

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
INSTITUTO DE FARMACOLOGÍA Y MORFOFISIOLOGÍA

**VENOGRAFÍA DIGITAL EN MIEMBROS ANTERIORES DE CADÁVERES
EQUINOS MEDIANTE RADIOGRAFÍA Y TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA**

Memoria de Título presentada como parte de
los requisitos para optar al TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO

MAURICIO ALEJANDRO PÉREZ HERNÁNDEZ

VALDIVIA – CHILE

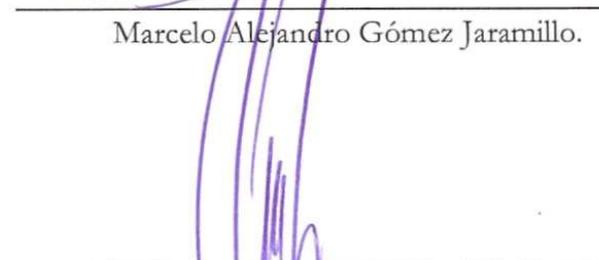
2015

PROFESOR PATROCINANTE



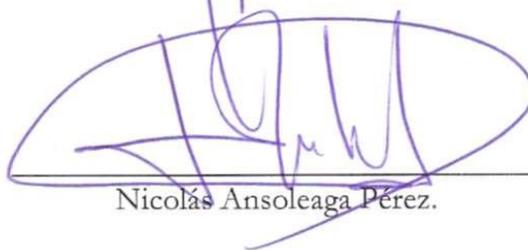
Marcelo Alejandro Gómez Jaramillo.

PROFESOR COPATROCINANTE



Luis Marcelo Mieres Lastra.

PROFESORES INFORMANTES



Nicolás Ansoleaga Pérez.



Barbara Pérez Márquez.

FECHA DE APROBACIÓN: 28 de octubre 2015

A mi familia...

ÍNDICE

Capítulos	Página
1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
5. RESULTADOS.....	9
6. DISCUSIÓN.....	16
7. REFERENCIAS.....	19
8. ANEXOS	20

1. RESUMEN

La venografía digital es un método de diagnóstico que permite la visualización radiográfica de las venas del dedo del equino mediante la distribución de un medio de contraste inyectado en las venas digitales palmares o plantares. El objetivo de este trabajo fue describir la anatomía venosa de la porción distal de miembros anteriores de cadáveres equinos, desde la epífisis distal de la primera falange hasta el borde solear del casco, utilizando la técnica de venografía digital en equinos. Para ello se inyectó diatrizoato de sodio en las venas digitales palmar lateral o medial y se tomaron imágenes radiográficas con el uso de un equipo radiográfico digital indirecto. Además se obtuvieron y evaluaron imágenes de reconstrucción tridimensional (3D) con el uso de tomografía computarizada (TC). La información se obtuvo de 8 especímenes de equinos. En 4 muestras se estudió la técnica a realizar y en los 4 especímenes restantes se aplicó la técnica definitiva. Se obtuvieron venografías digitales con vistas lareto-medial, dorso-palmar y dorso-proximal-palmaro-distal con 65°.

Las imágenes radiográficas y tomográficas con reconstrucción 3D obtenidas, evidenciaron el plexo venoso coronario, el plexo venoso parietal, el plexo venoso palmar y el plexo venoso solear. También se observó la vena marginal solear, la vena de la almohadilla digital y las venas digital palmar medial y lateral. Además se apreció el arco terminal, la rama palmar de la segunda falange, la rama dorsal de la segunda falange, la vena nutricia proximal y la vena coronaria.

La venografía digital fue una técnica sencilla de realizar y permitió caracterizar adecuadamente la anatomía venosa del dedo equino. El arco terminal y la rama palmar de la segunda falange (P2) solo se observaron en las venografías tomadas por radiografía digital indirecta. Sin embargo, la vena coronaria, la vena nutricia palmar y la rama dorsal de la segunda falange solo se observaron en las reconstrucciones 3D por tomografía computarizada.

Palabras clave: venografía digital, equipo radiográfico, tomografía computarizada, diatrizoato de sodio.

2. SUMMARY

DIGITAL VENOGRAPHY OF THE THORACIC LIMBS OF EQUINE SPECIMENS USING RADIOGRAPHY AND COMPUTED TOMOGRAPHY

Digital venography is a diagnostic method that allows radiographic visualization of the veins of the equine foot by injecting contrast medium into the palmar or plantar digital veins. The objective of this study was to describe the venous anatomy of the distal portion of thoracic limbs of equine limbs from the distal epiphysis of the first phalanx to the solear edge of the hoof, using digital venography technique. Sodium diatrizoate was used as contrast medium. It was injected into the lateral or medial palmar digital veins. The radiographic images were taken using indirect digital radiographic. Additionally, three-dimensional CT reconstruction images (3D) were performed in all limbs. A total of 8 thoracic limbs were examined. Digital venography images were obtained using latero-medial, dorsal-palmar and 65° dorso-proximal-palmaro-distal views.

Radiographic and tomographic 3D reconstruction images showed the coronary venous plexus, parietal venous plexus, the palmar venous plexus and the solear venous plexus. Circumflex vein (solear marginal vein), the vein of the digital pad, the medial and lateral palmar digital veins were also observed. Besides the terminal arc, palmar venous branch of the second phalanx, the dorsal venous branch of the second phalanx and the nutrient proximal coronary vein were appreciated.

Digital venography was easy to perform and allowed to characterize the venous anatomy of the equine foot correctly. The terminal arch and the palmar venous branch of the second phalanx (P2) were observed only in venographic images taken by indirect digital radiography. However, coronary veins, nurturing palmar vein and dorsal venous branch of second phalanx were observed only on 3D computed tomography reconstructions.

Key words: digital venography, radiographic equipment, computed tomography, sodium diatrizoate.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. ANTECEDENTES GENERALES

La venografía digital es una herramienta de diagnóstico que permite la visualización radiográfica de las venas del dedo del equino, después de una inyección de un medio de contraste radiopaco en las venas digitales palmares o plantares (D'Arpe y col 2008). Esta es una técnica repetible y útil como un procedimiento de diagnóstico para diversas patologías que afectan al dedo del equino, las cuales no son visibles por el tejido corneo que cubre el extremo distal del dedo (D'Arpe y Bernardini 2010).

Este método permite la evaluación de la distribución del medio de contraste y la identificación de zonas de perfusión reducida, lo cual se puede asociar a algún trastorno en la circulación dentro del casco (Rucker 2007).

3.1.2. Historia de la venografía digital

La venografía digital en equinos se desarrolló por Christopher Pollit en 1992 quien mostró en extremidades de cadáveres de caballos, el relleno retrógrado de las venas digitales laterales con la inyección de un líquido como medio de contraste radiopaco y la aplicación de un torniquete proximal a la inyección. Luego, junto a Ric Redden, desarrollaron una técnica para el caballo en pie, para un mejor análisis del efecto de la laminitis en la vasculatura digital. Posteriormente, Redden en 1993 estandarizó la técnica de la radiografía digital, utilizándola ampliamente como una herramienta de diagnóstico en la práctica clínica. Después Rucker (2007) describió los aspectos normales y los artefactos de la venografía. Más recientemente en el 2010, D'Arpe y Bernardini describieron modificaciones en la técnica, para explorar la biomecánica en la influencia de las cargas del dedo en la red vascular.

3.1.3. Anatomía venosa del dedo equino

Los huesos y los tejidos blandos del dedo de un equino, son irrigados por las arterias digitales palmares o plantares y sus numerosas ramas. A nivel de la articulación metacarpo-falángica encontramos los vasos digitales, estos son uniformes de diámetro, en donde las venas se distinguen de las arterias por sus paredes lisas y delgadas (Rucker 2007).

El drenaje venoso del corion laminar comienza con las láminas parietales provenientes de la circulación parietal, continuando hacia el plexo venoso parietal y proximalmente hacia el plexo venoso coronario (Kainer 2002). Venas centrales provenientes de las papilas dérmicas del corion perióplico y coronario, drenan hacia el plexo venoso coronario, y las de las papilas dérmicas del corion solear y cuneato drenan hacia el plexo venoso palmar (Kainer 2002). Dos venas paralelas presentes en el canal solear de la tercera falange drenan en un reticulado venoso profundo. Estas venas emergen por cada orificio solear y luego se juntan a nivel del hueso navicular para formar las venas terminales contralaterales. Cada vena terminal se une con ramas del plexo venoso interno para formar la vena digital palmar/plantar. La vena digital palmar/plantar recibe ramas

provenientes desde el hueso navicular, la vena coronaria y la vena de la almohadilla digital, que transporta sangre desde la región superficial de los talones (Kainer 2002).

El plexo venoso coronario consiste en un plexo superficial de venas colectoras de gran calibre presentes a nivel del corion coronario y perióptico. Este plexo venoso drena principalmente en las venas coronarias. El plexo venoso palmar consiste en un plexo venoso de dos niveles y uno cuneato. El plexo venoso solear es drenado a través de la vena marginal solear, ramas de la vena de la almohadilla digital, la vena cuneana y el plexo venoso interno (Kainer 2002).

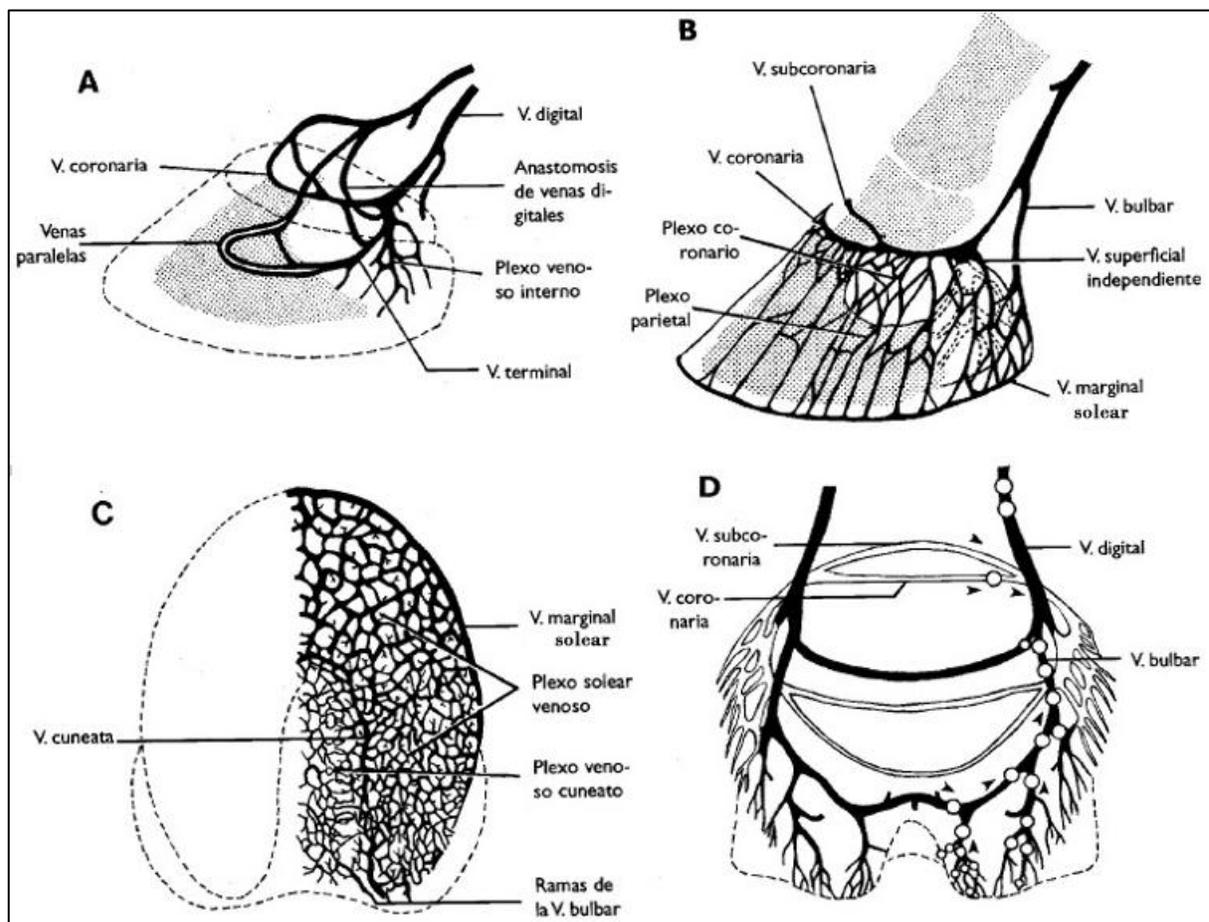


Figura 1. Drenaje venoso del pie equino. A, venas profundas del pie. B, venas mayores del corion laminar. C, plexo venoso palmar. D, válvulas en las venas superficiales. Círculos, localización de las válvulas. Flechas, dirección del flujo sanguíneo. (Modificado de Kainer 2002).

3.1.4. Relevancia clínica de la venografía en patologías digitales en tejidos blandos y en la laminitis

La venografía digital constituye una técnica para evaluar el sistema circulatorio del dedo en diversas etapas de desarrollo de la laminitis (Rucker 2007). Esta información es útil para elaborar protocolos de abordaje terapéutico en patologías que restringen directamente la perfusión del dígito. También se puede utilizar como una herramienta de diagnóstico para las lesiones de tejidos

blandos. Comparativamente, secuencias de venografías pueden convertirse en un valioso indicador de pronóstico, juntamente con cuidados de observaciones clínicas. Esta técnica ha demostrado su utilidad repetible, como un procedimiento de diagnóstico que clínicamente evalúa la gravedad de la lesión vascular en enfermedades como lo es en la laminitis, y permite comprobar y controlar si el tratamiento hacia la enfermedad está respondiendo o no, permitiendo tomar decisiones al momento de cambiar el protocolo terapéutico (D'Arpe y Bernardini 2010).

La venografía digital es muy útil en el reconocimiento temprano de la osteítis podal séptica, ya que puede resaltar el defecto vascular varios días, e incluso semanas, antes que las lesiones óseas se hagan evidentes radiográficamente (Rucker 2007). También ayuda a dilucidar la fisiopatología de la enfermedad, la causa iniciadora (contusión, penetración, o trombos) que puede crear compresión vascular, corte, o bloqueo con el resultado de una cascada inflamatoria. Por otro lado, se puede utilizar para identificar masas de tejido blando (ej.: queratomas) dentro del casco que no han tenido tiempo o no están en condiciones para provocar cambios radiográficos en la tercera falange (Rucker 2007). A nivel nacional existen pocos estudios relacionados a la venografía digital mediante el uso de la radiografía digital indirecta y la reconstrucción tridimensional con el uso de la tomografía computarizada, aplicados hacia el dedo del equino.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

- Describir la anatomía vascular venosa del dedo equino mediante venografías digitales en miembros anteriores de cadáveres equinos sanos mediante radiografía digital indirecta y tomografía computarizada.

3.2.2 Objetivo específico

- Descripción de la irrigación venosa del dedo de equino a través de venografía digital indirecta.
- Descripción de la irrigación venosa del dedo de equino a través de la reconstrucción tridimensional (3D) obtenidas mediante tomografía computarizada.
- Comparar venografías digitales tomadas por radiografía digital indirecta y tomografía computarizada de extremidades distales de equinos.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. MATERIAL

4.1.1. Material biológico

Para el estudio pre-experimental se utilizaron 4 miembros anteriores de cadáveres equinos, tanto para la inyección del medio de contraste como para la obtención de las imágenes. Posteriormente en 4 extremidades anteriores, se aplicó el protocolo definitivo.

4.1.2. Equipos

- Radiográfico: Modelo DXD-350 II General Electric perteneciente al Hospital Clínico Veterinario (HOVE) de la Facultad de Ciencias Veterinaria de la Universidad Austral de Chile.
- Escáner: Modelo Picker PQ 6000 helicoidal perteneciente al HOVE.
- Revelador: Carestream DirectView Vita CR.
- Software: OsiriX World's fastest DICOM viewer ©Pixmeo Sarl. Versión 3.9.4 (32 Bit).
- Fotográfico: Cámara digital CASIO, modelo EX-2750.

4.1.3. Fármacos

Se utilizó como medio de contraste el fármaco diatrizoato de sodio inyectable (MD-76R) a una dosis promedio de 22 ml por cada espécimen. También se utilizó peróxido de hidrogeno (H_2O_2) a una dosis promedio de 30 ml por cada muestra.

4.1.4. Otros materiales

Para el preparado de la muestra e inyección del medio de contraste se utilizó un secador de pelo, un catéter de 14 G, jeringas de 60 ml, gel desengrasante, guantes de látex, un paño de género, una escobilla de plástico, bisturí y escarpelo, hilo y dos pinzas hemostáticas.

4.2. MÉTODOS

4.2.1 Preparación de la muestra

Posterior a la descongelación de la muestra (24 hrs en agua a temperatura ambiente), se procedió al lavado con agua tibia aplicando gel desengrasante. Se masajeó manualmente (con la protección de guantes de látex) y se limpió la zona solear del casco. Posteriormente se realizó el secado de los especímenes.

4.2.2. Inyección del medio de contraste

Una vez que se obtuvo el secado completo de la muestra, se procedió a hacer una incisión de 5 cm medial a la segunda falange, a nivel de la triada vasculonerviosa digital (vena, arteria y nervio digital). Se diseco y expuso la arteria y vena digital palmar para facilitar la cateterización de los vasos sanguíneos.

Con un catéter de 14 G, se canalizó la vena digital palmar medial o lateral en sentido distal y se fijó con hilo (Figura 2). A continuación se procedió a la inyección de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) para flushing o lavado de los vasos sanguíneos. Se inyectó el H_2O_2 lentamente, aplicando masajes y movimientos de las articulaciones inter-falángica distal y proximal para lograr una mayor perfusión de este hacia las venas más distales. La dosis promedio de H_2O_2 fue de 30 ml por muestra (con un rango de 28 ml hasta 32 ml).

Luego de 5 minutos (para la disolución de los trombos), se continuó con la inyección del medio de contraste. Para la aplicación del diatrizoato de sodio, se inyectó primero 15 ml hasta apreciar las venas y arterias digitales pletóricas. Luego se presionó con una pinza hemostática la arteria vecina a la vena con el catéter y con otra pinza hemostática se presionó la arteria y vena digital contrarias. Posteriormente, se aplicó un masaje digital, moviendo las articulaciones del dedo para permitir un relajamiento de las venas y así una mayor perfusión del medio de contraste. A continuación del masaje articular se aplicaron 7 ml más del medio de contraste con un poco más de presión. Se retiró la jeringa del catéter e inmediatamente se colocó la tapa de este para impedir el retorno del medio de contraste. Se amarraron las pinzas con hilo alrededor del nudillo del miembro (cerca de la articulación metacarpo- falángica), para así tener un mejor manejo de la muestra, quedando todo listo para la obtención de las imágenes.



Figura 2. Pie de equino con exposición y canulación de vasos digitales para inyección de medio de contraste.

4.2.3. Obtención de las imágenes

4.2.3.1 Radiografía convencional. Terminado el proceso de preparado de las muestras, se continuó con la toma de imágenes radiográficas en el HOVE de la Universidad Austral de Chile.

Para ello se necesitó de dos personas, una para sostener el miembro y darle dirección, imitando un equino en pie y otra persona para disparar el equipo radiográfico. Esto se realizó con las medidas de protección radiológica. Primero se tomó una imagen latero-medial del miembro anterior, luego una dorso-palmar y por último una dorso-proximal-palmaro-distal con 65° . Todas estas imágenes fueron dirigidas hacia el casco del dedo, tomando como centro un centímetro bajo la corona, menos la vista dorso-proximal-palmaro-distal con 65° que fue dirigida hacia la zona del hueso navicular.

Las imágenes radiográficas se obtuvieron utilizando una pantalla intensificadora de mediana velocidad, configurando el equipo radiográfico a 100 mA, 68 Kv y con un tiempo de 0,08 segundos. La distancia entre el foco y chasis fue de 11 cm.

Una vez terminado este proceso, se continuó con la captación de imágenes en el equipo de tomografía computarizada (TC).

4.2.3.2. Tomografía computarizada (TC). Para la toma de imágenes se puso la muestra en posición palmar sobre la mesa del equipo (figura 3). Dependiendo de las dimensiones del dedo equino se tomaron entre 50 y 70 cortes transversales (con un promedio de 60 cortes por dedo), tomados desde la epífisis distal de la primera falange hasta el borde de la zona solear del casco. Los parámetros técnicos fueron de 120 Kv, 550 mA y el grosor e intervalo de corte fue de 2 mm. Una vez obtenidas las imágenes se continuó con la formación tridimensional (3D) de la venografía digital, mediante el uso del software OsiriX.



Figura 3. Pie de equino con medio de contraste en posición palmar, listo para la toma de imágenes en la unidad de tomografía computarizada.

5. RESULTADOS

5.1. IMÁGENES RADIOGRÁFICAS

Para cada espécimen se obtuvieron 3 imágenes con 3 vistas radiográficas, una latero-medial, una dorso-proximal y por ultimo una vista dorso-proximal-palmaro-distal con 65°.

En las figuras 4 y 5, se observa una venografía digital de un miembro con vista latero-medial, la cual muestra la irrigación venosa de un dedo equino normal. En esta imagen se ve detalladamente los plexos venosos palmar, parietal y coronario. Se aprecia la vena marginal solear, la vena coronaria y los huesos que forman el dedo equino; el hueso navicular, la primera, segunda y tercera falange.



Figura 4. Venografía digital con vista latero-medial de un dedo equino, tomada con radiografía digital indirecta. D, dorsal. P, palmar.

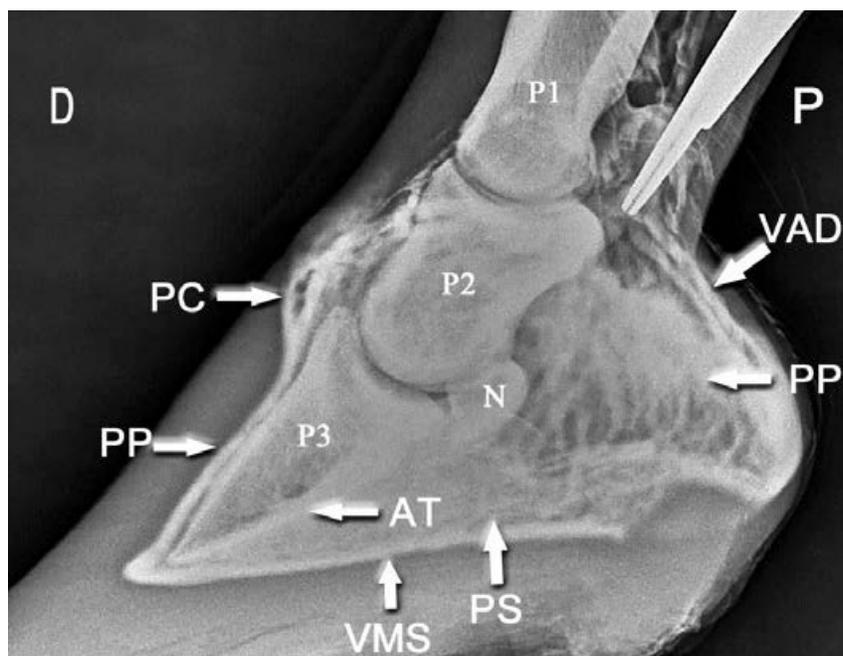


Figura 5. Venografía digital con vista latero-medial de un dedo equino, tomada con radiografía digital indirecta. D, dorsal. P, palmar. PC, plexo venoso coronario. PP, plexo venoso parietal. PPr, plexo venoso palmar. VAD, vena de la almohadilla digital. AT, arco terminal. VMS, vena marginal solear. PS, plexo venoso solear. P1, primera falange. P2, segunda falange. P3 tercera falange. N, hueso navicular.

En las figuras 6 y 7 se observa una venografía digital con vista dorso-palmar en donde se aprecian las venas del plexo venoso palmar y solear, la vena marginal solear y el arco terminal.

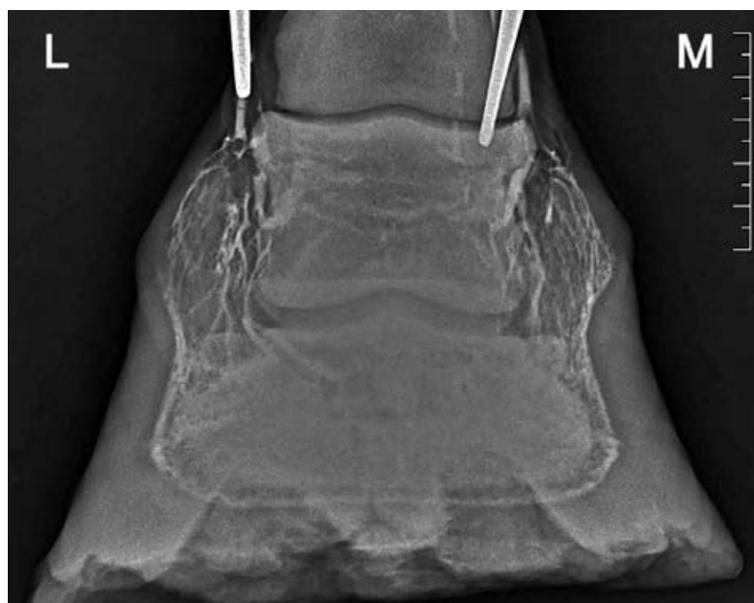


Figura 6. Venografía digital con vista dorso-palmar de un dedo equino, tomada con radiografía digital indirecta. L, lateral. M, medial.

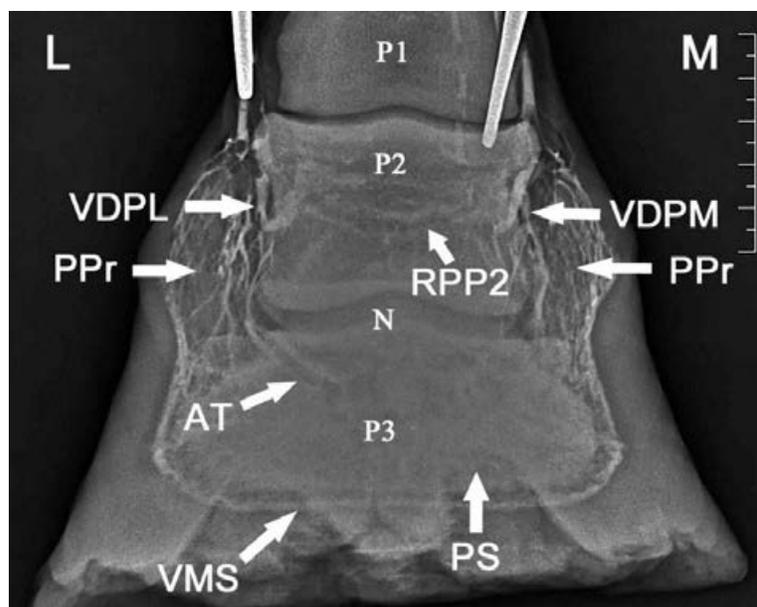


Figura 7. Venografía digital con vista dorso-palmar de un dedo equino, tomada con radiografía digital indirecta. L, lateral. M, medial. VDPL, vena digital palmar lateral. VDPM, vena digital palmar medial. PPr, plexo venoso palmar. RPP2, rama palmar de la segunda falange. AT, arco terminal. PS, plexo venoso solear. VMS, vena marginal solear. P1, primera falange. P2, segunda falange. P3, tercera falange. N, hueso navicular.

En las figuras 8 y 9 se aprecia una venografía digital con vista dorso-proximal-palmaro-distal con 65°. Se observa el plexo venoso solear, el arco terminal y todo el trayecto de la vena marginal solear.



Figura 8. Venografía digital con vista dorso-proximal-palmaro-distal con 65° de un dedo equino, tomada con radiografía digital indirecta. L, lateral. M, medial.

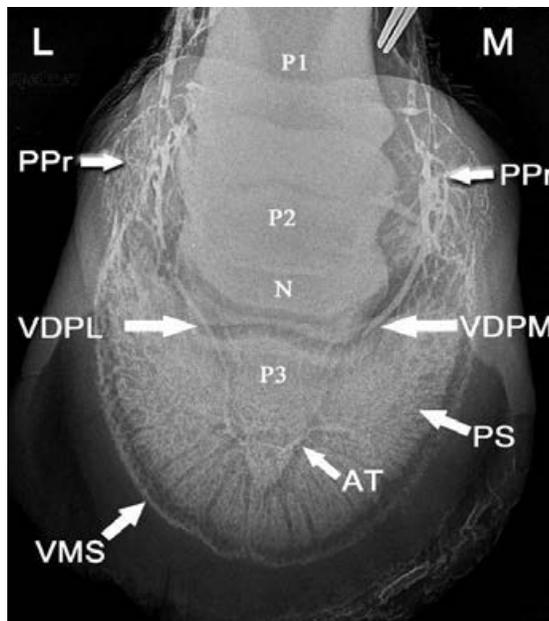


Figura 9. Venografía digital con vista dorso-proximal-palmaro-distal con 65° de un dedo equino, tomada con radiografía digital indirecta. L, lateral. M, medial. PPr, plexo venoso palmar. VDPL, vena digital palmar lateral. VDPM, vena digital palmar medial. PS, plexo venoso solear. AT, arco terminal. VMS, vena marginal solear. P1, primera falange. P2, segunda falange. P3, tercera falange. N, hueso navicular.

5.2. IMÁGENES TOMOGRÁFICAS

En las siguientes figuras se muestra una reconstrucción tridimensional (3D) de una venografía a través de un equipo TC con vistas desde un plano dorsal, lateral, palmar y solear. Las imágenes muestran las venas digitales palmar lateral y medial, la vena coronaria, el plexo venoso coronario, el plexo venoso parietal, el plexo venoso palmar, la vena de la almohadilla digital, el arco terminal, el plexo venoso solear y la vena marginal solear.

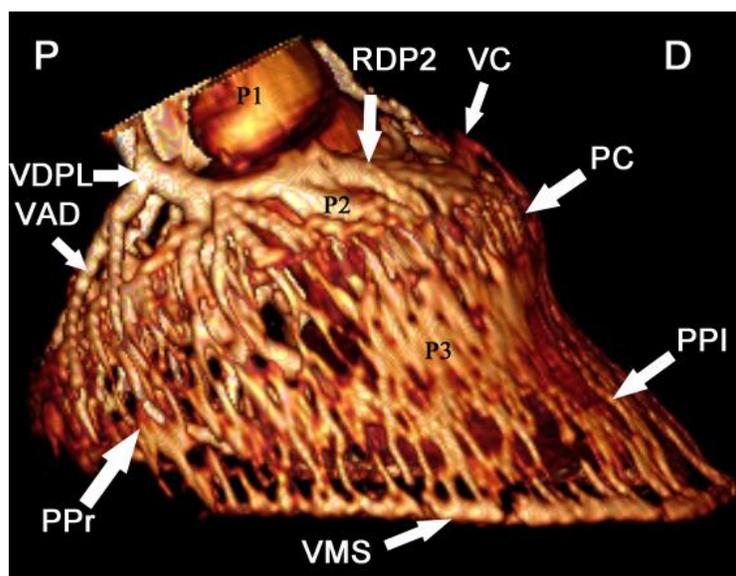


Figura 10. Reconstrucción 3D de una venografía digital con vista lateral de un dedo equino, tomada a través de una tomografía computarizada (TC). P, palmar. D, dorsal. VDPL, vena digital palmar lateral. VAD, vena de la almohadilla digital. RDP2, rama dorsal de la segunda falange. VC, vena coronaria. PC, plexo venoso coronario. PPI, plexo venoso parietal. PPr, plexo venoso palmar. VMS, vena marginal solear. P1, primera falange. P2, segunda falange. P3, tercera falange.

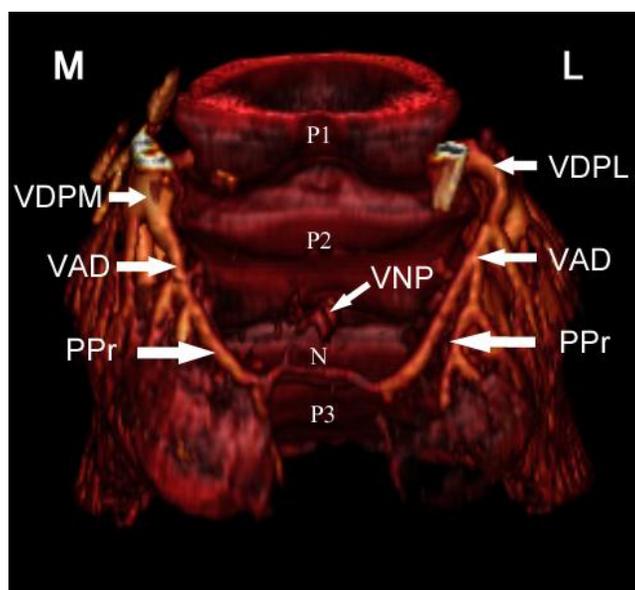


Figura 11. Reconstrucción 3D de una venografía digital con vista palmar de un dedo equino, tomada a través de una tomografía computarizada (TC). M, medial. L, lateral. VDPM, vena digital palmar medial. VDPL, vena digital palmar lateral. VAD, vena de la almohadilla digital. PPr, plexo venoso palmar. VNP, vena nutricia proximal. P1, primera falange. P2, segunda falange. P3, tercera falange. N, hueso navicular.

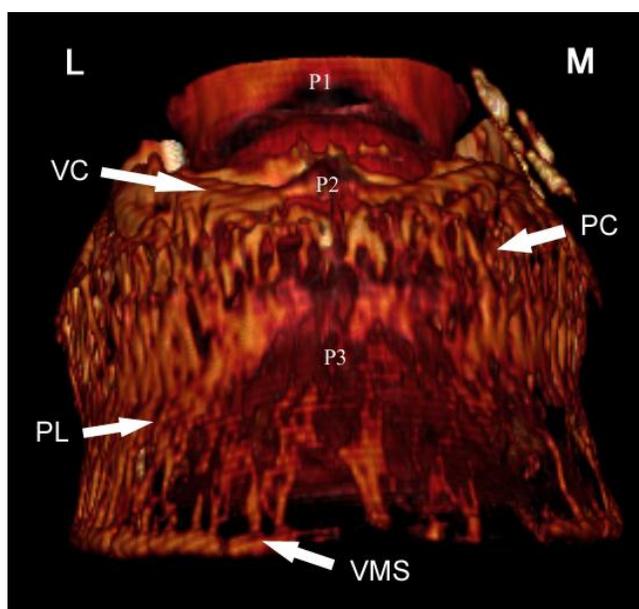


Figura 12. Reconstrucción 3D de una venografía digital con vista dorsal de un dedo equino, tomada a través de una tomografía computarizada (TC). L, lateral. M, medial. VC, vena coronaria. PC, plexo venoso coronario. PPl, plexo venoso parietal. VMS, vena marginal solar. P1, primera falange. P2, segunda falange. P3, tercera falange.

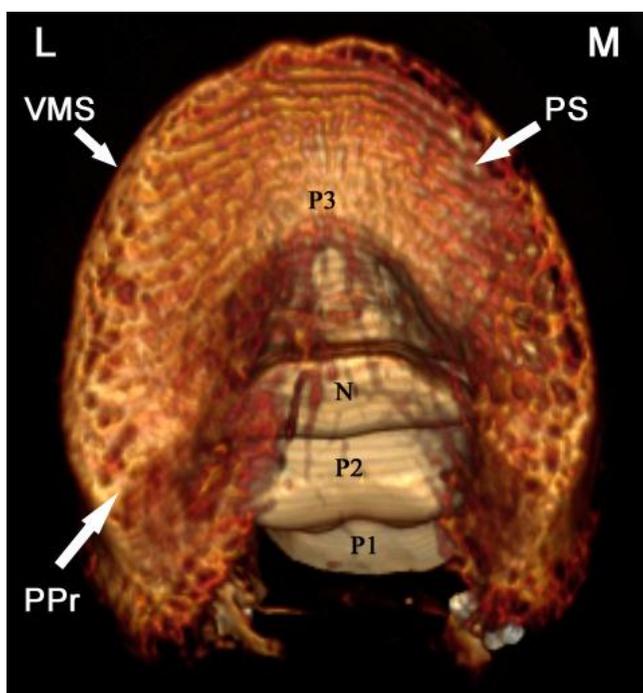


Figura 13. Reconstrucción 3D de una venografía digital con vista solear de un dedo equino, tomada a través de una tomografía computarizada (TC). L, lateral. M, medial. VMS, vena marginal solear. PS, plexo venoso solear. PPr, plexo venoso palmar. P1, primera falange. P2, segunda falange. P3, tercera falange. N, hueso navicular.

6. DISCUSIÓN

La venografía digital es una técnica imagenológica contrastada sencilla, que detecta estructuras anatómicas vasculares que no son visibles en las radiografías simples (D'arpe y Bernardini 2010). En este estudio, en las venografías digitales tomadas a través de la radiografía digital indirecta, se observó la distribución de las venas digitales palmares medial y lateral, abaxial a la articulación inter-falangiana proximal del equino. Rodeando a la segunda falange (P2) se observó el plexo venoso coronario, anastomosándose distalmente sobre la pared dorsal de la tercera falange (P3) con el plexo venoso parietal. Palmarmente a P3 se apreció el recorrido de la vena marginal solear desde su anastomosis con el plexo venoso palmar en el extremo de P3 hasta los talones del dedo, en donde se une al plexo venoso solear. Caudal a los talones se observó el plexo venoso palmar el cual se anastomosa proximalmente con la vena de la almohadilla digital. Dorsal a la P3 por debajo del proceso extensor se apreció el arco terminal. También se identificó la rama palmar de la segunda falange, esta se encontraba palmar y medial a la P2 por sobre el hueso navicular. Estos hallazgos venográficos también fueron descritos por Rucker (2007), en estudios de la anatomía normal de la irrigación venosa del dedo equino, con excepción de la rama palmar de la segunda falange, la cual no fue mencionada. La venografía digital es un método adecuado para diagnosticar patologías podales en equinos y otras especies (Rucker 2007). La laminitis es una de las patologías podales relativamente comunes en equinos y la venografía digital ha sido una de las técnicas principales para la investigación del diagnóstico y evolución de la enfermedad, como también en la efectividad de los tratamientos. La venografía digital puede demostrar el desplazamiento de la vena marginal solear que a menudo se producen en la laminitis (ver anexos), antes del desplazamiento de la tercera falange, como también se pueden visualizar los cambios de dirección de las papilas (Eastman y col 2012). Adicionalmente la venografía es una herramienta muy útil para el reconocimiento temprano de la osteítis podal séptica, ya que puede resaltar el defecto vascular varios días antes de que las lesiones óseas se hagan evidentes radiográficamente. Esto se demuestra con la ausencia de material de contraste (defecto de llenado), en la región del hueso infectado o necrótico (Lyle 2007). Las mismas características de ausencia de contenido radio-opaco (falta de irrigación sanguínea) se aprecian en la formación de masas que ocupan espacio dentro del casco (ver anexos), como el caso de queratomas (Rucker 2007). La metodología de la técnica venográfica digital en animales vivos de pie puede conllevar a artefactos (D'Arpe y Bernardini 2010). El artefacto más común es el contraste perivascular, dado por múltiples punciones en la vena o por la salida del catéter (Rucker 2007). En estos casos se evidencia una gran extravaciación de medio de contraste a nivel del catéter en la vena digital palmar, en las vistas latero-medial y dorso-palmar (Rucker 2007). Para evitar el flujo del medio de contraste y mantener este medio por un tiempo en las venas del dedo del equino vivo, se usa un torniquete a nivel del nudillo. En este estudio se presionó las venas y arterias digitales lateral y medial con pinzas hemostáticas. A su vez, una débil aplicación del torniquete en el animal vivo, permite el paso de la sangre hacia el nudillo y se ve radiográficamente medio de contraste adyacente y proximal al torniquete, evidenciando poco medio de contraste en las venas más distales del pie (Rucker 2007).

Un bajo volumen de medio de contraste en las venas del pie del equino también se puede dar por el mal cálculo de la dosis de medio de contraste a inyectar en las venas digitales (D'Arpe y Bernardini 2010). El volumen de este medio radio-opaco varía con el tamaño del dedo del equino. En este estudio se ocupó un promedio de 22 ml de material de contraste. Un volumen de 20 a 25 ml es un rango adecuado para un equino pequeño de 300 a 450 kg de peso corporal y de 25 a 30 ml es adecuado para uno grande, de 450 a 700 kg de peso corporal (D'Arpe y Bernardini 2010). Un tiempo excesivo durante la inyección del medio de contraste y en la toma de imágenes en el caballo vivo en pie, es un error de técnica que da como resultado venografías borrosas, por la salida del medio de contraste hacia el corion. Imágenes obtenidas sobre los 45 segundos producen venografías de poca resolución (Rucker 2007). En el presente estudio, se tomaron venografías digitales luego de tres horas, sin demostrar cambios en la resolución de la imagen. El medio de contraste utilizado se mantuvo por más tiempo dentro de las venas, posiblemente al no paso de nutrientes hacia el corion. La técnica venográfica digital también se describe en rumiantes. Gómez (2013), describe la técnica en 14 vacas Holstein, la cual, es similar a la usada en los caballos vivos en pie, con la diferencia que las mantiene en decúbito lateral derecho a través de un brete hidráulico. Gómez (2013) compara el acceso del medio de contraste en las venas digitales común dorsal III, II y IV plantar y palmar, en los dígitos anteriores y posteriores, sin encontrar diferencia con la administración de 20 ml de medio de contraste, obteniendo imágenes de buena resolución. Sin embargo, en este estudio no se describe la anatomía venosa del pie bovino. Santos (2014), menciona la técnica venográfica en dígitos de ovejas y cabras (similar a la usada en equinos vivos en pie), describe la anatomía venosa en sus extremidades anteriores y posteriores, cuantifica la cantidad de venas encontradas, resultando con mayor número de venas digitales en ovejas. La venopunción en las extremidades anteriores en ovejas y cabras se realiza en la rama profunda de la vena radial, en cambio en las extremidades posteriores se utiliza la vena dorsal del pie en ovinos y en caprinos se usa la rama profunda de la vena metatarsal dorsal III (Santos 2014). En el presente estudio se puncionó la vena digital palmar lateral o medial en equinos.

En este estudio se usó adicionalmente la tomografía computarizada (TC) para formar reconstrucciones en tercera dimensión (3D) y ver con mayor detalle la irrigación venosa del dedo equino. En las TC 3D se apreció la vena digital palmar lateral y medial que tributa caudalmente a la vena de la almohadilla digital y dorsalmente a la rama dorsal de la segunda falange, la cual se anastomosa con la vena coronaria. Por debajo de la vena coronaria se observó el plexo venoso coronario que se anastomosa distalmente con el plexo venoso parietal. A continuación de la vena de la almohadilla digital se encontró el plexo venoso palmar. En los bordes de la tercera falange se observó la vena marginal solear que se anastomosa con el plexo venoso solear el cual recubre toda la parte solear de la P3. También se apreció la vena nutricia proximal en la vista palmar de la TC por sobre el hueso navicular. La reconstrucción en 3D mediante TC en cadáveres equinos, es mejor técnica, comparada con las venografías digitales tomadas por radiografía digital indirecta, porque, da un mejor detalle de las características anatómicas de la irrigación venosa del dedo equino. No se encontraron estudios que describan la anatomía normal del dedo equino en imágenes de TC en 3D. Un estudio realizado por Collins y col (2004), nombra los tejidos blandos y óseos, en imágenes tomográficas de cortes transversales de miembros anteriores de 5 caballos

vivos anestesiados y de 1 miembro anterior de un cadáver de equino, tomadas desde los huesos sesamoideos proximales hasta la punta de la P3 (en el presente estudio se describe la anatomía venosa en 3D desde la epífisis distal de la P1 hasta el borde solear de la P3). Otro estudio describió la técnica para evaluar la extremidad distal de equinos vivos, mediante la TC con medio de contraste a través de un catéter en la arteria palmar medial a nivel del carpo (Puchalski y col 2007), pero solo describió las características de los tendones y ligamentos del casco, sin mencionar la anatomía venosa del dedo. Otro estudio describió el patrón de distribución de medio de contraste vascular durante la perfusión intra-ósea de la porción distal de la extremidad anterior de 12 caballos sin enfermedades podales (Keys 2006). En este estudio se analizó el tiempo de perfusión del medio de contraste hacia los tejidos blandos, sin describir la anatomía venosa del dedo equino.

6.1 CONCLUSIÓN

La venografía digital es un método simple y sencillo, que nos permite describir la irrigación venosa dentro del casco del dedo equino. Es una técnica fácil de realizar, que requirió de pocos materiales y permitió una adecuada caracterización de la anatomía vascular del dedo equino. Se apreció con claridad los plexos venosos presentes en el dedo equino, junto a sus principales venas, como la vena marginal solear, la vena de la almohadilla digital y las venas digitales palmar medial y lateral. Además se observó el arco terminal y la rama palmar de la P2, las cuales no se encontraron en las imágenes en 3D.

La formación de imágenes en tercera dimensión mediante tomografía computarizada, con el uso de medio de contraste en las venas distales del dedo equino, permitió una adecuada caracterización e identificación de la anatomía venosa normal en especímenes de dedo equino, en comparación a las imágenes obtenidas por radiografía digital indirecta. Se observaron los 4 plexos venosos, la vena de la almohadilla digital, la vena marginal solear y las venas digitales palmar medial y lateral. También se encontró en las imágenes en 3D la vena coronaria, la vena nutricia palmar y la rama dorsal de la P2, las cuales, no se observaron en las imágenes tomadas mediante la radiografía digital indirecta.

7. REFERENCIAS

- Collins J, Galuppo D, Thomas H, Wisner E, Hornof W. 2004. Use of computed tomography angiography to evaluate the vascular anatomy of the distal portion of the forelimb of horses. *Am J Vet Res* 65, 2409-20.
- D'Arpe L, Bernardini D. 2010. Digital Venography in Horses and its Clinical Application in Europe. *Vet Clin North Am Equine Pract* 26, 339-359.
- D'Arpe L, Coppola L, Bernardini D. 2008. How to do a digital venography in a standing horse. Proceedings of the 10th International Congress of World Equine Veterinary Association, Moscow, Russia.
- Eastman S, Redden R, Williams C. 2012. Venograms for Use in Laminitis Treatment. *J Equine Vet Sci* 32, 757-759.
- Gómez M. 2013. Estudio da técnica de venografia dos dígitos de vacas. Tese (doutorado), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Kainer R. 2002. Anatomía funcional de los órganos locomotores del caballo. En: Adams O, Stasbak T (eds). *Claudicación en equinos*. 5^a ed. Inter-médica, Buenos Aires, Argentina. Pp: 15-20.
- Keys G, Berry II B, Pleasant R, Jones J, Freeman L. 2006. Vascular distribution of contrast medium during intraosseous regional perfusion of the distal portion of the equine forelimb. *Am J Vet Res* 67, 1445-52.
- Lyle B. 2007. Venography as a tool for guiding surgery to the foot. In Floyd A, Mansmann R (eds). *Equine Podiatry*. 1^a ed. Elsevier Health Science Evington, Virginia. Pp: 282-293.
- Puchalski S, Galuppo L, Hornof W, Wisner E. 2007. Intraarterial contrast-enhanced computed tomography of the equine distal extremity. *Vet Radiol Ultrasound* 48, 21-9.
- Rucker A. 2007. The Digital Venogram. In: Floyd A, Mansmann R (eds). *Equine Podiatry*. 1^a ed. Elsevier Health Sciences, Evington, Virginia. Pp: 328-346.
- Santos I. 2014. Venografia da porção distal dos membros de ovinos e caprinos. Tese (doutorado), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

8. ANEXOS

Venografías digitales en miembros anteriores de equinos que demuestran una patología podal. Se muestra la falta de irrigación sanguínea por la discontinuidad del medio de contraste.



Figura 14. Venografía digital de un dedo equino, con un queratoma en la zona laminar (Rucker 2007).



Figura 15. Venografía digital de un dedo equino, con laminitis crónica (D'Arpe y Bernardini 2010)