

ISSN: 1988-2688

<http://www.ucm.es/BUCM/revistasBUC/portal/modulos.php?name=Revistas2&id=RCCV&col=1>

<http://dx.doi.org/10.5209/RCCV.54515>

Revista Complutense de Ciencias Veterinarias 2016 10(2):74-93



ANÁLISIS DEL PATRÓN LOCOMOTOR MEDIANTE ACELEROMETRÍA TRIAXIAL EN CABALLOS SEDADOS CON ACEPROMACINA.

GAIT ANALYSIS USING TRIAXIAL ACCELEROMETRY IN HORSES SEDATED WITH ACEPROMAZINE.

***Gómez Cisneros, D.^{1,2,4}; Holmbak-Petersen, R.³; Ramos Saavedra, J.¹; Santiago Llorente,
I.¹; López-Sanromán, FJ.¹**

¹Departamento de Clínicas y Cirugías, Facultad de medicina veterinaria Universidad de Panamá Ciudad de Panamá. ²Departamento de Medicina y Cirugía Animal Facultad de veterinaria Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. ³Departmento de Medicina y Cirugía Decanato de Ciencias Veterinarias, Universidad Centro occidental “Lisandro Alvarado” Barquisimeto, Venezuela. ⁴Investigador Secretaría nacional de ciencias, tecnología e innovación (SENACYT), Gobierno de Panamá, Ciudad de Panamá.

*Autor de correspondencia: david_gomez09@hotmail.com

RESUMEN

Objetivos: cuantificar por acelerometría el patrón locomotor de caballos sedados con acepromacina

Metodología: se utilizaron siete caballos y se administraron 2 tratamientos: solución salina, y acepromacina (0.04 mg/kg). Se uso un acelerómetro ortogonal que mide aceleraciones a lo largo de 3 ejes. Se obtuvieron registros acelerométricos post tratamiento, repetidos cada cinco minutos

durante los primeros 20 minutos y luego cada 10 minutos durante 3 horas. También se midieron parámetros de sedación.

Resultados: la acepromacina disminuyó algunas de las variables. Velocidad, frecuencia y longitud del paso fueron reducidas significativamente después del tratamiento. Para los parámetros de coordinación, no se observaron diferencias significativas. Las variables energéticas sufrieron solo leves reducciones mientras que los valores de distancia belfo-suelo disminuyeron.

Significación clínica: La acepromacina produce alteraciones significativas en el patrón, pero no afecta a las variables de coordinación en los caballos y puede ser el tranquilizante de elección para la evaluación de cojeras.

Palabras clave: Caballo, acepromacina, patrón locomotor, acelerometría.

ABSTRACT

Objective: quantify by accelerometry the locomotor pattern in horses sedated with acepromazine

Methodology: seven horses were used and administered 2 treatments: saline solution and acepromazine (0.04 mg / kg). Is used an orthogonal accelerometer measuring acceleration along three axes. Accelerometric records were obtained after treatment, repeated every five minutes during the first 20 minutes and then every 10 minutes for 3 hours. Parameters sedation was also measured.

Results: acepromazine decreased some of the variables. Speed, stride frequency and stride length were significantly reduced post-treatment. For the coordination parameters no significant differences were observed. Energy variables suffered only minor reductions while the ground-lip distance values decreased.

Clinical significance: acepromazine produce significant changes in the pattern but does not affect the variables of coordination in horses and may be the tranquilizer of choice for evaluating lameness.

Keywords: Horse, acepromazine, locomotor pattern, accelerometry.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales patologías en caballos atletas son los problemas de claudicaciones, ya sea por problemas en tendones, ligamentos o estructuras articulares, debidos a errores de manejo (nutrición, entrenamiento, herraje, reproducción), malas condiciones ambientales (pistas, meteorología), y/o una conformación desfavorable que puede predisponer a lesiones. Anteriormente muchas de las pruebas diagnósticas o de valoración de las claudicaciones en caballos se realizaban de manera subjetiva. Esto puede provocar que no concuerden los criterios entre colegas a la hora de evaluar estas patologías, sobre todo en claudicaciones muy sutiles.

En la actualidad ya existen métodos objetivos útiles que permiten estudiar y cuantificar el patrón locomotor y la marcha de los caballos; uno es el análisis cinemático y otro método es el análisis cinético. Cada método posee ventajas y desventajas. En general, el análisis cinemático describe el patrón locomotor del caballo y el análisis cinético explica la causa de este (Barrey, 1997). Estos métodos son muy sensibles a los cambios en el patrón locomotor normal de los caballos, permitiendo cuantificar y observar la actividad locomotora, ya sea en animales con algún problema de claudicación o, inclusive, para la evaluación de patrones de ataxia.

Recientemente se han empleado estos métodos para la evaluación del efecto de determinadas drogas sobre el patrón locomotor, mencionando los fármacos agonistas de los receptores α_2 como la xilacina (López-Sanromán *et al.*, 2012) y otros del mismo grupo como detomidina y romifidina (López-Sanromán *et al.*, 2013).

Algunos caballos durante el examen de cojera tienen comportamientos nerviosos y se excitan al ser transportados a alguna instalación o al realizarles algún test, pudiendo esto enmascarar la cojera, siendo a veces necesaria su tranquilización. Se ha descrito también el uso de dosis bajas de acepromacina como ayuda a la hora de evaluar cojeras (López-Sanromán, 2015), aunque en algunos caballos, es necesario un mayor grado de tranquilización. El objetivo de este estudio fue observar y cuantificar los diferentes cambios en los patrones de la marcha y calcular en que porcentaje disminuye la actividad locomotora de caballos sedados con acepromacina, con una dosis más elevada (0.04 mg/kg), utilizando acelerometría triaxial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales utilizados

Se realizó un estudio prospectivo, cruzado y de asignación aleatoria de los animales y tratamientos. El mismo investigador era el encargado de tomar las diferentes medidas con el acelerómetro y medir los parámetros de sedación establecidos. Se utilizaron un total de siete caballos adultos de diferentes razas con edad promedio de 13.2 ± 8.3 años y peso en kilogramos de 425.8 ± 10.2 . A estos caballos se les realizó un examen clínico y físico previo, a fin de asegurar que todos los animales no presentaran algún tipo de cojera y garantizar que estuviesen sanos a la hora de realizar los registros acelerométricos. El diseño experimental propuesto para este estudio fue aprobado por el Comité de experimentación Animal de la Universidad Complutense de Madrid, bajo el epígrafe: “Evaluación mediante acelerometría de los efectos de diferentes protocolos analgésicos y sedantes sobre los movimientos del aparato locomotor del caballo”.

Protocolo de tratamientos

Cada caballo se utilizó como su propio control y fueron administrados dos tratamientos: solución salina (NaCl 0.9%, 10 ml) como tratamiento control y maleato de acepromacina a 0.04 mg/kg (Ballard, 1979), diluida en solución salina hasta completar un volumen total de 10 ml. Se administró, por vía IV, la respectiva dosis control y la dosis de acepromacina con intervalo mínimo de siete días entre cada tratamiento.

Se colocó el dispositivo registrador de datos (grabador) del transductor acelerométrico triaxial (Equimetrix®) en la zona correspondiente del perímetro torácico (comprendido entre la cruz y el esternón) con ayuda de una correa elástica.

El analizador portátil de la marcha utilizado estaba compuesto por tres acelerómetros ortogonales, que miden cambios acelerométricos en los ejes dorsoventral, longitudinal y los ejes laterales del caballo. Este se fijó a la piel de la línea media de la región de la grupa mediante cinta adhesiva de doble cara, y luego fue conectado al dispositivo registrador (figura 1).

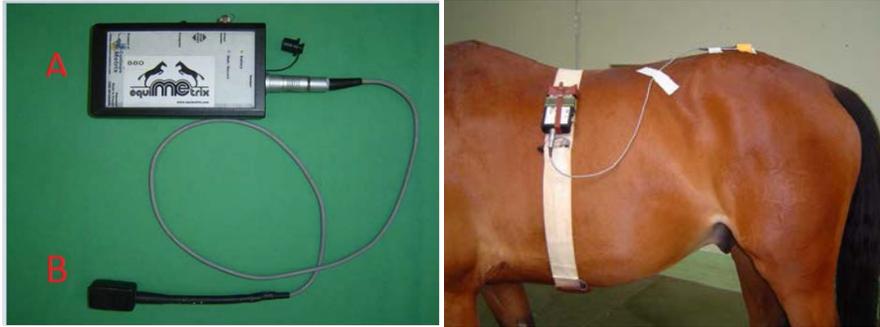


Figura 1: Dispositivo grabador (A) y acelerómetro (B) (izquierda) y la ubicación del grabador y del acelerómetro (derecha)

Las pruebas fueron realizadas en un ambiente tranquilo y los caballos estaban acostumbrados al entorno experimental. Antes de la administración de las dosis en estudio, los caballos eran llevados a una velocidad confortable tanto al paso y luego al trote a lo largo de una pista de 50 metros de largo.

Se obtuvieron primero los valores basales (minuto -10), luego se administró IV (minuto 0) el tratamiento en estudio (control o acepromacina) a través de un catéter 16G colocado previamente. Se tomaron registros acelerométricos después de administrar el tratamiento, cada 5 minutos durante los primeros 20 minutos (minuto 5, 10, 15, 20) y después cada 10 minutos durante 2 horas (minuto 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180). Se obtuvieron un total de 20 registros acelerométricos al paso y otros 20 al trote.

Parámetros acelerométricos y de sedación

Tanto la validación de los estudios acelerométricos (Barrey *et al*, 1994; Leuleu, 2002, Leuleu 2004), como las variables de este estudio, han sido descritos con anterioridad (Barrey *et al*, 1994; Barrey, 2001; Barthélémy, 2009; Matsuura, 2013):

- **Variables cinéticas del tranco:** incluyen la velocidad (m/s), frecuencia del tranco (pasos/s o Hz) y la longitud del tranco.
- **Variables de coordinación:** coeficientes como la regularidad, que mide la similitud de patrones de aceleración dorsoventrales en pasos sucesivos, y la simetría (utilizada solo al trote) que mide similitud de patrones acelerométricos de diagonales izquierda y derecha.

- **Variables energéticas:** potencia dorsoventral (W/kg); potencia de propulsión o cráneo-caudal (W/kg); potencia medio-lateral o actividad lateral (W/kg); la sumatoria de las tres potencias de cada eje o potencia total (W/kg). Se calculó la fuerza de aceleración (N/kg), la cual es el cociente entre la potencia total y la velocidad en cada tiempo y la redistribución de las potencias que consiste en el porcentaje de cada potencia en cada eje con respecto a la potencia total.
- **Parámetros de sedación:** se midió la distancia belfo-suelo (Muir, 2009; Nilsfors, 1986), distancia entre orejas (Freeman, 2009) y la distancia entre miembros anteriores (Taylor, 2014).

Análisis estadístico

Los registros acelerométricos obtenidos fueron procesados por el Software Equimetrix-Centaure 3D© (Matlab 5, The MathWorks Inc.). Los valores fueron agrupados como valor promedio \pm desviación estándar, y expresados en porcentaje con respecto a los valores basales. El análisis estadístico fue realizado con el programa estadístico SAS 9.2 para Windows (SAS Institute Inc., Carry, NC, USA) y se realizó: estadística descriptiva de las variables cuantitativas, ANOVA bifactorial de medidas repetidas con un factor intra-sujeto donde, si se observa interacción significativa entre la droga en el tiempo, nos indica que las medias en los grupos se comportan de manera diferente. T de Student comparando los grupos en cada momento evaluado y ANOVA de medidas repetidas donde se comparan los momentos en cada uno de los grupos. Se consideraron significativos valores de $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Variables cinéticas del tranco

La velocidad al paso disminuyó significativamente ($p < 0.0001$) entre los grupos en estudio, a partir del minuto 5 y observándose este efecto hasta el minuto 180. Se observó una disminución de manera progresiva de la velocidad hasta el minuto 30, donde se evidenció una disminución máxima del 17.9 % con respecto al valor basal. Al trote, disminuyó también significativamente ($p < 0.0001$) desde el minuto 10, observándose este efecto hasta el minuto 80. Se produjo una

disminución de manera progresiva de la velocidad hasta el minuto 15, donde se observó un descenso máximo del 22.9 % con respecto al valor basal (Figura 2).

La frecuencia del tranco al paso disminuyó significativamente ($p < 0.0001$) desde el minuto 5 entre los grupos en estudio, observándose este efecto hasta el minuto 160. Se produjo un descenso progresivo de la frecuencia del tranco hasta el minuto 40 en el que se observó un descenso máximo del 12.2 % con respecto al valor basal. Al trote disminuyó significativamente ($p = 0.0002$) desde el minuto 5 observándose este efecto hasta el minuto 70. Se produjo una disminución de manera progresiva de la frecuencia hasta el minuto 15, momento en el que se observó un descenso máximo del 11.6 % con respecto al valor basal (Figura 3).

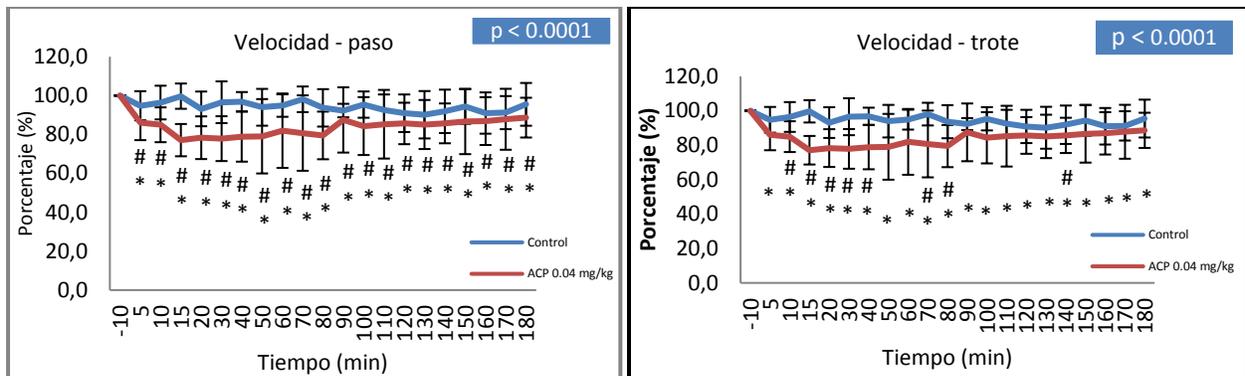


Figura 2: valores de velocidad (% \pm SD) (paso y trote) en la línea basal (-10 min) al minuto 5, 10, 15, 20 y posteriormente cada diez minutos durante un período total de tres horas después de la inyección IV (al minuto 0) de solución salina (control), y acepromacina (ACP) 0.04 mg/kg, diluido en solución salina hasta un volumen de 10 ml. # Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) de la solución salina (0,9% NaCl) en ese punto de tiempo. * Denota diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al valor basal (-10) en ese punto en el tiempo.

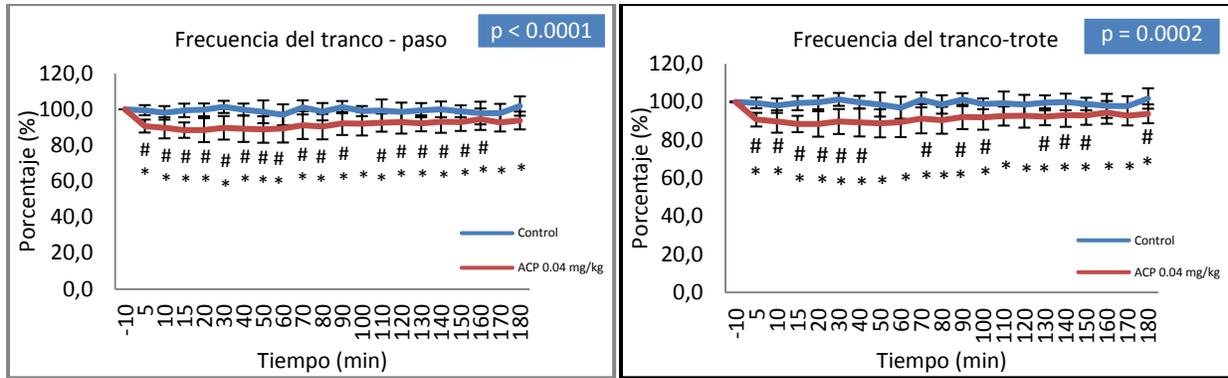


Figura 3: valores de frecuencia del tranco (% \pm SD) (paso y trote) en el valor basal (-10 min) al minuto 5, 10, 15, 20 y posteriormente cada diez minutos durante un período total de tres horas después de la inyección IV (al minuto 0) de solución salina (control), y acepromacina (ACP) 0.04 mg/kg, diluido en solución salina hasta un volumen de 10 ml. # Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) de la solución salina (0,9% NaCl) en ese punto de tiempo. * Denota diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al valor basal (-10) en ese punto en el tiempo.

En cuanto a la longitud del tranco, al paso disminuyó significativamente ($p=0.0115$) desde el minuto 15 entre los grupos en estudio, observándose este efecto hasta el minuto 60. Se produjo una disminución de manera progresiva de la longitud hasta el minuto 30 en el que se observó un descenso máximo del 7.2 % con respecto al valor basal. Al trote, este disminuyó significativamente ($p=0.0034$) desde el minuto 15 hasta el minuto 40. Se produjo un descenso progresivo hasta el minuto 30 momento en que se observó una disminución máxima del 13.4 % con respecto al nivel basal (Figura 4).

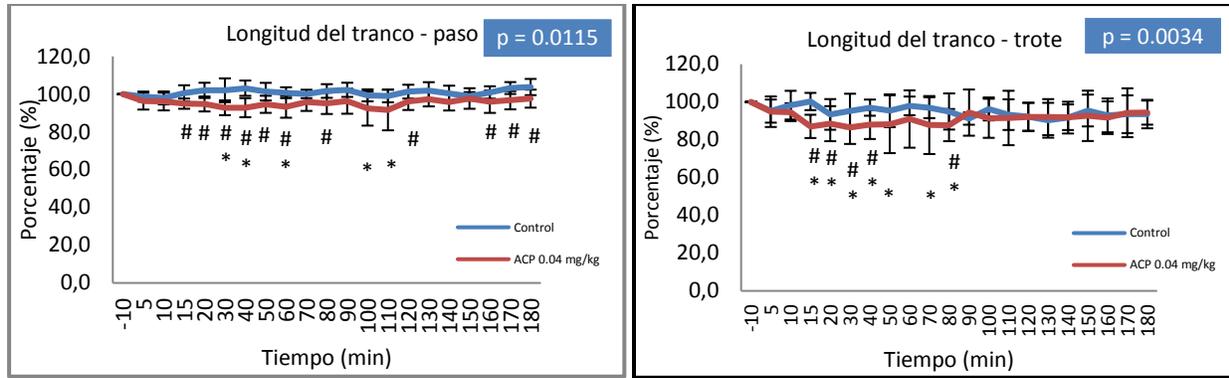


Figura 4: valores de longitud del tranco (% \pm SD) (paso y trote) en el valor basal (-10 min) al minuto 5, 10, 15, 20 y posteriormente cada diez minutos durante un período total de tres horas después de la inyección IV (al minuto 0) de solución salina (control), y acepromacina (ACP) 0.04 mg/kg, diluido en solución salina hasta un volumen de 10 ml. # Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) de la solución salina (0,9% NaCl) en ese punto de tiempo. * Denota diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al valor basal (-10) en ese punto en el tiempo.

Variables de coordinación

La regularidad mide la aceleración del patrón de similitud de pasos sucesivos durante la marcha y la simetría, se refiere a la similitud de los patrones dorsoventrales del apoyo de las extremidades izquierda y derecha comparada con la fuerza de balanceo. Tanto al paso como al trote, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en estudio para estos parámetros.

Variables energéticas

Después de administrar acepromacina se observaron diferencias significativas entre las potencias tanto al paso como al trote. Como ha sido explicado, la potencia total es el resultado de la suma de las 3 potencias, registradas por el acelerómetro en los tres ejes:

$$\text{Potencia total} = \text{PDV} + \text{PML} + \text{PP}$$

La potencia dorsoventral al paso, disminuyó significativamente ($p < 0.0001$) entre los grupos en estudio, a partir del minuto 5 y observándose este efecto hasta el minuto 160. Se observó una disminución de manera progresiva de la velocidad hasta el minuto 15, donde se evidenció un descenso máximo del 53.3 % con respecto al valor basal. Al trote no se observaron diferencias significativas entre los grupos para este parámetro (Figura 5).

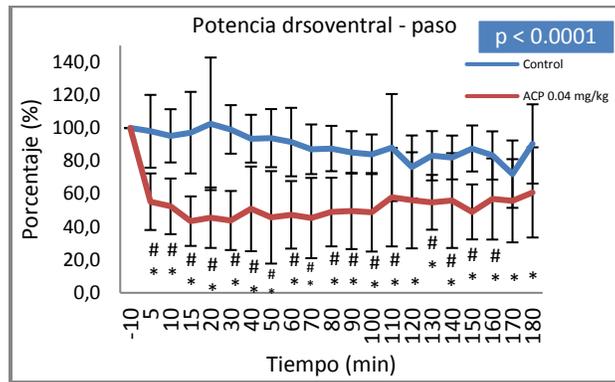


Figura 5: valores de potencia dorsoventral al paso (% \pm SD) en el valor basal (-10 min) al minuto 5, 10, 15, 20 y posteriormente cada diez minutos durante un período total de tres horas después de la inyección IV (al minuto 0) de solución salina (control), y acepromacina (ACP) 0.04 mg/kg, diluido en solución salina hasta un volumen de 10 ml. # Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) de la solución salina (0,9% NaCl) en ese punto de tiempo. * Denota diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al valor basal (-10) en ese punto en el tiempo.

Con respecto a la potencia de propulsión, al paso disminuyó significativamente ($p = 0.0024$) entre los grupos en estudio, a partir del minuto 5 observándose este efecto hasta el minuto 90. Se observó una disminución de manera progresiva de la velocidad hasta el minuto 30, momento en que se evidenció una disminución máxima del 38.5 % con respecto al valor basal, mientras que al trote, no se observaron diferencias significativas. En la potencia mediolateral, se observó al paso una disminución significativa ($p = 0.0465$) entre los grupos en estudio a partir del minuto 10, observándose este efecto hasta el minuto 100. Se observó una disminución de manera progresiva de la velocidad hasta el minuto 30, evidenciándose en ese momento una disminución máxima del 30.2 % con respecto al valor basal. Al trote no se observaron diferencias significativas entre los grupos en este parámetro.

Como ha sido explicado, la potencia total es el resultado de la suma de tres potencias, registradas por el acelerómetro en los tres ejes y cabe resaltar que los valores numéricos del análisis acelerométrico del paso eran inferiores a los obtenidos en el trote evidenciando al trote una gran variabilidad entre individuos. Este parámetro al paso disminuyó significativamente ($p < 0.0001$) entre los grupos en estudio a partir del minuto 5 observándose este efecto hasta el minuto 110. Se constató una disminución de manera progresiva de la velocidad hasta el minuto 30, donde se

evidenció un descenso máximo del 41.3 % con respecto al valor basal, mientras que al trote, no se observaron diferencias significativas (Figura 6).

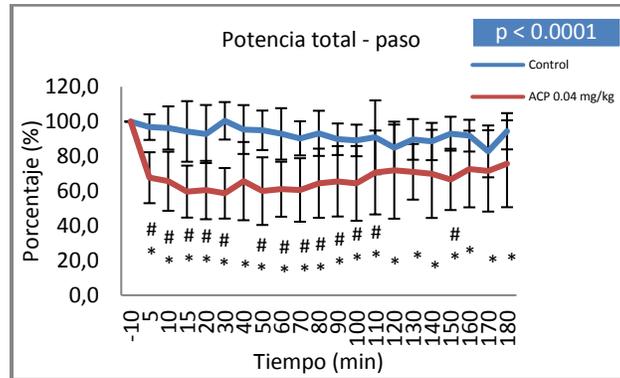


Figura 6: valores de potencia total al paso (% \pm SD) en el valor basal (-10 min) al minuto 5, 10, 15, 20 y posteriormente cada diez minutos durante un período total de tres horas después de la inyección IV (al minuto 0) de solución salina (control), y acepromacina (ACP) 0.04 mg/kg, diluido en solución salina hasta un volumen de 10 ml. # Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) de la solución salina (0,9% NaCl) en ese punto de tiempo. * Denota diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al valor basal (-10) en ese punto en el tiempo.

Una vez obtenidas las potencias, se calcularon los tres componentes de las mismas con respecto a la potencia total. Dentro de las tres potencias, la que predomina en valor y mayor porcentaje es la potencia dorsoventral al trote, si una de las potencias se altera, su redistribución varía considerablemente. Al paso se observaron diferencias significativas en la redistribución de las potencias dorsoventral ($p = 0.001$) y mediolateral ($p = 0.0168$) a partir del minuto 5, observándose este efecto hasta el minuto 100 para la dorsoventral, y para la mediolateral, a partir del minuto 10 hasta el 30. Se evidenció una disminución máxima del 28.9 % con respecto al valor basal para la redistribución de la potencia dorsoventral, y disminución máxima del 19.1 % en la redistribución medio-lateral. Con respecto a la redistribución de las potencias de propulsión al paso, no se observaron diferencias significativas. En cuanto al trote, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en ninguno de estos parámetros

Además, para encontrar una posible relación lineal entre la potencia, la propulsión, la velocidad y como se podrían relacionar éstos con el gasto energético, se calculó la fuerza de

aceleración, mediante una fórmula en la que se divide la potencia total por la velocidad (Barthélémy *et al.*, 2011). Esta variable al paso disminuyó significativamente ($p=0.001$) entre los grupos en estudio, a partir del minuto 5 observándose este efecto hasta el minuto 100. Se observó una disminución de manera progresiva de la velocidad hasta el minuto 15, donde se evidenció un descenso máximo del 29.5 % con respecto al valor basal, mientras que al trote, no se observaron diferencias significativas.

Parámetros de sedación

La distancia belfo-suelo disminuyó significativamente ($p= 0.0105$) entre los grupos en estudio, a partir del minuto 10 observándose este efecto hasta el minuto 100 (Figura 7). En cuanto a la distancia entre extremidades anteriores y distancia entre orejas, no se observaron diferencias significativas.

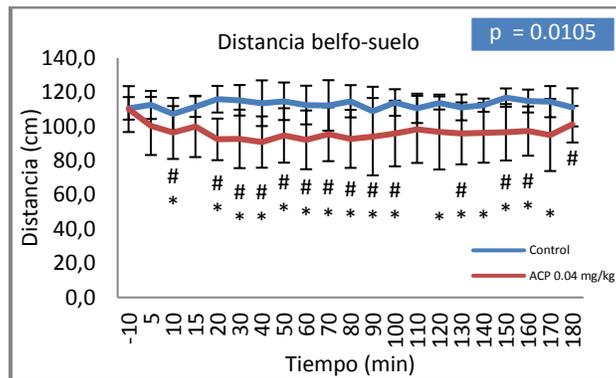


Figura 7: valores de distancia belfo suelo ($\% \pm SD$) en el valor basal (-10 min) al minuto 5, 10, 15, 20 y posteriormente cada diez minutos durante un período total de tres horas después de la inyección IV (al minuto 0) de solución salina (control), y acepromacina (ACP) 0.04 mg/kg, diluido en solución salina hasta un volumen de 10 ml. # Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) de la solución salina (0,9% NaCl) en ese punto de tiempo. * Denota diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al valor basal (-10) en ese punto en el tiempo.

DISCUSIÓN

En el presente estudio hemos podido comparar las variables acelerométricas en caballos sedados con acepromacina con el acelerómetro colocado en la grupa. No se observaron diferencias significativas en ninguno de los tiempos estudiados de grupo control. Los resultados obtenidos para cada parámetro se presentan por separado, agrupados de acuerdo a las características de cada uno, tanto al paso como al trote.

La administración de acepromacina a 0.04 mg/kg produce, en los caballos, importantes alteraciones del patrón locomotor, ya sea mediante la observación del estado de sedación del animal (Muir, 2009), como en los propios parámetros acelerométricos. Se observaron diferencias significativas en alguno de los parámetros acelerométricos sin suceder cambios en otros, a diferencia de lo que ocurre con otros sedantes, como los agonistas de los receptores α_2 , que alteran en mayor medida el patrón locomotor (López-Sanromán *et al.*, 2013).

En este estudio fueron evaluadas 2 tipos de marchas simétricas; el paso, el cual se define como una marcha o aire con una simetría bipedal, de cuatro tiempos o batidas, y con una amplia superposición temporal entre las fases de apoyo o estación de las extremidades (Barrey, 1997). También evaluamos el trote, que es una marcha de dos tiempos, en la cual los pares de extremidades se mueven en diagonal y de forma sincronizada. Esta marcha es muy importante en el juicio de la calidad de los movimientos y en la detección de asimetrías de la marcha en el caballo y es, además, la que se utiliza en la mayoría de las investigaciones sobre la marcha del caballo (Clayton, 2001).

En estudios previos ha sido descrito que la velocidad es una variable que afecta de manera sensible a la cinemática y a la cinética de la marcha (Weishaupt *et al.*, 2010). La frecuencia y la longitud del tranco son parámetros acelerométricos que aumentan linealmente con la velocidad (Barrey *et al.*, 2001; Weishaupt *et al.*, 2010). En este estudio se observaron al paso diferencias significativas de estos parámetros después de la administración de acepromacina, alterándose de manera similar a los agonistas de los receptores α_2 (López-Sanromán *et al.*, 2013).

Como ha sido descrito, la longitud del tranco se calcula mediante una relación entre la velocidad y la frecuencia del tranco, es decir, dividiendo la velocidad entre la frecuencia del tranco (Leleu *et al.*, 2004; Centaure – Metrix, 2006). En este estudio no se produjo una disminución de la velocidad al paso debida principalmente a la disminución de la longitud del tranco, sino por una menor frecuencia del mismo (disminución de la longitud del tranco de 7.2% aproximadamente),

probablemente debida a la inhibición de la actividad locomotora, ya descrita para los agonistas de los receptores α_2 (López-Sanromán *et al.*, 2013) y también para las fenotiazinas (Tobin y Ballard, 1979; Muir, 2009). Por otro lado, se ha determinado que cuando aumenta la velocidad, esta se produce por un aumento tanto de la longitud como de la frecuencia del tranco (Barrey *et al.*, 1994; Barrey 1997). Pero en este estudio, durante el paso, cuando se observaba la recuperación del animal y por ende aumentaba progresivamente la velocidad (aunque nunca recuperaron el 100% al final de la experimentación), la longitud del tranco tuvo influencia en este aumento de la velocidad.

También se observó, que la dosis de acepromacina estudiada, no afectó a la actividad motora espontánea, la cual se puede definir como la generación de movimiento espontáneo después de un estímulo externo (Tobin y Ballard, 1979). En nuestro caso fue el estímulo para hacer trotar al animal en línea recta. De existir un grado notable de incoordinación producido por la acepromacina, en el que se vean afectados al trote tanto la frecuencia como la longitud del tranco, se observaría una inhibición total de la actividad motora espontánea, o sea, el animal rehusaría a comenzar el trote.

Es interesante observar el grado de coordinación del paso, ya que el animal, bajo el efecto de sedantes (acepromacina, agonistas de los receptores α_2) modifica su fase de balanceo de las extremidades, ya sea en la fase de prolongación o en la fase de retracción, sin alterar la longitud del tranco, solo alterando la frecuencia. De esta forma, si disminuye mucho la longitud del tranco, puede perder el equilibrio. Barrey en 2008 considera el paso como la marcha más lenta del equino, pero probablemente una de las más complejas, debido a la superposición y a la variabilidad en la fase de retracción. Este tipo de fenómeno no se observa al trote, ya que al ser una marcha de dos tiempos, existe también una fase de retracción en esta marcha. Pero el caballo no puede modificar esta fase tan fácilmente como lo hace en el paso debido, probablemente, al grado de reclutamiento muscular y de coordinación nerviosa que este tipo de marcha demanda.

En investigaciones recientes se ha estudiado la relación entre la frecuencia y longitud del tranco, y se ha descrito que es muy sensible a factores externos como las características de la superficie del suelo, los estímulos externos del ambiente e inclusive la interacción con la persona que conduce o monta el caballo (Weishaupt *et al.*, 2010). Por eso es muy importante realizar las medidas en un mismo tipo de pista y en un ambiente tranquilo, condiciones que fueron tomadas en cuenta en este estudio.

La regularidad mide la aceleración del patrón de similitud de pasos sucesivos durante la marcha. En cuanto a la regularidad (paso y trote), no se observaron diferencias significativas entre los grupos en estudio para estos parámetros. Este es un hallazgo interesante de este estudio, ya que la disminución de ésta significa un incremento en la variabilidad de un paso a otro paso. Este incremento ha sido descrito para los agonistas de los receptores α_2 por una disminución tanto neurológica como motora (López-Sanromán *et al.*, 2013) y también se observa una regularidad con valor bajo en algunas cojeras (Weishaupt *et al.*, 2001). El acelerómetro es sensible para detectar alteraciones neurológicas e inclusive valorar la eficacia de tratamientos en pacientes con enfermedades como parkinson o coxoartrosis (Auvinet *et al.*, 2005), por lo que podría ser muy útil en el diagnóstico de alteraciones del patrón locomotor de los caballos con desórdenes neurológicos, tal y como se ha utilizado en humanos y perros (Auvinet *et al.*, 2005; Barthélémy *et al.*, 2011). Después de la administración de acepromacina, este parámetro no se ve alterado, por lo que podría ser el sedante de elección para evaluar cojeras en caballos nerviosos. Estos resultados han sido descritos para dosis menores de acepromacina (López-Sanromán, 2015), y lo relevante de este trabajo es que con dosis que duplican las del otro estudio, la acepromacina sigue sin provocar alteración de los parámetros de coordinación.

La simetría se refiere a la similitud de los patrones dorsoventrales del apoyo de las extremidades izquierda y derecha comparada con la fuerza de balanceo. Al trote, un paso completo consiste en dos patrones de aceleración similares correspondientes a la mitad de un paso (Weishaupt *et al.*, 2001). Además, por la característica de ser una marcha diagonal de 2 tiempos, solo se tomó en cuenta la simetría al trote y no al paso, ya que la simetría es altamente sensible a las variaciones en este tipo de marcha entre individuos, debido a las características de la marcha de cuatro tiempos bipedal y por su amplia superposición temporal entre las fases de apoyo o estación de las extremidades (Barrey, 2008). En este parámetro, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en estudio.

En lo que se refiere a los valores, las mediciones acelerométricas de regularidad y simetría del tranco presentan una mayor variabilidad al paso que al trote (Weishaupt *et al.*, 2001; Barrey, 2008). En este estudio, los caballos no evidenciaron un grado de ataxia, comparado con la producida por otros sedantes, siendo esto confirmado de manera objetiva a través de estos parámetros.

En cuanto a las potencias, al paso se observó una disminución en la redistribución de las potencias dorsoventral y mediolateral, manteniéndose el componente de propulsión sin alteración,

lo cual es un hallazgo interesante de este estudio a la hora de definir el patrón locomotor de los caballos sedados con acepromacina. Con los agonistas de los receptores α_2 , se observa una redistribución de la potencia también en el eje de propulsión. Este aumento es debido quizás al efecto miorrelajante que sufren los caballos sedados con estas drogas, pero en mayor porcentaje comparado con la acepromacina (López-Sanromán *et al.*, 2013). Se podría relacionar una redistribución con un aumento del componente mediolateral debido a alguna patología neurológica donde se observe un aumento de la longitud del paso conducente a una base más amplia del apoyo (Barthélémy *et al.*, 2011). Todo ello sumado a un cierto grado de ataxia que con acepromacina a 0.04mg/kg no apareció clínicamente, y que lo confirmó el acelerómetro. Al trote, la redistribución de las potencias no se vio alterada en ninguno de sus tres componentes, hallazgo interesante ya que es un patrón similar al encontrado en caballos normales.

Se ha descrito que existe una clara relación entre la potencia y la velocidad (Barthélémy *et al.*, 2011), así como correlación positiva de la propulsión con la velocidad (Barrey *et al.*, 2001). López-Sanromán *et al.* 2013, observaron en los agonistas de los receptores α_2 , al paso, que existe una disminución significativa de los parámetros acelerométricos de velocidad, potencia dorsoventral, potencia de propulsión y potencia total. Al alterarse la potencia total y la de propulsión al paso, se puede afirmar que la fuerza de aceleración está estrechamente relacionada con estos parámetros, y que la velocidad en caballos sedados con acepromacina disminuye, principalmente, por una disminución de la eficiencia del paso producida por el descenso de la potencia dorsoventral, que a su vez se relaciona con la disminución de frecuencia del tranco. Es decir, el individuo después de administrarle acepromacina, posee la fuerza necesaria para generar movimiento de propulsión, a diferencia de lo que sucede con otras drogas.

Esto es confirmado en el trote, ya que al no afectarse la potencia de propulsión y la potencia total, no se vio alterada la fuerza de aceleración en ninguno de los tiempos analizados. Esto resulta interesante, ya que este estudio demuestra que hay una estrecha relación entre la potencia dorsoventral y de propulsión con respecto a la velocidad, además de relacionar la potencia de propulsión directamente con la fuerza de aceleración siendo los caballos sedados con acepromacina capaces de mantener la marcha a esta dosis, o sea; no afecta a la actividad motora espontánea explicada anteriormente.

La acepromacina provoca indiferencia al ambiente, pero no un marcado grado de relajación muscular como los agonistas de los receptores α_2 , por lo que un estímulo adecuado puede suprimir

el efecto sedante y generar movimiento. Tobin y Ballard en 1979 realizaron estudios donde se administraba promazina a 0.2 mg/kg y se investigó el cambio de la velocidad al galope. Se observó disminución de esta pero no una inhibición total de este tipo de marcha. En otros estudios, estudiándose la farmacocinética de la detomidina en caballos normales y después del ejercicio máximo, observaron que después del máximo ejercicio se requieren dosis más altas de sedante (Hubbell *et al.*, 2009). Este fenómeno es desconocido y lo atribuyen al aumento de excitabilidad del SNC durante el ejercicio, que podría aumentar la concentración plasmática requerida de sedante para producir el efecto deseado. En este estudio se puede afirmar que la actividad motora espontánea tanto al paso como al trote, no se ve alterada con acepromacina a 0.04 mg/kg. Las alteraciones en el patrón locomotor son debidas a una depresión del SNC, a diferencia del efecto sedante y miorrelajante descrito para los fármacos agonistas de los receptores α_2 (Nannarone *et al.*, 2007).

En el examen clínico se observó un máximo efecto en la sedación del animal 20 minutos después de la administración de acepromacina, y para ello se cuantificaron tres parámetros de sedación: distancia belfo-suelo, distancia entre extremidades anteriores y distancia entre orejas.

El efecto de la sedación del animal se observó en este estudio hasta el minuto 180 en la mayoría de los animales, aunque estos estaban atentos a los estímulos del ambiente (Ballard, 1982). La altura de la cabeza o el descenso de ésta se han descrito como excelentes indicadores del efecto sedante producido por sedantes como los agonistas de los receptores α_2 (Nilsfors, 1986; Muir, 2009).

La estabilidad en el caballo se logra utilizando una combinación de información visual y vestibular, además de la información somato sensorial proveniente de las cuatro extremidades (Bialski *et al.*, 2003). En este sentido se ha descrito como uno de los efectos sedantes de los agonistas de los receptores α_2 , una postura en estación de base amplia de las extremidades anteriores, de las posteriores o de las cuatro extremidades simultáneamente (Taylor, 2014). En la distancia entre extremidades anteriores no se observaron diferencias significativas. Otro de los efectos observados tras la administración de los agonistas de los receptores α_2 en el caballo es el aumento de la distancia entre la punta de las orejas, efecto que se observa inmediatamente después de ser tratados los animales y que gradualmente disminuye hasta alcanzar los valores normales iniciales, considerándose este parámetro como otro indicador de la sedación producida por estos fármacos (Freeman, 1999). En este estudio, este parámetro no mostró diferencias significativas.

CONCLUSIONES

- La acelerometría es un método útil, eficaz, confiable y preciso en la evaluación y cuantificación de las alteraciones del patrón locomotor de caballos sedados con acepromacina.
- La acepromacina, comparada con otros sedantes como los agonistas de los receptores α_2 , produce menores alteraciones en el patrón locomotor, además, no altera los parámetros de coordinación tanto al paso como en el trote (REG y SIM), ya que no produce una ataxia muy evidente y esto hace que pueda ser una droga útil, inclusive a esta dosis, para evaluar cojeras en el caballo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a Ricardo García Mata por la asistencia estadística de este estudio. Ninguno de los autores tiene alguna relación financiera o relaciones personales que pudiera de manera inapropiada influenciar o sesgar el contenido de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Auvinet, B., Alix, A.S., Chaleil, D., Brun, M., Barrey, E. 2005. Gait regularity: measurement and significance. *Gait Posture*, 21: S143. doi: 10.1016/S0966-6362(05)80469-2.
- Ballard, S., Shults, T., Kownacki, A.A., Blake, J.W., Tobin, T. 1982. The pharmacokinetics, pharmacological responses and behavioral effects of acepromazine in the horse. *J Vet Pharmacol Ther*, 5 (1): 21-31.
- Barrey E, Hermelin M, Vaudelin JL, et al. 1994. Use of an accelerometric device in equine gait analysis. *Equine Vet J Suppl*; 17: 7–12.
- Barrey, E. 1997. Methods, applications and limitations of gait analysis in horses. *Vet J*, 157(1): 7-22. doi: 10.1053/tvj.1998.0297.
- Barrey E, Evans SE, Evans DL, et al. 2001. Locomotion evaluation for racing in thoroughbreds. *Equine Vet J Suppl*; 33: 99–103. doi: 10.1111/j.2042-3306.2001.tb05369.x.
- Barrey, E. 2008. Biomechanics of locomotion in the athletic horse, en Geor, R. y Kaneps, A.: *Equine Exercise Physiology*, W.B. Saunders, Edinburgh, pág.: 143-168

- Barthélémy I, Barrey E, Thibaud JL, et al. 2011. Gait analysis using accelerometry in dystrophin deficient dogs. *Neuromuscul Disord*; 19: 788–796. doi: 10.1016/j.nmd.2009.07.014.
- Bialski, D., Lanovaz J.L., Bohart, G.V., Mullineaux, D.R., Clayton, H.M. 2003. Effect of detomidine on postural sway in horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 1(1):45-50. doi: 10.1079/ECP20038.
- Centaure – Metrix. 2006. Mesure et expertise de la locomotion. *Instructions for Equimetrix System*. Centaure Metrix, Fontainebleau, France. www.centauremetrix.com.
- Clayton, H.M., Schamhardt, H.C. 2001. Measurement techniques for gait analysis, en W. and H. Clayton: *Equine Locomotion*, ed. Back, W. B. Saunders, London, UK, pág.: 55-76.
- Freeman, S.L., England, G.C.W. 1999. Comparison of sedative effects of romifidine following intravenous, intramuscular, and sublingual administration to horses. *Am J Vet Res*, 60(8): 954-959.
- Hubbell, J.A.E., Sams, R.A., Schmall, L.M., Robertson, J.T., Hinchcliff, K.W., Muir, W.W. 2009. Pharmacokinetics of detomidine administered to horses at rest and after maximal exercise. *Equine Vet J*, 41(5): 419. doi: 10.2746/042516409X382079.
- Leleu C, Bariller F, Cotrel C, et al. 2004. Reproducibility of a locomotor test for trotter horses. *Vet J*; 168: 160–166. doi: 10.1016/S1090-0233(03)00109-6.
- López-Sanromán J, Holmbak-Petersen R, Santiago I, et al. 2012. Gait analysis using 3D accelerometry in horses sedated with xylazine. *Vet J*; 193: 212–216. doi: 10.1016/j.tvjl.2011.10.012.
- López-Sanromán J, Holmbak-Petersen R, Varela M, et al. 2013. An accelerometric comparison of the locomotor pattern of horses sedated with xylazine hydrochloride, detomidine hydrochloride, or romifidine hydrochloride. *Am J Vet Res*; 74: 828–834. doi: 10.2460/ajvr.74.6.828.
- López-Sanromán, J; Gómez-Cisneros, D; Varela del Arco, M; Santiago Llorente, I; Santos González, M. 2015. The use of low doses of acepromazine as an aid for lameness diagnosis in horses: An accelerometric evaluation. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 28(5): 312-317, doi: 10.3415/VCOT-14-11-0177.
- Matsuura A, Irimajiri M, Matsuzaki K, et al. 2013. Method for estimating maximum permissible load weight for Japanese native horses using accelerometer- based gait analysis. *Anim Sci J*; 84: 75–81. doi: 10.1111/j1740-0929.2012.01041.x.

- Muir, W.W. 2009. Anxiolytics, nonopioid sedative-analgesics, and opioid analgesics, en Muir, W.W. y Hubbell, J.: *Equine Anesthesia (Second Edition)*, eds.W.B. Saunders, Saint Louis, pág.: 185-209.
- Nannarone, S., Gialletti, R., Veschini, I., Bufalari, A., Moriconi, F. 2007. The use of alpha-2 agonists in the equine practice: comparison between three molecules. *Vet Res Comm*, 31(Suppl.1): 309-312. doi: 10.1007/s11259-007-0103-7.
- Nilsfors, L., Kwart, C. 1986. Preliminary report on the cardiorespiratory effects of the antagonist to detomidine, MPV-1248. *Acta Vet Scand*, 82:121-131.
- Taylor P, Coumbe K, Henson F, et al. 2014. Evaluation of sedation for standing clinical procedures in horses using detomidine combined with buprenorphine. *Vet Anaesth Analg*; 41: 14–24. doi: 10.1111/vaa.12055.
- Tobin, T., Ballard, S. 1979. Pharmacology review: The phenothiazine tranquilizers. *J Equine Med Surg*, 3: 460-466.
- Weishaupt, M.A., Buchner, H.H.F. 2001. Gait analysis, en Auer y Stick: *Equine Surgery*, 3rd ed., Saunders-ElServier, St Louis, Missouri, USA, pág.: 894-890.
- Weishaupt, M.A., Hogg, H.P., Auer, J.A., Wiestner, T. 2010. Velocity-depend changes of time, force and spatial parameters in warmblood horses walking and trotting on a treadmill. *Equine Vet J*, 42(38): 530-537. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00190.x.