

UNIVERSIDAD DE MURCIA



FACULTAD DE VETERINARIA

DEPARTAMENTO DE MEDICINA Y CIRUGÍA ANIMAL

**ESTUDIO ANATÓMICO, ECOGRÁFICO, TOMOGRÁFICO E
IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA DE LA ARTICULACIÓN
TEMPOROMANDIBULAR DEL CABALLO**

**ANATOMY, ULTRASONOGRAPHY, COMPUTED TOMOGRAPHY
AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF THE EQUINE
TEMPOROMANDIBULAR JOINT**

M^a Jesús Rodríguez Vizcaíno

2008



**UNIVERSIDAD
DE MURCIA**

**Departamento de
Medicina y Cirugía
Animal**

**FACULTAD DE VETERINARIA
Campus Universitario de Espinardo
30071 MURCIA**

Dña. Amalia Agut Giménez, Profesora del Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Universidad de Murcia

AUTORIZA

La presentación de la Tesis Doctoral titulada **“ESTUDIO ANATÓMICO, ECOGRÁFICO, TOMOGRÁFICO E IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA DE LA ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR DEL CABALLO”** realizada por la licenciada en veterinaria Dña. M^a Jesús Rodríguez Vizcaíno, bajo mi inmediata dirección y supervisión, ante la comisión de Doctorado como compendio de publicaciones y que presenta para la obtención del grado de Doctor Europeo por la Universidad de Murcia.

Para que conste a los efectos oportunos, emito este informe en Murcia a 7 de Julio de 2008.





**UNIVERSIDAD
DE MURCIA**

**Departamento de Anatomía y
Anatomía Patológica
Comparadas**

FACULTAD DE VETERINARIA

***Campus Universitario de Espinardo
30071 MURCIA***

D. Rafael Latorre Reviriego, Profesor del Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas de la Universidad de Murcia

AUTORIZA

La presentación de la Tesis Doctoral titulada “**ESTUDIO ANATÓMICO, ECOGRÁFICO, TOMOGRÁFICO E IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA DE LA ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR DEL CABALLO**” realizada por la licenciada en veterinaria Dña. M^a Jesús Rodríguez Vizcaíno, bajo mi inmediata dirección y supervisión, ante la comisión de Doctorado como compendio de publicaciones y que presenta para la obtención del grado de Doctor Europeo por la Universidad de Murcia.

Para que conste a los efectos oportunos, emito este informe en Murcia a 7 de Julio de 2008.



**UNIVERSIDAD
DE MURCIA**

**Departamento de
Medicina y Cirugía
Animal**

**FACULTAD DE VETERINARIA
Campus Universitario de Espinardo
30071 MURCIA**

D^a. Ana María Montes Cepeda, Profesora Titular de la Universidad de Murcia, del Área de Medicina y Cirugía Animal y Directora del Departamento de Medicina y Cirugía Animal,

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada “**ESTUDIO ANATÓMICO, ECOGRÁFICO, TOMOGRÁFICO E IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA DE LA ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR DEL CABALLO**”, ha sido realizada por Dña. M^a Jesús Rodríguez Vizcaíno, bajo la inmediata dirección y supervisión de Dña. Amalia Agut Giménez y D. Rafael Latorre Reviriego, y que el Departamento ha dado su conformidad para que sea presentada ante la Comisión de Doctorado.

Para que conste a los efectos oportunos, emitimos este informe en Murcia a 20 de Octubre de 2008.

TESIS DOCTORAL COMO COMPENDIO DE PUBLICACIONES

1. Rodríguez, M.J. Agut, A., Gil, F. and Latorre, R. (2006) Anatomy of the equine temporomandibular joint: study by gross dissection, vascular injection and section. *Equine vet. J.* **38**, 143-147.
2. Rodríguez, M.J., Soler, M., Latorre, R., Gil, F. and Agut, A. (2007) Ultrasonographic anatomy of the temporomandibular joint in healthy Purebred Spanish horses. *Vet. Radiol. Ultrasound* **48**, 149-154.
3. Rodríguez, M.J., Latorre, R., López-Albors, O., Soler, M., Aguirre, C., Vázquez, J.M., Querol, M. and Agut, A. (2008) Computed tomographic anatomy of the equine temporomandibular joint in the young horse. *Equine vet. J.* **40**, 566-571.
4. Rodríguez, M.J., Agut, A., Soler, M., López-Albors, O., Arredondo, J., Querol, M. and Latorre, R. Normal magnetic resonante anatomy of the equine temporomandibular joint.



**UNIVERSIDAD
DE MURCIA**

**Departamento de
Medicina y Cirugía
Animal**

*FACULTAD DE VETERINARIA
Campus Universitario de Espinardo
30071 MURCIA*

D^a. Ana María Montes Cepeda, Profesora Titular de Universidad del Área de Medicina y Cirugía Animal y Directora del Departamento de Medicina y Cirugía Animal,

INFORMA:

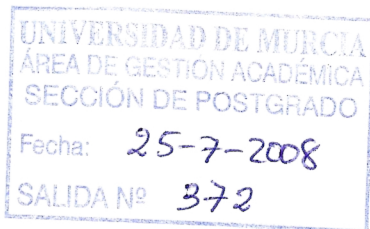
Que la Tesis Doctoral titulada “ESTUDIO ANATÓMICO, ECOGRÁFICO, TOMOGRÁFICO E IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA DE LA ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR DEL CABALLO”, ha sido realizada por Dña. M^a Jesús Rodríguez Vizcaíno, bajo la inmediata dirección y supervisión de Dña. Amalia Agut Giménez y D. Rafael Latorre Reviriego, y que el Departamento autoriza su presentación ante la Comisión de Doctorado como compendio de publicaciones, dado que cumple con todos los requisitos exigidos por la normativa vigente.

Para que conste a los efectos oportunos, emitimos este informe en Murcia a 7 de Julio de 2008.



UNIVERSIDAD DE MURCIA

VICERRECTORADO DE ESTUDIOS



D.^a MARÍA JESÚS RODRÍGUEZ VIZCAÍNO
C/ Francisco de Quevedo, 3 - 1º B
30100 - CABEZO DE TORRES
MURCIA

Vista la solicitud presentada el día 7 de julio de 2008 por D.^a María Jesús Rodríguez Vizcaíno, con DNI número 48342170, sobre autorización para presentación de tesis doctoral como compendio de publicaciones con carácter previo a la tramitación de la misma en la Universidad de Murcia, le comunico que la Comisión de General de Doctorado, vistos:

- El informe previo del Departamento de Medicina y Cirugía Animal, responsable de la autorización de la tesis doctoral en fase de elaboración, de esta Universidad, y
- El visto bueno de la Comisión de Ramas de Conocimiento de Ciencias de la Salud,

resolvió, en su sesión de 14 de julio de 2008, **ACCEDER** a lo solicitado por el interesado pudiendo, por lo tanto, presentar su tesis doctoral en la modalidad de compendio de publicaciones.

Lo que en cumplimiento del artículo 58 de la vigente Ley 30/1992, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, de 26 de noviembre, se **notifica** a D.^a María Jesús Rodríguez Vizcaíno, significándole que contra esta resolución, que pone fin a la vía administrativa, se podrá interponer potestativamente ante el mismo órgano que la ha dictado, recurso de reposición, en el plazo de un mes a contar desde el día siguiente a su notificación, de acuerdo con lo dispuesto en el art. 116 de la citada Ley.

Si no hiciera uso del recurso de reposición podrá interponer recurso contencioso-administrativo, en el plazo de dos meses desde la notificación de este acuerdo, en la forma establecida en la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de dicha Jurisdicción.

Murcia, 23 de julio de 2008
Vicerrectora de Estudios y
Presidenta de la Comisión General de Doctorado


Concepción Palacios Bernal



**Center for Anatomy and Cell Biology
Plastination and Topographical Anatomy**

**Evaluation of the Doctoral thesis by
Maria Jesús Rodríguez Vizcaino**

**Ass. Prof. Dr. Mircea-Constantin Sora
MD, PhD
Int. Soc. Plastination - President**

Tel: +43-1- 4277 611-50 (Office), 611 51 (Lab)
Fax: +43-1- 4277 611 70
Email: mircea-constantin.sora@meduniwien.ac.at

Prof. Dr. Mircea-Constantin Sora, Center for Anatomy and Cell Biology, Medical University of Vienna, Währingerstr.13, 1090 Vienna, Austria. Phone: +43 1 4277 61150, Fax: + 43 1 4277 61170.

Prof. Dr. Mircea-Constantin Sora, Centro de Anatomía y Biología Celular, Universidad de Medicina de Viena, Währingerstr.13, 1090 Viena, Austria. Phone: +43 1 4277 61150, Fax: + 43 1 4277 61170.

Inform

The project of Doctoral Thesis entitled: “ANATOMY, ULTRASONOGRAPHY, COMPUTED TOMOGRAPHY AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF THE EQUINE TEMPOROMANDIBULAR JOINT” presented by **Maria Jesús Rodríguez Vizcaino** under the research supervision of Dr. Rafael Latorre Reviriego and Dr. Amalia Agut Jimenez *is evaluated positively* for the next public defense and evaluation by a jury to obtain the academic degree of Doctor by the University of Murcia with the mention “European Doctorate”

Informa:

El proyecto de tesis doctoral titulada: “ESTUDIO ANATÓMICO, ECOGRÁFICO, TOMOGRÁFICO E IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA DE LA ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR DEL CABALLO” presentado por **Maria Jesús Rodríguez Vizcaino** bajo la dirección del Dr. Rafael Latorre Reviriego y de la Dra. Amalia Agut Jimenez *es evaluado positivamente*, para ser defendido en acto público ante un tribunal para obtener el grado académico de Doctor por la Universidad de Murcia con mención de “Doctorado Europeo”

In Vienna, october 10th, 2008

En Viena, 10 de octubre de 2008



Dr. Mircea Constantin Sora

Prof. Dr. Michael N. Patsikas, DrVetMed, MedDoctor, PhD, Dip ECVDI, Assistant Professor of Radiology, Faculty of Veterinary Medicine of Aristotle University of Thessaloniki (Greece).

Informs

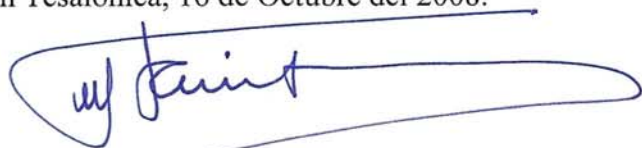
The project of Doctoral Thesis entitled "*Anatomy, ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging of the equine temporomandibular joint*" presented by **Maria Jesús Rodríguez** under the research supervision of Dra. Amalia Agut Giménez and Dr. Rafael Latorre Reviriego *is evaluated positively* for the next public defence and evaluation by a jury to obtain the academic degree of Doctor by the University of Murcia with the mention "European Doctorate"

Prof. Dr. Michael N. Patsikas, DrVetMed, MedDoctor, PhD, Dip ECVDI, Profesor de Radiología de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Aristoteles de Tesalónica (Grecia)

Informa:

El proyecto de tesis doctoral titulada: "*Estudio anatómico, ecográfico, tomográfico e imagen por resonancia magnética de la articulación temporomandibular del caballo*" presentado por **Maria Jesús Rodríguez** bajo la dirección del Dra. Amalia Agut Giménez y del Dr. Rafael Latorre Reviriego *es evaluado positivamente*, para ser defendido en acto público ante un tribunal para obtener el grado académico de Doctor por la Universidad de Murcia con mención de "Doctorado Europeo".

In Thessaloniki, 16th October, 2008.
En Tesalónica, 16 de Octubre del 2008.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. N. Patsikas', enclosed within a large, horizontal, hand-drawn oval shape.

MN Patsikas

*“La diferencia entre lo que hacemos y
somos capaces de hacer, resolvería la
mayoría de los problemas del mundo”*

(Mahatma Gandhi)

A mi familia,

A Jose,

AGRADECIMIENTOS

A mis directores de tesis, la *Dra. Amalia Agut* y el *Dr. Rafael Latorre*, por su confianza depositada en mí para la realización de este trabajo, por enseñarme, guiarme, darme ánimos y sobre todo, por su gran paciencia. Sin ellos esta tesis no sería lo que es. Es un orgullo para mí haber trabajado con ellos.

Al *Dr. Manuel Querol*, por poner los equipos de Resonancia Magnética y de Tomografía Computerizada a mi disposición, ayudarme y asesorarme en la realización de los estudios y resolver mis dudas en cualquier momento.

A *Marta, Octavio* y demás compañeros del departamento de Medicina y Cirugía animal y del departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas por ayudarme siempre que lo he necesitado.

A *Carmen* y a *Marta* por asesorarme en la recta final de esta tesis.

A *Karla* y a *Jose Ignacio*, por ayudarme como lo han hecho y por animarme para que nunca cesara en el empeño de conseguir todo aquello que me propusiera.

A todos los *amigos* que siempre se han interesado por mi trabajo y por mí.

A mi *familia*, por esforzarse para que yo consiguiera mi sueño: “*ser veterinaria de caballos*”.

A *Jose*, por estar conmigo en todos los momentos, buenos y malos, siendo mi mejor y mayor punto de apoyo, y como no, una parte más de este trabajo.

A *Noah*, que ha compartido y aguantado muchas horas de despacho sin protestar, y por transmitirme tanto cariño y alegría.

A todos ellos, muchas gracias.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	9
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. ANATOMÍA Y CINEMÁTICA DE LA ARTICULACIÓN	15
TEMPOROMANDIBULAR EQUINA	
3.2. ASPECTOS BÁSICOS DE LA ECOGRAFÍA	18
3.3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TOMOGRAFÍA	20
COMPUTERIZADA	
3.4. CONSIDERACIONES BÁSICAS DE LA IMAGEN	23
POR RESONANCIA MAGNÉTICA	
4. RELACIÓN DE ARTÍCULOS	31
4.1. ARTÍCULO 1.....	35
4.2. ARTÍCULO 2	43
4.3. ARTÍCULO 3	51
4.4. ARTÍCULO 4	59
5. CONCLUSIONES	93
6. RESUMEN GENERAL	97
7. EXTENDED SUMMARY	115
8. BIBLIOGRAFÍA	133
9. APÉNDICE	149

1. INTRODUCCIÓN

El creciente interés despertado en los veterinarios por la articulación temporomandibular (ATM) del caballo se fundamenta en la rápida progresión y modernización de la odontología aplicada en la clínica equina (Schumacher 2001; Knottenbelt 2005). Estudios previos han probado que la odontología juega un papel básico en la calidad de vida y bienestar de esta especie, y que cualquier alteración dentro de este ámbito puede afectar directamente al rendimiento deportivo (Carmalt y cols. 2003; Dixon y Dacre 2005). Es por ello que se ha enfatizado en la necesidad de adquirir un mayor conocimiento acerca de la masticación y de sus componentes, especialmente de la ATM.

A diferencia de lo que sucede en medicina humana donde la ATM ha sido estudiada minuciosamente y prueba de ello son las numerosas las publicaciones existentes, en el caballo dicha articulación ha sido pobremente estudiada, siendo breves y poco detalladas las descripciones encontradas en la literatura, indistintamente de la materia consultada, anatomía, cinemática o patología (Ramzan 2006).

La ATM se ha catalogado como una región anatómica muy compleja que implica una gran dificultad a la hora de ser investigada. Hasta el momento, las patologías asociadas a esta articulación que se han descrito en el caballo son reducidas y principalmente hacen referencia a traumatismos complicados con fracturas y/o luxaciones (Hurtig y cols. 1984; Hardy y Shiroma 1991; Devine y cols. 2005), artritis sépticas (Patterson y cols. 1989; Warmerdam y cols. 1997; Carmalt y Wilson 2005; Nagy y Simhofer 2006) y artritis no sépticas con cambios degenerativos asociados a problemas dentarios (May 1996) o de tipo iatrogénico debido al mal uso del abre bocas (Weller y cols. 1999b). Los signos clínicos

asociados a estas patologías son inflamación localizada, crepitaciones articulares, restricción de movimiento, mal oclusiones y/o dolor a la palpación. No obstante, se ha descrito otro tipo de sintomatología relacionada con desórdenes de la ATM como pueden ser movimientos bruscos de la cabeza, intolerancia al bocado, caída de alimento de la boca durante la masticación, alteraciones en las piezas dentarias, o incluso rigidez y dolor en el dorso, cambios de actitud en el manejo y cojeras; son signos inespecíficos que pueden fluctuar en el tiempo y con la actividad desarrollada (Ramzan 2006), por lo que podrían confundirse con enfermedades de tipo neurológico o alteraciones del comportamiento (Cooks 2006). Aún más, dichos síntomas pueden pasar desapercibidos debido a su bajo grado de manifestación (Schumacher 2001). En consecuencia, la información proporcionada por la anamnesis y el examen clínico no es suficiente para poder caracterizar problemas en la región temporomandibular, de manera que es necesario el uso de técnicas de diagnóstico por imagen para llegar al diagnóstico definitivo (Schumacher 2001; Ramzan 2006).

Tradicionalmente, la radiografía ha sido el método estándar empleado para estudiar la ATM en el caballo, lo cual ha supuesto siempre un reto para el clínico, ya que las proyecciones son complejas de adquirir debido a la dificultad de posicionar correctamente la región y las imágenes difíciles de interpretar merced la superposición de estructuras óseas adyacentes (Weller y cols. 1999a; Townsend y Cotton 2007; Ramzan y cols. 2008). Recientemente la escintigrafía se ha descrito como una técnica con una alta sensibilidad para la detección problemas óseos en la ATM, sin embargo su especificidad es baja a la hora de caracterizarlos. Otro inconveniente es que se trabaja con isótopos radioactivos

(Weller y cols. 1999a; Weller y cols. 2001). La artroscopia es una técnica de investigación dinámica que permite realizar diagnósticos y tratamientos de forma simultánea, aportando un excelente detalle de las estructuras intraarticulares, pero su mayor desventaja es ser una técnica invasiva que precisa de anestesia general (May y cols. 2001; Weller y cols. 2002; Carmalt y Wilson 2005).

La ecografía es un método diagnóstico no invasivo, dinámico, fácil de reproducir, que posibilita la evaluación de los tejidos blandos, cartílago articular y superficies óseas de la ATM con un coste reducido (Weller y cols. 1999b). Es una técnica segura sin efectos adversos para el paciente o el clínico al basarse en la emisión de ultrasonidos para obtener las imágenes (Reef 1999; Nyland y cols. 2002). A pesar de ello, existen pocas referencias bibliográficas sobre el uso de esta técnica para el estudio de la ATM equina. En el hombre, la ecografía es una técnica muy utilizada principalmente para la evaluación de tejidos blandos (degeneraciones internas, desplazamientos del disco articular), pero también para estructuras óseas (osteoartritis) (Emshoff y cols. 1997; Emshoff y cols. 2002; Uysal y cols. 2002) y para realizar seguimientos post-quirúrgicos (Scheffer y cols. 1997).

Pero son en la actualidad la tomografía computerizada (TC) y la imagen por resonancia magnética (IRM) los métodos estándar para evaluar la ATM humana (Sommer et al. 2003). Este tipo de exámenes ofrecen la posibilidad de adquirir imágenes multiplanares, proporcionando una resolución espacial y un contraste de las mismas excelente, lo cual se ha traducido en alcanzar diagnósticos muy tempranos y mejorar la efectividad de las estrategias terapéuticas, puesto que también permiten llevar a cabo análisis tridimensionales (Chirani y cols. 2004;

Roda y cols. 2008). En medicina veterinaria, la introducción de estas técnicas ha revolucionado la práctica del diagnóstico por imagen (Arencibia y cols. 2000). Aún así, en la especie equina no son modalidades de uso rutinario y sólo se han empleado para estudios ortopédicos (Whitton y cols. 1998; Kleiter y cols. 1999; Widmer y cols. 2000; Dyson y cols. 2003; Tomlinson y cols. 2003; Sanz y cols. 2006) y de la cabeza (Barbee y cols. 1987; Dick 1995; Chaffin y cols. 1997; Arencibia y cols. 2001; Ferrell y cols. 2002; Audigié y cols. 2004). La explicación está en su alto coste y su limitada disponibilidad al ubicarse principalmente en centros especializados. Además, existen problemas logísticos asociados a la adquisición de las imágenes que derivan del diseño de los dispositivos ya que éstos están adecuados para pacientes humanos. Dichos escáneres de TC y de resonancia magnética (RM) son cerrados, limitando su uso en el caballo a las regiones mencionadas con anterioridad y siempre bajo anestesia general (Kleiter y cols. 1999; Arencibia y cols. 2000; Arencibia y cols. 2001; Widmer y cols. 2000; Tomlinson y cols. 2003). Afortunadamente, en los últimos años se han diseñado aparatos con configuraciones especiales (unidades abiertas, portátiles) que facilitan las exploraciones, incluso con el animal en estación y sólo con sedación como en el caso de las extremidades distales (Kleiter y cols. 1999; Widmer y cols. 2000; McIlwraith 2003), y asimismo posibilitan estudiar otras regiones anatómicas como por ejemplo el cuello. Sin embargo, publicaciones que relaten el uso de estas técnicas para evaluar la ATM equina son limitadas y no se han hallado referencias entorno a estudios anatómicos por medio de TC o de IRM.

Por ello pensamos que tanto la ecografía como la TC y la IRM demandan un conocimiento exhaustivo y preciso de la anatomía regional, y sobretodo de la

anatomía seccional, para asistir en su interpretación y así obtener diagnósticos clínicos más precisos.

2. OBJETIVOS

Por todas las razones expuestas anteriormente, se planteó realizar la presente tesis doctoral con los siguientes objetivos:

1. Describir en detalle la anatomía normal de la ATM equina mediante disección, inyecciones vasculares y secciones seriadas, además de su relación con otras estructuras adyacentes (artículo 1).
2. Optimizar un protocolo de examen ecográfico para dicha articulación, reseñando la anatomía ecográfica normal y la ecogenicidad de las estructuras observadas, y correlacionando las imágenes obtenidas con secciones anatómicas realizadas en el mismo plano de corte (artículo 2).
3. Estudiar mediante TC la anatomía normal de la ATM en el caballo, usando secciones anatómicas plastinadas y congeladas elaboradas en el mismo plano de corte que las imágenes tomográficas (artículo 3).
4. Realizar un examen anatómico seccional por IRM de la ATM equina, estableciendo los planos de corte y las secuencias más óptimas para el estudio de sus componentes (artículo 4).

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. ANATOMÍA Y CINEMÁTICA DE LA ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR EQUINA

La documentación existente define la ATM del caballo como una articulación sinovial de tipo condilar entre la base de la apófisis cigomática del hueso temporal (superficie articular dorsal) y el cóndilo de la mandíbula (superficie articular ventral). La superficie articular dorsal se ubica inmediatamente rostral al meato acústico externo y en ella se diferencian de rostral a caudal el tubérculo articular, la fosa mandibular y la apófisis retroarticular (Barone 1980). La superficie articular ventral se corresponde con el cóndilo de la mandíbula, cuyo eje rostrocaudal (sagital) es más convexo que el lateromedial (transversal) (Nickel y cols. 1986; Sandoval y Agüera 1999; May y cols. 2001). El eje lateromedial es mayor que el rostrocaudal y forma un ángulo de 10° con la línea bicondilar de la mandíbula según Barone (1980). Baker (2002) describe una angulación de los cóndilos de 15° en direcciones vertical (plano dorsolatero-ventromedial) y transversal (plano caudomedio-rostrolateral), también reflejada por los planos oclusales de los dientes premolares y molares. Puesto que las superficies articulares son incongruentes, entre ambas se dispone un disco articular de composición fibrocartilaginosa, con una periferia gruesa (rostral y lateralmente) y una parte central delgada; la composición histológica del mismo varía en función de las presiones ejercidas durante la masticación (Barone 1980; Nickel y cols. 1986). Desde su aspecto caudomedial se proyecta una expansión fibrosa aliforme (expansión fibrosa caudal) que se extiende entre el proceso retroarticular y el aspecto caudal del cóndilo mandibular (Weller y cols. 2002). El perfil del disco articular es bicóncavo en su eje lateromedial y toda su periferia

está fuertemente fijada a la cápsula articular (May y cols. 2001; Rosenstein y cols. 2001; Weller y cols. 2002). De acuerdo con las descripciones de Barone (1980) y May y cols. (2001), el aporte vasculonervioso del disco accede caudalmente a través del tejido conectivo retrodiscal, continuación del propio fibrocartílago y ubicado entre el disco y la cápsula articular. Dicha cápsula se caracteriza por ser completa, en cuyo estrato fibroso se diferencian dos refuerzos ligamentosos denominados ligamento lateral y ligamento caudal; la membrana sinovial está unida a toda la periferia del disco, tapizando sus superficies dorsal y ventral, de manera que el espacio articular queda dividido en dos compartimentos, dorsal y ventral (Barone 1980; Weller y cols. 1999a; May y cols. 2001; Weller y cols. 2002). En los textos de anatomía, los músculos temporal, masetero, terigoideo lateral, terigoideo medial y la porción occipitomandibular del músculo digástrico son mencionados como los principales músculos estabilizadores de la ATM y piezas fundamentales de su dinámica articular (Barone 1980; Nickel y cols. 1986; Getty 2001). Otras estructuras nobles adyacentes descritas en la literatura son arterias (carótida interna, maxilar), venas (temporal superficial, plexo venoso temporal), nervios (facial, auriculopalpebral, masetérico, maxilar), la articulación temporohioidea, las bolsas guturales o la glándula parótida (Barone 1980; May y cols. 2001; Rosenstein y cols. 2001, Weller y cols. 2002). Sin embargo, existen discrepancias entre autores acerca de la existencia de los ligamentos como entidad propia, de la comunicación entre los compartimentos dorsal y ventral, y el número de recesos de cada uno de ellos. Tampoco existe información precisa sobre el grado de relación que las estructuras adyacentes anteriormente citadas guardan con la ATM y si existen otras estructuras que también puedan interactuar, como ocurre en el hombre.

En medicina humana son muchos los estudios dedicados a la funcionalidad de la ATM, gracias a los cuales se ha avanzado en el conocimiento y diagnóstico de disfunciones de la misma (Ostry y cols. 1997; Learreta y cols. 2005). No así en la clínica equina, donde años atrás poco se conocía y entendía de la cinemática de esta articulación. Han sido las investigaciones de autores como Bonin y cols. (2006 y 2007) las que han aclarado, recientemente, el complejo ciclo de masticación desarrollado por el caballo moderno. Este ciclo se divide en tres fases sucesivas: apertura (“opening stroke”), cierre (“closing stroke”) y deslizamiento (“power stroke”). Se trata de movimientos cíclicos de rotación y traslación de la mandíbula en dirección rostrocaudal, dorsoventral y lateromedial. De forma resumida, durante la fase de apertura la mandíbula ejecuta un movimiento de bisagra hacia abajo (rotación en el eje dorsoventral) combinado con un movimiento rotatorio en el eje rostrocaudal que implica que las arcadas dentarias superior e inferior del lado que mastica se separen. Al mismo tiempo se produce un movimiento de traslación en el eje lateromedial que hace que la mandíbula se mueva hacia el lado contrario de la masticación. A continuación, la fase de cierre conlleva una oscilación de la mandíbula hacia el lado de la masticación en dirección rostradorsal y lateral que permite la aposición de la arcada superior e inferior, para finalmente provocar un marcado deslizamiento de la arcada inferior sobre la superior en dirección dorsomedial (“power stroke”) y así triturar el alimento (Baker 2002; Bonin y cols. 2006; Bonin y cols. 2007). Estos ciclos son realizados por ambas articulaciones (derecha e izquierda) pero no de forma simétrica. Sin embargo, se han registrado variaciones individuales, encontrándose caballos que mastican principalmente con la ATM derecha y viceversa, es decir, que aplican mayor presión sobre ese lado de masticación (Baker 2002). Algunos

de los factores que influyen sobre estos movimientos masticatorios son las propiedades físicas de la ingesta (humedad, contenido en fibra), variaciones en la morfología de la arcada dentaria (mal oclusiones) o posición de la cabeza (flexión/extensión de la articulación atlanto-occipital) (Bonin y cols. 2006; Bonin y cols. 2007). Consecuentemente, alteraciones de la cinemática de la ATM podrían traducirse en diferentes situaciones patológicas (cólicos, pérdidas de peso), como también en disminuciones del rendimiento deportivo (Carmalt y cols. 2003; Carmalt y Allen 2006).

3.2. ASPECTOS BÁSICOS DE LA ECOGRAFÍA

Como ya se ha mencionado, la ecografía es un método de diagnóstico por imagen basada en la emisión de ultrasonidos para evaluar los tejidos orgánicos (Nyland y cols. 2002). Los ultrasonidos son ondas sonoras no continuas de alta frecuencia que se propagan longitudinalmente a través de los tejidos en función de sus características de reflexión o transmisión de ultrasonidos, lo que se conoce como impedancia acústica. La impedancia acústica es una constante de cada tejido y va a depender de la densidad y la rigidez del mismo (Reef 1999).

Los ultrasonidos son generados por los cristales piezoeléctricos que componen el transductor. Estos cristales tienen la capacidad de deformarse (contraerse y expandirse) al aplicarles corriente eléctrica, provocando la emisión de ondas de presión (energía mecánica) hacia los diferentes tejidos. Desde las interfases titulares los ultrasonidos serán absorbidos, reflejados, refractados, dispersados o transmitidos a tejidos más profundos. Sólo los ultrasonidos reflejados (ecos) son recogidos por el transductor, desencadenando que los cristales vuelvan a deformarse, convirtiendo la energía mecánica en una señal

eléctrica que el monitor procesa y amplifica para representar la imagen ecográfica (Nyland y cols. 2002).

Las características acústicas de los tejidos a estudiar y la profundidad a la que se encuentran determinan la selección del transductor. Cuanto mayor sea la frecuencia de resonancia de la sonda mayor será la resolución, pero la atenuación de los ultrasonidos también aumenta limitando su capacidad de penetración. De manera que para estudiar estructuras superficiales se eligen transductores de alta frecuencia (a partir de 6 MHz) (Reef 1999; Nyland y cols. 2002). En función de la disposición de los cristales piezoeléctricos se diferencian los transductores lineales y los sectoriales. En la clínica equina, las sondas lineales se emplean con frecuencia en el examen musculoesquelético para visualizar estructuras superficiales, porque aportan mejor calidad de imagen al contar con un mayor número de cristales los cuales se disponen en hilera proporcionando así un campo de visualización más amplio (Reef 1999; Nyland y cols. 2002).

La interpretación ecográfica requiere un conocimiento amplio de la apariencia ecográfica de los tejidos. La ecogenicidad suele ser constante de unos animales a otros y su alteración es indicativa de lesión (Nyland y cols. 2002). Los términos que se emplean para nombrar la apariencia ecográfica son comparativos: hiper-, iso- e hipo. Se denominan estructuras hiperecoicas o hiperecogénicas aquellas que provocan la máxima reflexión de los ultrasonidos y se representan en las imágenes como puntos blancos muy brillantes, como por ejemplo el hueso, el gas o el colágeno. Las estructuras anecoicas o anecógenas son aquellas que transmiten totalmente los ultrasonidos originando una imagen negra. Los líquidos son estructuras anecoicas, pero según aumenta su contenido en células, proteínas

y otros elementos también se incrementa su ecogenicidad. Son hipoecoicos o hipoecogénicos los tejidos que producen una reflexión y transmisión parcial de los ultrasonidos, visualizándose con diferentes sombras de grises y diferente brillo en función del porcentaje de cada fenómeno. La apariencia ecográfica es homogénea cuando todos los puntos que constituyen la imagen tienen el mismo tamaño y una distribución regular. Una textura ecográfica es heterogénea si los puntos observados en la imagen son de tamaños diferentes con una distribución irregular (Cartee y cols. 1993).

3.2.1. Técnica ecográfica de la ATM equina

En 1999, Weller y cols. estudiaron la ATM en caballos vivos y en cadáveres mediante ecografía. Para ello emplearon un transductor lineal de alta frecuencia (7.5 MHz). El protocolo que describieron constaba de tres abordajes, caudo45°lateral-rostromedial, lateromedial y rostro45°lateral-caudomedial, mediante los cuales visualizaron la mayor parte de los componentes de la ATM (superficies óseas, disco articular, cartílago articular, tejido blando intraarticular, capsula articular) pero sólo en su aspecto lateral, puesto que los ultrasonidos no se propagan a través del tejido óseo, quedando sin evaluar el aspecto medial de la articulación e importantes componentes óseos como el hueso subcondral.

3.3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA

La TC se utiliza principalmente en medicina humana para evaluar los componentes óseos de la ATM, ofreciendo una sensibilidad y especificidad alta (Tsiklakis y cols. 2004). Este método de examen radiológico se basa en la atenuación de los rayos X al atravesar los tejidos, donde la película radiológica es sustituida por detectores de metal o gas. Cuando el haz de rayos X alcanza estos

detectores se genera una señal eléctrica que el ordenador procesará y utilizará para reconstruir la imagen (Seeram 2001). La última generación de unidades de tomografía son los TC multidetectores/multicorte helicoidales, donde se adquiere más de una imagen en cada rotación del tubo de rayos X y de forma helicoidal al moverse la mesa sobre la que se coloca al paciente (Kopp y cols. 2000; Schwarz 2002). Las ventajas sobre los TC monocorte son menor tiempo de escaneo, disminución de los artefactos por movimiento, aumento del contraste de las imágenes, mayor número de aplicaciones clínicas (angiografías, endoscopia virtual) y obtención de cortes más finos aumentando el detalle de la representación ($\leq 1\text{mm}$). Además tienen la capacidad de crear retrospectivamente secciones más gruesas o finas a partir del mismo paquete de datos y mejorar las reconstrucciones volumétricas 3D (Kopp y cols. 2000). Todas estas mejoras a su vez conllevan ciertos inconvenientes como la exposición a mayores dosis de radiación, incremento del ruido en la imagen y el manejo de gran cantidad de datos (hasta más de 1000 imágenes por estudio), lo que implica el uso de programas de procesamiento complejos (Kopp y cols. 2000; Schwarz 2002).

Un parámetro básico asociado a la TC helicoidal es el “pitch”, definido como la distancia (en milímetros) que recorre la mesa de exploración durante una rotación simple del tubo de rayos X de 360° (Schwarz 2002). Este valor dividido por el espesor de corte o la colimación del rayo resulta en lo que se conoce como “pitch ratio” o “factor pitch”, relacionado con el volumen escaneado en cada rotación. Este parámetro es muy importante porque afecta a la calidad de imagen, a la dosis de exposición y por lo tanto, al resultado final del examen clínico (Seeram 2001).

El objetivo final es la obtención de imágenes tomográficas mediante la representación computerizada de los valores de atenuación de los rayos X recogidos en cada corte (Hatchcock y Stickle 1993). El valor de atenuación está relacionado con la densidad del tejido y se cuantifica en unidades Hounsfield (HU) o números TC (Ottesen y Moe 1998). Para la reconstrucción se emplea un sistema de marcado denominado matriz, formado por un elevado número de píxeles o cuadrados imaginarios dispuestos en filas y columnas. Esta matriz se superpone sobre la sección anatómica, donde cada píxel de la matriz cubrirá una pequeña parte de la sección total y le corresponde un número TC. El área del píxel por el grosor de la sección da lugar a elementos volumétricos denominados vóxeles (Ottesen y Moe 1998). A menor tamaño del píxel mayor resolución de la imagen (Seeram 2001). Otra forma de conseguir resoluciones altas es la aplicación de algoritmos. Éstos se definen como las diferentes operaciones (selección de parámetros) que se programan en el TC para optimizar dicha resolución, de manera que se dispone de algoritmos de detalle óseo y de detalle tejido blando (Seeram 2001).

Para la representación de las imágenes tomográficas se emplea una escala de grises en la que cada nivel de gris se corresponde con un determinado número TC. Los tejidos de mayor densidad presentan un valor de atenuación alto y se visualizan de color blanco en la imagen (cortical ósea); a los tejidos de baja densidad les corresponde un valor de atenuación bajo y se representan de color negro (aire), mientras que los valores de atenuación intermedia, como los órganos parenquimatosos, equivalen a las diferentes tonalidades de grises. El nivel de contraste de una imagen se puede alterar variando el orden en que aparecen los números TC mediante el cambio de la amplitud y del nivel de ventana, siendo la

amplitud de ventana el rango de números TC (escala de grises) y el nivel de ventana el centro de dicho rango (Seeram 2001). Una amplitud de ventana grande reduce el contraste en la imagen al extender los tonos de grises disponibles sobre un espectro amplio de números TC. Mientras que al utilizar un ventana de menor amplitud se consigue un incremento del contraste. De modo que una amplitud de ventana grande permitirá el estudio detallado de las estructuras óseas y para la evaluación de tejidos blandos se emplea una amplitud de ventana más pequeña (Kaser-Hotz y cols. 1994; Seeram 2001).

3.4. CONSIDERACIONES BÁSICAS DE LA IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA

De todas las modalidades descritas hasta el momento, la IRM es la técnica por excelencia en medicina humana para estudiar la ATM, ya que proporciona una visualización excelente de los tejidos óseos y blandos de forma simultánea (Chirani y cols. 2004). Los estudios más actuales ponen de manifiesto la alta sensibilidad y especificidad de la IRM para evaluar patologías temporomandibulares, demostrando un 95% de precisión en la evaluación de la posición y morfología del disco articular, y un 93% en la valoración de cambios óseos (Stoller y Jacobson 1997; Shimazaki y cols. 2007).

El fundamento de esta herramienta diagnóstica son las propiedades magnéticas que presentan los núcleos de ciertos elementos al ser sometidos a un fuerte campo magnético externo (Dennis 1995). Bajo estas circunstancias, se emiten ondas electromagnéticas de radiofrecuencia que provocan la excitación de dichos núcleos al absorber energía (estado de resonancia) y por lo tanto, un cambio en la magnetización del paciente. Al cesar los pulsos de radiofrecuencia se

libera el exceso de energía (estado de relajación) para volver al estado de equilibrio, donde la magnetización neta del paciente resulta nula. La energía liberada lo hace como señal eléctrica que es captada por una antena receptora para que seguidamente el ordenador la procese y analice de forma conveniente (Dennis 1996).

El campo magnético externo (B_0) es creado por un imán. Los utilizados en IRM son los imanes superconductores ya que alcanzan campos magnéticos de gran intensidad, uniformidad y estabilidad. La intensidad del campo magnético se mide generalmente en unidades Tesla (T) y determina que un equipo sea de bajo ($< 1T$), medio (1T) o alto campo magnético ($> 1T$) (Gili y Capdevilla 1992; Baird y cols. 1998). En la clínica equina, los escáneres portátiles son de bajo campo magnético y se emplean para el examen de las extremidades distales, con la ventaja de evitar la anestesia general pero por otro lado, estas unidades precisan de más tiempo para adquirir la señal adecuada, necesitan programas específicos para contrarrestar el mayor número de artefactos por movimiento y los cortes obtenidos son de mayor grosor redundando en la calidad de imagen (Blaik y cols. 2000). Para estudiar estructuras craneoencefálicas se emplean imanes de medio o alto campo que proporcionan imágenes de mayor calidad, pero su diseño es cerrado, necesitando la anestesia general del animal (Arencibia y cols. 2001; Audigié y cols. 2004).

El hidrógeno (H) es el elemento más utilizado para los estudios de IRM porque es el más simple y el más abundante en el organismo. Otra característica del núcleo de H es que gira sobre sí mismo, movimiento al que se denomina espín. Merced a este movimiento se produce señal en IRM. Aparte del H, el sodio

y el fósforo también poseen espín, mientras que el carbono, el oxígeno o el calcio no. Esta es la razón por la que el hueso o el gas no producen señal en IRM (Gili y Capdevilla 1992; Shores 1993). Cuando los núcleos son sometidos a la acción del campo magnético externo, éstos se alinean con él en la misma orientación (estado paralelo, menos energético) o en la opuesta (estado antiparalelo, más energético) y empiezan a precesar. El movimiento de precesión es un movimiento alrededor de la dirección del B_0 con una angulación determinada (Dennis 1996). Es importante conocer la frecuencia de precesión porque para que los núcleos se exciten, la frecuencia electromagnética debe coincidir con ella, y para que la antena receptora reciba la señal debe sintonizarse también a la misma frecuencia (Hendrick y cols. 1992). La frecuencia de precesión depende del B_0 y su relación viene dada por la Ecuación de Larmor:

$$\omega = \gamma \cdot B_0$$

donde ω es la frecuencia de precesión y γ es el cociente giromagnético (constante de cada tipo de núcleo) (Hendrick y cols. 1992).

La dirección del B_0 se considera situado en un plano longitudinal (eje z del sistema cartesiano) y el plano transversal sería perpendicular al anterior (eje xy). Medir la magnetización de los tejidos en el plano longitudinal es muy complicado por ser inferior a la magnitud del B_0 , así pues para medirla es necesario desplazar la magnetización longitudinal de los tejidos hacia el plano transversal creando una corriente eléctrica detectable para la antena receptora y que posteriormente se procesará para la obtención de la imagen (Hendrick y cols. 1992). Para ello, se emiten ondas electromagnéticas de radiofrecuencia que provocan sobre los núcleos una sincronización de sus movimientos de precesión y

el desplazamiento hacia el plano transversal con un ángulo de inclinación (“flip angle”), cuyo valor depende de la amplitud y duración de las ondas. Esta duración es muy corta, milisegundos (ms), por lo que reciben el nombre de pulsos de radiofrecuencia. En IRM, los pulsos usados con más frecuencia son de 90° (desplaza la magnetización longitudinal hasta el plano transversal) y de 180° (causa la inversión completa de la magnetización sobre el eje z). La máxima intensidad de señal se consigue con pulsos de 90° y no se produce señal con los de 180° . Cuando termina la emisión del pulso, la magnetización transversal se pierde progresivamente a la vez que se recupera la longitudinal, proceso conocido como relajación, durante el cual se emite la señal eléctrica (Thomson y cols. 1993). Si representamos la magnetización longitudinal en relación al tiempo, se obtiene una curva exponencial creciente denominada curva T1. Si representamos la disminución de la magnetización transversal en relación al tiempo se obtiene la curva T2. Luego T1 es el tiempo de relajación longitudinal (en ms) y T2 el tiempo de relajación transversal (Gili y Capdevilla 1992).

Cada tejido, en función de su estructura bioquímica, se caracteriza por un T1, T2 o su densidad de protones (núcleos de hidrógeno), lo que determina su imagen en IRM. Los intervalos de tiempo a los que emitimos y recibimos las ondas de radiofrecuencia se conocen como secuencias de pulsos de radiofrecuencia y están determinadas por el tiempo de eco (TE) y el tiempo de repetición (TR). El TE es el tiempo (ms) que transcurre entre la emisión de un pulso y la recogida de la señal. El TR es el tiempo que transcurre entre el comienzo de una secuencia de pulso de radiofrecuencia y la siguiente secuencia idéntica a la primera (Thomson y cols. 1993). Variando el TR y el TE podemos obtener imágenes en las que predominen las diferencias de los tejidos por su T1,

T2 o su densidad de protones. Esta forma de manipular las imágenes se llama potenciación en T1, T2 o en densidad protónica (DP), y se utiliza en función del contraste tisular que se quiera obtener y la sospecha patológica (Gili y Capdevilla 1992). Cuando se emplean TR cortos (300-800 ms) y TE cortos (≤ 30 ms), los tejidos no han recuperado su magnetización longitudinal al aplicar el siguiente pulso, luego la señal depende de sus T1 produciéndose imágenes potenciadas en T1. Al utilizar TR largos (≥ 1500 ms) y TE largos (≥ 30 ms) predomina T2 adquiriendo imágenes potenciadas en T2. La aplicación de TR largos y TE cortos implica la obtención de imágenes potenciadas en DP al obedecer la señal exclusivamente a la concentración de protones (Hendrick y cols. 1992).

Adicionalmente, según los valores de pulsos de radiofrecuencia (ángulo de inclinación) utilizados y los intervalos de tiempo (TE y TR) aplicados se consiguen diferentes tipos de secuencias. La más utilizada es la espín-eco (SE) por sus posibilidades de potenciación en T1, T2 y DP. Está formada por pulsos de 90° y 180° espaciados TE/2. La secuencia eco de gradiente (EG) se emplea para disminuir el tiempo de adquisición de las imágenes. Para ello se envían pulsos con un “flip angle” menor de 90° para permitir una recuperación más rápida de la magnetización, seguidos de gradientes magnéticos (pequeñas modificaciones sobre el campo magnético) que varían la frecuencia de precesión y la fase de los espines más susceptibles, emitiendo así señales diferentes (Thomson y cols. 1993). En las secuencias de supresión de grasa (STIR o FAT SAT) se anula la señal de la grasa mediante la aplicación previa de un pulso inversor de la magnetización específica de la grasa, quedando el agua ligada de los tejidos inalterable. Son especialmente útiles para estudios patológicos (Gili y Capdevilla 1992).

La intensidad de señal es inversamente proporcional al valor T1. Esto implica que en las imágenes potenciadas en T1, los tejidos con un T1 corto (relajación longitudinal rápida) demuestran una intensidad de señal alta (como la grasa) y los que poseen un T1 largo (líquidos), una intensidad de señal baja. En cambio, la intensidad de señal es directamente proporcional al valor T2, luego las imágenes potenciadas en T2 exhiben los tejidos caracterizados por un T2 corto (relajación transversal rápida) con una intensidad de señal baja (tejido fibroso, hueso cortical), y los de un T2 largo con una intensidad de señal alta (todos los líquidos, incluido el edema). En las imágenes potenciadas en DP, la intensidad de señal es directamente proporcional a la densidad de núcleos de H, así pues, los tejidos con mayor densidad se visualizan con una intensidad de señal alta (grasa) y los tejidos con baja densidad dan intensidad de señal baja (líquidos) (Thomson y cols. 1993). Las imágenes potenciadas en T1 proporcionan un detalle anatómico excelente y son fundamentales para el estudio de la anatomía. En cambio, las imágenes potenciadas en T2 muestran mayor contraste entre los tejidos y se utilizan para el estudio de patologías ya que resaltan las posibles áreas de lesión. Las imágenes potenciadas en DP presentan poco contraste aunque una alta intensidad de señal, siendo su uso más limitado (Thomson y cols. 1993).

En relación al sistema de representación de imágenes en IRM, éste viene determinado por una matriz compuesta por píxeles (representación bidimensional) y vóxeles (representación tridimensional) en la que se supone dividida la imagen. A cada componente le corresponde una intensidad de señal, la cual tiene asignada un color diferente dentro de una escala de grises. Ello equivale a que los tejidos con una intensidad de señal alta se visualizan blancos, con una intensidad de señal

baja se visualizan negros, y a los de señal intermedia les corresponden diferentes tonos de grises (Dennis 1996).

4. RELACIÓN DE ARTÍCULOS

1. Rodríguez, M.J. Agut, A., Gil, F. and Latorre, R. (2006) Anatomy of the equine temporomandibular joint: study by gross dissection, vascular injection and section. *Equine vet. J.* **38**, 143-147.
2. Rodríguez, M.J., Soler, M., Latorre, R., Gil, F. and Agut. A. (2007) Ultrasonographic anatomy of the temporomandibular joint in healthy Pure-bred Spanish horses. *Vet. Radiol. Ultrasound* **48**, 149-154.
3. Rodríguez, M.J., Latorre, R., López-Albors, O., Soler, M., Aguirre, C., Vázquez, J.M., Querol, M. and Agut, A. (2008) Computed tomographic anatomy of the equine temporomandibular joint in the young horse. *Equine vet. J.* **40**, 566-571.
4. Rodríguez, M.J., Agut, A., Soler, M., López-Albors, O., Arredondo, J., Querol, M. and Latorre, R. (2010) Magnetic resonance imaging of the equine temporomandibular joint anatomy. *Equine vet. J.* **42**(3):200-207.

4.1. ARTÍCULO 1

Anatomy of the equine temporomandibular joint: study by gross dissection,
vascular injection and section.

Rodríguez MJ, Agut A, Gil F, Latorre R.

Equine Vet J. 2006 Mar;38(2):143-7.

<http://www3.interscience.wiley.com/user/accessdenied?ID=123229470&Act=2138&Code=4719&Page=/cgi-bin/fulltext/123229470/PDFSTART>

4.2. ARTÍCULO 2

Ultrasonographic anatomy of the temporomandibular joint in healthy pure-bred Spanish horses.

Rodríguez MJ, Soler M, Latorre R, Gil F, Agut A.

Vet Radiol Ultrasound. 2007 Mar-Apr;48(2):149-54.

<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/117990786/PDFSTART>

4.3. ARTÍCULO 3

[Computed tomographic anatomy of the temporomandibular joint in the young horse.](#)

Rodríguez MJ, Latorre R, López-Albors O, Soler M, Aguirre C, Vázquez JM, Querol M, Agut A.

Equine Vet J. 2008 Sep;40(6):566-71.

<http://www3.interscience.wiley.com/user/accessdenied?ID=123229895&Act=2138&Code=4719&Page=/cgi-bin/fulltext/123229895/PDFSTART>

4.4. ARTÍCULO 4

[Magnetic resonance imaging of the equine temporomandibular joint anatomy.](#)

M.J. Rodríguez, A. Agut, M. Soler, O. López-Albors, J. Arredondo, M. Querol and R. Latorre

Equine Vet J. 2010 April;42(3):200-207.

[http://www3.interscience.wiley.com/user/accessdenied?ID=123326043&Act=2138&Code=4719
&Page=/cgi-bin/fulltext/123326043/PDFSTART](http://www3.interscience.wiley.com/user/accessdenied?ID=123326043&Act=2138&Code=4719&Page=/cgi-bin/fulltext/123326043/PDFSTART)

5. CONCLUSIONES

1. La ATM del caballo presenta un aporte vascular periférico propio y mantiene una relación íntima con estructuras adyacentes tan importantes como el oído medio, el nervio mandibular, la arteria timpánica o la articulación temporohioidea. Estos nexos pueden explicar muchos de los cuadros clínicos que clásicamente no se han atribuido a patologías temporomandibulares como sacudidas de cabeza o inclinación de la misma (artículo 1).
2. Para evaluar la anatomía ecográfica normal de los componentes articulares de la ATM se necesita un protocolo de examen que conste de tres abordajes: lateral, rostral y caudal. Con ellos sólo se puede estudiar el aspecto lateral de la articulación. Los resultados obtenidos describen las superficies articulares hiperecoicas con sombra acústica, el cartílago articular hipoecogénico, el disco articular y la expansión fibrosa caudal más ecogénicos que el cartílago, el receso caudal del compartimento sinovial dorsal con una textura hipoecoica heterogénea, y la cápsula articular y el ligamento lateral hiperecogénicos, cuya interpretación es facilitada por la correlación de estas imágenes con las secciones anatómicas obtenidas en el mismo plano de corte (artículo 2).
3. La TC helicoidal es un método de diagnóstico excelente para evaluar los componentes óseos de la ATM en esta especie, pero no los tejidos blandos por la deficiente resolución que se obtiene en las imágenes aun aplicando

algoritmos de detalle tejido blando. Los planos de corte que más información aportan son el transversal y el sagital (artículo 3).

4. El estudio de la ATM equina mediante IRM proporciona un excelente detalle de los componentes óseos y tejidos blandos de forma simultánea. La secuencia SE T1 en el plano oblicuo transversal y sagital es la base para identificar la anatomía. La secuencia FSE T2 aporta una buena resolución anatómica y una sensibilidad alta en la detección de patologías, sin embargo, las secuencias T2* y DP saturación de grasa son superiores para estudiar el cartílago articular y los compartimentos sinoviales al visualizarse con mayor intensidad de señal, y demuestran mayor sensibilidad en la detección de lesiones (artículo 4).

6. RESUMEN GENERAL

1. INTRODUCCIÓN

El creciente interés despertado en los veterinarios por la ATM del caballo se debe a un mayor conocimiento de esta región gracias al incremento de estudios sobre la relación existente entre la ATM y diferentes aspectos del rendimiento del animal. La ATM se ha catalogado como una región anatómica muy compleja que implica una gran dificultad a la hora de ser estudiada. Sólo con la información proporcionada por la anamnesis y el examen clínico es complicado llegar al diagnóstico definitivo, sobretodo porque en muchas ocasiones la sintomatología demostrada es leve, inespecífica y variable en el tiempo.

Tradicionalmente, la radiografía ha sido el método estándar empleado para estudiar la ATM equina. Sin embargo, la superposición de estructuras óseas adyacentes dificulta la obtención de imágenes diagnósticas y su interpretación. La ecografía es un método de diagnóstico seguro, dinámico y reproducible, que permite evaluar los tejidos blandos, el cartílago articular y las superficies óseas con un reducido coste. A pesar de ello, son pocas las referencias bibliográficas sobre la anatomía ecográfica de la ATM del caballo.

Recientemente, la introducción de las modernas técnicas de diagnóstico por imagen, como la TC y la IRM, ha revolucionado la clínica equina. Este tipo de exámenes ofrecen la posibilidad de adquirir imágenes multiplanares, proporcionando una resolución espacial y un contraste de las mismas excelente, lo cual se ha traducido en alcanzar diagnósticos muy tempranos y mejorar la efectividad de las estrategias terapéuticas. Pero a su vez, implican poseer un conocimiento exhaustivo de la anatomía, sobretodo de la anatomía seccional, para asistir en la interpretación de las imágenes obtenidas.

Desafortunadamente, las publicaciones relacionadas con el uso de estas técnicas para evaluar la ATM en el caballo son limitadas y no se han hallado referencias entorno a estudios anatómicos por medio de TC o de IRM.

Por todo ello, se plantearon los siguientes objetivos, base de la presente tesis doctoral:

1. Describir en detalle la anatomía normal de la ATM equina mediante disección, inyecciones vasculares y secciones seriadas, además de su relación con otras estructuras adyacentes (artículo 1).
2. Optimizar un protocolo de examen ecográfico para dicha articulación, reseñando la anatomía ecográfica normal y la ecogenicidad de las estructuras observadas, y correlacionando las imágenes obtenidas con secciones anatómicas realizadas en el mismo plano de corte (artículo 2).
3. Estudiar mediante TC la anatomía normal de la ATM en el caballo, usando secciones anatómicas plastinadas y congeladas elaboradas en el mismo plano de corte que las imágenes tomográficas (artículo 3).
4. Realizar un examen anatómico seccional por IRM de la ATM equina, estableciendo los planos de corte y las secuencias más óptimos para el estudio de sus componentes (artículo 4).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La eutanasia de los animales empleados para la realización de las investigaciones fue por motivos ajenos a patologías de la ATM, problemas dentarios, alteraciones de los músculos masticatorios u otros desórdenes de la

cavidad oral. En el estudio 2 se utilizaron además 5 animales vivos que también estaban exentos de dichos desórdenes.

Artículo 1

En este estudio se emplearon las cabezas de 12 caballos Pura Raza Español, en los que los compartimentos sinoviales de las ATM fueron inyectados con látex coloreado. La inyección vascular se realizó mediante la introducción de 70 mililitros (ml) de epoxy rojo a través de la arteria carótida común. Posteriormente siete cabezas fueron congeladas a -30° C durante 48 horas para obtener bloques que contenían sólo la ATM. Seguidamente se congelaron a -70° C durante una semana con el fin de adquirir criosecciones en plano transversal y oblicuos: 1) lateroventrocaudal-mediorostrodorsal con un ángulo de 45° respecto al eje sagital y 45° respecto al eje transversal de la cabeza; 2) rostradorsomedial-caudoventrolateral, angulando la sierra de banda de alta velocidad 15° con el plano horizontal y 20° con el plano transversal de la cabeza; y 3) caudodorsomedial-rostroventrolateral, formando un ángulo de 10° con el plano horizontal y 45° con el eje transversal de la cabeza. Las secciones fueron plastinadas usando el método de plastinación P-40.

Dos cabezas fueron sometidas a digestión enzimática mediante la técnica de la pancreatina para el estudio vascular y 3 cabezas se emplearon para la disección lateral y medial de la región.

Artículo 2

El estudio ecográfico se llevó a cabo en 12 cadáveres y en 5 caballos vivos, todos ellos de Pura Raza Español. La exploración ecográfica de las ATM procedentes de los cadáveres se realizó dentro de las 2 horas *post mortem*. Una

vez delimitada la región, se procedió a su depilación, limpieza con agua jabonosa y a la aplicación de gel de ecografía para favorecer el contacto del transductor. El protocolo ecográfico constó de tres abordajes: lateral, el cual se consiguió colocando el transductor en el plano latero45°dorso45°caudal-ventromediorostral oblicuo; rostral, ubicando la sonda en el plano rostro20°latero15°dorsal-caudomedioventral oblicuo; y el abordaje caudal, donde la posición del transductor describía el plano caudo10°dorso45°lateral-rostroventromedial oblicuo. El transductor empleado fue de alta frecuencia (11 MHz) lineal. Seguidamente, 6 cabezas se destinaron para hacer la disección, y otras 6 cabezas fueron empleadas para obtener secciones anatómicas de 3 mm de grosor, cortadas en el mismo plano descrito para cada uno de los abordajes ecográficos. Dichas secciones fueron plastinadas por la técnica de plastinación P-40 y fotografiadas. Los componentes articulares se identificaron tanto en las secciones como en las imágenes ecográficas.

El mismo protocolo de examen ecográfico desarrollado en el estudio *post mortem* fue aplicado en los 5 caballos vivos. Para evitar los movimientos y obtener una buena calidad de imagen, los animales fueron sedados mediante una inyección intravenosa de romifidina (0.05mg/kg de peso vivo) combinada con butorfanol (0.05mg/kg de peso vivo).

Artículo 3

Para el estudio tomográfico se utilizaron 8 ATM procedentes de 4 caballos inmaduros Pura Raza Español. Dentro de las 2 horas *post mortem*, las articulaciones fueron, primero examinadas ecográficamente para descartar efusión articular o irregularidad de las superficies articulares que indicaría patología, y

seguidamente evaluadas mediante un tomógrafo helicoidal de dos detectores. Las imágenes se procesaron con los algoritmos de detalle y los niveles de ventana apropiados para mejorar la resolución de los tejidos óseos y blandos. Una vez adquiridas las imágenes TC transversales (siguiendo el plano transversal de la cabeza), éstas se reformatearon en el plano sagital (plano sagital de la cabeza) y dorsal (plano dorsal de la cabeza). Finalizado el estudio de imagen, las cabezas se congelaron para obtener criosecciones de 3 mm de grosor en cada uno de los planos de corte anteriormente mencionados. Las imágenes de TC fueron correlacionadas con las correspondientes secciones anatómicas para su interpretación.

Artículo 4

El examen de IRM se efectuó sobre las ATM de 6 caballos Pura Raza Español (4 jóvenes y 2 adultos) en las siguientes 2 horas *post mortem*. Para escanear las articulaciones se utilizó un imán de 1 Tesla y una antena de superficie de 7.5 cm de diámetro. El protocolo consistió en las secuencias de pulsos SE T1, FSE T2, T2* y DP saturación de grasa adquiridas en los planos de corte sagital oblicuo (perpendicular al eje lateromedial del cóndilo mandibular), transversal oblicuo (paralelo al eje lateromedial del cóndilo mandibular) y dorsal oblicuo (paralelo a la superficie articular del cóndilo mandibular). En las imágenes sagitales oblicuas potenciadas en SE T1 se estudió la posición del disco con respecto a la superficie del cóndilo mandibular. Tras el examen de IRM, las cabezas fueron procesadas para conseguir criosecciones (3 mm de grosor) en los mismos planos de corte que las imágenes de resonancia para su posterior correlación e interpretación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Artículo 1

A diferencia de la medicina humana donde la ATM tiene un gran interés y es estudiada ampliamente (Bermejo-Fenoll y cols. 1992; Lippert 2000; Emshoff y cols. 2002), las descripciones anatómicas encontradas en la literatura sobre la ATM equina son breves y de escaso detalle. Mediante la disección se ha confirmado la relación que la ATM guarda con otras estructuras como la glándula parótida, la arteria y vena maxilar, los vasos transversos de la cara, el nervio facial, el nervio mandibular o el meato acústico externo (Barone 1980; May y cols. 2001; Rosenstein y cols. 2001), también descrito para el hombre (Schmolke 1994; Lippert 2000). Pero han sido las secciones oblicuas las que mayor información han aportado, al permitir visualizar aspectos de la ATM que no eran posible mediante la disección.

El disco articular se inserta lateralmente en la cápsula y en el cóndilo mandibular, y medialmente en la cápsula y en el hueso temporal. Estos hallazgos no habían sido descritos por Rosenstein y cols. (2001) o Weller y cols. (2002), y están en discorcondacia con May y cols. (2001) quienes describen una inserción circumferencial del disco a la cápsula y al cóndilo mandibular. La inserción caudomedial del disco sobre el espacio retroarticular y la porción timpánica del hueso temporal tampoco se había descrito previamente en la literatura. El nervio masetérico se relaciona con las fibras de la cápsula articular y del disco a su paso por la escotadura de la mandíbula, a igual que en el hombre (Schmolke 1994; Lippert 2000), pero hasta ahora no se había detallado en el caballo.

La cápsula articular es completa, a diferencia de la información publicada en humana por Bermejo-Fenoll y cols. (1992) quienes afirman que no existe una cápsula completa sino refuerzos capsulares dispuestos como fibras largas y cortas. La cápsula está íntimamente relacionada con las arterias y venas temporales superficiales, maxilares, temporales profundas caudales, y con el plexo venoso pterigoideo (Barone 1980; Weller y cols. 2002), de forma similar a como ocurre en humana (Schmolke 1994; Lippert 2000). Según nuestros resultados, los ligamentos lateral y caudal tienen entidad propia, a diferencia de las descripciones hechas por otros autores (Barone 1980; Weller y cols. 2002) refiriéndolos como meros refuerzos capsulares. Entre el ligamento caudal, la cápsula, el disco articular, la porción timpánica del hueso temporal y la cisura petrotimpánica existe una relación directa que une la ATM con el oído medio. Estos hallazgos no están descritos en la bibliografía referente del caballo, pero sí en humana (Schmolke 1994; Cheynet y cols. 2003). Cheynet y cols. (2003) además describen 2 ligamentos más, el dicomaleolar y el maleomandibular, desde la ATM al maleolo del oído medio.

En nuestro estudio se han identificado dos compartimentos sinoviales no comunicados, con un receso rostral y otro caudal para cada uno de ellos. Recientemente Weller y cols. (2002) no mencionan el receso rostral del compartimento sinovial dorsal, y May y cols. (2001) sólo describen estos recesos para el compartimento dorsal y no para el ventral. En humana, Bermejo-Fenoll y cols. (1992) y Lippert (2000) no hacen referencia a ninguna compartimentalización de las cavidades articulares. Adicionalmente, Weller y cols. (2002) han descrito vellosidades sinoviales en ambos compartimentos, pero

en nuestro estudio sólo se visualizaron elevaciones de la membrana sinovial por la grasa intraarticular.

El aporte vascular del disco articular de la ATM en el caballo es periférico y procede de las arterias transversa de la cara, temporal profunda caudal y timpánica. Estos resultados difieren del aporte rostral y caudal descrito en humana (Schmolke 1994) y del aporte exclusivo caudal desde el tejido retrodiscal detallado para el caballo por Barone (1980) y May y cols. (2001). La inserción de los músculos pterigoideos lateral y medial en el aspecto ventromedial de la cápsula, el nexo rostromedial entre fibras del músculo temporal y el disco articular, y las inserciones del músculo masetero a fibras rostrales y laterales del disco son hallazgos nuevos para la ATM equina, aunque ya habían sido observados en humana previamente (Schmolke 1994).

Artículo 2

Recientemente se ha demostrado que la ecografía es una herramienta excelente, segura y de bajo coste económico para el diagnóstico de desórdenes de la ATM equina (Weller y cols. 1999a). Sin embargo, sólo Weller y cols. (1999b) han descrito la anatomía ecográfica de dicha articulación comparándola con secciones anatómicas. Estos autores emplearon para su investigación un transductor lineal de 7.5 MHz. En el presente estudio se utilizó una sonda lineal de 11 MHz ya que proporciona una mejor calidad de las imágenes al conseguir mejor diferenciación tisular y tener un punto focal más superficial (Brandlmaier y cols. 2003).

Para conseguir una interpretación más fiable del examen ecográfico, las secciones anatómicas plastinadas adquiridas en el mismo plano de corte que los

abordajes ecográficos han sido correlacionadas con las correspondientes imágenes de ecografía.

El protocolo ecográfico desarrollado constó de tres abordajes longitudinales: rostral, lateral y caudal. Dichos abordajes son modificaciones de los descritos previamente por Weller y cols. 1999b. En ellos, las superficies articulares se visualizaron como líneas regulares hiperecogénicas que producen sombra acústica. El cartílago articular se observó como una banda hipoeecogénica, de 3 mm de grosor en animales jóvenes, sobre la superficie articular; pero este cartílago se visualizaba menos hipoeecico que en otras articulaciones, ya que la posición del transductor no es totalmente perpendicular a dicha estructura (Cauvin y cols. 1996; Tnibar y cols. 1999). En caballos adultos es más difícil visualizar el cartílago articular debido a su menor grosor (Weller y cols. 1999b). El disco articular se identificó como una estructura triangular, ecogénica y homogénea. En el abordaje caudal sólo se visualizó la expansión fibrosa caudal, a diferencia de las descripciones publicadas anteriormente (Weller y cols. 1999b). Esta discrepancia puede ser debida al diferente emplazamiento del transductor. La cápsula articular se identificó como una interfase hiperecogénica y el tejido subcutáneo se observó superficialmente con una textura ecogénica homogénea (Weller y cols. 1999b). La vena transversa de la cara no se identificó en nuestro estudio, ni en el abordaje ecográfico rostral ni en la sección anatómica correspondiente, estando estos resultados en desacuerdo con los de Weller y cols. (1999b), posiblemente por la oblicuidad de las imágenes y secciones. Para visualizar esta vena, la sonda debe ubicarse más caudal y ventral a nuestras descripciones, siendo las imágenes de la ATM obtenidas de menor calidad diagnóstica. En el abordaje caudal, la glándula parótida se observó como un área de morfología de hoja hipoeecica con un patrón

hiperecogénico lineal. Entre la glándula y la expansión fibrosa caudal del disco se identificó el receso caudal del compartimento sinovial dorsal como una banda hipoeoica. Este resultado no está descrito en los estudios previos (Weller y cols. 1999b), como tampoco lo está la visualización del ligamento lateral en el abordaje rostral. El compartimento ventral no se observó ecográficamente (Weller y cols. 1999b); según nuestros resultados del artículo 1, sus dimensiones en caballos sanos son muy pequeñas para ser visualizado en ecografía, pero si se identifica en las secciones anatómicas.

Artículo 3

Los resultados de este estudio avalan a la TC helicoidal como un buen método de diagnóstico para evaluar en detalle los componentes óseos de la ATM equina. El TC helicoidal-dual de alta resolución utilizado permitió la obtención de imágenes de buena calidad. Así, el uso de una ventana de hueso y un algoritmo de detalle óseo facilitó la adquisición de imágenes con una alta resolución ósea, diferenciándose claramente la cortical (línea regular y delgada altamente atenuada) y la médula (estructura homogénea de baja atenuación). El cartílago articular se observó como una línea regular, lisa, de atenuación alta, dispuesta sobre el hueso subcondral, homogéneo y de baja atenuación.

A pesar de aplicar la ventana y el algoritmo de detalle tejido blando apropiados, las imágenes TC resultantes mostraron una pobre delineación de los tejidos blandos de la ATM. Aun así se pudieron identificar y correlacionar el disco articular, el receso caudal del compartimento sinovial dorsal, la cápsula articular y los músculos masticatorios. Cada una de estas estructuras exhibió diferentes tonalidades de grises, siendo el líquido sinovial la estructura con menor

atenuación. Los músculos masticatorios fueron los componentes mejor visualizados (Arencibia y cols. 2000; Devine y cols. 2005). Los ligamentos no pudieron identificarse en las imágenes tomográficas pero sí en las secciones anatómicas. Estos hallazgos pueden estar relacionados con la diferencia de densidad entre los tejidos blandos de la ATM y las estructuras óseas adyacentes, tal como pormenoriza Seeram (2001) en sus descripciones para la ATM humana. En otros estudios recientes de humana (Kaga y cols. 2003; Casanova y cols. 2006) se han obtenido imágenes con buena resolución para los tejidos blandos de la región temporomandibular, pero la diferencia está en el empleo de unidades de TC más avanzadas (“3D cone beam CT”) que proporcionan una resolución de contraste superior y una disminución de la presencia de artefactos (Honey y cols. 2007).

En el presente estudio, para minimizar los cambios *post mortem* en la visualización de los tejidos blandos, el examen TC se realizó dentro de las dos horas tras la eutanasia; aun así, los vasos venosos aparecían negros debido al acumulo de aire; Morrow y cols. (2000) atribuyen dicha apariencia a los cambios *post mortem*. Este hallazgo se debe tener en cuenta ya que en la práctica clínica los vasos presentan una apariencia hipoatenuada debido a su contenido líquido (Kaser-Hotz y cols. 1994). Aparte de este hallazgo no se encontraron otras variaciones en las imágenes TC de las ATM atribuibles a cambios *post mortem*, coincidiendo con los resultados de otros autores (Morrow y cols. 2000; Smallwood y cols. 2002).

Respecto a los planos de corte obtenidos, los planos transversal y sagital son los que mayor información proporcionaron acerca de las superficies

articulares y de las relaciones existentes entre la ATM y estructuras adyacentes como la porción petrosa y timpánica del hueso temporal (oído medio e interno), la articulación temporohioidea, las bolsas guturales, la arteria carótida interna y el seno venoso temporal. De hecho, los resultados publicados en medicina humana para el estudio tomográfico de la ATM recomiendan dichos planos (Casanova y cols. 2006). Las imágenes TC en plano dorsal fueron útiles para evaluar el cartílago articular, el hueso subcondral y la simetría del espacio articular, resultados similares a los descritos en el hombre (Nugent y Keobke 2001). De todos modos, las secciones anatómicas contenían más información de la que pudo ser identificada en las imágenes tomográficas como por ejemplo la topografía de los nervios mandibular y masticatorio.

La reconstrucción volumétrica tridimensional fue muy útil para visualizar de manera simultánea los 3 planos de corte de la articulación, caracterizando las superficies de la ATM (Kau y cols. 2005).

Artículo 4

Al no existir referencias previas sobre estudios anatómicos por IRM de la ATM del caballo, el protocolo empleado en este estudio se basó en los protocolos descritos en medicina humana (Vilanova y cols. 2007). El uso de cadáveres limitó nuestro protocolo a exámenes con la boca cerrada, en contraste con los exámenes dinámicos que se realizan en humana para documentar de manera exacta la posición del disco articular (Drace y Enzmann 1990).

La mayor recopilación de información se consiguió mediante las imágenes IRM en los planos sagital oblicuo y transversal oblicuo, alcanzando una descripción anatómica excelente de los componentes de la ATM y de su relación

con estructuras nobles adyacentes, a igual que ocurre en humana (Vilanova y cols. 2007). Entre estas relaciones destaca el nexo de unión del disco, la cápsula, el ligamento caudal con el oído medio, información verificada mediante las secciones anatómicas frescas y plastinadas que se utilizaron para la interpretación de las imágenes IRM.

El uso de un imán con una intensidad de campo de 1 T, una antena de radiofrecuencia de superficie pequeña (7.5cm de diámetro), unos parámetros ajustados y un grosor de corte de 3 mm, posibilitó la obtención de un ratio ruido-señal alto (Stehling y cols. 2007), y consecuentemente, un contraste y una resolución espacial excelente, sobretodo en las secuencias SE T1, las cuales se emplearon para evaluar la anatomía articular y peri-articular, como previamente se ha descrito en el hombre (Sommer y cols. 2003). En cambio, las secuencias T2* y DP supresión de grasa exhibieron de forma superior la morfología del disco y destacaron la visualización del cartílago articular y de los compartimentos sinoviales (sinovia y líquido sinovial), a pesar de mostrar las imágenes menor resolución debido al artefacto de granulado. La secuencia FSE T2 se utilizó porque reduce el tiempo de escaneo, proporcionando imágenes con una resolución anatómica aceptable que a su vez son sensibles a cambios patológicos (Westbrook y Kaut 2000). Sin embargo, las secuencias T2* y DP supresión de grasa fueron superiores para evaluar el cartílago articular y el líquido sinovial sin interferencia de la grasa, la cual aparecía brillante en la secuencia FSE T2.

Las intensidades de señal observadas en nuestro estudio para algunos de los componentes de la región temporomandibular no coinciden con las descritas en pacientes humanos (Stoller y Jacobson 1997). La explicación radica en el

desarrollo de las investigaciones sobre pacientes vivos, y por lo tanto no existen alteraciones de las imágenes como consecuencia de cambios *post mortem*. La principal diferencia encontrada en las imágenes es la apariencia de los vasos con una intensidad de señal muy baja (próxima al negro), emulando el flujo sanguíneo, que se correspondía con aire. Otros estudios en extremidades de cadáveres de caballos describen una intensidad de señal alta merced a la existencia de coágulos (Latorre y cols. 2006). Nuestros resultados revelaron una intensidad de señal alta de la sinovia y del líquido sinovial en todas secuencias, mientras que en humana el líquido exhibe una intensidad de señal baja en T1. Otros autores (Blaik y cols. 2000) resaltan la baja intensidad de señal demostrada tanto por la sinovia como por el líquido en las imágenes T1 de extremidades en cadáveres. El cartílago articular se visualizó en las imágenes T2* y DP saturación de grasa como una banda de alta intensidad de señal sobre el hueso subcondral que aparecía con una intensidad de señal nula (negro). En los especímenes inmaduros, el cartílago articular era más grueso (3 mm) que en adultos (1 mm), estando estos resultados en concordancia con los previamente descritos para la ATM equina mediante ecografía (Weller y cols. 1999b).

El disco articular reveló una intensidad de señal intermedia en su porción central y en la zona de transición entre la porción caudal y la expansión fibrosa caudal, claramente identificada en las secuencias SE T1, a igual que se ha descrito para el hombre (Vilanova y cols. 2007). Esta heterogeneidad se justifica en ambas especies por las variaciones de la composición del disco en dichas zonas, fibras elásticas en la porción central al ser la zona de mayor carga y tejido fibroso en la zona retrodiscal. La cápsula (baja intensidad de señal en todas secuencias) y los

ligamentos (intensidad de señal intermedia) se identificaron en nuestro estudio, a diferencia de las descripciones en humana.

Los músculos masticatorios demostraron diferentes tonalidades de grises en las diferentes secuencias de IRM. La identificación de las estructuras nerviosas resultó muy compleja, pero la grasa adyacente resaltó la baja intensidad de señal que demostraban en las secuencias SE T1 y FSE T2. Algunos de los nervios identificados fueron el masetérico, el facial y el mandibular.

Todos estos resultados demuestran que la IRM es una técnica prometedora para el estudio de la ATM equina, que contribuye en un mejor conocimiento de esta articulación.

4. CONCLUSIONES

1. La ATM del caballo presenta un aporte vascular periférico propio y mantiene una relación íntima con estructuras adyacentes tan importantes como el oído medio, el nervio mandibular, la arteria timpánica o la articulación temporohioidea. Estos nexos explican muchos de los signos clínicos inespecíficos clásicamente asociados a patologías temporomandibulares como sacudidas de cabeza o inclinación de la misma (artículo 1).
2. Para evaluar la anatomía ecográfica normal de los componentes articulares de la ATM se necesita un protocolo de examen que conste de tres abordajes: lateral, rostral y caudal. Con ellos sólo se puede estudiar el aspecto lateral de la articulación. Los resultados obtenidos describen las superficies articulares hiperecoicas con sombra acústica, el cartílago articular hipocogénico, el disco articular y la expansión fibrosa caudal

más ecogénicos que el cartílago, el receso caudal del compartimento sinovial dorsal con una textura hipoeoica heterogénea, y la cápsula articular y el ligamento lateral hiperecogénicos, cuya interpretación es facilitada por la correlación de estas imágenes con las secciones anatómicas obtenidas en el mismo plano de corte (artículo 2).

3. La TC helicoidal es un método de diagnóstico excelente para evaluar los componentes óseos de la ATM en esta especie, pero las imágenes obtenidas de los tejidos blandos, aun aplicando algoritmos de detalle tejido blando, son de baja resolución diagnóstica. Los planos de corte que más información aportan son el transversal y el sagital (artículo 3).
4. El estudio de la ATM equina mediante IRM proporciona un excelente detalle de los componentes óseos y tejidos blandos de forma simultánea. La secuencia SE T1 en el plano oblicuo transversal y sagital es la base para identificar la anatomía. La secuencia FSE T2 aporta una buena resolución anatómica y una sensibilidad alta en la detección de patologías, sin embargo, las secuencias T2* y DP saturación de grasa son superiores para estudiar el cartílago articular y los compartimentos sinoviales al visualizarse con mayor intensidad de señal, y demuestran mayor sensibilidad en la detección de lesiones (artículo 4).

7. EXTENDED SUMMARY

1. INTRODUCTION

The increasing interest recently shown by the clinicians in the equine temporomandibular joint (TMJ) results in a major understanding of this region, thanks to an increase in the number of researches concerning the TMJ and different aspects of the horse's performance. The TMJ has been classified as a complex anatomical region when investigating. The information collected from the anamnesis and physical examination alone is not sufficient to achieve a definitive diagnosis, above all because the exhibited clinical signs are subtle, non-specific of TMJ dysfunction and can fluctuate over time or with activity.

Traditionally, radiography has been the standard method employed to image the equine TMJ, though the overlapping of adjacent structures makes the acquisition of diagnostic images and its interpretation difficult. Ultrasonography is a dynamic, repeatable and safe technique which has the capacity of visualising the soft tissues, articular cartilage and bone surfaces with a reduced cost. In spite of that, references concerning the ultrasonographic anatomy of the equine TMJ are sparse.

In recent years, the introduction of novel diagnostic imaging modalities such as CT and MRI has meant a clinical revolution in the equine practice. This sort of examinations offers the possibility of multiplanar imaging acquisitions and 3D analysis. That provides a high spatial resolution and better image contrast, and can give early evidence of pathological changes and enhance the effectiveness of therapeutic strategies. But at the same time, a reliable and accurate interpretation of the obtained images demands a thorough knowledge of the interpretation principles and the TMJ regional anatomy, especially sectional anatomy, to

improve the clinical diagnostic information. Unfortunately, reports concerning the use of these techniques in the equine TMJ are limited and there are no references about CT or MRI anatomic studies.

For that reasons, the following objectives has been suggested as base of this thesis:

1. To examine in detail the anatomy of the normal equine TMJ and the relationship of the joint to adjacent structures by gross dissection, vascular injection and sections (article 1).
2. To optimize the ultrasonographic protocol for this articulation, describing the normal ultrasonographic appearance and echogenicity of the visualised structures, using frozen and plastinated sections as anatomic references (article 2).
3. To study the TMJ anatomy by CT using frozen and plastinated sections to confirm the CT findings (article 3).
4. To perform a sectional anatomic evaluation of the equine TMJ by MRI and determine the best imaging planes and sequences to visualise the TMJ components (article 4).

2. MATERIALS AND METHODS

The euthanasia of horses used in these researches had no relation with any mouth disturbance including TMJ disorders as well as dental and masticatory problems. In article 2, five live horses were also employed which fulfilled the above mentioned health requirements.

Article 1

The heads of 12 pure Spanish-bred horses were used in this study, in which the TMJ dorsal synovial pouches were injected with coloured latex. For vascular injection, 70 ml red epoxy was introduced through the common carotid artery. Afterwards, seven heads were frozen at -30°C for 48 hours to obtain blocks containing only the TMJ. The blocks were then frozen at -70°C for a week to obtain cryosections on transverse and oblique planes: 1) lateroventrocaudal-mediorostrodorsal, making an angle of 45° with the transverse axis of the head; 2) rostradorsomedial-caudoventrolateral, angulating the saw 15° with the horizontal plane and 20° with the transverse plane of the head; and 3) caudodorsomedial-rostroventrolateral, making 10° with the horizontal plane and 45° with the transverse plane of the head. Sections were plastinated using the P-40 plastination method.

Two heads were subjected to enzymatic digestion by means of a pancreatin technique to perform the vascular study, and 3 heads were employed for lateral and medial dissection.

Article 2

The ultrasonographic exam was carried out on 12 cadavers and 5 live horses, all of them pure Spanish breed. Ultrasonography of the specimens' TMJ was performed within 2 hours *post mortem*. Once the TMJ region was located, the area was shaved, washed and an acoustic gel was applied for optimal transducer contact.

The ultrasonographic protocol used for this study was composed of three approaches: lateral, where the transducer was positioned over the

latero45°dorso45°caudal-ventromediorostral oblique plane; rostral, in which the probe was placed over the rostro20°latero15°dorsal-caudomedioventral oblique plane; and caudal approach, describing the transducer the caudo10°dorso45°lateral-rostroventromedial oblique plane. An 11 MHz linear-array transducer was used. After imaging procedure, 6 specimens were dissected for gross study, and the other 6 heads were frozen and sectioned in the same plane as the sonographic approaches to obtain 3 mm-thick slices. These sections were plastinated according to the P-40 plastination method and photographed. The TMJ articular components were identified in both sections and ultrasonographic images.

The same ultrasonographic protocol described for the *post mortem* examination was applied to evaluate 5 live horses. Horses were sedated with an intravenous injection of romifidine (0.05mg/kgbw) plus butorphanol (0.05mg/kgbw) to avoid movements and acquire a good image quality.

Article 3

For CT study, 8 TMJs from 4 immature pure Spanish-bred horses were used. Within 2 hours of euthanasia, the articulations were, initially examined by ultrasonography to rule out the presence of joint effusion or bony irregularity that could indicate a TMJ abnormality, and then scanned by a dual helical CT scanner. Scans were processed with an appropriate windowing and detailed algorithm to enhance soft tissue and bony resolution. Transverse CT images (following the transverse plane of the head) were reformatted into sagittal (sagittal plane of the head) and dorsal (dorsal plane of the head) planes.

Following the scanning time, heads were frozen for sectioning to acquire contiguous 3 mm-thick transverse, sagittal and dorsal cryosections. CT images and corresponding sections were correlated to their interpretation.

Article 4

MRI examination was performed in 6 pure Spanish-bred horses (4 immature and 2 mature) within 2 hours of euthanasia. To scan the articulations, a 1 Tesla magnet with a 3 inch radiofrequency surface coil placed over the TMJ region was used. The protocol was made up of four pulse sequences SE T1, FSE T2, T2* and PD fat-suppression obtained in oblique sagittal plane (perpendicular to the lateromedial axis of the mandibular condyle), oblique transverse plane (parallel to the lateromedial axis of the mandibular condyle) and oblique dorsal plane (parallel to the articular surface of the mandibular condyle). The position of the articular disc relative to the mandibular condyle was studied in each TMJ on T1-weighted sagittal images. After imaging the specimens, heads were processed to obtain 3 mm-thick cryosections in the same planes as MRI images for later correlation and interpretation.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Article 1

In human medicine, the TMJ has arisen great interest and been thoroughly studied (Bermejo-Fenoll et al. 1992; Lippert 2000; Emshoff et al. 2002), as opposed to in horses where anatomical descriptions in the literature of the equine TMJ are brief and poor detailed. The relationship between the TMJ and other structures such as the parotid salivary gland, maxillary artery and vein, facial transverse vessels, facial nerve, mandibular nerve and external auditory meatus

has been confirmed by gross dissection (Barone 1980; May et al. 2001; Rosenstein et al. 2001), in agreement with the descriptions reported in man (Schmolke 1994; Lippert 2000). However, the major information was achieved with the oblique sections which allowed visualisation of other TMJ aspects not possible in gross dissection.

The articular disc inserts laterally onto the capsule and the mandibular condyle and medially, onto the capsule and temporal bone. This finding was not reported by Rosenstein et al. (2001) or Weller et al. (2002) and was not in agreement with May et al. (2001), who described a circumferential attachment of the disc to the mandibular condyle and joint capsule. The caudomedial attachment of the disc in the retroarticular space and the tympanic part of the temporal bone has not been previously reported either. The masseteric nerve is entrapped by fibres of the articular capsule and articular disc as it passes through the mandibular incisure, similar to man (Schmolke 1994; Lippert 2000), but it has not been detailed in horse yet.

The isolated articular capsule is complete, differing from the descriptions published in man by Bermejo-Fenoll et al. (1992), who state that a complete capsule does not exist but articular reinforcements (short and long fibres) are present. The TMJ capsule is in close association with the superficial temporal, maxillary and caudal deep temporal arteries and veins, and pterygoid venous plexus in horses (Barone 1980; Weller et al. 2002) and man (Schmolke 1994; Lippert 2000).

According to our results, the lateral and caudal ligaments are easily identified and isolated, in contrast with the descriptions reported previously

concurring that the joint ligaments are solely capsular reinforcements (Barone 1980; Weller et al. 2002). There exists an intimate relationship of the caudal ligament, capsule and disc with the tympanic part of the temporal bone and the petrotympanic fissure that links the TMJ and middle ear in horses. This does not appear to have been documented in the horse, but has been in man (Schmolke 1994; Cheynet et al. 2003). Cheynet et al. (2003) also describe 2 ligaments, the discomalleolar and malleomandibular, from the TMJ to the malleous of the middle ear.

Rostral and caudal compartments of both noncommunicating dorsal and ventral synovial pouches have been identified in our study. The most recent report by Weller et al. (2002) does not mention a rostral compartment of the dorsal synovial pouch, and May et al. (2001) only document these compartments in the dorsal synovial pouch and do not in the ventral synovial pouch. In man, the reports of Bermejo-Fenoll et al. (1992) and Lippert (2000) do not refer to any compartmentalisation of the articular cavities. In addition, Weller et al. (2002) state that there are synovial villi in both articular spaces, but only elevations of the membrane by the fat tissue have been observed in our study.

The vascular supply of the equine articular disc is peripheral and arises from the transverse facial, caudal deep temporal and tympanic arteries. These findings differ from the rostral and caudal nutrition documented in man (Schmolke 1994) and from the lone caudal supply reported in the horse through the retrodiscal tissue by Barone (1980) and May et al. (2001). The attachment of the lateral and medial pterygoid muscles onto the ventromedial side of the capsule, the rostromedial nexus between the temporalis fibres and disc, and the

attachment of the masseter muscle to the rostral and lateral fibres of the articular disc is new information regarding the horse, although these features have been previously reported in man (Schmolke 1994).

Article 2

Recently, ultrasonography has been proven to be an excellent tool, safe and less expensive to diagnose TMJ disorders in horses (Weller et al. 1999a). However, only Weller et al. (1999b) have described the ultrasonographic anatomy of the equine TMJ in correlation with anatomical sections. A 7.5 MHz linear-array transducer was used by these authors, while in the present study an 11 MHz linear-array probe was employed, improving image quality because of a defined tissue differentiation and better near-field clarity (Brandlmaier et al. 2003).

To produce reliable interpretation during ultrasonography, the plastinated sections acquired in the same plane of ultrasonographic images have been compared with these images obtained by longitudinal scans.

The ultrasonographic protocol consisted of three longitudinal approaches: rostral, lateral and caudal. These approaches are modifications of those described previously by Weller et al. 1999b. The articular surfaces were visualised as hyperechoic smooth lines with acoustic shadowing. The articular cartilage was clearly visualised in juvenile horses as a hypoechoic layer of up 3 mm thickness. It is observed to be less hypoechoic than in other joints as the sonographic plane was not totally perpendicular to this structure (Cauvin et al. 1996; Tnibar et al. 1999). In adult horses, the articular cartilage was hardly visible because of its smaller size (Weller et al. 1999b). The disc was imaged as a homogeneous echoic triangular structure. But on the caudal approach, we identified the caudal fibrous

expansion of the disc and not a section of the disc as reported previously (Weller et al. 1999b). This discrepancy could be due to different placement of the probe. The joint capsule was identified as a hyperechoic interface and the subcutaneous tissue appeared as the most superficial echoic layer (Weller et al. 1999b). The transverse facial vein was not visualised either on the rostral approach and anatomic sections differing from the descriptions reported by Weller et al. (1999b), possibly due to the obliquity of the sections. To visualise this vein, the transducer should be placed caudally and ventrally, being the quality of the obtained images poor to evaluate the rostral aspect of the TMJ. The parotid salivary gland was identified on the caudal approach as a hypoechoic leaf shape area with a hyperechoic linear pattern. The caudal compartment of the dorsal synovial pouch appeared as a hypoechoic band between the parotid salivary gland and the caudal fibrous expansion of the disc. The lateral ligament was identified on rostral approach. These results have not been previously reported (Weller et al. 1999b). The ventral synovial pouch was not observed in the ultrasonographic images (Weller et al. 1999b), but according to our results (article 1), the dimension of this pouch in healthy horses is too small to be visualised sonographically but it is identified in the anatomic sections.

Article 3

With regards to our results, helicoidal CT is an excellent method for the detailed assessment of the bony structures of the equine TMJ. The high resolution dual-helical CT unit used enabled successful evaluation of the TMJ components. The use of the bone window and detailed algorithm produced excellent images with high bone detail, so that clear differentiations could be made between the

cortex (continuous flat high attenuating line) and the medulla (homogeneous low attenuating structure). The articular cartilage was identified as a regular, smooth, high attenuating line over the homogeneous low attenuating subchondral bone.

Despite the employment of a soft tissue algorithm and windowing, the TMJ soft tissue components were not as well visualised as the bone-containing structures. It was possible, however, to identify and correlate the articular disc, caudal compartment of the dorsal synovial pouch, articular capsule and masticatory muscles. Each of these soft tissues showed variable shades of grey, being the synovial fluid the lowest attenuating structure. The masticatory muscles were the best depicted structures (Arencibia et al. 2000; Devine et al. 2005). The TMJ ligaments could not be identified in CT images, but could in anatomical sections. Such a finding may be related to the difference between the density of TMJ soft tissues and that of the surrounding bony tissue (Seeram 2001). In other recent human studies (Kaga et al. 2003; Casanova et al. 2006), a good image resolution for TMJ soft tissues has been described, probably because more advanced CT scanners (3D cone beam CT) are used, which provide higher contrast resolution and reduction of imaging artefacts (Honey et al. 2007).

In the present study, to minimise soft tissue findings associated with *post mortem* changes, the CT study was performed within 2 hours of euthanasia, although several venous vessels appeared air-filled in the images. The air accumulation was attributed to *post mortem* changes as described by Morrow et al. (2000). These findings should be recognised since, in clinical cases, normal vessels appear hypoattenuating owing to their fluid-content (Kaser-Hotz et al. 1994). Other findings on the TMJs CT images that could be attributed to *post*

mortem changes, which modified the imaging reference, were not identified in our study, in agreement with previous publications (Morrow et al. 2000; Smallwood et al. 2002).

As regards to the obtained section planes, transverse and sagittal CT views provided more information about the articular surfaces and the relationships between the TMJ and the adjacent structures such as the petrous and tympanic parts of the temporal bone (inner and middle ear), temporohyoid joint, guttural pouches, internal carotid artery and temporal venous sinus. In fact, these planes are recommended by human TMJ studies (Casanova et al. 2006). Dorsal CT images were useful to assess the articular cartilage, subchondral bone and symmetry of the articular space, similar to human results (Nugent and Keobke 2001). In any case, the anatomical sections revealed more valuable information that was not identifiable in the CT views including the topography of the mandibular and masticatory nerves.

The volume-3D reconstructed images were helpful to visualise all 3 planes of the joint and the surface characteristics (Kau et al. 2005).

Article 4

Because there is no information regarding the MRI evaluation of the TMJ in horses, the protocol employed for this study was based on human TMJ studies (Vilanova et al. 2007). The use of cadaver material only permitted the closed-mouth protocol, unlike the dynamic explorations that are routinely executed in human TMJ to document the accurate articular disc location (Drace and Enzmann 1990).

The oblique sagittal and transverse planes were the most informative planes, providing excellent anatomical depictions of the TMJ components and their relationship with other adjacent structures, similar to results in man (Vilanova et al. 2007). The most significant link was that, between the articular disc, capsule, caudal ligament and middle ear. This information has been verified by means of frozen and plastinated anatomical sections, also used for the interpretation of the MRI images.

The use of a high field strength magnet (1T), small diameter surface coil (3 inch), adjusted imaging parameters and 3 mm-thick slices enabled to get high signal-to-noise ratio (Stehling et al. 2007), and consequently, excellent contrast and spatial resolution of anatomic details on SE T1-weighted images which allowed the best assessment of the articular and peri-articular anatomy as previous human TMJ studies reported (Sommer et al. 2003). However, the T2* and PD fat-suppression sequences highlight the depiction of the disc morphology and visualisation of the synovial pouches (synovial fluid and synovium), in spite of the images showing less resolution due to the grainy artefact. FSE T2 sequence was used because of reduced scan time obtaining an acceptable anatomical resolution of the images with sensitivity to pathology (Westbrook and Kaut 2000). However, T2* and PD fat-suppression sequences were superior to emphasise the articular cartilage and the synovial fluid and to avoid the interference of the fat tissue (brighter on FSE T2-weighted images).

The signal intensities observed in our study for some TMJ components disagreed with those described in human patients (Stoller and Jacobson 1997). The explanation is that the human studies are done on live patients and therefore,

there are not imaging artefacts due to *post mortem* changes. The principal difference found was the appearance of the vessels which displayed dark signal intensity emulating the blood flow, probably caused by the air content. This finding also differs from other equine cadaver results where clotting blood produced high signal intensity (Latorre et al. 2006). Our results revealed a high signal intensity of the synovial fluid and synovium on all sequences, while in man, the synovial fluid demonstrates a low signal intensity on T1-weighted images. Other authors emphasise the low signal intensity shown by both structures from cadaver limbs on T1-weighted images (Blaik et al. 2000). On T2* and PD fat-suppression sequences, the articular cartilage was visualised as a high signal intensity layer over the subchondral bone (dark signal intensity). In immature specimens, the articular cartilage was thicker (3 mm) than in adult horses (1 mm), in accordance with previous results concerning the ultrasonographic anatomy of the equine TMJ (Weller et al. 1999b).

The articular disc revealed intermediate signal intensity in the central portion and the transition between the caudal portion of the disc and the caudal fibrous expansion, clearly identified on SE T1-weighted images, as recorded in previous human reports (Vilanova et al. 2007). This heterogeneity is due to variations of the disc composition (elastic fibres in the central portion since it is the weight-bearing zone and fibrous tissue of the bilaminar retrodiscal zone). The TMJ capsule (low signal intensity on all sequences) and ligaments (intermediate signal intensity on all sequences) were visualised in our study differing from results described in man.

The masticatory muscles demonstrated variable shades of grey on each MRI sequence. Nerves were difficult to distinguish from adjacent tissues, but the surrounding fat enhanced the low signal intensity showed by them on SE T1 and FSE T2 sequences. Some identified nerves were the masseteric, mandibular and facial nerves.

All these results indicate that MRI is a promising technique for the evaluation of the equine TMJ and contributes to better knowledge of this articulation.

4. CONCLUSIONS

1. The equine TMJ has its own peripheral vascular supply and is intimately related to vital structures such as the middle ear, mandibular nerve, tympanic artery and temporohyoid joint. These relationships can explain many of the non-specific clinical signs traditionally reported in temporomandibular pathologies such as headshaking or head leaning (article 1).
2. For assessing the normal ultrasonographic anatomy of the TMJ components is necessary to use a protocol composed of three approaches: lateral, rostral and caudal. It is only possible to evaluate the lateral aspect of the joint. The results describe the hyperechoic articular surfaces showing acoustic shadowing, the hypoechoic articular cartilage, the disc and caudal fibrous expansion more echogenic than the cartilage, the caudal compartment of the dorsal synovial pouch with a hypoechoic heterogeneous texture, and the hyperechoic articular capsule and lateral

ligament. Their interpretation is verified with the correlated anatomical sections obtained in the same plane as ultrasonographic images (article 2).

3. Helical CT is an excellent method for the detailed assessment of the bony structures of the equine TMJ, however, the current study does not produce high resolution images of the TMJ soft tissues to perform diagnosis, even using soft tissue detailed algorithm. The most informative planes were the transverse and sagittal ones (article 3).
4. The study of the equine TMJ by means of MRI provides an excellent detail of bony and soft tissue components simultaneously. The SE T1 sequence in the oblique sagittal and transverse planes is the baseline to identify the anatomy. The FSE T2 sequence allows to study the anatomy and pathological changes in the same images but, the T2* and PD fat-suppression sequences are superior to study the articular cartilage and synovial pouches because of higher signal intensity shown and are more sensitive to the detection of lesions (article 4).

8. BIBLIOGRAFÍA

- Arencibia, A., Vázquez, J.M., Rivero, M., Latorre, R., Sandoval, J.A., Vilar, J.M. y Ramírez, J.A. (2000) Computed tomography of normal cranioencephalic structures in two horses. *Anat. Histol. Embryol.* **29**, 295-299.
- Arencibia, A., Vazquez, J.M., Ramírez, J.A., Ramírez, G., Vilar, J.M., Rivero, M.A., Alayon, S. y Gil, F. (2001) Magnetic resonance imaging of the normal equine brain. *Vet. Radiol. Ultrasound* **42**, 405-408.
- Audigié, F., Tapprest, J., George, C., Didierlaurent, D., Foucher, N., Faurie, F., Houssin, M. y Denoix, J.-M. (2004) Magnetic resonance imaging of a brain abscess in a 10-month-old filly. *Vet. Radiol. Ultrasound* **45**, 210-215.
- Baird, D.K., Hathcock, J.T., Rumph, P.F., Kincaid, S.A. y Visco, D.M. (1998) Low-field magnetic resonance imaging of the canine stifle joint: normal anatomy. *Vet Radiol. Ultrasound* **39**, 87-97.
- Baker, G.J. (2002) Equine temporomandibular joints (TMJ): morphology, function, and clinical disease. In: *Proceedings of the 48th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners (AAEP)*, Orlando, Florida, USA.
- Barbee, D.D., Allen, J.R. y Gavin, P.R. (1987) Computed tomography in horses: technique. *Vet. Radiol. Ultrasound* **28**, 144-151.
- Barone, R. (Ed) (1980) Articulations de la tête. Muscles masticateurs. In: *Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques*, Vol. 2: Arthrologies et Miologie, 2nd edn., Editions Vigot, Paris. pp 28-34, 467-476.

- Bermejo-Fenoll, A., González-Sequeros, O. y González-González, J.M. (1992) Histological study of the temporomandibular joint caspule: theory of the articular complex. *Acta Anat.* **145**, 24-28.
- Blaik, M.A., Hanson, R.R., Kincaid, S.A., Hatchcock, J.T., Hudson, J.A. y Baird, D.K. (2000) Low-field magnetic resonance imaging of the equine tarsus: normal anatomy. *Vet. Radiol. Ultrasound* **41**, 131-141.
- Bonin, S.J., Clayton, H.M., Lanovaz, J.L. y Johnson, T.J. (2006) Kinematics of the equine temporomandibular joint. *Am. J. vet. Res.* **67**, 423-428.
- Bonin, S.J., Clayton, H.M., Lanovaz, J.L. y Johnson, T.J. (2007) Comparison of mandibular motion in horses chewing hay and pellets. *Equine vet. J.* **39**, 258-262.
- Brandlmaier, I., Bertram, S., Rudisch, A., Bodner, G. y Emshoff, R. (2003) Temporomandibular joint osteoarthritis diagnosed with high resolution ultrasonography versus magnetic resonance imaging: how reliable is high resolution ultrasonography? *J. oral Rehabil.* **30**, 812-817-
- Carmalt, J.L., Townsend, H.G. y Allen, A.L. (2003) Effect of dental floating on the rostrocaudal mobility of the mandible of horses. *J. Am. vet. Med. Assoc.* **223**, 666-669.
- Carmalt, J.L. y Wilson, D.G. (2005) Arthroscopic treatment of temporomandibular joint sepsis in a horse. *Vet. Surg.* **34**, 55-58.

- Carmalt, J.L. y Allen, A.L. (2006) Effect of rostrocaudal mobility of the mandible on feed digestibility and fecal particle size. *J. Am. vet. Med. Assoc.* **229**, 1275-1278.
- Cartee, R., Hudson, J. y Finn-bodner, S. (2003) Ultrasonography. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* **23**, 345-377.
- Casanova, M.S., Tuji, F.M., Ortega, A.I., Yoo, H.J. y Haiter-Neto, F. (2006) Computed tomography of the TMJ in diagnosis of ankylosis: two case reports. *Med. oral Pathol. oral Cir. Bucal* **11**, E-413-416.
- Cauvin, E.R.J., Munroe, G.A., Boyd, J.S. y Paterson, C. (1996) Ultrasonographic examination of the femorotibial articulation in horses: imaging of the cranial and caudal aspects. *Equine vet. J.* **28**, 285-296.
- Cooks, W.R. (2006) Correspondence to the editor. *Equine vet. J.* **38**, 361.
- Chaffin, M.K., Walker, M.A., McArthur, N.H., Perris, E.E. y Matthews, N.S. (1997) Magnetic resonance imaging of the brain of normal neonatal foals. *Vet. Radiol. Ultrasound* **38**, 102-111.
- Cheyne, F., Guyot, L., Richard, O., Layoun, W. y Gola, R. (2003) Discomalleolar and malleomandibular ligaments: anatomical study and clinical applications. *Surg. Radiol. Anat.* **25**, 152-157.
- Chirani, R.A., Jacq, J.J., Meriot, P. y Roux, C. (2004) Temporomandibular joint: a methodology of magnetic resonance imaging 3-D reconstruction. *Oral Surg. oral Med. oral Pathol. oral Radiol. Endod.* **97**, 756-761.

- Dennis, R. (1995) Estudio por imágenes de resonancia magnética: perspectiva general de su uso actual en medicina veterinaria. *Vet. Internacional* **7**, 52-61.
- Dennis, R. (1996) An introduction to veterinary CT and MR scanning. *Vet. Annual* **36**, 16-40.
- Devine, D.V., Moll, H.D. y Bahr, R.J. (2005) Fracture, luxation, and chronic septic arthritis of the temporomandibular joint in a juvenile horse. *J. vet. Dent.* **22**, 96-99.
- Dick, K.J. (1995) Computed tomography of the head of horses. *Magyar Allatorvosok Lapja* **50**, 309-311.
- Dixon, P.M. y Dacre, I. (2005) A review of equine dental disorders. *Vet. J.* **169**, 165-187.
- Drace, J. y Enzmann, D. (1990) Defining the normal temporomandibular joint: closed-, partially open-, and open-mouth MR imaging of asymptomatic subjects. *Radiol.* **177**, 67-71.
- Dyson, S., Murray, R., Schramme, M. y Branch, M. (2003) Magnetic resonance imaging of the equine foot: 15 horses. *Equine vet. J.* **35**, 18-26.
- Emshoff, R., Bertram, s., Rudisch, A. y Gabner, R. (1997) The diagnostic value of ultrasonography to determine the temporomandibular joint disk position. *Oral Surg. oral Med. oral Pathol. oral Radiol. Endod.* **84**, 688-696.

- Emshoff, R., Jank, S., Rudisch, A., Walch, C. y Bodner, G. (2002) Error patterns and observer variations in the high-resolution ultrasonography imaging evaluation of the disk position of the temporomandibular joint. *Oral Surg. oral Med. oral Pathol. oral Radiol. Endod.* **93**, 369-375.
- Ferrell, E.A., Gavin, P.R., Tucker, R.L., Sellon, D.C. y Hines, M.T. (2002) Magnetic resonance for evaluation of neurologic disease in 12 horses. *Vet. Radiol. Ultrasound* **43**, 510-516.
- Gili, J. y Capdevilla, C. (1992) Resonancia magnética. Centre Diagnòstic Pedralbes, Barcelona. pp 5-85, 135-139.
- Getty, R. (Ed) (2001) Osteología, sindesmología y miología de los equinos. In: *Sisson y Grossman's Anatomía de los Animales Domésticos*, Vol. 1, 5th edn., Editions Masson S.A., Barcelona. pp 357-359, 420-434.
- Hathcock, E.T., y Stickle, R.L. (1993) Principles and concepts of computed tomography. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* **33**, 399-417.
- Hardy, J. y Shiroma, J. (1991) What is your diagnosis? Rostral luxation of the right temporomandibular joint. *J. Am. vet. med. Ass.* **198**, 1663-1664.
- Hendrick, R.E., Kanal, E. y Osborn, A.G. (1992) Basic RM Physics. *Society of Magnetic Resonance in Medicine*, 11th Annual Meeting, Berlin. pp 1-24.
- Honey, O.B., Scarfe, W.C., Hilgers, M.J., Klueber, K., Silveira, A.M., Haskell, B.S. y Farman, A.G. (2007) Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with

- panoramic radiology and linear tomography. *Am. J. Orthod. dentofacial Orthop.* **132**, 429-438.
- Hurtig, M., Barber, S. y Farrow, C. (1984) Temporomandibular joint luxation in a horse. *J. Am. vet. med. Ass.* **185**, 78-80.
- Kaga, K., Takegoshi, H., Yamasoba, T., Nakamura, M., Kaneko, M. y Ino, K. (2003) Aplasia of zygomatic arch and dislocation of temporomandibular joint capsule in Treacher-Collins syndrome: three-dimensional reconstruction of computed tomographic scans. *Int. J. pediatr. Otorhinolaryngol.* **67**, 1189-1194.
- Kaser-Hotz, B., Sartoretti-Schefer, S. y Weiss, R. (1994) Computed tomography and magnetic resonance imaging of the normal equine carpus. *Vet. Radiol. Ultrasound* **35**, 457-461.
- Kau, C.H., Richmond, S., Palomo, J.M. y Hans, M.G. (2005) Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *J. Orthod.* **32**, 282-293.
- Kleiter, M., Kneissl, S., Stanek, Ch., Mayrhofer, E., Baulain, U. y Deegen, E. (1999) Evaluation of magnetic resonance imaging techniques in the equine digit. *Vet. Radiol. Ultrasound* **40**, 15-22.
- Knottenbelt, D.C. (2005) Equine dentistry- "The state of the art and the state of the science". *Vet. J.* **169**, 159-161.
- Kopp, A.F., Klingenberg-Regn, K., Heuschmid, M., Küttner, A., Ohnesorge, B., Flohr, T., Schaller, S. y Claussen, C.D. (2000) Multislice computed

- tomography: Basic principles and clinical applications. *Electromedica* **68**, 94-105.
- Latorre, R., Arencibia, A., Gil, F., Rivero, M., Henry, R.W., Ramírez, G. y Vazquez, J.M. (2006) Correlation of magnetic resonance images with anatomic features of the equine tarsus. *Am. J. vet. Res.* **67**, 756-761.
- Learreta, J.A., Bono, A.E., Maffia, G. y Beas, J. (2005) The identification of temporomandibular joint disease through the masticatory cycle. *Int. J. Orthod. Milwaukee* **16**, 11-15.
- Lippert, H. (Ed) (2000) Cabeza II y Cuello. Dentadura y articulación temporomandibular. In: *Anatomía. Estructura y Morfología del Cuerpo Humano*, 4th edn., Editions Marbán S.L., Madrid. pp 509-511, 551-554.
- May, K.J. (1996) Incisor problems that may result in inflammation of the temporomandibular joint. *Pferdeheilkunde* **12**, 716.
- May, K.A., Moll, H.D., Howard, R.D. y Pleasant, R.S. (2001) Arthroscopic anatomy of the equine temporomandibular joint. *Vet. Surg.* **30**, 564-571.
- Mellwraith, C.W. (2003) Advanced techniques in the diagnosis of the bone disease. Kentucky equine research nutrition conference. In: *Advances in Equine Nutrition III*, Ed: J.D.Pagan, Nottingham University Press, Nottingham. pp 1-11.
- Morrow, K.L., Park, R.D., Spurgeon, T.L., Stashak, T.S. y Arceneaux, B. (2000) Computed tomographic imaging of the equine head. *Vet. Radiol. Ultrasound* **41**, 491-497.

- Nagy, A.D. y Simhofer, H. (2006) Mandibular condylectomy and meniscectomy for the treatment of septic temporomandibular joint arthritis in a horse. *Vet. Surg.* **35**, 663-668.
- Nickel, R., Schummer, A. y Seiferle, E. (Eds.) (1986) Articulations of the bones of the head. Muscles of the mastication and superficial mandibular muscles. In: *The Anatomy of the Domestic Animals: The Locomotor System*, Vol. 1, 5th edn., Editions Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg. pp 172-173, 257.
- Nugent, R.A. y Keobke, D. (2001) Computed tomography of the head, neck and spine. In: *Computed Tomography: Physical Principles, Clinical Applications and Quality Control*, 2nd edn., Ed: E. Seeram, W.B. Saunders, Philadelphia. pp 331-332.
- Nyland, T., Mattoon, J.S., Herrgesell, E.J. y Wisner, E.R. (2002) Physical principles, instrumentation, and safety of diagnostic ultrasound. In: *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, Nyland & Mattoon ed., 2nd edn., W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA. Pp 1-18.
- Ostry, D., Vatikostis-Bateson, E. y Gribble, P. (1997) An examination of the degrees of freedom of human jaw motion in speech and mastication. *J. Speech Lang. Hear Res.* **40**, 1341-1351.
- Ottesen, N. y Moe, L. (1998) An introduction to computed tomography (CT) in the dog. *EJCAP* **III**, 29-36.
- Patterson, L., Shappel, K., y Hurtig, M. (1989) Mandibular condylectomy in a horse. *J. Am. vet. med. Ass.* **195**, 101-102.

- Ramzan, P.L. (2006) The temporomandibular joint: component of clinical complexity. *Equine vet. J.* **38**, 102-104.
- Ramzan, P.H., Marr, C.M., Meehan, J. y Thompson, A. (2008) Novel oblique radiographic projection of the temporomandibular articulation of horses. *Vet. Rec.* **162**, 714-716.
- Reef, V.B. (Ed) (1999) Physics and instrumentation. In: *Equine Diagnostic Ultrasound*, 1st edn., W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA. Pp 1-23.
- Roda, R.P., Fernández, J.D., Bazán, S.H., Soriano, Y.J., Margaix, M. y Sarrión, G. (2008) A review of temporomandibular joint disease (TMJD). Part II: Clinical and radiological semiology. Morbidity processes. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.* **13**, E102-109.
- Rosenstein, S., Bullock, F., Ocello, J. y Clayton, M. (2001) Arthrocentesis of the temporomandibular joint in adult horses. *Am. J. vet. Res.* **62**, 729-735.
- Sandoval, J. y Agüera, E. (Eds) (1999) Cabeza y cuello. Cavidad bucal. Estructuras orgánicas del tránsito cervicofacial. In: *Anatomía Aplicada Veterinaria del Caballo*, Editions Harcourt Brace Publishers, International division Iberoamericana, Madrid. pp 24-26, 41-43.
- Sanz, M.G., Sampson, S.N., Schneider, R.K., Gavin, P.R. y Baszler, T.V. (2006) Detection of an epidermoid cyst in the foot of a horse by use of magnetic resonance imaging. *J. Vet. Med. Assoc.* **228**, 1918-1921.

- Scheffer, P., Seguin, G., Levy, J., Lerondeau, C. y Masseur, G. (1997) Exploration échographique de l'articulation cranio-mandibulaire. Evaluation de la technique: à propos de 140 examens. *Rev. Stomatol. Chir. Max.* **98**, 47-49.
- Schmolke, C. (1994) The relationship between the temporomandibular joint capsule, articular disk and jaw muscles. *J. Anat.* **184**, 335-345.
- Schumacher, J. (2001) The present state of equine dentistry. *Equine vet. J.* **33**, 2-3.
- Schwarz, T. (2002) General principles in CT image planning. *EAVDI yearbook*, pp 9-23.
- Seeram, E. (2001) Physical principles of computed tomography. In: *Computed tomography: Physical Principles, Clinical Applications and Quality Control*, 2nd edn., Ed: E. Seeram, W.B. Saunders, Philadelphia. pp 73-74, 176-186, 196-197.
- Shimazaki, Y., Saito, K., Matsukawa, S., Onizawa, R., Kotake, F., Nishio, R. y Abe, K. (2007) Image quality using dynamic MR imaging of the temporomandibular joint with true-FSIP sequence. *Magn. Reson. Med. Sci.* **6**, 15-20.
- Shores, A. (1993) Magnetic resonance imaging. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* **23**, 437-459.
- Smallwood, J.E., Wood, B.C., Taylor, W.E. y Tate, L.P. (2002) Anatomic reference for computed tomography of the head of the foal. *Vet. Radiol. Ultrasound* **43**, 99-117.

- Sommer, O.J., Aigner, F., Rudish, A., Gruber, H., Fritsch, H., Millesi, W. y Stiskal, M. (2003) Cross-sectional and functional imaging of the temporomandibular joint: radiology, pathology, and basic biomechanics of the jaw. *Radiographics* **23**, e14.
- Stehling, C., Vieth, V., Bachmann, R., Nassenstein, I., Kugel, H., Kooijman, H., Heindel, W. y Fischbach, R. (2007) High-resolution magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: image quality at 1.5 and 3.0 Tesla in volunteers. *Invest. Radiol.* **42**, 428-434.
- Stoller, D.W. y Jacobson, R.L. (1997) The temporomandibular joint. In: *Magnetic resonance imaging in Orthopaedics & Sports Medicine*, David W. Stoller ed., 2nd Ed., Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia. pp 995-1020.
- Thomson, C.E., Kornegay, J.N., Burn, R.A., Drayer, B.P., Hadley, D.M., Levesque, D.C., Gainsburg, L.A., Lane, S.B., Sharp, N.J. y Wheeler, S.J. (1993) Magnetic resonance imaging- A general overview of principles and examples in veterinary neurodiagnosis. *Vet. Radiol. Ultrasound* **34**, 2-17.
- Tnibar, M.A., Auer, J.A. y Bakkali, S. (1999) Ultrasonography of the equine shoulder: technique and normal appearance. *Vet. Radiol. Ultrasound* **40**, 44-57.
- Tomlinson, J.E., Redding, W.R., Berry, C. y Smallwood, J.E. (2003) Computed tomographic anatomy of the equine tarsus. *Vet. Radiol. Ultrasound* **44**, 174-178.

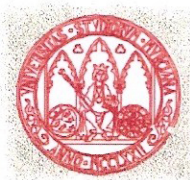
- Tsiklakis, K., Syriopoulos, K. y Stamatakis, H.C. (2004) Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac. Radiol.* **33**, 196-201.
- Townsend, N.B. y Cotton, J.C. (2007) A novel radiographic technique for investigation of the equine temporomandibular joint. In: *Proceedings of the 46th British Equine Veterinary Congress*, Equine Veterinary Journal Ltd, Newmarket. p424.
- Uysal, S., Kansu, H., Akhan, O. y Kansu, O. (2002) Comparison of ultrasonography with magnetic resonance imaging in the diagnosis of temporomandibular joint internal derangements: a preliminary study. *Oral Surg. oral Med. oral Pathol. oral Radiol. Endod.* **94**, 115-121.
- Vilanova, J.C., Barceló, J., Puig, J., Remollo, S., Nicolau, C. y Bru, C. (2007) Diagnostic imaging: Magnetic resonance imaging, computed tomography, and ultrasound. *Semin. Ultrasound CT MR* **28**, 184-191.
- Warmerdam, E.P., Klein, W.R. y van Herpen, B.J. (1997) Infectious temporomandibular joint disease in the horse: computed tomographic diagnosis and treatment of two cases. *Vet. Rec.* **141**, 172-174.
- Weller, R., Cauvin, E.R., Bowen, I.M. y May, S.A. (1999a) Comparison of radiography, scintigraphy and ultrasonography in the diagnosis of a case of temporomandibular joint arthropathy in a horse. *Vet. Rec.* **144**, 377-379.
- Weller, R., Taylor, S., Maierl, J., Cauvin, E. y May, S. (1999b) Ultrasonographic anatomy of the equine temporomandibular joint. *Equine vet. J.* **31**, 529-532.

- Weller, R., Livesey, L., Maierl, J., Nuss, K., Bowen, I.M., Cauvin, E.R.J., Weaver, M., Schumacher, J. y May, S.A. (2001) Comparison of radiography and scintigraphy in the diagnosis of dental disorders in the horse. *Equine vet. J.* **33**, 49-58.
- Weller, R., Cauvin, E., Bowen, I. y May, S. (2002) The arthroscopic approach and intra-articular anatomy of the equine temporomandibular joint. *Equine vet. J.* **34**, 421-424.
- Westbrook, C. y Kaut, C. (Ed) (2000) Pulse sequences. En: *MRI in practice*, 2^a edn., Blackwell Science Ltd., Londres, UK. pp 104-140.
- Whitton, R.C., Buckley, C., Donovan, T., Wales, A.D. y Dennis, R. (1998) The diagnosis of lameness associated with distal limb pathology in a horse: a comparison of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging. *Vet. J.* **155**, 223-229.
- Widmer, W., Buckwalter, K.A., Fessler, J.F., Hill, M.A., Vansickle, D.C. e Ivancevich, S. (2000) Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. *Vet Radiol. Ultrasound* **41**, 108-116.

9. APÉNDICE

Rank	Abbreviated Journal Title (linked to journal information)	ISSN	Total Cites	Impact Factor	Immediacy Index	Articles	Cited Half-life
19	EQUINE VET J	0425-1644	4060	1.607	0.582	91	9.9
41	VET RADIOL ULTRASOUN	1058-8183	1499	1.053	0.204	103	7.4

Rank	Abbreviated Journal Title (linked to journal information)	ISSN	Total Cites	Impact Factor	Immediacy Index	Articles	Cited Half-life
13	EQUINE VET J	0425-1644	4043	1.730	0.611	108	9.4



**UNIVERSIDAD
DE MURCIA**

**Departamento de
Medicina y Cirugía
Animal**

FACULTAD DE VETERINARIA
Campus Universitario de Espinardo
30071 MURCIA

Murcia, 7 de Julio de 2008,

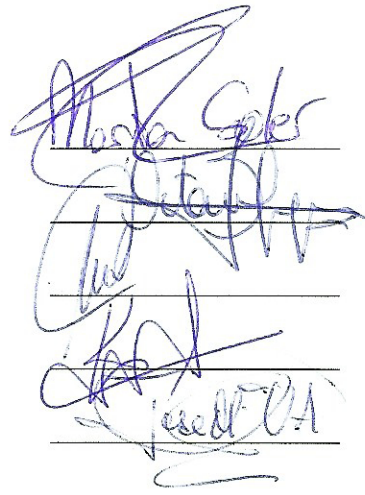
A la Comisión General de Doctorado,

Los abajo firmantes, DECLARAN:

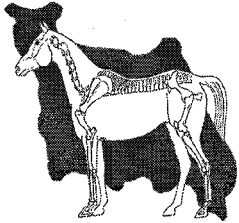
Que el trabajo realizado en la tesis: **“ESTUDIO ANATÓMICO, ECOGRÁFICO, TOMOGRÁFICO E IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA DE LA ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR DEL CABALLO”**, es original y ha sido realizado fundamentalmente por el autor de la misma, M^a Jesús Rodríguez Vizcaíno. Los co-autores certifican que los artículos contenidos en la presente tesis no serán presentados en ninguna otra tesis y declaran su conformidad con la presentación de los mismos como parte de dicho trabajo.

1. Amalia Agut
2. Rafael Latorre
3. Francisco Gil
4. Marta Soler

4. Marta Soler
5. Octavio López
6. Manolo Querol
7. Carla Aguirre
8. Jose M^a Vázquez



Four handwritten signatures in blue ink are stacked vertically on a lined background. The first signature is clearly legible as 'Marta Soler'. The second signature is less legible but appears to be 'Octavio López'. The third signature is very stylized and difficult to read. The fourth signature is also stylized but appears to be 'Jose M^a Vázquez'.



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

CIRALE – IPC

Goustranville
14430 DOZULÉ

Tél : 02.31.27.85.56

Fax : 02.31.27.85.57

Email : jmdenoix@vet-alfort.fr

Internet : <http://www.vet-alfort.fr/cirale>

Pr J-M. Denoix

CERTIFICATE OF ATTENDANCE

I hereby certify that Maria Jesus Rodriguez Vizcaino attended a course at CIRALE
(Center of Imaging and Research on Equine Locomotor Affections)
from January 6th 2003 to February 7th 2003.

To serve whom it may concern.

Goustranville 07th February 2003

Pr J-M. Denoix

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to be 'J-M. Denoix', written across the bottom of the page.

Animal Health Trust

Lanwades Park
Kentford
Newmarket
Suffolk CB8 7UU

Tel: +44 (0)8700 502424
Fax: +44 (0)8700 502425
E-Mail: info@aht.org.uk
Web site: www.aht.org.uk



Animal *Health* Trust

CENTRE FOR EQUINE STUDIES

Tel: +44 (0) 8700 502430
Fax: +44 (0) 8700 502431
E-mail: equine.centre@aht.org.uk

27th September 2007

To Whom It May Concern:

Ref: Maria Jesus Rodriguez

This letter is to confirm that Maria Jesus Rodriguez observed practice at the Animal Health Trust within the Centre for Equine Studies from the 4th to 27th September 2007.

Yours sincerely

Dr Sue Dyson MA VetMB DEO PhD FRCVS

Patron:

Her Majesty The Queen

President:

*HRH The Princess Royal
KG KT GCVO QSO*

Honorary Vice Presidents:

*HH Sbeikh Mobammed
Bin Rasbid Al Maktoum*

*The Rt Hon the Lord
Fairbaven KStJ JP DL*

The Lady Vestey SRN



INVESTOR IN PEOPLE



*Incorporated by Royal Charter
Registered charity no. 209642*



Veterinary Clinical Studies
ROYAL (DICK) SCHOOL OF VETERINARY STUDIES

The University of Edinburgh
Easter Bush Veterinary Centre
Easter Bush
Roslin Midlothian
EH25 9RG

Fax 0131 650 6588
Telephone 0131 650 1000

or direct dial 0131 650

27th May 2008

To whom it may concern,

Re: Dr Maria Jesus Rodriguez Vizcaino

Dr Rodriguez Vizcaino spent one month visiting us at the Large Animal Hospital, Easter Bush Veterinary Centre, from the 20 April to 30 May 2008. During this time she observed and assisted with the work in the orthopaedic department, including diagnostic imaging, surgery, lameness work-ups and out-of-hours work including colics. She also participated in our regular journal club and film-reading sessions.

Martin P. Weaver BVMS PhD DVR Dr.med.vet MRCVS

Senior Lecturer in Equine Orthopaedics and Surgery