) peuvent être

évalués. Le compartiment calcanéen est plus vaste. Par l'approche latéro-plantaire, le processus coracoïde du calcanéus peut être suivi latéralement afin de découvrir la portion latérale du calcanéus s'articulant avec la malléole latérale (articulation fibulo-calcanéenne). Le ligament collatéral latéral court est observé dans la portion la plus latérale du récessus latéro-plantaire. Un instrument peut être inséré médio-plantairement. Les structures suivantes sont alors atteintes : processus coracoïde du calcanéus, trochlée plantaire du talus, tenon intermédiaire de la cochlée tibial et gorge de la trochlée proximale du talus.

Pour travailler avec un instrument au niveau de l'articulation fibulo-calcanéenne et l'aspect abaxial de la lèvre latérale de la trochlée proximale du talus, il faudrait envisager l'insertion d'un instrument dorso-latéral, à côté de l'arthroscope (latéralement à l'arthroscope dans le récessus dorsolatéral). De même pour l'approche latéro-plantaire, il faudrait un 2^e port latéro-plantaire pour travailler sur l'articulation fibulo-calcanéenne et sur la malléole latérale.

6.3. Applications cliniques

Maintenant que la technique et que l'anatomie normale du carpe et du tarse ont été décrites, les chirurgiens bovins seront plus intéressés à proposer l'exploration articulaire par arthroscopie à leur client. Toutefois, le coût de l'équipement et la nécessité d'effectuer la procédure sous anesthésie générale ou sous sédation profonde et anesthésie locale ne pourra populariser la technique comme elle l'est actuellement chez les équins. Cette procédure risque d'être réservée aux animaux de grande valeur génétique ou sentimentale.

La principale application de l'arthroscopie chez les bovins serait le traitement de l'arthrite septique. Cette pathologie est fréquente chez les veaux. Les avantages de l'arthroscopie sur les techniques utilisées actuellement (arthrotomie et lavage à l'aiguille) sont le lavage à grand volume et à pression contrôlée, et la confirmation visuelle du débridement complet des débris articulaires (fibrine). A contrario, les cas chroniques d'arthrite septique sont probablement de moins bons candidats pour l'arthroscopie car l'articulation est alors complètement obstruée par de la fibrine et la membrane synoviale épaissie en pannus, ce qui nuit à l'insertion de l'arthroscope au sein de l'articulation et à la vision. De plus, le débridement de la fibrine dans ces cas chroniques est plus aisé par de larges plaies d'arthrotomie par rapport aux sites arthroscopiques de longueur limitée (1 cm). Une étude

comparative entre les arthrites traitées par arthroscopie par rapport à celles traitées par arthrotomie serait intéressante. Les avantages de l'arthroscopie sur l'arthrotomie ont été établis chez les équins (Vatistas 1995) : meilleure appréciation peropératoire des lésions (exploration des sacs synoviaux, débridement précis), diminution de la durée de convalescence postopératoire (diminution de la durée d'hospitalisation, meilleures performances à court terme), meilleur résultat en terme de performance et d'esthétique (cicatrices moins apparentes). Notre étude concernait des bovins adultes, il faudrait également valider nos résultats sur des veaux. L'anatomie pourrait être sensiblement différente de celle d'un adulte, ou l'emploi d'un arthroscope de plus petit diamètre pourrait être nécessaire. Cependant, notre expérience clinique montre que l'arthroscopie semble réalisable sur un veau de la même façon que sur un adulte (même matériel, mêmes approches).

L'arthroscopie serait aussi utilisable dans les cas de maladies articulaires dégénératives ou développementales. Comme chez l'espèce équine, elle permettrait de diagnostiquer, de traiter et d'émettre un pronostic sur le futur de l'animal. L'arthroscopie a l'avantage d'évaluer le cartilage articulaire et les tissus mous articulaires (membrane synoviale, ligaments...). La radiographie ne permet qu'une évaluation limitée du cartilage articulaire (radio-transparent) et des tissus mous (faible radio-opacité). Si le cartilage est absent ou a été remplacé par du tissu cicatriciel (fibrocartilage), l'espace articulaire va apparaître diminué à la radiographie (avec le membre en appui lors de la vue). L'IRM (imagerie par résonance magnétique) et la tomodensitométrie sont deux techniques d'imagerie médicale qui permettent de construire des vues en deux ou trois dimensions des structures anatomiques évaluées. Ces techniques permettraient probablement une évaluation fiable et précise des articulations bovines, comme démontré chez les équins (Getman 2007, Raes 2014). De plus, l'os sous-chondral est évalué avec l'IRM et la tomodensitométrie, alors qu'il ne l'est pas lors de l'arthroscopie sauf si le cartilage est érodé (on évalue alors la portion superficielle exposée de l'os sous-chondral). Cependant, l'IRM et la tomodensitométrie se font sous anesthésie générale, ce qui implique des manipulations, des risques (anesthésiques, déplacement de l'animal entre la salle d'imagerie et la salle de chirurgie par exemple) et des frais additionnels. De plus, d'un point de vue technique, l'aimant (IRM) et l'anneau émetteur de rayons X (tomodensitométrie) ont une dimension qui limite souvent l'évaluation des membres de grands animaux au pied et boulet. Au CHUV de St-Hyacinthe, le carpe et le tarse de bovins et équins adultes ne peuvent pas être évalués par IRM du fait de la taille des animaux. Le carpe (et rarement le tarse) peut en général être évalué par tomodensitométrie.

Pour pouvoir émettre un diagnostic, il est important de connaître l'anatomie articulaire normale des os formant le tarse et le carpe afin de ne pas confondre une irrégularité osseuse ou une fosse synoviale avec une lésion dégénérative. Notre étude a mis en évidence certaines de ces irrégularités normales : fente dans le cartilage articulaire de la cavité glénoïde médiane du radius distal, dépression dépourvue de cartilage dans la cavité glénoïde médiale du radius distal, fosse synoviale dans la portion distale de la gorge de la trochlée proximale du talus. Le pronostic devra être établi en fonction de l'amélioration clinique (amélioration de la boiterie ou de la distension articulaire) ou en répétant l'arthroscopie après traitement afin de déterminer l'évolution des lésions.

6.4. Difficultés rencontrées lors du projet / limites de l'étude

La première étape du projet était une phase de dissection et de description précise de l'anatomie articulaire et péri-articulaire du carpe et du tarse. Le moulage des articulations a été réalisée successivement avec de la mousse expansive de polyuréthane, du Technovit®, du latex brut et un mélange de latex, formol et eau. Seul le mélange de latex a permis d'obtenir un résultat satisfaisant. Les autres essais ont été des échecs (non diffusion du matériau dans l'articulation, injection dans les tissus périarticulaires, composé pas assez épais pour remplir les culs-de-sac articulaires ou trop épais pour se répandre dans l'articulation). Du latex de couleur rose a été utilisé. En rétrospective, une couleur différente des muscles aurait été préférable (par exemple un latex de couleur bleue) afin de mieux discerner les sacs synoviaux des tendons et tissus mous périarticulaires. Nous avons réalisé l'injection du mélange de latex dans deux carpes et deux torses. La dissection très complexe aurait nécessité l'injection d'une ou deux autre(s) articulation(s) afin de mieux s'approprier l'anatomie de chaque structure (muscles / tendons, vaisseaux sanguins, nerfs, ligaments). De plus, l'injection avec le mélange de latex de carpes et de torses équins, suivie de leur dissection fine, auraient été intéressantes pour pouvoir comparer avec les carpes et torses bovins, autrement que dans les livres d'anatomie de référence. Les différences entre les deux espèces auraient été plus faciles à mettre en évidence. Les livres d'anatomie sont souvent imprécis dans la localisation exacte des structures (schémas souvent trop approximatifs).

La deuxième étape du projet se faisait sur cadavres complets de bovins adultes. La difficulté résidait dans le fait de trouver de tels cadavres. Les vaches sur le point d'être euthanasiées au CHUV bovin

ont été utilisées si plusieurs conditions étaient remplies : la vache ne présentait pas de boiterie, de distension articulaire, d'hygroma ou de problème myo-arthro-squelettique connus de son vivant, le clinicien responsable de la vache acceptait l'arthroscopie des carpes et torses de la vache une fois euthanasiée avant une nécropsie complète au service de pathologie, la salle d'induction (où avait lieu l'arthroscopie) et le matériel d'arthroscopie était disponible. Le propriétaire de la vache était avisé de la procédure et son accord verbal (au téléphone) était nécessaire. Le service de pathologie était averti que les carpes et torses avaient été explorés et disséqués après l'euthanasie de l'animal.

L'arthroscopie complète des deux carpes et des deux torses d'une vache durait une demi-journée. L'installation du cadavre en décubitus dorsal sur la table de chirurgie nécessitait l'aide des animaliers et un treuil afin de soulever la vache par les pattes afin de l'installer sur la table de chirurgie. Une limite de l'étude est qu'un nombre restreint d'articulations a été disséqué minutieusement après arthroscopie afin de constater les lésions iatrogéniques aux tissus mous périarticulaires et au cartilage articulaire lors de l'insertion du trocart, et afin de valider les structures vues par arthroscopie. La dissection fine d'une articulation peut prendre 2 à 3 heures. Il était compliqué, voire impossible, de mobiliser le cadavre toute une journée (alors que la nécropsie était requise par le clinicien responsable du cas).

Le fait d'avoir utilisé des cadavres entiers a permis de mimer la réalité d'une arthroscopie sous anesthésie générale. Initialement, les pattes devaient être séparées du corps de la vache puis montées sur un support imitant un décubitus dorsal (onglons suspendus vers le haut). Cette option a rapidement été abandonnée pour plusieurs raisons : temps nécessaire à la séparation des pattes du corps, support difficile à créer pour tenir les pattes, muscles et tendons trop relâchés une fois sectionnés (repères anatomiques modifiés), difficulté de faire des flexions et extensions sur une patte attachée à un support, souillage par le sang.

Un grand nombre d'articulations était arthrosique (surtout les carpes). Les lésions articulaires (érosion du cartilage, synovite) n'avaient pas été suspectées du vivant des animaux. Certaines de ces articulations ont été difficiles à explorer et certaines structures (tels que les ligaments) non visualisées du fait de la prolifération synoviale et de l'effilochement du cartilage articulaire.

Les premières vaches ont permis de devenir à l'aise avec la technique d'arthroscopie, peu courante dans les bovins. Au fur et à mesure des examens arthroscopiques, la technique s'est améliorée et les

structures articulaires ont été plus facilement observées. Il existe donc une courbe d'apprentissage, et donc la possibilité que la non-visualisation de certaines structures dans les premières articulations explorées soit due au fait que nous étions moins habiles avec la technique. Le nombre total de vaches utilisées aurait peut-être dû être augmenté pour cette raison.

La prise des images et vidéos n'était pas standardisée. Il était nécessaire d'avoir une personne « preneuse de notes » pour répertorier chaque prise de vue afin de pouvoir les analyser par la suite. Le fait d'avoir un enregistrement sur clé USB facilitait la récupération des images et vidéos et leur stockage.

6.5. Projets futurs

Les arthroscopies devraient maintenant être réalisées sur des vaches de différents groupes d'âge ou de différents types de régie (stabulation attachée versus libre, alimentation, race laitière versus de boucherie...). Par la suite, des vaches avec de la distension articulaire, plus ou moins associée à une boiterie, ou des lésions articulaires visibles à la radiographie ou à l'échographie, pourraient être évaluées. Il s'agit de déterminer les lésions les plus fréquemment rencontrées, les sites les plus fréquemment impliqués et les pronostics selon le traitement proposé.

La portion latérale du radius distal (CGL et PSU), de l'OUC et de l'OC4 pourraient être examinée par une approche plus latérale (entre l'ECD et l'EDL). Cette approche n'a pas été essayée lors de ce projet mais serait intéressante pour l'évaluation de lésions concernant ces surfaces articulaires ou par exemple pour l'identification d'une fracture du PSU.

Il semble que les lésions articulaires chez les bovins sont souvent très étendues et paraissent plus sévères globalement que ce qui est décrit chez les chevaux. Cette information devrait être vérifiée afin de pouvoir créer une échelle de lésions et ainsi établir un pronostic.

D'autres articulations restent à explorer (épaule, coude, hanche notamment). Les articulations scapulo-humérale et coxo-fémorale sont plus restreintes d'accès (approche latérale uniquement) mais sont importantes à explorer en termes de pronostic. Le coude est une articulation plus vaste, qui pourrait être explorée plus facilement.

CONCLUSION

Cette étude a permis de définir l'approche arthroscopique de trois articulations fréquemment impliquées dans la pathologie articulaire bovine : les articulations antébrachio-carpienne, carpienne moyenne et tarsocrurale. L'arthroscopie de ces articulations a permis de mieux comprendre et de décrire leur anatomie intra-synoviale, d'apprécier les relations entre les différents os et ligaments visibles au sein de ces articulations, et de déterminer quelles structures articulaires pourraient être atteintes par un instrument sous contrôle arthroscopique. L'intérêt futur de cette étude est triple : décrire les maladies articulaires rencontrées chez les bovins (incidence, description de la population), envisager un traitement par arthroscopie et définir un pronostic en fonction des lésions identifiées et du traitement mis en place. Il convient entre autres de discerner les lésions considérées non significatives de celles qui sont à l'origine d'un inconfort et d'une boiterie, afin d'orienter la mise en place de traitements.

BIBLIOGRAPHIE

- Ashdown R, Color Atlas of veterinary anatomy, Volume 1 The Ruminants. Mosby Elsevier, 2nd edition 2010.
- Bargai U, Cohen R. Tarsal lameness of dairy bulls housed at two artificial insemination centers: 24 cases (1975-1987). J Am Vet Med Assoc. 1992 Oct 1;201(7):1068-9.
- Barone R, Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2 Arthrologie et myologie. Éditions Vigot. 4^e édition 2000.
- Barone R, Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1 Ostéologie. Éditions Vigot. 5^e édition 2010-a.
- Barone R, Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 7 Neurologie II. Éditions Vigot. 1^e édition 2010-b.
- Barone R, Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 5 Angiologie. Éditions Vigot. 2^e édition 2011.
- Baxter GM, Hay WP, Selcer BA. Osteochondritis dissecans of the medial trochlear ridge of the talus in a calf. J Am Vet Med Assoc 1991;198(4):669-71.
- Bell BT, Baker GJ, Foreman JH, Abbott LC. In vivo investigation of communication between the distal intertarsal and tarsometatarsal joints in horses and ponies. Vet Surg. 1993 Jul-Aug;22(4):289-92.
- Blaser M, Bertagnoli A, Räber M, Nuss K, Rasekh M, Steiner A. Arthroscopic approaches to the fetlock joint of adult cattle: a cadaver study. Vet J. 2012 Sep;193(3):701-6.
- Budras KD, Habel RE. Bovine anatomy. Ed schlütersche, 2nd extended edition 2011.
- Cheetham J, Nixon AJ. Arthroscopic approaches to the palmar aspect of the equine carpus. Vet Surg. 2006 Apr;35(3):227-31.
- Clarkson MJ, Downham DY, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Murray RD, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. Vet Rec. 1996 Jun 8;138(23):563-7.
- Clayton Hilary M, Flood Peter F, Color Atlas of Large Animal Applied Anatomy. Ed Mosby-Wolfe 1996.

- Cook NB. Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *J Am Vet Med Assoc.* 2003 Nov 1;223(9):1324-8.
- Cramer G, Lissemore KD, Guard CL, Leslie KE, Kelton DF. Herd- and cow-level prevalence of foot lesions in Ontario dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2008 Oct;91(10):3888-95.
- Davies IH, Bain MS, Munro R, Livesey CT. Osteochondritis dissecans in a group of rapidly growing bull beef calves. *Cattle Practice.* 1996 4(3):243-5.
- Davies IH, Munro R. Osteochondrosis in bull beef cattle following lack of dietary mineral and vitamin supplementation. *Vet Rec.* 1999 Aug 21;145(8):232-3.
- Desrochers A. Characterization of anatomic communications of the carpus, fetlock, stifle, and tarsus in cattle using intra-articular latex and positive contrast arthrography. Thesis (MS). Manhattan: Kansas State University. 1995, 94 pp. Communication personnelle.
- Desrochers A, St-Jean G, Cash WC, Hoskinson JJ, DeBowes RM. Characterization of anatomic communications among the antebrachio-carpal, middle carpal, and carpometacarpal joints in cattle, using intra-articular latex, positive-contrast arthrography, and fluoroscopy. *Am J Vet Res* 1997 Jan;58(1):7-10.
- Desrochers A, Francoz D. Clinical management of septic arthritis in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2014 Mar;30(1):177-203.
- Dutra F, Carlsten J, Ekman S. Hind limb skeletal lesions in 12-month-old bulls of beef breeds. *J Vet Med A.* 1999 46:489-508.
- Ford TS, Ross MW, Orsini PG. Communications and boundaries of the middle carpal and carpometacarpal joints in horses. *Am J Vet Res.* 1988 Dec;49(12):2161-4.
- Gaughan EM. Arthroscopy in food animal practice. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1996 Mar;12(1):233-47.
- Getman LM, McKnight AL, Richardson DW. Comparison of magnetic resonance contrast arthrography and arthroscopic anatomy of the equine palmar lateral outpouching of the middle carpal joint. *Vet Radiol Ultrasound.* 2007 Nov-Dec;48(6):493-500.
- Green LE, Hedges VJ, Schukken YH, Blowey RW, Packington AJ. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J Dairy Sci.* 2002 Sep;85(9):2250-6.
- Hernandez JA, Garbarino EJ, Shearer JK, Risco CA, Thatcher WW. Comparison of the calving-to-conception interval in dairy cows with different degrees of lameness during the prebreeding postpartum period. *J Am Vet Med Assoc.* 2005-a Oct 15;227(8):1284-91.

- Hernandez JA, Garbarino EJ, Shearer JK, Risco CA, Thatcher WW. Comparison of milk yield in dairy cows with different degrees of lameness. *J Am Vet Med Assoc.* 2005-b Oct 15;227(8):1292-6.
- Hill BD, Sutton RH, Thompson H. Investigation of osteochondrosis in grazing beef cattle. *Aust Vet J.* 1998 Mar;76(3):171-5.
- Hinz A, Fischer AT Jr. Comparison of the accuracy of radiography and ultrasonography for detection of articular lesions in horses. *Vet Surg.* 2011 Oct;40(7):881-5.
- Hirsbrunner G, Steiner A. Treatment of infectious arthritis of the radiocarpal joint of cattle with gentamicin-impregnated collagen sponges. *Vet Rec.* 1998 Apr 11;142(15):399-402.
- Holmberg T, Reiland S. The influence of age, breed, rearing intensity and exercise on the incidence of spavin in Swedish dairy cattle. A clinical and morphological investigation. *Acta Vet Scand.* 1984;25(1):113-27.
- Howlett CR. Inherited degenerative arthropathy of the hip in young beef bulls. *Aust Vet J.* 1972 Oct;48(10):562-3.
- Hurtig MB. Recent developments in the use of arthroscopy in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1985 Mar;1(1):175-93.
- Hurtig MB, Fretz PB. Arthroscopic landmarks of the equine carpus. *J Am Vet Med Assoc.* 1986 Nov 15;189(10):1314-21.
- Jensen R, Park RD, Lauerman LH, et al. Osteochondrosis in feedlot cattle. *Vet Pathol* 1981;18:529-35.
- Kendrick JW, Sittmann K. Inherited osteoarthritis of dairy cattle. *J Am Vet Med Assoc.* 1966 Jul 1;149(1):17-21.
- Kraus-Hansen AE, Jann HW, Kerr DV, Fackelman GE. Arthrographic analysis of communication between the tarsometatarsal and distal intertarsal joints of the horse. *Vet Surg.* 1992 Mar-Apr;21(2):139-44.
- Lardé H, Nichols S. Arthroscopy in cattle: technique and normal anatomy. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2014 Mar;30(1):225-45.
- Laverty S, Girard C. Pathogenesis of epiphyseal osteochondrosis. *Vet J.* 2013 Jul;197(1):3-12.
- Marchionatti E, Fecteau G, Desrochers A. Traumatic conditions of the coxofemoral joint: luxation, femoral head-neck fracture, acetabular fracture. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2014 Mar;30(1):247-64.

- Martin GS, McIlwraith. Arthroscopic anatomy of the intercarpal and radiocarpal joints of the horse. *Equine Vet J.* 1985 Sep;17(5):373-6.
- McIlwraith CW, Nixon AJ, Wright IM. *Diagnostic and surgical arthroscopy in the horse.* 4th edition. Mosby Ltd 2015. 454 pp. Diagnostic and surgical arthroscopy of the carpal joints, Chapter 4:45-110.
- McIlwraith CW, Nixon AJ, Wright IM. *Diagnostic and surgical arthroscopy in the horse,* 4th Edition. Mosby Ltd 2015. 454 pp. Diagnostic and surgical arthroscopy of the tarsocrural (tibiotarsal) joint, Chapter 7:243-72.
- McLennan MW. Incidence of lameness requiring veterinary treatment in dairy cattle in Queensland. *Aust Vet J.* 1988 May;65(5):144-7.
- Mulon PY, Babkine M, d'Anjou MA, Girard C, Desrochers A. Degenerative disease of the distal interphalangeal joint and sesamoid bone in calves: 9 cases (1995-2004). *J Am Vet Med Assoc.* 2009 Mar 15;234(6):794-9.
- Munroe GA, Cauvin ER. The use of arthroscopy in the treatment of septic arthritis in two Highland calves. *Br Vet J.* 1994 Sep-Oct;150(5):439-49.
- Nichols S, Anderson DE. Determination of the normal arthroscopic anatomy of the femoropatellar and cranial femorotibial joints of cattle. *Can Vet J.* 2014-a Mar;55(3):232-9.
- Nichols S, Lardé H. Noninfectious joint disease in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2014-b;30(1):205-223.
- Nishimura R, Mochizuki M, Taura Y, Sasaki N, Takeuchi A. Radiographic investigation of ulcerative lesions in the carpal joint in Japanese black calves. *J Vet Med Sci.* 1992 Apr;54(2):341-4.
- *Nomina Anatomica Veterinaria,* 5th edition, revised 2012. Prepared by the I.C.V.G.A.N. and authorized by the W.A.V.A.
- Olstad K, Ekman S, Carlson CS. An Update on the Pathogenesis of Osteochondrosis. *Vet Pathol.* 2015 Jun 16.
- Pentecost R, Niehaus A. Stifle disorders: cranial cruciate ligament, meniscus, upward fixation of the patella. *Vet Clin North Am Food Pract.* 2014 Mar;30(1):265-81.
- Persson Y, Söderquist L, Ekman S. Joint disorder; a contributory cause to reproductive failure in beef bulls? *Acta Vet Scand.* 2007 Nov 5;49:31.
- Radostits OM, Doige CE, Pharr JW. Coxofemoral arthropathy in a young bull. *Can Vet J.* 1976 Feb;17(2):48-53.

- Raes E, Bergman HJ, Van Ryssen B, Vanderperren K, Stock E, Saunders JH. Computed tomographic features of lesions detected in horses with tarsal lameness. *Equine Vet J.* 2014 Mar;46(2):189-93.
- Reiland S, Stromberg B, Olsson S-E, Dreimanis I, Olsson IG. Osteochondrosis in growing bulls. Pathology, frequency and severity on different feedings. *Acta Radiologica.* 1978 (Suppl. 358):179-96.
- Riley CB, Farrow CS. Partial carpal arthrodesis in a calf with chronic infectious arthritis of the carpus and osteomyelitis of the carpal and metacarpal bones. *Can Vet J.* 1998 Jul;39(7):438-41.
- Rohde C, Anderson DE, Desrochers A, St-Jean G, Hull BL, Rings DM. Synovial fluid analysis in cattle: a review of 130 cases. *Vet Surg.* 2000 Jul-Aug;29(4):341-6.
- Russell AM, Rowlands GJ, Shaw SR, Weaver AD. Survey of lameness in British dairy cattle. *Vet Rec.* 1982 Aug 21;111(8):155-60.
- Sack WO, Orsini PG. Distal intertarsal and tarsometatarsal joints in the horse: communication and injection sites. *J Am Vet Med Assoc.* 1981 Aug 15;179(4):355-9.
- Scott PR, Rhind S, Brownstein D. Severe osteochondrosis in two 10 month old beef calves. *Vet Rec* 2000;147:608-609.
- Shearer JK, Van Amstel SR, Brodersen BW. Clinical diagnosis of foot and leg lameness in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2012 Nov;28(3):535-56.
- Steiner A, Hirsbrunner G, Miserez R, Tschudi P. Arthroscopic Lavage and Implantation of Gentamicin-impregnated Collagen Sponges for Treatment of Chronic Septic Arthritis in Cattle. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 1999;12:64-9.
- Taura Y, Sasaki N, Nishimura R, Ohashi F, Takeuchi A, Usui K. Ulceric lesions of articular cartilages distal to carpal and tarsal joints in Japanese black beef cattle. *Nihon Juigaku Zasshi.* 1984 Aug;46(4):571-6.
- Taura Y, Sasaki N, Nishimura R, et al. Histopathological findings on ulcerative lesions of carpal and tarsal joints in Japanese black cattle. *J Vet Med Sci* 1996;58(2):135-9.
- Trostle SS, Nicoll RG, Forrest LJ, Markel MD. Clinical and radiographic findings, treatment, and outcome in cattle with osteochondrosis: 29 cases (1986-1996). *Am Vet Med Assoc.* 1997 Dec 15;211(12):1566-70.
- Tryon KA, Farrow CS. Osteochondrosis in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 1999;15(2):265-74.

- Vallance SA, Lumsden JM, Begg AP, O'Sullivan CB. Idiopathic haemarthrosis in eight horses. *Aust Vet J.* 2012 Jun;90(6):214-20.
- Van Huffel X, Steenhaut M, Imschoot J, Verschooten F, Gasthuys F, Desmet P, De Moor A. Carpal joint arthrodesis as a treatment for chronic septic carpalitis in calves and cattle. *Vet Surg.* 1989 Jul-Aug;18(4):304-11.
- Van Pelt RW, Langham RF. Degenerative joint disease in cattle. *J Am Vet Med Assoc.* 1966 Mar 1;148(5):535-42.
- Van Pelt RW, Langham RF. Synovial fluid changes produced by infectious arthritis in cattle. *Am J Vet Res.* 1968-a Mar;29(3):507-16.
- Van Pelt RW. Traumatic arthritis in cattle. *Am J Vet Res.* 1968-b Sep;29(9):1883-90.
- Van Pelt RW, Langham RF. Degenerative joint disease of the carpus and fetlock in cattle. *J Am Vet Med Assoc* 1970;157(7):953-61.
- Van Pelt RW. Intraarticular treatment of tarsal degenerative joint disease in cattle. *J Am Vet Med Assoc.* 1975-a Feb 1;166(3):239-46.
- Van Pelt RW. Tarsal degenerative joint disease in cattle: blood and synovial fluid changes. *Am J Vet Res.* 1975-b Jul;36(7):1009-14.
- Van Vlierbergen B, Chiers K, Hoegaerts M, Everaert D, Ducatelle R. Hip dysplasia-like lesions in a Belgian blue cow. *Vet Rec.* 2007 Jun 30;160(26):910-2.
- Van Weeren PR. Osteochondrosis. In Auer JA, Stick JA. *Equine surgery, fourth edition.* Saunders 2012. Chapter 88, p1239-55.
- Vastistas NJ, Wright IM, Dyson SJ. Comparison of arthroscopy and arthrotomy for the treatment of osteochondritic lesions in the femoropatellar joint of horses. *Vet Rec.* 1995 Dec 16;137(25):629-32.
- Weaver AD, Campbell JR. Surgical correction of lateral and medial patellar luxation in calves. *Vet Rec.* 1972 May 13;90(20):567-9.
- Weaver AD. Acetabular osseous bulla in osteoarthritic cattle. *Br Vet J.* 1982 Mar-Apr;138(2):123-6.
- Wegener KM, Heje NI. Dyschondroplasia (osteochondrosis) in articular-epiphyseal cartilage complexes of three calves from 24 to 103 days of age. *Vet Pathol* 1992;29:562-3.
- Weisbrode SE, Monke DR, dodaro ST, et al. Osteochondrosis, degenerative joint disease, and vertebral osteophytosis in middle-aged bulls. *J Am Vet Med Assoc* 1982;181(7):700-5.

- Welker FH, Modransky PD, Rings DM, et al. Tarsal fractures in a heifer and a bull. *J Am Vet Med Assoc* 1989;195(2):240-1.
- Ytrehus B, Carlson CS, Ekman S. Etiology and pathogenesis of osteochondrosis. *Vet Pathol.* 2007 Jul;44(4):429-48.
- Zamos DT, Honnas CM, Hoffman AG. Arthroscopic approach and intra-articular anatomy of the plantar pouch of the equine tarsocrural joint. *Vet Surg.* 1994 May-Jun;23(3):161-6.