

Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas

Evaluation of jumping horses physical condition through some physiological variables.

Gregory Mejía Sandoval ¹, MsC; María P Arias ¹, MsC.

Recibido el 17 de junio de 2008 y aceptado el 27 de noviembre de 2008

Resumen

La medición y el monitoreo de las variables fisiológicas en los caballos atletas (en la modalidad de salto), como Creatinquinasa (CK), Frecuencia cardiaca (FC), Frecuencia respiratoria (FR) y ácido láctico, son de gran importancia para la determinación del mejor modelo de entrenamiento que lleve a un máximo rendimiento deportivo. En esta investigación se analizaron estas cuatro variables en tres razas (Europeo, Caballo Criollo Colombiano y Pura Sangre Inglés), y en tres estados de actividad física (reposo, al final del ejercicio y en recuperación). Los resultados encontrados fueron muy significativos y llevan a concluir que los caballos evaluados, han respondido por igual y favorablemente al entrenamiento realizado, además que el proceso de adaptación al ejercicio ha sido positivo; esto se ve reflejado en que las medias de CK no tuvieron diferencias significativas ($p=0.5825$) en los tres estados de actividad física y que todos los valores obtenidos para este parámetro bioquímico estuvieron dentro del rango óptimo de referencia (100 – 333 UI/l). El ácido láctico mostró que los equinos evaluados no llegaban al umbral de anaerobiosis, debido a la poca variación de las medias en los tres estados de actividad física, así: reposo (23.15 UI/l), al final del ejercicio (21.4 UI/l) y en recuperación (20.64 UI/l). Concluyendo con los resultados obtenidos que se puede aumentar el volumen e intensidad del entrenamiento, buscando un mayor rendimiento en las competencias.

Palabras clave

equinos, deporte ecuestre, parámetros bioquímicos, razas, rendimiento físico, desempeño fisiológico.

Abstract

It was carry out an experimental study of aleatory type, comparaty, in which were analyzed cardiovascular variables before a routine of exercise, immediately after and during the recovery period in three breeds of horses (groups) in the equestrian centre La Maria, with the purpose of monitoring the behaviour of each one of these breeds on the different states and to analyze the concentration of lactic acid and creatinkinase. In addition, it were measured the parameters: heart rate (basal, mean, maximal, final and recovery period) and respiratory rate (mean, final and recovery period). The obtained results showed a significant difference of the evaluated parameters in the three breeds, it is remarkably that all the breeds can be used for jumping but some are more capable than others. It can be concluded that of the three races used in the study, the most capable for the jump modality is the European, because it showed to have a bigger potential to carry out this sport with a better systemic metabolic performance.

Key words

equines, jump sport, biochemical parameters, breeds, physical yield, physiological performance.

¹ Grupo INCA-CES, Universidad CES. gmejia@ces.edu.co

Introducción

El entrenamiento atlético es multifacético, es el resultado de la integración de muchos sistemas orgánicos involucrados en la producción de energía, articulando todos los factores biomecánicos, llevando al máximo el desempeño y la conservación de la capacidad física de cada animal. Por su parte, la instrucción desarrolla la coordinación neuromuscular y la disciplina mental. La preparación y el entrenamiento de un caballo para cualquier tipo de competencia involucran una combinación de acondicionamiento y enseñanza ⁽⁹⁾.

El atleta de alto rendimiento necesita un entrenamiento específico, cada animal requiere un tratamiento particular considerando su edad, características morfo-fisiológicas, y la actividad física que realiza. Se debe tener cuidado con los esfuerzos durante el entrenamiento, la recuperación y la alimentación, considerando que el caballo atleta trabaja al más alto nivel de exigencia física, siendo fácil llegar a un sobreentrenamiento, presentándose un estado de fatiga que se ve reflejada en un mal rendimiento, y una mayor incidencia de lesiones de sobrecarga; estos estados patológicos se deben evitar cuando se pretende alcanzar el máximo rendimiento ⁽²⁴⁾.

Se ha observado que se presentan cambios significativos en el funcionamiento de los sistemas orgánicos involucrados en la actividad física como el sistema músculo esquelético, el sistema cardiovascular y el sistema respiratorio, esto ha permitido caracterizar algunas respuestas fisiológicas y bioquímicas al ejercicio de diferente intensidad y duración ⁽²⁾.

Mediante la cuantificación de estas variables pueden establecerse parámetros que determinarían adaptaciones y respuestas fisiológicas y bioquímicas durante el entrenamiento y la competencia, a que son sometidos los equinos. Diferentes estudios sobre las adaptaciones hematológicas y bioquímicas en caballos Pura Sangre Inglés (PSI) y Caballos Criollos Colombianos antes, durante y después del ejercicio han demostrado que variables como la frecuencia cardiaca, la concentración de ácido láctico sanguíneo, el volumen total de glóbulos rojos y la concentración de la hemoglobina pueden ser indicadores confiables para evaluar el estado físico atlético y el nivel de entrenamiento que presenta un caballo para realizar una determinada actividad física ^(1, 4, 13).

No se debe olvidar el importante papel del entrenador en el desarrollo óptimo del equino en competencia; si es un entrenador diestro en el área, debe integrar los ejercicios de acondicionamiento con la enseñanza, para producir un caballo que sea físicamente apto, mentalmente hábil, totalmente preparado para las demandas de las diferentes pruebas a las que será sometido y obediente a las ordenes del jinete.

Ahora bien, en la especie equina se diferencian dos tipos principales de fibras musculares esqueléticas, con diferentes propiedades metabólicas y contráctiles ⁽²⁹⁾. Las fibras tipo I presentan una velocidad de contracción lenta y un metabolismo predominantemente aerobio, las fibras tipo II se diferencian en dos subtipos: II A y II B, las fibras tipo IIA muestran características intermedias entre las I y las IIB y las fibras II B son de contracción rápida y metabolismo glucolítico ⁽¹¹⁾. El porcentaje de fibras I y II determina el rendimiento físico en actividades de resistencia o de potencia y esta determinado genéticamente ⁽³⁰⁾.

El patrón de depleción glucogénica es una determinación indirecta del grado y secuencia de la intervención fibrilar a lo largo de un esfuerzo físico. El perfil enzimático refleja las vías metabólicas más desarrolladas en el músculo, que varían en función de la tipología fibrilar ⁽¹²⁾. Las fibras tipo I son de color rojizo (debido a que tienen gran cantidad de mioglobina), presentan un sarcoplasma abundante con un retículo sarcoplásmico muy desarrollado, un alto número de mitocondrias y bajo número de miofibrillas comparadas con las fibras tipo II; el aporte sanguíneo es muy elevado, lo que posibilita un gran intercambio metabólico y gaseoso ⁽³⁰⁾. Por estas características, su metabolismo es esencialmente oxidativo, lo que hace que los sustratos utilizados como fuente de energía sean principalmente los triglicéridos y los carbohidratos. Son fibras altamente resistentes a la fatiga ⁽²⁸⁾.

La participación de las fibras tipo I predomina en actividades prolongadas de leve y moderada intensidad, estando especialmente desarrolladas en caballos que realizan actividades de resistencia, como los rides ⁽¹⁴⁾. Las fibras tipo II presentan un sarcoplasma menos abundante que las fibras tipo I, un retículo sarcoplásmico mejor desarrollado, con alta concentración de calcio y calcicuestrina, lo que posibilita las contracciones rápidas y repetitivas; poseen baja cantidad de mitocondrias y las miofibrillas son bien desarrolladas. Tienen una concentración de glucógeno mayor que las fibras tipo I y

la concentración de triglicéridos es baja. Las mitocondrias son poco abundantes y hay menor número de capilares sanguíneos por superficie de área muscular, lo cual refleja una menor actividad del metabolismo oxidativo. En estas fibras predomina el metabolismo glucolítico. El reclutamiento de estas fibras predomina en actividades de potencia ⁽¹³⁾.

Con respecto al salto como actividad física, es importante recordar que es un ejercicio intenso y de corta duración, bajo en velocidad; por esta razón, los resultados de estudios realizados en caballos de carreras no se pueden extrapolar a los caballos de salto, sin embargo, debido a que la mayor parte de los caballos de salto son de la misma raza (PSI.), ya sean puros o productos de cruces con otras razas, algunos parámetros pueden tomarse como variables de referencia.

De acuerdo con lo anterior, se debe tener en cuenta las diferencias entre las actividades físicas que realizan cada grupo de ejemplares, los sistemas de entrenamiento y las dietas formuladas, ya que estos parámetros varían significativamente en los diferentes ejemplares.

En las diferentes disciplinas deportivas, el entrenamiento no modifica las características morfológicas del equino, las cuales están determinadas genéticamente, pero sí mejora su capacidad de adaptación, ya que este influye sobre algunos parámetros fisiológicos y sobre la capacidad funcional del animal. Los esfuerzos físicos repetitivos a través de un periodo largo de trabajo conducen a variaciones en los sistemas metabólico, cardiovascular y respiratorio, lo cual hace posible responder a la demanda metabólica exigida por actividad corporal específica, bien sea deportiva o de trabajo ⁽¹⁷⁾.

El principal factor limitante para alcanzar un buen nivel competitivo en los diferentes eventos es el suministro de combustible a la célula muscular, limitado por la eficiencia del metabolismo energético ⁽¹⁹⁾. Debido a esto es importante conocer el funcionamiento normal del metabolismo en el caballo atleta, pues sus adaptaciones fisiológicas en respuesta al ejercicio exigen un excelente y cuidadoso manejo del entrenamiento, de la salud y de la alimentación por parte de los preparadores, los médicos veterinarios y quienes deben trabajar en conjunto para lograr el mayor rendimiento deportivo en estos atletas naturales ^(1, 10).

La fuerza requerida para superar una serie de saltos

provoca un aumento de la concentración de lactato plasmático producto de una mayor demanda de energía muscular, involucrando la participación del metabolismo anaeróbico. El incremento de la concentración de ácido láctico debido al ejercicio se reduce gradualmente con el entrenamiento, asociado a un incremento de la capacidad oxidativa del músculo. Esto indica que la medición de lactato sanguíneo es un parámetro bioquímico más práctico y útil para determinar la condición física. Por lo tanto los atletas con un mismo nivel de entrenamiento no deben tener variaciones individuales significativas en las concentraciones de lactato, y en caso de darse estas diferencias nos estarían indicando la aptitud de cada ejemplar para realizar ese tipo de ejercicio ^(6, 26, 28). Los valores de referencia para el lactato se encuentran entre 10 -20 UI/l (valores aportados por el laboratorio clínico AGROLAB, quien procesa las muestras de suero para esta investigación).

Hasta hace pocos años se consideraba el lactato como un producto de desecho de la glucólisis y responsable directo de la fatiga muscular, sin embargo, ahora se sabe que el incremento del lactato por sí mismo no causa fatiga y que es un sustrato metabólico intermediario que es utilizado como fuente de energía en el corazón ^(7, 11).

Existe toda una serie de enzimas adecuadas para identificar la integridad de la célula muscular. La única enzima "músculo específica", es decir, la única que aumenta solamente cuando hay enfermedades musculares es la creatinquinasa (CK) ⁽⁸⁾.

Cuando se sospecha una enfermedad muscular primaria o secundaria como consecuencia de otra enfermedad general, se analiza la actividad total de la CK. Existen algunos márgenes de referencia para los equinos, estos en algunos casos pueden variar de acuerdo a la raza del ejemplar y al propósito. Se estima que en caballos que la referencia esta entre 113-333 UI/l (valores aportados por el laboratorio clínico AGROLAB, quien procesa las muestras de suero para esta investigación). La valoración de esta enzima es útil para diagnosticar o detectar casos relacionados con el músculo esquelético como ^(5, 9, 13, 20):

- Traumatismo muscular (roturas, golpes, traumatismos quirúrgicos, inyecciones intramusculares).
- Esfuerzo físico no habitual.
- Miopatía de esfuerzo (mialgia, necrosis de musculatura dorsal).
- Miopatía paralítica (lumbago, tying up).

- Miopatía deficitaria o distrofia muscular nutritiva.
- Colapso circulatorio (alteraciones del metabolismo de la musculatura).

Algunos autores han reportado este parámetro bioquímico en caballos de salto, como Dos Santos (2006), en el Caballo Criollo Brasileiro, reporto para CK en reposo 64.35 UI/l y 103.06 UI/l en ejercicio; al igual que Gómez et al (2004) reportó en Chile, 122 UI/l para reposo y 210 al finalizar el ejercicio, esto para equinos de raza Holsteiner. Muñoz et al (2001), obtuvo 210 UI/l en reposo y 490 UI/l en ejercicio, en la raza Angloárabe en España; y Mutis y Pérez (2005) en Bogotá (Colombia) encontraron 62.42 UI/l para CK en reposo y 428.60 UI/l para CK al final del ejercicio, en PSI.

La frecuencia cardiaca (FC) en equinos, aumenta de forma lineal y es directamente proporcional al aumento de la actividad física. La frecuencia cardiaca aumenta rápidamente al inicio del ejercicio, alcanzando un pico máximo en aproximadamente 30 – 45 segundos, disminuyendo luego hasta alcanzar un estado de equilibrio decreciendo rápidamente en los minutos posteriores al término del ejercicio, es afectada por factores extrínsecos como temperatura y humedad ambiental ⁽¹¹⁾.

Durante el ejercicio la frecuencia cardiaca se aumenta para proveer al músculo de mayor flujo sanguíneo y por ende llevar a las células musculares mayor concentración de oxígeno. Es más elevada en caballos no entrenados que en caballos entrenados, pero a medida que se tenga un buen plan de entrenamiento el equino se adapta a bombear mayor flujo de sangre con una menor frecuencia cardiaca ^(4, 27). La unidad de frecuencia cardiaca es lpm (latidos por minuto).

Dos Santos (2006) encontró en el Caballo Criollo Brasileiro, 35.6 lpm para una FC en estado de reposo y 184.3 lpm en ejercicio; como también Arias (2006) obtuvo 69.86 lpm en reposo y 160.16 lpm en ejercicio, para equinos de raza Criollo Colombiano.

La frecuencia respiratoria (FR), se aumenta en el ejercicio para poder llevar mayor concentración de oxígeno a las células. Esta variable fisiológica representa una adaptación a la actividad física y esta directamente relacionada con la capacidad pulmonar. El entrenamiento incrementa la elasticidad pulmonar, generando así una mayor capacidad para tomar aire y por lo tanto mayor cantidad de oxígeno, acelerando la velocidad de recambio alveolar; este mayor intercambio gaseoso se

traduce en un aumento en la cantidad de glóbulos rojos y hemoglobina ^(3, 15). La unidad de frecuencia respiratoria es respiraciones por minuto (resp/min).

Gómez et al (2004) para equinos de raza Holsteiner halló que en reposo se tenía 3.4 resp/min, en ejercicio 96.8 resp/min y en recuperación 15.8 resp/min; magnitudes diferentes fueron obtenidas en PSI en el mismo país por el mismo autor, 16 resp/min en reposo y 52 resp/min en ejercicio.

Metodología

Localización

El modelo experimental se llevo a cabo en el Centro Ecuestre La María; ubicado en la Loma del Escobero en el municipio de Envigado. A 2320 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 18 0C y una precipitación promedio de 1500 mm anuales; pertenece a la zona de vida de bosque húmedo premontano (bh-pm).

Diseño experimental

El estudio realizado fue de tipo experimental, de diseño aleatorio, en el cual se analizaron variables bioquímicas y fisiológicas, antes de una rutina de ejercicio (reposo), inmediatamente después (final del ejercicio) y durante la recuperación (recuperación), en equinos del centro ecuestre, así:

-Reposo: Los muestreos fueron tomadas en horas de la mañana, con suficiente tiempo de antelación con la hora de entrenamiento de los animales y después de un tiempo prudente de la primera ración de comida del día, para minimizar las interferencias en los resultados por estrés o por funciones fisiológicas en los ejemplares.

-Final del ejercicio: Las muestras fueron tomadas inmediatamente después de finalizar la prueba de ejercicio con el fin de obtener los datos al menor tiempo posible.

-Recuperación: Se tomaron a los 45 minutos después de finalizar la prueba de ejercicio.

Para el estudio se tomó una muestra de 15 caballos de alto rendimiento que se desempeñaban en la modalidad de salto, pertenecientes a las razas Europeo, Pura Sangre

Ingles (PSI) y Caballos Criollos Colombianos en la modalidad de salto. Se agruparon cinco equinos por cada raza. La selección para el estudio se realizó dentro de una población total de 50 equinos.

Los caballos se sometieron a una exploración clínica, centrada fundamentalmente en el sistema respiratorio, cardiovascular y músculo-esquelético. Todos cumplieron con un régimen de entrenamiento similar ya que todos fueron supervisados por el mismo entrenador, y siguieron el mismo plan de entrenamiento, la única variación entre los ejemplares fue la conducción, debido a que los jinetes variaron en cada binomio.

La edad fue entre 8 y 14 años, período de óptima de competencia, ya que los menores de 8 años están en un período de adiestramiento y doma y por lo tanto no asisten a competencias de alto rendimiento, y los mayores de 14 años compiten en categorías menores ya que muestran una disminución en su desempeño deportivo.

Se realizó un muestreo cada semana por seis semanas. Las variables evaluadas fueron creatinquinasa (UI/l), frecuencia cardíaca (lpm), frecuencia respiratoria (resp/min) y ácido láctico (UI/l) cada variable se midió en los tres estadios mencionados anteriormente reposo, al final del ejercicio y en recuperación.

Cada prueba de rendimiento tuvo una duración de 45 minutos, y se dispuso de la siguiente manera:

- 5 minutos de paso
- 10 minutos de trote (5 minutos a cada mano)
- 10 minutos de galope (5 minutos a cada mano)
- 15 minutos de salto (1.10-1.15 metros)

Plan de entrenamiento

Este plan se realizó conociendo el cronograma de la temporada de competencias de acuerdo con las giras deportivas y las competencias de mayor nivel. El plan de entrenamiento se realizó de acuerdo con el cronograma internacional, nacional y departamental de competencias, donde las competencias departamentales se consideran como competencias de preparación, y las nacionales e internacionales se consideran como competencias fundamentales.

Se enfocó en tres aspectos fundamentales; preparación técnica, preparación condicional y preparación táctica,

de intensidad variable de acuerdo con el grado de adiestramiento de cada ejemplar, estado físico, edad, temperamento y competencias fundamentales en las cuales se fuese a participar durante el año.

Alimentación

Todos los caballos tuvieron una dieta básica de heno a voluntad, generalmente cada equino consumió de 8-10 kilos de forraje, y aproximadamente entre 4-6 kilos de concentrado (Contegral). Además, se suplementó con sal mineralizada Premex.

Colección de parámetros cardiovasculares

La frecuencia cardíaca se determinó mediante un pulsómetro (Heart Rate Polar Sport Tester).

Colección de parámetros respiratorios

La frecuencia respiratoria se obtuvo por auscultación directa con estetoscopio a nivel del arco costal derecho y/o izquierdo. La medición de este parámetro se realizó de acuerdo con los tres estados previamente determinados para el estudio (reposo, final del ejercicio y recuperación).

Recolección de muestras sanguíneas

Las muestras de sangre fueron tomadas mediante la punción de la vena yugular por medio de tubos vacutainer para cada uno de los tres estados evaluados, las muestras fueron colectadas en tubos secos o sin anticoagulante. Para determinar la química sanguínea, y en esta observar los valores de Creatinquinasa se utilizaron tubos vacutainer sin anticoagulante, para posteriormente ser centrifugados a 3000 r.p.m. Las muestras se tomaron en reposo, final del ejercicio y recuperación.

Análisis estadístico

Todos los resultados fueron analizados con el software Statgraphics versión 5.1. Se realizó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% y una comparación múltiple para la determinación de la significancia estadística entre las medias, por medio de LSD, con un 5 % de error.

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, en donde se evaluaron creatinquinasa, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y ácido láctico.

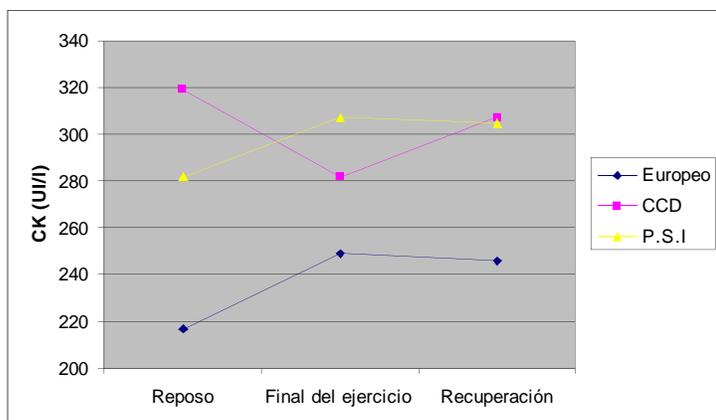
Creatinquinasa (CK)

Las medias de CK en los tres estados de actividad física (en reposo, al final del ejercicio y recuperación) de los caballos no tuvieron una variación significativa ($p = 0.5825$).

Hubo diferencias significativas en estado de reposo entre la raza Europea y las otras dos, Caballo Criollo Colombiano (CCD) y Pura Sangre Inglés (PSI), teniendo una media los caballos europeos de 216.9 UI/l, menor que CCD (318.83 UI/l) y PSI (282.26 UI/l). Al final del ejercicio la diferencia fue entre Europeo y PSI con medias de 249.03 UI/l y 306.86 UI/l respectivamente. En estado de recuperación Entre Europeo (246.23 UI/l) y CCD (306.66 UI/l) y PSI (305.23 UI/l). Valores de referencia (100-333 UI/l).

La raza Europea presento valores menores que PSI y CCD, concordando con diferencia estadística presentada (ver figura 1).

Figura 1. Medias de Creatinquinasa (CK) en reposo, final del ejercicio y recuperación para las tres razas de caballos evaluadas.



Límites máximos y mínimos, Europeo: R (249.02 – 184.77), FE (276.72 – 221.347), RE (274.16 – 218.3); CCD: R (350.95 – 286.70), FE (309.72 – 254.34), RE (334.6 – 278.73); PSI: R (314.39

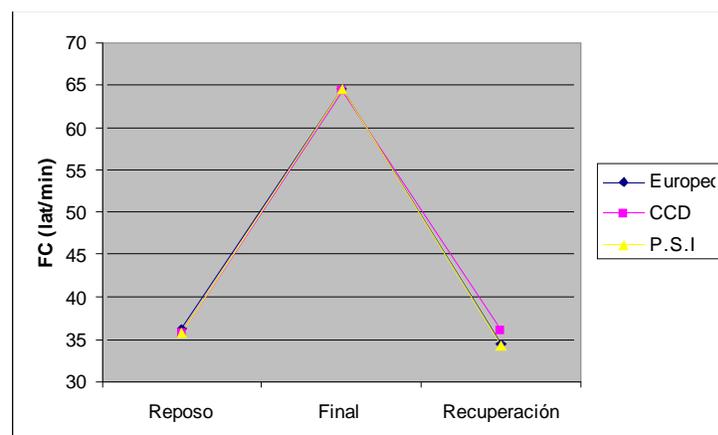
– 250.14), FE (334.55 – 279.18), RE (33.16 – 277.3). Unidades: UI/l. R: reposo, FE: final del ejercicio, RE: recuperación.

Frecuencia cardiaca (FC)

La media de la frecuencia cardiaca al final del ejercicio (64.4 lat/min), presento diferencia estadística significativa ($p = 0.0000$) con respecto al estado de reposo (35.86 lat/min) y recuperación (34.93 lat/min).

Para la frecuencia cardiaca no hubo diferencias estadísticas entre las diferentes razas y los diferentes estados de actividad física de los caballos evaluados, obteniendo valores de $p = 0.9199$ para reposo, 0.9783 para final del ejercicio y 0.1986 para recuperación (ver

Figura 2. Medias de frecuencia cardiaca (FC) en reposo, final del ejercicio y recuperación para las tres razas de caballos evaluadas.



Límites máximos y mínimos, Europeo: R (37.72 – 34.54), FE (66.47 – 61.99), RE (36.04 – 32.89); CCD: R (37.32 – 34.14), FE (66.63 – 62.16), RE (37.67 – 34.52); PSI: R (37.32 – 34.14), FE (66.80 – 62.32), RE (35.80 – 32.65). Unidades: latidos/minuto (lat/min). R: reposo, FE: final del ejercicio, RE: recuperación.

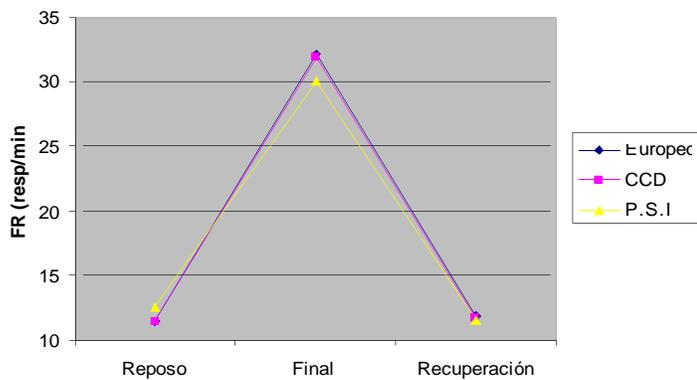
Frecuencia respiratoria (FR)

La media de la frecuencia respiratoria al final del ejercicio presento diferencia estadística significativa ($p = 0.0000$) con respecto al reposo y recuperación. Al igual que la frecuencia cardiaca, FR tuvo una diferencia estadística significativa entre FR en reposo (11.81 resp/min) y recuperación (11.72 resp/min) con FC final (31.34 resp/min) (ver figura 3).

La frecuencia respiratoria no tuvo diferencias estadísticas entre las diferentes razas y los diferentes estados de actividad física de los equinos evaluados, obteniendo

valores de $p = 0.0557$ para reposo, 0.0522 para final del ejercicio y 0.7295 para recuperación.

Figura 3. Medias de frecuencia respiratoria (FR) en reposo, final del ejercicio y recuperación para las tres razas de caballos evaluadas.



Límites máximos y mínimos, Europeo: R (12.18 – 10.74), FE (33.36 – 30.83), RE (12.45 – 11.34); CCD: R (12.15 – 10.71), FE (33.13 – 30.60), RE (12.22 – 11.11); PSI: R (13.25 – 11.81), FE (31.33 – 28.80), RE (12.15 – 11.04). Unidades: respiraciones/minuto (resp/min). R: reposo, FE: final del ejercicio, RE: recuperación.

Ácido láctico

Todas las medias de ácido láctico en los tres estados de actividad física de los caballos tuvieron una variación significativa ($p = 0.0000$) en reposo, al final del ejercicio y recuperación; presentando 23.15 UI/l para reposo, 21.4 UI/l para el final del ejercicio y 20.64 UI/l para la

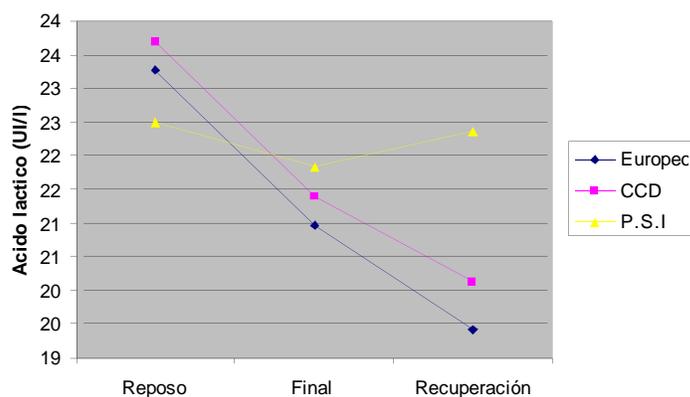
Discusión

En las diferentes disciplinas deportivas, el entrenamiento físico no modifica las características morfológicas del equino, las cuales están determinadas genéticamente, pero sí mejora su capacidad de adaptación, influyendo sobre algunos parámetros fisiológicos y sobre la capacidad funcional y metabólica del animal. Los esfuerzos físicos repetitivos a través de un periodo largo de trabajo conducen a variaciones en los sistemas metabólico, cardiovascular y respiratorio, lo cual hace posible responder a la demanda metabólica exigida por la actividad corporal específica, bien sea deportiva o de trabajo.

recuperación. Valores de referencia (10 – 20 UI/l).

Se presentaron diferencias significativas en estado de reposo entre PSI (22.5 UI/l) y las otras dos razas CCD (23.7 UI/l) y Europeo (23.26 UI/l) ($p = 0.0031$); en recuperación fue igual a reposo, hubo diferencias entre PSI (22.36 UI/l) y CCD (20.13 UI/l) y Europeo (19.43 UI/l) ($p = 0.0000$); no habiendo diferencias significativas al final del ejercicio ($p = 0.3617$) (ver figura 4).

Figura 4. Medias del ácido láctico en reposo, final del ejercicio y recuperación para las tres razas de caballos evaluadas.



Límites máximos y mínimos, Europeo: R (23.75 – 22.78), FE (21.81 – 20.11), RE (20.27 – 18.59); CCD: R (24.18 – 23.21), FE (22.24 – 20.55), RE (20.97 – 19.29); PSI: R (22.98 – 22.01), FE (22.68 – 20.98), RE (23.20 – 21.52). Unidades: UI/l. R: reposo, FE: final del ejercicio, RE: recuperación.

Creatinquinasa (CK)

El hecho de que este parámetro no haya tenido una diferencia significativa, es un indicativo de que las variaciones en la concentración de CK en los tres estados y para las diferentes razas fueron estables. Además, los valores de las medias en ningún momento y en ninguno de los estados de actividad física sobrepasaron los valores de referencia. Por tanto se ve reflejado el buen estado de salud músculo esquelético de los caballos evaluados y que no han sido sobre entrenados y no son potenciales a sufrir una lesión dentro del entrenamiento normal o en competencia (ver figura 1).

Hubo diferencias significativas en estado de reposo entre la raza Europeo y las otras dos razas evaluadas (CCD y PSI), encontrándose los valores dentro del rangos normales en CK.

Teniendo en cuenta que están dentro del rango óptimo, los caballos evaluados no sufren ni son potenciales a sufrir una lesión en el normal desarrollo de un entrenamiento y competencia de alto rendimiento.

Los valores obtenidos tanto en reposo como al final del ejercicio son mayores que en caballos de salto evaluados en Brasil, Chile y España, pero concordante con caballos evaluados en Bogotá (Colombia). Esto es un indicativo de las diferencias que pueden surgir en los parámetros fisiológicos debido al hábitat, genética y otros factores que los afectan.

Frecuencia Cardíaca (FC)

La frecuencia cardíaca tuvo una diferencia significativa entre FC en reposo y recuperación con FC al final del ejercicio, siendo esto una situación normal, debido al aumento de la misma al incrementarse el volumen del ejercicio físico (ver figura 2); se debe tener en cuenta que el valor medio en recuperación es menor que en reposo (no siendo su diferencia significativa) lo que indica una excelente recuperación y la posibilidad de dar el máximo rendimiento deportivo en varias pruebas (en entrenamiento o competencia) en una sola jornada.

Estos valores (incluida la FC al final del ejercicio) son bajos con respecto a mediciones realizadas en Caballos Criollos Brasileños, Pura Raza Española y Caballo Criollo Colombiano. Este hecho puede ser un indicativo del buen entrenamiento de los caballos evaluados y que estos pueden aumentar su volumen de trabajo e intensidad en la búsqueda de un mejor rendimiento deportivo.

Entre las diferentes razas en los diferentes estados de actividad física no hubo diferencias significativas y todos los equinos tuvieron valores muy estables; indicativo de que los caballos de las diferentes razas están adaptados y han respondido de una manera similar al entrenamiento que se les ha realizado.

Frecuencia Respiratoria (FR)

La frecuencia respiratoria, al igual que la frecuencia cardíaca, tuvo una diferencia estadística significativa entre FR en reposo y recuperación con FR al final del ejercicio, siendo esto una situación normal, debido al aumento de la misma al incrementarse el volumen del ejercicio físico (ver figura 3). Estos valores (incluida la FR al final del ejercicio) son bajos con respecto a mediciones realizadas

en PSI Chilenos y Holsteiner Chilenos, dedicados a la modalidad de salto. Reafirmando el buen entrenamiento de los caballos evaluados y que estos pueden aumentar su volumen de trabajo e intensidad en la búsqueda de un mejor rendimiento deportivo.

Ácido Láctico

Las medias en los tres estados de actividad física tuvieron una diferencia significativa entre todos ellos (en reposo, al final del ejercicio y en recuperación). Los valores obtenidos son mayores al límite superior del rango de referencia (ver figura 4), concluyendo en primera instancia que existen magnitudes altas de ácido láctico en sangre; pero si las analizamos detalladamente, se observa que al final del ejercicio el valor es mayor que en reposo, indicativo de que durante el ejercicio los caballos evaluados no llegaron al umbral de anaerobiosis que marca valores altos en ácido láctico inmediatamente al final del ejercicio. Por tanto el entrenamiento está bien direccionado y los equinos (todas las razas evaluadas) están adaptados a él y se puede incrementar el volumen e intensidad del mismo.

Se presentan diferencias significativas en estado de reposo y recuperación entre PSI y las otras dos razas (CCD y Europeo), no habiendo diferencias significativas al final del ejercicio. De acuerdo a lo anterior, las tres razas evaluadas no llegan al umbral anaerobio y mantienen sus valores normales de ácido láctico en sangre. Siendo consecuente con la significancia estadística los PSI tienen un menor valor en reposo que las razas CCD y Europeo, pero un mayor valor en recuperación que los caballos CCD y Europeo.

Conclusiones

Los valores de creatinquinasa (CK), en reposo, al final del ejercicio y en recuperación evaluados, estuvieron dentro de los valores de referencia; siendo ello un indicativo del buen estado físico de los caballos en competencia.

Los resultados de los parámetros bioquímicos y fisiológicos, muestran el no sobre-entrenamiento de los caballos y el mínimo riesgo que tienen de tener alguna lesión en competencia.

Las tres razas no llegan a su umbral de anaerobiosis,

significando el buen direccionamiento del entrenamiento, el buen estado físico y la potencialidad de aumentar la carga de ejercicio durante el entrenamiento y la capacidad de mejorar el estado competitivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen la valiosa ayuda financiera y logística recibida por parte de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad CES y el laboratorio clínico AGROLAB.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arias MP. Aspectos metabólicos del caballo atleta, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 2000; 13(2): 45-51.
2. Arias MP, Pérez PC. Comparación de los valores del hemoleucograma entre caballos de carreras Pura Sangre Inglés velocistas y fondistas del hipódromo Los comuneros de Guarne, Antioquia. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 2006 1(1):7-13.
3. Arias MP, Naranjo MP, Restrepo E. Comparación de los valores del hemoleucograma según la edad y el sexo en caballos Pura Sangre del hipódromo Los comuneros de Guarne, Antioquia. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 2006 1(1):14-21.
4. Arias MP, Et al. Estimación de la intensidad de trabajo en un grupo de caballos criollos colombianos de diferentes andares. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 2006 1(2):18-31.
5. Calderón JF, García A. Valoración del estado físico de los caballos criollos colombianos que compiten en pruebas de esfuerzo prolongado. Trabajo de grado, Escuela De Medicina Veterinaria Y de Zootecnia, Universidad De Antioquia 1998.
6. Couroucé A, Chatard JC, Auvinet B. Estimation of performance potencial of Standardbred trotters from blood lactate concentrations measured in field conditions. Equine Vet. J. 1997; 29:365-369.
7. Davie AJ, Evans DL. Blood lactate responses to submaximal field exercise tests in thoroughbred horses. Vet. J. 2002; 159:252-259..
8. David M, Kathryn N. Equine Exercise Physiology. Blackwell Publishing, 2002. Pag 71-78.
9. David RH, Reuben J. Principles and practice of equine sports medicine. The Athletic Horse 1994. W:B Saunders company. 470 p.
10. Desmecht D, Linden A, Amory H, Art T, Lekeux P. Relationship of plasma lactate production to cortisol release following competition of different types of sporting events in horses. Vet. Res. Comm. 1996; 20:371-379.
11. Dos-Santos V. Variaciones hemato - bioquímicas en equinos de salto sometidos a diferentes protocolos de ejercicio físico. Facultad de Veterinaria. Universidad Do Rio Grande Do Sul, tesis de maestría. 2006; 94 p.
12. Ei-Migdadif BN, Hasan Z. Exercise a low altitude (Jordan Valley) causes changes in serum levels of acth, insulin,

cortisol and lactate. *Journal Of Science And Technology* 1996; 22(9): 763-767

13. Essén-Gustavsson B, Roneús N, Pösö AR. Metabolic response in skeletal muscle fibres of standardbred trotters after racing. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 1997; 117: 431-436.

14. Evans DL, Harris RC, Snow DH. Correlation of racing performance with blood lactate and heart rate after exercise in Thoroughbred horses. *Equine Vet. J.* 1993; 25: 441-445.

15. Gómez C, Et al. Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas en equinos de salto holsteiner. *RC.* 2004; 14(3): 244-253.

16. Gutiérrez H. Francisco J Y Col. Indicadores Funcionales Del Desempeño Deportivo Pre Y Post Competencia En Caballos Pura Sangre Ingles Del Hipódromo Los Comuneros. *Guarne Antioquía, Trabajo De Grado Escuela De Medicina Veterinaria Y De Zootecnia De La Universidad De Antioquía* 1999.

17. Hodgson D, Rose R. *The athletic Horse. Principles and Practice of Equine Sports Medicine.* WB Saunders Company 1994; 145-178.

18. Jurado AM, Et al. Estimation of physical fitness in sport horses by a scoring system with functional indexes. *FCV-LUZ.* 2005; 15(3): 217-226.

19. Mills PC, Marlin DJ, Scout CM, Smith NC. Metabolic effects of nitric oxide synthase inhibition during exercise in the horse. *Res. Vet. Sci.* 1999; 66(2):135-138.

20. Milne OW. Biochemical parameters for assessment of conditioning in the horse. *Proc. Am. Assoc. Eq. Pract.* 1982; 49-53.

21. Muñoz A, Riber C, Santisteban R, Lucas RG, Castejón, FM. Effect of training duration and exercise on blood-borne substrates, plasma lactate and enzyme concentrations in Andalusian, Anglo-Arabian and Arabian horses. *Equine Vet. J.* 2002; 34:245-251.

22. _____, et al. Evaluación del entrenamiento mediante el análisis hematológico y bioquímico plasmático en caballos angloárabes de carreras. *Medicina veterinaria.* 2001; 18(7-8): 491-499.

23. _____, Et al. Locomotor, cardiocirculatory and metabolic adaptations to training in Andalusian and Anglo-Arabian horses. *Res. Vet. Sci.* 1999; 66(1):25-31.

24. _____. Et al. The use of functional indexes to evaluate fitness in Andalusian horses. *J. Vet. Med. Sci.* 59: 747-750. 1997.

25. Mutis CA, Pérez TE. Determinación y analisis de valores de nitrógeno ureico en sangre (bun), glucosa, creatin kinasas (ck) y ácido láctico pre y post ejercicio en una población de atletas equinos de salto en Bogotá D.C. *REDVET.* 2005; 6(2): 1-28.

26. Persson SG. 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.* 1997; 44:125-132.

27. Ponce J, Et al. Relación entre frecuencia cardiaca y lactate sanguíneo durante el periodo de recuperación del

ejercicio aerobio – anaerobio de corta duración. Revista motricidad. 1997; 3: 33-43.

28. Potard U, Leith D, Fedde R. Force, speed and oxygen consumption in thoroughbred and draft horses. J. Appl. Physiol. 1998; 84(6):2052-2059.

29. Rivero JL, Ruiz RC, SerranoAL, Diaz, AM. Effects of a 3 month endurance training programme on skeletal muscle histochemistry in Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses. Equine Vet. J. 1995; 27:51-59.

30. Rose RJ, Hodgson DR. Clinical exercise testing. The athletic horse: principles and practice of equine sport medicine. W.B. Saunders. 1995; 245-257 pp. USA.

31. Tadichi N, Mendez G, Wittwer F, Meyer K. Blood biochemical values of loadcart draught horses in the city of Valdivia (Chile). Arch. Med. Vet. 1997; 2981): 45-61.

32. Valberg SJ. Muscular causes of Equine Exercise Intolerante. The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Exercise Intolerance. 1996; 12(3):537-555.