

II

VALORACIÓN FUNCIONAL DEL TORO DE LIDIA

DRA. ESTRELLA I. AGÜERA BUENDÍA

*Profesora Titular Universidad
Departamento Biología Celular, Fisiología e Inmunología
Facultad de Veterinaria Córdoba.*



Dra. Estrella I. Agüera Buendía

La Fisiología del ejercicio se ocupa de cómo el organismo, desde el punto de vista funcional, responde y se ajusta al ejercicio. El conocimiento de la Fisiología del ejercicio es importante para todo el que esté involucrado en el cuidado, manejo, entrenamiento, alimentación, cría de animales que realizan ejercicio físico, como el caballo, perro, camello y el toro bravo durante la lidia. El manejo del toro requiere un conocimiento de la demanda fisiológica de ejercicio lo que provee de un mejor conocimiento de los requerimientos durante el entrenamiento y la lidia.

La valoración funcional permite evaluar la adaptación eficaz del organismo a la actividad física si la prueba atlética se reproduce en condiciones de laboratorio o mediante pruebas de campo. La valoración requiere el registro y la medición de variables fisiológicas mediante las llamadas pruebas o tests funcionales

Las características básicas exigibles a un sistema efectivo de valoración funcional son:

1. Relevancia de las variables evaluadas para la actividad física.
2. Alto grado de validez, fiabilidad, precisión y exactitud de las pruebas.
3. Especificidad máxima posible de la prueba y protocolos.
4. Control rígido de la administración de las pruebas y estandarización del protocolo.
5. Repetición de las pruebas a intervalos regulares (control evolutivo).
6. Interpretación de los resultados.

Por otro lado, los métodos de valoración funcional pueden ser, según los casos, *genéricos* o sistemas de evaluación global o *específicos* que son

los que evalúan capacidades relevantes para una modalidad deportiva concreta.

Es importante seleccionar los parámetros funcionales y mensurables que facilitan información sobre la capacidad funcional o adaptación fisiológica del animal al esfuerzo como son: parámetros electrocardiográficos, parámetros ergoespirométricos, parámetros bioquímicos, biopsias musculares, electromiografías etc.

Cuando se realiza una valoración funcional en el caballo de deporte se hace por la necesidad que existe de estimar el estado de forma física y así poder indicar que individuos son aptos para la competición, programar el entrenamiento adecuado y prevenir de una posible intolerancia al ejercicio físico. La capacidad atlética del caballo es atribuible a numerosas adaptaciones fisiológicas. En algunos casos estas adaptaciones no están afectadas por el entrenamiento, por ejemplo el tamaño del pulmón, mientras que otras si son respuesta al entrenamiento como por ejemplo el volumen sanguíneo.

En el tentadero, el criador de reses de lidia busca, entre otras condiciones en su ganado, bravura o el tipo concreto que quiere para su ganadería; para ello se guiará por el comportamiento de sus astados en la plaza de tientas, también denominada laboratorio de la ganadería de lidia y a través del análisis del comportamiento de cada animal, se determina el grado de bravura. Sin embargo, no se ha valorado su forma física. El grupo de investigación AGR-111 del Departamento de Biología Celular, Fisiología e Inmunología comenzó hace unos años a hacer una valoración funcional del toro de lidia. Para determinarla se estudian parámetros fisiológicos que son determinantes en la aptitud dinámica durante el ejercicio: parámetros cardiovasculares, hematológicos, metabólicos y musculares

CAPACIDAD AERÓBICA:

La capacidad aeróbica es la facultad del corazón y del sistema vascular para transportar cantidades adecuadas de oxígeno a los músculos que trabajan, permitiendo las actividades que implican a grandes masas musculares durante periodos prolongados de tiempo.

La capacidad aeróbica está directamente relacionada con el consumo máximo de oxígeno del individuo. Además es importante diferenciar su valoración en términos absolutos, que representa el total de oxígeno consumido en el organismo por minuto (número de litros por minuto), y en

términos relativos, que representa el consumo de oxígeno requerido para mover un kilogramo de peso corporal por minuto (mililitros por minuto y por kilogramos de peso del animal). La máxima capacidad aeróbica de los caballos es aproximadamente 2,6 veces mayor que la de un toro de similar tamaño.

El transporte de oxígeno depende de la capacidad de transferir oxígeno desde el aire a la sangre capilar. Esto implica el movimiento de aire desde el exterior del toro hasta los alvéolos, y por tanto la difusión del oxígeno dentro de los capilares pulmonares. Al comparar el toro con el caballo hay que tener en cuenta que éste tiene unos pulmones 2 veces mayores que el toro y una superficie de intercambio de gas 1,6 veces mayor que en toro.

El transporte de oxígeno desde los pulmones hasta los músculos durante el ejercicio se consigue por la circulación. Además del volumen de contracción, el reparto de oxígeno está limitado por la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. El toro alcanza un rápido incremento de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre por un incremento de la concentración de hemoglobina en la sangre como consecuencia de una contracción del bazo. La esplenotomía durante el ejercicio incrementa la cantidad de glóbulos rojos circulantes sin un concomitante incremento del volumen del plasma al igual que ocurre en el caballo.

El paso final en el proceso del transporte de oxígeno es la utilización del oxígeno en el músculo. El metabolismo aeróbico en el músculo está favorecido por la gran densidad de capilares musculares que favorecen el reparto del oxígeno y alta actividad enzimática involucrada en la utilización de energía en el músculo. Las mitocondrias proporcionan la energía para la contracción muscular. A mayor cantidad de mitocondrias por unidad de peso muscular, mayor es la capacidad oxidativa del músculo. El músculo del caballo contiene aproximadamente 2 veces la concentración de mitocondrias que el músculo del toro, un animal de tamaño similar pero con menor capacidad aeróbica.

METABOLISMO ENERGÉTICO:

La oxidación de hidratos de carbono y grasas, y quizás una menor contribución de las proteínas (amino ácidos), proporciona la energía química para la contracción muscular. La glucosa es almacenada como glucógeno en hígado y músculo esquelético, con más de un 90% del total de

los hidratos de carbono almacenados en músculo. La grasa se almacena en un 85% en el tejido adiposo y el resto en músculo. La grasa almacenada es considerablemente mayor cuando se compara con la reserva de hidratos de carbono. La utilización de la grasa o los hidratos de carbono como fuente de energía depende de varios factores, incluyendo intensidad y duración del ejercicio, estado de entrenamiento, composición muscular y alimentación. A medida que incrementa la intensidad del ejercicio, la energía aportada proviene de la oxidación de los hidratos de carbono, primeramente del glucógeno muscular y disminuye la contribución desde la oxidación de las grasas. El patrón de utilización de este sustrato varía también con la duración del ejercicio; durante un ejercicio submáximo prolongado hay un progresivo incremento de la oxidación de las grasas con una disminución concomitante de la contribución de energía por la oxidación de los hidratos de carbono. El ejercicio que realiza el toro durante la lidia es un ejercicio intermitente de alta intensidad y corta duración que podría compararse con el voleibol o el fútbol. El ejercicio intermitente implica momentos cortos de esfuerzo. Presenta pausas que por lo menos tienen una relación entre 1:2 y muchísimo más con respecto al esfuerzo. Es preciso puntualizar que el tipo de ejercicio que realiza el toro es diferente según sea una lidia a pie (corrida ordinaria) o a caballo (corrida de rejones). Las dos duran aproximadamente 20 minutos. Sin embargo, durante el rejoneo el ejercicio es de menor intensidad, la carrera es más o menos continua, el toro levanta la cabeza lo que le permite oxigenar mejor, el ritmo es alto y no se le obliga a embestir tras el capote como ocurre en la lidia ordinaria. En esta última el animal se mueve haciendo circunferencias pequeñas, con la cabeza agachada por lo que el ejercicio es de mayor intensidad.

SISTEMA MUSCULAR:

El estudio de la fisiología muscular se ha centrado en el uso de la aguja de biopsia percutánea, técnica descrita para el músculo por Lindholm y Pielh (1974). Este músculo es el más pesado de todo el miembro pelviano, es muy activo durante el ejercicio y muestra una considerable adaptación al entrenamiento. Es imprescindible tener cuidado a la hora de interpretar los resultados de una simple biopsia de este músculo debido a la heterogeneidad que presenta. Es importante valorar la función muscular ya que se presentan adaptaciones al ejercicio y al entrenamiento, existe una correlación entre el rendimiento muscular y el tipo de fibra y hay que com-

prender conceptos como distribución del tipo de fibras según la actividad física y los patrones de reclutamiento del tipo de fibras durante ejercicios de diversos tipos e intensidades.

Hay importantes diferencias en la morfología, fisiología y propiedades bioquímicas de las fibras tanto dentro como entre músculos. Estas diferencias son la base de la clasificación del tipo de fibras como fibras tipo I (contracción lenta), tipo IIA y tipo IIB (contracción rápida)

El músculo del toro bravo está compuesto por un 37.8% de fibras tipo I 33.5% de tipo IIA y 29.3% de tipo IIB (ambas de contracción rápida). El alto porcentaje de fibras de contracción lenta revelaría su adaptación para realizar ejercicios de intensidad submáxima. No obstante, la actividad física que se le exige al toro durante la lidia es de intensidad máxima e intermitente. Se podría suponer que debido a esta elevada intensidad, el toro requeriría un consumo de oxígeno tan alto que limitaría la actividad de las fibras de contracción lenta (tipo I). También es interesante resaltar la necesidad de una fuerza explosiva en cada una de las embestidas del toro, fuerza que probablemente sólo pueda obtener mediante la intervención de las fibras IIB, cuyo porcentaje es inferior al documentado para otras razas bovinas.

En el toro se ha observado el reclutamiento de las fibras musculares observando el patrón de depleción glucogénica después de la lidia y fueron reclutadas en el orden I-IIA-IIB, al igual que ocurre en el caballo al realizar un ejercicio en el que se va incrementado la intensidad y la duración del mismo. El patrón de depleción glucogénica hallado en toros bravos lleva a pensar que el consumo de este sustrato energético estuvo fundamentalmente ligado al estrés, si bien no se puede descartar el efecto adicional de la actividad física. La primera afirmación fue confirmada al hallar una correlación positiva entre la concentración de glucógeno tras la lidia y el porcentaje de fibras IIB con alto contenido glucogénico.

Uno de los determinantes del consumo de glucógeno es el potencial aeróbico del animal ligado a factores respiratorios (ventilación, difusión alveolo-capilar, difusión tisular), cardiovasculares (rendimiento cardíaco, es decir, volumen contracción y frecuencia cardíaca y características hematológicas y hemorreológicas) y musculares (fibras musculares, perfil enzimático y capacidad de contracción de las diversas fibras). En la actualidad no se conoce la capacidad funcional respiratoria y cardiovascular en el toro bravo ni como afectan estos factores al rendimiento físico y a la

intolerancia al ejercicio de la lidia. No es posible efectuar extrapolaciones de los datos obtenidos para otras especies.

La respuesta metabólica muscular a la lidia muestra un marcado carácter glucolítico, observándose concentraciones bajas de glucógeno, junto con niveles altos de lactato y pH bajo, lo que sugiere que la glucogenolisis es la vía más importante de liberación de energía durante las situaciones estresantes que ocurren durante la lidia coincidiendo con Agüera y cols. (2001).

El acúmulo de **glucógeno** en el músculo está supeditado a muchos factores, siendo quizá los más relevantes la dieta y el nivel de entrenamiento (Agüera y cols., 2005). Una alimentación rica en glúcidos y lípidos favorece el almacenamiento de glucógeno, propiciando su uso como fuente energética durante un esfuerzo (Pagan y cols., 1987).

RESPUESTA NEUROENDOCRINA

Muchos tipos de traumatismos se caracterizan por incremento de la secreción cortisol, lo cual guarda correlación con la intensidad de la lesión (Schwartz, 1990). Se piensa que el cortisol es un mediador importante de la respuesta metabólica al traumatismo, esto se ha comprobado porque los animales con ausencia de glándulas adrenales tienen una respuesta pobre cuando se encuentran sometidos a estrés. Se piensa que la importancia del cortisol durante la respuesta al estrés radica en que modifica el metabolismo de la glucosa poniendo a disposición del cerebro y músculo mayor cantidad de este sustrato energético, facilitando la acción de las catecolaminas y previniendo una reacción exagerada del sistema inmune a las lesiones. En el toro bravo la liberación de cortisol puede estar relacionada con la colocación de la puya y banderillas que lesionan los músculos del cuello y el dorso provocando una serie de fenómenos como hiperglucemia, alteraciones hidroelectrolíticas, cambios neuroendocrinos, hipertermia y cambios hemodinámicos que se conoce como un síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SRIS). Por tanto, a partir de la suerte de varas, el toro presenta lesión muscular y hemorragia profusa que inducen a disminución de la perfusión tisular (hipoxia), hipovolemia y dolor, siendo estos dos últimos los factores principales que desencadenan las respuestas neuroendocrinas a las lesiones. Todo ello tiene que hacerlo compatible con el ejercicio y demostrar un alto rendimiento físico que es lo que se espera de él en la plaza.

FISIOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO

El entrenamiento es esencial para el toro para que tenga un buen rendimiento durante la lidia. El entrenamiento es esencial ya que prepara al toro para lidia provocando las adaptaciones necesarias para un buen rendimiento durante la misma y disminuyendo los posibles riesgos derivados del ejercicio al que no está acostumbrado.

El ejercicio repetitivo induce a multitud de adaptaciones tanto fisiológicas como anatómicas. El organismo actúa minimizando la alteración de la homeostasis inducida por el ejercicio incrementando la capacidad para llevar a cabo el trabajo impuesto por el ejercicio.

El entrenamiento debe hacerse a una intensidad y duración para provocar tensión en el organismo, sin la cual no hace ningún efecto. El entrenamiento tiene tres etapas:

- Aprendizaje: representación mental del ejercicio y visualización del mismo.
- Automatización: repetición del ejercicio hasta su perfecto dominio.
- Destreza adquirida: realización del ejercicio de forma fácil y desinhibida.

Numerosos estudios demuestran que el ejercicio físico es fuente natural de radicales libres de oxígeno que participan en la producción de daño a diferentes moléculas del organismo. Para hacer frente a esta producción de radicales libres y el consecuente daño celular, el organismo tiene varios mecanismos de defensa, entre los que podemos destacar los sistemas antioxidantes no enzimáticos como son la vitamina E y la vitamina C. Sin embargo, cuando la producción de radicales libres excede la capacidad antioxidante del organismo, se genera un desequilibrio que provoca estrés oxidativo y daño celular, por tanto la intensidad y duración del ejercicio serán factores importantes relacionados con la producción de estos radicales libres. El ejercicio es una situación de estrés donde el organismo debe alcanzar un nuevo equilibrio dinámico. El toro bravo en las primeras semanas de ser sometido a un programa de entrenamiento presenta un incremento de los marcadores de estrés oxidativo que es compensado por los biomarcadores antioxidantes a las 24 semanas de entrenamiento.

Valorando la capacidad funcional se puede determinar la capacidad atlética del animal. Si comparamos al toro de lidia con el caballo, desde el punto de vista del ejercicio, apreciamos que el caballo es el animal at-

leta por excelencia ya que ha desarrollado atributos de velocidad, fuerza y resistencia gracias a su desarrollo muscular. Además el caballo tiene alta capacidad aeróbica, gran volumen mitocondrial, mayor eficacia en el tranco, mejor actividad termorreguladora y un gran almacenamiento de intramuscular de glucógeno.

BIBLIOGRAFÍA

- AGÜERA, E.I., RUBIO, M.D., VIVO, R., SANTISTEBAN, R., ESCRIBANO, B.M., MUÑOZ, A., AGÜERA, S., VILLAFUERTE, J.L., CASTEJÓN, F.M. 1998. Adaptaciones fisiológicas a la lidia en el toro bravo. Parámetros 20 plasmáticos y musculares. *Veterinaria México*. 29 (4): 339-403. ISSN: 0301-5092.
- AGÜERA, E.I., MUÑOZ, A., GÓMEZ-TORRICO, M-S., VILLAFUERTE, J.L., ESCRIBANO B.M., CASTEJÓN, F.M. 2000. Metabolic characteristics of semitendinosus and gluteus medius muscles in bullfighting bulls at enzymatic level. *Annales de Zootechnie*. 49: 425-434. ISSN: 0003- 424X
- AGÜERA, E.I. 2001. Influencia de la composición del músculo glúteo medio del toro bravo en el perfil enzimático. Respuesta metabólica a la lidia. *Medicina Veterinaria .On Line.* 18 (1). ISSN: 0212-8292.
- AGÜERA, E.I., SANTISTEBAN, R., VILLAFUERTE, J.L., ESCRIBANO, B.M., RUBIO, M.D. 2001. Estudio del eritrograma y leucograma del toro bravo. *Medicina Veterinaria .On Line.* 18 (5). ISSN: 0212-8292.
- AGÜERA, E.I., MUÑOZ, A., CASTEJÓN, F.M., ESSÉN-GUSTAVSSON, B. 2001. Skeletal muscle fibre characteristics in young and old bulls and metabolic responses after bullfight. *J. Vet. Med. A*. 48 (5): 313-319. ISSN: 0931-184-X
- AGÜERA E.I., ESCRIBANO B.M., RUBIO M.D., DE MIGUEL R., REQUENA, F., TOVAR, P. (2005). Valoración de biomarcadores oxidantes y antioxidantes en toro bravo sometido a un programa de entrenamiento. VII Symposium del toro de lidia. Zafra, Badajoz.
- AGÜERA, E.I. Estudio De la evolución del perfil enzimático en el músculo del toro de lidia con el entrenamiento mediante la utilización de la biopsia muscular. X Jornadas Científicas de Veterinaria Militar, IV Jornadas de Historia de la Veterinaria Militar. Madrid. 30, 31 Mayo y 1 de Junio 2007.
- AGÜERA, E.I., SANTISTEBAN, R., CASTEJÓN, F., RIBER, C., AGÜERA, S., RUBIO, M.D., ESCRIBANO, B., TOVAR, P., VIVO, R. Respuesta Fisiológica a la Lidia en el Toro Bravo. En: Investigación. Decanato de Facultad de Veterinaria, UCO (Ed.). Pp: 379-386. ISBN 84-95609-09-6. Depósito legal: V-4050. 2001.
- CASTEJÓN, F.M., MUÑOZ, A., AGÜERA, E.I., GÓMEZ-TORRICO, M.S., ESSÉN-GUSTAVSSON, B. 1997. Diferencias en la respuesta metabólica del músculo

- del toro bravo a la lidia. En: Libro de Conferencias Mesas Redondas y Comunicaciones del II Congreso Mundial Taurino de Veterinaria. Pp: 207-210.
- KAYAR SR, Hoppeler H., Lindstedt SL, et al. Total muscle mitochondrial volume in relation to aerobic capacity of horses and steers. *Plügers Archiv: Europ J Physiol*; 413: 343-347. 1989
- PAGAN J.P., ESSÉN-GUSTAVSSON B., LINDHOLM A., THORNTON, J. (1987). The effect of dietary energy source on exercise performance in Standardbred horses. En: *Equine Exercise Physiology 2*. (Gillespie, J.R.; Robinson, N.E., Eds.). ICEEP Publications. Davis. CA. pp: 686-700.
- PERSON, SDG. On blood volumen and working capacity of horses. *Acta Physiol Scand* 1967. Suppl 19: 9-189.
- REQUENA, F., ESCRIBANO, B.M., AGÜERA, E.I., CASTEJÓN, F., SANTISTEBAN, R., TOVAR, P., De MIGUEL R.J., RUBIO, M.D. Mejora del Síndrome de intolerancia al ejercicio con el entrenamiento en el toro de lidia. IX Jornadas Científicas de Veterinaria Militar, III Seminario Iberoamericano de Veterinaria Militar y III Jornadas de Historia de la Veterinaria Militar. (Diploma a Mejor Cartel Científico). Madrid. 1-3 Junio 2005.
- REQUENA, F., RUBIO, M.D., SANTISTEBAN, R., ESCRIBANO, B.M., De MIGUEL, R.J., AGÜERA, E.I. 2005. Haematological study in fighting bulls subjected to training. *Journal of Physiology and Biochemistry*. Vol 61 (1), 222. ISSN: 1138-7548 (JPBIF2).
- REQUENA, F., RUBIO, M.D., CASTEJÓN, F.M., ESCRIBANO B., TRIGO, P., REQUENA, F.D., AGÜERA, E.I. 2007. Estudio De la evolución del perfil enzimático en el músculo del toro de lidia con el entrenamiento mediante la utilización de la biopsia muscular. *Sanidad. Militar*. 63 (3): 238-239.
- SCHWARTZ S.I. (1990). Principios de Cirugía. Respuestas endocrinas y metabólicas a la lesión. Editorial Interamericana. Quinta Edición; 1-59
- MUÑOZ, A., AGÜERA, E.I., CASTEJÓN, F. 2007. Muscle glycogen depletion pattern and metabolic response in bulls alter bullfighting. *Analecta Veterinaria* Vol 27 (2): 5-10 ISSN: 0365-5148.
- MUÑOZ, A., CASTEJÓN, F., AGÜERA, E.I. 2007. Diferencias en el perfil enzimático muscular y respuesta metabólica a la lidia en toros de distintas edades. *Archivos de Medicina Veterinaria* Vol 39 n°: 1-10. ISSN: 0301-732X
- MUÑOZ, A., CASTEJÓN, F., VILLAFUERTE, J.L., LUCAS, R.G., AGÜERA, E.I. 2001. Resíntesis energética en el músculo del toro bravo durante la lidia: relación entre rutas oxidativas y glucolíticas. *Medicina Veterinaria "On Line"*. 18 (11). ISSN: 0212-8292.
- MUÑOZ, A., CASTEJÓN, F.M., AGÜERA E.I., GÓMEZ-TORRICO, M. S., ESSÉN-GUSTAVSSON, B. 1997. Estudio comparativo del perfil enzimático muscular en toros bravos de diversas ganaderías. En: Libro de Conferencias, Mesas

Redondas y Comunicaciones del II Congreso Mundial Taurino de Veterinaria. Pp: 203-206.

VILLAFUERTE, J.L., DÍAZ-ARCA, F., RUBIO, M.D., CASTEJÓN, F.M., MUÑOZ, A., SANTISTEBAN, R., AGÜERA, E.I. 1997. Variaciones del hemograma del toro bravo durante su lidia. En: Libro de Conferencias Mesas Redondas y Comunicaciones del II Congreso Mundial Taurino de Veterinaria. Pp: 195-198.

VILLAFUERTE, J.L., DÍAZ-ARCA, F., CASTEJÓN, F.M., VIVO, R., ESCRIBANO, B.M., MUÑOZ, A., AGÜERA, E.I. 1997. Estudio comparativo de los niveles plasmáticos de cortisol en el toro bravo antes y después de la lidia. En: Libro de Conferencias, Mesas redondas y Comunicaciones del II Congreso Mundial Taurino de Veterinaria. Pp: 199-202.