

XI

LOS ESTUDIOS DE FISIOLÓGÍA EN
LA FACULTAD DE VETERINARIA DE CÓRDOBA

FRANCISCO CASTEJÓN MONTIJANO

*Catedrático de Fisiología
Facultad de Veterinaria
Universidad de Córdoba*

Con la Venia:

Excmo. Sr. Presidente de Real Academia Sevillana de Ciencias Veterinarias.

Ilmo. Sr. Decano de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba.

Excmas e Ilmas Autoridades.

Señoras y Señores:

Es para mí un gran honor y una enorme satisfacción, que la Real Academia Sevillana de Ciencias Veterinarias me haya designado para dar la lección inaugural del curso académico 2007-08. Por supuesto que no se me escapa la responsabilidad de esta tarea, dada la ilustre trayectoria de esta academia y de los académicos que la integran, por lo que ruego me traten con benevolencia por si no fuera capaz de estar a la altura que se exige en este tipo de actos.

Para esta lección inaugural he elegido el título de "Los estudios de fisiología en la Facultad de Veterinaria de Córdoba".

La Facultad de Veterinaria de Córdoba, comenzó su andadura allá por los años de 1847 como Escuela de Veterinaria, para lo cual se le asignó un antiguo edificio en la calle Encarnación Agustina. Desde entonces hasta nuestros días ha pasado por diversas situaciones docentes y administrativas, como escuela de enseñanza secundaria, escuela superior de Veterinaria, y al final Facultad de Veterinaria, que le cupo el honor de ser el germen de la actual Universidad de Córdoba. Por todos estos avatares han pasado los estudios de fisiología que con una denominación u otra existieron desde sus comienzos.

En la historia de la facultad de veterinaria se pueden distinguir dos etapas, la primera como escuela de veterinaria y la segunda como facultad.

En la etapa de escuela, se puede distinguir una primera etapa que va desde su fundación en el año 1847, hasta el año 1888, en la que domina la generación de los fundadores con la figura de D. Enrique Martín a la cabeza. La segunda etapa, llegaría hasta el plan de estudios de 1912, que implanta la exigencia del título de bachiller para su ingreso, al igual que en otras carreras universitarias de la época. La tercera etapa discurre durante un largo periodo hasta después de la guerra civil española, que va a configurar la veterinaria contemporánea, y que contó con profesores tan ilustres como el Prof. Castejón y Martínez de Arizala, el Prof. Saldaña Sicilia, el Prof. Martín Ribes, el Prof. Infante Luengo, y el Prof. Aparicio Sánchez. La valía tanto académica como profesional de estos profesores es lo que sirvió para que pasara de *Escuela Superior* al rango de Facultad Universitaria. A esa generación se la denominó como los cinco grandes.

Ya en la época de Facultad a esa generación de los cinco grandes le sucede otra que también puede considerarse como de “siete magníficos” formada por los profesores Jordano Barea, Miranda Entrenas, Castejón Calderón, Medina Blanco, Pérez Cuesta, Santisteban García y Gómez Cárdenas.

La enseñanza de la fisiología se implanta ya en el segundo año del primer plan de estudios de 1793, de forma conjunta con el estudio de la anatomía, explicándose primero los órganos y después la función. De esta forma se empezaba a primeros de Octubre con el estudio correspondiente a la Angiología (estudio de los vasos sanguíneos), Neurología (estudio de los nervios, su origen distribución, conexiones, plexos, etc), y Adenología (estudio de las glándulas, su situación, uso y secreciones).

A principios de enero se empezaba el estudio de la Splancnología en general, con la descripción de las vísceras y sus funciones fisiológicas.

La Escuela de Veterinaria de Córdoba, inicia sus enseñanzas con el plan de estudios de 1847. Este Plan de estudios establece la docencia en tres años, obteniendo el título de Veterinario de 2ª clase. En este plan se imparte la fisiología como Fisiología e Higiene en el primer año de forma conjunta con la Anatomía y el Exterior del caballo.

El plan de estudios de 1857, establece cuatro cursos para la obtención del grado de Veterinario de segunda clase, y un quinto año (solo en Madrid), para la obtención del grado de Veterinario de 1ª clase. En este plan se estudia la fisiología de forma independiente en el segundo año, conjuntamente con la higiene.

El plan de estudios de 1871 equipara las escuelas de provincias (como la de Córdoba) con la de Madrid, pudiendo dar el grado de Veterinarios tanto de 1ª como de 2ª clase, dependiendo de haber cursado cinco ó cuatro cursos. La fisiología se imparte en el segundo año como “Fisiología. Higiene. Mecánica Animal. Aplomos, pelos y modos de reseñar”. De esta forma las orientaciones generales del desarrollo de la Fisiología Veterinaria quedan marcadas por el requisito previo del conocimiento anatómico y su posterior aplicación al estudio de la patología y terapéutica por una parte y a la producción animal o Zootecnia por otra. Todo ello basado en los conocimientos científicos fisiológicos.

El plan de estudios de 1912, establece la necesidad de estar en posesión del título de Bachiller para el ingreso en la Escuela de Veterinaria. Este plan de estudios establece cinco cursos, impartándose la fisiología en el segundo curso, junto a otras asignaturas como higiene, historia natural, parasitología, bacteriología y preparación de vacunas.

El plan de 1931 (Plan Gordón) se desarrolla durante la II República, pasando las Escuelas de Veterinaria a depender de la recién creada Dirección General de Ganadería e Industrias Pecuarias. Consiste en cinco cursos divididos por semestres. La fisiología se cursa en dos asignaturas que se imparten en el segundo semestre del segundo año, y en el primer semestre del tercer año.

En el plan de 1940, se imparte como Fisiología e Higiene. En este plan se instaura un examen de selección para el ingreso y se le da el título de estudios superiores, obteniéndose el grado profesional de Veterinario en las Escuelas Superiores de Córdoba, Zaragoza y León, y el de Diploma de Estudios Superiores, solo sancionado por la Escuela de Madrid.

Ya como Facultad de Veterinaria, el plan de estudios de 1944 contempla una Cátedra de “Fisiología, Química Biológica e Higiene”. En el plan de 1953 se desgaja la Higiene como asignatura independiente y queda la Cátedra de Fisiología como “Bioquímica, Fisiología General y Fisiología Especial”, distribuyéndose en dos disciplinas, una de Bioquímica y Fisiología General que se cursa en segundo y otra de Fisiología Especial que se cursa en tercero.

El plan de 1967 desdobra la Cátedra en dos una de Bioquímica y otra de Fisiología General y Especial que se cursa en el segundo año del plan de estudios.

En el plan de estudios de 1973 se mantiene la denominación de Cátedra de Fisiología que imparte la asignatura del mismo nombre en el segundo curso de la licenciatura de Veterinaria.

A partir de 1984 con la creación de los Departamentos según la LRU, la Cátedra de Fisiología de la Facultad de Veterinaria queda incluida dentro del Departamento de Biología Animal junto a la Biología de Veterinaria y a la Fisiología y Zoología de la Facultad de Ciencias.

En el plan de estudios de 1996 la Fisiología se imparte en el segundo curso de la licenciatura de Veterinaria bajo la denominación de Fisiología Animal con un contenido de 7,5 créditos teóricos y 6 prácticos. Esta misma situación se mantiene en la reforma de 1998 en la que se incluye una nueva asignatura optativa de Fisiología bajo la denominación de Fisiología del ejercicio.

Actualmente y debido a una reestructuración de las áreas de conocimiento llevada a cabo en la universidad española, la fisiología en veterinaria queda dentro del área de conocimiento de Fisiología que engloba la enseñanza de la fisiología en las facultades de Veterinaria, Medicina, Ciencias y Enfermería, estando dentro de un macrodepartamento que se denomina "Biología Celular, Fisiología e Inmunología". En este departamento, además de las asignaturas de fisiología anteriormente señaladas se imparten otras asignatura de carácter complementario que se denominan de "libre configuración", como "El caballo en el deporte. Disciplinas ecuestres", "Taurología", "Equinotecnia" etc.

En este punto, es obligado citar a los profesores que impartieron la fisiología en Córdoba desde su fundación.

Los primeros como catedráticos de segundo curso, ya que como hemos señalado anteriormente la fisiología se impartía conjuntamente con otras materias, estos serían:

- Don Manuel Carrillo, desde 1849 hasta 1857.
- Don Agustín Villar, desde 1858 hasta 1886.
- Don Juan Manuel Díaz del Villar y Martínez Matamoros, desde 1887 hasta 1898.

Los siguientes ya como catedráticos de Fisiología:

- Don Victoriano Colomo y Amarillas, desde 1901 hasta 1902.
- Don Rafael Martín Merlo, desde 1904 hasta 1941.
- Don Francisco Castejón Calderón, desde 1948 hasta 1988.
- Don Francisco Castejón Montijano, desde 1983 hasta la actualidad.

Quiero señalar el hecho de haber tenido la suerte y el honor de compartir durante cinco años la cátedra con mi padre, Don Francisco Castejón

Calderón, primero como Profesor Agregado, según la formula implantada en aquella época, y después ya como catedrático, a partir de la implantación de la LRU, por la cual todos los Profesores Agregados pasábamos a Catedráticos.

Entre 1941 y 1948, impartieron la disciplina como profesores ayudantes y encargados de curso, Don Fernando Guerra Martos, y el propio Don Francisco Castejón Calderón, que como veremos mas adelante pasó por el cargo de Auxiliar Temporal y Adjunto interino encargado de Cátedra, entre 1945 y 1948. Quiero también reseñar la labor desempeñada como Profesores Adjuntos de Fisiología los profesores Don Antonio Rodero Fran-ganillo, que mas tarde pasó a catedrático de Genética de la Facultad de Veterinaria de Córdoba, y Don Antonio Ramírez Medina, que mas tarde pasó a desempeñar la cátedra de Fisiología en la Facultad de Veterinaria de Murcia.

En la actualidad, además de mi persona, como ya ha sido señalado anteriormente, los profesores del Departamento de Biología Celular, Fisiología é Inmunología que imparten fisiología en la Facultad de Veterinaria de Córdoba son los siguientes:

- Don Rafael Vivo Rodríguez, Prof. Titular.
- Don Rafael Santisteban Valenzuela, Prof. Titular.
- Don Sergio Agüera Carmona, Prof. Titular.
- D^a M^a Dolores Rubio Luque, Prof. Titular.
- D^a Estrella Agüera Buendía, Prof. Titular.

Pasaremos a ocuparnos de los hechos mas revelantes de los profesores que han impartido la fisiología en todo este tiempo.

Don Manuel Carrillo.

Se incorpora como catedrático de 2^o curso por oposición, procedente de Zaragoza. Fue un gran profesional que puso consulta pública y gozó de gran prestigio entre sus alumnos, a pesar de su carácter rígido y adusto que le ocasiono algún que otro accidente académico de no mucha importancia. Hombre enfrascado en su actividad específica, no ocupó cargos ni llenó protagonismos.

Don Agustin Villar y Gonzalez.

Fue nombrado primero agregado de Córdoba. Colaboró estrechamente con el entonces director Don Enrique Martín Gutiérrez, ocupando el cargo de Secretario. Obtuvo la cátedra de 2^a en León en 1858, donde

permaneció solo dos meses, para retornar a Córdoba y ocupar la vacante de Don Manuel Carrillo. Alcanzó el grado de Caballero de la Real Orden de Carlos III.

Don Juan Manuel Díaz de Villar y Martínez Matamoros.

Finalizo sus estudios de veterinaria en Madrid en 1881, y de Bachiller en 1883. También cursó la carrera de Medicina. Fue opositor reiterado a cátedra en León, Santiago y Madrid. Obtuvo la cátedra en Córdoba como catedrático de "Fisiología, Higiene, Mecánica Animal, Aplomos y Modo de reseñar". Fue Vocal de la Sociedad Económica de Amigos del País y Académico de la de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes. Socio numerario de la Unión Veterinaria y de la Sociedad Española de Historia Natural.

Durante los once años de docencia en Córdoba publicó diversos trabajos en la Gaceta Médico-Veterinaria, así como el libro de texto de Fisiología "Manual de Fisiología Experimental". Con este libro delimita la moderna fisiología, basada en la experimentación y en los principios físico-químicos que permiten explicar los fenómenos vitales. Introdujo en su campo el método experimental, con lo que contribuyó a elevar las enseñanzas de fisiología. Fue Consejero de Instrucción Pública y participó en el Consejo Nacional de Sanidad en cuanto a la legislación de sustancias alimentarias problemáticas.

Su discurso de Ingreso en la Sociedad Española de Higiene versó sobre "La herencia y la adaptación como factores de la evolución vital", y el de ingreso en la Real Academia de Medicina sobre "Las secreciones internas en relación con la opoterapia".

Don Rafael Martín Merlo.

Hijo del también catedrático de la Escuela, y fundador de la dinastía de los Martín, D. José Martín Pérez. Bachiller por el Instituto de Córdoba y Veterinario en 1893. Oficial interino de Secretaria, Profesor de Fragua y Auxiliar honorario. Disector anatómico y catedrático de "Fisiología, higiene, mecánica animal, aplomos, pelos y modos de reseñar" en 1904.

Secretario desde 1905 a 1920 y Director de la Escuela Superior de Veterinaria de Córdoba de 1937 hasta 1941 en que se jubiló. Su etapa directiva se desarrolló durante la guerra civil, en la que por su identificación con los principios políticos vigentes y su habitual tranquilidad le permitió ayudar a superar el bache a muchos de sus colegas.

Su proyección docente fue escasa, limitándose a seguir explicando el libros de texto "Manual de Fisiología Veterinaria y Mecánica Animal" del

catedrático de fisiología de Zaragoza, sobre una materia que se renovaba a pasos agigantados. No obstante, organizó un laboratorio de prácticas bien equipado con el instrumental de su tiempo.

Don Francisco Castejón Calderón.

El Prof. Castejón Calderón, inició los estudios de Bachillerato en el Instituto Nacional de Enseñanza Media de Córdoba, con excelentes calificaciones, siendo uno de los tres mejores alumnos de su promoción. Terminó los estudios de bachillerato en el año 1939 a la edad de 16 años. Al año siguiente comenzó sus estudios de Veterinaria, en la antigua Escuela de Veterinaria de la Calle Encarnación Agustina. El haber adelantado un curso durante el bachillerato, le permitió incorporarse a los cursos intensivos de veterinaria que se realizaron en la postguerra. Este hecho junto con la gran capacidad de trabajo y la enorme facilidad para asimilar los conocimientos, le permite terminar sus estudios de veterinaria a los 18 años, consiguiendo en un gran número de asignaturas de la Licenciatura, las calificaciones de Sobresaliente y Matrícula de Honor .

Terminados los estudios equivalentes a los actuales de Veterinaria (en aquel entonces "Título de Veterinario Profesional), se incorporó como "Profesor Ayudante Interino Gratuito a petición propia", de Enfermedades Infecto-Contagiosas y Parasitarias (según la rígida fórmula adoptada en aquellos tiempos por la administración para evitar reclamaciones laborales). Al mismo tiempo inicia los estudios de diplomado en estudios superiores, con la tesis "La velocidad de sedimentación y otras pruebas en el diagnóstico de posibles casos de anemia infecciosa", que consigue en el año 1.945 por la Escuela Superior de Veterinaria de Madrid.

En Octubre de 1.945 pasó a desempeñar una plaza de Auxiliar Temporal encargado de la Cátedra de "Fisiología y Química Biológica e Higiene" de esta Facultad, en aquel entonces perteneciente a la Universidad de Sevilla, y en Octubre de 1.947, pasó a ser nombrado Profesor Encargado de Cátedra, hasta la fecha en que obtuvo la plaza por oposición.

Ingresó en el escalafón de catedráticos numerarios de Universidad con fecha 10 de Marzo de 1.948, a la edad de 25 años. Dadas las circunstancias tanto internas como en relación al exterior por las que se atravesaba en aquellos años, se formó autodidácticamente, remozando la enseñanza de Fisiología en base a las directrices del libro de texto del Prof. Dr. José Morros Sardá, "Elementos de Fisiología".

El texto del Prof. Morros era la guía fundamental tanto en las Facultades de Veterinaria, como en las de Medicina, Farmacia y Biológicas, al-

canzando 8 ediciones. El Prof. Morros fue el hombre puente entre una veterinaria moderna con deseos de reforma y la veterinaria actual con una sólida formación científica. También fue hombre puente entre las instituciones culturales, académicas e investigadoras del mundo de la Medicina Humana, habiendo sido uno de los colaboradores distinguidos del Dr. Marañón, que prologó cariñosamente sus "Elementos de Fisiología".

El Prof. Castejón trabajó en el Laboratorio del Prof. Morros en el Instituto de Biología Animal durante un año. De igual forma, asistió durante un año en el Instituto Cajal al Laboratorio del Prof. Corral, Catedrático de Fisiología de la Facultad de Medicina de Madrid por aquel entonces. En el Laboratorio del Prof. Morros, coincidió con el Prof. Sainz y Sainz Pardo, colaborador directo y asiduo del Prof. Morros en sus tareas de investigación y en su producción bibliográfica, y con el Prof. Sanz Sánchez, que durante tanto tiempo fue Catedrático de la Facultad de Veterinaria de Madrid, y que ha dejado una numerosa escuela de Catedráticos en nuestras Facultades de Veterinaria. En el laboratorio del Prof. Corral, coincidió con el Prof. Rodríguez Delgado. Esta circunstancia fue la que le sirvió posteriormente para iniciar una fructífera etapa de colaboración con el citado Profesor y que dio como resultado la publicación de numerosos trabajos de investigación, a los que nos referiremos posteriormente.

Respecto a la Química biológica, el Prof. Castejón tuvo que empezar prácticamente de cero, pues no se habían impartido enseñanzas específicas de tal materia, como asignatura con entidad propia, hasta la implantación del Plan de Estudios de 1.944. Las primeras pesadas exactas las realizó con una balanza Sartorius con amortiguadores de aire. Para esto, tuvo que montarla siguiendo el libro de instrucciones en Alemán, porque la balanza se encontraba embalada y sin montar, y en aquellos tiempos, en Córdoba no existían técnicos que pudiesen ayudar en su montaje. Para preparar las soluciones valoradas, era preciso contrastar previamente el calibrado de los matraces aforados, buretas y pipetas pues no se disponía de material certificado de garantía. Diseñó e hizo construir la primera campana de gases y efectuó las primeras determinaciones de nitrógeno por el método de Kjeldahl y de lípidos por el método de Soxhlet, montando todas las técnicas elementales de identificación cualitativa y cuantitativa de principios inmediatos y análisis químico de orina, sangre y leche.

Respecto a la Fisiología, hay que destacar la enorme modernización de las enseñanzas teóricas que supuso la traducción al español por el Prof. Castejón de la obra del Prof. Dukes "Fisiología de los Animales Domésticos".

cos", que se publicó en español en el año 1967 por la Editorial Aguilar. Las sucesivas ediciones de esta obra han sido traducidas por el Prof. Castejón Calderón, hasta incluso la décima y última, que por motivos económicos de la editorial no llegó a publicarse. En cuanto a las enseñanzas prácticas, dada la carencia de material moderno, se polarizaron en los experimentos de vivisección, con demostraciones de funcionalidad y regulación del corazón de mamífero "in situ", exéresis de glándulas de secreción interna, operaciones experimentales en el tubo digestivo de perros, etc., en las que intervenían de forma activa los propios alumnos bajo su dirección y del único Profesor Ayudante que existía en aquella época, el Dr. Ramírez Medina.

Implantó por primera vez los exámenes trimestrales liberatorios, dada la gran extensión del programa. Ensayó un sistema de evaluación continuada y supresión de los exámenes, en base a la labor del alumno en las sesiones teóricas, de las que entregaba cada día una copia obtenida con papel carbón del resumen de la misma, así como de las sesiones prácticas que se proponían al principio del curso, donde los alumnos participaban de forma activa, y de trabajos de iniciación a la investigación experimental y bibliográfica. Con toda esta labor se hacía una carpeta para cada alumno que era la base objetiva de la calificación. Los alumnos que no deseaban acogerse a este sistema o no lo superaban, podían utilizar las convocatorias de exámenes convencionales. El aumento del número de alumnos en la Licenciatura de Veterinaria, le impidió el continuar con este tipo de evaluación y tuvo que pasar a los exámenes objetivos de respuestas múltiples que aun se utilizan en la actualidad.

La labor investigadora del Profesor Castejón Calderón, comenzó muy pronto, encontrándose trabajos originales publicados en las revistas de la época desde el año 1.943. Al principio, dentro el campo de la Patología Infecciosa como por ejemplo "Sobre la residencia del virus de la peste porcina" publicado en *Ciencia Veterinaria* en el año 1.943 ó "Contribución al estudio de la anemia infecciosa de los équidos" publicado en *Zootecnia* en 1.944. Posteriormente, dentro del campo de la Fisiología y Química Biológica, con trabajos como "Contribución al estudio de la reacción de Cuboni", publicado en el *Boletín de Zootecnia*, 1.946 y *Metabolismo mineral*, en la misma revista. Al establecerse el régimen de dedicación exclusiva en la universidad, se acogió a él. También solicitó, a su implantación, las Ayudas a la Investigación, logrando la valiosa colaboración con el Prof. Dr. José Manuel Rodríguez Delgado, entonces en la universidad de Yale.

La colaboración con el Profesor Rodríguez Delgado se centró en la implantación de electrodos y estimulación intracerebral del toro de lidia. Fruto de esta colaboración fue la publicación de numerosos trabajos tanto en revistas nacionales como internacionales. También han sido famosas las películas realizadas durante las sesiones y estimulación de los toros, ya que fueron pasadas en las televisiones de un gran número de países, con la consiguiente polémica. En aquella época hay que destacar también la colaboración del Prof. Santisteban, que como cirujano asistió en las operaciones de implantación de electrodos y del ganadero D. Ramón Sánchez que se prestó a colaborar cediendo animales e instalaciones. De aquella colaboración surgió una gran amistad que se conservó durante toda su vida. Como anécdota al respecto permítanme contar que años después, y con motivo de el corte del aeropuerto de Málaga por las lluvias, el Prof. Rodríguez Delgado quedó atrapado al haber estado dando una conferencia en Ronda. Un colaborador suyo lo llevó en coche a Córdoba, y aquí se alojó en el antiguo Hotel Palace, para al día siguiente tomar el tren hacia Madrid. Allí se encontró con el ganadero Ramón Sánchez, que dio aviso de la presencia del Prof. Rodríguez Delgado a los profesores Castejón y Santisteban. Este paso fortuito por Córdoba, fue motivo para que se reunieran en una cena los antiguos colaboradores de aquella época y poder rememorar las experiencias vividas anteriormente juntos.

En el n° 110 de la revista "Arbil" donde se ensalzan a las personalidades insignes en el mundo de la ciencia y la cultura, al hablar del Prof. Rodríguez-Delgado, se dice: "Por lo que se refiere a la inhibición de la agresividad, Rodríguez Delgado experimentó satisfactoriamente con gatos, monos rhesus, macacos o chimpancés, pero quizás su ensayo más espectacular fue, en colaboración con el Dr. Francisco Castejón Calderón, con toros bravos en 1963. Tanto que merecería un artículo en "New York Times" (17 de mayo de 1965). Los toros de lidia constituyen una raza seleccionada, durante generaciones, para aumentar su comportamiento agresivo: un excelente modelo de ensayo. La radioestimulación de diferentes áreas cerebrales provocaría reacciones similares a las observadas en otros animales: giros de cabeza, flexiones de las patas, giros en círculo, vocalizaciones (hasta cien mugidos). Pero el resultado más llamativo fue el detener bruscamente la embestida del toro, inhibiendo toda hostilidad."

Como continuación de los trabajos realizados con el Doctor Rodríguez Delgado, el Profesor Castejón Calderón dirigió la Tesis Doctoral de la Dra. Contreras Gordo sobre la determinación de Catecolaminas en el

sistema nervioso central del toro bravo, así como la Tesis Doctoral del Dr. Muñoz Blanco sobre la determinación de aminoácidos neurotransmisores en el S.N.C. , de bovinos de lidia y la tesis Doctoral del Dr. Herrera Dieguez sobre “Cocientes iónicos en bovinos de lidia en diferentes estados fisiológicos”.

Es también de destacar la creación por el Prof. Castejón Calderón del Laboratorio de Grupo Sanguíneos y Polimorfismos Bioquímicos, junto con el Prof. Rodero Franganillo, en aquella época Prof. Adjunto de Fisiología. En esa etapa, se iniciaron los contactos con el Prof. Braend de la Universidad de Oslo, con el Prof. Grosselande de la Estación Experimental de Investigaciones *Zootécnicas, de Jouy -Josas*) y el Prof. Stone de la Universidad de Texas. Se efectuaron peticiones de consignaciones especiales para investigación y cuando llegaron, fueron puestas a disposición del Prof. Rodero, ya en la Cátedra de Genética. A dicha cátedra de reciente creación en esa época, se incorporaron los Drs. Garrido Espiga y Aguilar Sánchez, procedentes de la Cátedra de Fisiología. En años posteriores, y como fruto de su estrecha colaboración con el Laboratorio de Grupos Sanguíneos, se le concedió al Prof. Stone la distinción de Dr. Honoris Causa por la Universidad de Córdoba, siendo apadrinado por el Prof. Rodero Franganillo.

Bajo la dirección del Prof. Castejón Calderón, y en colaboración con el Prof. Sainz y Sainz Pardo, Catedrático de Fisiología de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza, se iniciaron investigaciones enzimológicas en los animales domésticos, que han sido objeto de tesinas, tesis doctorales y numerosos trabajos de investigación, que continuaron posteriormente, tanto en Córdoba como en la Facultad de Veterinaria de Murcia bajo la dirección del Prof. Dr. Antonio Ramírez Medina, en aquel entonces Catedrático de Fisiología de dicha Facultad, y antiguo Profesor Adjunto en la Cátedra del Prof. Castejón Calderón.

Posteriormente los trabajos de investigación del Prof. Castejón Calderón se centraron con el control de la postura y de la locomoción de las reses bravas durante la lidia. De estos trabajos, se han publicado diversos trabajos y numerosas conferencias.

En ellos, se postula un posible mecanismo neurofisiológico que explica la incoordinación motora y subsiguientes caídas, con decúbitos más o menos prolongados, en las reses bravas durante la lidia. El mecanismo consiste en un desequilibrio funcional y transitorio, entre las zonas pontina y bulbar de la formación reticular del tronco del encéfalo. Este

desequilibrio se incrementa en todas las situaciones en las que se provoca un aumento de aferencias somestésicas, entre las que tienen particular importancia las correspondientes a los estímulos nociceptivos desencadenados durante la lidia. Influyen poderosamente en este desequilibrio las aferencias originadas en el aparato vestibular, que se encuentran relacionadas con la posición de la cabeza en el espacio y los movimientos de la misma, según su dirección, sentido y rapidez. Sobre la musculatura esquelética se establece una acción más directa por la influencia que los haces retículo-espinales y vestíbulo-espinales ejercen sobre el control de las motoneuronas inferiores, los reflejos miotáticos y los reflejos flexores.

Durante el tiempo que este centro perteneció a la Universidad de Sevilla, el Prof. Castejón fué durante varios años Delegado de la universidad para la supervisión del C.O.U. en Córdoba, Vocal de la Comisión de estudios en representación de esta Facultad y miembro de la Junta de Gobierno de dicha Universidad durante el trienio 66-69 en que fue Decano de esta Facultad.

En la Facultad de Veterinaria de Córdoba ha sido Catedrático durante cuarenta años, Jefe del Departamento de Ciencias Fisiológicas desde su creación hasta su cese a petición propia el 31-X-83, y Decano desde 1966 a 1969.

En la Universidad de Córdoba fue Presidente de la Comisión Gestora con funciones de Rector, desde su creación y nombramiento el 17-X-72 hasta su cese el 8 de Marzo de 1.977. En dicho periodo, además de los centros fundacionales, como Veterinaria, Agrónomos, Medicina y Escuela de Peritos Industriales, se crearon las Facultades de Filosofía y Letras con sus dos secciones y la Facultad de Ciencias con su Sección de Química y posterior incorporación de la sección de Biológicas. Como consecuencia de este cargo fue miembro del Consejo de Rectores de la Universidad Española de 1.972 a 1976.

Pronunció el discurso de Apertura del curso 1.970-71 en la Universidad de Sevilla sobre "Bases Neurofisiológicas de la conducta". Vicepresidente de Sesión en el XVIII Congreso Mundial de Veterinaria celebrado en París en 1.967 con la Ponencia

"Novedades en fisiología del Sistema Nervioso". Miembro de Honor de XIV Congreso Internacional de Estudiantes de veterinaria. Presidente de la III Semana Nacional Veterinaria. Organizador de la I Asamblea Nacional de Catedráticos de Facultades de Veterinaria y de la I Semana Internacional de Avicultura. Co-editor, con los Profesores Fraile y Ponz,

del libro “Fundamentos de Fisiología Animal”, Editorial EUNSA, 1979, en el que participan Catedráticos de la disciplina en las 10 Facultades de Ciencias,

Farmacología y Veterinaria, siendo autor directo de dos capítulos. En el año 1.964 se le concede el ingreso con categoría de encomienda en la Orden del Mérito Agrícola.

En el año 1.966 se le nombra académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias, Bellas letras y Nobles Artes de Córdoba, pasando a académico de número en En el año 1970 se le concede el ingreso en la Orden Civil de Sanidad con encomienda con placa, y se le asciende en la Orden del Mérito Agrícola a encomienda de número.

En el año 1.976 se le nombra académico de Honor de la Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental. En el año 1.979 ingresa como académico de número en la Real Academia de Medicina de Sevilla y se le nombra académico correspondiente de la Real Academia Nacional de Medicina del Instituto de España. En el año 1.984 recibe el nombramiento de miembro de la National Geographic Society. Es también académico de honor de esta Real Academia Sevillana de Ciencias Veterinarias.

Fue Presidente del Colegio de Veterinarios de Córdoba desde 1956 hasta 1971. Presidente del Consejo General de Colegios Veterinarios de España desde 1966 hasta 1969 . Ha dirigido numerosas tesis doctorales, y formado a numerosos Profesores de las Facultades de Veterinaria, Farmacia y Ciencias en España. Ha pronunciado numerosas conferencias, tanto en nuestro país como fuera del mismo.

Actualmente el Prof. Castejón Calderón es el maestro de todos los profesores de Fisiología que imparten docencia en la Facultad de Veterinaria de Córdoba. El ha sabido inculcar el amor a la ciencia tanto en el aspecto docente como en el aspecto investigador. A partir de él se ha formado un grupo investigador del que me honro en dirigir, que lleva a cabo una fructífera etapa y de la que paso seguidamente a reseñar sus hechos mas notorios.

Organización actual.

Los trabajos de investigación realizados en la etapa actual se pueden agrupar en tres líneas de investigación: la electrocardiografía animal, la reproducción y la fisiología del ejercicio. Algunos de ellos, como los derivados de mi tesis doctoral fueron el comienzo tanto de la línea de electrocardiografía como de la de fisiología del ejercicio.

Electrocardiografía animal.

Mi tesis doctoral empezó a realizarse en la Facultad de Veterinaria de Madrid, bajo la dirección del Prof. Carda Aparici, y se terminó en la Facultad de Veterinaria de Córdoba. En ella se analizaron los cambios electrocardiográficos producidos con ejercicios de diversa intensidad en el caballo. Se utilizó para el registro electrocardiográfico en ejercicio un telémetro Siemens. Esta técnica fue empleada por primera vez en España en animales, al principio con el caballo y más tarde con otras especies domésticas. Para ello se adoptaron derivaciones torácicas que permitían el empleo de electrodos durante el ejercicio. El telémetro constaba de un aparato emisor, adaptado al animal, que emitía la señal electrocardiográfica hasta una distancia máxima de un kilómetro, y un aparato receptor que iba conectado a un electrocardiógrafo convencional donde se realizaban los registros. Los animales empleados eran caballos de salto procedentes de la Escuela de Equitación del ejército, (Castejón, F.M., 1978, 79 y 81). Posteriormente también se hicieron registros electrocardiográficos en movimiento en caballos de concurso completo de enganches (Castejón. F.M. y col., 1983).

En el curso académico 1981-82, disfrute de una beca de investigación Fulbright, para realizar estudios posdoctorales en la Universidad de Ohio, bajo la dirección del Prof. Hamlin. De mi estancia con el Prof. Hamlin, surgió una línea de investigación muy interesante en electrocardiografía animal, sobre los cambios maduracionales del electrocardiograma que dio lugar a la realización de diversas tesis doctorales y tesinas de licenciatura de las que podemos destacar la del Prof. Santisteban en bovinos, la de la Prof^a. Tovar sobre ovinos y la de la Prof^a. Rubio en cerdos. En esa misma línea se realizó la tesis doctoral del Prof. Oliveira Dantas de la Universidad de Pernambuco en Brasil, que disfrutó de una beca de su gobierno durante cuatro años para realizar los estudios de doctorado en nuestro departamento.

Reproducción

En esta línea tenemos que destacar en primer lugar la tesis doctoral realizada por el Prof. Vivo sobre "Ciclo ovárico y reproductor en yeguas españolas y árabes de la provincia de Cádiz (1983)", bajo la dirección del Prof. Castejón Calderón y mía, y que ha dado lugar a la publicación de diversos trabajos. Este trabajo se realizó en 610 yeguas pertenecientes a la yeguada Militar de Jerez de la Frontera. También se realizó bajo la dirección del Prof. Vivo, la tesis doctoral de D^a Fidelina España España sobre

“Terapia hormonal: Ngr. Y PG F2alfa, durante el post-parto en el ganado vacuno lechero” en 1991, con la publicación de diversos trabajos y comunicaciones a congresos. En diciembre de 1999 se presentó la tesis doctoral de D. Juan Carlos Gardon, profesor de la Facultad de Zootecnia de la Universidad de Lomas de Zamora (Argentina), y que estuvo haciendo sus estudios de doctorado en la Universidad de Córdoba, bajo la dirección del Profesor Aguera Carmona, D. Sergio y mía, sobre: “Utilización de antisuero H-Y para sexar embriones bovinos en diferentes estadios del desarrollo embrionario, obtenidos por fertilización in Vitro”. Donde se realizó un estudio sobre 3180 ovarios obtenidos en vacas, donde se evaluó el sexo de los embriones en diversos estadios embrionarios, lo que permite una diferenciación precoz del sexo que puede ser empleado para la producción de machos ó hembras según se desee.

Fisiología del ejercicio.

En la línea de la Fisiología del ejercicio se hicieron trabajos sobre las variaciones de frecuencia cardiaca y respiratoria durante una prueba de resistencia (Castejón, F.M. y col., 1985^a), se analizaron diversos parámetros plasmáticos (Castejón y col., 1985^b) y las variaciones de la frecuencia cardiaca y respiratoria (Castejón F.M. y cols., 1985^a) con diferentes tipos de esfuerzo realizados en pruebas de campo, así como la utilización de diversos sustratos energéticos cuando se realizaban ejercicios de diferente intensidad y duración (Castejón F.M. y cols., 1990).

A partir de los años noventa se produjo una gran expansión comercial del caballo PRE. por la que se empezó a despertar el interés por conocer cual era su capacidad funcional, con el objetivo de incorporarlo a la práctica de las diversas disciplinas ecuestres.

El caballo PRE. que es criado para practicar pruebas deportivas, es susceptible de emplear criterios de selección previos a la entrada en competición de tal forma que se escojan los animales más dotados físicamente para el deporte. Por otro lado, el determinar cuál es su potencial físico, también es un dato muy valioso cuando se quieren seleccionar caballos Sementales aptos para la reproducción.

Por esto se planteó un trabajo en colaboración con los Servicios de Cría Caballar del Ministerio de Defensa, para estudiar posibles criterios de valoración de los reproductores Españoles y Árabes que eran criados en las Yeguas Militares de Vicos, en un principio y de Anglo-Árabes en Écija, posteriormente.

Para poder comparar animales de diversos tipos y en diversas condiciones, se han ideado tests de ejercicio estandarizados de diversos tipos. Para nuestro estudio diseñamos un test de ejercicio de intensidad creciente en pista en la misma yeguada, que nos permitía ejercitar a todos los caballos en las condiciones más parecidas posibles. Se eligieron cuatro niveles de ejercicio a velocidades de 15, 20, 25 y 30 km/h, con una duración de cada nivel de cinco minutos y un período de reposo de otros cinco minutos entre niveles, tomándose muestras de sangre después de cada nivel.

Para realizar una valoración correcta, se deben tener en cuentas las adaptaciones fisiológicas de los principales sistemas orgánicos implicados en la realización de un ejercicio, los cuales iremos desarrollando a continuación.

SISTEMA CARDIOVASCULAR

Su estudio se centra en el análisis de la frecuencia cardiaca y de su evolución con el ejercicio. La evaluación de este parámetro permite medir de un modo indirecto la funcionalidad cardiovascular, además de indicar la intensidad absoluta de la actividad física realizada.

La frecuencia cardiaca evoluciona de modo afín a la velocidad de ejercicio, hasta el momento en el que alcanza su valor máximo, perdiéndose la linealidad de la relación. Dos índices de funcionalidad pueden calcularse a partir de esta regresión: V150 y V200, referentes a las velocidades de ejercicio que inducen frecuencias cardíacas respectivas de 150 y 200 lat/min. V150 estima la capacidad circulatoria en caballos, así como también en humanos, en donde se ha relacionado este índice con el volumen de contracción cardíaco, o mejor aún, con el pulso de oxígeno, esto es, con la capacidad de la sangre para transportar oxígeno en cada latido (PERSON, 1968). V200 es equiparable al umbral anaerobio, concepto que se refiere a la transición metabólica desde un uso preferencial de las rutas glucolíticas anaerobias frente a las oxidativas. Por esta relación, V200 representa la capacidad aerobia máxima, estando relacionado positivamente con el consumo máximo de oxígeno.

Los resultados de estos estudios nos indicaron unos valores menores de estos índices para los caballos P.R.E. cuando se comparaban con animales de otras razas que eran ejercitados en las mismas condiciones (Castejón F.M. y col., 1984). Al estar relacionados estos índices con la velocidad, se implicaba muy directamente el patrón locomotor en la expli-

cación de estos resultados, ya que esta raza tiene como característica una gran facilidad para todos los mecanismos locomotores que impliquen un alto grado de "reunión" en sus ejercicios. Para resolver esto, se plantearon trabajos que serán comentados posteriormente.

También se han relacionado los valores de frecuencia cardiaca con el grado de entrenamiento, considerándose un efecto positivo su disminución. De esta forma podemos destacar los trabajos de la tesis doctoral de la Prof^a. E.I. Agüera en . 1995 , bajo mi dirección, sobre un grupo de 64 caballos de P.R.E. a los que se sometió a un período de entrenamiento de cuatro meses. Se realizaron test de ejercicio de intensidad creciente a los dos y cuatro meses, observándose una disminución de los valores de frecuencia cardiaca a medida que el entrenamiento progresaba, así como una recuperación más rápida de estos valores después del entrenamiento.

El estudio de los índices V150 y V200, también fue empleado para investigar el estado de forma de los caballos del equipo español de Concurso Completo que fueron a la Olimpiada de Atalanta. En este estudio se investigaron nueve caballos divididos en dos grupos. El grupo A formado por 4 caballos antes de realizar un período de entrenamiento y el grupo B formado por 5 caballos que habían realizado cuatro meses de entrenamiento. A estos animales se les realizaron tests de ejercicio de acuerdo con su grado de entrenamiento y se les aconsejó el tipo de entrenamiento adecuado a su nivel de forma física (Muñoz y col., 1998).

HEMATOLOGÍA

Su importancia en el campo de la Fisiología del Ejercicio se debe a su vínculo con la capacidad para transportar oxígeno. No obstante, su papel en la predicción del potencial físico de un caballo se ve limitada por el reservorio esplénico. Aunque el bazo parece actuar como reserva de glóbulos rojos en diversas especies animales, es en los équidos donde logra un desarrollo mayor, de manera que es capaz de almacenar hasta la mitad de los hematíes circulantes en condiciones de reposo (PERSSON, 1967); 1996, PERSON y col., 1997).

Durante un ejercicio se suele apreciar una elevación del número de glóbulos rojos, concentración de hemoglobina y valor hematocrito. Los motivos implicados varían según el tipo de ejercicio, aunque en una prueba funcional probablemente resulta de la esplencontracción y de la pérdida de fluidos corporales (COHEN y cols., 1993).

La relación con el rendimiento físico es algo paradójica y en la bibliografía se encuentran opiniones contradictorias. Un incremento en el valor hematocrito y en la tasa hemoglobínica favorecía el transporte de oxígeno, como de hecho ocurre. Sin embargo, un aumento excesivo de estos parámetros podría originar una hiperviscosidad sanguínea, impidiendo el flujo de sangre a través del lecho capilar muscular (BOUCHER y cols., 1985; MUÑOA y cols., 1997). Así McCLAY y cols, (1992) relacionaron el incremento en el valor hematocrito y por consiguiente, en la viscosidad sanguínea, con una patología relativamente frecuente en caballos Pura Sangre Inglés, la hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio.

En el caballo andaluz, se han estudiado las modificaciones hematológicas inducidas por el ejercicio, uno de cuyos trabajos fue la tesina de licenciatura realizada por el hoy académico numerario D: Antonio Oropesa de Cáceres, (Rubio y col. 1994), las alteraciones hematológicas como un índice de tolerancia al ejercicio en comparación con otras razas de caballos (Rubio y col., 1984^b), la influencia de ejercicios de diferente intensidad en sementales (Rubio y col., 1996) y en potros (Rubio y col., 1995), así como el efecto de su ejercicio intenso sobre parámetros hematológicos y plasmáticos (Rubio y col., 1998).

METABOLISMO

El metabolito más contemplado en la literatura es el lactato, proveniente de la actuación de las rutas glucolíticas anaerobias y las posterior reducción del piruvato por la acción de la enzima lactato deshidrogenasa o LDH. Aunque es producido en las fibras musculares, sobre todo en las de contracción rápida, posteriormente difundirá hacia el torrente sanguíneo. Su acumulo en plasma en respuesta a un ejercicio ha sido considerado en atletas humanos y equinos como un indicador del estado de forma física y nivel de entrenamiento, al reflejar una llegada insuficiente de oxígeno al músculo.

Sin duda alguna, las características del esfuerzo delimitarán la magnitud de la respuesta glucolítica, por lo que se han introducido índices de funcionalidad que representan la producción de lactato a una intensidad concreta de ejercicio. Estos índices, obtenidos por extrapolación de la curva exponencial lactato-velocidad son VLA2 y VLA4, velocidades de ejercicio a concentraciones plasmáticas de lactato de 2 y 4 mmol/l. Ambos términos son conocidos como umbral aerobio y anaerobio respectivamente. El primero de ellos hace referencia al límite superior de un me-

tabolismo exclusivamente aerobio. El segundo, como se ha comentado en párrafos anteriores, refleja la intensidad física a partir de la cual hay una clara predominancia de los procesos anaerobios frente a los oxidativos (KINDERMANN y cols., 1979).

De modo genérico, se admite que VLA4 está relacionado positivamente con el rendimiento físico (PERSSON, 1983; ERICKSON y cols., 1987; CASTEJÓN y cols., 1994; ROSE y cols., 1995; MUÑOZ y cols., 1998), aunque hay algunos investigadores que discrepan con relación este hecho (BAYLY y cols., 1987; HARKINS y cols., 1993).

Por otro lado se sabe que la frecuencia cardiaca está relacionada exponencialmente con los valores de lactato después de un ejercicio, con lo que ambos parámetros son marcadores de la intensidad del ejercicio y del grado de forma física individual. Experimentalmente Sloet y col. demostraron que los valores de frecuencia cardíaca durante la infusión de una solución salina eran menores que durante la infusión de lactato. Este hecho indica que el lactato incrementa los valores de frecuencia cardiaca de forma significativa.

De la relación entre frecuencia cardiaca y lactato se derivan otros dos índices, que también pueden ser usados para valorar el estado de forma física y el grado de entrenamiento, HRLA2 y HRLA4, que son la frecuencia cardíaca alcanzada cuando la concentración de lactato en un ejercicio inducido alcanza valores de 2 y 4 mmol/l, respectivamente.

Los resultados obtenidos en el caballo P.R.E., muestran valores menores de VLA2 y 4, al igual que ocurría con los índices V150 y V200, a los obtenidos por otros caballos pertenecientes a otras razas en las mismas condiciones experimentales, pero no de HRLA2 y 4. La explicación a este hecho, también puede estar relacionada con el patrón locomotor (CASTEJÓN y col., 1994) por lo que será comentada en el apartado correspondiente.

De igual forma se estudió el efecto del entrenamiento sobre los índices funcionales. Como consecuencia del entrenamiento se produjo un aumento de la capacidad aerobia al estimular las rutas del metabolismo aerobio. De esta forma se han observado aumentos tanto en VLA2y 4 como en HRLA2 y 4 (AGÜERA E.I. y col., 1995).

Al igual que lo anteriormente reseñado en el apartado del sistema cardiovascular, para el uso de los índices V150 y V200, en un estudio sobre los caballos del equipo español de Concurso Completo de Equitación. En

ese mismo estudio se emplearon los índices VLA2 y 4, como indicativos del estado de forma física, y por lo tanto para aconsejar el entrenamiento adecuado en los animales (MUÑOZ y col., 1998).

SISTEMA MUSCULAR

El objetivo último de las adaptaciones a un esfuerzo físico es el aporte de oxígeno a la velocidad requerida por un músculo muy activo. No obstante, además de un correcto funcionamiento cardiovascular, la capacidad del músculo para extraer el oxígeno desde la hemoglobina es crucial. De este modo, la falta de capacidad aerobia en el seno muscular se erige como uno de los factores limitantes de mayor peso del rendimiento deportivo (McMIKEN, 1983). El músculo es un tejido heterogéneo, compuesto por fibras con distinta capacidad metabólica y contráctil (BROOKER y KAISER, 1970). Básicamente existen dos grandes poblaciones fibrilares, *tipo I o de contracción lenta*, con un metabolismo oxidativo y *tipo II o de contracción rápida*, con un metabolismo más glucolítico (ROME y cols., 1990; ESSÉN-GUSTAVSSON y cols., 1997).

El análisis de las actividades de enzimas clave en las rutas metabólicas es un procedimiento habitual para el estudio de las capacidades oxidativa y glucolítica del músculo. En este contexto, las enzimas se categorizar en dos grandes grupos. El primero de ellos, integra a las enzimas aerobias, como la *3-OH-acil coenzima A deshidrogenada (HAD)*, *citrato citasa (CS)*, *malato deshidrogenada (MDH)* y *sucinato deshidrogenada (SDH)*. La primera de ellas controla el flujo de sustratos a través de la oxidación de los lípidos, desde los ácidos grasos hasta acetil CoA. Las tres restantes intervienen en los procesos de oxidación en el ciclo de los ácidos tricarbóxicos, donde se generan los electrones que entrarán en la cadena de la fosforilación oxidativa. El segundo grupo de enzimas, las "anaerobias", engloban a la *hexokinasa (HK)*, la *glucógeno fosforilasa (PHOS)*, la *fosfofructokinasa (PFK)* y la *lactato deshidrogenada (LDH)*. La HK actúa en la fosforilación de la glucosa de origen extracelular para su integración en el metabolismo fibrilar. La PHOS escinde el glucógeno en unidades glucosídicas, la PFK es la enzima de la regulación de la glucólisis y finalmente, la LDH cataliza la reducción del piruvato hacia lactato (MUÑOZ y cols., 1998).

El análisis de la actividad enzimática ha sido objeto de nuestro estudio para el caballo español así como para el árabe en los trabajos que dieron como fruto la tesis doctoral del Dr. Blanco (1995), bajo mi dirección.

En este sentido, se entrenaron 16 caballos de raza española y 9 de raza árabe todos con tres años de edad durante un período de catorce semanas mediante ejercicios esencialmente aerobios, y en un segundo período de 4 meses, con un ejercicio de entrenamiento de intervalos de mayor intensidad. Los caballos fueron muestreados al empezar el entrenamiento, al terminar cada período de ejercicio así como tras tres meses de un período de desentrenamiento. Tras el primer período de entrenamiento y de acuerdo con lo esperado, se detectó un incremento de la actividad de las enzimas HAD y CS y disminución de la actividad de las enzimas glucolíticas. Así mismo se detectó una disminución de la concentración de glucógeno y un aumento de la concentración de triglicéridos. Con el segundo período sólo se detectaron adaptaciones de la actividad de las enzimas PHOS y HK. El desentrenamiento afectó exclusivamente a la actividad de la HAD y la concentración de glucógeno.

PATRÓN LOCOMOTOR

Es lógico suponer que el patrón de locomoción es un factor importante a tener en cuenta en el rendimiento atlético. En este contexto, los parámetros contemplados más profundamente son la duración, frecuencia y longitud de tranco. Su importancia deriva de la influencia sobre el gasto energético. En el año 1981. HOYT y TAYLOR sugirieron que existe una velocidad al paso, trote y galope a la cual el consumo de energía se minimiza, siendo ésta elegida preferentemente por el animal. Dicha velocidad óptima deriva de una combinación ventajosa entre longitud y frecuencia de tranco.

PERSSON y cols., (1991) fueron los primeros en analizar la relación entre locomoción y otras variables fisiológicas, tales como V200, consumo de oxígeno, concentración total de glóbulos rojos, acumulo de lactato y VLA4. Su principal conclusión fue que la longitud de tranco era el principal determinante del consumo de energía aerobia en caballos trotones Standardbred durante un ejercicio submáximo. Un segundo estudio fue realizado por RONÉUS y cols., (1995) en animales de la misma raza, si bien, siendo sometidos en este caso a un ejercicio de intensidad máxima. Este trabajo puede ser resumido diciendo que los potros con una longitud de tranco y duración de la fase de apoyo inferiores producen más lactato, al mismo tiempo que poseen un porcentaje superior de fibras de contracción rápida en sus músculos propulsores.

Las adaptaciones fisiológicas y metabólicas al ejercicio en relación al patrón locomotor, difieren en el caballo español con otras razas, así como sus adaptaciones a un entrenamiento (MUÑOZ y col., 1997).

Se han realizado varios estudios para relacionar el patrón locomotor con las adaptaciones circulatorias y metabólicas con el ejercicio y el entrenamiento (MUÑOZ y col., 1998 y 1999). Se observaron que los valores de lactato y de frecuencia cardíaca eran superiores en el grupo de caballos de raza española en comparación con los caballos anglo-árabes y que esto se relacionaba con mayores valores del componente vertical del tranco en el grupo de caballos españoles, tanto en los ejercicios realizados al trote como al galope. Se concluye que el mayor componente vertical del tranco, limita la longitud del tranco, por lo que al intentar alcanzar una mayor longitud del tranco que permita mantener una determinada velocidad se produce un mayor gasto energético que se traduce con un aumento de los valores de frecuencia cardíaca y de lactato. Este hecho puede influenciar los índices de VLA2 y 4, pero no los índices de HRLA2 y 4, con lo que se comprueba lo sugerido anteriormente en el trabajo en que se comparaban las razas españolas, árabe y anglo-árabe (CASTEJÓN F.M. y col., 1994).

En relación con los estudios sobre el patrón locomotor, se ha hecho un trabajo para relacionar variaciones en parámetros hematológicos y metabólicos en ejercicios de resistencia con posibles alteraciones del patrón locomotor. Este estudio fue objeto de la tesis doctoral presentada por D^a Inmaculada Cuesta Bertomeu bajo la dirección de las Dras. Riber y Muñoz (Cuesta I., 1999). En este trabajo se estudiaron 80 caballos cruzados con edades comprendidas entre los 6 y los 16 años, que competían en diferentes pruebas de Raid (resistencia). Comparando la duración del tranco en ambos bípedos, derecho e izquierdo, se calculó el índice de simetría al trote (IDS), que permitió clasificar a los animales en dos grupos, simétricos y no simétricos. La relación entre el índice de simetría con parámetros hematológicos y metabólicos se perfiló como un método muy útil para diferenciar la fatiga fisiológica de la sobrecarga funcional, que contribuiría al desarrollo de claudicaciones. De aquí se propuso el uso del IDS en el curso de competiciones ecuestres, para el diagnóstico clínico de cojeras y diferenciación de casos extremos de fatiga periférica.

Tras la concesión del proyecto de investigación "Valoración morfofuncional en el plan de mejora del P.R.E. caballo Andaluz", en el año 1999, se adquirió una cinta rodante, con lo que a partir de entonces se han venido realizando estudios sobre la fisiología del ejercicio en condiciones laborales.

Se han realizado test de ejercicio en cinta rodante a más de 150 caballos, de P.R.E. con lo que se han establecido índices de valoración funcional que nos permiten la actualidad seleccionar aquellos animales más adaptados para el deporte.

También tenemos un Convenio de Colaboración firmado con la Asociación Española de Criadores de Caballos Anglo-Árabes para realizar estudios de fisiología del ejercicio que nos permitan detectar precozmente aquellos animales más aptos para realizar diferentes pruebas de esfuerzo.

SISTEMA RESPIRATORIO

A partir del conocimiento de la relación entre la capacidad de consumo de O₂ (VO₂) y una mayor capacidad para los esfuerzos de resistencia aeróbica, han sido muchos los métodos que han pretendido medir el VO₂, así como la producción de CO₂ (VCO₂). El consumo máximo de oxígeno (VO₂ mx.) como fundamento fisiológico de la capacidad de rendimiento en resistencia general, se puede considerar que es el valor más representativo de esta cualidad física, su evaluación se realiza objetivamente en ml/minuto en función de las características del esfuerzo. De forma más individual se analiza el VO₂ en función del peso corporal (VO₂/Kg peso). Un valor alto representa una condición favorable para las competiciones de resistencia general con predominancia aeróbica (DEVIIENNE, 2000; McDONOUGH, 2002).

La medición en tiempo real (“respiración a respiración”) de las concentraciones de O₂ mediante “célula de zirconio” y del CO₂ por medio del “doble haz de infrarrojos”, y la posibilidad de procesamiento inmediato de los mismos gracias a la existencia de software específicos, han permitido tener una información de los acontecimientos fisiológicos que tiene lugar en el intercambio de gases en el mismo momento que están ocurriendo. Es importante resaltar que esta tecnología la poseen contados centros en el mundo, y será utilizada por primera vez en este ensayo. Mediante esta técnica se obtiene el O₂ consumido y el CO₂ producido en cada momento del esfuerzo, lo cual ha supuesto un avance fundamental dentro de la fisiología del esfuerzo, puesto que permite conocer la respuesta fisiológica al ejercicio físico y la adaptación cardio respiratoria en relación a los distintos incrementos de carga que el esfuerzo tiene y observar y evaluar cual es la velocidad de adaptación al mismo, la recuperación, etc (DEVIIENNE, 2000) La medición de estos parámetros gaseosos

descritos junto con los parámetros ventilatorios también en tiempo real ha propiciado que dentro de la Ergometría en general adquiera personalidad propia la Espirometría de esfuerzo llamada ERGOESPIROMETRIA.

La aplicación informática durante la realización de la prueba permite obtener datos en los que se mide la relación que se establece entre parámetros circulatorios y respiratorios, como el “pulso de O₂”, resultado del cociente VO₂/FC el cual nos informa sobre la proporción del consumo de O₂ en relación a la FC mostrando de este modo la “rentabilidad” del latido cardiaco en cuanto al VO₂ se refiere.

La determinación de parámetros ventilatorios durante el esfuerzo ha constituido una línea de trabajo importante dentro de la Ergometría durante años. Sin embargo, el estudio del aparato respiratorio del equino en ejercicio se ha visto limitado por el costo de los elementos necesarios, y el uso de los mismos altera en mayor o menor medida la respuesta normal. En la actualidad la posibilidad de determinar estos parámetros mediante la técnicas digitales respiración a respiración” constituye una novedad, siendo posible medir en tiempo real una gran cantidad de datos entre los que cabe destacar la ventilación pulmonar (VE), frecuencia respiratoria (FR) y volumen circulante (“tidal”) (V_t), así como los tiempos empleados en cada uno (T_{tot} – T_i – T_e) (EVANS, 1999; YOUNG, 2002).

Se realiza la determinación del consumo de O₂ (VO₂), producción de CO₂ (VCO₂) y la relación que se establece entre ambos (VCO₂/VO₂) denominada “cociente respiratorio” (RQ). Mediante el análisis de la última fracción del aire espirado se determinan las presiones parciales de O₂ (PETO₂) y CO₂ (PETCO₂), las cuales son indicativas de la concentración de estos gases a nivel alveolar. Estableciendo relación entre parámetros ventilatorios y gaseosos se obtienen datos como los equivalentes respiratorios de O₂ y CO₂ (VE/VO₂ y VE/VCO₂), que informan sobre la utilización del aire inspirado (McDONOUGH, 2002).

Actualmente se sabe que la acidosis metabólica que tiene lugar durante ejercicios intensos es en realidad consecuencia del intercambio de gases a nivel celular y por lo tanto puede ser evaluada mediante el análisis del intercambio de gases a nivel pulmonar. En principio para la determinación de dicho umbral se utiliza la pérdida de la linealidad en la ventilación pulmonar (VE), coincidente con un incremento de la producción de CO₂ (VCO₂) junto al consumo de O₂ (VO₂), aunque actualmente la técnica que plantea mejores perspectivas en el futuro está basada en la evolución de los equivalente de O₂ y CO₂ observándose que en la zona del umbral anaeróbico un

incremento del equivalente de O₂ (VE/VO₂) sin un aumento del “equivalente de CO₂” (VE/VCO₂) (WAGNER, 2002; McDONOUGH, 2002).

El umbral anaeróbico tiene unas consecuencias importantes en lo que a la técnica de entrenamiento se refiere, ya que es conocido que resulta difícil aumentar el VO₂max, siendo sin embargo más fácilmente aumentable el umbral anaeróbico y beneficiándose de esto el estado de entrenamiento. (LEKEUX, 1994; WAGNER, 2002)

En el caballo como en el atleta humano, los rendimientos resultan de la convergencia de numeroso factores, los cuales son en parte innatos, pero están influenciados por numerosos factores extrínsecos como condiciones de cría, entrenamiento, modo de explotación, etc (BARREY, 1992). Así entre el 15 y 35% de la variabilidad de los rendimientos en los deportes hípicos son de origen hereditario, (TAVERNIER, 1992). El entrenamiento junto con la genética son los dos factores más importantes en la variabilidad de los rendimientos en los deportes hípicos. La importancia de origen hereditario se estima entre un 15 a 35%, mientras que la importancia del entrenamiento es muy variable según los entre distintos autores y disciplinas (LANGLOIS, 1982; BOUCHARD, 1984; TAVERNIER, 1992). En la actualidad se dispone de suficiente información sobre la heredabilidad y la entrenabilidad de las características fisiológicas de los équidos. Diversos autores han estudiado la heredabilidad de características anatómicas e histológicas, índices de funcionalidad, concentraciones enzimáticas, depleción de sustratos, alternativas metabólicas, etc.

Y no quiero terminar sin hablar de D. Rafael Castejón y Martínez de Arizala. D. Rafael, fué el iniciador de la dinastía de Veterinarios y catedráticos de Universidad, en la familia, en la que yo ocupó la tercera generación, y me siento tan orgulloso de pertenecer. El marcó su magisterio no solo en mi padre y en mi, si no también en numerosos profesores y profesionales distribuidos por toda España, algunos de los cuales se encuentran en esta sala con nosotros.

BIBLIOGRAFÍA MÁS RELEVANTE

- Barrey, E.; Auvinet, B.; Courouce, A. (1995). Evaluation of race trotters using an accelerometric device. *Equine Vet. J. Suppl.* 18: 156-160.
- Billart, V.; Auvinet, B.; Slawinsky, J.; Ponsot, E.; Coureau, C.; Koralsztein, J.P.; Barrey, E. (1997). Locomotion de l'athlete humain de demi-fond et du trotteur a la vitesse correspondent au serie lactique. *EquAthlon* 29: 16-20.

- Brooke, M.H.; Kayes, K.K. (1970). Muscle fibre types: How many and what kind? *Arch. Neurol.* 23: 369-379.
- Castejón, F.M. (1978). Variaciones del electrocardiograma equino durante una prueba de esfuerzo. *Hygia Pecoris*, 5: 101-127.
- Castejón, F.M. (1979). Evolución de la onda T del electrocardiograma equino en animales sometidos a diferentes esfuerzos. *Hygia Pecoris*. 10:61-68.
- Castejón, F.M. y col. (1981). Estudio del auriculograma y sus variaciones durante el esfuerzo. *Hygia Pecoris*, 3: 31-45.
- Castejón, F.M. y col. (1983). Efecto del ejercicio sobre el electrocardiograma en el caballo andaluz. *Archivos de Zootecnia*, 123: 145-158.
- Castejón, F.M. y col. (1985^a). Variaciones de frecuencia cardíaca y respiratoria inducida por el ejercicio en el caballo. *Medicina Veterinaria*, 10: 493-499.
- Castejón, F.M. y col. (1985^b). Estudio de diversos parámetros plasmáticos en caballos sometidos a un esfuerzo prolongado. I Jornadas Técnicas Nacionales sobre el caballo. Expoaviga 85. Barcelona.
- Castejón, F.M. y col. (1991). Influencia de la intensidad del ejercicio en la utilización del sustrato energético en el caballo andaluz. *Revista de Investigación y Documentación sobre Ciencias de la Educación Física*, 18: 78-84.
- Castejón, F.; Rubio, D.; Tovar, P.; Vinuesa, M.; Riber, C. (1994). A comparative study of aerobic capacity and fitness in three different horse breeds (Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian). *J. Vet. Med. A* 41: 645-652.
- Castejón, F.; (1995). Determinación de la capacidad física y control de entrenamiento. En: *El caballo Español*. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Pp. 133-140.
- Clayton, H.M. (1995). Physical fitness for the equine athlete. *Equine Vet. Educ.* 7 (5): 264-269.
- Cohen, N.D.; Rousset, A.J.; Lumsden, J.H.; Cohen, A.C.; Grift, E.; Lewis, C. (1993). Alterations in fluid and electrolyte balance in Thoroughbred racehorses following strenuous exercise during training. *Can J. Vet. Res.* 57: 9-13.
- Escribano, B.M.; Castejón, F.M.; Vivo, R.; Agüera, E.I.; Muñoz, A.; Rubio, M.D. (1995). Respuesta hemática en potros Pura Raza Española sin entrenar sometidos a un ejercicio de intensidad creciente. *Med. Vet.* 12 (4): 257-265.
- Essén-Gustavsson, B.; Ronéus, N.; Pösö, A.R. (1997). Metabolic response in skeletal muscle fibres of Standardbred trotters after racing. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 117 (3): 431-436.
- Hoyt, D.F.; Taylor, C.R. (1981). Gait and the energetic of locomotion in horses. *Nature* 292: 239-240.
- Kinderman, W.; Simon, G.; Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for determination of workload intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 42: 25-34.

- McMiken, D.F. (1983). An energetic basis of equine performance. *Equine Vet. J.* 15(2): 123-133.
- Muñoz, A. (1997). Evaluación de la capacidad de rendimiento físico en caballos de diversas razas mediante índices de funcionalidad. Respuesta a un entrenamiento programado. En: Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Muñoz, A.; Santisteban, R., Rubio, M.D.; Vivo, R.; Agüera, E.I.; Escribano, B.M.; Castejón, F.M. The use of functional index to evaluate fitness in the Andalusian horse. *J. Vet. Med. Sci.* 59 (9): 747-752.
- Muñoz, A.; Santisteban, R., Rubio, M.D.; Agüera, E.I.; Escribano, B.M.; Castejón, F.M. (1998). Locomotor, cardiocirculatory and metabolic adaptations to training in Andalusian and Anglo-Arabian horses. *Res. Vet. Sci.* 66: 25-31.
- Muñoz, A.; Riber, C.; Santisteban, R.; Vivo, R.; Agüera, S. and Castejón, F.M. (1998). Investigation of standardized exercise test according to fitness level for Three-Day Event Horses. *J. Equi. Sci.* 9,1,1-7.
- Persson, S.G.B. (1983). Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. En: *Equine Exercise Physiology* (Snow, D.H.; Persson, S.G.B.; Rose, R.J.; Eds.). Granta Editions. Cambridge, Pp: 441-457.
- Persson, S.G.B. (1997). Heart rate and blood lactate responses to submaximal treadmill exercise in the normally performing Standardbred trotter. Age and sex variations and predictability from the total red blood cell volume. *J. Vet. Med. A.* 44: 125-132.
- Persson, S.G.B.; Essén, B.; Lindholm, A. (1980). Oxygen uptake, red cell volume and pulse/work relation-ship in different stages of training in trotters. En: *Proceedings of the 5th Meeting of the Acad. Soc. Large Animal Vet. Med.* Pp: 34-43.
- Rome, L.C.; Sosnicki, A.A.; Goble, D.O. (1990). Maximum velocity of shortening of three fibre types from horse soleus muscle: implications for scaling and body size. *J. Physiol.* 431: 173-185.
- Rose, R.J.; King, C.M.; Evans, D.L.; Tyler, C.M.; Hodgson, D.R. (1995). Indices for exercise capacity in horses presented for poor racing performance. *Equine. Vet. J. Suppl.* 18: 415-421.
- Rubio, M.D. y col. (1994). Modifications hematologiques induites par l'exercice chez des chevaux andalou. *Equathlon* 6, 24: 22-24.
- Rubio, M.D. y col. (1994^b). Hematologic alterations as an index of exercise tolerance in different breeds of horses. *The equine Athlete.* 7,4, 10-12.
- Rubio, M.D. y col (1995). Comparative haematological study of two breeds of foals (Andalusian and Arab) subjected to exercise of progressive intensity. *J. Vet. Med. Sci.* 57, 2: 311-315.
- Rubio, M.D. y col. (1996). Influence of trotting and galloping exercises on erytogram of andalusian horses stallions. *J. Equine Vet. Sci.* 16, 6: 249-253.

- Rubio, M.D. y col. (1998) Auswirkungen auf plasma und blut im andalusischen pferd nach maximalem training. Tierarztl. Umschau, 53: 269-274.
- Sainz, J. y cols (1976). Determinación de los valores normales de la actividad de diversas enzimas en el plasma sanguíneo: V. Transaminasas, VI. Lactodeshidrogenasa y VII. Creatinfosfoquinasa, en équidos deportivos sometidos a diferentes tipos de esfuerzo. Anales de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza. Pp 117-136.
- Seeherman, H.J., Morris, E.A. (1990). Application of a standardized treadmill exercise test for clinical evaluation of fitness in 10 Thoroughbred racehorses. Equine Vet. J. Suppl. 9: 26-34.
- Sevestre, J. (1964). Application de la telemetric a l'étude de electrocardiogramme de effort du cheval de sport. Comm 6^a reunion Société Européenne de Chirurgie Veterinaire. Lyon Septiembre.
- Steel, J.D. (1963). Studies on the electrocardiogram of the race horse. Australian Med. Publishing Co, Ltd, Sydney.