



HAL
open science

Imagerie scanner du tarse du cheval : application à l'enseignement d'anatomie

Camille Capitaine

► **To cite this version:**

Camille Capitaine. Imagerie scanner du tarse du cheval : application à l'enseignement d'anatomie. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. dumas-03970851

HAL Id: dumas-03970851

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03970851v1>

Submitted on 2 Feb 2023

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

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

Année 2022

IMAGERIE SCANNER DU TARSE DU CHEVAL : APPLICATION À L'ENSEIGNEMENT D'ANATOMIE

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 22 août 2022

par

Camille, Hubert, Théophile CAPITAINE

sous la direction de

Fabrice AUDIGIÉ

JURY

Présidente du jury :	Mme Céline ROBERT	Professeur à l'EnvA
Directeur de thèse :	M. Fabrice AUDIGIÉ	Professeur à l'EnvA
Examineur 1 :	M. Henry CHATEAU	Professeur à l'EnvA

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



Version du 8 février 2022

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

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigé	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
M	Biaga	Radu	Maître de conférences HDR	DPASP
M	Blot	Stephane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chelboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loic	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Eliot	Marc	Professeur	DSBP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Fédérighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Balif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvin	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Mathias	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guéneq	Christelle	Maître de conférences HDR	DEPEC
M	Milemann	Yves	Professeur	DPASP
M	Perrot	Sébastien	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Pilot-Storck	Fanny	Professeur	DSBP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Benckroun	Ghita	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Léila	Maître de conférences	DEPEC
M	Bolnot	Francois	Maître de conférences	DPASP
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucia	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Favre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Constant	Fabienne	Maître de conférences	DPASP
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP
Mme	De Paula Reis	Aline	Maître de conférences	DPASP
Mme	Decambon	Adeline	Maître de conférences	DEPEC
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences associé	DPASP
M	Desbois	Christophe	Maître de conférences	DEPEC
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guélin-Poinier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
Mme	Maignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
M	Maufré	Vincent	Maître de conférences	DPASP
Mme	Mimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
Mme	Mespouhès-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Ravary-Plumioën	Bérandère	Maître de conférences	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP

Remerciements

A Mme Céline ROBERT, Professeure à l'EnvA,

Pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse et pour le temps que vous avez consacré à la lecture de mon manuscrit.

Sincères remerciements.

A M. Fabrice AUDIGIÉ, Professeur à l'EnvA,

Pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce sujet de thèse ainsi que pour votre disponibilité et votre aide dans la réalisation de ce projet. Un grand merci.

A M. Henry CHATEAU, Professeur à l'EnvA,

Pour avoir accepté de participer à ce projet et ses corrections,

Sincères remerciements.

A mes parents, pour le soutien et la confiance que vous m'accordez depuis toujours.

Table des matières

Liste des figures.....	3
Liste des abréviations.....	7
Introduction	9
Première partie : rappels et généralités.....	11
I. Bases techniques de tomodensitométrie	11
A. Instrumentation	11
1. Tube à rayons X.....	11
2. Collimateurs et filtration.....	11
3. Systèmes de détection.....	12
4. Anatomie du portique	12
B. Interprétation des images.....	13
1. Coefficients d'atténuation.....	13
2. Représentation des densités.....	14
C. Qualité et traitement de l'image	14
1. Résolution, bruit et exposition du patient	14
2. Filtres	15
3. Reconstruction multi-plans.....	15
4. Reconstruction en trois dimensions (3D)	15
D. Produit de contraste	16
1. Intra-articulaire	16
2. Intravasculaire.....	16
II. Rappels sur l'anatomie du tarse	18
A. Ostéologie	18
1. Rangée proximale du tarse	19
2. Rangée distale du tarse	20
B. Articulations du tarse.....	21
1. Articulation crurotarsienne	21
2. Articulation talo-calcaneéenne	27
3. Articulation intertarsienne proximale	29
4. Articulation intertarsienne distale	30
5. Articulation tarso-métatarsienne	30
C. Tendons de la région tarsienne	31
1. Tendons et muscles crâniiaux de la jambe	35
2. Tendons et muscles caudaux de la jambe	35
D. Fascias et gaines du tarse	36
1. Fascia jambier.....	36
2. Gainnes du tarse.....	36
E. Vaisseaux et nerfs du tarse	37
1. Artères	39
2. Veines.....	40
3. Nerfs	41
Deuxième partie : matériel et méthode	43
I. Instrumentation	43
II. Membre de référence et protocole de réalisation des images.....	43
III. Traitement de choix des images.....	44
IV. Création du support pédagogique	44
Troisième partie : résultats.....	46
I. Ostéologie 3D	46
II. Imagerie en coupe avec filtre osseux	49
A. Coupes transversales	49
B. Coupes frontales.....	54

C. Coupes sagittales.....	57
III. Imagerie en coupe avec filtre tissus mous.....	60
A. Coupes sagittales.....	60
B. Coupes transversales	62
IV. Technique spéciale	68
V. Support pédagogique pour l'enseignement d'anatomie	75
Quatrième partie : discussion	78
I. Analyse du travail effectué	78
A. Réalisation des images.....	78
B. Mise en place du contenu pédagogique sur la plateforme Eve et intérêt pédagogique.....	78
II. Application de la tomodensitométrie au tarse du cheval	78
A. Exploration clinique.....	78
B. Limites.....	79
Conclusion.....	81
Liste des références bibliographiques	83
Annexes	85

Liste des figures

Figure 1 : Tubes à rayons X (CEA, 2014)	11
Figure 2 : Anatomie du portique des scanners de 3ème et 4ème génération (Contardi <i>et al.</i> , 2019)	13
Figure 3 : Vue latérale d'un tarse gauche de cheval (Barone, 1986).....	18
Figure 4 : Vue dorsale d'un tarse gauche de cheval - Os disjoints (Barone, 1986)	18
Figure 5 : Vue médiale du calcanéus et vue latérale du talus - Tarse gauche - Os isolés (Barone, 1986).....	19
Figure 6 : Vue proximale et distale des os de la rangée distale d'un tarse gauche de cheval - Os disjoints (Barone, 1986).....	20
Figure 7 : Vue plantaire de l'articulation du tarse gauche d'un cheval (Barone, 2000)	22
Figure 8 : Vue latérale de l'articulation du tarse gauche d'un cheval (Barone, 2000)	23
Figure 9 : Vue médiale de l'articulation du tarse gauche d'un cheval (Barone, 2000)	24
Figure 10 : Vue plantaire légèrement médiale d'un tarse gauche de cheval avec la synoviale cruro-tarsienne injectée (Barone, 2000).....	26
Figure 11 : Vue médiale des tendons, gaines et synoviales du jarret d'un cheval (Barone, 2000) .	28
Figure 12 : Vue dorsale des tendons et rétinaculum de la face dorsale du jarret d'un cheval (Barone, 2000).....	32
Figure 13 : Vue médiale des muscles de la jambe et du pied d'un cheval (Barone, 2000).....	33
Figure 14 : Vue caudale des muscles profonds de la jambe, après retrait du muscle gastrocnémien (Barone, 2000)	34
Figure 15 : Vue latérale des vaisseaux et nerfs du pied du cheval (Barone, 2011)	38
Figure 16 : Artères de la jambe du cheval (Barone, 2011).....	39
Figure 17 : Veines du pied du cheval (Barone, 2011)	40
Figure 18 : Salle du scanner et sa table motorisée	43
Figure 19 : Section dédiée aux supports pédagogiques de la thèse sur la plateforme Eve	45
Figure 20 : 3D – Vue dorsale du tarse	46
Figure 21 : 3D – Vue caudo-latérale du tarse	47
Figure 22 : 3D – Vue médiale du tarse	47
Figure 23 : 3D – Vue caudo-médiale du tarse	48

Figure 24 : Tissus osseux – Coupe transversale de la région tibiale distale 1	49
Figure 25 : Tissus osseux - Coupe transversale de la région tibiale distale 2	49
Figure 26 : Tissus osseux - Coupe transversale de l'articulation tibio-talienne	50
Figure 27 : Tissus osseux – Coupe transversale de l'articulation talo-calcanéenne proximale.....	50
Figure 28 : Tissus osseux – Coupe transversale de l'articulation talo-calcanéenne distale.....	51
Figure 29 : Tissus osseux – Coupe transversale du talus distal.....	51
Figure 30 : Tissus osseux – Coupe transversale de l'os central du tarse.....	52
Figure 31 : Tissus osseux – Coupe transversale de l'os tarsal III	52
Figure 32 : Tissus osseux – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 1	53
Figure 33 : Tissus osseux – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 2	53
Figure 35 : Tissus osseux – Coupe frontale de l'articulation tibio-talienne 2	54
Figure 36 : Tissus osseux – Coupe frontale de l'articulation tibio-talienne 3	55
Figure 37 : Tissus osseux – Coupe frontale de l'articulation talo-calcanéenne	55
Figure 38 : Tissus osseux – Coupe frontale de la région du tarse central.....	56
Figure 39 : Tissus osseux – Coupe frontale de la région du tarse plantaire 1	56
Figure 40 : Tissus osseux – Coupe frontale de la région du tarse plantaire 2	57
Figure 41 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse latéral 1	57
Figure 42 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse latéral 2	58
Figure 43 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse central	58
Figure 44 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse médial 1.....	59
Figure 45 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse médial 2.....	59
Figure 46 : Tissus mous – Coupe sagittale de la région tarse latéral 1	60
Figure 47 : Tissus mous – Coupe sagittale de la région tarse latéral 2	60
Figure 48 : Tissus mous – Coupe sagittale de la région tarse latéral 3	61
Figure 49 : Tissus mous – Coupe sagittale de la région tarse central.....	61
Figure 50 : Tissus mous – Coupe transversale de la région tibiale distale 1	62
Figure 51 : Tissus mous – Coupe transversale de la région tibiale distale 2	62
Figure 52 : Tissus mous – Coupe transversale de la région tibiale distale 3	63
Figure 53 : Tissus mous – Coupe transversale de l'articulation talo-calcanéenne	63

Figure 54 : Tissus mous – Coupe transversale de la région talienne 1	64
Figure 55 : Tissus mous – Coupe transversale de la région talienne 2.....	64
Figure 56 : Tissus mous – Coupe transversale de la région de l’os central du tarse.....	65
Figure 57 : Tissus mous – Coupe transversale de la région de l’os tarsal III.....	65
Figure 58 : Tissus mous – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 1	66
Figure 59 : Tissus mous – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 2.....	66
Figure 60 : Tissus mous – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 3.....	67
Figure 61 : 3D – Vue dorso-latérale du tarse après injection de la synoviale articulaire tibio-tarsienne	68
Figure 62 : 3D – Vue médiale du tarse après injection de la synoviale articulaire tibio-tarsienne...	69
Figure 63 : 3D – Vue caudo-latérale du tarse après injection de la synoviale articulaire tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse	69
Figure 64 : 3D – Coupe sagittale en vue médiale du segment latéral du tarse après injection de la synoviale articulaire tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse	70
Figure 65 : Coupe transversale en région tibio-tarsienne après injection de la synoviale tibio-tarsienne	70
Figure 66 : Coupe transversale en région talo-calcaneéenne après injection de la synoviale tibio-tarsienne	71
Figure 67 : Coupe transversale en région talienne distale 1 après injection de la synoviale tibio-tarsienne	71
Figure 68 : Coupe transversale en région talienne distale 2 après injection de la synoviale tibio-tarsienne	72
Figure 69 : Coupe transversale en région tibiale distale après injection de la synoviale tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse	72
Figure 70 : Coupe transversale de l’articulation tibio-talienne après injection de la synoviale tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse.....	73
Figure 71 : Coupe transversale de l’articulation talo-calcaneéenne après injection de la synoviale tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse.....	73
Figure 72 : Coupe transversale de la région tarse distal après injection de la synoviale tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse	74
Figure 73 : Question avec marqueur à glisser-déposer extraite du test de connaissance A2-A5...	76
Figure 74 : Question avec texte à glisser déposer sur une image extraite du test de connaissance A2-A5.....	76

Figure 75 : Question à choix multiple extraite du test de connaissance A2-A5	77
Figure 76 : Question d'appariement extraite du test de connaissance A2-A5	77
Figure 77 : a) Coupe transversale de la face dorsale de la cochlée tibiale avec une ostéolyse sous-chondrale de la cochlée médiale b) Coupe transversale du tarse avec une sclérose du ligament interosseux tarso-métatarsien (Raes <i>et al.</i> , 2014)	79

Liste des abréviations

3D : Trois Dimensions

CIRALE : Centre d'Imagerie et de Recherche sur les Affections Locomotrices Equines

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

MIP : Maximal Intensity Projection

MPR : Multi Planar Reconstruction

UH : Unité Hounsfield

Introduction

Le jarret du cheval est une articulation anatomiquement complexe formée de huit os, de nombreuses synoviales tendineuses et articulaires, ainsi que de plusieurs tendons et ligaments. Il est spécialisé dans le mouvement de flexion et d'extension, avec une grande amplitude de mouvement. C'est pour cela qu'il est soumis à de nombreuses contraintes biomécaniques. Des lésions ostéochondrales juvéniles, dégénératives, de fatigue ou traumatiques y sont souvent retrouvées.

Sa complexité anatomique et les limites intrinsèques de chaque technique d'imagerie médicale nécessitent l'association des divers outils d'imagerie pour évaluer son intégrité. La tomodensitométrie bien que complexe d'utilisation pour cet organe s'avère utile pour diagnostiquer certaines affections et l'apprentissage de l'anatomie de cette région.

Le but de cette thèse est de présenter un ensemble de coupes scanner et une modélisation trois dimensions de l'articulation du tarse saine pour ensuite réaliser des évaluations de connaissances afin d'aider à l'apprentissage de l'anatomie du tarse pour les étudiants vétérinaires.

Première partie : rappels et généralités

I. Bases techniques de tomodensitométrie

A. Instrumentation

Un scanner ou tomodensitomètre est composé d'un générateur, d'un portique en forme d'anneau contenant le tube à rayons X et les détecteurs, d'une table pour le patient, de matériel informatique et d'une console opérateur (Saunders et Ohlerth, 2011).

Le trou central du portique accueille le patient grâce à une table coulissante dont la hauteur est ajustable. On peut définir un plan x-y dans le plan de l'anneau du scanner dont l'axe x est horizontal et l'axe y vertical. Une troisième dimension z sera représentée selon l'orientation du patient. Le tube à rayons X tourne autour du patient et permet de reconstruire des coupes anatomiques (Saunders et Ohlerth, 2011).

1. Tube à rayons X

C'est un tube sous vide composé d'une cathode et d'une anode et produisant des rayons X. Comme le montre la figure 1, la cathode, un filament de tungstène, libère des électrons lorsqu'elle est soumise à un courant de quelques ampères. Une source d'alimentation haute tension est connectée entre la cathode et l'anode pour accélérer la production d'électrons et ainsi créer un flux. Ce flux d'électrons vient percuter l'anode, un disque de tungstène, et environ 1 % de l'énergie cinétique produite est convertie en rayons X envoyés perpendiculairement au flux d'électrons. Le reste de l'énergie est converti en chaleur. Celle-ci pouvant monter jusqu'à 1500°C, différents éléments permettent le refroidissement de l'appareil (qui ne seront pas détaillés ici) (Saunders et Ohlerth, 2011 ; CEA, 2014).

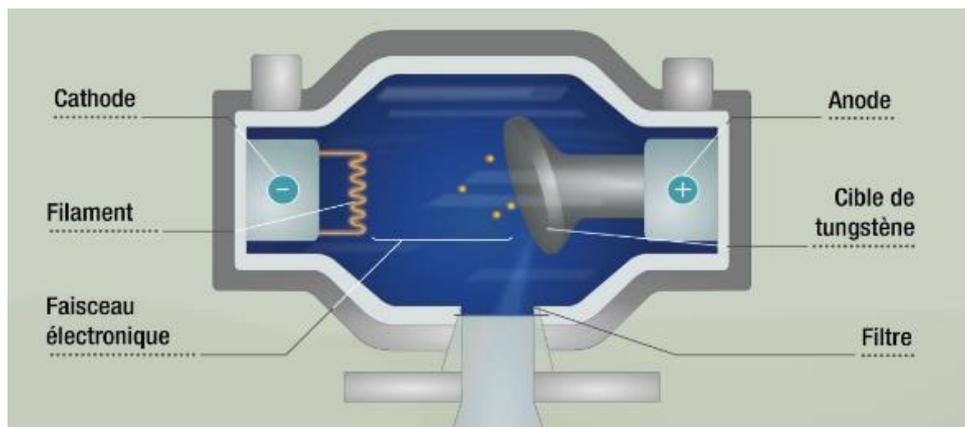


Figure 1 : Tubes à rayons X (CEA, 2014)

2. Collimateurs et filtration

Les collimateurs, filtres et éléments de blindage varient selon les appareils mais offrent toujours les mêmes fonctions. Ils filtrent le spectre de rayons X, définissent l'épaisseur des coupes, protègent

les détecteurs des radiations diffusées et assurent une protection générale contre les radiations (Saunders et Ohlerth, 2011).

Le collimateur sert à assurer une bonne qualité d'image et à réduire les doses de rayonnement inutiles pour le patient. Il est composé de matériaux très absorbants comme le tungstène ou le molybdène. Deux collimateurs sont présents :

- Le *collimateur pré-patient* est placé entre le tube à rayons X et le patient. Il sert à régler la largeur du faisceau de rayons X, avant qu'il ne pénètre dans le patient, en restreignant la zone à examiner : il définit en fait l'épaisseur de la coupe.
- Le *collimateur post-patient* est placé entre le patient et le détecteur. Il améliore la sensibilité des coupes en donnant une forme plus rectangulaire.

Les filtres ont pour but de supprimer les rayonnements à faible énergie qui participent à la dose reçue par le patient et à la diffusion du rayonnement mais pas au signal détecté (Saunders et Ohlerth, 2011).

3. Systèmes de détection

Le détecteur enregistre la quantité de rayonnement ionisant incident. Il existe deux types de détecteurs : les *chambres d'ionisation* et les *cristaux scintillants*. C'est le second qui est principalement utilisé de nos jours et décrit ici (Saunders et Ohlerth, 2011).

Il est composé de cristaux tels que l'iodure de césium ou le tungstate de cadmium, et de matériaux céramiques tels que l'oxysulfure de gadolinium. Soumis à une stimulation par les rayons X, ces cristaux émettent une lumière dont l'intensité est proportionnelle au faisceau reçu. Cette lumière est ensuite convertie en signal électrique qui est ensuite amplifié et converti en forme numérique (Ruel, 2000 ; Saunders et Ohlerth, 2011).

4. Anatomie du portique

Avec l'évolution, plusieurs générations de scanners ont vu le jour, permettant un examen plus rapide et plus précis. Aujourd'hui ce sont principalement les scanners de troisième et quatrième génération qui sont utilisés (Ruel, 2000).

Dans les scanners de troisième génération, le tube à rayons X et les détecteurs (300 à 700 capteurs) tournent conjointement, on parle de mouvement de « rotation-rotation » comme sur la figure 2. Tandis que dans ceux de quatrième génération, les détecteurs (jusqu'à 2400 capteurs) sont disposés en couronne tout autour du patient et seul le tube à rayons X tourne, on parle de système « rotation-fixe » comme sur la figure 2 (Ruel, 2000 ; Saunders et Ohlerth, 2011 ; Contardi *et al.*, 2019).

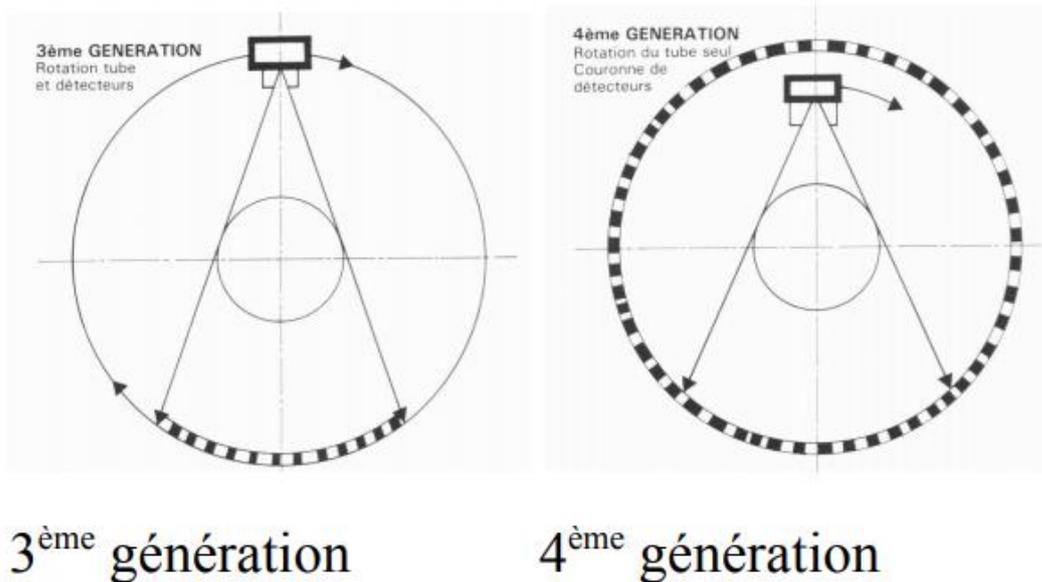


Figure 2 : Anatomie du portique des scanners de 3ème et 4ème génération (Contardi et al., 2019)

Les composants du portique nécessitent un certain nombre de connexions électriques. Dans les systèmes les plus anciens, ces connexions étaient établies à l'aide de câbles de longueur finie et permettant une rotation d'environ 700°. L'alternative à ce système de câble est la technologie à bague collectrice. Elle permet la rotation circulaire continue du tube à rayons X et des autres composants du portique. Elle a finalement permis la conception du scanner hélicoïdal moderne (Saunders et Ohlerth, 2011).

Le scanner hélicoïdal représente un système de scanner utilisant la technologie à bague collectrice dans laquelle une rotation continue du tube à rayons X est utilisée avec une translation de table simultanée et continue à travers le portique. Le tube à rayons X décrit ainsi un chemin hélicoïdal autour du patient. Les scanners hélicoïdaux peuvent être à coupe unique ou multi-coupes en fonction du nombre maximal d'images en coupe générées par rotation du portique. Aujourd'hui toutes les machines récentes sont multi-coupes et permettent d'imager un volume donné beaucoup plus rapidement (Saunders et Ohlerth, 2011).

B. Interprétation des images

1. Coefficients d'atténuation

Le scanner forme des images dans différents niveaux de gris après réception d'un faisceau de rayons X qui a été atténué par la région corporelle étudiée. Les capteurs mesurent donc la quantité de rayons X ayant traversé la région corporelle, dont le coefficient d'atténuation peut alors être calculé. En mesurant l'atténuation des rayons X, il est possible de calculer la densité des tissus traversés (Ruel, 2000).

Le coefficient d'atténuation, appelé μ , est une quantité physique, fortement dépendante de l'intensité du faisceau incident, il ne peut donc pas être utilisé en tant que tel pour l'interprétation et la comparaison d'images. Pour cela, l'unité utilisée est le nombre scanner ou unité Hounsfield (UH) qui

prend en compte le coefficient d'atténuation du corps étudié et le compare à celui de l'eau, pris comme valeur de référence (Ruel, 2000).

Calcul du nombre scanner ou UH d'un corps A :

$$\text{Nombre scanner corps A} = \frac{\mu_A - \mu_{eau}}{\mu_{eau}} \times 1000$$

Ainsi, les valeurs en UH de différents tissus sont définies comme relativement stables et hautement indépendantes de l'intensité des rayons X émis (Ruel, 2000 ; Saunders et Schwarz, 2011).

2. Représentation des densités

À partir des valeurs mesurées par les détecteurs, l'ordinateur reconstruit une image en niveaux de gris sous la forme d'une coupe. Aux différents coefficients d'atténuation correspondent différentes tonalités de gris, et le récepteur peut distinguer au moins 4096 nuances de gris. L'atténuation complète des rayons X se traduit par un point blanc et l'absence d'atténuation par un point noir (Ruel, 2000 ; Saunders et Schwarz, 2011).

Cependant, l'œil humain ne peut distinguer que 30 à 90 nuances de gris et les écrans utilisés peuvent en distinguer 256. La technique utilisée pour examiner les images de façon précise est donc de n'utiliser qu'une partie de l'information en choisissant un niveau et une largeur de fenêtre (Ruel, 2000 ; Saunders et Schwarz, 2011).

Dans un premier temps, le lecteur se place donc au niveau du tissu d'intérêt, c'est-à-dire au niveau de sa densité, et les 256 densités situées autour de cette valeur seront représentées. L'information globale n'est pas perdue, mais elle n'apparaît pas à l'écran. Toutes les valeurs inférieures sont représentées en noir et toutes les valeurs supérieures en blanc (Ruel, 2000 ; Saunders et Schwarz, 2011).

Dans un second temps, à un niveau déterminé, on choisit la largeur de la fenêtre. En réduisant la largeur de la fenêtre, on va augmenter le contraste et donc mieux distinguer des densités très proches les unes des autres. À l'inverse, si on élargit la fenêtre, on représente sur une même échelle de gris des densités très différentes, on diminue donc le contraste (Ruel, 2000).

C. Qualité et traitement de l'image

1. Résolution, bruit et exposition du patient

La résolution de l'image dépend de la finesse et de la taille de la matrice. Pour une même surface, la représentation sera plus exacte si le nombre de pixels est plus grand. L'augmentation de la finesse de la matrice est limitée car elle implique l'augmentation de l'irradiation du patient. En effet, si le nombre de pixels augmente et le nombre de rayons X reste identique, il n'y aura plus un nombre suffisant de rayons X par pixel pour obtenir des mesures précises en raison du bruit associé à la mesure, signal aléatoire qui se surajoute à l'image et en brouille l'information. L'amélioration de la résolution implique donc une irradiation supérieure (Ruel, 2000).

La finesse de l'image peut aussi augmenter en choisissant des coupes plus fines. La conséquence est la même, une augmentation de l'irradiation pour obtenir une image de meilleure qualité. Pour augmenter la dose reçue par les détecteurs, il faut augmenter le milliampérage (mA), les kilovolts

(kV) ou le temps d'exposition (s). L'animal étant anesthésié, il est possible d'augmenter ce dernier critère sans craindre un flou cinétique (Ruel, 2000).

2. Filtres

Les filtres permettent de modifier l'apparence de l'image afin de se focaliser sur un type de structure en particulier et ainsi mieux la visualiser (Ruel, 2000).

Le filtre osseux, comme son nom l'indique, permet de mieux visualiser les tissus osseux. Pour cela, il privilégie la résolution spatiale de l'image et renforce les détails (Ruel, 2000).

Le filtre tissus mous permet lui de mieux visualiser ces tissus. Pour ce faire, la résolution spatiale est diminuée et le contraste augmenté (Ruel, 2000).

3. Reconstruction multi-plans

L'examen scanner permet de reconstruire artificiellement des coupes dans des plans différents du plan d'acquisition de la machine. En effet, les images scanner sont acquises sous forme de coupes transversales du patient. Les données sont empilées le long de l'axe déterminé par l'orientation du patient pour créer un volume, puis redécoupées à nouveau le long des autres plans pour créer des coupes sagittales, dorsales ou obliques. Ainsi il suffit d'orienter l'image sur un axe, n'importe lequel dans l'espace, pour ensuite avoir toutes les images reconstituées dans cet axe. C'est ce qu'on appelle la reconstruction multi-plans. La qualité de ce mode augmente avec la finesse des coupes (Kinns *et al.*, 2011)

La reconstruction multi-plans peut s'avérer très utile pour l'évaluation précise de certaines lésions dans l'espace (Kinns *et al.*, 2011).

4. Reconstruction en trois dimensions (3D)

Le scanner par sa très grande précision en matière de densité radiographique permet par des techniques de seuillage et de modélisation 3D d'obtenir des reconstructions surfaciques 3D des formations anatomiques examinées notamment des formations osseuses ou des tissus mous injectés. Ce mode de représentation 3D est très intéressant pour une évaluation volumique des lésions (ex : modélisation en 3D d'une fracture complexe) et à titre pédagogique pour des étudiants vétérinaires tout comme pour la présentation d'informations aux clients/propriétaires des animaux examinés. Les lésions, qu'elles affectent l'appareil locomoteur ou qu'elles concernent les tissus mous ou les vaisseaux, sont beaucoup plus faciles à comprendre lorsqu'elles sont visualisées à l'aide de cette méthode (Kinns *et al.*, 2011).

Un autre mode est la projection d'intensité maximale (MIP pour Maximal Intensity Projection) qui utilise l'intensité maximale rencontrée par chaque rayon et l'affiche sous la forme d'une projection bidimensionnelle pouvant être pivotée sur n'importe quel plan pour une évaluation tridimensionnelle. Dans le rendu en volume, chaque voxel est représenté en utilisant une opacité et une couleur pour donner à l'image résultante un aspect réaliste. Les gammes de couleurs utilisées peuvent être personnalisées par l'utilisateur pour créer une variété d'effets visuels (Kinns *et al.*, 2011).

La reconstruction par projection d'intensité maximale est particulièrement utile pour évaluer les vaisseaux sanguins après injection de produit de contraste. Comme la plupart des structures

environnantes sont automatiquement supprimées de l'image, les vaisseaux peuvent être visualisés plus facilement qu'avec les techniques de reconstruction multiplanaires ou 3D standard (Kinns *et al.*, 2011).

D. Produit de contraste

Le produit de contraste peut être utilisé pour de nombreuses applications, nous nous intéresserons ici à l'administration intravasculaire et intra-articulaire. En effet, l'utilisation de produit de contraste améliore l'utilité clinique du scanner pour l'identification et la caractérisation des lésions des tissus mous incluant les tendons, les ligaments et les formations synoviales (Pollard et Puchalski, 2011).

1. Intra-articulaire

L'injection de produit de contraste en intra-articulaire permet de mettre en évidence la synoviale articulaire étudiée et donc des défauts de l'articulation. L'épaisseur du cartilage peut être appréciée en évaluant la largeur de l'espace entre l'os sous-chondral et le produit de contraste. Le produit de contraste peut également remplir un défaut d'ossification sous-chondral, confirmant une communication avec l'espace articulaire (Saunders et Bergman, 2011).

2. Intravasculaire

L'utilisation de produit de contraste en injection intravasculaire permet de voir les détails anatomiques du réseau vasculaire. D'abord, le produit de contraste met directement en évidence le *flux sanguin et les vaisseaux/capillaires associés*. Puis, étant donné que la plupart des agents de contraste sont de petites particules, elles diffusent librement à travers les parois endothéliales, de sorte que le second mécanisme de mise en évidence du contraste est le reflet de la *perméabilité vasculaire* (Pollard et Puchalski, 2011).

L'intérêt est d'identifier et caractériser les lésions des tissus mous, quantifier le flux sanguin et effectuer un angiogramme sélectif. Le moment choisi pour le début de la perfusion du produit de contraste devrait en permettre l'afflux et l'extravasation dans les régions lésées avant l'acquisition du scanner afin de mieux caractériser les lésions des tissus mous (Pollard et Puchalski, 2011).

Chez la plupart des espèces, une dose systémique corporelle totale est administrée par voie intraveineuse. Cependant, la dose systémique de produit de contraste chez le cheval n'a pas été établie. En règle générale, la dose systémique équine est extrapolée à partir de données chez l'homme ou le petit animal, ce qui entraîne un volume important et coûteux de produit de contraste. Le volume important est difficile à administrer et peut coûter très cher et en pratique, il n'est pas envisageable par voie systémique d'atteindre les concentrations sanguines utilisées en médecine humaine. Pour contourner cette limite majeure tout en bénéficiant de la technique, l'administration locale de produits de contraste via une artère périphérique peut être utilisée dans certains sites anatomiques d'importance clinique (Pollard et Puchalski, 2011).

Pour quantifier le flux sanguin, plusieurs images doivent être obtenues avant l'arrivée du produit de contraste dans la région. Cela peut être fait avec des protocoles spécialisés et un logiciel. Dans ces protocoles, la numérisation commence avant l'injection de produit de contraste. Pour effectuer une angiographie, afin d'évaluer la perméabilité vasculaire (dans le cas de la fourbure) ou le traumatisme

d'un membre distal, la perfusion de produit de contraste doit commencer au moment de l'acquisition ou juste avant (Pollard et Puchalski, 2011).

L'interprétation d'images avec produit de contraste injecté par voie intra-artérielle nécessite une approche méthodique avec une comparaison simultanée avec des images pré- et post-contraste. Le produit de contraste facilite l'interprétation de plusieurs manières, principalement en augmentant la visibilité des lésions. Le produit de contraste peut également aider à caractériser les lésions, à évaluer la cicatrisation au fil du temps et à identifier les zones d'hyperhémie. Les lésions des tendons et des ligaments sont généralement mises en évidence par extravasation du produit de contraste ou par la formation de néovaisseaux. Le couplage de l'analyse du tissu mou avec produit de contraste et des avantages de la tomodensitométrie pour l'imagerie osseuse constitue une excellente technique d'évaluation complète de nombreuses régions anatomiques impliquées dans une boiterie équine (Pollard et Puchalski, 2011).

II. Rappels sur l'anatomie du tarse

Le tarse constitue le premier segment du pied. Il est formé de deux rangées d'os courts qui sont moins nombreux et plus volumineux dans la rangée proximale.

A. Ostéologie

Les figures 3 et 4 présentent les formations osseuses du tarse (Barone, 1986).

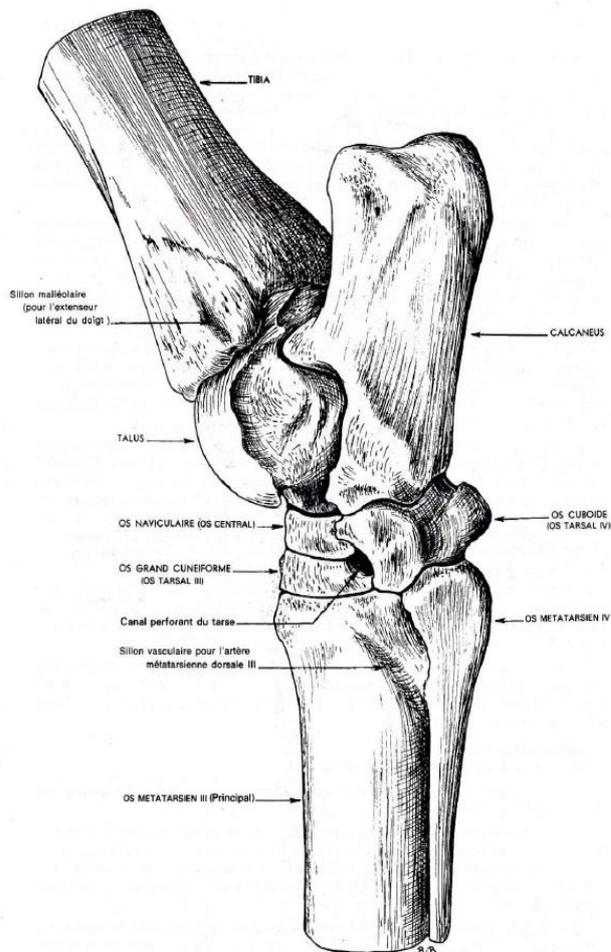


Figure 3 : Vue latérale d'un tarse gauche de cheval (Barone, 1986)

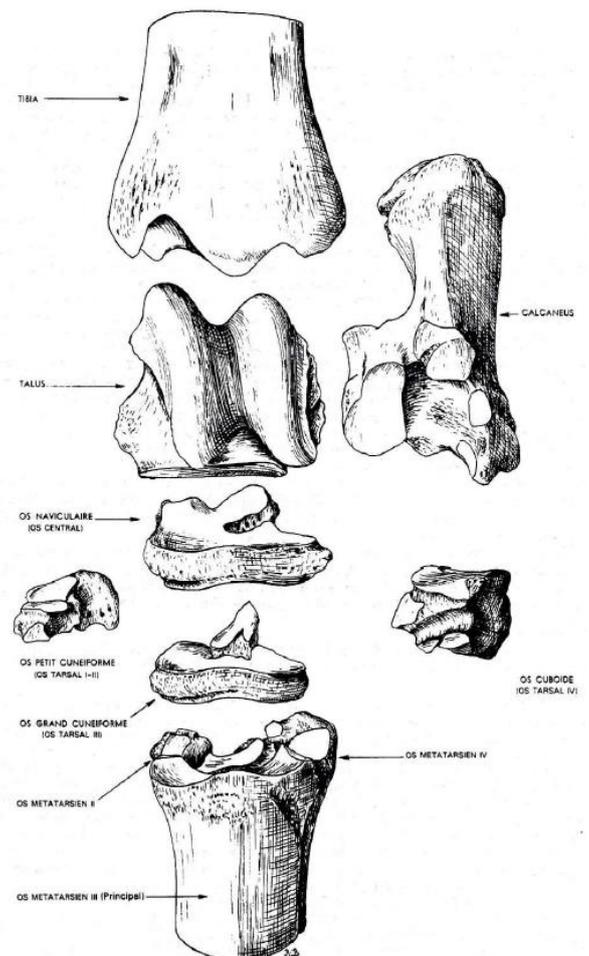


Figure 4 : Vue dorsale d'un tarse gauche de cheval - Os disjoints (Barone, 1986)

1. Rangée proximale du tarse

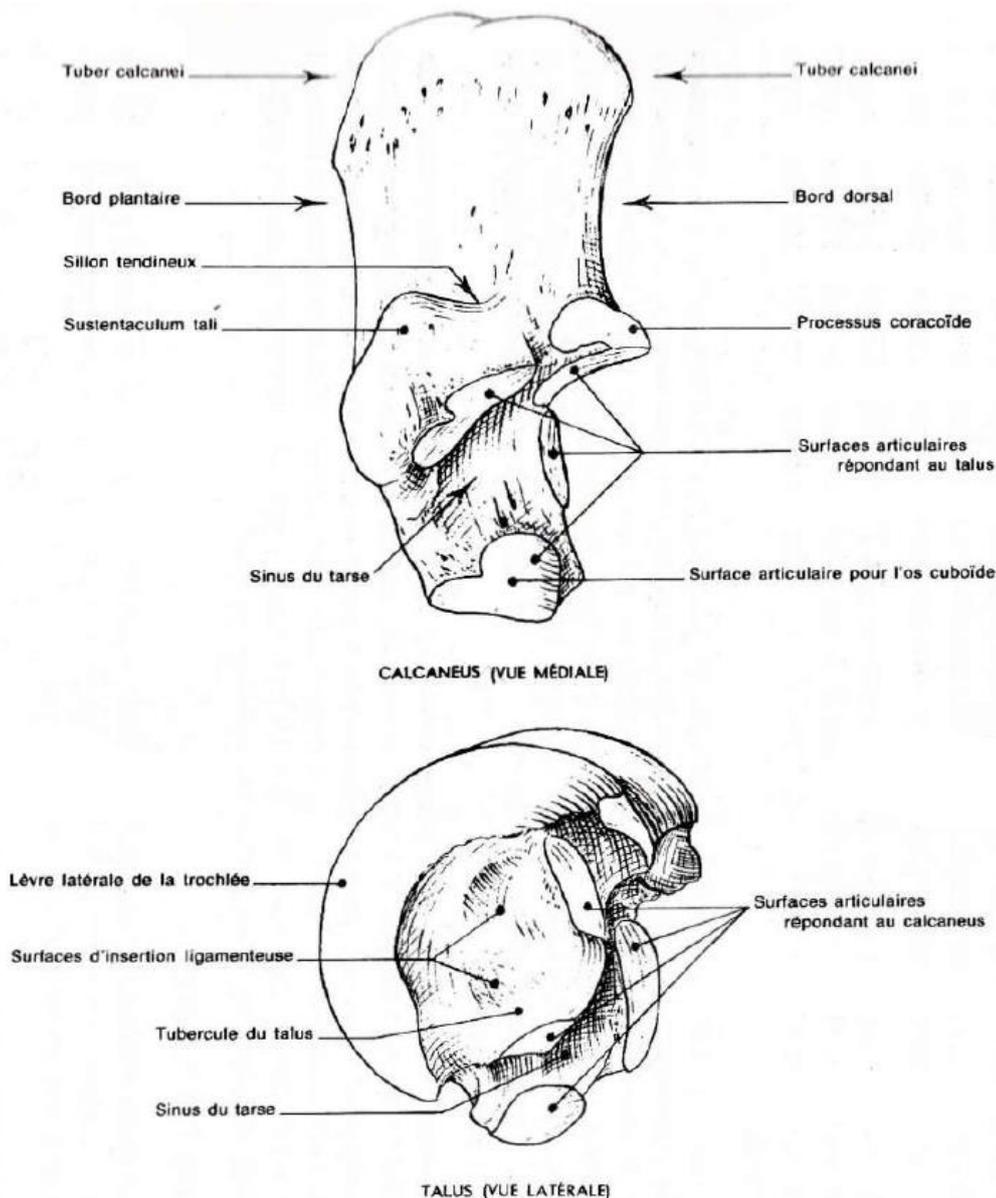


Figure 5 : Vue médiale du calcanéus et vue latérale du talus - Tarse gauche - Os isolés (Barone, 1986)

La rangée proximale du tarse répond à l'os de la jambe, le tibia. Elle est composée de deux os, le calcanéus et le talus représentés sur la figure 5.

Le calcanéus est situé latéralement et caudalement au talus, il est articulé distalement avec l'os tarsal IV. Chez le cheval, le calcanéus est court et massif. L'extrémité proximale, le tuber calcanei, est non articulaire et est divisée par une rainure transversale. Cette dernière sépare le lobe plantaire où s'attache la corde du jarret et le lobe dorsal où glisse le tendon du muscle gastrocnémien. En son bord dorsal, une saillie se relève contre le talus et forme le processus coracoïde. En partie distale de la face médiale se forme une forte saillie osseuse nommée sustentaculum tali. La face plantaire de ce relief est largement creusée en un sillon tendineux permettant le glissement du

tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt. L'articulation avec le talus se fait par quatre facettes planiformes séparées par une large dépression formant le sinus tarsien.

Le talus assure la plus grande partie de l'articulation entre la jambe et le tarse par la cochlée du tibia. Il répond d'autre part caudo-latéralement au calcanéus et distalement aux os central du tarse et tarsal IV par des surfaces articulaires planiformes. Il est de forme relativement cuboïde et articulé du côté proximal avec le tibia et du côté latéral et plantaire avec le calcanéus. La partie distale répond largement à l'os central du tarse et par une faible surface à l'os tarsal IV. La trochlée est formée par deux lèvres obliques dorso-latéralement, dont chacune répond à l'une des gorges de la cochlée tibiale. Du côté médial, le corps du talus présente une face libre, irrégulière et rugueuse, pourvue de reliefs d'insertions ligamentaires dont le plus volumineux constitue le tubercule du talus.

2. Rangée distale du tarse

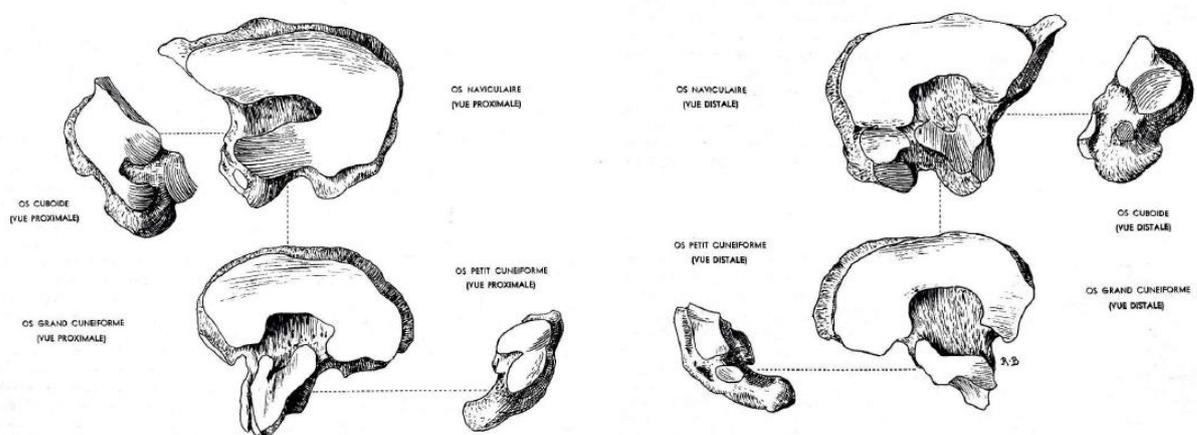


Figure 6 : Vue proximale et distale des os de la rangée distale d'un tarse gauche de cheval - Os disjoints (Barone, 1986)

La rangée distale répond aux os métatarsiens. Du côté médial, elle présente deux étages, en raison du développement de l'os central du tarse, enclavé entre les deux rangées. Les os disjoints peuvent être aperçus sur la figure 6.

L'os central du tarse, est plat, elliptique, allongé transversalement. Sa face proximale est occupée par une surface articulaire légèrement concave, qu'une forte rainure d'insertion ligamentaire échancre latéralement, en lui donnant l'aspect d'un U à branches inégales. Sa face distale répond à l'os tarsal III par deux facettes : l'une plantaire, concave, et l'autre dorsale, convexe. Du côté plantaire et médial se trouve une autre facette répondant à l'os tarsal I-II. Le bord latéral présente deux facettes planiformes pour répondre à l'os tarsal IV. Il délimite avec les os tarsal IV et tarsal III un canal vasculaire dit canal perforant du tarse

L'os tarsal IV est relativement volumineux et est parallélépipédique, étiré dans le sens dorso-plantaire. Il occupe à lui seul la même hauteur que les os central du tarse et tarsal III. Sa face

proximale possède une grande facette articulaire latérale qui répond au calcaneus et une de plus petite médiale, au talus. La face distale répond à l'os métatarsien rudimentaire latéral (os métatarsien IV) et au métatarsien principal (os métatarsien III). La face médiale s'oppose à l'os tarsal III et à l'os central du tarse. La face latérale est pourvue d'un sillon tendineux limité du côté plantaire par une forte tubérosité d'insertion.

L'os tarsal III est très plat, large, triangulaire à pointe caudale fortement saillante et à base dorsale arrondie d'un côté à l'autre. La face proximale répond à l'os central du tarse par deux surfaces articulaires séparées par une profonde excavation à insertion ligamentaire. La face distale présente également deux surfaces séparées par une forte excavation d'insertion : une surface dorsale allongée, large et onduleuse et une plantaire beaucoup plus petite ; elles répondent à l'os métatarsien principal. Les bords répondent à l'os tarsal IV latéralement et à l'os tarsal I-II médialement.

L'os tarsal I-II est médial et plantaire. Il est très irrégulier, aplati dans le sens proximo-distal. Sa face latérale possède une facette proximale répondant à l'os tarsal III et une très réduite distalement à l'os métatarsien principal. La face proximale possède une facette concave pour l'os central du tarse et la distale répond à l'os métatarsien rudimentaire médial, l'os métatarsien II.

B. Articulations du tarse

Les articulations du tarse sont multiples et de type synovial. Elles peuvent être séparées en deux catégories, les articulations extrinsèques qui relient les os du tarse à l'extrémité distale de la jambe et au métatarse et les articulations intrinsèques qui relient les os du tarse entre eux (Barone, 2000).

1. Articulation crurotarsienne

L'articulation crurotarsienne est une articulation synoviale du type trochléaire, qui unit l'extrémité distale du tibia au tarse proximal par le talus. On la qualifie aussi de tibio-talienne.

a. Surfaces articulaires

La surface articulaire est constituée de la cochlée du tibia et de la surface trochléaire talienne, oblique en direction dorso-latérale. Chaque gorge de la cochlée tibiale est bordée par la malléole correspondante. La malléole latérale est une simple épiphyse du tibia, qui est un vestige de la fibula.

b. Moyens d'union

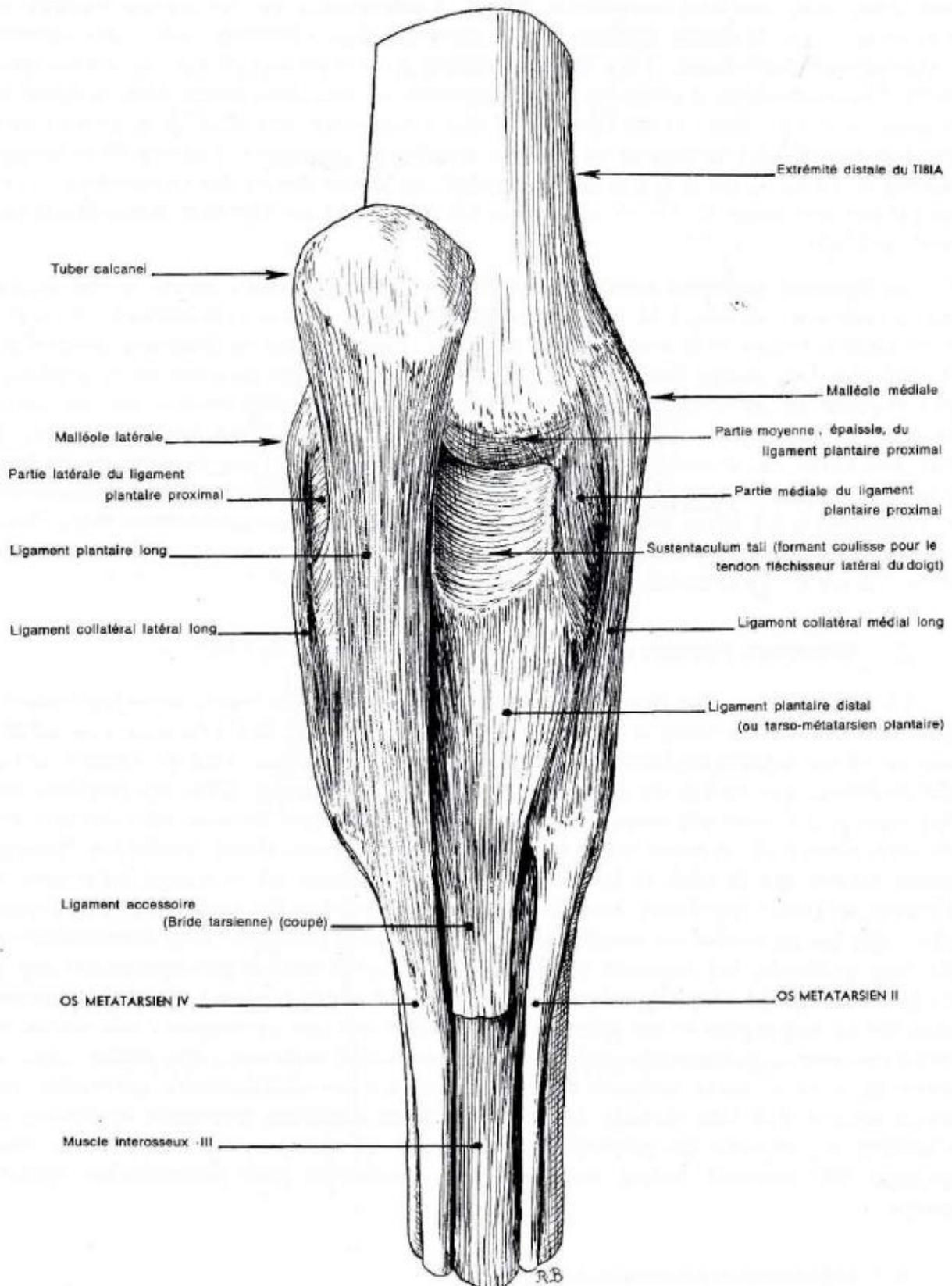


Figure 7 : Vue plantaire de l'articulation du tarse gauche d'un cheval (Barone, 2000)

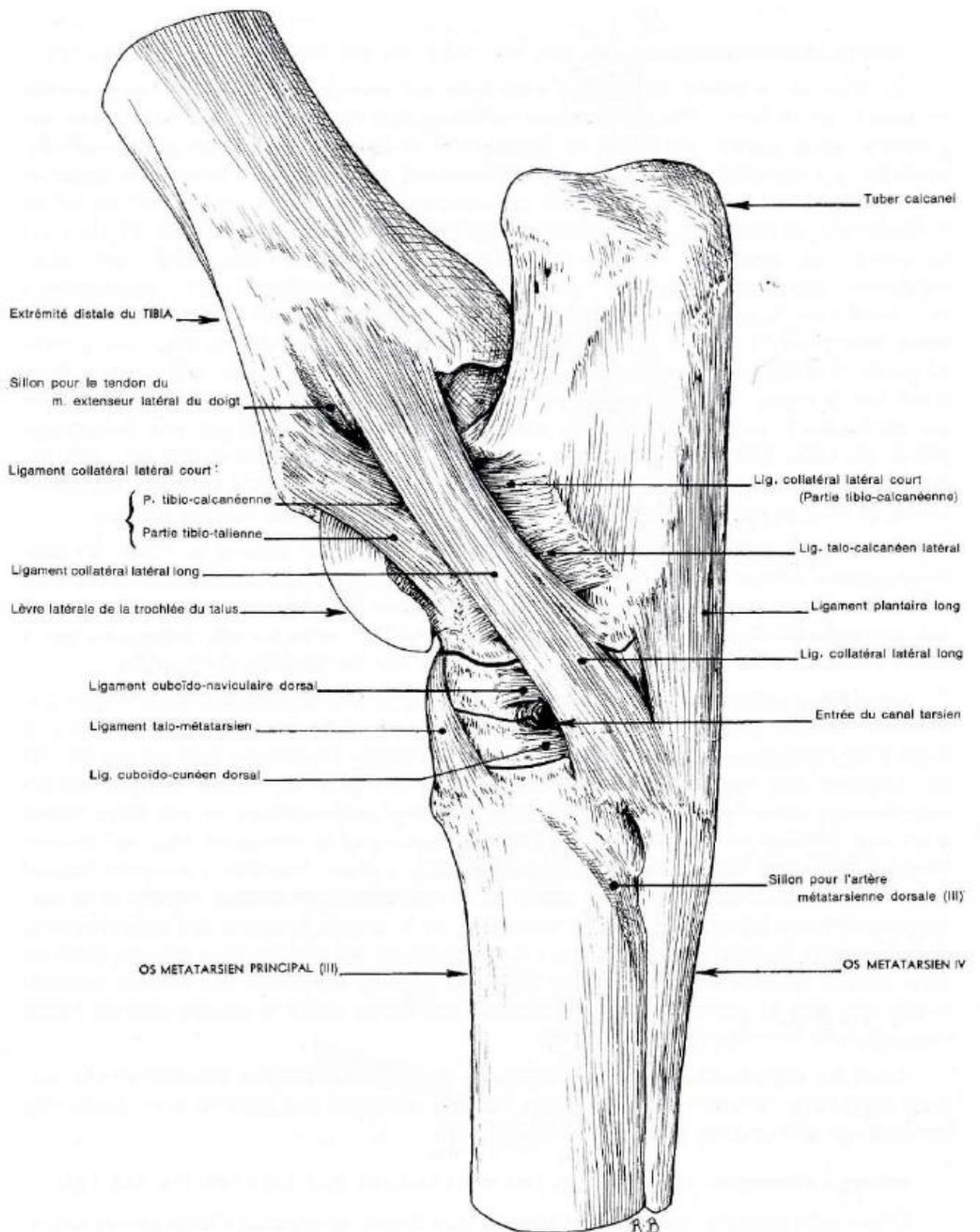


Figure 8 : Vue latérale de l'articulation du tarse gauche d'un cheval (Barone, 2000)

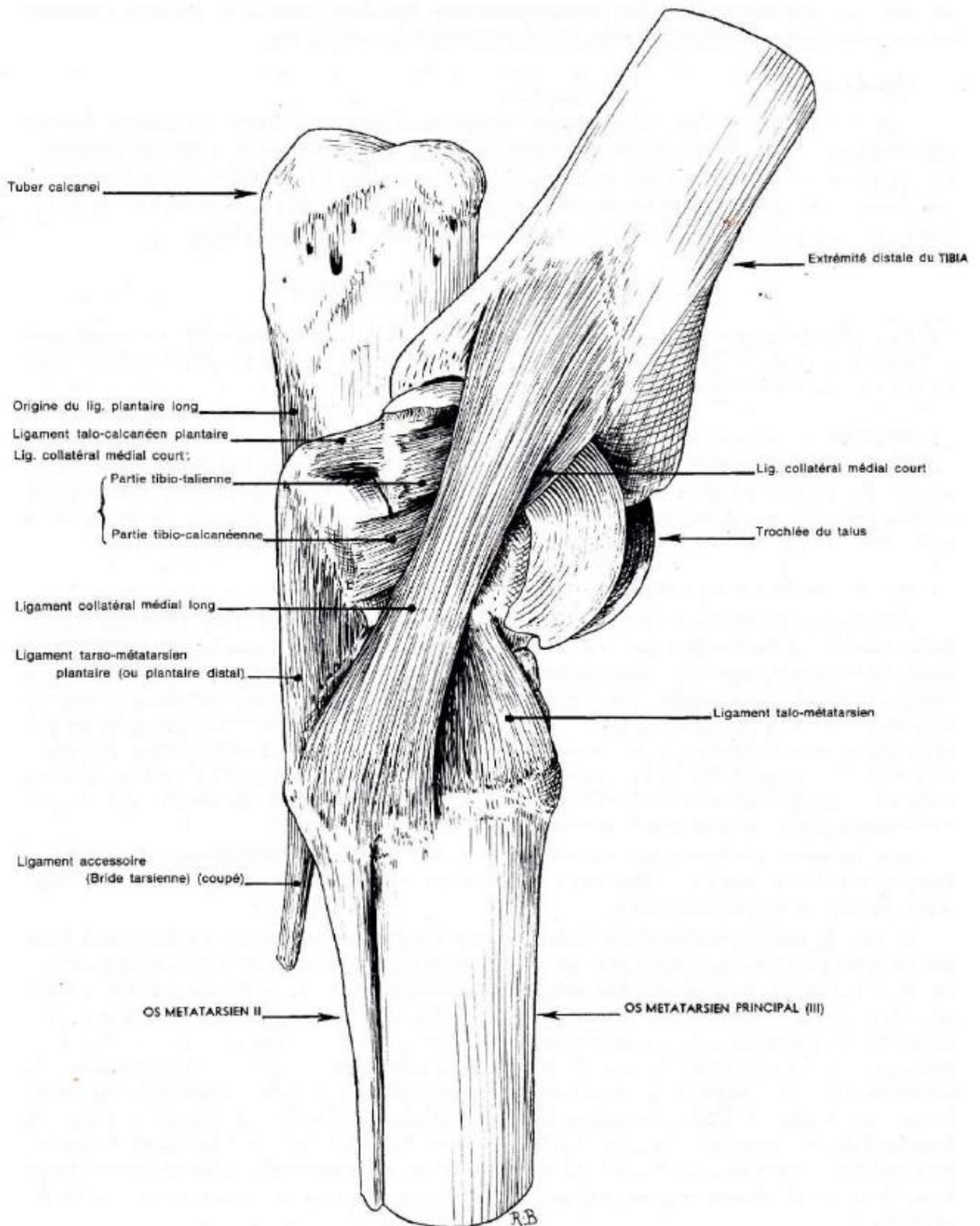


Figure 9 : Vue médiale de l'articulation du tarse gauche d'un cheval (Barone, 2000)

Les moyens d'union sont constitués par des ligaments collatéraux particulièrement développés, ainsi que par deux membranes fibreuses dépendant de la capsule articulaire, l'une dorsale et l'autre plantaire. Ces éléments sont visibles sur les figures 7, 8 et 9.

Le ligament collatéral latéral se divise en deux ligaments, long et court. Le ligament long prend origine sur la malléole latérale. Il délègue une expansion qui s'insère sur le talus, le calcaneus, et l'os tarsal IV. Il se termine sur la tête de l'os métatarsien rudimentaire latéral et sur la partie adjacente du métatarsien principal ; il s'unit distalement à la terminaison du ligament plantaire long. Le ligament court, prend attache sur la partie crâniale de la malléole latérale, se porte en direction disto-plantaire et croise en face profonde le ligament long. Il se divise en deux faisceaux insérés sur les faces latérales du talus et du calcaneus.

Le ligament collatéral médial est aussi divisé en deux ligaments, long et court. Le ligament long prend origine sur la malléole médiale. Légèrement oblique en direction disto-plantaire, ce funicule s'attache sur le tubercule distal du talus puis sur les os central du tarse, tarsal I-II et tarsal III pour finir sur l'os métatarsien rudimentaire médial et la partie adjacente du métatarsien principal. Son bord dorsal s'unit dans sa moitié distale au ligament talo-métatarsien. Le ligament court prend attache sur la partie crâniale de la malléole médiale, se porte en direction disto-plantaire et croise en face profonde le ligament long. Il se divise en une branche courte, talienne et une autre longue, calcaneenne, qui atteint l'extrémité médiale du sustentaculum tali.

La membrane dorsale s'étend de la marge articulaire du tibia au métatarse. Elle rejoint les bords dorsaux des deux ligaments collatéraux longs. Elle s'attache sur la face dorsale de la base du talus, sur les os central du tarse, tarsal III et tarsal IV, ainsi que sur le ligament talo-métatarsien. Elle présente du côté latéral un orifice donnant accès au canal perforant du tarse.

La membrane plantaire prend attache proximatement sur le tibia et distalement sur le sustentaculum tali et le talus, cette membrane rejoint sur les côtés les ligaments collatéraux longs et le faisceau calcaneen du ligament médial court. La partie moyenne du ligament plantaire constitue une surface destinée au glissement du tendon fléchisseur latéral du doigt.

c. Synoviale

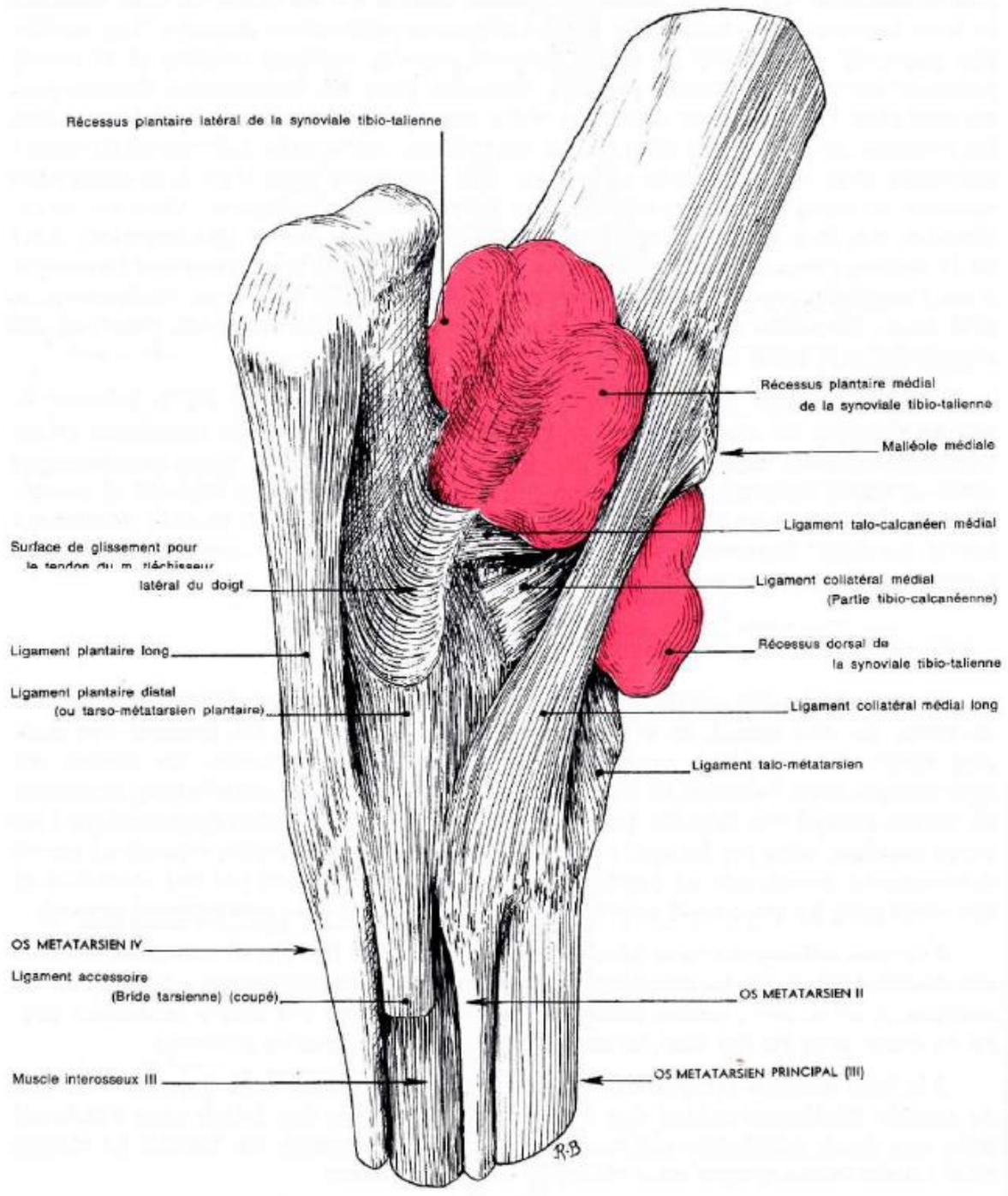


Figure 10 : Vue plantaire légèrement médiale d'un tarse gauche de cheval avec la synoviale cruro-tarsienne injectée (Barone, 2000)

La synoviale cruro-tarsienne, dénommée aussi tibio-tarsienne, visible sur la figure 10, tapisse la face profonde des ligaments collatéraux et des membranes fibreuses dorsale et plantaire. L'expansion plantaire est bilobée en un récessus latéral et un récessus médial qui font saillie de part et d'autre du calcaneus sous chacune des malléoles. Le récessus dorsal est situé dans le pli du tarse.

2. Articulation talo-calcaneenne

a. Surfaces articulaires

L'articulation talo-calcaneenne est une jointure planiforme composee dont on observe les coupes sur la figure 5. Le talus oppose les quatre facettes articulaires de sa face plantaire a celles portees par l'extremite distale du calcaneus. Le sinus du tarse occupe l'espace qui les separe.

b. Moyens d'union

Le ligament interosseux talo-calcaneen est attache dans toute l'etendue du sinus du tarse ; son bord lateral apparait en dessous de l'attache distale du ligament talo-calcaneen lateral. Ce dernier s'etend de la face laterale du calcaneus a la fosse ligamentaire du talus, ou il se confond avec le faisceau talien du ligament collatéral lateral court. Le ligament talo-calcaneen plantaire est etendu du revers dorso-medial de la poulie talienne au processus coracoïde du calcaneus et a la partie adjacente du bord dorsal de cet os. A son extremite mediale s'isole un ligament talo-calcaneen medial cache en grande partie par le ligament collatéral medial court.

c. Synoviale

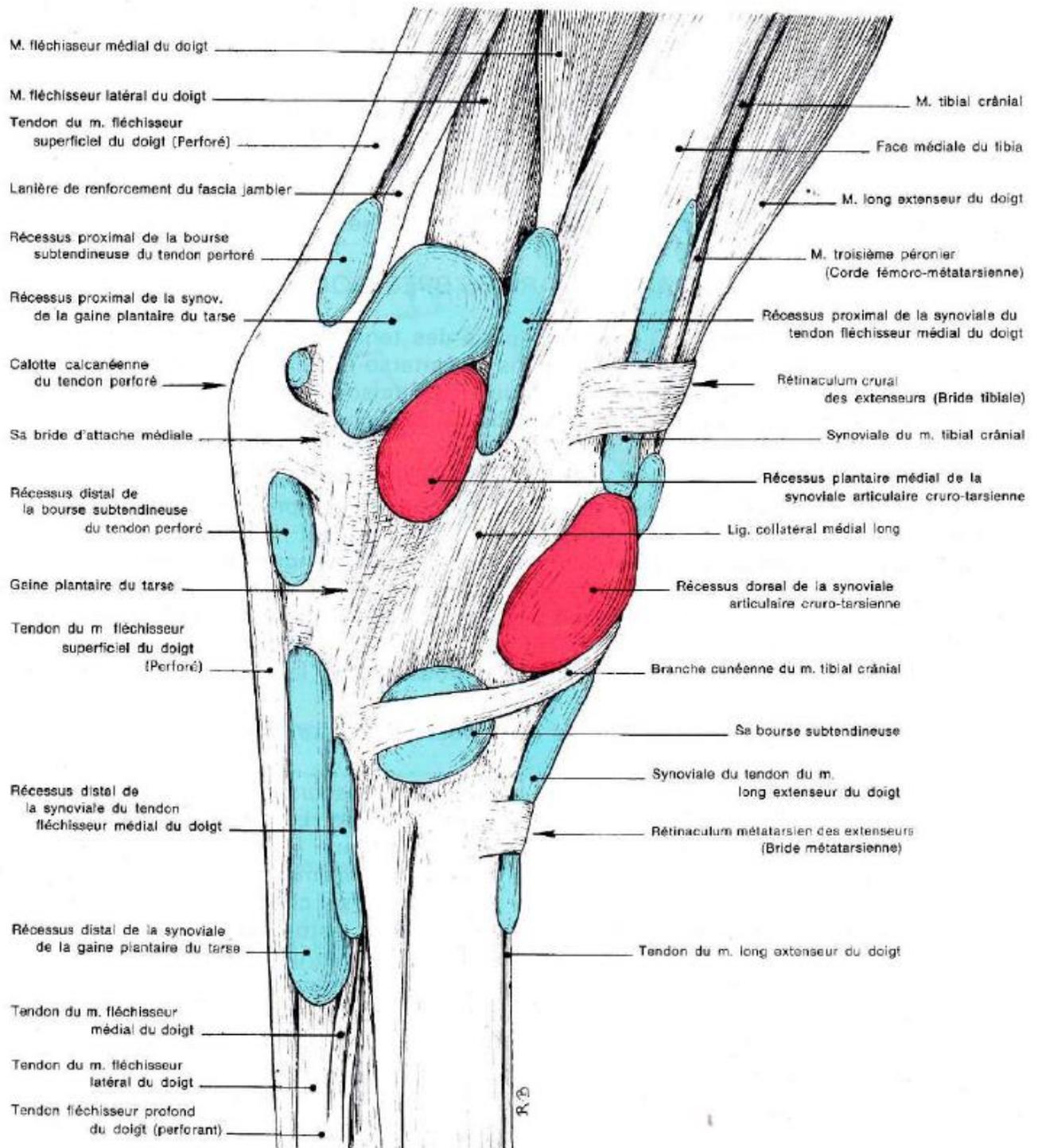


Figure 11 : Vue médiale des tendons, gaines et synoviales du jarret d'un cheval (Barone, 2000)

Il n'existe pas de synoviale propre à l'articulation talo-calcaneenne. Un diverticule de la synoviale tibio-tarsienne descend entre les deux facettes proximales du processus coracoïde et celles qui leur

répondent sur le talus. Les facettes des deux articulations distales sont lubrifiées par des prolongements de la synoviale médio-tarsienne. Il est possible de distinguer les diverticules synoviaux sur la figure 10.

3. Articulation intertarsienne proximale

a. Surfaces articulaires

L'articulation intertarsienne proximale est presque planiforme. Elle répond en quasi-totalité à l'os central du tarse mais porte latéralement une petite facette pour l'os tarsal IV. Le calcanéus répond à l'os tarsal IV par une facette concave et allongée. La surface de l'os tarsal IV est légèrement convexe pour répondre au calcanéus et possède une facette médiale pour le talus.

b. Moyens d'union

Hormis les ligaments collatéraux longs, les moyens d'union sont constitués par les ligaments dorsaux, plantaires et interosseux. Les ligaments dorsaux sont :

- Le ligament talo-métatarsien qui prend origine sur la tubérosité médiale du talus et s'étale sur l'os central du tarse, les os tarsal I-II et III et la moitié médiale de l'os métatarsien principal. Il est couvert par la membrane fibreuse dorsale du tarse et se confond avec le ligament collatéral médial long.
- Le ligament calcanéonaviculaire.

Les ligaments plantaires sont :

- Le ligament plantaire long ou calcanéométatarsien, attaché sur presque tout le bord plantaire du calcanéus, il se termine sur la tête et le bord plantaire de l'os métatarsien rudimentaire latéral en s'unissant au ligament collatéral médial long.
- Le ligament plantaire distal qui appartient aussi aux articulations intertarsiennes distales et tarso-métarsiennes. Ce ligament prend origine à la face plantaire de la partie distale du calcanéus, où il semble faire suite au sustentaculum tali ; il se fixe sur tous les os de la rangée distale, dont il nivelle les inégalités et se termine sur les trois os métatarsiens en couvrant l'origine du muscle interosseux III. Le ligament plantaire distal contribue à former la paroi de la gaine tarsienne. Latéralement, le ligament plantaire distal se confond avec le ligament plantaire long et médialement, il se met en contact avec le ligament collatéral médial long.

Le ligament interosseux principal est le ligament talonaviculaire. Il s'attache sur toute la longueur de l'excavation qui échancre la surface articulaire distale du talus et se termine après un bref trajet vertical dans la rainure rugueuse de la face proximale de l'os central du tarse.

c. Synoviale

La synoviale est peu étendue. Elle communique toujours dorsalement avec la synoviale tibio-tarsienne. Elle délègue deux prolongements, l'un proximal pour l'articulation talocalcanéenne distale, l'autre distal, pour la partie dorsale de l'articulation tarsal IV-os central du tarse.

4. Articulation intertarsienne distale

a. Surfaces articulaires

Les articulations intertarsiennes distales sont serrées. L'os central du tarse répond latéralement à l'os tarsal IV par deux facettes ondulées, l'une dorsale et l'autre plantaire ; il s'articule aux os tarsal I-II et III par une surface légèrement convexe. Les os tarsal I-II et III s'articulent entre eux par une seule facette. L'os tarsal III répond latéralement à l'os tarsal IV par deux facettes, l'une dorsale et l'autre plantaire.

b. Moyens d'union

Les ligaments de la face plantaires sont incorporés au ligament plantaire distal. Les ligaments interosseux sont distingués par :

- Le ligament naviculo-cunéen, qui va de l'échancrure rugueuse de la face distale de l'os central du tarse aux os tarsal I-II et III.
- Le ligament intercunéen, plus ou moins confondu avec le précédent et placé entre les os tarsal I-II et III.
- Les ligaments cuboïdo-naviculaire et cuboïdo-cunéen interosseux, qui concourent à former les parois du canal perforant du tarse.

c. Synoviale

Il n'existe qu'une seule synoviale propre à cet étage articulaire. Cette membrane, spécialement affectée à l'articulation os central du tarse-os tarsal III, envoie des diverticules aux deux articulations plantaires os tarsal IV-os central du tarse et os tarsal IV-os tarsal III. Les facettes dorsales os tarsal IV-os tarsal III et os tarsal I-II-os tarsal III sont lubrifiées par des prolongements proximaux de la synoviale tarso-métatarsienne. L'articulation dorsale de l'os tarsal IV-os central du tarse l'est par une dépendance de la synoviale intertarsienne proximale.

5. Articulation tarso-métatarsienne

a. Surfaces articulaires

C'est une articulation planiforme composée qui oppose l'os tarsal IV et les os tarsal I-II et III à la surface proximale du métatarse. Les surfaces articulaires sont multiples et planes. L'assise tarsienne distale répond au métatarse par sept facettes : trois sur l'os tarsal IV, deux sur l'os tarsal III, deux sur le bord dorsal de l'os tarsal I-II. L'os métatarsien latéral présente une facette répondant à l'os tarsal IV ; sur le métatarsien principal s'appuient l'os tarsal IV et les os tarsal I-II et III. Ces deux derniers os s'articulent chacun par une facette, avec l'os métatarsien médial.

b. Moyens d'union

Les moyens d'union sont constitués sur les côtés, par la terminaison des deux ligaments collatéraux longs, médial et latéral. Ils sont représentés sur la face dorsale, par le ligament talo-métatarsien et par un ligament cuboïdo-métatarsien étendu de l'os tarsal IV à la marge proximale de l'os métatarsien principal. Un ligament interosseux lie l'os tarsal IV et les os tarsal I-II et III, il s'attache dans l'excavation rugueuse comprise entre les branches de l'U que dessine la surface articulaire de l'os métatarsien principal, ainsi que sur les bords adjacents des métatarsiens rudimentaires. Du côté plantaire, l'union est formée par les ligaments plantaire long et plantaire distal.

c. Synoviale

La synoviale de cette jointure donne deux diverticules proximaux, l'un pour l'articulation dorsale de l'os tarsal IV-os tarsal III, l'autre pour l'articulation des os tarsal I-II-os tarsal III et deux diverticules distaux qui lubrifient les articulations intermétatarsiennes.

C. Tendons de la région tarsienne

Les muscles jambiers ont leurs parties charnues au niveau de la jambe. A partir du tarse, ce sont leurs tendons qui sont présents (Barone, 2000).

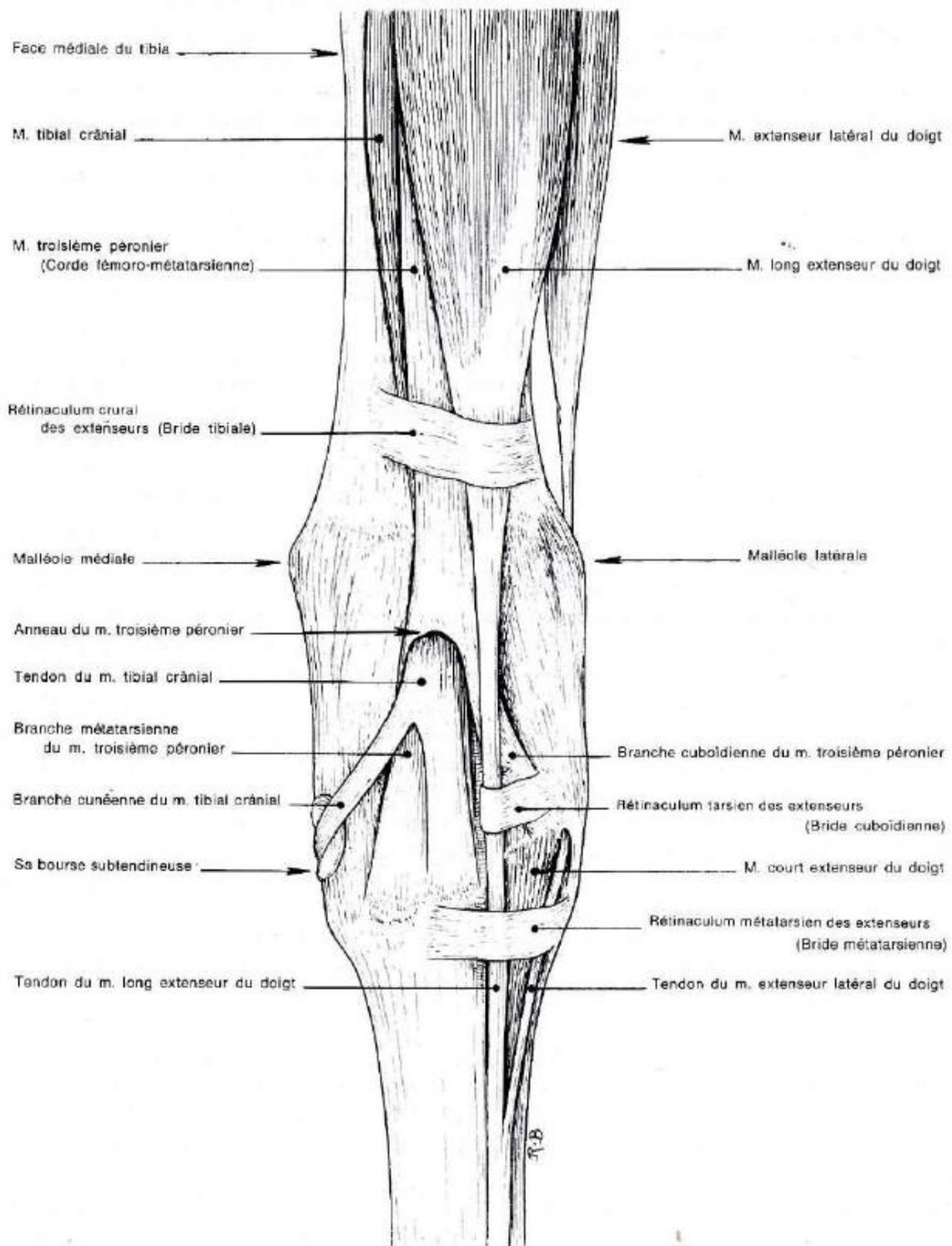


Figure 12 : Vue dorsale des tendons et rétinaculum de la face dorsale du jarret d'un cheval (Barone, 2000)

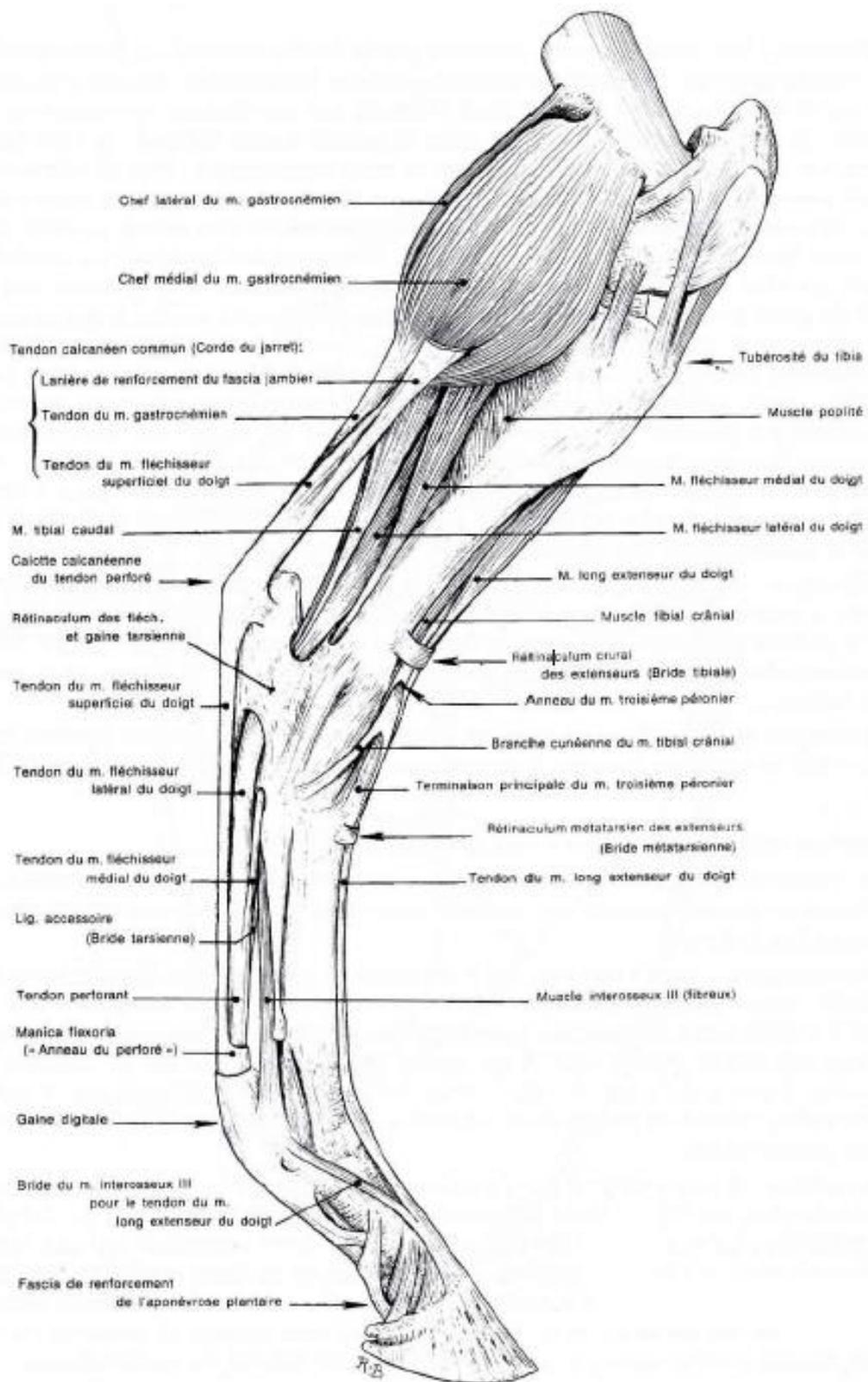


Figure 13 : Vue médiale des muscles de la jambe et du pied d'un cheval (Barone, 2000)

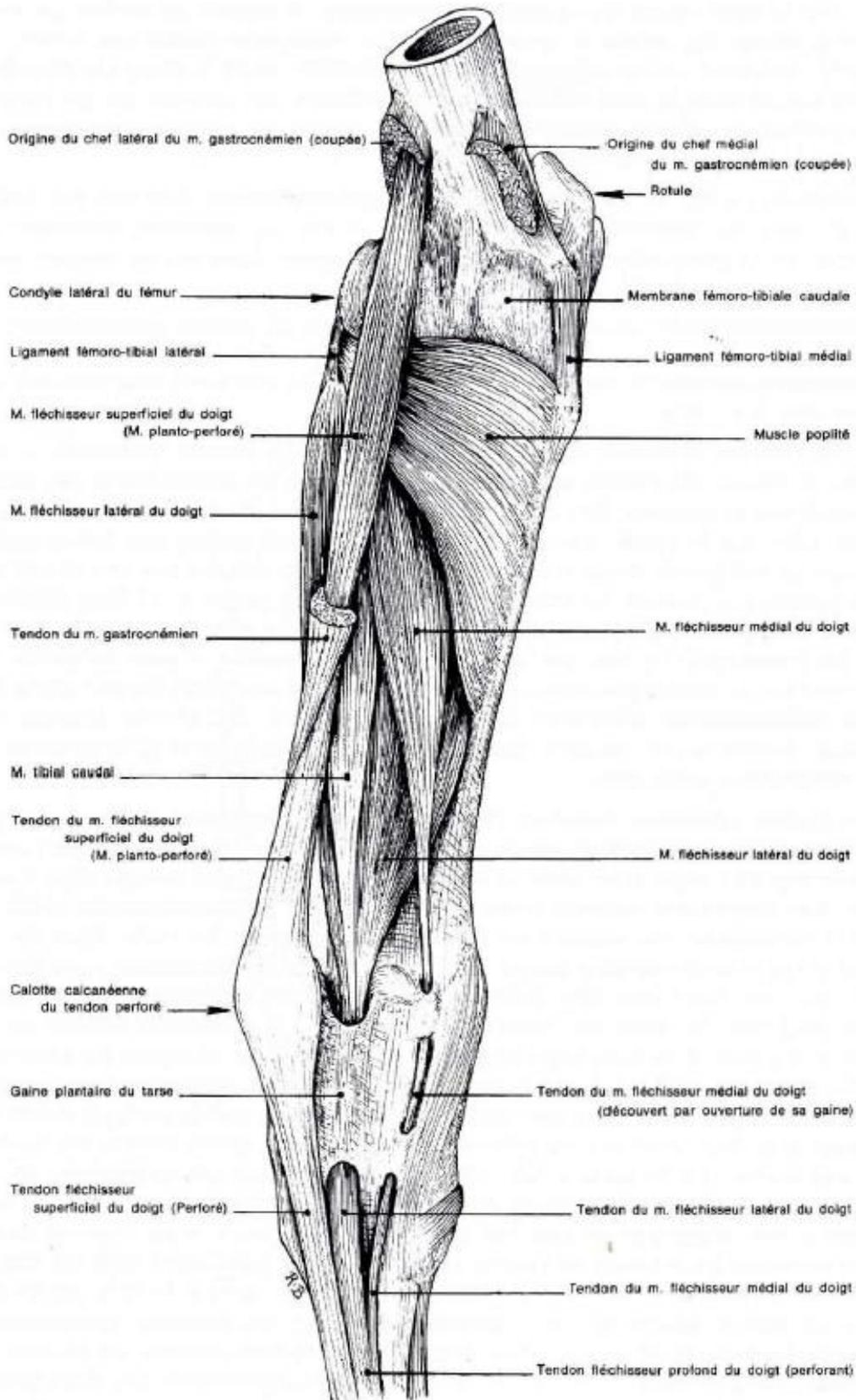


Figure 14 : Vue caudale des muscles profonds de la jambe, après retrait du muscle gastrocnémien (Barone, 2000)

1. Tendons et muscles crâniaux de la jambe

La région crâniale de la jambe comprend quatre muscles : tibial crânial, troisième péronier, long extenseur du doigt et extenseur latéral du doigt visible sur la figure 12.

Le muscle tibial crânial est en situation profonde. Son bord médial affleure le bord crânial du tibia. Son faible corps charnu adhère à la corde du troisième péronier dans sa moitié proximale. Le tendon du muscle tibial crânial passe sous le rétinaculum crural des extenseurs. A la face dorsale du jarret, il traverse l'anneau du troisième péronier et devient superficiel. En regard de la partie moyenne du talus, il se divise. La branche la plus courte s'unit à la branche correspondante du troisième péronier et se termine sur la tubérosité proximo-dorsale de l'os métatarsien principal. La branche longue contourne le tarse et se termine sur l'os tarsal I-II.

Le muscle troisième péronier est fibreux, et forme chez le cheval la « corde fémoro-métatarsienne ». Il prend origine dans la fosse creusée sous la lèvre latérale de la trochlée du fémur, entre celle-ci et le condyle latéral, puis descend dans le sulcus extensorius du tibia. Il donne ensuite insertion au corps charnu du muscle long extenseur du doigt, dont il constitue le tendon d'origine. Il se continue entre ce corps charnu et le muscle tibial crânial, qui lui adhère. Il passe enfin sous le rétinaculum avec le tendon du muscle tibial crânial, qu'il couvre, et avec celui du muscle long extenseur du doigt, qui couvre son bord latéral. En regard du talus, il forme l'anneau que traverse le tendon du muscle tibial crânial et se divise ensuite en deux branches terminales. La plus courte se termine sur la tubérosité proximo-dorsale de l'os métatarsien principal. La plus longue se termine sur l'os tarsal IV.

Le muscle long extenseur du doigt est mêlé d'intersections fibreuses et revêtu d'une aponévrose. Le tendon se dessine vers le quart distal du tibia. D'abord cylindroïde, il s'aplatit pour descendre devant le tarse, le métatarse et les phalanges. Au niveau du tarse, il passe successivement sous les trois rétinaculums de cette région : le rétinaculum crural, le rétinaculum tarsien et enfin le rétinaculum métatarsien sous lequel passe aussi le tendon de l'extenseur latéral du doigt et l'insertion proximale du muscle court extenseur du doigt.

Le muscle extenseur latéral du doigt possède un corps charnu allongé. Il commence sur le ligament collatéral latéral du genou, s'attache sur la fibula, sur les parois de sa loge et sur le cordon fibreux qui représente la partie moyenne de la fibula, jusqu'à l'extrémité distale de la jambe. Il glisse dans le sillon vertical qui divise la malléole latérale, puis dans une gaine fibreuse du tarse. A la base de cette région, il s'infléchit du côté dorsal, passe sous le rétinaculum métatarsien des extenseurs avec le tendon du muscle long extenseur du doigt et finit sur ce dernier au tiers proximal du métatarse.

2. Tendons et muscles caudaux de la jambe

Les tendons du muscle gastrocnémien, du muscle fléchisseur superficiel du doigt et des parties fibreuses émanant des muscles fémoraux caudaux (biceps fémoral et semi-tendineux) visible sur la figure 15, forment la corde du jarret. Elle constitue un lien qui solidarise l'extrémité distale du fémur et la tubérosité du calcaneus.

Le muscle fléchisseur superficiel visible sur la figure 13, prend l'aspect d'une longue corde étendue du fémur à la phalange moyenne, avec seulement un renflement charnu fusiforme dans la moitié proximale de la jambe. Son tendon, aplati et très élargi dans la région calcanéenne s'insère sur le

tuber calcanei. A ce niveau, sa calotte glisse sur une bourse synoviale particulièrement étendue, puis le tendon redevient funiculaire derrière le métatarse.

Le muscle tibial caudal adhère à son origine au fléchisseur latéral du doigt. Le tendon lui succède vers le quart distal de la jambe ; il longe le bord médio-caudal de celui du fléchisseur latéral, sur lequel il se jette en regard du sustentaculum tali.

Le muscle fléchisseur latéral du doigt est très fort. Son corps charnu est épais, prismatique puis conoïde à sa partie distale ; mêlé de fortes lames fibreuses, il est revêtu d'une solide aponévrose. Le tendon se dégage vers le quart distal de la jambe, reçoit en haut du tarse celui du muscle tibial caudal et se continue seul dans la gaine plantaire du tarse. A la mi-hauteur du métatarse, le tendon est rejoint par celui du fléchisseur médial du doigt.

Le muscle fléchisseur médial du doigt est enclavé entre les muscles fléchisseur latéral et poplité. Le tendon, se dégage vers le tiers distal du tibia, passe dans le sillon de la malléole médiale de cet os puis dans une gaine particulière formée par le ligament collatéral médial long du tarse et le fascia plantaire. Le tendon s'infléchit ensuite caudalement, passe au revers latéral de l'extrémité proximale de l'os métatarsien médial et rejoint celui du fléchisseur du doigt vers le milieu du métatarse. Le fléchisseur profond du doigt (=tendon perforant) ainsi constitué reçoit à ce niveau le ligament accessoire ou bride tarsienne, qui vient du ligament plantaire distal du tarse.

D. Fascias et gaines du tarse

Le fascia jambier est un solide manchon fibreux qui entoure la jambe et se continue à partir du tarse par les fascias du pied.

1. Fascia jambier

Le fascia jambier comporte deux lames superposées, l'une superficielle et l'autre profonde.

La lame superficielle prolonge le fascia lata et le fascia fémoral. Elle naît dans la région poplitée, où elle couvre le muscle gastrocnémien et s'attache avec lui au fémur. Elle s'unit aussi crânialement au système des ligaments de la rotule. Plus distalement, elle est renforcée par des expansions provenant des tendons terminaux des muscles biceps fémoral, semi-tendineux et gracile.

Sa face profonde adhère de façon intime à la face médiale du tibia. Elle délègue aussi divers septums qui délimitent les loges musculaires de la jambe. Le septum tibial caudal s'insinue entre les deux couches de muscles de la région jambière caudale et remonte jusqu'à la membrane fémoro-tibiale caudale et au fémur en couvrant le muscle poplité et descend d'autre part jusqu'au calcaneus et concourt à former l'enveloppe fibreuse du tendon calcanéen commun et ses lanières de renforcement.

2. Gains du tarse

Les gaines du tarse sont visibles sur les figures 12 et 14 et sont réparties de la façon suivante :

A la face dorsale, les trois rétinaculum des extenseurs sont présents, couverts par la lame superficielle du fascia dorsal du pied.

Le rétinaculum crural, ou « bride tibiale », est large et épais. Il maintient en commun les tendons des muscles long extenseur du doigt et tibial crânial, ainsi que le troisième péronier, qui couvre à ce niveau le tendon du tibial crânial.

Le rétinaculum tarsien, situé au niveau de la rangée distale des os du tarse, est beaucoup plus étroit. Il constitue un anneau fibreux attaché sur la branche cuboïdienne du troisième péronier et sur l'extrémité distale du calcaneus, ainsi que sur la partie adjacente de l'os tarsal IV. Cet anneau est réservé au tendon du muscle long extenseur du doigt.

Le rétinaculum métatarsien ou « bride métatarsienne » est attaché sur l'extrémité proximale de l'os métatarsien principal et du métatarsien latéral, il donne passage aux deux tendons extenseurs du doigt et couvre en partie le muscle court extenseur du doigt.

La bourse subtendineuse de la branche cunéenne du muscle tibial crânial (bourse cunéenne) est située en regard du bord médial de la rangée distale des os du tarse.

A la face latérale, est présente la gaine des muscles extenseur latéral du doigt et long extenseur du doigt. Elle est formée par le sillon de la malléole latérale puis par le ligament collatéral latéral long du tarse et en surface par le fascia dorsal du pied.

La face médiale ne présente aussi qu'une seule gaine : celle du muscle fléchisseur médial du doigt. Celle-ci est formée par le sillon de la malléole médiale puis par l'appareil ligamentaire de la face médiale du tarse, ainsi que par le fascia plantaire (rétinaculum des fléchisseurs, partie médiale).

A la face plantaire, se trouvent, de la surface à la profondeur coiffant le tuber calcanei : la bourse sous-cutanée de la pointe du jarret, la calotte calcanéenne du tendon fléchisseur superficiel du doigt, ses deux branches calcanéennes de fixation et sa bourse subtendineuse, enfin la terminaison du tendon du muscle gastrocnémien et sa bourse subtendineuse, profonde et coiffant la moitié dorsale du tuber calcanei. A la base du calcaneus et à la face plantaire du massif tarsien, s'étend la gaine plantaire du tarse (ou « gaine tarsienne »). Cette dernière est la plus importante de toutes les gaines tendineuses du tarse. Sa paroi dorsale est formée par le ligament plantaire proximal, le sustentaculum tali puis le ligament plantaire distal, auquel succède la bride tarsienne. La paroi latérale est formée par la partie de la face médiale du calcaneus adjacente au sustentaculum tali, complétée par une expansion du ligament plantaire distal. La paroi plantaire est constituée par le rétinaculum des fléchisseurs (partie latérale), étendu du calcaneus et du ligament plantaire long à l'appareil ligamentaire de la face médiale du tarse.

E. Vaisseaux et nerfs du tarse

Seuls les principaux vaisseaux et nerfs sont décrits. Les propos sont illustrés à l'aide des figures 15 à 17 (Barone, 2011).

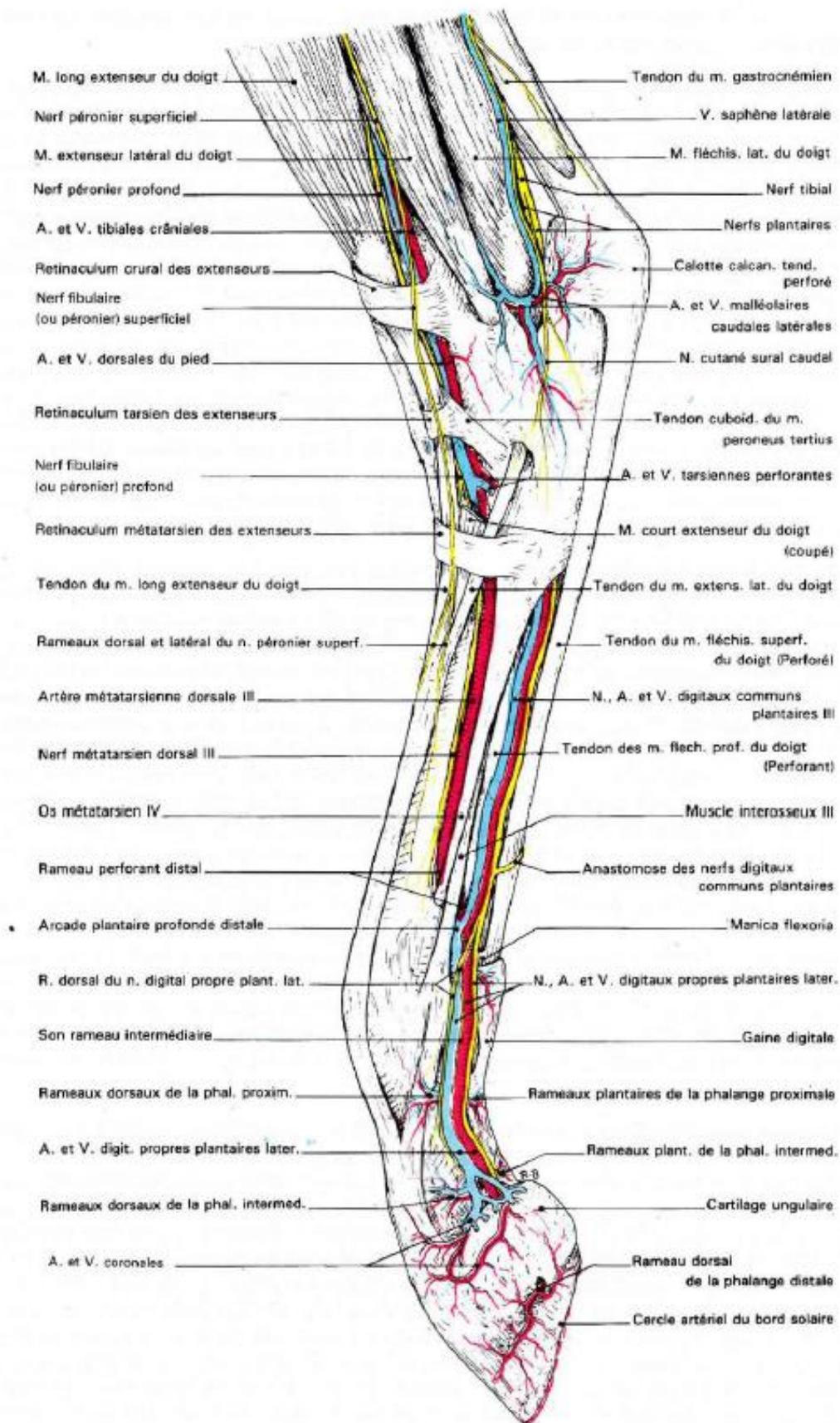


Figure 15 : Vue latérale des vaisseaux et nerfs du pied du cheval (Barone, 2011)

1. Artères

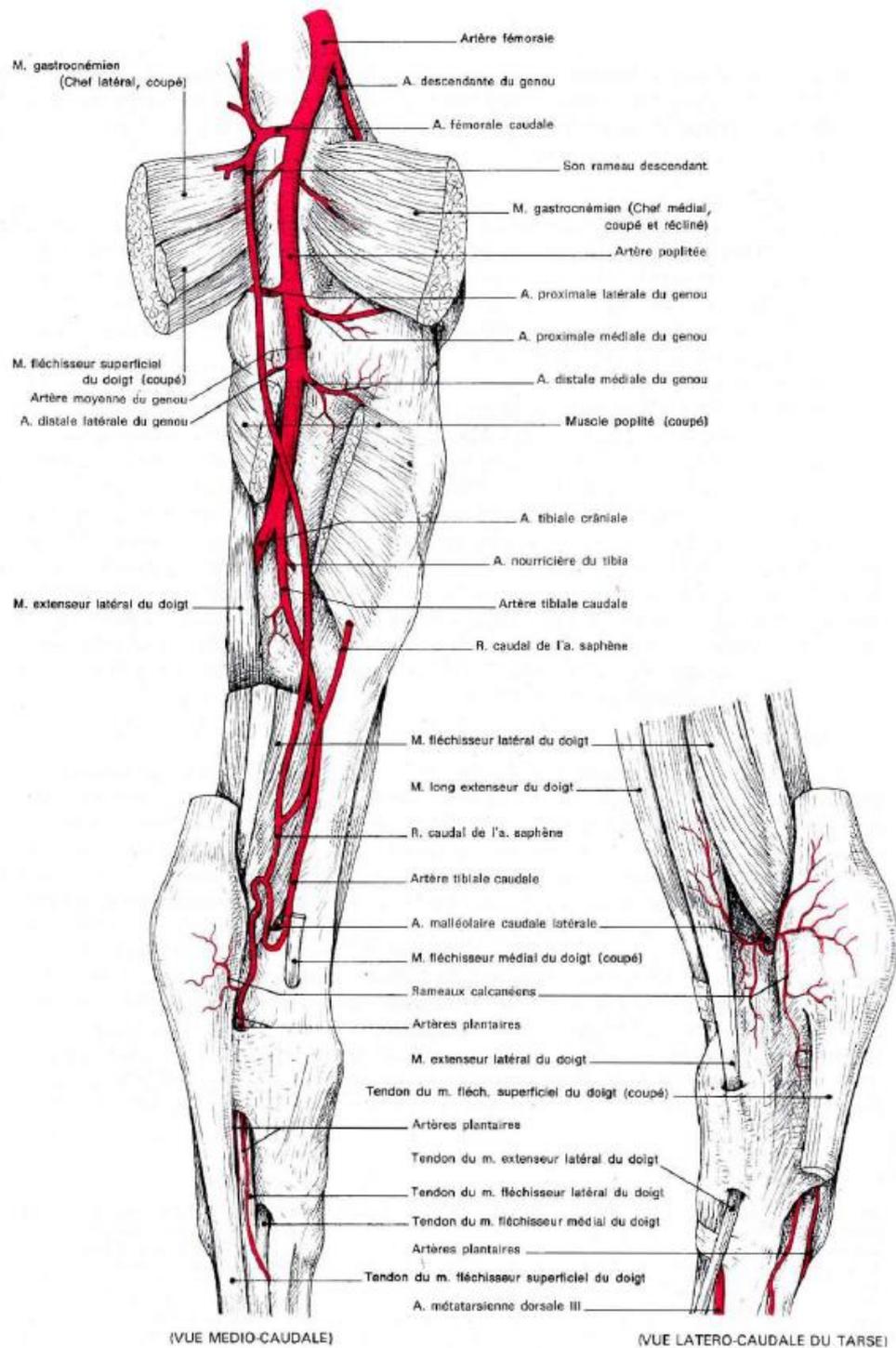


Figure 16 : Artères de la jambe du cheval (Barone, 2011)

L'artère tibiale crâniale visible sur la figure 15, accompagne les tendons sous le rétinaculum crural des extenseurs du doigt en face dorsale du tarse, délègue l'artère tarsienne perforante puis se

prolonge en artère dorsale du pied qui elle-même évolue distalement au tarse en artère métatarsienne dorsale III.

L'artère tibiale caudale est reconnaissable par sa forte inflexion à la face médiale du calcaneus. Elle fournit l'artère malléolaire caudale latérale située sur la face latérale du tarse et sur la malléole latérale du tibia. L'artère tibiale caudale visible sur la figure 16, se divise enfin en deux artères plantaires distalement au calcaneus.

2. Veines

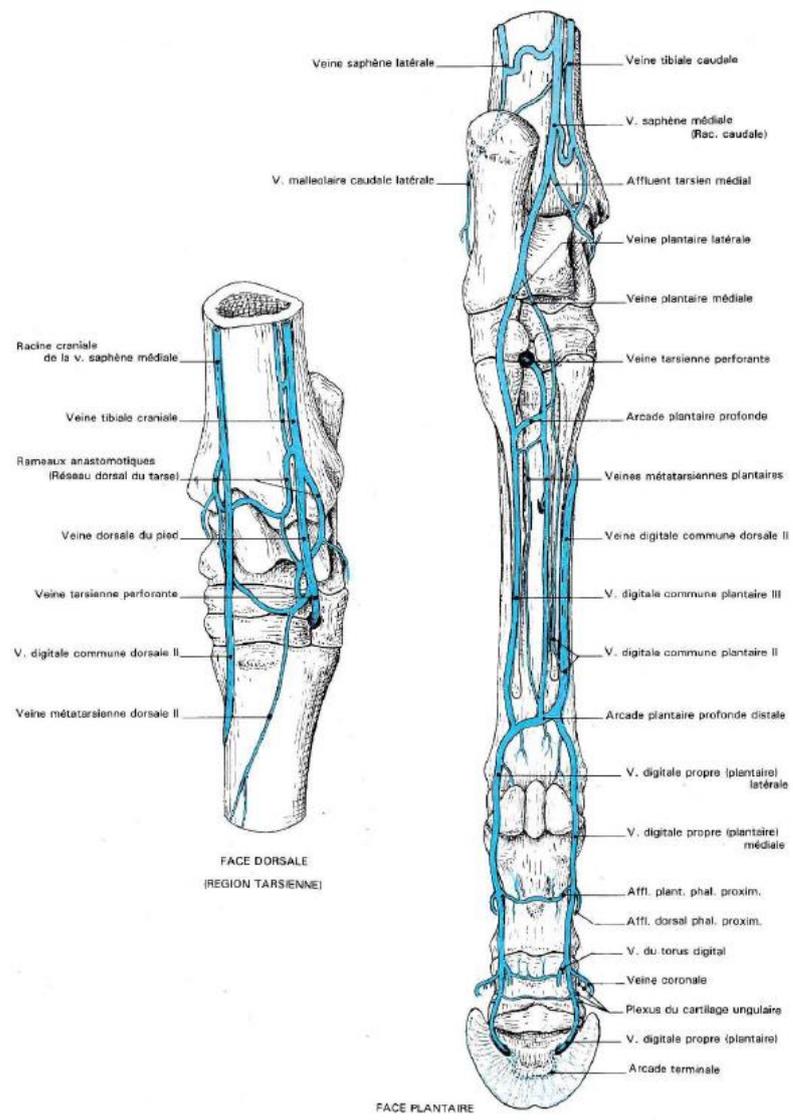


Figure 17 : Veines du pied du cheval (Barone, 2011)

La veine tibiale crâniale visible sur la figure 15, accompagne l'artère tibiale crâniale sous le rétinaculum crural des extenseurs du doigt en face dorsale du tarse et devient la veine tarsienne perforante. Elle se transforme par la suite en deux veines métatarsiennes plantaires.

La veine tibiale caudale visible sur la figure 17, s'anastomose avec la racine caudale de la veine saphène médiale et devient la veine plantaire latérale et se transforme en veine digitale commune plantaire III au niveau du métatarse proximal.

La racine crâniale de la veine saphène médiale dorsale au tarse se prolonge en veine digitale commune dorsale II au niveau du métatarse proximal.

Des rameaux veineux anastomotiques sont présents sur la face dorsale du tarse.

3. Nerfs

Le rapport des nerfs avec l'articulation du tarse est visible sur la figure 15.

Le nerf tibial se divise en deux nerfs plantaires caudalement au muscle fléchisseur latéral du doigt. Ils descendent ensuite en direction de la gaine plantaire du tarse. Ces deux nerfs s'infléchissent pour accompagner dans la gaine plantaire du tarse le tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt, à la face plantaire duquel ils encadrent les vaisseaux plantaires. A la sortie de la gaine, le nerf plantaire latéral est accompagné à son bord dorsal par l'artère plantaire latérale, avec laquelle il passe entre le tendon fléchisseur latéral du doigt et l'extrémité proximale de l'os métatarsien IV.

Le nerf cutané sural caudal se détache du nerf sciatique et suit le chef latéral du muscle gastrocnémien. Il se termine à la face latérale du tarse et répartit ses rameaux dans la peau de la face latérale du métatarse.

Le nerf fibulaire profond passe sous le fascia jambier pour atteindre la face profonde du muscle long extenseur du doigt, qu'il innerve avec le muscle troisième péronier. Il descend ensuite le long de la face profonde du muscle long extenseur du doigt jusqu'au tarse qu'il innerve sensitivement. Il se divise ensuite en deux nerfs métatarsiens dorsaux au niveau de la jonction tarso-métatarsienne ; il n'y a pas de nerfs digitaux communs dorsaux.

Le nerf fibulaire superficiel descend latéralement contre le muscle long extenseur du doigt, il se divise dorsalement au métatarsien III pour donner deux rameaux dorsal et latéral qui innervent la face dorsale du métatarse.

Deuxième partie : matériel et méthode

I. Instrumentation

Les images ont été acquises au Centre d'Imagerie et de Recherche sur les Affections Locomotrices Equines (CIRALE) de l'EnvA à l'aide d'un scanner Canon (anciennement Toshiba) Aquilion Large Bore (LB) d'un diamètre patient de 90 cm équipé d'une table cheval motorisée réglable en hauteur entièrement conçue dans son cahier des charges par le CIRALE et réalisée par l'entreprise belge Medical Imagery. L'ensemble est illustré par la figure 18.



Figure 18 : Salle du scanner et sa table motorisée

II. Membre de référence et protocole de réalisation des images

Les images de la thèse ont été acquises sur un membre isolé d'une jument trotteur français de 3 ans saine récupéré à la salle d'autopsie de l'ANSES – Dozulé.

Les paramètres d'acquisition étaient les suivants :

- Constantes d'exposition : tension = 120 kV ; intensité = 300 mA ; temps de rotation du tube = 0,5 s ; mAs effective = 218 mAs ; petit foyer du tube radiogène ;
- Champ de vue reconstruit : diamètre = 320 mm ; longueur d'acquisition = 340 mm ; collimation = 1 mm avec 16 détecteurs, vitesse de déplacement de la table (pitch) = lent ; durée d'acquisition 32,4 s.

Le membre isolé est placé sur la table du scanner. L'acquisition des images a été réalisée de l'extrémité distale du tibia jusqu'à l'extrémité proximale des os métatarsiens, incluant l'insertion proximale du ligament suspenseur.

Les coupes scanner avec injection intra-articulaire de produit de contraste ont été acquises sur le même membre. Le produit de contraste utilisé est de l'iode dosé à 150 mg d'iode par ml. L'injection du récessus tibio-tarsien a été réalisée avec 60 ml de produit de contraste et le récessus de la gaine plantaire avec 30 ml du même produit.

III. Traitement de choix des images

Pour étudier l'anatomie du tarse du cheval, nous avons utilisé les modes de reconstruction 3D, MPR (Multi Planar Reconstruction) et filtres tissus mous et osseux. Ces outils nous ont permis d'avoir un éventail d'images permettant une visualisation la plus complète possible de l'anatomie de la région étudiée.

La reconstruction des coupes après acquisition des images a été réalisée avec :

- un filtre osseux et une épaisseur de coupe de 1 mm, des coupes chevauchantes avec un chevauchement de 20 % entre deux coupes ;
- un filtre tissus mous et une épaisseur de coupe de 2 mm, des coupes chevauchantes avec un chevauchement de 50 % entre deux coupes.

Les filtres osseux et tissus mous mettent en évidence respectivement les formations osseuses et les tissus mous. Des coupes ont ensuite été recalculées dans les différents plans (transversal, sagittal, frontal) grâce à l'outil MPR de la console d'acquisition du scanner.

Il en a été de même pour les vues 3D produites sur cette console d'acquisition Canon dont on peut obtenir des vues à 360 °. La reconstruction 3D, en seuillant au niveau de densité de l'os, permet d'obtenir des images d'os avec détails, comme de réelles photographies de pièces anatomiques.

IV. Création du support pédagogique

Le but de cette thèse est de créer un support pédagogique pour l'enseignement d'anatomie de la première à la cinquième année d'école et pour la formation continue des vétérinaires.

Pour cela nous utilisons deux axes :

- la création d'un diaporama avec les images légendées pour acquérir les connaissances nécessaires. Un code couleur a été instauré pour différencier les niveaux de connaissances à acquérir. Le premier niveau représente les connaissances attendues pour les étudiants de deuxième année lors des enseignements d'anatomie du tronc commun et le second niveau pour les étudiants en sixième année à dominante équine et les internes ;
- la création de test de connaissance, à deux niveaux comme décrits ci-dessus, pour l'entraînement et le contrôle des connaissances.

Ces deux supports pédagogiques ont ensuite été mis en ligne sur Eve, plateforme pour l'enseignement des étudiants de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, avec l'aide de la direction des systèmes informatiques de l'école. Ces supports pourront ainsi être intégrés dans les modules d'enseignement d'imagerie de A3 et de A6 équine.

Pour accéder à ces ressources, il faut se connecter sur Eve et ensuite deux accès seront possibles :

- en suivant le chemin suivant : Formation initiale > Thèse d'exercice vétérinaire > Thèses multimédia > Imagerie scanner du jarret du cheval ;
- en cliquant sur le lien qui se trouve sur la page de l'UC (Unité de Compétence) concernée par l'utilisation de ces ressources.

La page se présente comme sur la figure 19.

2022_CAPITAINE Camille

Imagerie scanner du tarse du cheval : application à l'enseignement d'anatomie

Résumé :

L'objectif de cette thèse est la création d'un support pédagogique pour l'enseignement de l'anatomie du tarse du cheval. Ce support est constitué d'une sélection d'images de coupes scanner légendées, ainsi que de deux tests de connaissances pour les étudiants du tronc commun et ceux en dominante équine et internat.

Annonces

Fiche Demande Création page Eve pour Thèse Camille Capitaine

[Caché pour les étudiants](#)

Instruction : un clic sur le titre de la section affiche ou masque cette section

Support pédagogique

- Ostéologie 3D
- Tarse du cheval - Scanner filtre osseux
- Tarse du cheval - Scanner filtre tissus mous
- Scanner injections synoviales

Test de connaissance

Figure 19 : Section dédiée aux supports pédagogiques de la thèse sur la plateforme Eve

Troisième partie : résultats

Un code couleur a été utilisé dans les légendes des figures afin de distinguer les connaissances en fonction du niveau. Les légendes noires correspondent au niveau du tronc commun, les bleues au niveau A6 et interne en clinique équine.

I. Ostéologie 3D

La reconstruction 3D du tarse permet d'apprécier les rapports articulaires des os formant l'articulation du tarse. Les figures 20 à 23 correspondent aux diapositives du support pédagogique.

Vue dorsale

1. Tibia
 - 1a. Malléole médiale
 - 1b. Malléole latérale
 - 1c. **Sillon malléolaire (sillon pour le tendon extenseur latéral du doigt)**
 - 1d. Relief intermédiaire de la cochlée tibiale
2. Calcaneus
 - 2a. Tuber calcanei
 - 2b. **Tubérosité d'insertion (ligament collatéral latéral)**
3. Talus
 - 3a. Lèvre latérale de la trochlée
 - 3b. Gorge de la trochlée
 - 3c. Lèvre médiale de la trochlée
 - 3d. Tubercule distal du talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal III
6. Os tarsal IV
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Articulation tibio-tarsienne
10. Articulation intertarsienne proximale
11. Articulation intertarsienne distale
12. Articulation tarso-métatarsienne
13. **Canal perforant du tarse**

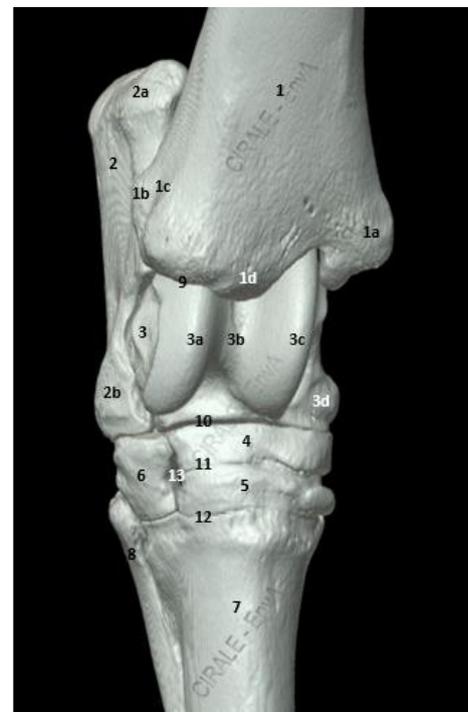


Figure 20 : 3D – Vue dorsale du tarse

Vue caudo-latérale

1. Tibia
 - 1a. Malléole latérale
 - 1b. Sillon malléolaire (sillon pour l'extenseur latéral du doigt)
2. Calcanéus
 - 2a. Tuber calcanei (lobe dorsal)
 - 2b. Tuber calcanei (lobe plantaire)
 - 2c. Processus coracoïde
 - 2d. Tubérosité d'insertion (ligament collatéral latéral)
 - 2e. Bord plantaire
3. Talus
 - 3a. Lèvre latérale
 - 3b. Surface d'insertion ligamentaire
4. Os tarsal IV
5. Os central du tarse
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Articulation tibio-tarsienne
10. Articulation intertarsienne proximale
11. Articulation intertarsienne distale
12. Articulation tarso-métatarsienne
13. Articulation talo-calcaneenne
14. Canal perforant du tarse

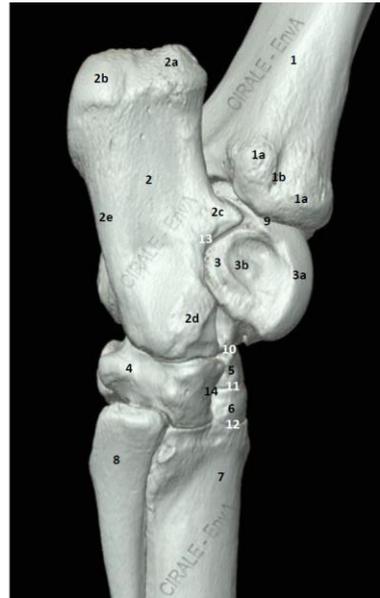


Figure 21 : 3D – Vue caudo-latérale du tarse

Vue médiale

1. Tibia
 - 1a. Malléole médiale
 - 1b. Cochlée tibiale
2. Calcanéus
 - 2a. Tuber calcanei
 - 2b. Sustentaculum tali
3. Talus
 - 3a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 3b. Tubercule proximal du talus
 - 3c. Tubercule distal du talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal III
6. Os tarsal I + II
7. Os tarsal IV
8. Os métatarsien III
9. Os métatarsien II
10. Os métatarsien IV
11. Articulation tibio-tarsienne
12. Articulation talo-calcaneenne

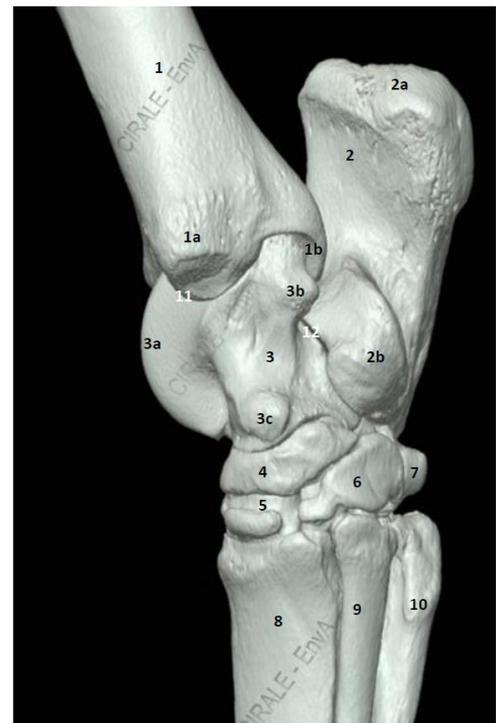


Figure 22 : 3D – Vue médiale du tarse

Vue caudo-médiale

1. Tibia
 - 1a. Malléole médiale
 - 1b. Cochlée tibiale
2. Calcaneus
 - 2a. Tuber calcanei
 - 2b. Bord plantaire
 - 2c. Sustentaculum tali
3. Talus
 - 3a. Tubercule proximal du talus
 - 3b. Tubercule distal du talus
4. Os tarsal IV
5. Canal perforant du tarse
6. Os tarsal III
7. Os tarsal I + II
8. Os central du tarse
9. Os métatarsien II
10. Os métatarsien III
11. Os métatarsien IV

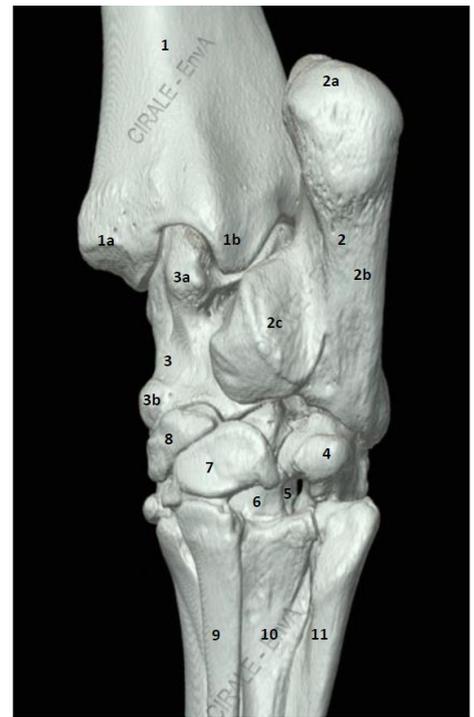


Figure 23 : 3D – Vue caudo-médiale du tarse

II. Imagerie en coupe avec filtre osseux

Nous nous intéresserons dans cette partie aux formations osseuses de l'articulation du tarse.

A. Coupes transversales

Les figures 24 à 33 correspondent aux diapositives du support pédagogique.

Région tibiale distale 1

1. Tibia
2. Tuber calcanei
3. Muscle long extenseur du doigt
4. Muscle troisième péronier
5. Muscle tibial crânial
6. Muscle extenseur latéral du doigt
7. Muscle fléchisseur latéral du doigt
8. Tendon du muscle gastrocnémien
9. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
10. Artère et veine tibiale caudales

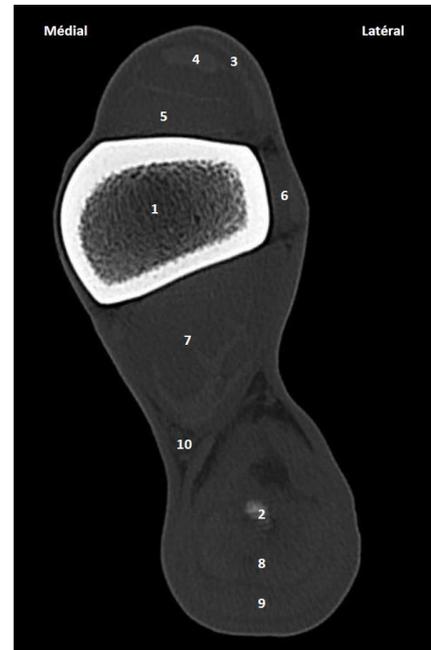


Figure 24 : Tissus osseux – Coupe transversale de la région tibiale distale 1

Région tibiale distale 2

1. Tibia
2. Calcaneus
3. Muscle long extenseur du doigt
4. Muscle troisième péronier
5. Muscle tibial crânial
6. Muscle extenseur latéral du doigt
7. Muscle fléchisseur latéral du doigt
8. Calotte calcanéenne du tendon fléchisseur superficiel du doigt
9. Veine dorsale du pied



Figure 25 : Tissus osseux - Coupe transversale de la région tibiale distale 2

Articulation tibio-talienne

1. Tibia
 - 1a. Malléole médiale
 - 1b. Malléole latérale
 - 1c. Sillon malléolaire (sillon pour l'extenseur latéral du doigt)
 - 1d. Cochlée tibiale
2. Talus
 - 2a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 2b. Lèvre latérale de la trochlée
3. Calcaneus
 - 3a. Sustentaculum tali (extrémité proximale)
4. Articulation tibio-tarsienne
5. Ligament plantaire long
6. Muscle long extenseur du doigt
7. Muscle troisième péronier
8. Muscle tibial crânial
9. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
10. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
11. Veine dorsale du pied

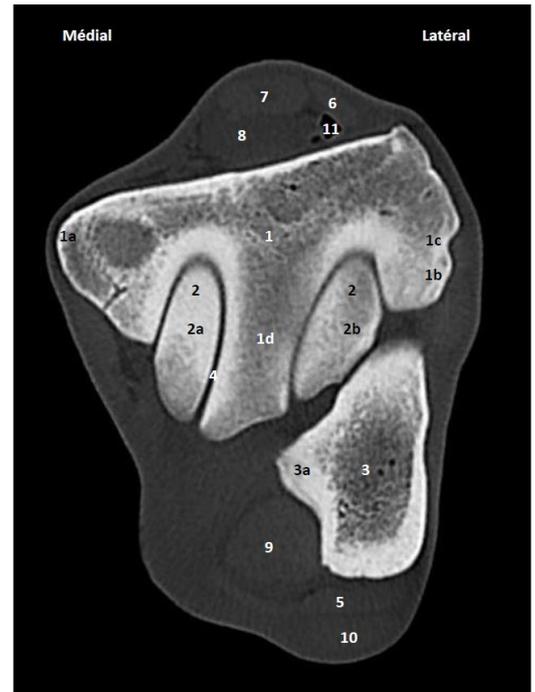


Figure 26 : Tissus osseux - Coupe transversale de l'articulation tibio-talienne

Articulation talo-calcaneenne (prox.)

1. Talus
 - 1a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 1b. Lèvre latérale de la trochlée
 - 1c. Surface d'insertion ligamentaire
 2. Calcaneus
 - 2a. Sustentaculum tali
 3. Articulation talo-calcaneenne
 4. Ligament collatéral médial (long et court)
 5. Ligament collatéral latéral (long et court)
 6. Ligament plantaire long
 7. Tendon du muscle long extenseur
 8. Tendon du muscle 3^{ème} péronier
 - 8a. branche métatarsienne
 - 8b. branche tarsale
 9. Tendon du muscle tibial crânial
 10. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
 11. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
 12. Rétinaculum des fléchisseurs
 13. Gaine plantaire du tarse
 14. Veine dorsale du pied
- * Remodelage pathologique du bord médial du sustentaculum tali



Figure 27 : Tissus osseux – Coupe transversale de l'articulation talo-calcaneenne proximale

Sur cette coupe, un remodelage pathologique du bord médial du sustentaculum tali est visible.

Articulation talo-calcanéenne (dist.)

1. Talus
 - 1a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 1b. Lèvre latérale de la trochlée
 - 1c. Gorge de la trochlée
2. Calcaneus
 - 2a. Sustentaculum tali
3. Articulation talo-calcanéenne
4. Ligament collatéral médial (long et court)
5. Ligament interosseux talo-calcanéen
6. Ligament collatéral latéral (long et court)
7. Ligament plantaire long
8. Tendon du muscle long extenseur du doigt
9. Tendon du muscle 3^{ème} péronier
 - 9a. branche métatarsienne
 - 9b. branche tarsienne
10. Tendon du muscle tibial crânial
11. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
12. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
13. Veine dorsale du pied

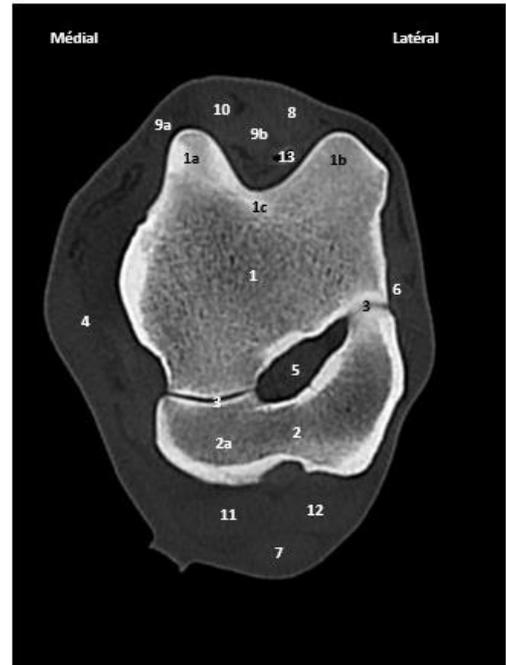


Figure 28 : Tissus osseux – Coupe transversale de l'articulation talo-calcanéenne distale

Talus distal

1. Talus
 - 1a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 1b. Lèvre latérale de la trochlée
2. Os central du tarse
3. Os tarsal IV
4. Base du calcaneus
5. Articulation intertarsienne proximale
6. Articulation talo-calcanéenne
7. Ligament plantaire long
8. Ligament plantaire distal
9. Tendon du muscle long extenseur du doigt
10. Tendon du muscle 3^{ème} péronier
 - 10a. branche métatarsienne
 - 10b. branche tarsienne
11. Tendon du muscle tibial crânial
 - 11a. branche métatarsienne
 - 11b. branche tarsienne
12. Ligament talo-métatarsien
13. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
14. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
15. Gaine plantaire du tarse

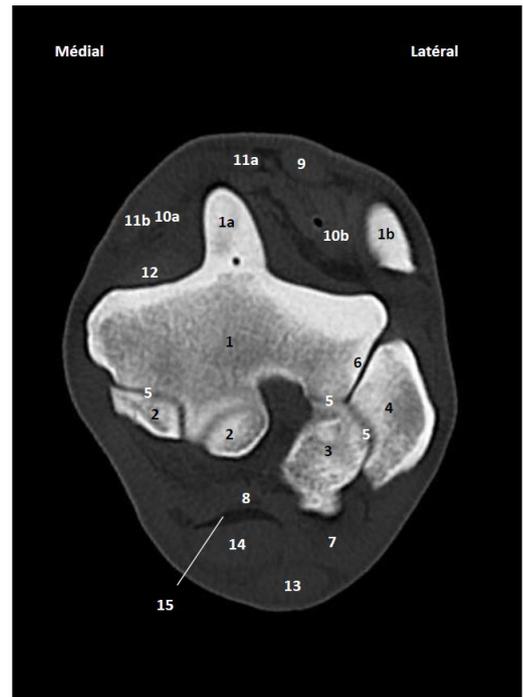


Figure 29 : Tissus osseux – Coupe transversale du talus distal

Os central du tarse

1. Os central du tarse
2. Os tarsal I + II
3. Os tarsal IV
4. Articulation centro-tarsal I + II
5. Articulation centro-tarsal IV
6. Canal perforant du tarse
7. Ligament plantaire long
8. Ligament plantaire distal
9. Tendon du muscle long extenseur du doigt
10. Rétinaculum intermédiaire (tarsien) de l'extenseur
11. Ligament talo-métatarsien
12. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
13. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
14. Gaine plantaire



Figure 30 : Tissus osseux – Coupe transversale de l'os central du tarse

Os tarsal III

1. Os tarsal III
2. Os tarsal II
3. Os métatarsien II
4. Os tarsal IV
5. Os métatarsien IV
6. Articulation tarsal III - IV
7. Ligament plantaire long
8. Ligament plantaire distal
9. Tendon du muscle long extenseur du doigt
10. Tendon du muscle tibial crânial (branche métatarsienne)
11. Ligament talo-métatarsien
12. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
13. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
14. Veine tarsienne perforante



Figure 31 : Tissus osseux – Coupe transversale de l'os tarsal III

Région métatarsienne proximale 1

1. Os métatarsien III
2. Os métatarsien II
3. Os métatarsien IV
4. Muscle interosseux III
5. Tendon du muscle long extenseur du doigt
6. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
7. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
8. Bride tarsienne
9. Veine métatarsienne plantaire médiale

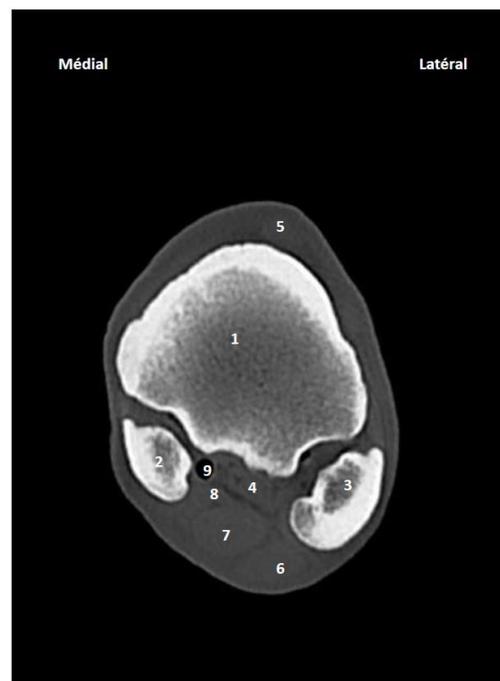


Figure 32 : Tissus osseux – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 1

Région métatarsienne proximale 2

1. Os métatarsien III
2. Os métatarsien II
3. Os métatarsien IV
4. Muscle interosseux III
5. Tendon du muscle long extenseur du doigt
6. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
7. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
8. Bride tarsienne

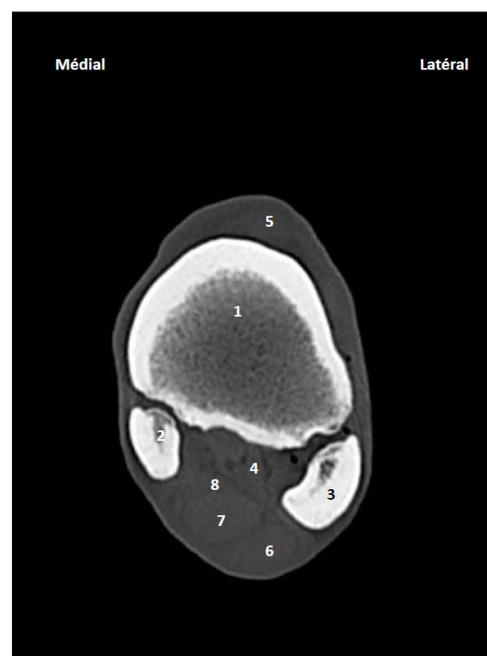


Figure 33 : Tissus osseux – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 2

B. Coupes frontales

Les figures 34 à 42 correspondent aux diapositives du support pédagogique.

Articulation tibio-talienne 1

- 1. Cochlée tibiale
 - 1a. Gorge médiale
 - 1b. Relief intermédiaire
 - 1c. Gorge latérale
- 2. Trochlée du talus
 - 2a. Lèvre médiale
 - 2b. Lèvre latérale



Figure 34 : Tissus osseux – Coupe frontale de l'articulation tibio-talienne 1

Articulation tibio-talienne 2

- 1. Tibia
 - 1a. Gorge médiale de la cochlée tibiale
 - 1b. Relief intermédiaire de la cochlée tibiale
 - 1c. Gorge latérale de la cochlée tibiale
 - 1d. Malléole médiale
 - 1e. Malléole latérale
- 2. Talus
 - 2a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 2b. Lèvre latérale de la trochlée
 - 2c. Gorge de la trochlée

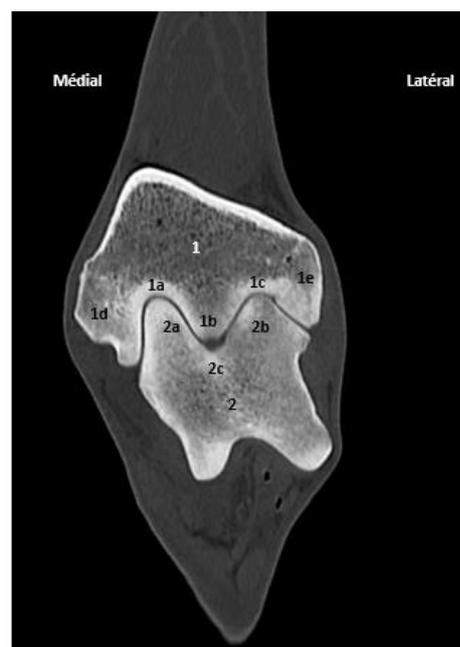


Figure 35 : Tissus osseux – Coupe frontale de l'articulation tibio-talienne 2

Articulation tibio-talienne 3

1. Tibia
 - 1a. Gorge médiale de la cochlée tibiale
 - 1b. Relief intermédiaire
2. Talus
 - 2a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 2b. Lèvre latérale de la trochlée
3. Processus coracoïde du calcanéus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal III
6. Os métatarsien III



Figure 36 : Tissus osseux – Coupe frontale de l'articulation tibio-talienne 3

Articulation talo-calcaneenne

1. Tibia
 - 1a. Gorge oblique de la surface articulaire
 - 1b. Relief intermédiaire
2. Talus
 - 2a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 2b. Lèvre latérale de la trochlée
 - 2c. fossette synoviale plantaire
3. Calcaneus
 - 3a. Tuber calcanei
 - 3b. Base du calcaneus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal III
6. Os métatarsien III
7. Articulation talo-calcaneenne



Figure 37 : Tissus osseux – Coupe frontale de l'articulation talo-calcaneenne

Région tarse central

1. Tibia
2. Talus
3. Calcaneus (sustentaculum tali)
 - 3a. Tuber calcanei
 - 3b. Tubérosité d'insertion
4. Os central du tarse
5. Os tarsal IV
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Espace et ligament interosseux talo-calcaneen
9. Espace et ligament interosseux centro-tarsal III
10. Ligament interosseux tarso-métatarsien
11. Canal perforant du tarse



Figure 38 : Tissus osseux – Coupe frontale de la région du tarse central

Région tarse plantaire 1

1. Calcaneus (sustentaculum tali)
 - 1a. Tuber calcanei
 - 1b. Sustentaculum tali
2. Talus
3. Os central du tarse
4. Os tarsal IV
5. Os tarsal II
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Espace et ligament interosseux talo-calcaneen
9. Espace et ligament interosseux centro-tarsal IV
10. Canal perforant du tarse



Figure 39 : Tissus osseux – Coupe frontale de la région du tarse plantaire 1

Région tarse plantaire 2

1. Calcaneus (sustentaculum tali)
 - 1a. Tuber calcanei
2. Os tarsal IV
3. Os métatarsien IV
4. Ligament plantaire long
5. Tendon fléchisseur latéral du doigt

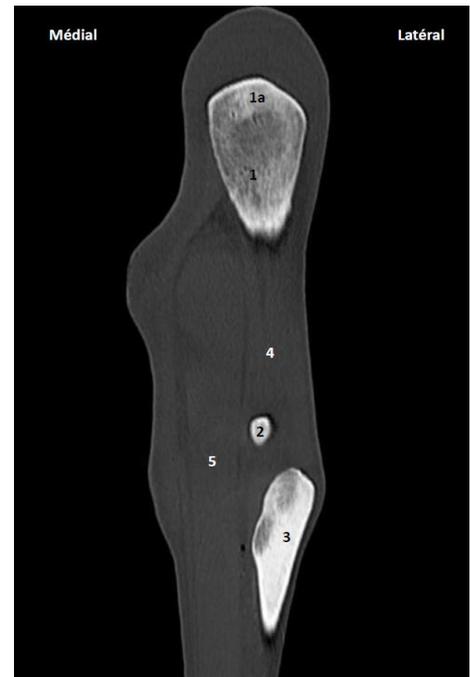


Figure 40 : Tissus osseux – Coupe frontale de la région du tarse plantaire 2

C. Coupes sagittales

Les figures 41 à 45 correspondent aux diapositives du support pédagogique.

Région tarse latéral 1

1. Tibia
2. Calcaneus
 - 2a. Tuber calcanei
 - 2b. Processus coracoïde
3. Talus
 - 3a. Lèvre latérale de la trochlée
4. Os central du tarse
5. Os tarsal IV
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Espace et ligament interosseux talo-calcaneen
10. Articulation talo-calcaneenne (partie latérale)
11. Canal perforant du tarse

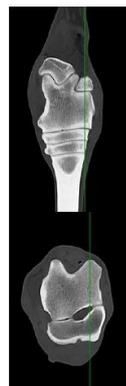


Figure 41 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse latéral 1

Région tarse latéral 2

1. Tibia
2. Calcaneus
 - 2a. Tuber calcanei
3. Talus
 - 3a. Lèvre latérale de la trochlée
4. Os central du tarse
5. Os tarsal IV
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Espace et ligament interosseux talo-calcaneen
10. Canal perforant du tarse

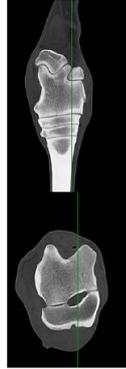


Figure 42 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse latéral 2

Région tarse central

1. Tibia
2. Calcaneus
 - 2a. Tuber calcanei
 - 2b. Sustentaculum tali
3. Talus
 - 3a. Revers médial de la lèvre latérale de la trochlée
4. Os central du tarse
5. Os tarsal II
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Ligament plantaire distal
9. Espace et ligament interosseux centro-tarsal III
10. Espace et ligament interosseux tarso-métatarsien
11. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
12. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
13. Muscle interosseux III (enthèse proximale)

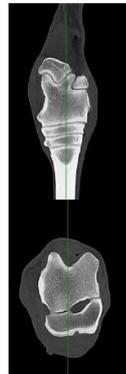


Figure 43 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse central

Région tarse médial 1

1. Tibia
2. Calcaneus
3. Talus
 - 3a. gorge de la trochlée
4. Os central du tarse
5. Os tarsal I + II
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien II
9. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt

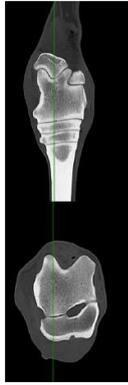


Figure 44 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse médial 1

Région tarse médial 2

1. Tibia
2. Calcaneus
3. Talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal III
6. Os tarsal II
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien II

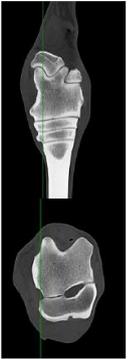


Figure 45 : Tissus osseux – Coupe sagittale de la région tarse médial 2

III. Imagerie en coupe avec filtre tissus mous

Dans cette partie nous nous intéresserons aux tissus mous à travers des coupes sagittales et transversales.

A. Coupes sagittales

Les figures 48 à 51 correspondent aux diapositives du support pédagogique.

Région tarse latéral 1

1. Calcaneus
2. Ligament collatéral latéral
3. Tendon extenseur latéral du doigt

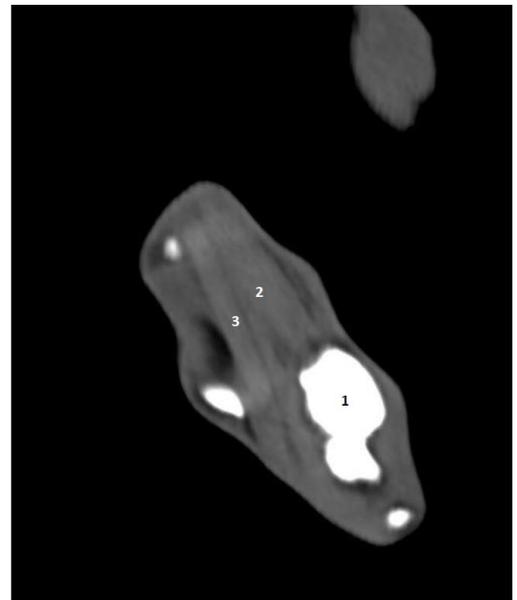


Figure 46 : Tissus mous – Coupe sagittale de la région tarse latéral 1

Région tarse latéral 2

1. Tibia
2. Calcaneus
3. Talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal IV
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Ligament plantaire long
10. Tendon du muscle gastrocnémien
11. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt

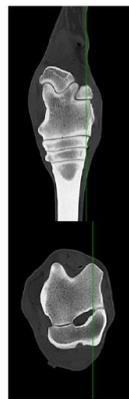


Figure 47 : Tissus mous – Coupe sagittale de la région tarse latéral 2

Région tarse latéral 3

1. Tibia
2. Calcaneus
3. Talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal IV
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Espace et ligament interosseux talo-calcaneen
10. Ligament plantaire long
11. Tendon du muscle long extenseur du doigt
12. Muscle fléchisseur latéral du doigt
13. Tendon du muscle gastrocnémien
14. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
15. Canal perforant du tarse

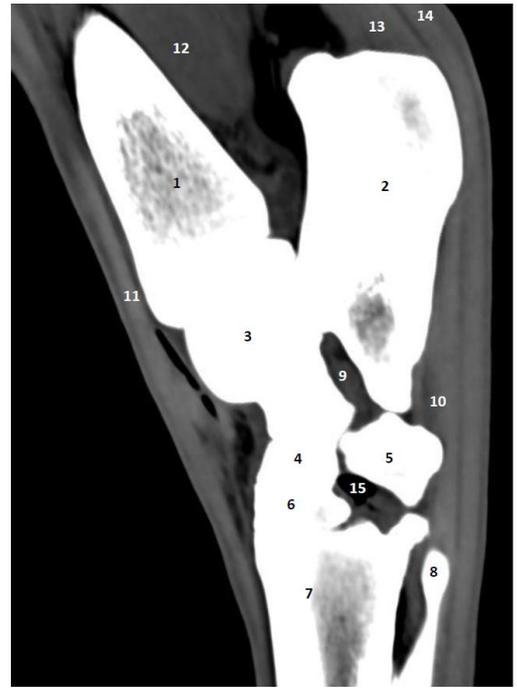
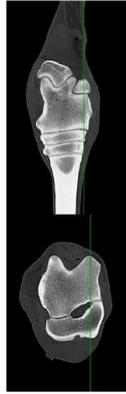


Figure 48 : Tissus mous – Coupe sagittale de la région tarse latéral 3

Région tarse central

1. Tibia
2. Calcaneus
 - 2a. Sillon tendineux
3. Talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal IV
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Ligament plantaire distal
9. Muscle fléchisseur latéral du doigt
10. Muscle interosseux III
11. Tendon du muscle long extenseur du doigt
12. Tendon du muscle gastrocnémien
13. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt

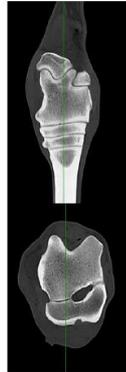


Figure 49 : Tissus mous – Coupe sagittale de la région tarse central

B. Coupes transversales

Les figures 50 à 60 correspondent aux diapositives du support pédagogique.

Région tibiale distale 1

1. Tibia
2. Muscle long extenseur du doigt
3. Muscle troisième péronier
4. Muscle tibial crânial
5. Muscle extenseur latéral du doigt
6. Muscle fléchisseur latéral du doigt
7. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
8. Tendon du muscle gastrocnémien
9. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
10. Tendon calcanéen des muscles fémoraux caudaux

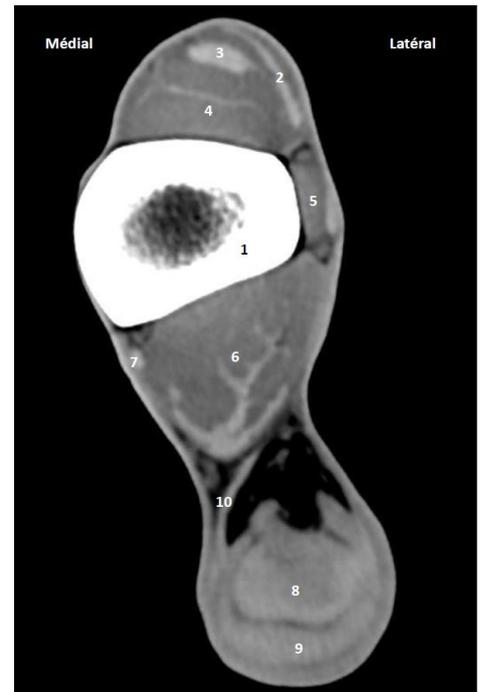


Figure 50 : Tissus mous – Coupe transversale de la région tibiale distale 1

Région tibiale distale 2

1. Tibia
2. Calcaneus
3. Muscle long extenseur du doigt
4. Muscle troisième péronier
5. Muscle tibial crânial
6. Muscle extenseur latéral du doigt
7. Muscle fléchisseur latéral du doigt
8. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
9. Tendon du muscle gastrocnémien
10. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt (calotte calcanéenne)
 - 10a. attache médiale de la calotte calcanéenne
 - 10b. attache latérale de la calotte
11. Tendon calcanéen des muscles fémoraux caudaux
12. Racine caudale de la veine saphène médiale et nerf tibial

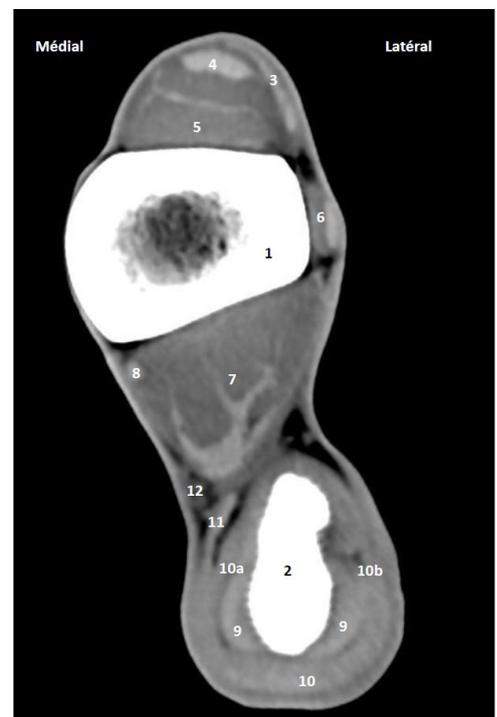


Figure 51 : Tissus mous – Coupe transversale de la région tibiale distale 2

Région tibiale distale 3

1. Tibia
2. Calcaneus
3. Muscle long extenseur du doigt
4. Muscle troisième péronier
5. Muscle tibial crânial
6. Muscle extenseur latéral du doigt
7. Muscle fléchisseur latéral du doigt
8. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
9. Veine dorsale du pied

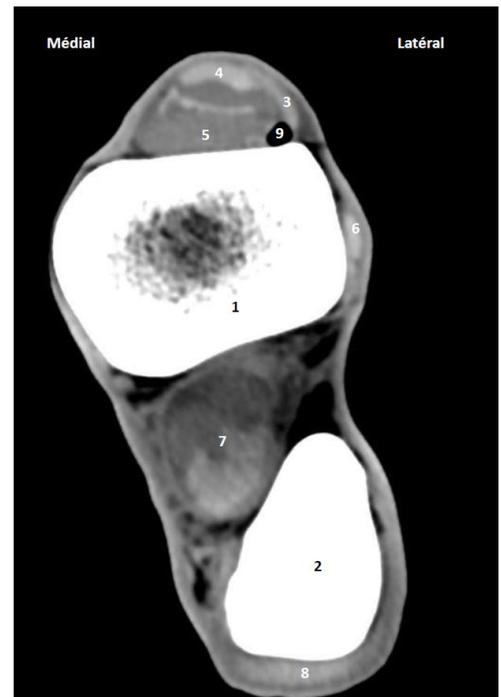


Figure 52 : Tissus mous – Coupe transversale de la région tibiale distale 3

Articulation talo-calcanéenne

1. Tibia
2. Talus
3. Calcaneus
 - 3a. Sustentaculum tali
4. Ligament collatéral latéral (Faisceau long)
5. Ligament collatéral médial (Faisceau long)
6. Ligament plantaire long
7. Rétinaculum des fléchisseurs
8. Muscle long extenseur du doigt
9. Muscle troisième péronier
 - 9a. branche métatarsienne
 - 9b. branche tarsienne
10. Muscle tibial crânial
11. Tendon du muscle extenseur latéral du doigt
12. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
13. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
14. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
15. Gaine plantaire
16. Veine dorsale du pied

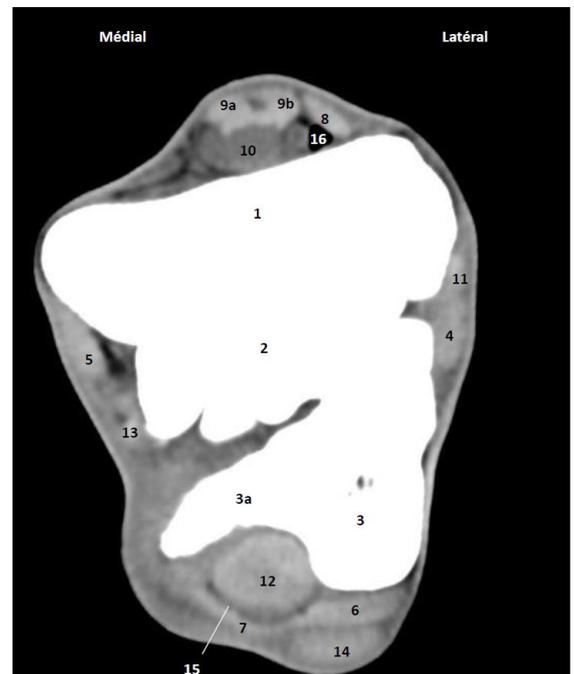


Figure 53 : Tissus mous – Coupe transversale de l'articulation talo-calcanéenne

Région talienne 1

1. Talus
2. Calcaneus
2a. Sustentaculum tali
3. Ligament collatéral latéral
3a. faisceau long
3b. faisceau court
4. Ligament collatéral médial
4a. faisceau long
4b. faisceau court
5. Ligament plantaire long
6. Rétinaculum des fléchisseurs
7. Muscle long extenseur du doigt
8. Muscle troisième péronier
8a. branche métatarsienne
8b. branche tarsienne
9. Muscle tibial crânial
10. Tendon du muscle extenseur latéral du doigt
11. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
12. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
13. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
14. Veine dorsale du pied
15. Racine crâniale de la veine saphène médiale
16. Recessus synovial dorso-médial de l'articulation tibio-tarsienne (fontaine du jarret)

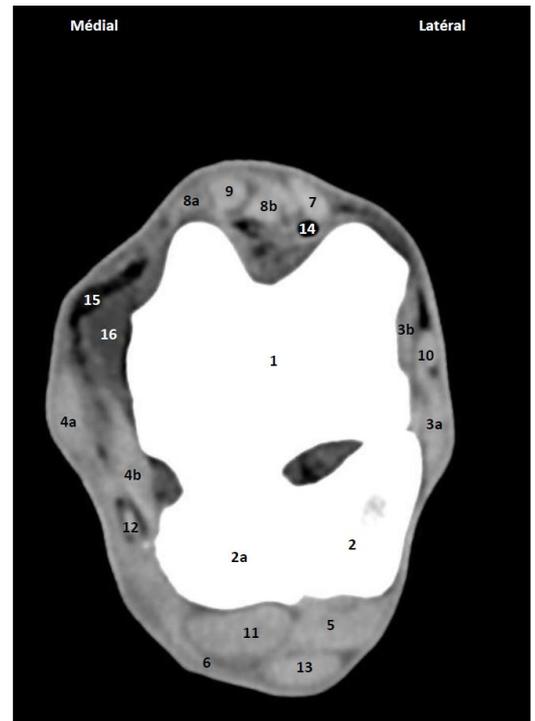


Figure 54 : Tissus mous – Coupe transversale de la région talienne 1

Région talienne 2

1. Talus
2. Calcaneus
2a. Sustentaculum tali
3. Ligament collatéral latéral
3a. faisceau long
3b. faisceau court
4. Ligament collatéral médial
4a. faisceau long
4b. faisceau court
5. Ligament plantaire long
6. Rétinaculum des fléchisseurs
7. Muscle long extenseur du doigt
8. Muscle troisième péronier
8a. branche métatarsienne
8b. branche tarsienne
9. Muscle tibial crânial
9a. branche métatarsienne
9b. branche tarsienne
10. Tendon du muscle extenseur latéral du doigt
11. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
12. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
13. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
14. Veine dorsale du pied
15. Racine crâniale de la veine saphène médiale
16. Recessus synovial dorso-médial de l'articulation tibio-tarsienne (fontaine du jarret)

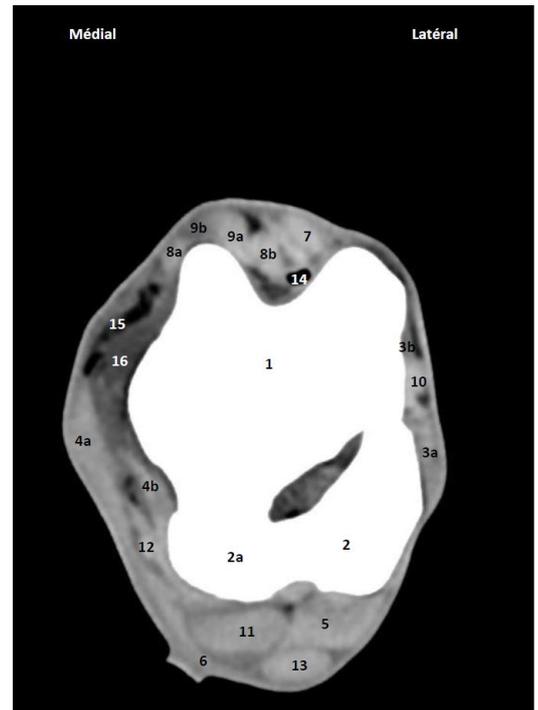


Figure 55 : Tissus mous – Coupe transversale de la région talienne 2

Région de l'os central du tarse

1. Os central du tarse
2. Os tarsal IV
3. Os tarsal I + II
4. Ligament collatéral latéral (faisceau long)
5. Ligament collatéral médial (faisceau long)
6. Ligament plantaire long
7. Ligament plantaire distal
8. Rétinaculum des fléchisseurs
9. Muscle long extenseur du doigt
10. Muscle troisième péronier
 - 10a. branche métatarsienne
 - 10b. branche tarsienne
11. Muscle tibial crânial
 - 11a. branche métatarsienne
 - 11b. branche tarsienne
12. Rétinaculum intermédiaire (tarsien) de l'extenseur
13. Ligament talo-métatarsien
14. Tendon du muscle extenseur latéral du doigt
15. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
16. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
17. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
18. Veine dorsale du pied

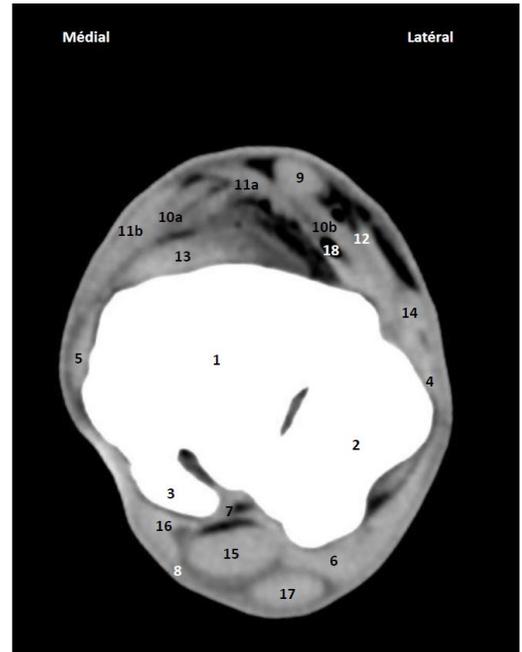


Figure 56 : Tissus mous – Coupe transversale de la région de l'os central du tarse

Région de l'os tarsal III

1. Os tarsal III
2. Os tarsal II
3. Os tarsal IV
4. Os métatarsien II
5. Os métatarsien IV
6. Ligament plantaire long
7. Ligament plantaire distal
8. Tendon du muscle long extenseur du doigt
9. Tendons des muscles tibial crânial et 3^{ème} péronier
10. Ligament talo-métatarsien
11. Tendon du muscle extenseur latéral du doigt
12. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
13. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
14. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
15. Veine tarsienne perforante

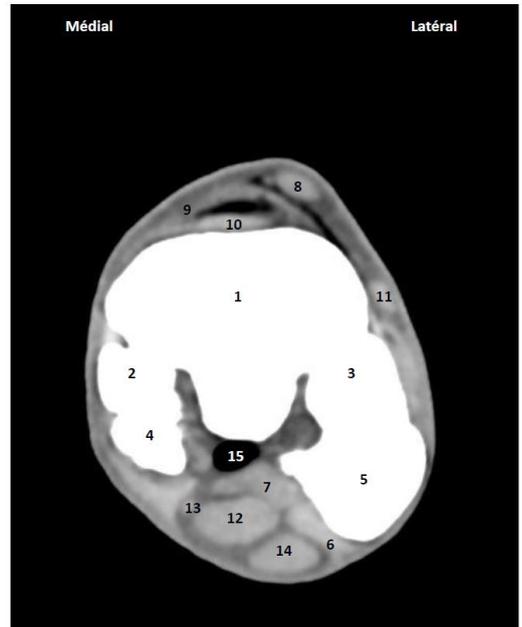


Figure 57 : Tissus mous – Coupe transversale de la région de l'os tarsal III

Région métatarsienne proximale 1

1. Os métatarsien III
2. Os métatarsien II
3. Os métatarsien IV
4. Muscle interosseux III
5. Tendon du muscle long extenseur du doigt
6. Tendon du muscle extenseur latéral du doigt
7. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
8. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
9. Bride tarsienne
10. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
11. Veine métatarsienne plantaire médiale

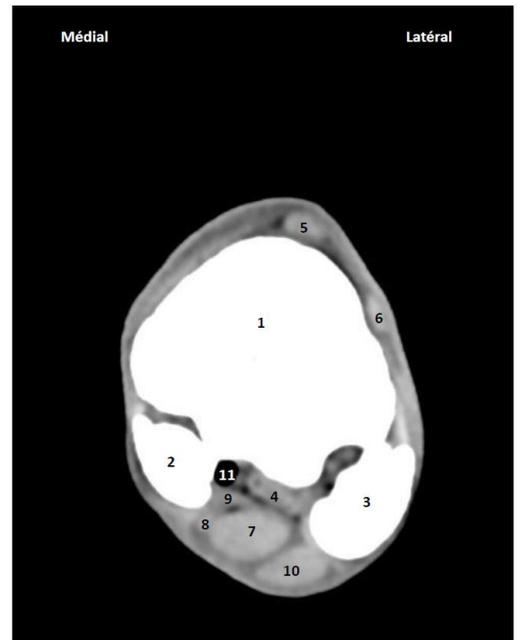


Figure 58 : Tissus mous – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 1

Région métatarsienne proximale 2

1. Os métatarsien III
2. Os métatarsien II
3. Os métatarsien IV
4. Muscle interosseux III
5. Tendon du muscle long extenseur du doigt
6. Tendon du muscle extenseur latéral du doigt
7. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
8. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
9. Bride tarsienne
10. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
11. Veine métatarsienne plantaire latérale



Figure 59 : Tissus mous – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 2

Région métatarsienne proximale 3

1. Os métatarsien III
2. Os métatarsien II
3. Os métatarsien IV
4. Muscle interosseux III
5. Tendon du muscle long extenseur du doigt
6. Tendon du muscle extenseur latéral du doigt
7. Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt
8. Tendon du muscle fléchisseur médial du doigt
9. Bride tarsienne
10. Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt
11. Veine métatarsienne plantaire médiale
12. Veine métatarsienne plantaire latérale

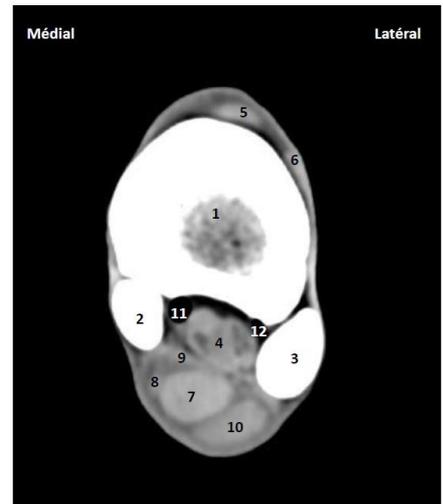


Figure 60 : Tissus mous – Coupe transversale de la région métatarsienne proximale 3

IV. Technique spéciale

La technique utilisée est l'injection intra-articulaire de produit de contraste. Elle nous permet d'apprécier les synoviales articulaires et leur récessus. L'injection distend les synoviales articulaires, les images ne sont pas physiologiques.

Sur les figures 61 et 62, le récessus tibio-tarsien dorso-médial a été injecté. Les récessus ont été colorés sur le modèle 3D afin de mieux les distinguer. Sur les figures 63 et 64, la gaine plantaire du tarse a été injectée. Les figures 65 à 72 sont les coupes scanner sur lesquelles se distinguent les récessus. Toutes ces figures sont issues du support pédagogique.

Vue dorso-latérale

1. Tibia
2. Calcanéus
3. Talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal IV
6. Os tarsal III
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Articulation tibio-talienne
10. Articulation talo-calcanéenne
11. Récessus plantaire médial de la synoviale tibio-tarsienne
12. Récessus plantaire latéral de la synoviale tibio-tarsienne
13. Récessus dorso-médial de la synoviale tibio-tarsienne
14. Récessus dorso-latéral de la synoviale tibio-tarsienne
15. Récessus dorso-distal de la synoviale tibio-tarsienne

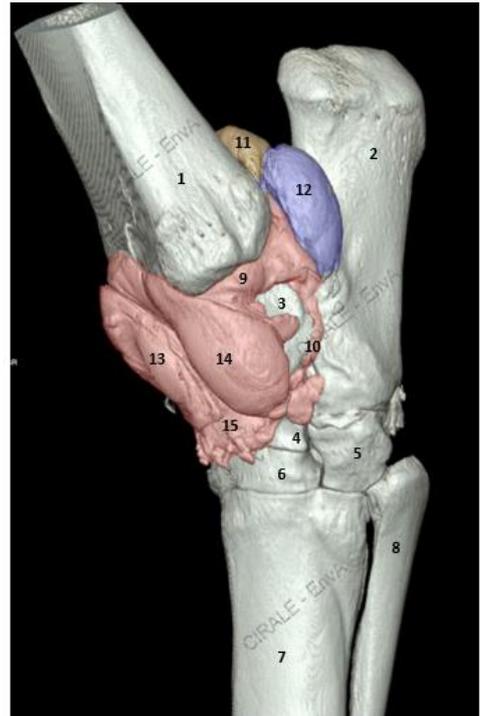


Figure 61 : 3D – Vue dorso-latérale du tarse après injection de la synoviale articulaire tibio-tarsienne

Vue médiale

1. Tibia
2. Calcaneus 2a: sustentaculum tali
3. Talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal III
6. Os tarsal I + II
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien II
9. Os métatarsien IV
10. Articulation tibio-talienne
11. Recessus plantaire médial de la synoviale tibio-tarsienne
12. Recessus plantaire latéral de la synoviale tibio-tarsienne
13. Recessus dorso-médial de la synoviale tibio-tarsienne
14. Recessus dorso-latéral de la synoviale tibio-tarsienne
15. Recessus médial de la synoviale tibio-tarsienne

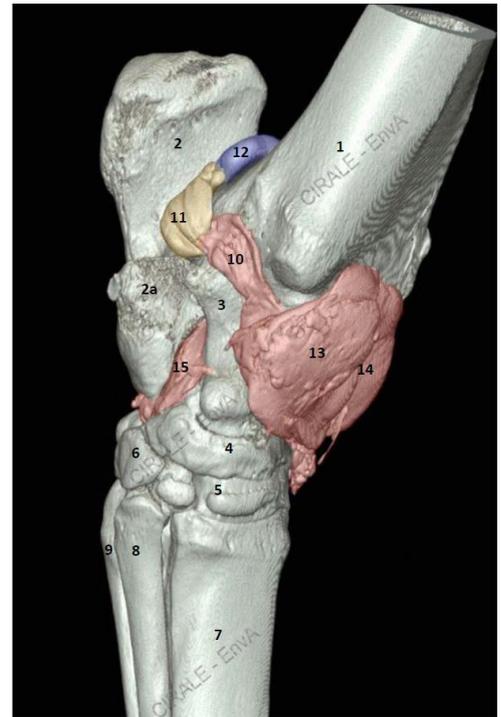


Figure 62 : 3D – Vue médiale du tarse après injection de la synoviale articulaire tibio-tarsienne

Vue caudo-latérale

1. Tibia
2. Calcaneus
3. Talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal III
6. Os tarsal IV
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Recessus dorso-latéral de la synoviale tibio-tarsienne
10. Recessus plantaire latéral de la synoviale tibio-tarsienne
11. Recessus plantaire médial de la synoviale tibio-tarsienne
12. Gaine plantaire du tarse
 - 12a. récessus proximal
 - 12b. récessus distal

Les trajets vasculaires marqués par le contraste correspondent à un drainage par les vaisseaux lymphatiques post-injection intrasynoviale de contraste

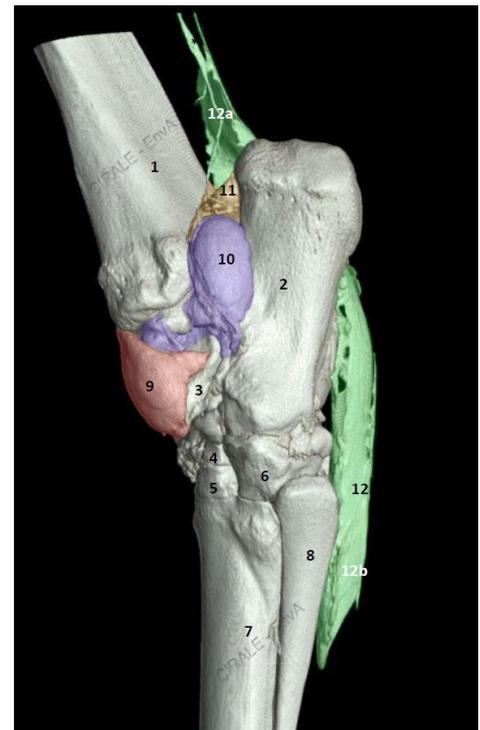


Figure 63 : 3D – Vue caudo-latérale du tarse après injection de la synoviale articulaire tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse

Coupe sagittale, vue médiale du segment latéral

1. Tibia
2. Calcanéus
2a. Sustentaculum tali
3. Talus
4. Os central du tarse
5. Os tarsal III
6. Os tarsal IV
7. Os métatarsien III
8. Os métatarsien IV
9. Récessus dorsal de la synoviale tibio-talienne
10. Gaine plantaire du tarse
10a. récessus proximal
10b. récessus distal



Figure 64 : 3D – Coupe sagittale en vue médiale du segment latéral du tarse après injection de la synoviale articulaire tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse

Région tibio-tarsienne

1. Tibia
2. Calcanéus
3. Récessus plantaire médial de la synoviale tibio-tarsienne
4. Récessus plantaire latéral de la synoviale tibio-tarsienne
5. Muscle fléchisseur latéral du doigt



Figure 65 : Coupe transversale en région tibio-tarsienne après injection de la synoviale tibio-tarsienne

Région talo-calcanéenne

1. Talus
 2. Calcanéus
 3. Ligament interosseux talo-calcanéen
 4. Récessus dorso-médial de la synoviale tibio-tarsienne (fontaine du jarret)
 5. Récessus dorso-latéral de la synoviale tibio-tarsienne
- * Présence d'air dans le récessus synovial associée à l'injection articulaire de contraste



Figure 66 : Coupe transversale en région talo-calcanéenne après injection de la synoviale tibio-tarsienne

Région talienne distale 1

1. Talus
 - 1a. cartilage articulaire de la trochlée talienne
2. Calcanéus
3. Ligament interosseux talo-calcanéen
4. Récessus dorso-médial de la synoviale tibio-tarsienne
5. Récessus dorso-latéral de la synoviale tibio-tarsienne

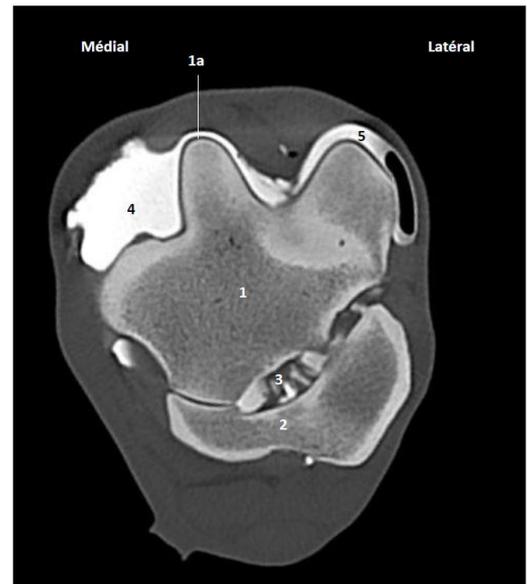
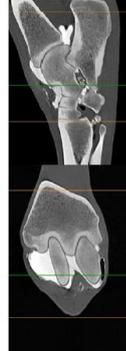


Figure 67 : Coupe transversale en région talienne distale 1 après injection de la synoviale tibio-tarsienne

Région talienne distale 2

1. Os central du tarse
2. Os tarsal IV
3. Os tarsal II
4. Récessus dorso-distal de la synoviale tibio-tarsienne

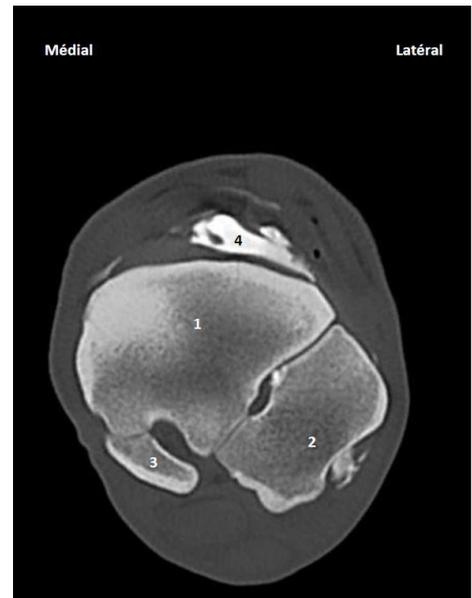
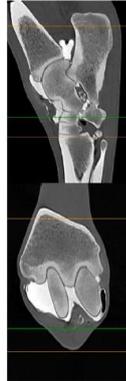


Figure 68 : Coupe transversale en région talienne distale 2 après injection de la synoviale tibio-tarsienne

Région tibiale distale

1. Tibia
2. Calcanéus
3. Muscle fléchisseur latéral du doigt
4. Récessus proximal de la synoviale de la gaine plantaire du tarse

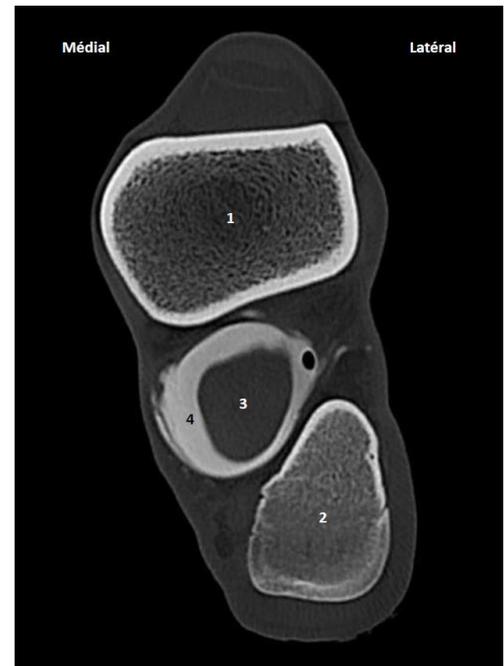


Figure 69 : Coupe transversale en région tibiale distale après injection de la synoviale tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse

Articulation tibio-talienne

1. Tibia
 - 1a. Malléole médiale
 - 1b. Malléole latérale
 - 1c. Sillon malléolaire (sillon pour l'extenseur latéral du doigt)
 - 1d. Relief intermédiaire
2. Talus
 - 2a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 2b. Lèvre latérale de la trochlée
3. Calcaneus
4. Recessus plantaire médial de la synoviale tibio-tarsienne
5. Recessus plantaire latéral de la synoviale tibio-tarsienne
6. Cavité synoviale de la gaine plantaire du tarse

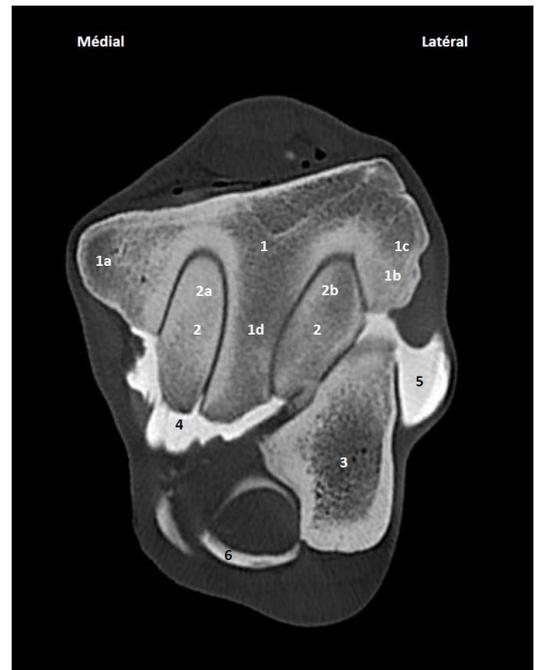


Figure 70 : Coupe transversale de l'articulation tibio-talienne après injection de la synoviale tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse

Articulation talo-calcaneenne

1. Tibia
 - 2a. Lèvre médiale de la trochlée
 - 2b. Lèvre latérale de la trochlée
2. Talus
3. Calcaneus
 - 3a. Sustentaculum tali
4. Recessus dorsal de la synoviale tibio-tarsienne
5. Cavité synoviale de la gaine plantaire du tarse
- * Remodelage pathologique avec fragmentation du bord médial du sustentaculum tali

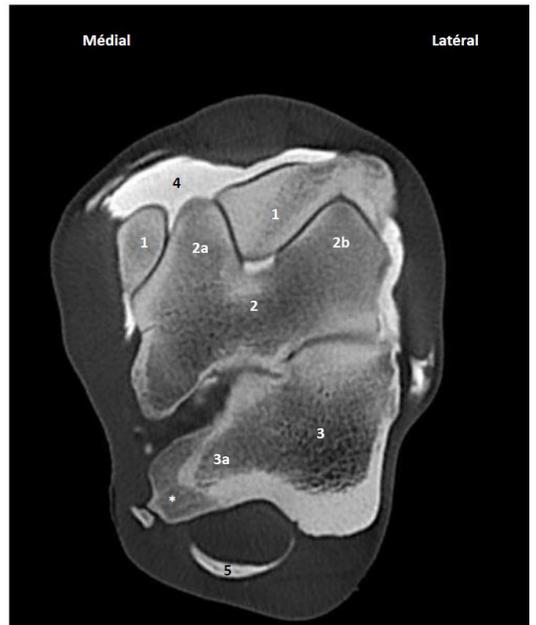


Figure 71 : Coupe transversale de l'articulation talo-calcaneenne après injection de la synoviale tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse

Région tarse distal

1. Os tarsal III
2. Os tarsal II
3. Os tarsal IV
4. Os métatarsien II
5. Os métatarsien IV
6. Cavité synoviale de la gaine plantaire du tarse

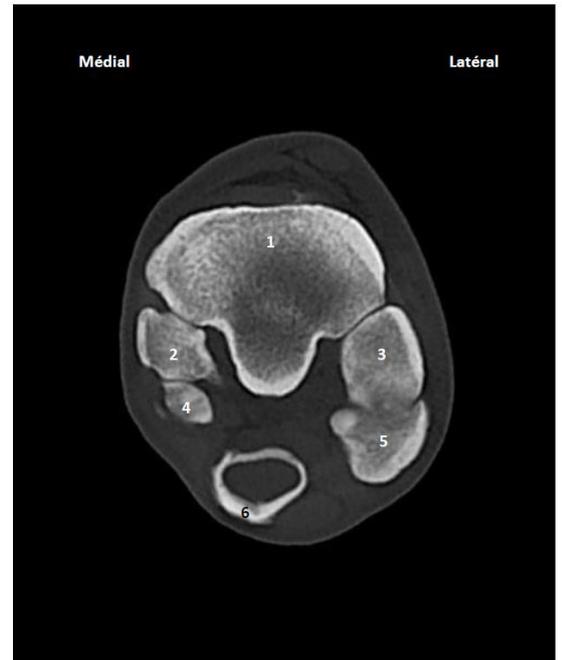


Figure 72 : Coupe transversale de la région tarse distal après injection de la synoviale tibio-tarsienne et de la gaine plantaire du tarse

V. Support pédagogique pour l'enseignement d'anatomie

Le support pédagogique est divisé en deux parties, la théorique et la pratique.

La partie théorique est composée de quatre supports au format PDF :

- Ostéologie 3D
- Tarse du cheval – Scanner filtre osseux
- Tarse du cheval – Scanner filtre tissus mous
- Scanner injections synoviales

Ces supports contiennent toutes les images scanner et 3D qui ont été présentées dans les parties ci-dessus. Chaque image est présentée avec et sans légendes numérotées afin de bien apprécier les formations anatomiques.

La partie pratique comporte deux tests de connaissances pour deux niveaux d'évaluation : l'évaluation de tronc commun comportant sept questions pour les étudiants de deuxième à cinquième année et l'évaluation pour les étudiants de sixième année à dominante équine et les internes comportant six questions.

Pour chaque question, une deuxième tentative est possible en cas de réponse fausse. Seules les mauvaises réponses doivent être répondues à nouveau. Ainsi, les tentatives multiples et le feedback immédiat permettent un meilleur apprentissage.

Il existe quatre types de questions :

- Marqueurs à glisser et déposer sur l'image
- Texte à glisser déposer sur une image
- Choix multiple
- Appariement

Les figures 73 à 76 illustrent les différentes formes de question.

L'ensemble des questions des tests d'évaluation sont reportées en annexe 1 pour le test du tronc commun et en annexe 2 pour le test du niveau supérieur A6 et interne.

Question 1 Incomplet Noté sur 1,00

Identifiez les formations anatomiques sur cette image 3D d'ostéologie en vue dorsale du tarse du cheval.

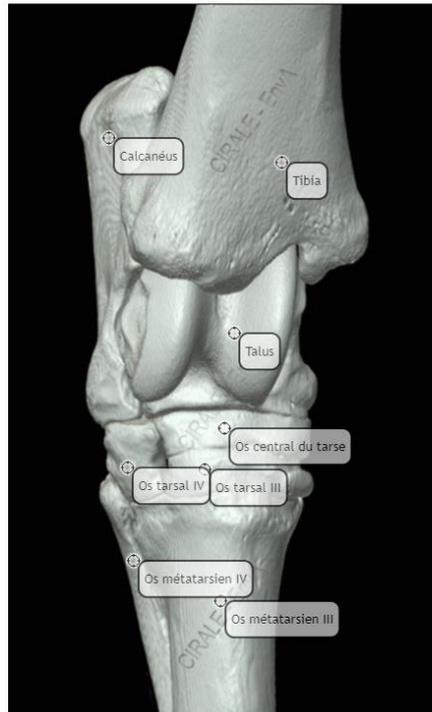


Figure 73 : Question avec marqueur à glisser-déposer extraite du test de connaissance A2-A5

Question 1 Incomplet Noté sur 1,00

Identifiez les formations anatomiques sur cette coupe transversale du tarse du cheval.

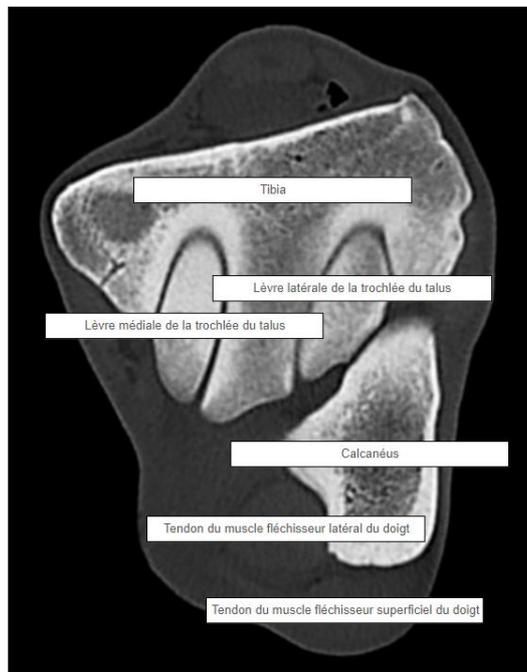


Figure 74 : Question avec texte à glisser déposer sur une image extraite du test de connaissance A2-A5

Question 1 Correct Note de 1,00 sur 1,00

Quelle est le nom du relief du calcanéus contre lequel le fléchisseur latéral du doigt coulisse ?

- Sustentaculum tali
- Processus coracoïde
- Tuber calcanei

✓ Le sustentaculum tali est une saillie osseuse qui se situe en partie distale de la face médiale du calcanéus.

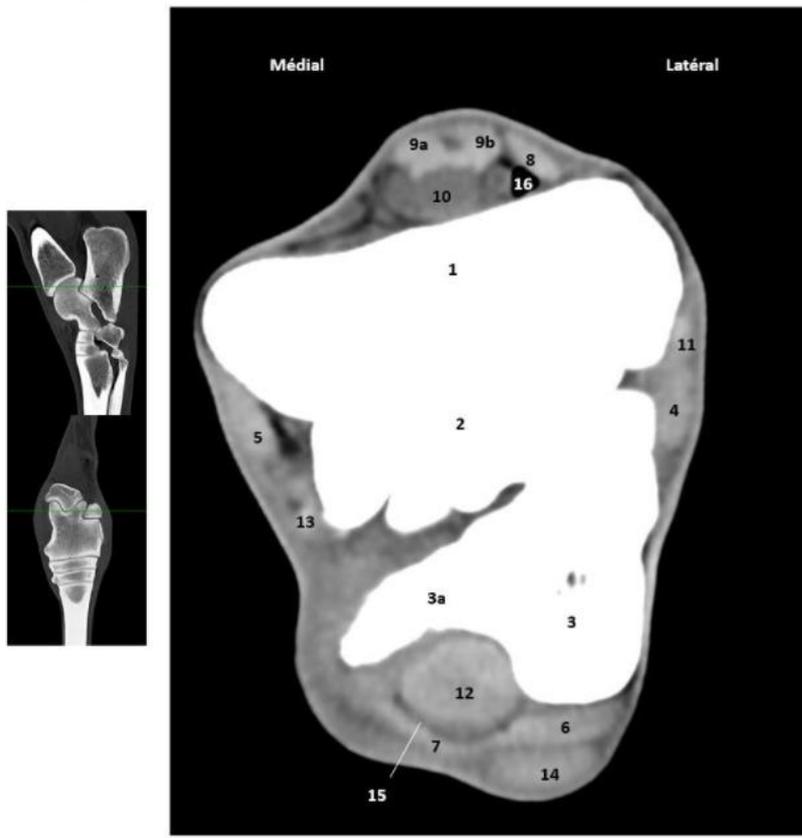
Votre réponse est correcte.

La réponse correcte est :
Sustentaculum tali

Figure 75 : Question à choix multiple extraite du test de connaissance A2-A5

Question 1 Incomplet Noté sur 1,00

Identifiez les formations anatomiques de cette coupe transversale du tarse.



- 1
- 2
- 3
- 12
- 14

Figure 76 : Question d'appariement extraite du test de connaissance A2-A5

Quatrième partie : discussion

I. Analyse du travail effectué

A. Réalisation des images

Les images ont été réalisées sur le membre pelvien isolé d'un cheval de la salle d'autopsie de l'ANSES Dozulé euthanasié pour des raisons qui ne sont pas reliées à une pathologie locomotrice. Néanmoins, le scanner a révélé un remodelage osseux sur le bord médial du sustentaculum tali visible sur la figure 27. Le membre était coupé à mi-tibia. Les vaisseaux n'étaient pas totalement remplis ce qui ne reflète pas l'état physiologique. Un seul membre a été étudié, les variations inter-individuelles ne peuvent donc pas être appréciées. Les images des récessus ne sont pas totalement physiologiques car elles sont le résultat de l'injection des synoviales, provoquant leur distension. Toutefois, cette condition reproduit les conditions d'évaluation clinique lors d'arthroscanner ou d'injections de la gaine plantaire du tarse.

B. Mise en place du contenu pédagogique sur la plateforme Eve et intérêt pédagogique

Cette thèse est un outil d'apprentissage facultatif permettant aux différentes promotions de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort d'étudier l'anatomie du tarse à partir des coupes scanner légendées et de la reconstitution 3D de cette articulation. Cet outil vient compléter l'apprentissage de l'ostéologie et des travaux dirigés avec manipulation des os. La création de questionnaires avec deux niveaux de difficulté permet la révision et l'apprentissage aux étudiants de deuxième année ainsi qu'aux étudiants en fin de cursus. Cette ressource a l'avantage d'être disponible numériquement à tout moment. Un support dynamique 3D serait un outil complémentaire intéressant pour l'apprentissage des formations anatomiques du tarse et d'initiation à l'imagerie sectionnelle.

II. Application de la tomодensitométrie au tarse du cheval

Le scanner du jarret du cheval adulte est un examen réalisé en clinique mais il requiert une anesthésie générale limitant son utilisation en routine. L'utilisation de la radiographie et de l'échographie est préférée pour diagnostiquer des lésions de cette articulation. Cependant, la sensibilité de cette technique pour la détection des fractures et d'anomalies morphologiques ou de densité minérale est très élevée. Le scanner permet de préciser l'orientation et la nature de la fracture.

A. Exploration clinique

La tomодensitométrie permet de localiser les lésions focales situées entre les surfaces osseuses du tarse qui sont difficiles ou impossibles à détecter par radiographie ou échographie comme des

fractures de l'os central du tarse ou de l'os tarsal III, des kystes osseux sous-chondraux comme visible sur la figure 77 a), des lésions de ligaments interosseux représentées sur la figure 77 b) ou de petits fragments (Raes *et al.*, 2014). Elle est aussi utile lors de planification préopératoire de traitement de fractures complexes (Raes *et al.*, 2011). On peut retrouver la tomодensitométrie en examen complémentaire pour affiner un diagnostic d'ostéochondrite disséquante (Skarbek *et al.*, 2020). L'utilisation de produits de contraste pour réaliser une arthrographie permet d'étudier l'ensemble des surfaces cartilagineuses, tandis qu'avec l'échographie, seules les surfaces non portantes sont visibles.

Le choix des coupes est important pour interpréter les lésions. Pour étudier les ligaments collatéraux du tarse, la coupe transversale est préférable. Pour apprécier les espaces articulaires, il est plus intéressant de choisir les coupes frontales et sagittales (Raes *et al.*, 2011).



Figure 77 : a) Coupe transversale de la face dorsale de la cochlée tibiale avec une ostéolyse sous-chondrale de la cochlée médiale b) Coupe transversale du tarse avec une sclérose du ligament interosseux tarso-métatarsien (Raes *et al.*, 2014)

B. Limites

La plupart des articles concernant la tomодensitométrie et l'imagerie IRM du tarse proviennent d'études réalisées sur des membres isolés de cadavres, car l'utilisation de ces technologies est limitée par de nombreux facteurs pratiques et économiques sur le cheval vivant. En tomодensitométrie, l'analyse des images sur des tissus morts n'influence pas leur interprétation. Cette technique ne permet pas de distinguer les nerfs, les vaisseaux sont difficilement identifiables sans utiliser de produits de contraste. Certains muscles, tendons et ligaments entourés de fascias ayant la même densité sont compliqués à discerner, comme le muscle tibial crânial et le troisième péronier. Cette technique ne permet pas enfin de diagnostiquer l'augmentation de contenu liquidien

dans les os (lésions de type d'œdème osseux), type de lésion où l'IRM présente une grande sensibilité.

Le prix d'achat, les coûts d'installation et les contrats de service pour ces systèmes sont élevés. De plus, certaines modifications sont nécessaires pour adapter les systèmes d'imagerie pour scanner des chevaux vivants, les systèmes existants sont conçus uniquement pour l'imagerie de patients humains. Les risques de l'anesthésie doivent ainsi être pris en compte.

Des scanners sur cheval debout voient le jour mais ils restent à valider pour les régions comme le carpe et le tarse. En effet, les chevaux doivent rester immobiles pendant l'acquisition des images.

Conclusion

Les affections du tarse sont fréquemment observées chez les chevaux de sport en raison des contraintes biomécaniques élevées.

La maîtrise de l'anatomie du tarse est indispensable afin de pouvoir diagnostiquer des lésions du jarret, quelle que soit la technique d'imagerie utilisée. Cette thèse est un support pédagogique pour l'enseignement de l'anatomie de l'articulation du tarse en école vétérinaire. Ce support a été réalisé à l'aide de l'imagerie scanner qui est basée sur les mêmes principes physiques que la radiologie conventionnelle.

Le scanner permet de créer des coupes de l'organe désiré et offre une meilleure capacité de distinction des tissus inaccessibles par radiographie ou échographie. Pour étudier l'anatomie du tarse du cheval, différents outils ont été utilisés sur le scanner à partir d'une seule acquisition d'images : les modes de reconstruction 3D, MPR et filtres tissus mous et osseux. Un arthro-scanner a également été réalisé, c'est-à-dire une acquisition d'images avec injection de produit de contraste intra-articulaire.

Le support pédagogique pour l'enseignement d'anatomie, est constitué d'un ensemble d'images légendées, ainsi que deux tests de connaissances pour les étudiants du tronc commun et ceux ayant approfondi la médecine équine. En plus de l'apprentissage de l'anatomie du tarse, ce support va permettre aux étudiants de se familiariser avec l'interprétation des images obtenues par la technique de tomodensitométrie.

Cette thèse s'inscrit dans un travail à plus grande échelle, où d'autres atlas d'anatomie ont été créés avec des images tomodensitométriques des régions du pied-paturon, du boulet, du carpe et de la tête, permettant ainsi une vue détaillée de l'anatomie du cheval.

Liste des références bibliographiques

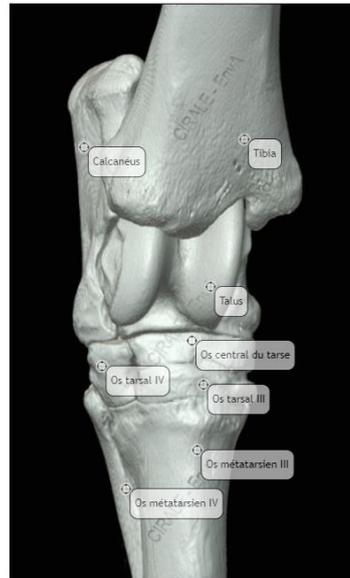
- BARONE R. (1986) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1, Ostéologie, 3^e ed. Paris, Vigot
- BARONE R. (2000) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2, Arthrologie et myologie, 4^e ed. Paris, Vigot
- BARONE R. (2011) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 5, Angiologie, 2^e ed. Paris, Vigot
- BERGMAN, H.-J., SAUNDERS, J. (2011) Equine Fractures. In Saunders, J., Schwarz, T. (Éd.), *Veterinary Computed Tomography*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, p. 457-462.
- CEA (2014) Le fonctionnement d'un scanner X. In *Site du commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*. [http://www.cea.fr/multimedia/pages/videos/culture-scientifique/sante-sciences-du-vivant/fonctionnement-scanner-x.aspx?g_d9247c6c_33b2_47f0_8fb6_a52f1f0ef977=2] (consulté le 07/07/2020).
- CONTARDI L., MANCINI L., NESIMI L. (2019) Avec l'arrivée du scanner spectral, quels sont les changements dans la pratique quotidienne des TRM ? Travail de Bachelor. Haute Ecole de Santé Genève
- KINNS, J., MALINOWSKI, R., MCEVOY, F., et al. (2011) Special Software Applications. In Schwarz, T., Saunders, J. (Éd.), *Veterinary Computed Tomography*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, p. 67-74.
- POLLARD, R., PUCHALSKI, S. (2011) CT Contrast Media and Applications. In Schwarz, T., Saunders, J. (Éd.), *Veterinary Computed Tomography*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, p. 57-65.
- RAES E.V., BERGMAN E.H.J., VAN DER VEEN H., et al. (2011) Comparison of cross-sectional anatomy and computed tomography of the tarsus in horses. *Am J Vet Res* 72(9), 1209-1221
- RAES E., BERGMAN H.J., VAN RYSSSEN B., et al. (2014) Computed tomographic features of lesions detected in horses with tarsal lameness. *Equine Vet J* 46(2), 189-193
- RUEL Y. (2000) Tomodensitométrie - Imagerie par résonance magnétique. Polycopié. EnvA, Unité Fonctionnelle de Radiologie
- SAUNDERS, J., OHLERTH, S. (2011) CT Physics and Instrumentation – Mechanical Design. In Saunders, J., Schwarz, T. (Éd.), *Veterinary Computed Tomography*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, p. 1-8.
- SAUNDERS, J., SCHWARZ, T. (2011) Principles of CT Image Interpretation. In Saunders, J., Schwarz, T. (Éd.), *Veterinary Computed Tomography*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, p. 29-34.
- SKARBEEK A., RAMSEYER A., KOCH C., VAN DER VEKENS E. (2020) Radiography and Standing Computed Tomography of an Osteochondritis Dissecans Lesion Found at the Dorsodistal Aspect of the Calcaneus in a 3-Year-Old Horse. *J Equine Vet Sci*. 94, 103240. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103240>]

Annexes

Annexe 1 : Questions du test d'évaluation pour le tronc commun

Question 1 Correct Note de 1,00 sur 1,00 Marquer la question Modifier la question

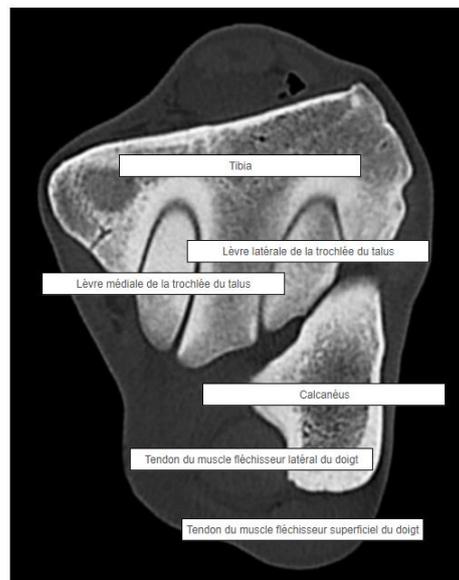
Identifiez les formations anatomiques sur cette image 3D d'ostéologie en vue dorsale du tarse du cheval.



Votre réponse est correcte.

Question 2 Correct Note de 1,00 sur 1,00 Marquer la question Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques sur cette coupe transversale du tarse du cheval.



Votre réponse est correcte.

Question 3

Correct

Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Quelle est le nom du relief du calcaneus sur lequel le tendon du fléchisseur latéral du doigt coulisse ?

- Tuber calcanei
- Sustentaculum tali
- Processus coracoïde

✓ Le sustentaculum tali est une partie du calcaneus situé en partie médiale et distale de cet os.

Votre réponse est correcte.

La réponse correcte est :
Sustentaculum tali

Quelle est le nom du relief du calcaneus sur lequel le tendon du fléchisseur latéral du doigt coulisse ?

- Sustentaculum tali
- Tuber calcanei
- Processus coracoïde

✗ Le tuber calcanei est la formation anatomique la plus proximale du calcaneus sur laquelle s'insère la corde du jarret formée du tendon du muscle gastrocnémien, du tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt et de brides fibreuses provenant des muscles fémoraux caudaux (muscles biceps fémoral et semi-tendineux).

Votre réponse est incorrecte.

La réponse correcte est :
Sustentaculum tali

Quelle est le nom du relief du calcaneus sur lequel le tendon du fléchisseur latéral du doigt coulisse ?

- Sustentaculum tali
- Processus coracoïde
- Tuber calcanei

✗ Le processus coracoïde est un relief du calcaneus situé dorsalement et latéralement et qui vient se plaquer sur la face latérale du talus.

Votre réponse est incorrecte.

La réponse correcte est :
Sustentaculum tali

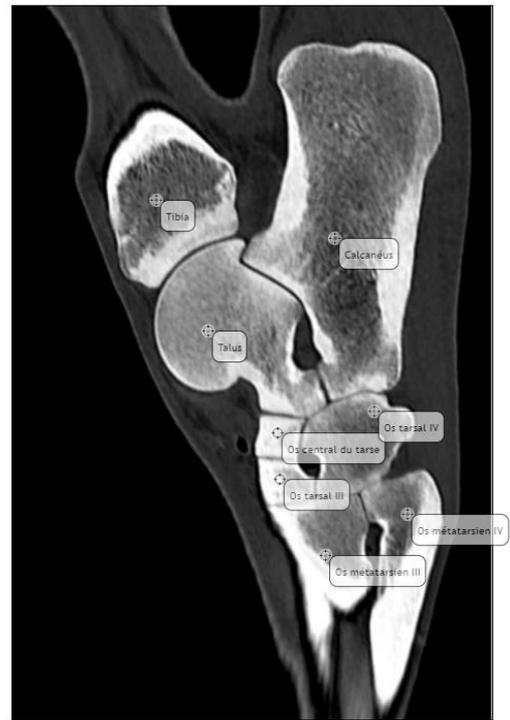
Question 4

Correct Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques sur cette coupe sagittale du tarse en vue latéral.



Votre réponse est correcte.

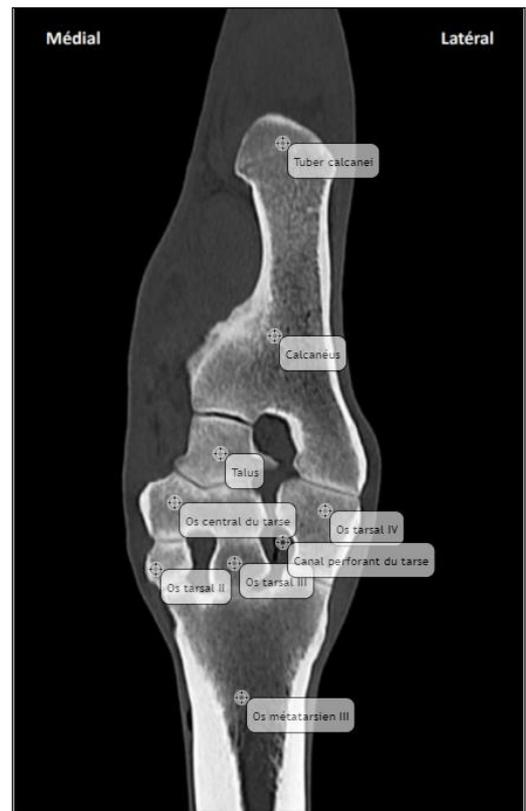
Question 5

Correct Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques de cette coupe frontale du tarse en partie plantaire.



Votre réponse est correcte.

Question 6

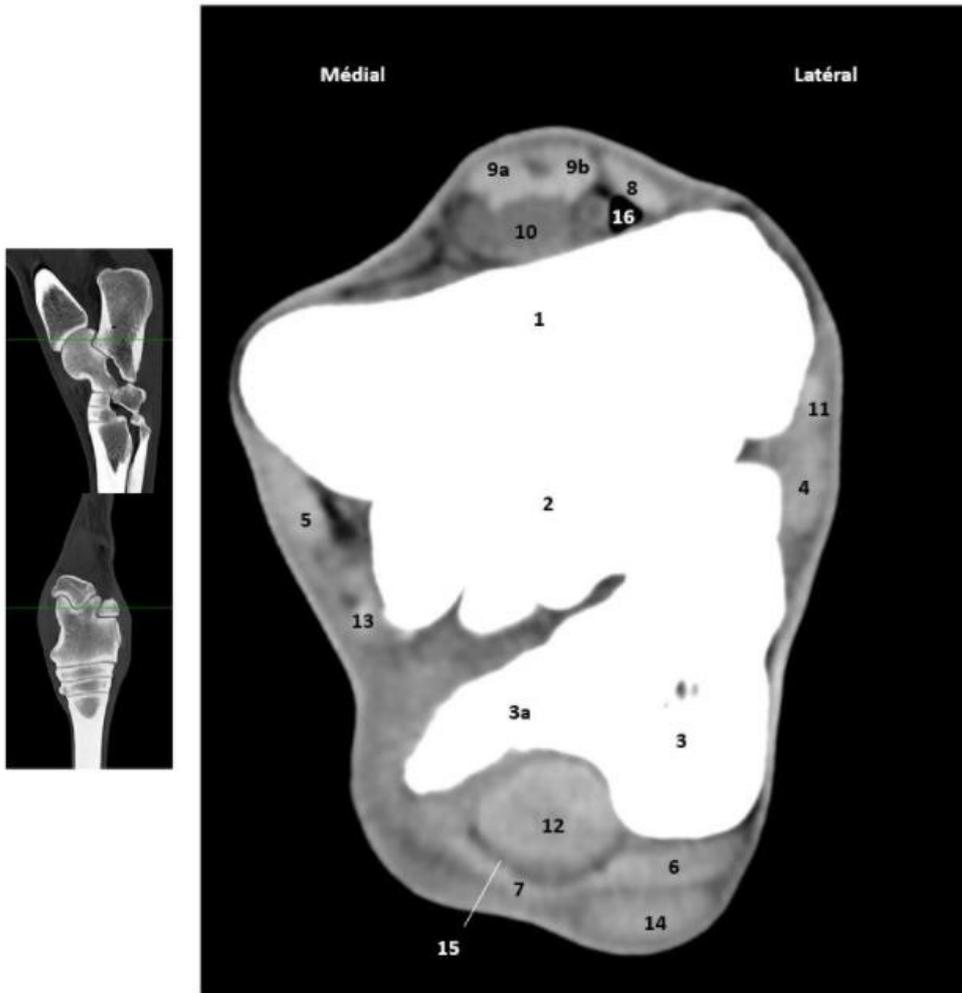
Correct

Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques de cette coupe transversale du tarse.



- 1 Tibia ✓
- 2 Talus ✓
- 3 Calcaneus ✓
- 12 Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt ✓
- 14 Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt ✓

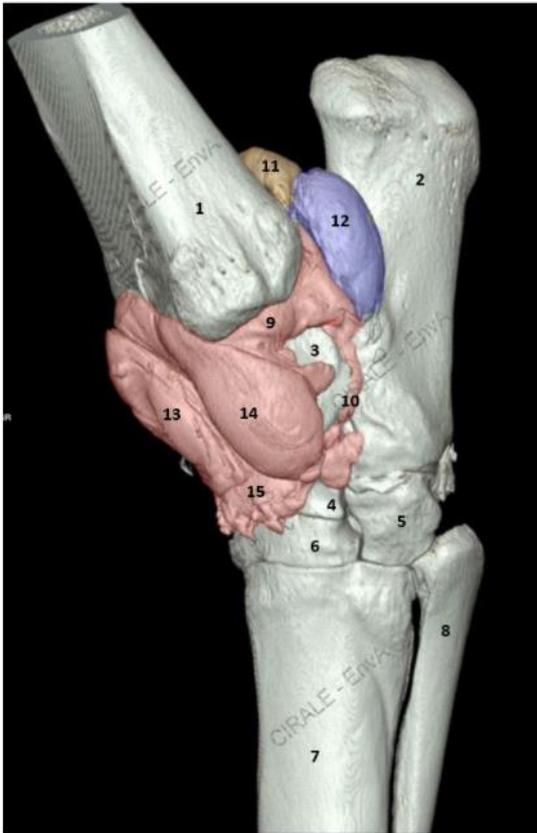
Question 7

Correct Note de 2,00 sur 2,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques de cette image d'ostéologie 3D du tarse en vue dorso-latérale avec une injection intra-articulaire de produit de contraste.



- | | | |
|----|--|---|
| 1 | Tibia | ✓ |
| 2 | Calcanéus | ✓ |
| 3 | Talus | ✓ |
| 4 | Os central du tarse | ✓ |
| 5 | Os tarsal IV | ✓ |
| 6 | Os tarsal III | ✓ |
| 7 | Os métatarsien III | ✓ |
| 8 | Os métatarsien IV | ✓ |
| 9 | Articulation tibio-talienne | ✓ |
| 10 | Articulation talo-calcanéenne | ✓ |
| 11 | Récessus plantaire médial de la synoviale tibio-tarsienne | ✓ |
| 12 | Récessus plantaire latéral de la synoviale tibio-tarsienne | ✓ |
| 13 | Récessus dorso-médial de la synoviale tibio-tarsienne | ✓ |
| 14 | Récessus dorso-latéral de la synoviale tibio-tarsienne | ✓ |
| 15 | Récessus dorso-distal de la synoviale tibio-tarsienne | ✓ |

Annexe 2 : Questions du test d'évaluation pour les A6 et internes de clinique équine

Question 1

Correct

Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques suivantes sur cette vue dorsale du tarse en ostéologie 3D.



- | | | |
|----|---|---|
| 1 | Tibia | ✓ |
| 1a | Malléole médiale | ✓ |
| 1b | Malléole latérale | ✓ |
| 1c | Sillon malléolaire (sillon pour le tendon extenseur latéral du doigt) | ✓ |
| 2 | Calcaneus | ✓ |
| 2a | Tuber calcanei | ✓ |
| 2b | Tubérosité d'insertion (ligament collatéral latéral) | ✓ |
| 3 | Talus | ✓ |
| 3a | Lèvre latérale de la trochlée | ✓ |
| 3c | Lèvre médiale de la trochlée | ✓ |
| 4 | Os central du tarse | ✓ |
| 5 | Os tarsal III | ✓ |
| 6 | Os tarsal IV | ✓ |
| 7 | Os métatarsien III | ✓ |
| 8 | Os métatarsien IV | ✓ |
| 9 | Articulation tibio-tarsienne | ✓ |
| 10 | Articulation intertarsienne proximale | ✓ |
| 11 | Articulation intertarsienne distale | ✓ |
| 12 | Articulation tarso-métatarsienne | ✓ |
| 13 | Canal perforant du tarse | ✓ |

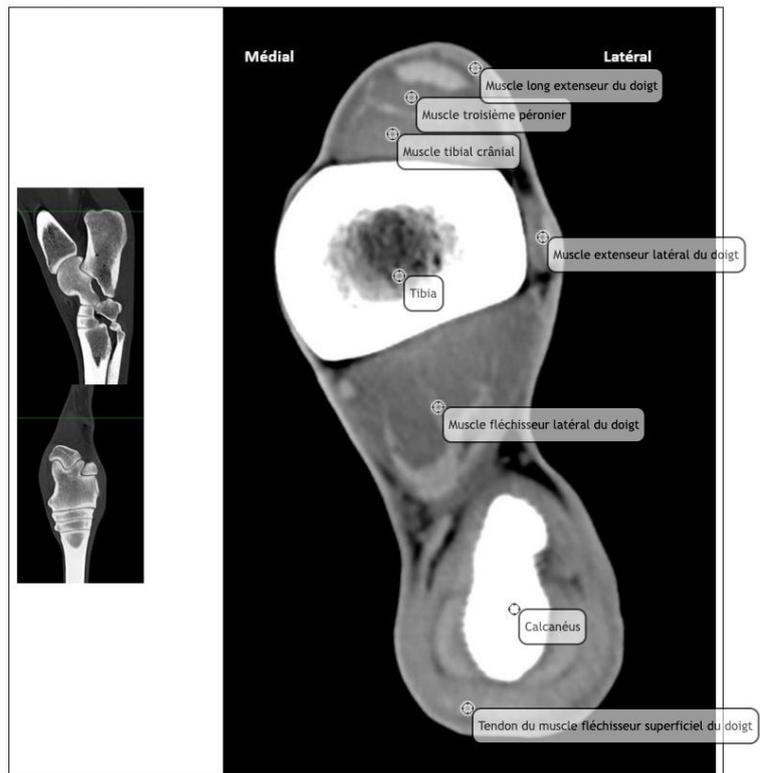
Question 2

Correct Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques suivantes sur cette coupe transversale du tarse en région tibiale distale.



Votre réponse est correcte.

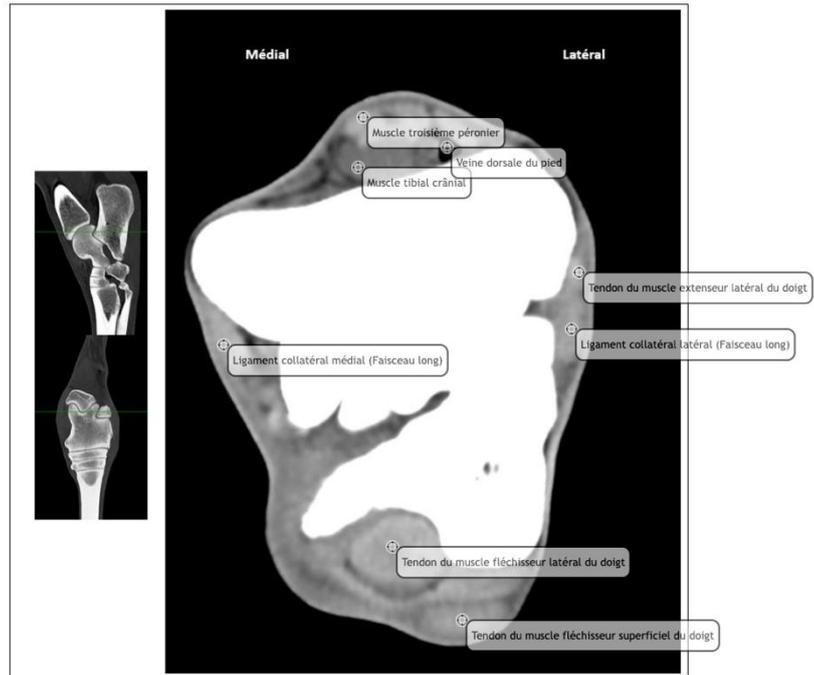
Question 3

Correct Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques de cette coupe transversale du tarse dans la région de l'articulation talo-calcaneenne.



Votre réponse est correcte.

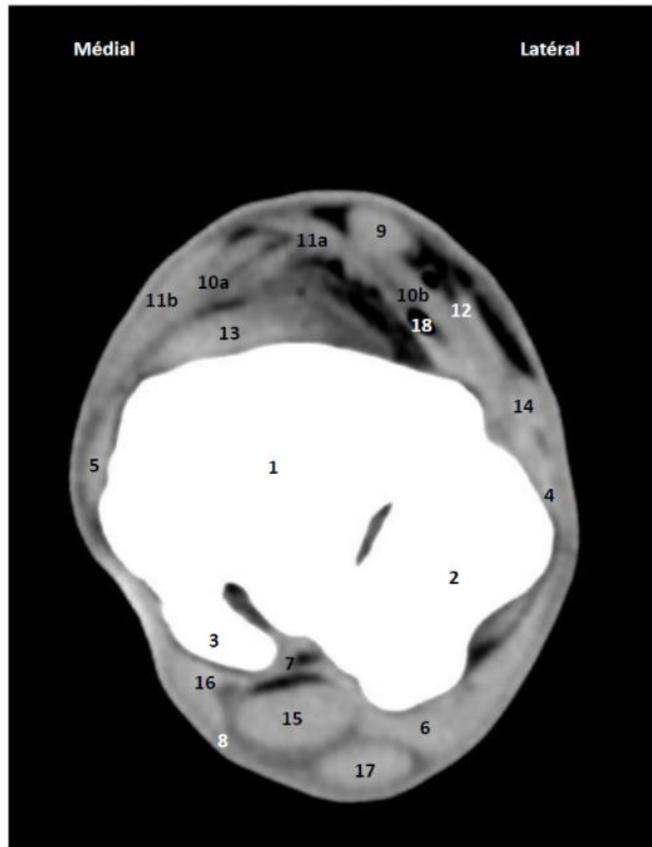
Question 4

Correct Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques suivantes sur cette coupe transversale du tarse en région de l'os central du tarse.



- 14 Tendon du muscle extenseur latéral du doigt ✓
- 5 Ligament collatéral médial (faisceau long) ✓
- 4 Ligament collatéral latéral (faisceau long) ✓
- 7 Ligament plantaire distal ✓
- 13 Ligament talo métatarsien dorsal ✓

Question 5

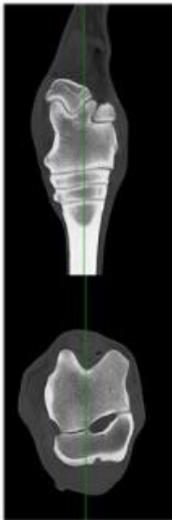
Correct

Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques suivantes de cette coupe sagittale du tarse.



- 12 Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt ✓
- 5 Os tarsal II ✓
- 11 Tendon du muscle fléchisseur latéral du doigt ✓
- 2b Sustentaculum tali ✓
- 8 Ligament plantaire distal ✓
- 9 Espace et ligament interosseux intertarsien distal ✓
- 13 Muscle interosseux III (enthèse proximale) ✓
- 10 Espace et ligament interosseux tarso-métatarsien ✓

Question 6

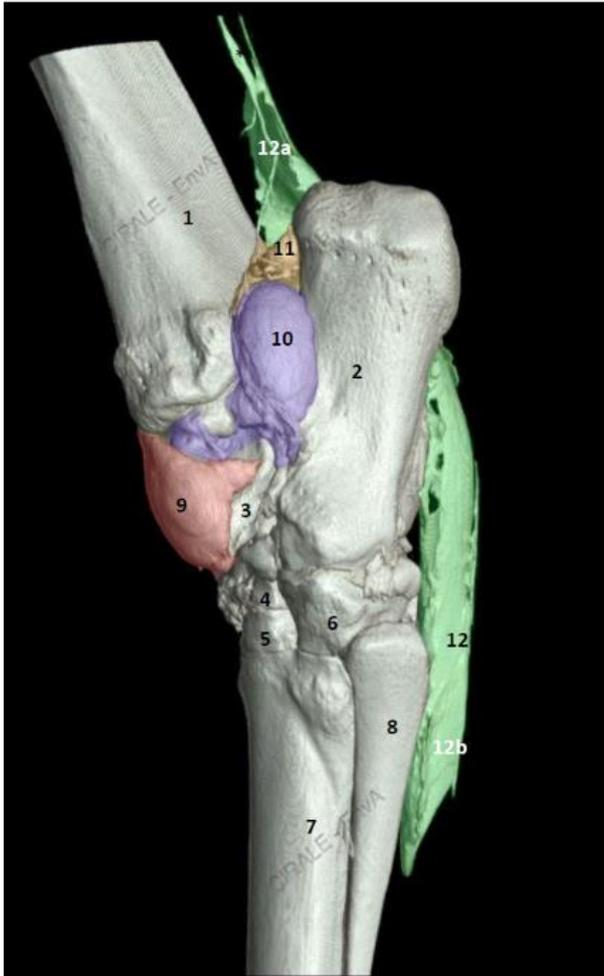
Correct

Note de 1,00 sur 1,00

Marquer la question

Modifier la question

Identifiez les formations anatomiques suivantes de cette vue 3D du tarse avec une injection de produit de contraste dans l'articulation tibio-tarsienne et la gaine plantaire du tarse.



- 12 Gaine plantaire du tarse ✓
- 11 Récessus plantaire médial de la synoviale tibio-tarsienne ✓
- 9 Récessus dorso-latéral de la synoviale tibio-tarsienne ✓
- 10 Récessus plantaire latéral de la synoviale tibio-tarsienne ✓

IMAGERIE SCANNER DU TARSE DU CHEVAL : APPLICATION A L'ENSEIGNEMENT D'ANATOMIE

AUTEUR : Camille CAPITAINE

RÉSUMÉ :

Les affections du tarse sont fréquemment observées chez les chevaux de sport et de courses en raison des contraintes biomécaniques élevées et répétées. L'interprétation des images radiographiques et échographiques nécessite une connaissance pointue de l'anatomie de cette région. L'objectif de cette thèse est la création d'un support pédagogique pour l'enseignement de l'anatomie du tarse du cheval.

L'étude de l'anatomie de jarret du cheval a été réalisée par tomodensitométrie, appelée couramment imagerie scanner. Elle est basée sur les mêmes principes physiques que la radiologie conventionnelle.

Le scanner offre différents outils pour créer des images à partir d'une seule acquisition : les modes de reconstruction en trois dimensions, MPR (multi planar reconstruction) pour des images en coupes, ainsi que les filtres tissus osseux et tissus mous ont été utilisés. Des images scanner avec produit de contraste ont été réalisées pour obtenir des images des synoviales et des vaisseaux.

Le support pédagogique est constitué d'une sélection d'images de coupes scanner légendées, ainsi que de deux tests de connaissances pour les étudiants du tronc commun et ceux en dominante équine et internat. Tous les clichés sont présentés dans un diaporama.

Cette thèse s'inscrit dans un travail à plus grande échelle, où d'autres atlas d'anatomie ont été créés avec des images tomodensitométriques des régions du pied-paturon, du boulet, du carpe permettant une description de l'anatomie des membres du cheval.

MOTS CLÉS :

ANATOMIE, TARSE, CHEVAL, IMAGERIE, SCANNER, TOMODENSITOMÉTRIE

JURY :

Présidente : Pr Céline ROBERT

Directeur de thèse : Pr Fabrice AUDIGIÉ

Examineur : Pr Henry CHATEAU

COMPUTED TOMOGRAPHY OF THE EQUINE TARSUS: APPLICATION TO ANATOMY TEACHING

AUTHOR: Camille CAPITAINE

SUMMARY:

Tarsal disorders are frequently observed in sport and racing horses due to high and repeated biomechanical stresses. The analysis of radiographic and ultrasound images requires in-depth knowledge of the anatomy of this region. The aim of this thesis is the creation of a teaching aid for the tarsus' anatomy of the horse.

The study of the hock anatomy of the horse was performed by computed tomography. It is based on the same physical principles as conventional radiology.

The scanner offers different tools to create images from a single acquisition: three-dimensional reconstruction modes were used, MPR (multi planar reconstruction) for slice images, as well as bone and soft tissue filters. Images were also obtained after injection of contrast product into the synovial membranes and vessels.

The teaching aid consists of a selection of images from captioned scanner sections, as well as two knowledge tests for students, equine dominant students and interns. All pictures are presented in a slideshow.

This thesis is part of a larger scale work, where other anatomy atlases were created with computed tomography images of the foot, pastern, fetlock, carpal regions, thus allowing a larger view of the anatomy of the equine limbs.

KEYWORDS:

ANATOMY, TARSUS, HORSE, DIAGNOSTIC IMAGING, COMPUTED TOMOGRAPHY

JURY:

Chairperson: Pr Céline ROBERT

Thesis Director: Pr Fabrice AUDIGIÉ

Reviewer: Pr Henry CHATEAU