UNIVERSIDAD
DE MURCIA

FACULTAD
DE VETERINARIA

DEPARTAMENTO DE MEDICINA Y CIRUGÍA ANIMAL

"ESTUDIO ECOGRÁFICO (ECOGENICIDAD Y ÁREA) DE LOS TENDONES FLEXORES DE LA EXTREMIDAD ANTERIOR DEL CABALLO PURA RAZA ESPAÑOL"

Tesis doctoral

Doña María de los Llanos Martínez Martínez

Murcia, 2.005

INTRODUCCION…… **1**

REVISION BIBLIOGRAFICA…… **6**

1. ANATOMIA DE LA REGION METACARPIANA…… **7**

1.1. Estructura ósea…… **8**

1.2. Estructuras tendinosas…… **9**

1.2.1. Ligamento suspensor…… **9**

1.2.2. Músculo flexor digital profundo…… **10**

1.2.3. Músculo flexor digital superficial…… **11**

1.2.4. Vaina sinovial común de los músculos flexores…… **12**

2. DIAGNOSTICO ECOGRAFICO…… **14**

2.1. Recuerdo histórico…… **14**

2.2. Principios físicos de los ultrasonidos…… **15**

2.2.1. Definición de la onda de ultrasonidos…… **15**

2.2.2. Intensidad del sonido…… **16**

2.2.3. Producción y detección de los ultrasonidos. Efecto piezoeléctrico…… **17**

2.2.4. Interacción de los ultrasonidos con los tejidos biológicos…… **17**

2.2.5. Resolución…… **19**

2.2.6. Ganancia (Time gain compensation)…… **20**

2.2.7. Equipos de ultrasonidos…… **20**

2.2.8. Tipos de modo de imagen…… **23**

2.2.9. Recogida de la imagen…… **24**

2.3. Artefactos…… **25**

2.3.1. Artefactos ligados a la técnica ecográfica…… **25**

2.3.2. Artefactos ligados a los principios físicos…….. **27**

2.3.3. Artefactos ligados al examinador…… **30**

2.4. Ecogenicidad de los tejidos…… **31**

2.4.1. Ecogenicidad de los tendones y ligamentos…….. **32**

3. EXAMEN ECOGRAFICO DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DE LA REGION METACARPIANA DE LA ESPECIE EQUINA…….. **35**

3.1. Técnica ecográfica…….. **35**

3.2. Anatomía ecográfica de los tendones y ligamentos del metacarpo…….. **40**

3.2.1. Zona 1 A…….. **40**

3.2.2. Zona 1 B…….. **43**

3.2.3. Zona 2 A…….. **43**

3.2.4. Zona 2 B…….. **44**

3.2.5. Zona 3 A…….. **44**

3.2.6. Zona 3 B…….. **45**

3.3. Evaluación ecográfica de los tendones y ligamentos del metacarpo…….. **46**

3.3.1. Evaluación del tamaño…….. **46**

3.3.1.1. Zona 1 A…….. **49**

3.3.1.2. Zona 1 B, 2 A y 2 B…… **50**

3.3.1.3. Zona 3 A…….. **51**

3.3.1.4. Zona 3 B…….. **51**

3.3.2. Evaluación de la ecogenicidad…… **51**

MATERIAL Y METODOS…….. **56**

1. MATERIAL ANIMAL…… **57**

2. ESTUDIO ECOGRÁFICO…….. **59**

2.1. Preparación del animal…….. **60**

2.2. Examen ecográfico…… **61**

2.2.1. Patrones ecográficos…… **61**

2.2.2. Técnica de evaluación ecográfica de la región metacarpiana…… **63**

2.3. Medida del área y ecogenicidad…….. **66**

2.4. Método estadístico…….. **68**

RESULTADOS…… **69**

1. ASPECTO ECOGRAFICO DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DEL METACARPO…… **70**

1.1. Zona 1 A…… **71**

1.2. Zona 1 B…… **72**

1.3. Zona 2 A…… **73**

1.4. Zona 2 B…… **74**

1.5. Zona 3 A…… **75**

1.6. Zona 3 B…… **75**

2. ECOGENICIDAD…….. **77**

2.1. Zonas…….. **78**

2.1.1. Tendón FDS…… **79**

2.1.2. Tendón FDP…… **80**

2.1.3. Ligamento accesorio (LA) y Ligamento suspensor del menudillo (LS)…….. **80**

2.2. Edad…… **82**

2.2.1. Tendón FDS…… **83**

2.2.2. Tendón FDP…… **83**

2.2.3. Ligamento accesorio (LA) y Ligamento suspensor del menudillo (LS)…….. **84**

2.3. Sexo…… **84**

2.4. Extremidad…… **85**

3. AREA…….. **86**

3.1. Zonas…….. **86**

3.1.1. Tendón FDS…… **88**

3.1.2. Tendón FDP…… **89**

3.1.3. Ligamento accesorio (LA)…… **89**

3.1.4. Ligamento suspensor del menudillo (LS)…….. **90**

3.2. Edad…… **91**

3.3. Sexo…… **93**

3.4. Extremidad…… **94**

DISCUSION…….. **95**

1. ASPECTO ECOGRAFICO DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DEL METACARPO…… **96**

2. ECOGENICIDAD RELATIVA DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DEL METACARPO…… **98**

3. AREA DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DEL METACARPO... **101**

CONCLUSIONES…… **105**

RESUMEN…… **108**

SUMMARY**……. 112**

BIBLIOGRAFIA**…….. 116**

Una de las patologías más comunes en la especie equina son las cojeras, éstas provocan una merma para la práctica deportiva de los caballos incluído el Pura Raza Español (PRE), dedicado normalmente a deportes, como son la doma clásica, doma vaquera, enganches, acoso y derribo.

La cojera se define, como una alteración funcional o estructural de una o más extremidades o de la espalda del caballo que es evidente mientras éste está en reposo o en movimiento. Su etiología puede variar desde un traumatismo, una infección, alteraciones metabólicas, circulatorias e incluso una alteración congénita o la combinación de algunas de ellas. Por ello, el diagnóstico de las cojeras requiere un buen conocimiento de la

anatomía así como de la capacidad de análisis de la cinética de las fuerzas implicadas en el movimiento del caballo al caminar y en ejercicio (Stashak, 2002).

El diagnóstico de las cojeras de los caballos atletas debe estar basado en la historia clínica y en la observación del caballo en reposo y en movimiento para identificar las extremidades implicadas. Posteriormente, se debe realizar la palpación y una vez terminado el examen clínico completo se harán pruebas adicionales y concluyentes para alcanzar el diagnóstico (Stashak, 2002).

Una de las pruebas diagnósticas que se realiza a nivel de campo para determinar la zona lesionada, es la anestesia por bloqueo de los nervios que inervan la zona sospechosa de alteración, pero esta prueba no proporciona datos concluyentes para emitir un diagnóstico preciso, por ello es necesario hacer pruebas de diagnóstico por imagen que aportan más información al respecto (Denoix, 1994). La radiografía es una técnica de diagnóstico útil sobre todo cuando hay lesiones óseas, pero cuando la lesión está asociada a ligamentos y tendones, existe la necesidad de realizar otras pruebas adicionales. Las técnicas de contraste como la tenografía negativa, es una técnica dolorosa que requiere anestesia y además se pueden introducir microorganismos patógenos en la lesión. Igualmente, las de contraste positivo permiten estudiar la articulación del menudillo y la vaina digital, pero da muy poca información acerca de los tejidos blandos, además de ser una técnica invasiva, dolorosa e irritante de los tejidos (Spaulding, 1984). La

xeroradiografía proporciona excelentes detalles de los tejidos blandos pero requiere una exposición a radiación muy alta. La tomografía computarizada es ideal para estudiar los huesos y los tejidos blandos, pero el equipo es caro e inaccesible en la mayoría de los casos para el veterinario clínico (O´Callaghan, 1991).

La ecografía es una técnica segura, fácil, no invasiva y eficaz para el análisis de las lesiones de los tejidos blandos y actualmente accesible a cualquier clínico (Denoix, 1994). Se considera especialmente sensible para observar posibles lesiones en músculos, tendones, ligamentos, cápsulas articulares y cartílago, con una identificación precisa, y al mismo tiempo permite realizar un pronóstico de la enfermedad (Pharr y Nyland, 1984). Esta técnica a mediados de los años ochenta comenzó a aplicarse para el diagnóstico de las lesiones de los tendones flexores y ligamento suspensor en el metacarpo (Genovese y cols., 1986) y área digital (Denoix, 1991a; Smith y Webbon, 1994), permitiendo emitir el diagnóstico y estudiar la evolución de los tratamientos (Reef, 2001).

La evaluación ecográfica de las lesiones tendinosas, se centra en el estudio de la ecogenicidad y del tamaño, habiéndose publicado estudios en caballos de las razas Appaloosa, Quarter Horse o “cuarto de milla”, Pura Sangre Inglés (PSI), Trotón Americano y Arabe (Gillis y cols., 1995b). Irish Draught, PSI y Ponies (Smith y Webbon, 1994) a diferentes edades. Los últimos estudios evalúan las variaciones del tamaño del tendón en potros Pura Sangre Holandés en ejercicio (Cherdchutham y cols., 2001).

Demostrándose que el tamaño de los tendones varía entre las diferentes razas y edades de los animales.

Así se crea la necesidad de tener valores de referencia de tamaño y ecogenicidad de las distintas razas de caballos y a diferentes edades para poder evaluar correctamente las lesiones en los tendones flexores.

Hasta la actualidad, los estudios ecográficos anatómicos de los tendones del PRE son escasos, siendo necesario el estudio de su tamaño y ecogenicidad para poder evaluar posteriormente las lesiones y el grado de las mismas para así llegar a un diagnóstico adecuado.

El objetivo del presente trabajo, es evaluar ecográficamente los tendones flexores de las extremidades anteriores en el PRE, basándonos en su ecogenicidad (brillo) y su tamaño (área seccional); estableciendo estudios comparativos, entre las diferentes edades de los animales, el sexo y la extremidad derecha e izquierda.

1. ANATOMIA DE LA REGION METACARPIANA

Aunque existen magníficos textos y atlas (Barone, 1980; Nickel y cols. 1986; Denoix, 2001; Sisson, 2001a y Sisson, 2001b; König y Liebich, 2004) que recogen con gran extensión y excelentes imágenes todos los aspectos relacionados con las características anatómicas de esta región en el caballo, nos ha parecido oportuno contemplar dentro de la revisión bibliográfica un apartado donde resaltamos las principales estructuras que van a formar parte de nuestro estudio, basándonos principalmente en lo descrito por Sandoval (1998). Incluimos también en este apartado una imagen de dirección lateral y tres secciones transversales de la región metacarpiana con el fin de facilitar su estudio (Fig.1 A y B).

1.1. Estructura ósea

La región metacarpiana del caballo tiene como base ósea tres huesos metacarpianos conocidos como metacarpianos segundo, tercero y cuarto.

El diferente desarrollo de los tres huesos metacarpianos del caballo, haciendo que prevalezca en longitud y grosor el tercero sobre los congéneres segundo y cuarto, evoca la condición perisodáctila que caracteriza al autópodo del équido. Así pues, el tercer metacarpiano, que merece aquí la denominación de "gran metacarpiano", da implantación a la serie de falanges del único dedo funcional (el dedo central o tercero), por lo que es también eje de referencia de todo el autópodo (Sandoval, 1998).

La superficie articular carpiana que presenta su base lo suficientemente amplia para abarcar y hacerse congruente con huesos correspondientes de la fila distal del carpo, muy especialmente con los huesos tercero y cuarto carpianos; en esta misma base, hacia el reborde dorsomedial, se manifiesta una fuerte tuberosidad destinada a la inserción del tendón del músculo extensor carporradial. La tróclea del extremo distal del hueso queda dividida en dos cilindros articulares por una saliente cresta sagital. Los otros dos componentes del metacarpo, o huesos metacarpianos segundo y cuarto son mucho más regresivos y permanecen estrechamente vinculados a los respectivos límites mediopalmar y lateropalmar del gran metacarpiano por nexos fibrosos que llegan a osificarse con la edad en sinostosis. La base de estos "pequeños metacarpianos" contribuye a ampliar la superficie articular

carpiana del metápodo, puesto que una parte de los huesos segundo y cuarto carpianos apoyan directamente en ella. Casi siempre el cuerpo del metacarpiano medial (II) es más largo que el lateral (IV), aunque en ningún caso se prolongan más allá de los dos tercios proximales del gran metacarpiano; dicha terminación viene marcada por un botón o rudimento de cabeza, palpable en el animal vivo (Sandoval, 1998).

1.2. Estructuras tendinosas

Las estructuras tendinosas que son motivo de nuestro estudio y se ubican en la zona palmar del metacarpo son:

-Tendón interóseo o ligamento suspensor

-Tendones de los músculos flexores digitales:

Profundo (ligamento accesorio)

Superficial

-Vaina sinovial común de los tendones flexores

1.2.1. Ligamento suspensor

El ligamento suspensor de la articulación metacarpofalangiana se conoce en los ungulados como músculo interóseo medio, modificado totalmente en el caballo en tejido fibroso, si bien en el potro es parcialmente carnoso, desapareciendo gradualmente sus fibras musculares a medida que el animal se torna más pesado (Dyce y cols. 1996). Se inicia en forma de un amplio tendón interóseo, procedente de la cara palmar de la fila distal de los

huesos carpianos, así como de la cápsula articular y extremo proximal del tercer metacarpiano; desde aquí desciende ceñido a la cara palmar de este hueso y, a unos ocho cm. de la interlínea articular metacarpofalangiana, se bifurca en las ramas sesamoideas que se dirigen hacia las superficies interóseas (abaxiales) de los correspondientes huesos sesamoideos proximales (Sandoval, 1998).

Una parte importante de sus fibras profundas se insertan aquí; otras derivan hacia los ligamentos sesamoideos colaterales, y otras, más superficiales, prosiguen como ramas extensoras convergentes hacia el tendón extensor digital común, al que se unen a la altura del tercio distal de la falange proximal. En realidad, la estructura fibrosa descrita es una parte de todo un sistema o "aparato suspensor interóseo-sesamoideo", en el que intervienen también los ligamentos sesamoideos propios y distales (Sandoval, 1998).

1.2.2. Músculo flexor digital profundo

Es el más profundo de los flexores largos, por lo que su masa carnosa se adapta a la cara caudal de los huesos del antebrazo, a partir de sus tres cabezas de origen: una cabeza humeral originada en el epicóndilo medial del húmero, una cabeza cubital que lo hace desde la cara medial del olécranon y una cabeza radial desde el tercio medio de la cara caudal del radio. Los vientres musculares que prolongan dichas cabezas de origen se refunden en el tercio distal del antebrazo en un tendón común, o tendón flexor profundo,

el cuál surca distalmente la cara flexora del carpo (acompañado en superficie por el tendón flexor digital superficial), hasta que alcanza el metacarpo. A este nivel metacarpiano, sobre los tendones o músculos interóseos, el tendón común de referencia se divide en tantas ramas como dedos están presentes en la mano de las especies (Sandoval, 1998). En el caso del caballo, este único tendón, surca siempre la cara flexora de la articulación metacarpofalangiana por el interior del anillo o manguito que desarrolla a este mismo nivel el congénere superficial (tendón perforado); dicho manguito es incompleto en profundidad, por lo que una parte del tendón profundo o perforante se pone en contacto directo con el escudo proximal y se desliza sobre él. Ya en pleno metacarpo, sobre el tendón interóseo, se hace más denso y cilíndrico, recibiendo a este nivel una brida de refuerzo, o *ligamento accesorio*, procedente de los ligamentos carpianos palmares. Más distalmente, antes de alcanzar la interlínea metacarpofalangiana, se incorpora al manguito tubular del flexor superficial, que le conduce sobre el escudo proximal, continuando desde aquí por la cara palmar del dedo hasta su inserción en la cara flexora y línea semilunar de la falange distal. Previamente a esta inserción principal, el tendón delega en profundidad un pequeño fascículo de inserción complementaria en plena cara palmar de la falange media (Sandoval, 1998).

1.2.3. Músculo flexor digital superficial

Se prolonga a lo largo del antebrazo y mano, sobre el flexor profundo, pero está mucho menos desarrollado que éste último. Además tiene un

origen muy concreto en el epicóndilo medial del húmero. El vientre muscular único aparece densamente infiltrado de fibras tendinosas y mayormente cubierto por el flexor carpocubital. Antes de alcanzar el carpo diferencia un robusto tendón común (tendón flexor superficial) cuyo borde medial recibe un ligamento de refuerzo o ligamento accesorio, procedente del reverso medial del cuerpo del radio. Luego, el tendón desciende por el carpo (bajo el retináculo) en posición mediopalmar respecto al tendón flexor profundo, si bien a lo largo del metacarpo se va haciendo plenamente palmar a este último. Ya a nivel del escudo proximal desarrolla un amplio manguito (tendón perforado) que abraza al tendón flexor profundo (perforante), terminando por cada lado en dos fascículos divergentes de inserción: el proximal se fija en el extremo distomedial de la falange proximal, mientras que el fascículo distal lo hace lateral y medialmente en la tuberosidad flexora de la falange media (Sandoval, 1998).

1.2.4. Vaina sinovial común de los músculos flexores

Se trata de una amplia vaina que envuelve a los tendones flexores digitales del caballo en su transcurso por el surco carpiano. No obstante, rebasa los límites de este último, pues proximalmente se prolonga por el extremo distal del antebrazo unos 8-10 cm. Y distalmente llega a alcanzar el tercio medio del metacarpo (Sandoval, 1998).

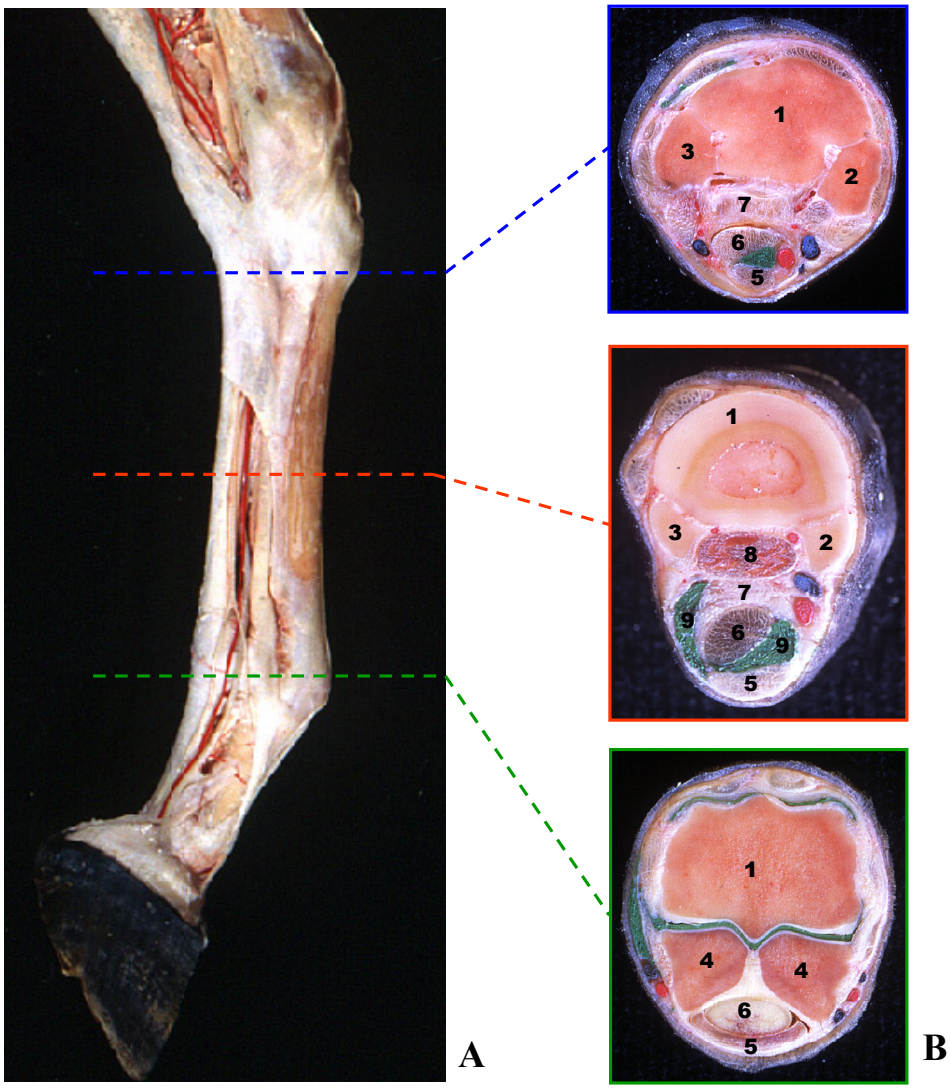

Figura 1A: Imagen lateral de la mano del caballo una vez retirada la piel y el tejido subcutáneo, con látex rojo, azul y verde se han replecionado las arterias, venas y estructuras sinoviales respectivamente. Las líneas discontinuas indican los niveles de las secciones transversales que se muestran en las figura 1B.
1: III metacarpiano. 2: II metacarpiano (medial). 3: III metacarpiano (lateral). 4: Sesamoideos proximales. 5: Flexor digital superficial. 6: Flexor digital profundo. 7: Ligamento accesorio del tendón flexor digital profundo. 8: Ligamento suspensor. 9: Vaina de los tendones flexores (Imagen cedida por los autores Latorre y cols, 2001).

2. DIAGNOSTICO ECOGRAFICO

2.1. Recuerdo histórico

La ultrasonografía es una técnica de diagnóstico por imagen no invasiva, rápida y que permite observar los cambios morfológicos producidos en tejidos blandos (Fornage, 1988). En medicina veterinaria, las primeras publicaciones de utilización de ultrasonidos como técnica de diagnóstico aparece por los años sesenta por el empleo de la misma en el diagnóstico de gestación de équidos y animales de granja, pero la consolidación de la técnica dentro del campo de la reproducción equina fue por los años ochenta (Chevalier y Palmer, 1982; Allen y Goddard, 1984).

Las primeras publicaciones acerca de ecografía abdominal y torácica también aparecen a principios de los años ochenta, resultando una técnica de gran utilidad para observar abscesos pulmonares, pleuroneumonía, masas situadas en el mediastino craneal (Rantanen, 1986) y en el caso de la cavidad abdominal la ecografía resultó muy útil para obtener información sobre estructuras que no pueden identificarse fácilmente, examinar la cavidad cuando existe líquido peritoneal o determinar la estructura de masas en la cavidad abdominal (Rantanen, 1986).

Fue a mediados de los ochenta cuando se describe por primera vez el uso de ultrasonidos para diagnosticar lesiones en el aparato locomotor en el

caballo sobre todo de la región palmar del metacarpo (Genovese y cols., 1986).

Gracias a la utilización de la ecografía se ha podido observar la morfología de tendones, músculos y ligamentos permitiendo obtener el diagnóstico de lesiones, su extensión, y su evolución a lo largo del tiempo para así poder tratarla adecuadamente (Marr y cols., 1993, Denoix, 1994; Dyson y Dik, 1995).

2.2. Principios físicos de los ultrasonidos

2.2.1. Definición de la onda de ultrasonidos.

La técnica ecográfica se basa en la emisión de ondas ultrasónicas, que al chocar con los tejidos son reflejadas en forma de ecos. Las ondas sonoras se definen como ondas de naturaleza mecánica, que necesitan un medio elástico y deformable para su propagación y corresponden a ondas que entrañan un movimiento de partículas del medio, en torno a una posición de equilibrio (Kremhau, 1980).

Una onda sonora puede compararse a una onda longitudinal que tiene una longitud de onda, frecuencia, velocidad y amplitud (Herring y Bjornton, 1985). La longitud de onda es la distancia entre dos puntos idénticos de la onda. La frecuencia es el número de ciclos o longitudes de

ondas que ocurren en un segundo y la velocidad es el producto de la frecuencia por la longitud de onda (Pennick, 2002).

La frecuencia se describe en términos de ciclos o hertzios (Hz). Los sonidos audibles varían desde 20 a 20.000 Hz, para el diagnóstico ecográfico se usan frecuencias superiores a los 2 MHz. La velocidad depende del medio que el sonido esté atravesando, teniendo en cuenta que la velocidad es una constante para cada medio, se deduce que para cada frecuencia hay una longitud de onda (Wells, 1969).

La amplitud de la onda representa el máximo cambio producido en la presión de la onda y se relaciona con la intensidad del ultrasonido, a mayor intensidad mayor amplitud. Con el término amplitud entendemos la magnitud de los ecos, si queremos ampliar éstos basta con aumentar la intensidad del aparato (Pennick, 2002).

2.2.2. Intensidad del ultrasonido.

La intensidad del ultrasonido se define como la concentración de energía que llega a una superficie de un 1 cm^2, se expresa en W/ cm^2. Sin embargo en la práctica se expresa en decibelios (dB) y no en W/cm^2, probablemente se deba a que es más importante evaluar la diferencia de intensidades (valor relativo) que el valor absoluto (Powis, 1986). Cuando se incrementa la intensidad de onda, aumentan las vibraciones mecánicas y los desplazamientos de las partículas, y por consiguiente aumentan el número y

el tamaño de los ecos que retornan al transductor. Es decir, que la intensidad aumenta la amplitud de la onda de ultrasonidos y por tanto también la amplitud de los ecos recibidos (Rantanen, 1995).

*2.2.3. Producción y detección de los ultrasonidos. Efecto piezoeléctrico***.**

El transductor es el componente del equipo de ultrasonidos que produce y recibe los ultrasonidos, el cuál contiene uno o más cristales de material piezoeléctrico. El fenómeno piezoeléctrico fue descubierto por el matrimonio Curie en 1880, y consiste en que determinados cristales al ser sometidos a una corriente eléctrica alterna, emiten ultrasonidos, que se reúnen formando el haz de ultrasonidos de una frecuencia determinada. Estas ondas atraviesan los materiales con los cuales están en contacto, siendo reflejados parte de ellos en forma de ecos, que interaccionan con los cristales piezoeléctricos, produciendo impulsos eléctricos que serán analizados según su intensidad y profundidad de reflexión, y presentados en una pantalla. A esta capacidad de los cristales de transformar energía eléctrica en mecánica y viceversa se le denomina efecto piezoeléctrico (Miles y cols., 1996; Pennick, 2002).

*2.2.4. Interacción de los ultrasonidos con los tejidos biológicos***.**

El haz de ultrasonidos se va atenuando tal y como va atravesando al paciente, en una proporción de 1 dB/cm/MHz (Herring y Bjornton, 1985), de

lo cuál se deduce que a mayor frecuencia mayor será la atenuación y por lo tanto la profundidad de penetración será menor.

Las principales causas de atenuación son: absorción, reflexión, refracción y dispersión (Herring y Bjornton, 1985).

La reflexión es el proceso por el cuál el ultrasonido emitido vuelve al transductor pudiendo ser detectado. La cantidad del haz reflectado al transductor depende de un parámetro denominado impedancia acústica (Herring y Bjornton, 1985; Miles y cols., 1996). La impedancia acústica (Z) se define como el producto de la densidad del material (p) y la velocidad del sonido a través del material (C).

$$Z = p \times C$$

La superficie de contacto entre dos materiales de diferentes densidades se denomina interfase acústica. Cuando el haz de ultrasonidos localiza una interfase entre dos materiales de diferente impedancia acústica, una porción del haz será reflejado y el resto se transmitirá a través del paciente. La amplitud del eco de retorno se determinará por la diferencia absoluta entre la impedancia acústica de un tejido comparado con el otro, este eco será mayor cuanto mayor sea esta diferencia (Powis, 1986).

La refracción es el cambio de dirección de las ondas de ultrasonidos, que ocurren cuando no alcanzan de forma perpendicular las diferentes interfases (Barr, 1988).

La dispersión es la reflexión de los ecos en diferentes direcciones que sucede cuando los ultrasonidos alcanzan superficies pequeñas e irregulares (Barr, 1988).

2.2.5. Resolución

La resolución del transductor es la habilidad de distinguir dos interfases cercanas (Pennick, 2002). La resolución de una imagen ultrasonográfica depende de la longitud de onda, y está relacionada con la frecuencia y velocidad. Aunque la frecuencia y la profundidad de penetración están inversamente relacionadas, la frecuencia y la resolución lo están directamente (Herring y Bjornton, 1985; Miles y cols.,1996).

Existen dos tipos de resolución, resolución lateral o perpendicular, que es la habilidad de distinguir dos interfases en la misma profundidad y resolución axial es la habilidad de distinguir dos interfases en diferentes profundidades. La resolución lateral se determina perpendicular al camino del haz de ultrasonidos y la resolución axial se determina en la misma dirección; en general cuando se utilizan frecuencias altas la mejor resolución es la lateral porque la longitud de onda es más corta (Herring y Bjornton, 1985; Miles y cols.,1996).

2.2.6. Ganancia (Time Gain Compensation)

En cualquier aparato de ecografía encontramos dos controles para determinar la calidad de la imagen. El control (power) se refiere a la intensidad de la salida de los ultrasonidos, que viene determinada por la amplitud del voltaje aplicado a los cristales; el otro control es el de ganancia, se refiere a la intensidad de los ecos. Se debe trabajar con las intensidades de salida y con las ganancias más bajas posibles, teniendo en cuenta la relación existente entre ambas: al aumentar la amplitud de los ultrasonidos, aumenta también la de los ecos creados en las interfases, pudiendo aparecer artefactos que impidan la correcta interpretación de la imagen (Bartrum y Crow, 1983).

Debido a la atenuación, interfases de idénticas características, pero localizadas a distinta distancia, van a producir ecos de diferente amplitud (Herring y Bjornton, 1985).

2.2.7. Equipos de ultrasonidos

El transductor es el componente del equipo de ultrasonidos que produce y recibe los ultrasonidos. Está hecho con cristales piezoeléctricos, actualmente los cristales más usados son el cuarzo y el tivanato zirconato de plomo (Pennick, 2002).

El transductor produce ultrasonidos de frecuencias determinadas, cuanto mayor sea la frecuencia menor será la profundidad alcanzada ya que se produce una mayor atenuación, pero mayor será la resolución. Por lo tanto, las altas frecuencias se utilizarán donde la resolución y el pequeño detalle sean importantes y no la profundidad, por ejemplo se usarán frecuencias de 7.5 MHz para exámenes ecográficos de tendones en el caballo, cuya penetración sería de aproximadamente 6 cm. Las bajas frecuencias se utilizarán cuando la resolución sea menos importante que la penetración, así se recomiendan frecuencias de 3.5 MHz para los exámenes de las vísceras abdominales y torácicas dependiendo del tamaño del animal, con éstas se consigue una penetración aproximada de 19 cm. (Barr, 1988).

Cuando el haz de ultrasonidos es producido por un transductor, se emite en forma de cilindro y a partir de cierto punto el haz sufre una divergencia alcanzando una pobre resolución en esta zona. La zona focal de un transductor es la parte del haz de ultrasonidos donde éste está enfocado y la resolución de la imagen es mejor (Barr, 1988).

Existen distintos tipos de transductores que pueden estar formados por variedad de configuraciones pero son los más comunes el lineal, convexo, faseado sectorial y anular.

En el transductor lineal, los cristales están dispuestos en línea, adoptando una forma rectangular. Estos transductores vienen en variedad de tamaños y frecuencias, los pequeños suelen ser utilizados para pequeños

animales (Nyland y Matton, 2002). El tipo lineal al presentar una imagen de forma rectangular, evita la pérdida de visibilidad en el campo cercano, pero con los cortes transversales limita la visualización de los bordes de las estructuras, sin embargo están perfectamente adaptados a la realización de tomas longitudinales (Pharr y Nyland, 1984).

Transductor convexo, es una variante del transductor lineal denominándose lineal convexo donde los cristales están dispuestos en línea pero curvada, siendo la superficie de contacto convexa, por lo cuál es más fácil de acoplar sobre la superficie del animal (Barr, 1988). La imagen que producen es sectorial con un campo de visión más ancho que el lineal propiamente dicho, estas sondas también se presentan en el mercado con variedad de tamaños y frecuencias (Nyland y Matton, 2002).

Transductor faseado sectorial, el campo de visión es producido por la llegada de múltiples elementos del transductor en una secuencia electrónica muy precisa. El rayo puede ser conducido en diferentes direcciones y enfocado a varios niveles, lo que le permite al transductor tener un pequeño tamaño y ampliar el campo visual para analizar estructuras más profundas (Nyland y Matton, 2002).

Transductor anular, está formado por múltiples elementos colocados de manera anular. Esto permite precisar el enfoque en el plano lateral y en el de elevación. Sin embargo, una desventaja es que el rayo tiene que ser arrastrado mecánicamente para producir una imagen a tiempo real, esto lo

hace más susceptible de manejo que el resto de transductores (Nyland y Matton, 2002).

2.2.8. Tipos de modo de imagen

Hay tres modos básicos de representar la información recogida por el ecógrafo, modo A (modo amplitud), modo M (modo movimiento-tiempo) y modo B (modo brillo) (Herring y Bjornton, 1985; Miles y cols., 1996; Pennick, 2002).

El modo A, consiste en picos verticales a lo largo del eje horizontal. La altura de los picos corresponde a la amplitud del eco y la profundidad del eco se representa por la localización del pico en la línea horizontal (Herring y Bjornton, 1985; Barr, 1988).

El modo B, es el más utilizado. Se emplean múltiples haces emitidos secuencialmente y ofrece imágenes bidimensionales de cortes anatómicos de los tejidos (Miles y cols., 1996). Existen dos tipos básicos de modo B, estático y en movimiento real (real-time), actualmente el más utilizado es el modo B en tiempo real donde se aprecian los movimientos de los órganos tal como se va desplazando el transductor a lo largo de la piel (Barr, 1988; Miles y cols., 1996).

Modo M, se trata de una variante del modo B en la que se utiliza un solo haz de ultrasonidos. Se obtienen imágenes unidimensionales en

movimiento y los ecos se representan como puntos brillantes a lo largo de una línea vertical. La posición del punto a lo largo de la línea representa la profundidad de la estructura que ha producido el eco. Esta línea de puntos es representada en el monitor de forma continua a lo largo del tiempo, avanzando la imagen hacia la derecha (Barr, 1988).

2.2.9. Recogida de la imagen

Los ultrasonidos reflejados por los tejidos vuelven al transductor, hacen que vibre el cristal y causa una señal eléctrica. Estos impulsos son amplificados y ordenados según su llegada al transductor. Todas las señales de retorno se combinan y la imagen se perfila en la pantalla de televisión (Pharr y Nyland, 1984).

A todos los equipos actuales de ultrasonidos se les puede acoplar un vídeo para almacenar las imágenes para posteriormente poderlas visualizar. Es el sistema más simple y es probablemente el más esencial para una evaluación cardiaca completa. Otra alternativa es la obtención de imágenes estáticas, a partir de imágenes congeladas en pantalla. Existen diferentes aparatos para recoger las imágenes congeladas, que son en orden ascendente de menor a mayor cuantía: cámara Polaroid, vídeo printers y cámaras multiformato (Pharr y Nyland, 1984).

2.3. Artefactos

Se consideran artefactos aquellas señales que se mezclan con las señales normales que provienen de los tejidos examinados pero no tienen una correlación anatómica con ellos (Herring y Bjornton, 1985). En muchas ocasiones, la falta de experiencia en el método puede llegar a cometer a errores diagnósticos por fallos cometidos tanto en la producción como en la interpretación de imágenes, siendo diversas las causas que los producen, los artefactos pueden ser de diversa índole (Herring y Bjornton, 1985).

Existen una serie de artefactos ligados a la técnica ecográfica, otros a los principios físicos de los ultrasonidos y por último al examinador. Todos ellos pueden ser causa de errores de interpretación y deben ser conocidos (Pennick, 2002).

2.3.1. Artefactos ligados a la técnica ecográfica

Sombra acústica: es un artefacto debido a la atenuación, es causada por la transmisión disminuida de la onda debido a la atenuación y/o reflexión del haz de ultrasonidos en la interfase acústica. Este artefacto es observado comúnmente con la llegada del haz de ultrasonidos a estructuras redondeadas como puede ser un vaso sanguíneo o la superficie palmar del tendón flexor digital profundo. Al encontrarse dichas superficies curvas, los ecos son reflejados hacia el tejido periférico. Estos ecos son incapaces de regresar al traductor, lo que se manifiesta en la pantalla por la presencia de

una línea de sombra que aparece por debajo del punto donde la onda choca con la superficie curva y se refleja (Allen, 1991). La sombra acústica también aparece cuando el haz de ultrasonidos atraviesa un tejido con una impedancia muy alta o muy baja con respecto al tejido anterior, de manera que se produce un área anecoica posterior a la interfase reflectora que se visualiza hiperecogénica. Fisiológicamente encontramos este artefacto generado por el hueso (impedancia muy alta) o por estructuras con aire (baja impedancia) y patológicamente lo observamos en áreas de mineralización, cálculos vesicales, litiasis renales y biliares (Nyland y Matton, 2002).

Reverberación: este artefacto ocurre cuando grandes ecos que vuelven al transductor, son reflejados de nuevo y reentran en el paciente. Esto puede ocurrir varias veces, produciendo múltiples imágenes paralelas y debajo la interfase original. En la imagen ecográfica se observan líneas hiperecoicas, paralelas unas y otras por debajo de la interfase original, la reverberación externa es la interfase de la piel y el transductor, mientras que la reverberación interna aparece cuando tenemos hueso o gas con tejido blando o líquido, como por ejemplo, pulmón con aire (Nyland y Matton, 2002). Esto se evita en gran medida con el empleo del pad o conductor (standoff), que al interponerse entre sonda y piel, aleja a los ecos de reverberación de las estructuras subcutáneas, que de otra forma quedarían enmascaradas (Park y cols., 1981).

Refuerzo posterior: se forma cuando las ondas de ultrasonidos atraviesan estructuras líquidas, como por ejemplo la vesícula biliar. La baja

densidad del líquido, no atenúa las ondas de la misma forma que lo hacen los tejidos que lo rodean. Por este motivo, inmediatamente por debajo de la estructura líquida, la velocidad de la onda es superior a la del resto, lo que se demuestra en la pantalla con una ecogenicidad mayor a dicho nivel (Allen, 1991; Rantanen, 1995).

2.3.2. Artefactos ligados a principios físicos:

Ajuste de los paneles de control: existen tres ajustes que deben ser realizados manualmente, la ganancia, potencia y profundidad de campo.

El ajuste de la ganancia (TGC) del aparato es el error más común cometido, ya que ésta es la capacidad de compensar la atenuación de los ecos y su ajuste correcto permite mantener los ecos con una amplitud unificada durante toda imagen mediante control electrónico (Miles y cols., 1996). Si la ganancia está demasiado alta, la amplitud de retorno de los ecos se verá incrementada. En general un incremento de la ecogenicidad por un mal ajuste en la ganancia puede enmascarar detalles de lesión en los tendones. Por las mismas razones una disminución de la ecogenicidad por un mal ajuste de ganancia reduce la amplitud de retorno de los ecos y puede impedir una adecuada visualización de las estructuras más profundas (Neuwirth y cols., 1991).

El ajuste de la potencia permite valorar la intensidad de los sonidos emitidos por el transductor, si se incrementa la potencia tendremos el mismo

efecto de imagen que cuando la ganancia está demasiado alta, así como si disminuye la potencia se produce una imagen de ecogenicidad disminuida similar a la producida por un descenso de ganancia (Neuwirth y cols., 1991).

La profundidad del campo (PC) controla el tamaño de la imagen visualizada. Un ajuste largo de la PC minimiza la imagen y un ajuste corto agranda la imagen. La profundidad de campo debe permitir una buena resolución individual de los tendones. Si su ajuste es demasiado grande puede indicar una separación individual de los tendones y la evaluación de sus estructuras internas puede ser más difícil (Neuwirth y cols., 1991).

La orientación e inclinación adecuadas así como la cantidad de presión ejercida sobre el transductor son fundamentales para la obtención de buenas imágenes. La angulación que se da a la sonda con respecto al tejido a ecografiar, es fundamental, ya que la ecogenicidad del tendón es ángulo-dependiente, una característica conocida como “anisotropía” (Fornage, 1987). Para obtener una imagen transversal de un tendón normal se debe poner la sonda perpendicular a las fibras del tendón, algo similar se debe hacer para observar una correcta imagen longitudinal pero con el transductor situado en paralelo (Nyland y Matton, 2002).

Los tendones y ligamentos sólo son ecogénicos cuando la orientación de la onda es perpendicular a la orientación de sus fibras. Así cuando se está estudiando una estructura anatómica concreta, el resto de estructuras pueden aparecer más o menos ecogénicas, pudiendo presentar artefactos

que no deben ser confundidos con lesiones (Park y cols., 1981; Denoix y cols., 1990). Esto quedó corroborado por Van Schie y cols. (1999), quienes confirmaron que si se varía la perpendicularidad ± 3º se obtienen variaciones cuantitativas de la imagen del tendón y que la inclinación del transductor también puede hacer variar la imagen a evaluar.

Es importante ser consciente de que en una imagen no podemos ver todas las estructuras a la vez ya que las ondas van orientadas a una estructura y a las que hay a su alrededor pero otras estructuras no podrán ser representadas en una misma ecografía. Por ejemplo una imagen del tendón digital superficial puede dar artefactos del ligamento suspensor del menudillo, sin embargo si la imagen se orienta hacia el ligamento suspensor estos artefactos pueden desaparecer, por esto es muy importante hacer un examen cuidadoso de todas las estructuras (Genovese y cols.,1986).

La cantidad de presión ejercida sobre el transductor en contacto con la extremidad también puede ser causa de artefacto, ya que si se ejerce demasiada presión sobre el miembro, se puede distorsionar la anatomía normal, por ejemplo impedir la identificación de un posible edema peritendinoso por el exceso de presión sobre el mismo. Por el contrario si ejercemos una presión mínima se disminuye la transmisión de los ultrasonidos e impide la visualización de aspectos laterales y mediales del tendón (Neuwirth y cols., 1991).

Un defecto de contacto entre sonda y piel entraña la interposición de aire entre ambos, lo que bloquea el retorno de los ultrasonidos y da lugar a imágenes de escasa calidad o de bandas hipoecogénicas en la ecografía (Park y cols., 1981).

2.3.3. Artefactos ligados al examinador

Una falta de conocimiento de la anatomía regional puede dar lugar a la presencia de un error diagnóstico, uno muy frecuente, consiste en considerar los vasos sanguíneos como signos de lesiones hipoecogénicos, esto ocurre cuando existe una inflamación próxima al tejido ecografiado debido a la vasodilatación periférica. En estos casos, vasos que en condiciones normales aparecen de pequeño tamaño en la ecografía, aparecen engrosados e incluso superpuestos a estructuras tendinosas (Denoix, 1991a).

En ocasiones las membranas sinoviales pueden ser confundidas e interpretadas como imágenes de adherencia a tendones (Denoix, 1991a).

La correcta selección del transductor, es necesaria para obtener una imagen correcta, se debe elegir la mayor frecuencia para optimizar la resolución, se recomiendan frecuencias de 7,5 MHz o superiores para estructuras superficiales como los tendones y frecuencias más bajas para visualizar órganos más voluminosos que permitan la penetración adecuada de los ultrasonidos (Nyland y Matton, 2002).

2.4. Ecogenicidad de los tejidos.

La ecogenicidad del tejido en términos ecográficos se relaciona con la impedancia acústica del mismo. El colágeno se considera la mayor fuente de ecogenicidad del tejido, ya que éste y otras proteínas similares forman el estroma fibroso de los tejidos blandos, así los diferentes órganos tendrán diferentes modelos ecogénicos internos en base a su contenido en colágeno. La grasa es altamente ecogénica. El líquido es homogéneamente anecoico (libre de ecos), (Fornage, 1988).

Para describir la imagen ecográfica se emplea la palabra ecogenicidad que se refiere a la textura de las fibras, cada estructura tiene su propia ecogenicidad con un grado de "blancura", dependiendo del aumento o disminución de ésta, se utilizan los siguientes términos (Pennick, 2002):

a) Hiperecoico o hiperecogénico, cuando se produce una gran reflexión de los ultrasonidos (escasa o nula transmisión), describiendo un incremento en la ecogenicidad. Los puntos en el monitor aparecen blancos con un brillo máximo, Ej. Aumento de tejido conectivo, grasa.

b) Hipoecoico o hipoecogénico, representa una reflexión/transmisión intermedia describiendo una disminución de la ecogenicidad. Apareciendo los puntos en el monitor de diferentes intensidades de grises, Ej. tejidos

blandos. También ocurre cuando hay una infiltración en las fibras de colágeno de fluido inflamatorio (edema), hemorragia y/o fibroplasia.

c) Anecoico, ausencia de ecos, representa una completa transmisión del ultrasonido. Descrito en tejidos que tienen nula o baja ecogenicidad Los puntos aparecen en color negro en la pantalla, Ej. líquido. Esta imagen también se presenta en casos en los que desaparece el colágeno y se presenta edema, hemorragia y /o fibroplasia.

Para comparar la ecogenicidad de los tejidos entre sí, se utiliza la terminología hiper, iso, hipoecogénico de forma comparativa de un tejido a otro (Pennick, 2002).

2.4.1. Ecogenicidad de los tendones y ligamentos

El tendón es una estructura altamente organizada formada casi exclusivamente por fibras de colágeno tipo I embebidas en una matriz acuosa de proteoglicanos. Las fibras son casi paralelas a lo largo del tendón y están concentradas en grupo primario (fibras) y secundario (fascículos) y todo ello forma el haz terciario. Las fibras de colágeno están divididas dentro de paquetes cerrados de haces que van en filas paralelas longitudinales orientando los tenocitos. Los fascículos se reúnen juntos formando las vainas de epitendón, endotendón y paratendón respectivamente. Los tendones están envueltos en vainas tendinosas las cuales son áreas específicas de mucho estrés mecánico, las bolsas de tejido sinovial y las

bolsas sinoviales son también áreas de mucho estrés mecánico y generalmente puntos de lesión (Craychee, 1995), (Reef. y cols., 1996).

La apariencia de las estructuras anatómicas de los tendones flexores normales es la de una imagen formada por una serie de puntos blancos, cada estructura tiene su propia densidad, basada en su composición celular, alineamiento de las fibras y aporte sanguíneo. Las estructuras más densas producen más ecos al transductor y así aparece una estructura más ecogénica y cuando las estructuras son menos densas la imagen aparece (sin ecos) anecoica (Genovese y cols., 1986).

La vaina peritendinosa aparece como una delgada línea altamente ecogénica. Las vainas fibrosas están usualmente organizadas y son visualizadas de manera óptima con ángulos rectos con respecto a la orientación de las fibras (Craychee, 1995).

Los ligamentos tradicionalmente han sido descritos como estructuras muy similares a los tendones salvo que los elementos que los conforman están organizados de manera más irregular, normalmente consisten en un paquete de fibras de colágeno orientado a lo largo del cuerpo del mismo (Craychee, 1995), tienen un gran contenido de fibras de colágeno tipo III, menos cantidad de colágeno total y una cantidad más pequeña de glucosaminoglicanos (Amiel y cols., 1984).

La mayoría de los ligamentos son igual o ligeramente más ecogénicos que los tendones y tienen apariencia más sólida. Existen muchas variables irreconocibles que juegan un papel importante en la ecogenicidad por el bajo contenido en colágeno el incremento de glucosaminoglicanos con respecto al tendón (Hauser, 1986).

El ligamento suspensor, también conocido como músculo interóseo en el caballo, contiene una cantidad variable de tejido muscular estriado, tejido nervioso, tejido vascular, adiposo y tejido conectivo, en su aspecto proximal y medial. Esta diversidad de tejidos le da una densidad compacta parecida a la encontrada en el FDS en la porción fibrosa y se observa una pérdida de ecogenicidad con áreas anecoicas en la zona representada por el resto de tejidos (Hauser y Rantanen, 1983). La cantidad variable de músculo que contiene es relativamente más hipoecogénica debido al patrón menos homogéneo de este ligamento con respecto a otros (Craychee, 1995).

El ligamento accesorio, normalmente es el ligamento más ecogénico de estas estructuras debido a que es muy compacto y muy fibroso (Hauser, 1986).

3. EXAMEN ECOGRÁFICO DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DE LA REGION METACARPIANA EN LA ESPECIE EQUINA

El hecho de que en los últimos años el uso de la ecografía se haya extendido para el estudio del sistema músculoesquelético del caballo ha supuesto que se convierta en uno de los principales métodos de diagnóstico para lesiones articulares y tendinosas de los équidos, ya que se trata de un método preciso y no invasivo, por el contrario otras técnicas como la palpación física, radiografías de contraste, tomografía, artroscopia y xeroradiografía son todas técnicas invasivas y a veces con información limitada acerca de la patología a la que nos enfrentamos (Genovese y Simpson,1989).

El examen ultrasonográfico requiere unos conocimientos precisos de la anatomía y cierta destreza y habilidad a la hora de realizar el examen de las distintas estructuras (Craychee, 1995).

3.1. Técnica ecográfica

El estudio de las estructuras superficiales es difícil realizarlo incluso cuando se utilizan transductores de alta frecuencia. Generalmente la sonda de 7,5 MHz es capaz de evaluar tendones y ligamentos que están hasta 4 cm. en profundidad (Genovese y cols., 1986). Debe de existir un buen contacto entre la piel y el transductor ya que un pobre contacto con la piel no permite la visualización de las estructuras (Wood y cols., 1991). Para facilitar

dicho contacto se debe depilar la zona a ecografiar, abarcando desde el hueso accesorio del carpo hasta los sesamoideos a nivel de la articulación del menudillo, así como las zonas lateral y medial de dicha articulación para examinar las bridas lateral y medial de la articulación del menudillo (Gillis y cols., 1995a). También resulta conveniente frotar la zona depilada unos minutos con agua caliente jabonosa con el fin de disminuir la interposición de aire entre sonda y piel (Rantanen, 1995).

Las imágenes son evaluadas en planos longitudinales y transversales. En el plano transversal es difícil encontrar una adecuada zona de contacto entre el transductor y la piel, debido a la forma convexa de la superficie palmar de la región metacarpiana en el caballo (Genovese y cols., 1986).

En la sección longitudinal encontramos las fibras organizadas linealmente. Observando gran cantidad de líneas ecoicas, paralelas y longitudinales al cuerpo del tendón. Esta apariencia está descrita como una ecografía "fibrilar" (Fornage, 1988). El grado de organización presente en la ecografía corresponde directamente con el grado de organización presente a nivel microscópico.

En la sección transversal la imagen normal es una estructura altamente ecogénica y compacta, que corresponde a los haces y fibras de colágeno orientados correctamente, en ocasiones se observa dentro del tendón líneas hipoecoicas que corresponden a septos endotendinosos, así

como el trayecto de vasos sanguíneos, nerviosos o linfáticos (Fornage, 1988).

Para un estudio rutinario se escanean todas las zonas para hacer una visión general comenzando por la zona proximal del metacarpo y continuando distalmente, de cada zona se obtiene una imagen, realizando en cada zona estudios con cortes transversales y longitudinales. Cuando colocamos la sonda en la superficie palmar de la extremidad, de forma perpendicular a la misma es decir a 90º se obtiene un plano transversal y opuestamente en el plano vertical se obtiene una imagen longitudinal. El plano longitudinal se utiliza para evaluar la calidad de las fibras del tendón y su alineamiento especialmente durante las fases de curación de una patología y el plano transversal para evaluar el tamaño y la ecogenicidad de los tendones (Main, 1995).

La combinación de ecografías longitudinales y transversales permite obtener una imagen tridimensional de las lesiones con su medida y localización. Hay numerosos factores físicos que afectan a la apariencia ultrasonográfica del tendón, la cantidad de ecos que vuelve al transductor es una característica individual de cada tipo de tejido y está relacionado no sólo con la impedancia acústica sino con la organización física de ese tejido (Craychee, 1995). La impedancia acústica de un tejido está determinada en parte por la densidad de ese tejido, en los tendones la densidad tisular está directamente relacionada con el contenido de colágeno. Sin embargo, el efecto sonográfico de un pequeño porcentaje de glicosaminoglicanos

presentes en tendones y ligamentos está todavía por determinar. No obstante, la cantidad y tipo de glicoproteínas varía según la zona del tendón, encontrándose concentraciones más altas en las zonas con más presión como por ejemplo: articulación metacarpofalangiana y una menor concentración en zonas de menor presión como puede ser la zona media del metacarpo (Craychee, 1995).

Uno de los artefactos que se produce al realizar la ecografía en estructuras tan superficiales es la reverberación. Para mejorar el contacto existe un sistema denominado *standoff pad* que se coloca entre la zona a examinar y la sonda, por tanto sitúa a la piel y las estructuras superficiales más profundamente dentro de la imagen, así permite disminuir o prevenir dicha reverberación y facilita la visualización de las estructuras superficiales, (Biller y Myer,1988; Dyson, 1992). Está fabricado con un material de silicona gelificada ecolúcida y tiene de 1 a 2 cm. de grosor y que se le puede cortar y dar la forma que queramos dependiendo de la zona que vayamos a estudiar (Biller y Myer, 1988). Existen transductores con el pad incorporado, los cuales, son muy cómodos y simplifican el procedimiento (Craychee, 1995). Hay autores que examinan cada extremidad primero sin *stand off* y después con él (Dyson, 1992).

Para identificar las zonas a examinar se pueden emplear varias técnicas, así Genovese y cols. (1986), dividen en zonas separadas 5 cm. de longitud entre ellas toda la zona metacarpiana o metatarsiana, a partir del hueso accesorio del carpo o la tuberosidad del calcáneo respectivamente.

La zona superior se denomina 1A, la siguiente 1B y así continúan con 2A 2B, 3A, 3B. Las extremidades anteriores y posteriores presentan estructuras ecográficas similares (Spaulding, 1984).

Otros autores como Denoix y cols. (1990) denominan las zonas según los centímetros que distan del hueso accesorio del carpo.

Pugh (1993), aboga por un método alternativo a esta técnica debido a que la distancia entre las zonas propuestas por Genovese podía englobar muchas lesiones y la identificación de la lesión podía ser subjetiva. Así, coloca una cinta métrica longitudinalmente en el metacarpo del animal se divide arbitrariamente en seis u ocho zonas separadas de forma equidistante entre ellas. Posteriormente rodea con una cinta adhesiva la superficie del hueso accesorio del carpo tomándolo como referencia anatómica. Este método es definido como simple, rápido, preciso y económico, la cinta adhesiva es generalmente muy bien tolerada por el paciente equino y permite localizar lesiones en las distintas estructuras tendinosas y articulares de la zona, y además permite la comparación precisa del lado contralateral.

Las imágenes de los cortes transversales o longitudinales deben de ser orientados de forma estándar en la pantalla. Así, en la imagen transversal de la superficie palmar de la extremidad izquierda, la superficie medial aparece a la derecha de la pantalla y la superficie lateral aparece a la izquierda. En una ecografía de la extremidad derecha, la superficie medial aparece a la izquierda y la superficie lateral aparece a la derecha. Mientras

que en la imagen longitudinal la parte proximal de la ecografía viene representada a la izquierda y la parte distal a la derecha.

Con respecto a la aparición de las estructuras desde la parte superior de la pantalla hasta la inferior, serían en primer lugar, las estructuras dérmicas y subdérmicas, el tendón flexor digital superficial (FDS), el tendón flexor digital profundo (FDP), la vaina carpal (VC) y el ligamento accesorio (LA), la cabeza del ligamento suspensor (LS) y finalmente el contorno del aspecto palmar de la fila carpal de los huesos carpianos y el hueso tercer metacarpiano (Rantanen y cols.,1983; Mc.Clellan,1986).

3.2. Anatomía ecográfica de los tendones y ligamentos del metacarpo.

La región del metacarpo ha sido descrita ecográficamente por varios autores, (Genovese y cols., 1986; Denoix y cols., 1990), la finalidad de esta descripción ecográfica es encontrar una guía de cómo encontraremos el tendón en condiciones normales para así poder discernir entre patología y normalidad (Steyn y cols, 1991).

3.2.1. Zona 1 A

El FDS puede ser visualizado a lo largo de todo el miembro anterior, tanto en la ecografía transversal como en la longitudinal. Es ligeramente menos ecogénico que el FDP ya que tiene una ecotextura menos homogénea, para diferenciar esta falta de homogeneidad como normalidad

o patología es importante comparar con el otro miembro, ya que en ocasiones puede ser su apariencia normal (Craychee, 1995).

Su forma es oval y es importante, reconocerla en el corte transversal porque al ser asimétrico un pequeño grado de inflamación puede no diagnosticarse (Craychee, 1995). Los bordes del FDS son curvados en las superficies lateral, palmar y medial y relativamente recto en la superficie dorsal donde se apoya sobre el FDP. Cuando se examina el FDS se debe mover el transductor cuidadosamente hacia lateral y medial para que los bordes laterales y mediales sean examinados cuidadosamente (Genovese y cols., 1986; McDiarmid, 1994).

El FDP discurre palmarmente desde la unión musculoesquelética del carpo, hasta su paso por el hueso navicular y la bolsa del mismo. Su ecogenicidad es uniforme y ligeramente superior al FDS, y su forma es más redondeada (Genovese y cols.,1986; Main ,1995). En el lado medial del FDP se encuentra un importante vaso metacarpal, que se puede diferenciar de una lesión durante la ecografía si observamos el flujo sanguíneo del mismo. La vaina carpal es delgada tiene forma triangular y está en estrecho contacto con el aspecto dorsomedial del FDP.

El LA está localizado anterior al FDP y abraza la vaina carpal. Se describe anatómicamente como una banda fibrosa y fuerte, como se une con el FDP las fibras ligamentosas aparecen insertadas dentro del tendón

ocupando su mitad dorsal combinando tendón y ligamento, (Caramanlidis, 1967; Craychee, 1995).

El LA es la estructura más ecogénica de todas las existentes en la extremidad, es muy homogéneo y a lo largo del metacarpo presenta varios tamaños y formas con lo cuál es muy importante compararlo con la otra extremidad antes de diagnosticar una patología (Craychee, 1995). Anterior al LA existe una línea hipoecoica estrecha que corresponde a tejido conectivo vascular.

El LS es una estructura ligamentosa localizada cranealmente al LA. Tiene forma oval irregular y con bordes poco definidos en su origen. La ecotextura del LS es más gruesa que los otros tendones flexores o que el LA debido a que contiene en su origen fibras musculares, por ello pequeñas regiones hipoecogégicas pueden ser reconocidas como normales (Craychee, 1995).

El patrón de ecogenicidad del LS difiere del resto de estructuras ya que es una estructura muscular modificada (músculo interóseo) presenta fibras hiperecogénicas e hipoecoicas, esto es debido a que este ligamento contiene fibras musculares, las cuales no son tan ecogénicas como las fibras de colágeno. Los LS de los animales jóvenes contienen más fibras musculares hipoecoicas que los caballos más viejos por poseer más cantidad de fibras estriadas con tejido conectivo (Main, 1995).

En el borde craneal del LS se encuentra la superficie palmar del tercer metacarpiano, la cuál es representada por una intensa línea hiperecoica. Todos los ecos que aparecen anteriores a esta línea representan artefactos causados por la reverberación (Craychee,1995).

3.2.2. Zona 1 B

Se extiende desde la parte distal de la zona 1 A, a partir de 4 a 8 cm. distal al hueso accesorio del carpo justo en el tercio superior del III metacarpiano (Genovese y cols.,1986)

Ultrasonográficamente, las estructuras de esta zona aparecen como en la zona 1 A. Sin embargo, el FDS es más aplastado de palmar a dorsal y el FDP aparece más redondeado.

El tejido conectivo está libre en el espacio vascular entre la superficie del LS y el III metacarpiano pudiendo visualizarse nítidamente.

3.2.3. Zona 2 A

Incluye desde los 8 hasta 12 cm. distalmente al hueso accesorio del carpo. En esta zona el FDS se va aplanando y el FDP no adquiere cambios destacables (Genovese y cols.,1986). El LA se estrecha de palmar a dorsalmente y se aproxima hasta insertarse en el tendón flexor profundo, lo que ocurre aproximadamente a los 14 cm. distalmente al hueso accesorio

del carpo. El espacio vascular es rellenado por tejido conectivo y localizado entre el LA y el LS. Medial y lateralmente a este espacio se pueden ver los dos grandes vasos metacarpianos (Genovese y cols.,1986).

3.2.4. Zona 2 B

Se extiende a partir de 12 a 16 cm. desde la parte distal del hueso accesorio del carpo. En esta zona el FDS aparece más aplanado.

El LA todavía es visible pero está situado en estrecho contacto con el FDP a lo largo de su superficie dorsal. Los vasos metacarpianos se encuentran dorsales al LA. En esta zona la vaina carpal no es visible (Genovese y cols.,1986).

3.2.5. Zona 3 A

Comienza aproximadamente 16 cm. distalmente a la base del hueso accesorio del carpo su parte final se corresponde con el último tercio del III metacarpiano (Genovese y cols.,1986).

El FDS es más estrecho y con forma de media luna. El FDP y el LA están fusionados. En la parte distal de la zona 3 A, el LA se introduce dentro del FDP, en la mitad de la zona el LS está todavía sin dividir, sin embargo conforme continúa distalmente el cuerpo se divide en dos bridas, lateral y medial. Cuando se examina esta zona hay que ser muy cuidadoso para no

confundir el área anecoica entre las bridas del LS como un defecto (Rantanen, 1995).

3.2.6 Zona 3 B

Tiende a ser de 2 a 4 cm. más larga que las otras zonas, comienza aproximadamente 20 cm. desde la base del hueso accesorio del carpo y se extiende distalmente hasta la mitad de la articulación metacarpofalangiana (Main, 1995).

En esta zona el FDS se estrecha palmarodorsalmente y se ensancha de medial a lateral como envolviendo al ensanchado FDP, precisamente por su anchura es difícil capturar a FDS en una imagen, para poder observarlo completamente es necesario mover el transductor de medial a lateralmente y realizar diferentes exámenes en las distintas posiciones. En esta zona también es difícil ver simultáneamente el FDS y el FDP, estas estructuras deben ser examinadas individualmente. El FDP toma una forma ovoide y va aumentando de tamaño a este nivel (Main, 1995).

En el aspecto distal de la zona 3B, a veces llamada 3C se pueden ver los ápices de los huesos sesamoideos y el ligamento intersesamoideo. Entre los huesos sesamoideos y craneal al FDP se observa la vaina palmar anecoica de la articulación metacarpofalangiana. También se pueden observar en esta zona las bridas lateral y medial del LS, sin embargo cuando escaneamos las bridas desde la superficie palmar sólo podemos verlas si

hay grandes lesiones. Para mejorar la imagen de las bridas se puede colocar la sonda en la superficie lateral o medial respectivamente de la extremidad y deslizarlo sobre ella formando un ángulo de 45º (Rantanen, 1995).

3.3. Evaluación ecográfica de los tendones flexores y ligamentos del metacarpo.

Para realizar un buen examen ecográfico es fundamental conocer el tamaño y la ecogenicidad normal de las estructuras analizadas (Denoix y Crevier, 1991b).

3.3.1. Evaluación del tamaño.

Los estudios analizados acerca de la medida del tamaño de los tendones, razonan, la importancia diagnóstica que tiene conocer el área del tendón en el corte transversal (ACT) y que en inglés aparece como “CSA” que corresponde a “cross sectional area”. Los primeros estudios en los que se cuestionó si la medida del área era útil para el diagnóstico ultrasonográfico datan de 1995, se realizaron estudios comparativos “in vivo” e “in vitro” y se observó una correlación lineal entre ACT en ambos casos por lo tanto se acreditó que la medida de ACT es útil para el examen ecográfico (Gillis y cols., 1995a).

Para obtener el valor del ACT se digitaliza la imagen ecográfica y se rodea el perfil del tendón que va a ser sometido a estudio, obteniendo un valor en mm^2 o cm^2 calculado mediante un sistema informático específico (Smith y Webbon, 1994; Gillis y cols., 1995b). Sin embargo, este método puede producir una variación en la medida del área, ya que podemos variar el límite del mismo por lo tanto variará su ACT (Reef, 1996; Genovese y cols., 1997).

Pickersgill y cols., (2001) publicaron un estudio en el que evaluaron las posibles diferencias que podían existir entre las medidas de área de un mismo caballo, en una misma extremidad y en un mismo tendón dependiendo de tres factores: dos personas diferentes realizarían el examen ecográfico para obtener la imagen, dos personas diferentes realizarían la medida de área y por último se usaban equipos analíticos diferentes. Los resultados concluyeron que no había diferencias significativas entre los dos primeros factores pero si se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al equipo analítico, por ello para evitar confusiones es importante que la misma persona sea la encargada de analizar las imágenes aunque sean varias las que realizan la imagen.

En los estudios realizados hasta ahora, no se han observado diferencias significativas en el valor del área entre extremidad anterior y posterior (Reef, 2001) para las dos extremidades (derecha e izquierda) para los tendones FDS y FDP en caballos no entrenados (Smith y Webbon, 1994; Gillis y cols., 1995b).

Sin embargo, si que hay diferencias estadísticamente significativas entre caballos que fueron previamente entrenados, valorando incrementos de tamaño antes y después del ejercicio entre extremidad derecha e izquierda. El FDS en la extremidad derecha es más grande a nivel de 1 B y disminuye en tamaño a nivel de 2 B y así va disminuyendo suavemente en 3 A y 3 B. Sin embargo en la extremidad izquierda, el FDS es más pequeño a nivel 1 A, 1 B y 2 A y se va incrementando en tamaño hasta 3 B. Las diferencias más pequeñas entre derecha e izquierda están a nivel de 2 A y 2 B (Gillis y cols., 1993).

El ejercicio afecta significativamente en las propiedades mecánicas del FDS en potros. Si se realiza un ejercicio de leve a moderado y luego más intenso se conseguirá un desarrollo de tendones fuertes y flexibles, que puede ser muy importante para prever lesiones futuras en caballos adultos sometidos a entrenamiento (Cherdchutham y cols., 2001).

Gillis y cols. (1995b) realizaron un estudio en el que midieron el área, en caballos Pura Sangre entrenados para carreras durante época de trabajo. Los valores obtenidos de la misma fueron para el FDS son a nivel 1 A, 1,01 cm^2; a nivel de 2 A 0,95 cm^2; a nivel de 3 B 1,12 cm^2. Los valores obtenidos a nivel del FDP fueron en 1 A 1,13 $cm^{2;}$ en 2 A 1,01 cm^2; en 3B 1,75 cm^2 (Gillis y cols., 1995b).

La raza, edad del caballo y el tipo de trabajo que realizan son factores que influyen directamente en el pronóstico del tendón a examinar (Smith y Webbon, 1994; Gillis y cols.,1995b; Cherdchutham y cols., 2001).

A pesar de que no hay muchos datos publicados, acerca del área, las referencias que existen son sobre las medidas lineales dorsopalmares y lateromediales de los tendones (Webbon, 1977; Genovese y cols., 1986; Riber y cols., 1993; Main, 1995; Cuesta y cols., 1995).

3.3.1.1. Zona 1 A

La medida de los tendones en esta zona ha sido estudiada por diversos autores, los valores obtenidos quedan reflejados en la Tabla 1.

Tendones	Webbon (1977)	Genovese y cols.(1986)	Main (1995)	Cuesta y cols.(1995)
FDS	DP: 0,8-1 LM:0,9	DP:0,7 LM:0,9	DP: 0,7 LM:0,9	DP: 0,78 LM:1,66
FDP		DP: 0,2		DP: 1,00 LM:1,78
LA		DP:0,4-0,7 LM:1,4-1,6	DP: 0,8 LM:1,8	DP: 0,82 LM:1,96
LS		DP:0,8-0,9 LM:1,7-1,9		DP: 1,02 LM:1,84

Tabla 1. Valores de tamaño (cm) obtenidos por los diferentes autores de la zona 1 A (5 cm. a partir del hueso accesorio del carpo) de los tendones flexores del metacarpo. FDS: flexor digital superficial; FDP; flexor digital profundo; LA: ligamento accesorio; LS: ligamento suspensor. DP (medida de dorsal a palmar) y LM (medida de lateral a medial). Las zonas con valores en blanco son por la falta de datos por parte de los autores.

En esta zona el LS puede tener un tamaño variable de palmar a dorsal porque es donde se localiza su origen a partir de la pequeña eminencia proximopalmar del tercer hueso metacarpiano, de ahí que proximalmente sólo se distingan en la ecografía algunas fibras de este ligamento. En la parte alta de 1A solamente pueden ser visualizadas unas fibras de LS, pero pasado su origen se ensancha (Genovese y cols., 1986)

3.3.1.2. Zonas 1 B, 2 A y 2 B

Las medidas encontradas en la bibliografía consultada tanto a nivel 1 B como 2 A y 2 B fueron del estudio de Cuesta y cols. (1995). Los valores obtenidos se encuentran en la tabla 2.

TENDON	1 B	2 A	2 B
FDS	DP:0,73	DP:0,70	DP:0,63
	LM:1,67	LM:1,78	LM:1,01
FDP	DP:1,00	DP:1,53	DP:1,06
	LM:1,64	LM:1,68	LM:1,88
LA	DP:0,64		
	LM:1,74		
LS	DP:1,04	DP:1,07	DP:0,94
	LM:1,76	LM:1,60	LM:1,05

Tabla 2. Medidas del tamaño (cm) de los tendones flexores del carpo en los niveles 1 B, 2 A y 2 B, siendo cada nivel la distancia desde el hueso accesorio del carpo 10, 15 y 20 cm. respectivamente. DP (medida dorsopalmar) y LM (medida lateromedial) FDS: flexor digital superficial; FDP; flexor digital profundo; LA: ligamento accesorio; LS: ligamento suspensor (Cuesta y cols., 1995).

El LA a este nivel presenta una pérdida progresiva de espesor y un acercamiento hacia el tendón flexor profundo, (Cuesta y cols., 1995). En la parte superior de la zona 1B, aproximadamente de 4 a 6 cm. distal al hueso accesorio del carpo, el LS está firmemente pegado al III metacarpiano, (Cuesta y cols., 1995).

3.3.1.3. Zona 3 A

Las medidas tomadas por Redding en 1993 fueron para el FDS de medial a lateral 2,4 cm. y de palmar a dorsal 0,5 cm. y para el FDP de lateral a medial 1,8 cm. y palmarodorsalmente 1,0 cm.

3.3.1.4. Zona 3 B

El FDP incrementa su tamaño hasta 1,1 cm. de palmar a dorsal por 2,6 cm. de medial a lateral. El LA no aparece con entidad propia (Genovese y cols, 1986). Otros autores dan los siguientes datos para el FDS de medial a lateral es de 3,0 cm., palmarodorsalmente es de 0,5 cm. El FDP de lateral a medial 2,4 cm. y de palmar a dorsal 1,0 cm. (Redding, 1993).

3.3.2. Evaluación de la ecogenicidad

En una ecografía la imagen del tendón es reflejada en la intensidad o brillo y homogeneidad, la cuál se puede ver en la imagen longitudinal y transversal.

La evaluación de la ecogenicidad, objetiva o subjetiva puede realizarse valorando una escala de grises (Wood y cols., 1992; Martinolli y cols.,1993; Nicoll y cols.,1993; Wood y cols., 1993; Gillis y cols., 1995b; Tsukiyama y cols.,1996). La cuantificación de la escala de grises bien mediante la ecogenicidad media (EM) o por la ecogenicidad relativa (ER), no es un método suficientemente sensitivo y preciso para determinar el tipo de tejido en el tendón lesionado, por ello es necesario tener toda la información tanto del corte longitudinal como del transversal (Van Schie y Bakker, 2000). Sin embargo, Micklethwaite y cols. (2001) determinan que la valoración cuantitativa del brillo, es un método eficaz y seguro, pudiendo ser usada para detectar lesiones tempranas en tendones y ligamentos.

El valor de EM puede variar en los diferentes tendones si la extremidad está apoyada en el suelo o no, así cuando la extremidad está apoyada los tendones FDS, FDP y el LA están en tensión, mientras que cuando no hay apoyo las fibras están relajadas. Sin embargo esto no se ha observado en el LS, ya que se encuentra bajo tensión cuando no existe apoyo. En el resto de tendones en el caso de no apoyo (relajación de fibras) se observa una disminución significativa de la EM, mientras que en el LS la EM no se ve reducida tanto si está en tensión o no (Nicoll y cols., 1993; Van Schie y cols., 2001).

Otro parámetro fundamental a tener en cuenta en la medida de la ecogenicidad es la posible variación de la ganancia la cuál influye directamente en la escala de grises. Por ello es importante regular la

ganancia antes de iniciar el examen del tendón y no variarla durante todo el estudio (Wood y cols., 1993).

Gillis y cols. (1993) concluyen que el entrenamiento también influye en la ecogenicidad de los tejidos y es inversamente proporcional a ACT. Por otro lado este autor también estudia la ecogenicidad paralelamente con el tamaño en caballos en entrenamiento valorando los cambios detectados en el tendón durante los primeros meses de entrenamiento, obteniendo los siguientes datos para el FDS a nivel de 1 A (2,34); a 2 A (2,03) en 3 B (2,04). Los valores para el FDP son en 1 A (2,60), en 2 A (2,49) y en 3 B (2,50).

En la bibliografía consultada no existen muchas referencias sobre la valoración de la ER (ecogenicidad relativa) de los tendones. Wood y cols. (1993) realizaron un trabajo en el que utilizaron una escala de grises de los tendones y ligamentos de la extremidad izquierda y derecha de la región metacarpiana de diez caballos (cinco Pura Sangre, cuatro Cuarto de Milla y un caballo de tiro). Realizaron cortes transversales y longitudinales a los diferentes niveles de la región metacarpiana y la medida de brillo relativo de cada tendón fue calculada dividiendo el valor de su ER por la media del valor de ER de tres imágenes obtenidas a partir de tres patrones diferentes equivalentes a la ecogenicidad de tejidos blandos de distinta textura, realizados por él mismo en el laboratorio. Los valores que este autor obtuvo quedan reflejados en las Tablas 3 y 4.

TENDON	7 cm*	10,15,20 cm*	25 cm*	30 cm*
FDS	1,39	1,12	1,03	0,92
FDP	1,20	1,22	1,17	1,02
LA	1,01	1,11		
LS	1,14	1,43	L:0,97	
			M:0,96	

Tabla 3. Medidas de la ecogenicidad relativa corte transversal (dorsal). *Distancia desde el hueso accesorio del carpo. FDS: flexor digital superficial; FDP; flexor digital profundo; LA: ligamento accesorio; LS: ligamento suspensor. L: brida lateral y M: brida medial.

TENDON	7 cm*	10,15,20 cm*	30 cm*
FDS	1,15	1,03	1,07
FDP	1,22	1,18	1,04
LA	2,56	1,92	
LS	3,12	3,23	

Tabla 4. Medidas de la ecogenicidad relativa en el corte longitudinal (sagital). *Distancia desde el hueso accesorio del carpo. FDS: flexor digital superficial; FDP; flexor digital profundo; LA: ligamento accesorio; LS: ligamento suspensor.

Así, en el corte transversal el LS tenía una ecogenicidad media significativamente superior al FDP, FDS y el LA en la distancia 10-15 y 20 cm., la ecogenicidad media del FDP y del FDS era similar entre ellos. En el plano longitudinal, el LS era otra vez el más ecogénico significativamente, seguido del LA, así como la ecogenicidad similar del FDP y del FDS.

En el corte transversal a nivel de 1 A (en este estudio fueron 7 cm en vez de 5) se obtuvieron datos que se pueden unificar con los de 1B, 2 A y 2

B, observando que el FDS era significativamente más ecogénico proximalmente y el LS era significativamente menos ecogénico; la ecogenicidad relativa del FDP y del LA no tenía diferencias significativas. En el corte longitudinal, el LA era significativamente más ecogénico a nivel 1 A, pero no se encontraron diferencias en la ecogenicidad relativa del FDS, el FDP o el LS (Wood y cols., 1993).

En el plano longitudinal a nivel de 3 A, la ecogenicidad relativa del FDS, el FDP, el LS-M y el LS-L era similar (Wood y cols., 1993).

1. MATERIAL ANIMAL

Se utilizaron para este estudio 20 caballos Pura Raza Español (P.R.E) 10 machos y 10 hembras de diferentes edades y pesos (Tabla 5), los cuales no presentaban ninguna lesión relacionada con el sistema músculo esquelético. Todos los animales incluidos en este trabajo estaban inscritos como P.R.E. presentando en todos los casos la Carta de Origen.

Los animales se dividieron en tres grupos según la edad, grupo 1: formado por tres caballos jóvenes cuya edad estaba comprendida entre 2 y 5 años; grupo 2: formado por trece caballos maduros cuya edad abarcaba entre 6 y 16 años y grupo 3: los mayores de 16 años cuyo número era de

cuatro y se incluyeron en el grupo de los seniles (Gillis y cols., 1995a).Tanto los machos como las hembras utilizados estaban en periodo de trabajo, normalmente doma clásica y/o vaquera.

Para la determinación del peso se utilizó, un método indirecto, que ofrece sólo una estimación aproximada. Este método está basado en fórmulas obtenidas al comparar al animal con un cuerpo geométrico, calcular su volumen y, posteriormente, corregir la cifra obtenida aplicando una serie de coeficientes hallados experimentalmente. Son muchos los autores que han propuesto sus fórmulas particulares estableciendo una relación entre el perímetro torácico y la longitud del cuerpo para conocer el volumen, estimando que la densidad de la carne es similar a la del agua. El sistema de cálculo más sencillo fue el que describió Crevat que considera el cubo del perímetro recto del pecho y un coeficiente, que hace variar con la especie, edad, estado de carnes y destino de la producción. La fórmula era:

$$\text{Peso (en Kg.)} = C^3 \times 70$$

Siendo C el perímetro recto del pecho, que fue medido con una cinta métrica, y 70 el coeficiente referido anteriormente (fluctuando entre 70 y 100). En nuestro caso el coeficiente fue 70 (Sotillo y Serrano, 1985).

Número	Edad (años)	Sexo	Peso Kg.	Alzada cruz cm
1	7	Macho	498	184
2	8	Macho	452	182
3	2	Hembra	452	182
4	10	Hembra	556	195
5	5	Macho	514	190
6	19	Macho	564	196
7	15	Macho	459	183
8	4	Macho	556	195
9	7	Hembra	475	185
10	8	Hembra	512	191
11	16	Macho	432	178
12	24	Macho	437	180
13	14	Hembra	600	200
14	23	Hembra	452	182
15	25	Hembra	409	176
16	9	Hembra	522	191
17	12	Hembra	514	191
18	10	Hembra	699	200
19	14	Macho	506	189
20	10	Macho	459	183

Tabla 5. Características de edad, sexo, peso y alzada a la cruz de los 20 caballos que se utilizaron en este estudio.

2. ESTUDIO ECOGRAFICO

Los estudios ecográficos se realizaron en los establos originales de los animales, no siendo necesario el uso de la sedación, salvo en aquellos

casos donde el animal estaba muy nervioso, bajo esa circunstancia, se utilizó detomidina vía intravenosa (Domosedan® Pfizer, Madrid, España) a la dosis de 0,1 ml / 100 Kg. de peso vivo. Toda la experiencia fue realizada con el caballo en estación.

2.1. Preparación del animal:

Para una correcta preparación del área a examinar se procedió a depilar las zonas metacarpianas, con el fin de disminuir la interposición de aire entre sonda y piel y a continuación durante varios minutos frotamos la zona depilada con una esponja empapada en agua caliente jabonosa (Rantanen, 1995).

La depilación abarcaba desde el hueso accesorio del carpo hasta los sesamoideos a nivel de la articulación del menudillo, así como las zonas lateral y medial de dicha articulación para la evaluación de las bridas laterales y mediales del ligamento suspensor del menudillo (Gillis y cols., 1995a).

El gel acústico de contacto, lo aplicamos sobre la superficie de la piel de la zona a inspeccionar y sobre la superficie de la sonda que vaya a contactar con la piel, con el fin de evitar la interposición de aire entre sonda y piel.

2.2. Examen ecográfico.

En este estudio se utilizó un ecógrafo Ausonic Opus 1. (Medical Systems, INC. /Universal; New York, USA) con una sonda de tipo sectorial y con una frecuencia de 7.5 MHz, la cuál llevaba adaptada un pad o stand off (Biller y Myer,1988). Las imágenes fueron recogidas en la impresora de papel térmico (Sony, Video Graphic Printer, mod. UP-890MD) y a su vez fueron grabadas en vídeo (Philips, mod VR948) para su posterior análisis y estudio comparativo entre los diferentes cortes realizados.

2.2.1. Patrones ecográficos.

Las imágenes ecográficas de los tendones flexores de la región metacarpiana fueron obtenidas en distintos tonos de la escala de grises. Para poder valorar la ecogenicidad relativa de los tendones, empleamos tres patrones ecográficos realizados en nuestro laboratorio. Para conseguir estos patrones se emplearon diferentes mezclas que se introdujeron en bolsas de transfusión de sangre precintadas y estériles.

La composición de los patrones era la siguiente, el patrón 1 estaba constituido por una mezcla de 3% de agar, 138 ml de agua y 12 ml de alcohol isopropílico (Fig.2).

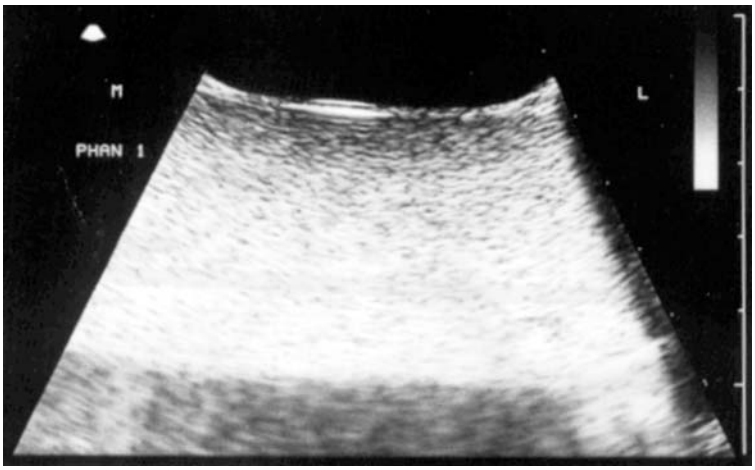

Figura 2. Imagen ecográfica del patrón 1

En el patrón 2 se introdujo la misma cantidad de agua y de alcohol con un 10 % de agar (Fig. 3).

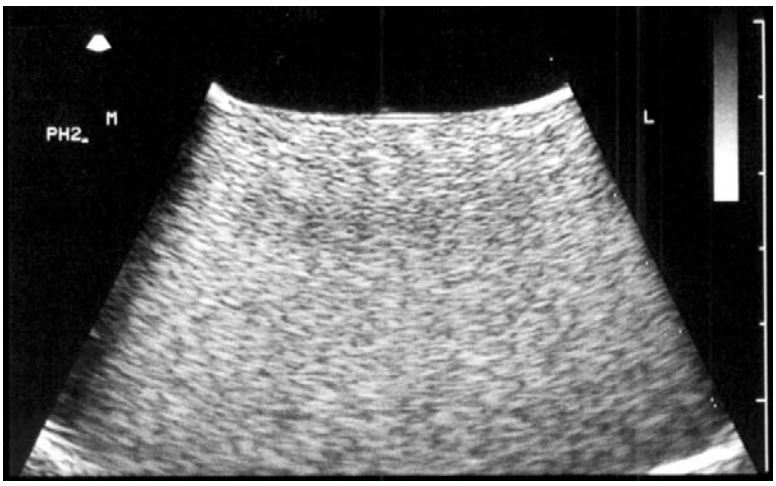

Figura 3. Imagen ecográfica del patrón 2

Y por último, en el patrón 3 se añadió un 6,4% de gelatina al patrón 2 (Fig. 4). Cada patrón era debidamente conservado en refrigeración a 4º C (Wood y cols, 1993).

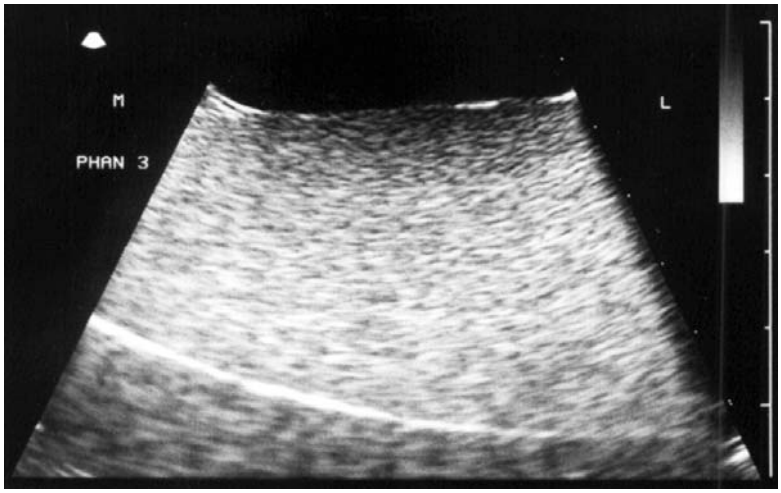

Figura 4. Imagen ecográfica del patrón 3

Previamente a la iniciación del examen ecográfico seleccionando la ganancia y potencia del aparato, se realizaban las ecografías de los patrones, que servían como control de los niveles de grises de cada ecografía, no variando los parámetros en todo el estudio para obtener así la mayor homogeneidad posible entre los sonogramas. La evaluación ecográfica de los patrones era recogida por vídeo printer y grabada en vídeo para su posterior estudio.

2.2.2. Técnica de evaluación ecográfica de la región metacarpiana.

En la extremidad donde se realizó el examen ecográfico, el metacarpo fue dividido en seis zonas manteniendo la misma distancia entre ellas. Cada zona tenía aproximadamente 5 cm. de longitud, a cada una de ellas la denominamos proximodistalmente a partir del hueso accesorio del carpo, 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B (Genovese y cols., 1.986) (Fig. 5).

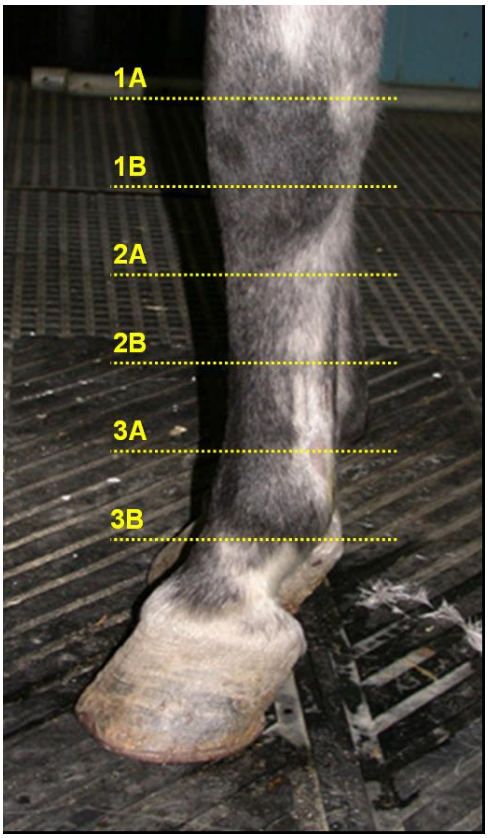

Figura 5. Extremidad anterior de un caballo PRE con los diferentes cortes realizados en el metacarpo a partir del hueso accesorio del carpo. 1A=5 cm; 1B=10 cm; 2A=15 cm; 2B=20 cm; 3A=25 cm; 3B=30 cm.

En las diferentes zonas a examinar se realizaron cortes longitudinales y transversales. En el caso de la ecografía longitudinal se coloca la sonda paralela al eje longitudinal del miembro deslizando la sonda por todo el eje con el fin de analizar el alineamiento de las fibras tendinosas, de manera que el aspecto proximal se presenta a la izquierda y el distal a la derecha (Fig.6).

Figura 6. Colocación de la sonda para obtener un corte longitudinal de los tendones flexores de la zona metacarpiana.

Para obtener la ecografía transversal rotábamos la sonda 90º hasta quedar perpendicular al eje longitudinal del miembro. Desplazamos el transductor por toda la zona intentando no presionar es exceso las estructuras anatómicas para evitar posibles artefactos. Así en la imagen transversal de la superficie palmar de la extremidad izquierda, la parte medial aparece a la derecha de la pantalla y la lateral a la izquierda. En la extremidad derecha, la superficie medial aparece a la izquierda y la superficie lateral a la derecha (Fig. 7).

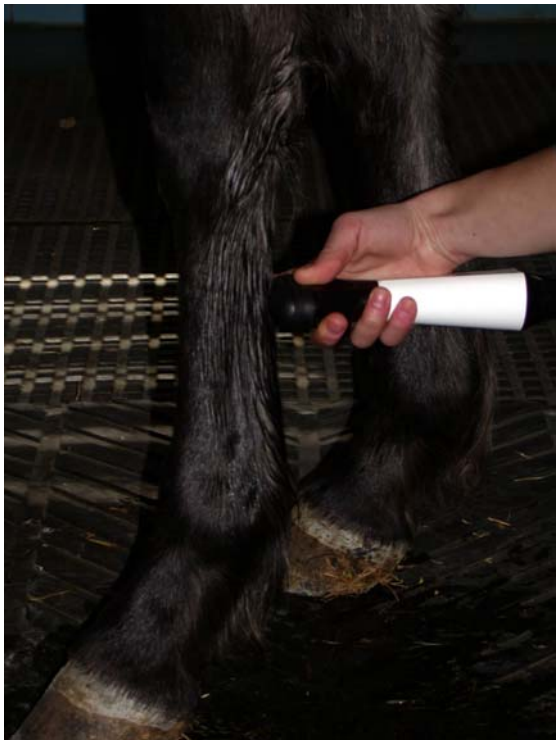

Figura 7. Colocación de la sonda para obtener un corte transversal de los tendones flexores de la zona metacarpiana.

Todas las imágenes ecográficas eran grabadas en vídeo para su posterior evaluación.

2.3. Medida del área y de la ecogenicidad:

Para la obtención de los valores de ecogenicidad y tamaño de los diferentes tendones, las imágenes fueron digitalizadas y procesadas en la Unidad de Estudio y Proceso Digital de Imágenes de la Universidad de Murcia, usando un equipo de análisis de imagen MIP (Microm Image Processing software, Barcelona) basado en el sistema IMCO 10 (Kontron Bildanalyse, Eching, Alemania).

Las imágenes ecográficas fueron digitalizadas por el sistema de análisis MIP. Las ecografías de los diferentes tendones de cada animal y en los distintos niveles fueron evaluadas de la siguiente forma. Para obtener el valor del área seccional en el corte transversal de cada tendón, se delimitó a mano alzada el perfil del tendón que queríamos medir y mediante el sistema MIP se obtuvo su área en mm^2.

La medida de la ecogenicidad se realizó mediante el sistema IMCO 10. El valor se obtenía calculando el gris medio de la región de interés seleccionado interactivamente con el ratón, midiendo el nivel de gris en un rango de 0 a 255, teniendo en cuenta que el color blanco era 0 y el negro era 255, manteniendo constantes todas las condiciones de entrada de las diferentes muestras.

En el caso de los patrones se realizaban dos medidas en cada uno de ellos calculando su media aritmética para así obtener un valor más preciso. A cada nivel, de cada extremidad de cada caballo, la ecogenicidad relativa (ER) de cada estructura en la imagen ecográfica se calculó dividiendo su ecogenicidad por la media aritmética de la ecogenicidad de los tres patrones. Las medidas de ER eran analizadas usando un paquete estadístico incluido en el programa de análisis de la escala de grises.

2.4. Método estadístico:

Todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Los datos de ecogenicidad y área obtenidos para cada uno de los tendones y ligamentos estudiados en los diferentes cortes ecográficos realizados en el metacarpo de 20 caballos, 10 machos y 10 hembras, de diferentes edades fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA). Para ello se utilizó un modelo mixto el cuál incluía el efecto fijo del sexo, de la edad y de la extremidad (izquierda o derecha), y el efecto aleatorio del corte. La edad de los animales fue incluida en tres rangos: 2-5, 6-16 y más de 16 años. Cuando el ANOVA reveló un efecto significativo, los valores fueron comparados mediante el test de Bonferroni, considerándose diferencias significativas para $p<0,05$. Los resultados se expresaron como medias ± error estándar de la media.

1. ASPECTO ECOGRAFICO DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DEL METACARPO.

Los tendones y ligamentos que se visualizaron en las diferentes zonas quedan reflejados en la Tabla 6. Desde la parte superior de la pantalla hasta la inferior de la misma se observó en primer lugar la dermis y subdermis y a continuación el tendón flexor digital superficial, el tendón flexor digital profundo, el ligamento accesorio, el ligamento suspensor del menudillo y por último el contorno del aspecto palmar de la fila distal de huesos del carpo y tercer metacarpiano en las zonas más proximales al hueso accesorio del carpo y sólo el tercer metacarpiano en las partes más distales al mismo.

TENDONES Y LIGAMENTOS						
Zonas*	FDS	FDP	LA	LS	LS-L	LS-M
1 A	+	+	+	+	-	-
1 B	+	+	+	+	-	-
2 A	+	+	+	+	-	-
2 B	+	+	+	+	-	-
3 A	+	+	-	-	+	+
3 B	+	+	-	-	-	-

Tabla 6. Presencia (+), o ausencia (-) de la visualización ecográfica de tendones flexores y ligamentos en las diferentes zonas de la región metacarpiana en el caballo. *Zonas ecografiadas (cm) a partir del hueso accesorio del carpo.1 A= 5cm. 1 B= 10 cm. 2 A= 15 cm. 2 B = 20 cm. 3 A = 25 cm. 3 B= 30 cm. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-L: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-M: Brida medial del ligamento suspensor.

1.1. Zona 1 A

El tendón flexor digital superficial (FDS) se visualizó descendiendo a lo largo de todo el metacarpo, con una forma oval y unos bordes bien definidos y curvados en las superficies medial, palmar y lateral y relativamente rectos en la superficie dorsal, donde se apoyaba el flexor digital profundo.

El tendón flexor digital profundo (FDP), también se observó a lo largo de todo el metacarpo con una forma similar al anterior, pero más redondeada y en estrecho contacto con la vaina carpal.

Cranealmente se visualizó el ligamento accesorio (LA) que presentó una forma ovoide pero que fue variando a lo largo del metacarpo. Finalmente, en esta zona apareció el origen del ligamento suspensor (LS) con unos bordes poco definidos y una forma oval irregular (Fig. 8)

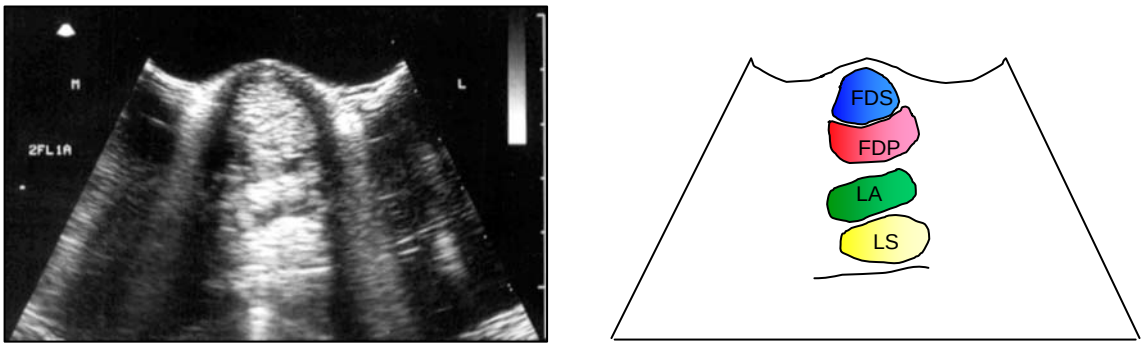

Figura 8. Corte transversal a nivel de 1 A. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor.

1.2. Zona 1 B

En esta zona, se visualizaron los mismos tendones y ligamentos que en la zona 1 A, los únicos cambios encontrados fueron en cuanto a la forma, ya que el FDS apareció algo más aplanado de palmar a dorsal y el tendón FDP tomó una forma más redondeada. También se observó un espacio hipoecoico correspondiente al espacio vascular entre la superficie dorsal del ligamento suspensor y el tercer metacarpiano

En cuanto al LA presentó la misma forma ovoide que en 1 A, el LS mantenía sus bordes irregulares y forma oval irregular poco definida (Fig. 9).

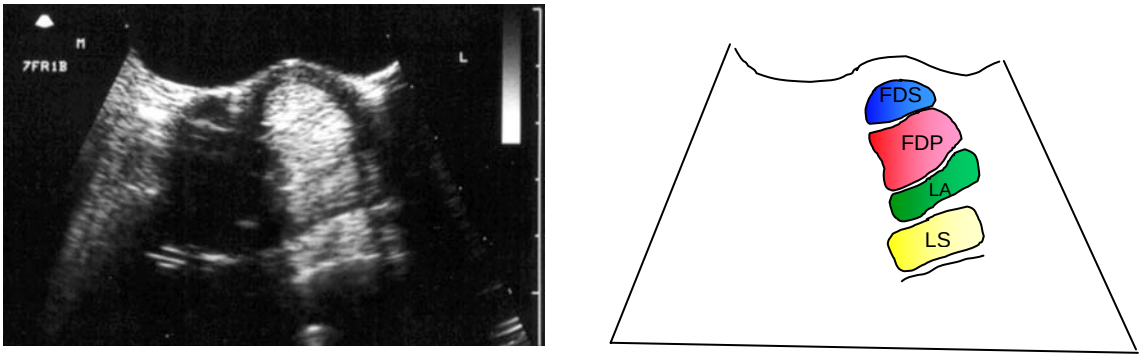

Figura 9. Corte transversal a nivel de 1 B. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor.

1.3. Zona 2 A

El FDS se fue aplanando a lo largo de todo el eje del hueso metacarpiano. Mientras que el FDP no adquirió ningún cambio a este nivel con respecto a la zona anterior.

El LA se fue estrechando de palmar a dorsal y el espacio vascular se visualizó hipoecogénico. Con respecto al LS no se observaron cambios destacables respecto al nivel anterior (Fig. 10).

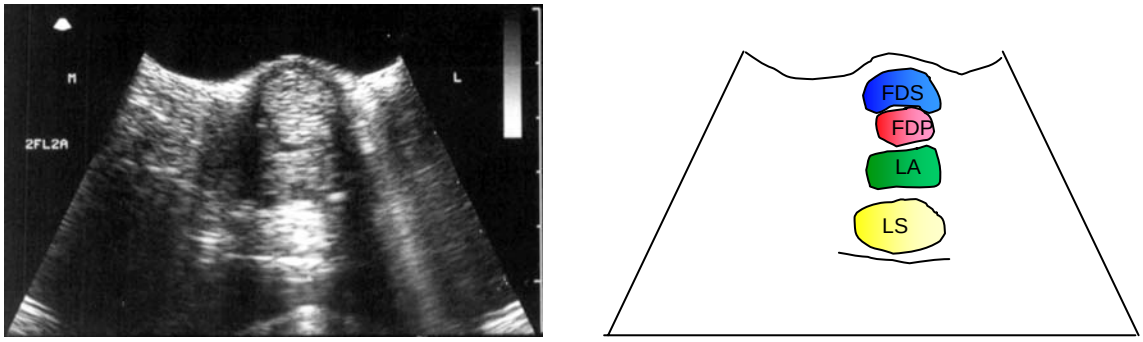

Figura 10. Corte transversal a nivel de 2 A. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor.

1.4. Zona 2 B

El tendón FDS se observó muy aplanado en esta zona, en la que adquirió un cambio de forma considerable con respecto a las zonas anteriores. Todavía se visualizó el LA que apareció en estrecho contacto con el FDP a lo largo de su superficie dorsal (Fig. 11).

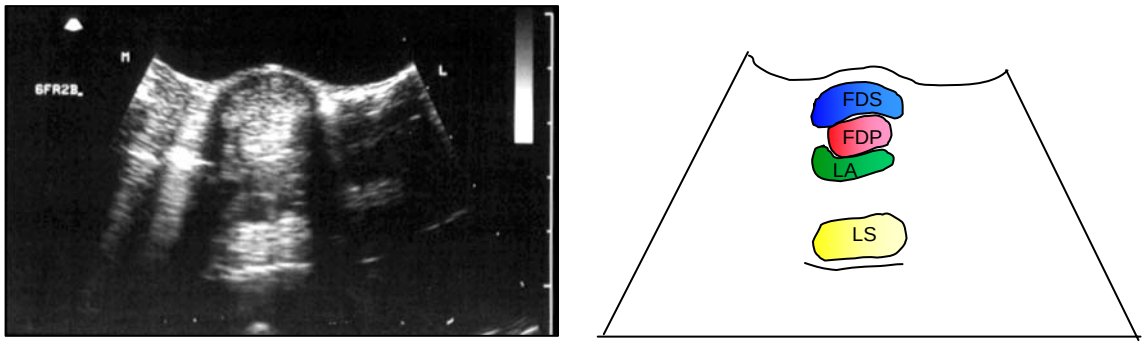

Figura 11. Corte transversal a nivel de 2 B. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor.

1.5. Zona 3 A

Es en esta zona el FDS perdió totalmente su forma oval para adquirir forma de media luna. Por otro lado el LA y el FDP aparecieron fuertemente fusionados y el LS comienza su división en las dos bridas del ligamento suspensor, lateral y medial (Fig. 12).

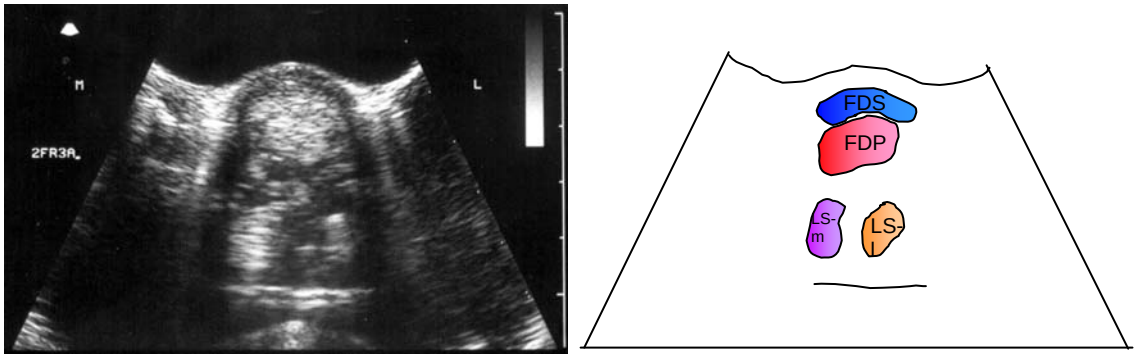

Figura 12. Corte transversal a nivel de 3 A. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LS: Ligamento suspensor. LS-L: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-M: Brida medial del ligamento suspensor.

1.6. Zona 3 B

El aspecto del FDS en esta zona, cambió con respecto a las anteriores, se estrechó de palmar a dorsal y se ensanchó de lateral a medial de manera que rodeaba totalmente al también ensanchado FDP que fue tomando una forma ovoide muy bien definida (Fig. 13).

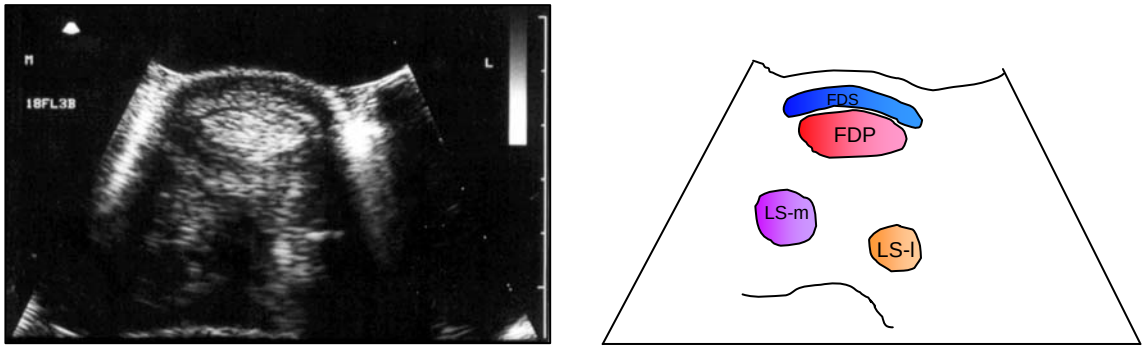

Figura 13. Corte transversal a nivel de 3 B. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

En la parte distal, se visualizaron las bridas lateral y medial del ligamento suspensor, con forma ovoide y de igual aspecto una con respecto a la otra. Para mejorar la calidad de las imágenes deslizamos la sonda de lateral a medial estableciendo un ángulo de 45º (Fig. 14 y 15).

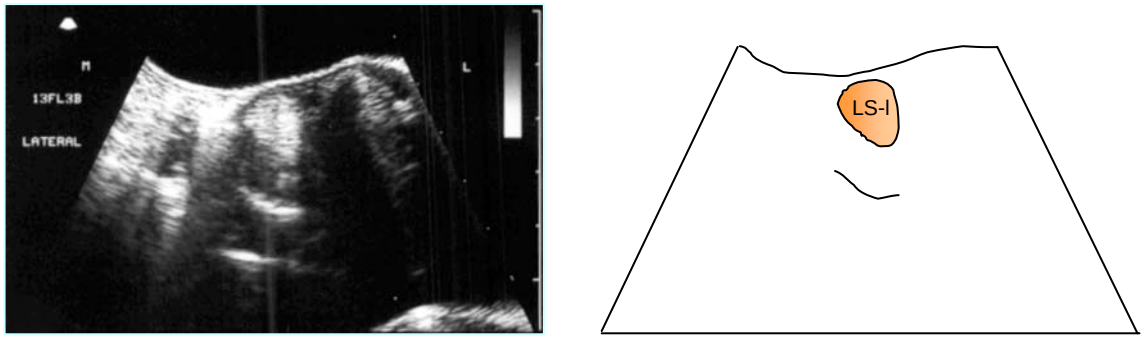

Figura 14. Corte transversal a nivel de la brida lateral del ligamento suspensor (LS-l).

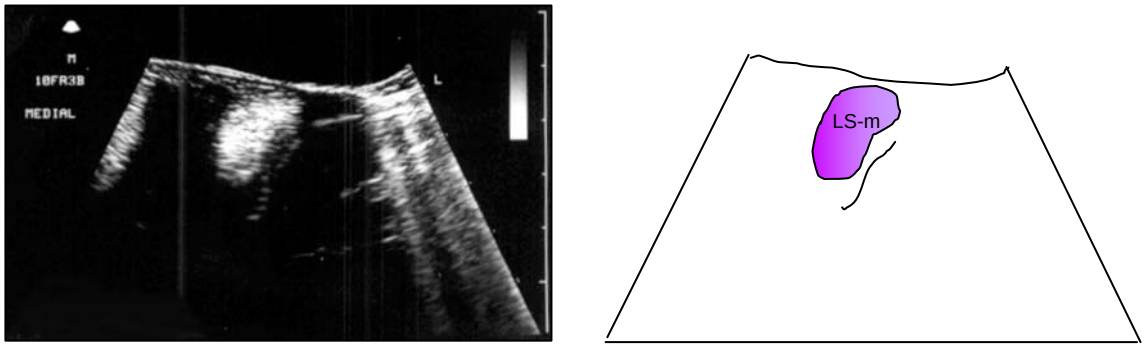

Figura 15. Corte transversal a nivel de la brida medial del ligamento suspensor (LS-m).

2. ECOGENICIDAD

Los datos respecto a la ecogenicidad relativa de los distintos tendones del metacarpo a cada una de las distancias referenciadas por el hueso accesorio del carpo quedan reflejados en la Tabla 7.

	TENDONES Y LIGAMENTOS					
Zonas	**FDS**	**FDP**	**LA**	**LS**	**LS-l**	**LS-m**
1 A	1,09±0,05	1,10±0,05	1,08±0,06	1,22±0,05		
1 B	1,02±0,05	1,06±0,05	1,09±0,05	1,23±0,05		
2 A	0,95±0,05	1,07±0,05	1,06±0,05	1,27±0,05		
2 B	0,86±0,05	1,11±0,05	1,09±0,07	1,22±0,05		
3 A	0,85±0,05	1,13±0,05			1,11±0,04	1,09±0,05
3 B	0,81±0,05	1,11±0,05				

Tabla 7. Valores de ecogenicidad relativa (X±SEM) de los tendones flexores de la zona metacarpiana y de las bridas lateral y medial del ligamento suspensor del caballo en las distintas zonas ecografiadas (cm) a partir del hueso accesorio del carpo.1 A= 5cm. 1 B= 10 cm. 2 A= 15 cm. 2 B = 20 cm. 3 A = 25 cm. 3 B= 30 cm. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-L: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-M: Brida medial del ligamento suspensor.

2.1. Zonas

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la ecogenicidad relativa de los diferentes tendones observados entre la zona 1A y 1B. Sin embargo, es destacable que, el LS fue más ecogénico que el resto de tendones (Tabla 7 y Fig. 16).

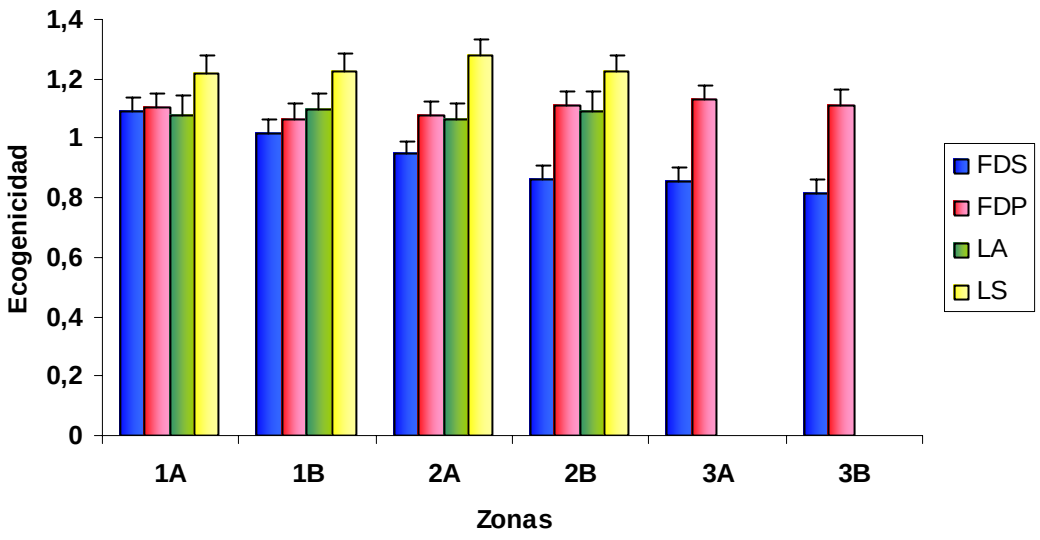

Figura 16. Ecogenicidad relativa de los tendones flexores en las áreas de corte. Zonas ecografiadas (cm) a partir del hueso accesorio del carpo.1 A= 5 cm. 1 B= 10 cm. 2 A= 15 cm. 2 B = 20 cm. 3 A = 25 cm. 3 B= 30 cm. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor.

En las zonas 2A y 2B, el tendón FDS con valores 0,95±0,05 y 0,86±0,05 respectivamente fue menos ecogénico que todos los tendones siendo esta diferencia significativa ($p< 0,05$) con respecto al LS, respecto al

LS (1,27±0,05 y 1,22±0,05) en 2A y 2B (Tabla 7 y Fig. 16). Sin embargo en el resto de tendones se observaron valores parecidos exceptuando el FDP que apareció más ecogénico que el resto de tendones.

Y a nivel de 3A y 3B el FDS fue menos ecogénico ($p<0,05$) con respecto al FDP (Tabla 7 y Fig. 16).

2.1.1. Tendón FDS

La ecogenicidad del tendón FDS se vio influenciada según el nivel de corte desde el hueso accesorio del carpo, con una disminución de ecogenicidad ($p<0,05$) que iba decreciendo paulatinamente por los diferentes cortes a lo largo de todo el tendón (Fig. 17).

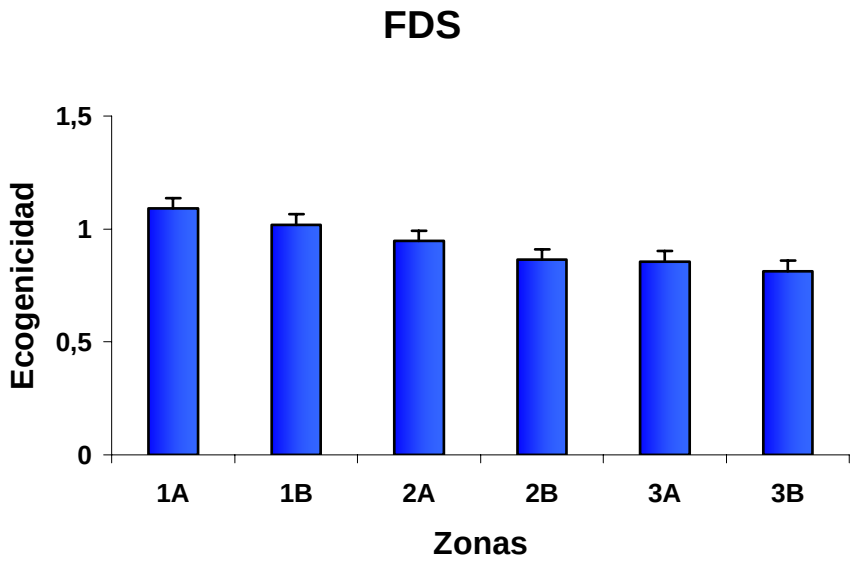

Figura 17. Ecogenicidad relativa del tendón FDS en las distintas zonas a partir del hueso accesorio del carpo. 1 A= 5cm., 1 B= 10 cm., 2 A= 15 cm., 2 B= 20 cm., 3 A= 25 cm., 3 B= 30 cm.

2.1.2 Tendón FDP

La ecogenicidad del FDP se mantuvo constante en toda su extensión a lo largo del metacarpo (Fig. 18).

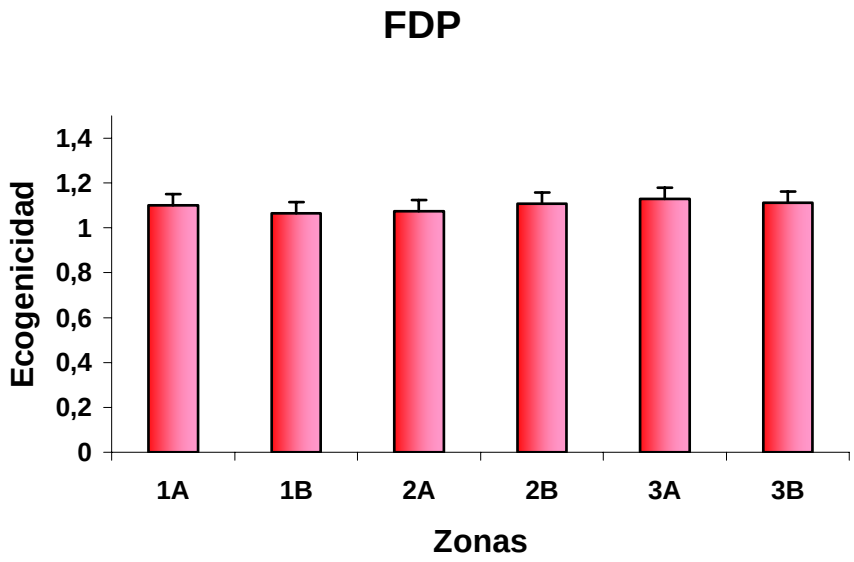

Figura 18. Ecogenicidad relativa del tendón FDP, en las distintas distancias de corte a partir del hueso accesorio del carpo. 1 A= 5 cm., 1 B= 10 cm., 2 A= 15 cm., 2 B= 20 cm., 3 A= 25 cm., 3 B= 30 cm.

2.1.3 Ligamento accesorio (LA) y ligamento suspensor del menudillo (LS)

Tanto para el LA (Fig.19) como para el LS (Fig. 20), la ecogenicidad no varió a lo largo de los diferentes cortes realizados.

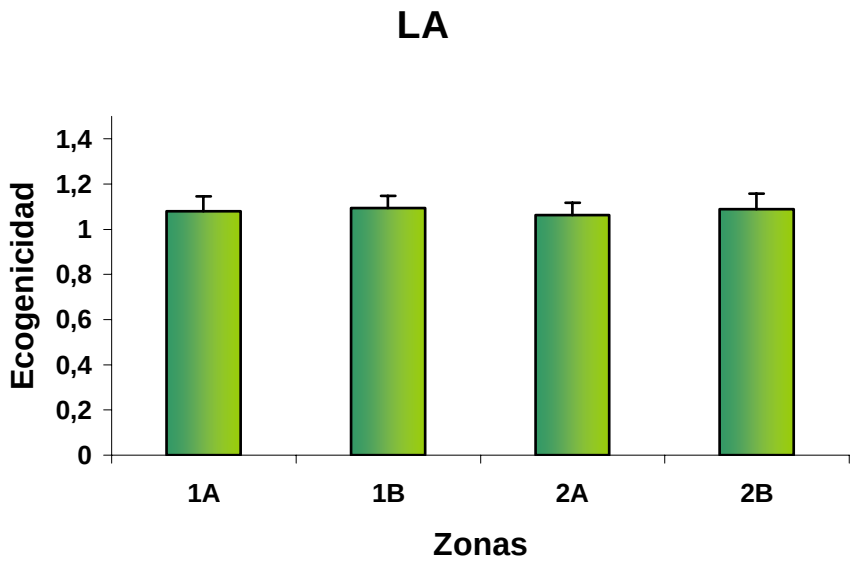

Figura 19. Ecogenicidad relativa del LA en los distintos cortes estudiados a partir del hueso accesorio del carpo. 1 A= 5 cm., 1 B= 10 cm., 2 A= 15 cm., 2 B= 20 cm., 3 A= 25 cm., 3 B= 30 cm.

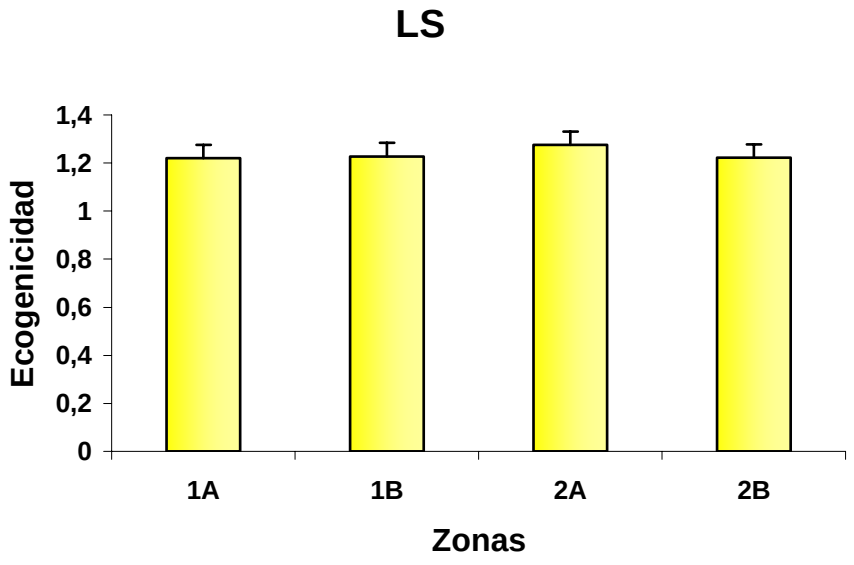

Figura 20. Ecogenicidad relativa del LS en las diferentes distancias analizadas partiendo del hueso accesorio del carpo. 1 A= 5 cm., 1 B= 10 cm., 2 A= 15 cm., 2 B= 20 cm., 3 A= 25 cm., 3 B= 30 cm.

2.2. Edad

La edad influyó sobre la ecogenicidad relativa de los tendones y ligamentos metacarpianos, disminuyendo la ecogenicidad con la edad ($p<0,05$). Así eran más ecogénicos en el grupo de animales más jóvenes, grupo 1 (2 y 5 años), y menos ecogénico en los grupos 2 (6 y 16 años), y grupo 3, (>de 16 años), siendo estos últimos los menos ecogénicos (Tabla 8 y Fig. 21).

	TENDONES Y LIGAMENTOS					
Edad	**FDS**	**FDP**	**LA**	**LS**	**LS-l**	**LS-m**
1	1,10±0,44	1,36±0,048	1,32±0,07	1,28±0,06	1,22±0,09	1,12±0,10
2	0,94±0,03	1,18±0,03	1,15±0,04	1,25±0,04	1,17±0,06	1,18±0,07
3	0,74±0,02	0,95±0,03	0,88±0,04	0,94±0,04	0,94±0,05	0,95±0,06

Tabla 8. Valores de ecogenicidad relativa (X±SEM) de los tendones y ligamentos metacarpianos del caballo con respecto a la edad, siendo 1: entre 2 y 5 años, 2: entre 6 y 16 años y 3: mayores de 16 años. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-L: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-M: Brida medial del ligamento suspensor.

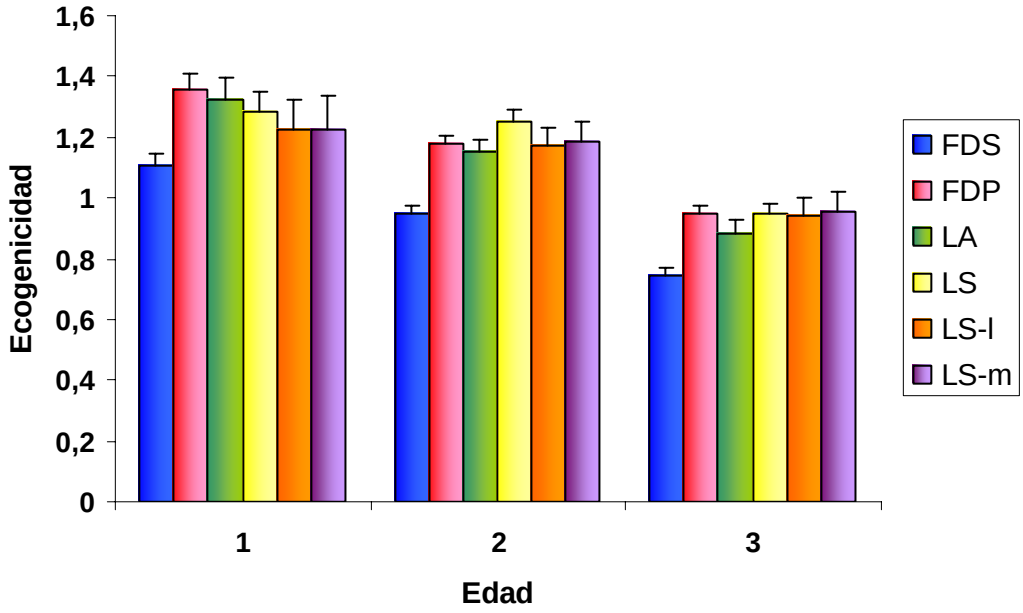

Figura 21. Ecogenicidad relativa de los tendones flexores del metacarpo equino con respecto a las distintas edades. 1=2-5 años, 2=6 y16 años, 3=> 16 años. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

2.2.1. Tendón FDS

El tendón FDS presentó una ecogenicidad mayor ($p<0,05$) en los animales más jóvenes (grupo 1) frente a una ecogenicidad menor en los grupos 2 y 3 (Fig. 21 y Tabla 8).

2.2.2. Tendón FDP

El tendón FDP presentó diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) en las distintas edades. Se observó, igual que en el caso del FDS

que a la edad 1 el FDP era más ecogénico que a las edades 2 y 3 (Fig. 21 y Tabla 8).

2.2.3 Ligamentos accesorio (LA) y suspensor del menudillo (LS)

Tal y como sucedió en los dos tendones anteriores, el mismo comportamiento tuvieron el LA y el LS. Las diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre las edades con respecto a la ecogenicidad se siguieron manteniendo. Presentando el LA y el LS mayor ecogenicidad en el grupo 1 que en los grupos 2 y 3 (Fig. 21 y Tabla 8).

Las bridas lateral y medial del ligamento suspensor del menudillo presentaron al igual que en los casos anteriores una ecogenicidad mayor ($p<0,05$) en el caso de edades tempranas, grupo 1 y una ecogenicidad disminuida conforme la edad del animal va aumentando grupos 2 y 3 (Fig. 21 y Tabla 8).

2.3. Sexo

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la ecogenicidad en los tendones y ligamentos metacarpianos entre machos y hembras (Tabla 9).

	TENDONES Y LIGAMENTOS					
Sexo	**FDS**	**FDP**	**LA**	**LS**	**LS-l**	**LS-m**
Macho	0,98±0,02	1,20±0,02	1,12±0,04	1,14±0,03	1,12±0,05	1,10±0,06
Hembra	0,88±0,02	1,11±0,02	1,11±0,04	1,18±0,04	1,10±0,06	1,07±0,06

Tabla 9. Valores de ecogenicidad relativa (X±SEM) de los tendones y ligamentos metacarpianos del caballo con respecto al sexo. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

2.4. Extremidad

La ecogenicidad no estuvo influenciada por la extremidad (derecha o izquierda) del caballo, ya que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Tabla 10).

	TENDONES Y LIGAMENTOS					
Extremidad	**FDS**	**FDP**	**LA**	**LS**	**LS-l**	**LS-m**
Derecha	0,96±0,02	1,19±0,03	1,15±0,04	1,18±0,04	1,14±0,06	1,11±0,07
Izquierda	0,89±0,02	1,12±0,03	1,09±0,04	1,13±0,04	1,08±0,06	1,06±0,06

Tabla 10. Valores de ecogenicidad relativa (X±SEM) de los tendones y ligamentos metacarpianos del caballo con respecto a la extremidad. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

3. AREA

Los valores del área de los tendones y ligamentos metacarpianos medidos en cada una de las diferentes zonas puede observar en la Tabla 11.

	TENDONES Y LIGAMENTOS					
Zonas	**FDS**	**FDP**	**LA**	**LS**	**LS-l**	**LS-m**
1A	81,90±3,36	109,41±4,05	97,77±5,05	123,11±5,23		
1B	83,90±3,36	108,01±4,05	110,59±4,18	135,59±5,23		
2A	81,93±3,36	105,87±4,05	100,87±4,21	126,07±5,23		
2B	88,85±3,36	101,45±4,05	91,90±5,18	135,55±5,26		
3A	98,62±3,36	112,87±4,05			113,24±4,68	109,53±5,01
3B	109,72±3,36	126,99±4,05				

Tabla 11. Valores de área (mm^2) (X±SEM) de los tendones metacarpianos y de las bridas lateral y medial de ligamento suspensor del caballo en las distintas zonas ecografiadas. Zonas: distancia a partir del hueso accesorio del carpo. 1 A= 5cm. 1 B= 10 cm. 2 A= 15 cm. 2 B = 20 cm. 3 A = 25 cm. 3 B= 30 cm. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

3.1. Zonas

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) en las zonas 1A y 1B entre el LS (123,11±5,23 mm^2 en 1 A y 135,59±5,23 mm^2 en 1 B) y el FDS (109,41±4,05 mm^2 en 1 A y 108,01±4,05 mm^2 en 1 B), siendo el primero de mayor tamaño que el segundo, no se observaron diferencias entre el resto de tendones (Fig. 22 y Tabla 11).

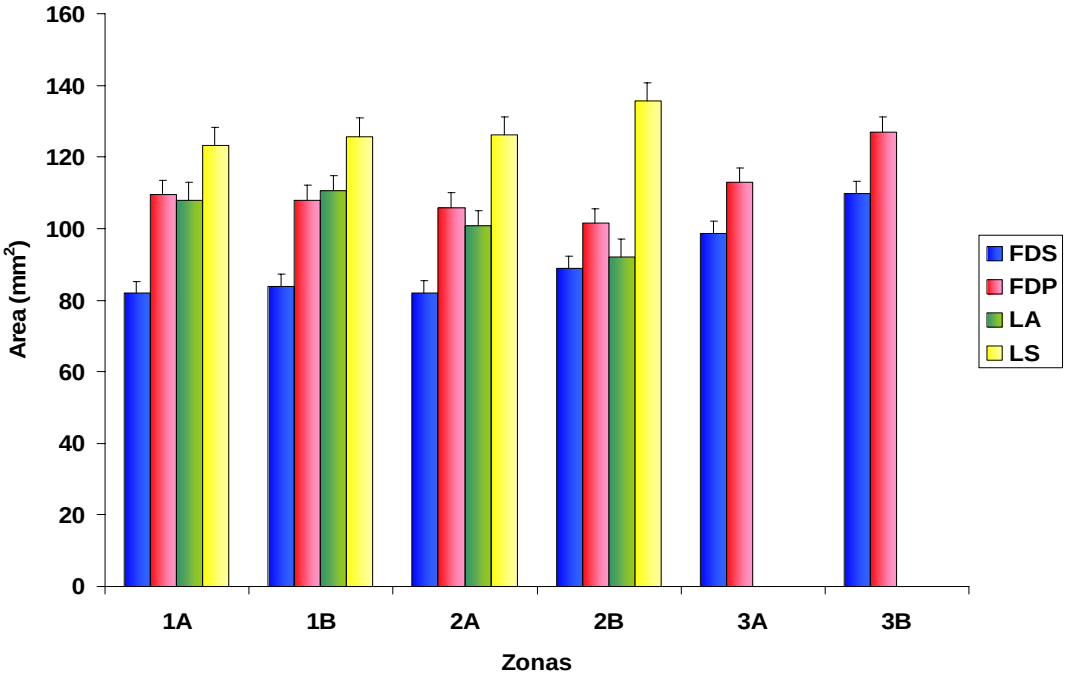

Figura 22. Valores del área de los tendones flexores en las zonas de corte. Zonas ecografiadas (cm) a partir del hueso accesorio del carpo.1 A= 5cm. 1 B= 10 cm. 2 A= 15 cm. 2 B = 20 cm. 3 A = 25 cm. 3 B= 30 cm. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor.

A nivel de la zona 2A, existieron diferencias significativas ($p<0,05$), en cuanto al valor del área en todos los tendones, siendo el de menor área el FDS, seguido del LA, continuó en tamaño el FDP y por último el valor más grande de los cuatro que correspondió al LS. A nivel de 2B existen diferencias significativas de tamaño entre todos los tendones ($p<0,05$), el tendón de mayor valor fue el LS, el siguiente en tamaño fue el FDP, a continuación el LA y finalmente el FDS fue el más pequeño de esta zona. Por último a nivel de 3A y 3B, el FDP fue mayor ($p<0,05$) que el FDS (Tabla

11 y Figura 22). Las bridas lateral y medial del LS no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellas en cuanto al tamaño (Tabla 11).

3.1.1. Tendón FDS

El tendón FDS varió en su área ($p<0,05$) a lo largo de todo su recorrido en el metacarpo. El área incrementó paulatinamente a lo largo de todas las zonas, siendo la menor en la zona 1 A y la mayor en la zona 3 B (Fig. 23).

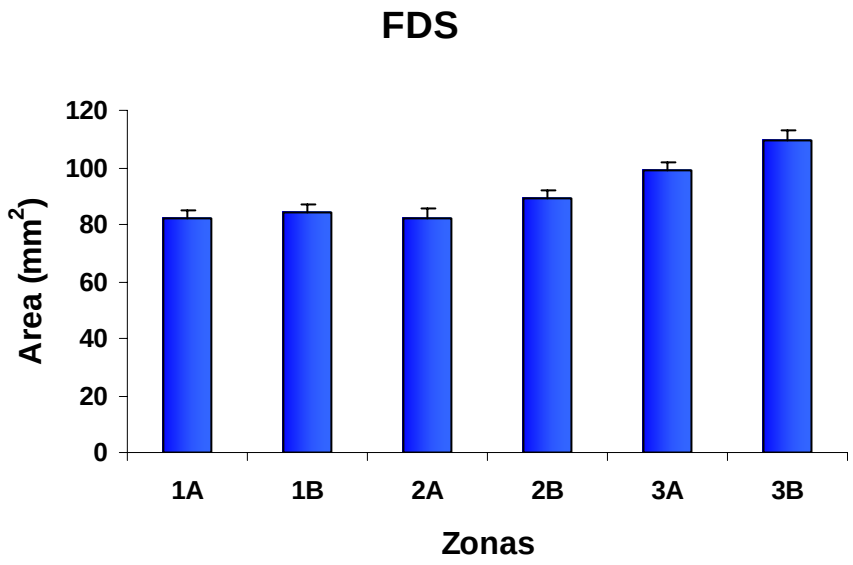

Figura 23. Area del FDS a las diferentes distancias estudiadas. Zonas ecografiadas a partir del hueso accesorio del carpo.1 A= 5 cm, 1 B = 10 cm, 2 A = 15 cm, 2 B= 20 cm, 3 A= 25 cm y 3 B= 30 cm.

3.1.2. Tendón FDP

El área varió en el tendón FDP a lo largo de los diferentes cortes con diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$). El valor más grande se encontró a nivel de 3B (126,99±4,05 mm^2) seguido de 3A (112,87±4,05 mm^2), los valores a nivel de 1A, 1B, fueron similares destacando el valor más pequeño a nivel de 2B (101,45±4,05 mm^2), (Fig. 24).

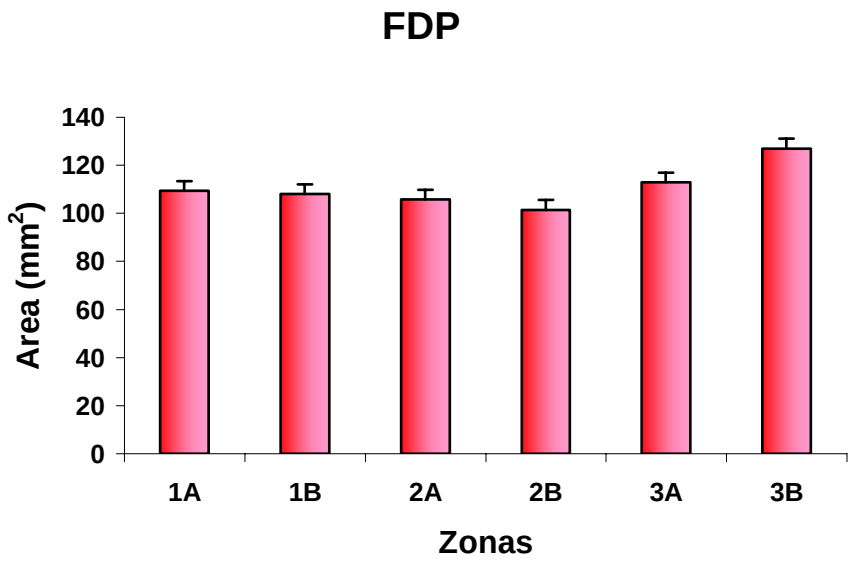

Figura 24. Valores del área del FDP en los distintos cortes estudiados. Zonas ecografiadas a partir del hueso accesorio del carpo 1 A= 5 cm, 1 B= 10 cm, 2 A = 15 cm, 2 B= 20 cm, 3 A= 25 cm y 3 B= 30 cm.

3.1.3 Ligamento accesorio (LA).

El ligamento accesorio presentó diferencias estadísticamente significativas en cuanto al área ($p<0,05$) a lo largo de su recorrido por el

metacarpo. Destacando el mayor área a nivel de 1 B y la menor a nivel de 2 B (Fig. 25).

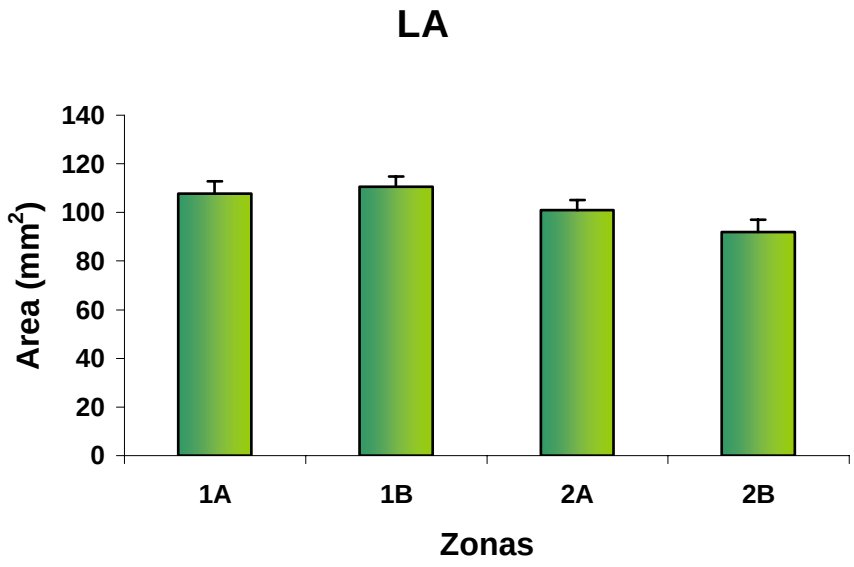

Figura 25. Valores del área del LA en los diferentes cortes ecografiadas a partir del hueso accesorio del carpo. 1 A= 5 cm, 1 B= 10 cm, 2 A = 15 cm, 2 B= 20 cm, 3 A= 25 cm y 3 B= 30 cm.

3.1.4. Ligamento suspensor del menudillo (LS)

En el LS no se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al área en su recorrido por el metacarpo equino. No obstante, es destacable que el valor más grande apareció a nivel de 2 B y el más pequeño a nivel de 1 A (Fig.26).

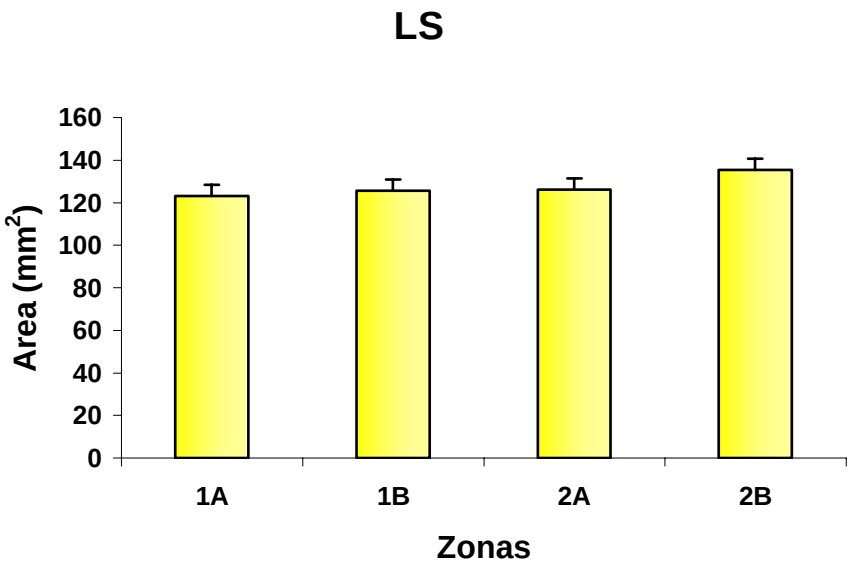

Figura 26. Valores del área del LS en los diferentes cortes ecografiadas a partir del hueso accesorio del carpo. 1 A= 5 cm, 1 B= 10 cm, 2 A = 15 cm, 2 B= 20 cm, 3 A= 25 cm y 3 B= 30 cm.

3.2. Edad

El valor del área de los distintos tendones se comportó de la misma manera en función de las edades, con variaciones de tamaño ($p<0,05$) en todas ellas. Los tendones de mayor tamaño se presentaron en los animales más jóvenes, grupo 1, y los de menor tamaño en los grupos 2 y 3 que eran caballos adultos (Tabla 12 y Fig. 27).

	TENDONES Y LIGAMENTOS					
Edad	**FDS**	**FDP**	**LA**	**LS**	**LS-l**	**LS-m**
1	102,21±3,17	125,30±3,82	113,66±5,27	139,95±6,04	130,95±10,83	117,53±11,14
2	87,85±1,95	99,43±2,35	87,74±3,37	126,79±3,76	104,42±6,66	101,52±7,35
3	87,38±1,82	107,57±2,19	99,46±3,13	123,50±3,47	104,34±6,21	105,53±7,06

Tabla 12. Valores de área (mm^2) (X±SEM) de los tendones y ligamentos metacarpianos del caballo con respecto a la edad, siendo 1: entre 2 y 5 años, 2: entre 6 y 16 años y 3: mayores de 16 años. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

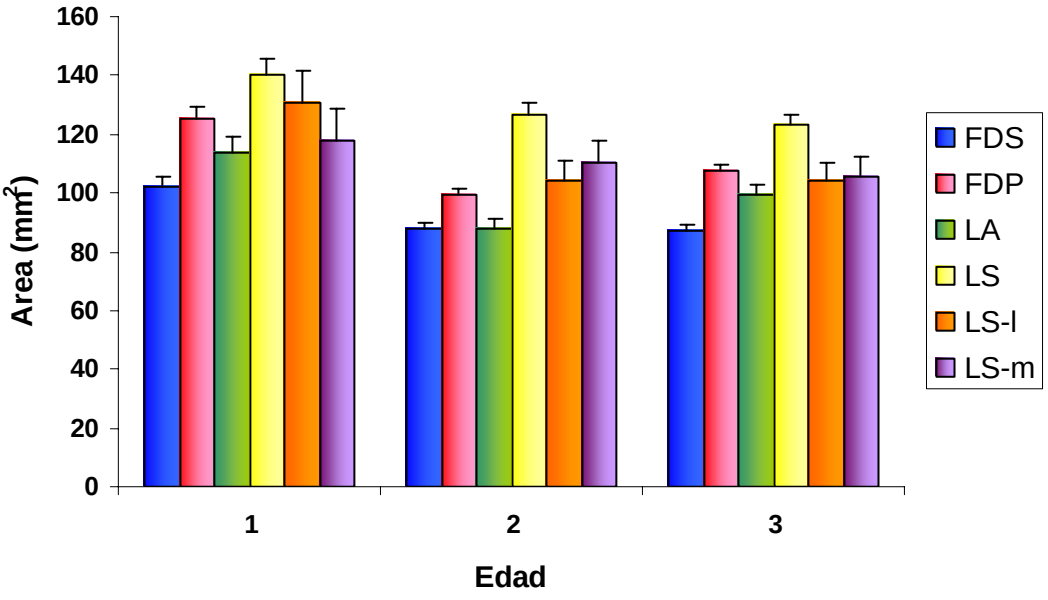

Figura 27. Valores del área de los tendones y ligamentos metacarpianos con respecto a las distintas edades. 1=2-5 años, 2=6 y 16 años, 3=> 16 años. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

Se observaron variaciones ($p<0,05$) del área del tendón FDS en todas las edades. Siendo a la edad 1 mayor que a la edad 2 y 3 (Fig.27 y Tabla 12).

El FDP fue mayor ($p<0,05$), en la edad 1 que en las edades 2 y 3 (Fig. 27 y Tabla 12).

En el caso del LA, la situación fue parecida a los casos anteriores, el mayor área ($p<0,05$) fue a la edad 1 y la menor a la edad 3 (Fig. 27 y Tabla 12).

Para el LS, continuó la misma dinámica que el resto de tendones. En la edad 1 el área fue mayor ($p<0,05$) que en la 2 y 3 (Fig. 27 y Tabla 12).

Sin embargo a nivel de las bridas lateral y medial no se encontraron cambios estadísticamente significativos con respecto al tamaño y a la edad, no obstante se observó la misma situación que en los casos anteriores, es decir, a la edad 1 se encontraron mayores áreas que a las edades 2 y 3 (Fig. 27 y Tabla 12).

3.3. Sexo

No se observaron diferencias estadísticamente significativas de área de los distintos tendones entre animales de distinto sexo (Tabla 13).

	TENDONES Y LIGAMENTOS					
Sexo	**FDS**	**FDP**	**LA**	**LS**	**LS-l**	**LS-m**
Macho	92,88±1,80	113,80±2,17	100,35±3,05	127,34±3,45	121,54±6,14	119,39±6,87
Hembra	92,08±1,91	107,74±2,30	100,22±3,28	132,82±3,64	101,94±6,51	99,67±6,83

Tabla 13. Valores de área (mm^2) (X±SEM) de los tendones y ligamentos metacarpianos del caballo con respecto al sexo. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

3.4. Extremidad

El tamaño de los tendones fue mayor ($p<0,05$) en el lado derecho que en el izquierdo (Tabla 14).

	TENDONES Y LIGAMENTOS					
Extremidad	**FDS**	**FDP**	**LA**	**LS**	**LS-l**	**LS-m**
Derecha	95,85±1,94	113,88±2,34	103,05±3,42	136,03±3,71	125,130±6,62	119,53±7,39
Izquierda	89,11±1,94	107,66±2,34	97,52±3,17	124,13±3,70	101,35±6,62	99,53±6,75

Tabla 14. Valores de área (mm^2) (X±SEM) de los tendones y ligamentos metacarpianos del caballo con respecto a la extremidad. FDS: Tendón flexor digital superficial. FDP: Tendón flexor digital profundo. LA: Ligamento accesorio. LS: Ligamento suspensor. LS-l: Brida lateral del ligamento suspensor. LS-m: Brida medial del ligamento suspensor.

Este apartado se ha estructurado de la misma forma que los resultados, en primer lugar el aspecto ecográfico de los tendones y ligamentos del metacarpo, seguido de la valoración de la ecogenicidad relativa y por último del área.

1. ASPECTO ECOGRAFICO DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DEL METACARPO

El examen ecográfico de los tendones y ligamentos de la región metacarpiana del caballo P.R.E. fue un buen método para la evaluación del área y de la ecogenicidad de los mismos. Estos resultados coinciden con la opinión de diversos autores que han realizado estudios anatómicos de la

región metacarpiana del caballo en otras razas (Pharr y Nyland, 1984), o bien con aquellos que han comparado esta técnica de diagnóstico, con otras técnicas y han comprobado que además de útil, es precisa, fácil, segura y eficaz (Redding, 1993).

Para poder valorar de forma exhaustiva los tendones y ligamentos de la región metacarpiana, es necesario que el animal permanezca en estación con las cuatro extremidades apoyadas en el suelo, para que así las estructuras anatómicas, sobre todo las ligamentosas se sometan a una tensión fisiológica, ya que la falta de tensión podría dar lugar a la aparición de artefactos en la imagen (Bechtel y Lawrence, 1989; Nicoll y cols., 1993).

La presencia o ausencia de los tendones y ligamentos de la zona metacarpiana del P.R.E. observados en los distintos cortes coinciden con los datos aportados por Wood y cols. (1993). Así visualizamos los tendones FDS, FDP, LA y LS en los niveles 1A, 1B, 2A y 2B, y la desaparición del LA a nivel de 3 A. Y la aparición de las ramas lateral y medial del LS en la zona 3A.

El aspecto y cambios en la forma de los tendones observados a través de las diferentes zonas de estudio coinciden con lo descrito en otras razas de caballos (Main, 1995).

El tendón FDS tiene forma oval y los bordes son curvados en las superficies lateral, dorsal y medial, y relativamente recto en la superficie

palmar, conforme va descendiendo a lo largo del metacarpo se va aplanando, hasta que en la parte más distal toma forma de media luna (Rantanen, 1995).

El FDP según discurre a lo largo del metacarpo va adquiriendo forma redondeada, hasta que en la zona más distal toma una forma ovoide (Main, 1995).

El LA se presentó con forma oval irregular y con bordes poco definidos en su origen, en las zonas más distales se va estrechando hasta que aparece en contacto con el FDP, hasta fusionarse con éste a nivel de 3 A (Genovese y cols., 1986).

Por último, el LS apareció con una forma irregular y con bordes poco definidos en su origen. A nivel de 3 A se dividió en dos bridas lateral y medial (Main, 1995).

2. ECOGENICIDAD RELATIVA DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DEL METACARPO

El LS fue la estructura más ecogénica en las diferentes zonas estudiadas y en las distintas edades (Wood y cols., 1993, Micklethwaite y cols., 2001). Esto puede deberse a que este ligamento está soportando una gran tensión cuando se realiza el examen ecográfico con el animal en

estación, lo cuál influye de forma significativa en la ecogenicidad de los tendones y ligamentos (Wood y cols 1993). Sin embargo, también se ha descrito que esta mayor ecogenicidad podría deberse a la presencia de grasa en su composición (Riemersma y Schamhardt 1985; Main 1995). El tendón menos ecogénico fue el FDS (Micklethwait y cols., 2001).

El FDP y el LA mantuvieron una ecogenicidad sin grandes variaciones a lo largo de todo el metacarpo (Craychee, 1995). Las variaciones de ecogenicidad que se pueden observar en las diferentes áreas pueden estar relacionadas con los cambios en la estructura de los tendones y ligamentos, es decir en la cantidad de músculo, tejido conectivo, vasos sanguíneos, grasa y nervios que pueden influir en la ecogenicidad (Wood y cols 1993). Sin embargo, para poder corroborar estas variaciones sería necesario realizar estudios relacionando la composición histológica del músculo y tendón con la ecogenicidad.

El FDS fue disminuyendo su ecogenicidad a lo largo de su trayectoria por el metacarpo, obteniendo valores más altos (mayor ecogenicidad relativa) en las zonas proximales y más bajos (menor ecogenicidad relativa) en las zonas distales. Este hallazgo también fue observado por Wood y cols (1993) para este tendón y para el ligamento accesorio y suspensor, en un estudio donde utilizó diferentes razas de caballos. Las causas que apunta este autor para explicar esta variación es la composición histológica del tendón el cuál varía a lo largo de su recorrido por el metacarpo, este tendón tiene en su origen mayor cantidad de fibras y fascículos de colágeno, lo que

produce una mayor ecogenicidad en la zona proximal. Sin embargo, también puede estar influenciada la ecogenicidad con la orientación de las fibras de colágeno con respecto al haz de ultrasonidos.

La edad influyó en la ecogenicidad de los tendones y ligamentos produciendo una disminución en la ecogenicidad de los mismos tal y como los animales iban aumentando en edad. Patterson-Kane y cols (1997) y Birch y cols (1999), observaron que se producían cambios en la composición del tendón FDS según la edad de los animales, y sin embargo el FDP no sufría ningún cambio. Estos cambios eran un incremento en la cantidad de fibras de colágeno tipo III y una disminución del diámetro de las fibrillas, según aumentaba la edad del animal. Estas variaciones se atribuyen al mayor stress que sufre el tendón FDS o a cambios en la locomoción. También, se ha observado en animales mayores cambios degenerativos que sufren los tendones sobretodo en la zona central, que se producen por cambios en la matriz extracelular (Patterson-Kane y cols 1997). Este incremento de la cantidad de colágeno tipo III y en la disminución del diámetro de las fibrillas podría reflejarse en una disminución de la ecogenicidad en animales mayores respecto a los jóvenes.

Por otro lado, Genovese y cols., (1986) y Main, (1995) describen en un estudio anatómico de la región metacarpiana que el LS en animales más jóvenes es menos ecogénico, debido a que contiene mayor cantidad de fibras musculares hipoecoicas en su origen que los animales más viejos cuyas fibras tienen mayor contenido en tejido conectivo. Sin embargo, estos

autores utilizan un método totalmente subjetivo para evaluar la ecogenicidad, a diferencia en nuestro estudio la ecogenicidad fue evaluada mediante un sistema objetivo (Wood y cols 1993).

La ecogenicidad de los tendones y ligamentos flexores de la zona metacarpiana del PRE, no se vio influenciada ni por el sexo (Gillis y cols, 1995c), ni por la extremidad (derecha e izquierda) coincidiendo nuestros resultados con los datos de Gillis y cols. (1995c) para el FDS y el FDP.

3. AREA DE LOS TENDONES Y LIGAMENTOS DEL METACARPO

El ligamento con mayor área a lo largo de todo el metacarpo fue el LS (Riemersma y Schamhardt 1985). Este hallazgo está relacionado con la elasticidad y con la cantidad de colágeno, así este ligamento tiene en su composición menor número de fibras de colágeno en comparación con el FDS y el FDP, ya que tiene además fibras musculares y grasa (Riemersma y Schamhardt 1985).

El LA y el FDP prácticamente tenían el mismo tamaño, aunque el FDP era mayor que el LA, mientras que el FDS fue el más pequeño (Gillis y cols., 1995c).

Los valores del área obtenidos para el PRE en los diferentes tendones o ligamentos son menores que los publicados para el PSI (Smith y Webbon,

1994, Gillis y cols., 1995c), razas de tiro y prácticamente iguales al de los ponies (Smith y Webbon, 1994). La diferencia de área entre las diferentes razas de caballos puede ser debida a los diferentes trabajos realizados por cada raza y al entrenamiento que reciban (Smith y Webbon, 1994, Gillis y cols. 1995c). Así el PSI al estar entrenado como caballo de carreras realiza un trabajo distinto al PRE que está dedicado a doma clásica (de alta escuela) y vaquera. Al mismo tiempo también se ha encontrado que existe una correlación entre las características físicas, peso, altura y diámetro de la circunferencia del metacarpo y el área de los tendones (Smith y Webbon, 1994).

El área de los tendones del PRE varió según las diferentes zonas donde se evaluó a lo largo del metacarpo (Riemersma y Schamhardt 1985, Gillis y cols. 1995c). El área del FDS fue aumentando de manera progresiva a lo largo del metacarpo, teniendo el valor más bajo en 1 A y el más alto en 3 B. Sin embargo, otros autores (Smith y Webbon 1994, Gillis y cols 1995c) han descrito que el FDS tiene su mayor tamaño en la parte más distal del metacarpo pero no han observado un aumento progresivo desde la zona proximal a la distal, siendo los valores muy similares en toda la longitud del metacarpo.

El tendón FDP también sufrió variaciones en su recorrido por el metacarpo destacando que el tamaño mayor lo alcanzó en 3 A y el menor en 2 A (Gillis y cols.,1995c). El LA y el LS mantuvieron el área prácticamente constante a lo largo del metacarpo. Estas variaciones pueden deberse al

contenido en colágeno el cuál es variable en un mismo tendón a lo largo de su trayectoria y entre tendones. Siendo el contenido en colágeno inversamente proporcional al área del tendón o ligamento (Riemersma y Schamhardt 1985). Otro factor que puede influir es la diferencia biomecánica entre tendones y ligamentos (Riemersma y Schamhardt 1985, Reef y cols., 1996).

La edad influyó en el área de los tendones y ligamentos del metacarpo del PRE, observando mayores valores en los animales jóvenes que en los animales adultos. Sin embargo, Gillis y cols. (1995b) publicaron en un estudio realizado en caballos de edades comprendidas entre los 2 y los 23 años y sin ningún tipo de trabajo, que el área del FDS no estaba correlacionado con la edad. Estos mismos autores (Gillis y cols. 1997) años más tarde publicaron que el área de los fascículos de colágeno eran más pequeños en los caballos viejos que en los jóvenes. Lo cuál fue corroborado posteriormente por otros autores que encontraron cambios en los componentes moleculares y celulares del FDS, como son un incremento del contenido de colágeno tipo III y una disminución en el diámetro de las fibrilla (Birch y cols. 1999). Otros estudios han encontrado cambios con la edad en la organización del colágeno en el FDS (Patterson-Kane JC y cols. 1997). Pensamos que la diferencia encontrada por nosotros y por Gillis y cols. (1995b), en cuanto a la influencia o no de la edad en el área de los tendones, pueda explicarse o bien porque estos autores utilizan diversas razas de caballos en su estudio, lo cuál hace que su muestra no sea tan homogénea como la nuestra donde la raza es la misma con animales de

diferentes edades, o bien porque en su estudio los animales están sin ningún tipo de actividad seis meses previos al estudio y en nuestro trabajo los animales realizaban su actividad normal, siendo ésta mucho mayor en los animales jóvenes que en los adultos, y se ha comprobado que el área del FDS incrementa con el ejercicio (Gillis y cols. 1993).

No encontramos diferencias entre el área de los tendones (Gillis y cols. 1995b) y ligamentos de los machos y las hembras. Sin embargo, si que encontramos diferencias entre el área de los tendones y ligamentos de la extremidad derecha e izquierda (Gillis y cols. 1993). Este hallazgo puede ser debido al ejercicio que desarrollan los animales, que hacen que utilicen más una extremidad que otra, y esto repercute en el aumento del área, ya que tal y como ha sido demostrado previamente el área de los tendones está influenciada por el entrenamiento (Gillis y cols. 1993). Sin embargo, otros autores no encontraron diferencias en el área entre ambas extremidades (Smith y Webbon, 1994), lo cuál puede deberse a que en ese estudio es utilizan diferentes razas de caballos, en los cuales unos se dedican a las carreras, y el otro grupo no realizaba ningún tipo de entrenamiento ni trabajo.

De los resultados obtenidos y en las condiciones de nuestra experiencia, podemos deducir las siguientes conclusiones:

1) El tendón más ecogénico y de mayor área fue el ligamento suspensor.

2) El tendón menos ecogénico y de menor área fue el flexor digital superficial.

3) El tendón flexor digital superficial disminuyó su ecogenicidad y aumento el valor de su área de forma progresiva, desde la zona proximal a la zona distal del metacarpo.

4) El nivel de evaluación de los tendones y ligamentos a lo largo del metacarpo influyó en el valor del área.

5) La edad influyó en la ecogenicidad y en el área de los tendones y ligamentos. Siendo los tendones y ligamentos más ecogénicos y más grandes en los animales jóvenes que en los de mediana edad y seniles.

6) El sexo no tuvo ninguna influencia ni en la ecogenicidad ni en área.

7) La extremidad influyó en el valor del área pero no en la ecogenicidad, siendo la extremidad derecha la de mayor área.

La ecografía es una técnica ampliamente utilizada para evaluar las lesiones tendinosas en los caballos. Los criterios ecográficos más empleados para examinar las lesiones en los tendones y ligamentos son el tamaño (área) y la ecogenicidad de éstos. Sin embargo, para poder aplicarlos en la clínica equina, previamente se deben de conocer sus valores normales. A este respecto, se han realizado varios estudios en diferentes razas de caballos como son P.S.I. (Pura Sangre Inglés) y Trotón Americano, sin embargo no se ha realizado ningún estudio sobre la ecogenicidad y el área de los tendones flexores y ligamentos de la zona metacarpiana del Pura Raza Español (P.R.E).

El objetivo de este trabajo es determinar el área y la ecogenicidad de los tendones flexores y ligamentos de la zona del metacarpo, y determinar si tiene algún efecto la edad, el sexo, la extremidad y la zona de corte a ecografiar sobre estos parámetros en el caballo PRE.

En este estudio hemos utilizado 20 caballos PRE con carta de origen, de edades comprendidas entre los 2 y 25 años (10 machos y 10 hembras). Todos los animales estaban clínicamente sanos. Previo al examen ecográfico se realizaba un examen clínico de cojeras que incluía la inspección y palpación de las regiones carpiana y metacarpiana. Sólo aquellos animales sin cojera, ni dolor a la palpación fueron utilizados en este estudio. Los animales fueron divididos en tres grupos según la edad de los mismos, grupo 1: entre 2 y 5 años, grupo 2: entre 6 y 16 años y grupo 3: más de 16 años. Todos los caballos estaban en periodo de trabajo. El examen ecográfico fue llevado a cabo con una sonda sectorial de 7.5 MHz con pad incorporado. Para facilitar la interpretación de los sonogramas se realizaron distintos cortes transversales, distanciados unos de otros 5 cm desde el hueso accesorio del carpo, denominándolos desde la parte proximal a distal 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B.

Una vez realizadas las ecografías y grabadas en vídeo, las imágenes fueron digitalizadas y se obtuvo el área y la ecogenicidad de los tendonnes flexor digital superficial (FDS), flexor digital profundo (FDP), ligamento accesorio (LA) y ligamento suspensor (LS), usando el sistema MIP-Microm Image Processing (Microm España) basado en el sistema IMCO 10

(Kontron Bildanalyse, Alemania). Los valores obtenidos de área y ecogenicidad fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) mediante un análisis de varianza (ANOVA). Cuando el ANOVA reveló un efecto significativo, los valores fueron comparados mediante el test de Bonferroni, considerándose diferencias significativas para $p<0,05$.

El tendón más ecogénico y el de mayor área fue el LS y el menos ecogénico y el de menor área fue el FDS. La ecogenicidad disminuyó de la zona proximal a la distal en el FDS. No se encontraron diferencias significativas entre la ecogenicidad de los diferentes tendones y ligamentos entre la extremidad derecha e izquierda. La edad influyó de forma significativa tanto en los valores del área como de la ecogenicidad en cada tendon y ligamento. Sin embargo, no se encontró ninguna diferencia entre machos y hembras ni en la ecogenicidad ni en los valores del área. Si que encontramos diferencias significativas entre la extremidad derecha y la izquierda en cuanto a los valores del área siendo la derecha de mayor tamaño que la izquierda.

De este trabajo podemos concluir que la edad y la zona del metacarpo donde se realiza el examen tienen un efecto tanto en la ecogenicidad como en el área. Mientras que la extremidad sólo influye en los valores del área.

The ultrasonographic assessment of tendon injuries can be based on several criteria. Of these, the most important for diagnosis are changes in echogenicity and size. The objective paramenters like cross-sectional area (CSA) and mean echogenicity (ME) are commonly used with this purpose. Previous studies of the CSA and ME of the superficial digital flexor (SDF) and deep digital flexor (DDF) tendons of the metacarpal region have been performed in Thoroughbred, Dutch Warmblood, Irish Draughthorses, Standarbred trotters and ponies. The purposes of this study were to establish normal values for CSA and ME of flexor tendons and ligaments of the metacarpal region of Andalusian horses; to determine the normal relation between the different tendons and ligaments; to determine the normal relation between the male and female for each tendon and ligament; to

determine the normal relation between the left and right limbs for each tendon and ligament and to determine the normal relation between different age (young, adult and senile) for each tendon and ligament.

Twenty clinically normal Andalusian horses ranging in age from 2 to 25 years (10 females and 10 males) were examined. All horses were determined to be clinically sound by examination at the trot and palpation of the forelimbs at the time of examination, and had no history of previous tendon disease. The horses were divided in three groups according to their age, group 1: young horses from 2 to 5 years, group 2: middle-aged horses from 6 to 16 years, group 3: old horses more 16 years. All horses were training. Ultrasonography was performed using a 7.5 MHz transducer with a stend-off pad. Videotaped images of the left and right metacarpal regions were obtained at 5 (1A), 10 (1B), 15 (2A), 20 (2B), 25 (3A) and 30 cm (3B) distal to the base of the accessory carpal bone. Images were digitalised and values for CSA and ME were determined from cross-sectional images of the SDF, DDF, inferior check (accessory) ligament (IL) and suspensory ligament (SL), using an image-analysis program. Measurements of CSA and ME were analysed, using a statistical package (SPSS 12.0) comprising a general mixed model of ANOVA. When significant differences ($p<0.05$) were observed, Bonferroni ´s test were used.

At all levels and all ages, the SL was the most echoic and largest tendon and ligament. The less echoic and smallest was SDF. The echogenicity decreased for SDF tendon from proximal to distal on the limb.

There were no significant differences in ME at equivalent levels of the left and right each tendon and ligament. There were significant differences in CSA or ME of each tendon and ligament between the different age-groups. Differences in CSA or ME of each tendon were not found between males and females. There were differences in the values of area between both limbs, being the area of right limb major than the left one.

In conclusion, this work suggests that the age and level have an effect on CSA and ME of the tendons and ligaments. The limb has also an effect on CSA of each tendon and ligament.

Allen W. E., Goddard P.J. (1984). Serial investigations of early pregnacy in pony mares using real time ultrasound scanning. *Eq Vet J;* 16: 509-514.

Allen A. K. (1991). Common artifacts in tendon and ligament ultrasound. *J Eq Vet Sci;* 11 (6): 18-22.

Amiel D., Frank C., Harwood F. (1984). Tendons and ligaments : a morphological and biochemical comparison. *J Orthop Res;* 1: 257-265.

Barr F. (1988). Diagnostic ultrasound in small animals. En Practice, 1: 17-25.

Barone R. (1980). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2. Ed: Vigot. Paris.

Bartrum B.J., Crow C.C. (1983). Real-time ultrasound: a manual for physicians and technical personnel. Philadelphia: W. B.Saunders.

Bechtel P.J., Lawrence L.M. (1989). The muscles and athletic training. En: Jones W. Equine sports medicine. Lea & Febiger. Philadelphia. 121-136.

Birch H.L, Bailey J.V.B., Bailey A.J. Goodship (1999). Age-related changes to the molecular and cellular components of equine flexor tendons. *Equine Vet J;* 31:391-396.

Biller D.S. Myer W. (1988). Ultrasound scanning of superficial structures using an ultrasound standoff pad. *Vet Radiol;* 29: 138-142.

Caramanlidis A. (1967). Study of the nerve endings in the superior sesamoidean ligament (suspensory ligament) of horses and cattle. *Epistem Epet Kteniatrik Skhol Thessaloniki;* 6: 3-37.

Cuesta I., Riber C., Pinedo M. (1995). Ultrasonographic measurement of palmar metacarpal tendon and ligament structures in the horse. *Vet Radiol & Ultrasound;* 36: 131-136.

Cherdchutham W., Meershoek L., Weeeren P., Barneveld A. (2001). Effects of exercise on biomechanical properties of the superficial digital flexor tendon in foals. *Am J Vet Res*; 62: 1859- 1864.

Chevalier F, Palmer E. (1982). Ultrasononic echography in the mare. *J Reprod Fert.* Suppl.; 32.:423-430.

Craychee T. (1995). Ultrasonographic Evaluation of Equine Musculoskeletal Injury. En: Veterinary diagnostic ultrasound. Nyland & Matton, eds Philadelphia: W.B Saunders Co, 265-304.

Denoix J.M., Mialot M., Levy I., Lagadic M. (1990). Etude anatomopathologique des lésions associêes aux images ëchographiques anormales des tendons et ligaments chez le cheval. *Réc Med Vet;* 166 (1): 45-55.

Denoix J.M., (1991a). Bases techniques de l´echographie. Echographie des tendons chez le cheval. I Jornadas de Medicina Equina. Madrid.

Denoix J.M., Crevier N. (1991b). Comparative imaging of tendons and joints in the horses distal forelimb. 9th meeting of the Internacional Veterinary Radiology Association. University of Gent- Belgium, University of Utrech- Holland.

Denoix J.M. (1994). Diagnostic techniques for identification of tendon and ligament injuries. En: Tendon and ligament injuries*. Part I. Vet Clin North Am Equine Practice.* (Edited by S. Dyson). Saunders Company. Philadelphia. 10 (2): 365-408.

Denoix J.M. (2001). Extremidad del caballo, parte distal. Ed. Manson, Reino Unido.

Dyce K.M.; Sack W.O.; Wensing C.J.G (1996). Anatomía Veterinaria. 2ª Ed. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. Mexico.

Dyson S. J. (1992). Ultrasonographic examination of the metacarpal and metatarsal regions in the horse. *Equine Vet Educ;* 4: 139-144.

Dyson S., Dik K. (1995). Miscellaneus conditions of tendons, tendon sheats and ligaments. En: Tendon and ligament injuries. *Part II. Vet Clin North Am Equine Practice*. Vol. 11, nº 2, (Edited by S Dyson). Saunders Company. Philadelphia. 315-339.

Fornage B.D. (1987). The hypoechoic normal tendon. A pitfall. *J Ultrasound Med*; 6: 19- 22.

Fornage B.B. (1988). Ultrasonography of muscles and tendons. New York, Springer-Verlag.

Genovese R.L., Rantanen N. W., Hauser M.L., Simpson B.S. (1986). Diagnostic ultrasonography of the equine limbs. En: Ultrasound diagnosis. Veterinary Clin North America. Large Animal Practice. Saunders Company. Philadelphia. 2. 171-177.

Genovese R.L., Simpson B.S. (1989). Diagnostic ultrasound. En: Jones W.E. Equine sports medicine. (Ed) Philadelphia: Lea & Febiger. 231-241.

Genovese R.L., Longo K., Berthold B., Jorgenson J. (1997). Quantitative sonographic assessment in the clinical management of superficial digital flexor injuries in Thoroughbred racehorses. *Proc Am Ass Equine Practnrs;* 43: 285-290.

Gillis C., Meagher D. M., Pool R. P., Stover S.M. Craychee T.J., Willits N. (1993). Ultrasonographically detected changes in equine superficial digital flexor tendons diring the first months of race training. *Am J Vet Res;* 54: 1797-1802.

Gillis C. Sharkey N., Stover S.M. (1995a). Ultrasonography as a method to determine tendon cross-sectional area. *Am J Vet Res*; 10: 1270-1274.

Gillis C. Sharkey N., Stover S.M. (1995b). Effect of maturation and aging on material and ultrasonographic properties of equine superficial digital flexor tendon. *Am J Vet Res;* 10: 1345-1350.

Gillis C., Meagher, D., Cloninger, A., Locatelly L, Willits N. (1995c). Ultrasonographic cross-sectional area and mean echogenicity of the superficial and deep digital flexor tendons in 50 trained Troroughbred racehorses. *Am J Vet Res; 56:* 1265-1269.

Gillis C, Pool R.R., Meagher D.M., Stiver S.M., Reiser K., Willits N. (1997). Effect of maduration and aging of the histomorphometric and biochemical characteristics of equine superficial digital flexor tendon. *Am J Vet Res;* 58: 425-430.

Hauser M.L , Rantanen M.W. (1983). Ultrasound appearance of the palmar metacarpal soft tissues in the horse. *J Eq Vet Sci;* 3: 19-22.

Hauser M.L. (1986). Ultrasonographic appearance and correlative anatomy of the soft tissues of the distal extremities in the horse. Veterinary Clinics of North America. *Eq Practice*.2 (1): 127-144.

Herring D.S, Bjornton G. (1985) Physics, facts and artifacts of diagnostic ultrasound. *Vet Clin North Am;* 15: 1107-22.

Kremhau F. W. (1980). Diagnostic ultrasound, phisical principles and exercises. New York, Grune &Stratton, 7-21.

König H., Liebich H. (2004). Anatomía de los Animales Domésticos. Tomo 1. Ed. Medica Panamericana, Buenos Aires.

Latorre R., Vazquez J.M, Gil F, Ramirez G., López-Albors O., Orenes M., Martínez-Gomariz F. (2001). Teaching Anatomy of the Distal Equine Thoracic Limb with Plastinated Slices. *J International Soc for Plastination;* 16: 23-41.

Main J.P. M. (1995). Scannig the Equine Limb. En: Goddard, Veterinary Ultrasonography. Cab Internacional, Wallingford, 207-232.

Martinoli C., Derchi L.E., Pastorino C., Bertolotto M. Silvestri E. (1993). Analysis of echotexture of tendons with US. *Radiology;* 186: 839-843.

Marr C., McMillan I., Boyd J.S., Wright N.G, Murray M. (1993). Ultrasonographic and histopathological findings in equine superficial digital flexor tendon injury. *Eq Vet J;* 25 (1): 23-29.

Mc.Clellan, P D. (1986) Ultrasonic structure of the pastern. *J Eq Vet;* 6: 99-101.

McDiarmid A. M. (1994). Eighteen cases of desmitis of the accesory ligament of the deep digital flexor tendon. *Eq Vet Educ;* 6 (1): 49-56.

Micklethwaite L., Wood A., Sc, Sehgal, C., Polansky M., Dowling B., Dart A, Rose R., Hodgson D. (2001). Use of quantitave analysis of sonographic brightness for detection of early healing of tendon injury in horses. *Am J Vet Res;* vol 62, nº 8. 1320-1327.

Miles C.A., Fursey G.A., Birch H.L. (1996). Factors affecting the ultrasonic properties of equine digital flexor tendons. *Ultrasound Med Biol;* 22: 907-915.

Neuwirth L.A., Selcer B.A., Mahaffey M.B. (1991). Equine tendon ultrasonography: Common artifacts. *Equine Vet Educ;* 3: 149-152.

Nicket R., Schummer A, Seiferie E. (1986). The Anatomy of the Domestic Animals. Vol 1. Ed. Verlag Paul Parey, Berlín.

Nicoll R.G., Wood A.K.W., Martin I.C.A. (1993). Ultrasonic observations of the flexor tendons and ligaments of the metacarpal region of horses. *Am J Vet Res;* 54: 502-506.

Nyland T.G., Matton J. S. (2002). Physical principles instrumentation and safety of diagnostic ultrasound. En: Nyland T. G. Matton J.S., eds. Small

Animal Diagnostic Ultrasound. 2ª ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company; 1-18.

O´Callaghan M. W. (1991). The integration of radiography and alternative imaging methods in the diagnosis of equine orthopedic disease. *Vet Clin North Am Equine Practice;* 7: 339-364.

Park R. D., Nyland T. G., Lattimer J. C. Miller C. W., Lebel J.L. (1981). B- Mode Gray- Scale Artifacts and Interpretation Principles. *Vet Radiol;* 22 (5): 204-210.

Patterson- Kane JC, Firth, EC, Goodship AE, Parry D. (1997). Age –related differences in collagen crimp patterns in the superficial digital flexor tendon core region of untrained. *Aust Vet J;* 75, (1): 39-44.

Pennick D.G. (2002). Artifacts . En: Nyland T.G., Matton J.S., Small Animal diagnostic ultrasound. Ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia, 19-29.

Pharr J.W, Nyland T.G. (1984). Sonography of the equine palmar metaccarpal soft tissues. *Vet Radiol;* 25 (6): 265-73.

Pickersgill C.H., Marr C., Reid S. (2001). Repeatability of diagnostic ultrasonography in the assessment of the equine superficial digital flexor tendon. *Equine Vet J;* 33 (1): 33-37.

Powis R. L. (1986). Ultrasound science for the veterinarian. En: Diagnostic Ultrasound. *Vet Clin North Am Equine Practice*. (Guest Editor. N.W. Rantanen). 2 (1): 3-28.

Pugh C. (1993). A simple method to document the location of ultrasonographically detected equine tendon lesions. *Vet Radiol & Ultrasound;* 34: 211-212.

Rantanen N.W., Genovese R .L, Gaines R (1983). The use of diagnostic ultrasound to detect structural damage to the soft tissues of the extremities of horses. *J Eq Vet Sci;* 3: 134-135.

Rantanen N.W. (1986). Diseases of the torax. En: Diagnostic Ultrasound. Vet. Clinics North Am. Saunders Company. Philadelphia. 2 (1): 67-68.

Rantanen N. W. (1995). Phisical Principles of Ultrasonographic Diagnosis. *J Eq Vet Sci;* 15 (3): 107-110.

Reeding W. R. (1993). Evaluation of the equine digital flexor tendon sheath using diagnostic ultrasound and contrast radiography. *Vet Rad & Ultrasound;* 34 (3): 42-48.

Reef V.B. (1996). I Jornadas de ecografía músculoesqueletica equina. Facultad de Veterinaria de Murcia.

Reef V. B., Genovese R.L., Byrd J.W. (1996). Treatment of superficial digital flexor tendon injuries with beta-aminopropionitrile fumarate (βAPN_F). Sonographic evaluation of early tendon healing and remodeling. Proceedings of the Dubai International Equine Symposium 1: 423-430.

Reef V.B. (2001). Superficial digital flexor tendon healing: ultrasonographic evaluation of therapies. *Vet Clin North Am Equine Practice;* 17 (1): 159-179.

Riber C., Pinedo M., Sefarti S., Cuesta I., Castejón F. (1993). Los ultrasonidos como método diagnóstico en las lesiones tendoligamentosas de la región metacarpiana palmar del caballo. *Med Vet;* 10 (5): 300-305.

Riemersma J, Schamhardt H.C. (1985). In vitro mechanical properties of equine tendons in relation to cross-sectional area and collagen content. *Res Vet Sci;* 39, 263-270.

Sandoval J. (1998). Tratado de Anatomía veterinaria. Tomo II: Aparato locomotor. Ed: Imprenta Sorles, Valdelafuente, 89-155.

Sisson S. (2001a). Sindesmología de los equinos. En Sisson and Grossman´s, Anatomía de los animales domésticos. Tomo I, 5th ed. Masson, Philadelphia, 398-407.

Sisson S. (2001b). Miología de los equinos. En Sisson and Grossman´s, Anatomía de los animales domésticos. Tomo I, 5th ed. Masson, Philadelphia, 423-507.

Smith R. K.W., Webbon P.M. (1994). Diagnostic imaging in the athletic horse. Musculoskeletal ultrasonography. En: The Athletic Horse. Ed. By. Hodgson D.R. and Rouse R.J. Saunders Company. Philadelphia, 297-325.

Sotillo J.L., Serrano V (1985). Medidas, pesos e índices de significación etnológica. En: Sotillo JL, Serrano V, Producción Animal. Tomo I. Ed. Tebas Flores, Madrid, 111-120.

Spaulding K (1984). Ultrasonic anatomy of the tendons and ligaments in the distal metacarpal-metatarsal region of the equine limb. *Vet Radiol;* 25 (4): 155-166.

Stashak T.S. (2002). Examination for lameness. En: Adam´s Lameness in horses. Ed. Lippincott Willians and Wilkils. Fifth edition, Baltimore, 113-183.

Steyn P. F., Mc. Wraith C.W. Rawcliff N. (1991). The ultrasonographic examination of the palmar metacarpal tendons and ligaments of the equine digit. A rewiew *Eq Practice;* 13 (7): 24-34.

Tsukiyama K., Acorda J., Yamada H (1996). Evaluation of superficial digital flexor tendinitis in racing horses thouth gray scale histogram analysis of tendon ultrasonograms. *Vet Radiol & Ultrasound;* 37,1,: 46-50.

Van Schie J.T.M., Bakker E.M., van Weeren P.R. (1999). Ultrasonographic evaluation of equine tendons: a quantitative in vitro study of the effects of amplifier gian level, transducer-tilt and transducer-displacement.*Vet Radiol & Ultrasound;* 40: 151-160.

Van Schie J.T.M., Bakker E.M. (2000). Structure-related echos in ultrasonographic images of equine superficial digital flexor tendons. *Am J Vet Res;* 61: 202-209.

Van Schie H.T., Bakker E.M., Jonker A.M, van Weeren P.R. (2001): Efficacy of computerizad discrimination between structure-related and non-structure-related echos in ultrasonographic images for the quantitative evaluation of the structural integrity of superficial digital flexor tendons in horses. *Am J Vet Res*; 62 (7): 1159-66.

Webbon P.M. (1977). A post mortem study of equine digital flexor tendons. *Equine Vet J;* 9, 61-67.

Wells P. N. T. (1969). Physical principles of ultrasonic diagnosis. New York, Academic Press. 5-16.

Wood A.K.W., Newell W. H, Borg. (1991). An ultrasonographic off-set system for examination of equine tendons and ligaments. *Am J Vet Res;* 52 (12): 1945-47.

Wood A. K. W., Polansky M., Kundel, H.L., Sehgal C. M. (1992). Equine tendon and ligament sonography: current concepts and future directions. *Proc Am Ass Equine Practnrs;* 38: 253-264.

Wood A.K.W., Seghal C.M., Polansky M. (1993). Sonographic brightness of the flexor tendons and ligaments in the metacarpal region of horses. *Am J Vet Res;* 54: 1969-1974.