



# Evaluación de la condición corporal en caballos deportivos en una academia ecuestre de Cundinamarca, Colombia

## Evaluation of body condition in sport horses in an equestrian academy in Cundinamarca, Colombia

Juan C. Velásquez-Mosquera<sup>1\*</sup> ; Viviana Parra-Ruiz<sup>2</sup> ; Juanita Bayona-Vélez<sup>2</sup> ; Paula N. Cavanzo-Farfán<sup>2</sup> ; Daniel A. Bautista-Cepeda<sup>2</sup> ; Alexander Navas-Panadero<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de la Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá, Colombia; e-mail: jcvelasquez@unisalle.edu.co, anavas@unisalle.edu.co

<sup>2</sup>Universidad de la Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Semillero SIMAT. Bogotá, Colombia; e-mail: vparra15@unisalle.edu.co, jbayona49@unisalle.edu.co, pcavanzo70@unisalle.edu.co, dbautista91@unisalle.edu.co

\*autor de correspondencia: jcvelasquez@unisalle.edu.co

**Cómo citar:** Velásquez-Mosquera, J.C.; Parra-Ruiz, V.; Bayona-Vélez, J.; Cavanzo-Farfán, P.N.; Bautista-Cepeda, D.A.; Navas-Panadero, A. 2023. Evaluación de la condición corporal en caballos deportivos en una academia ecuestre de Cundinamarca, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 26(2):e2437. <http://doi.org/10.31910/rudca.v26.n2.2023.2437>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

**Recibido:** mayo 5 de 2023

**Aceptado:** octubre 25 de 2023

**Editado por:** Helber Adrián Arévalo Maldonado

## RESUMEN

Existen varias metodologías para determinar la condición corporal del caballo deportivo, siendo unas más objetivas que otras; sin embargo, la escala de condición corporal es la más usada para estimar las reservas corporales de animales en actividad atlética. El objetivo del estudio fue estimar, por métodos no invasivos, el espesor de grasa subcutánea y desarrollo muscular de caballos deportivos, de una academia de Cundinamarca y calcular algunos índices que definen la composición corporal. Se escogieron 29 caballos adultos (9 hembras, 20 machos), de cuatro tipos raciales; caballo deporte colombiano, criollo, polo argentino, Pura sangre inglés. Para evaluar la grasa subcutánea se usó el puntaje de condición corporal (PCC) escala Henneke, el ultrasonido en tiempo real UTR, midiendo espesor de grasa dorsal y de cadera. La musculatura se determinó usando UTR a nivel dorsal, midiendo el ojo del lomo y el glúteo medio. Se tomaron pesos y medidas morfométricas: altura de cruz, longitud corporal, perímetro torácico. Con estas medidas corporales o ecográficas se calcularon índices de desempeño o composición corporal: índice corporal (IC), índice de carga al paso-1 y al trote-2 (IC1 y IC2), % de grasa corporal (%GC), Índice de masa corporal (IMC), relación perímetro torácico–altura cruz (PT:AC), índice muscular (IM) e índice musculoesquelético (IME). Los índices de carga y de composición corporal indicaron diferencias entre tipos raciales ( $p < 0,05$ ). Entre índices de engrasamiento se presentaron

correlaciones altas con PCC (EGD 0,78 y IMC 0,99). Algunos índices (IC1, IC2) serían indicadores indirectos de la relación fin-bienestar en los animales.

Palabras clave: Adiposidad; Equino; *Equus caballus*; Escala Henneke; Ultrasonido.

## ABSTRACT

There are several methodologies to determine the body condition of the sport horse, some being more objective than others, however the body condition score scale is the most used to estimate the body reserves of animals in athletic activity. The aim of the research was to estimate by non-invasive methods the thickness of subcutaneous fat and muscle development of horses from an equestrian school; and to calculate indexes that define the horse's body composition. 29 adult horses (9 females, 20 males) of four racial types were selected; Colombian sport horse, criollo, Argentine polo and English Thoroughbred. To assess subcutaneous fat, Henneke scale body condition score (BCS) was used, along with real-time ultrasound RTU measuring the back fat thickness (BFT) and croup fat thickness (CFT). Musculature was measured using UTR at the T17-T18 level, measuring the Ribeye area and the thickness of the *gluteus medius*. Additionally, weight (BW) and morphometric measurements were taken: wither height (WH), body-length

(BL), girth circumference (GC). From these body or ultrasound measurements some performance indexes were calculated and/or body composition: body index (BI), load index at step and trot (LIS and LIT), % body fat (%BF), Body mass index (BMI), girth circumference ratio-height (GC: WH, muscle index (MI) and musculoskeletal index (MEI). Load indexes and body composition indicated differences between racial types ( $p < 0.05$ ). Between indexes that estimate fatness, there were significant correlations with BCS BFT 0,78 and BMI 0,99). Some indexes (LIS, LIT) would be indirect indicators of the aptitude-welfare relationship in animals.

Keywords: Adiposity; Equine; *Equus caballus*; Henneke scale; Ultrasound.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, la actividad de equinos deportivos para fines de salto y adiestramiento está establecida desde hace más de medio siglo, siguiendo los lineamientos de la federación ecuestre internacional (Fedecuestre, 2018). En todas las etapas de manejo de esta actividad, la alimentación y el entrenamiento deben ser compatibles con el buen manejo y la condición física del caballo y no debe comprometer su bienestar (Fedecuestre, 2018).

Para evaluación la condición corporal, los propietarios de caballos, manejadores, entrenadores y médicos veterinarios, rutinariamente, usan el método de puntuación de condición corporal (PCC) escala de Henneke, que evalúa depósitos de grasa subcutánea, en seis puntos anatómicos del animal: el cuello, la cruz, la cincha, la costilla/lomo, la cadera y la base de la cola (Henneke *et al.* 1983; Kienzle & Schramme, 2004). Estudios de Carter *et al.* (2009) sugieren que existe pobre comprensión sobre el área de la condición corporal en caballos deportivos y esto se debe a las discrepancias entre razas, actividad atlética y régimen nutricional o los datos existentes son contradictorios y se extrapolan principalmente de investigaciones en diferentes disciplinas deportivas, que no se pueden generalizar para todos los equinos.

A pesar de que las escalas de puntuación de condición corporal en animales son métodos fáciles de implementar, requieren conocimientos anatómicos y experiencia por parte de los evaluadores, por lo que su apreciación puede ser subjetiva.

Múltiples factores pueden influir en la precisión de la determinación individual dentro la escala de puntuación en un animal, incluida, la conformación, la edad de gestación, el sesgo del evaluador, el llenado intestinal y el desarrollo muscular (Carter *et al.* 2009). Idealmente, los sistemas de puntuación PCC discriminan el tejido adiposo subcutáneo independientemente de la masa muscular, pero en la práctica, hasta para un evaluador experimentado, podría ser difícil diferenciar el tejido adiposo del muscular. En caballos con una masa muscular relativamente baja puede haber una subestimación de la masa grasa como en caballos seniles o de edad avanzada. Reportes de Pearson *et al.* (2018) indican que la escala Henneke podría presentar algunas dificultades para diferenciar caballos clasificados

con puntuaciones altas de sobrepeso y en puntuaciones marginales delgadas (3-4). Otro problema con el sistema de Henneke es que no todos los caballos siguen un patrón de adiposidad homogéneo (Henneke *et al.* 1983). Algunos caballos pueden depositar más grasa alrededor del dorso-lomo, pero no tendrán mucha cobertura grasa a nivel de la cadera. Por lo tanto, es posible que la PCC sea 6 en las costillas, pero solo un 5 en la cadera. Para este tipo de situaciones se sugiere el uso de la escala Henneke modificada, en la cual, se estima la escala en cada sitio anatómico y se promedian las puntuaciones de cada parte del cuerpo, para obtener la puntuación total de adiposidad del caballo (Muñoz *et al.* 2021).

Además de la escala de puntuación de la condición corporal existen métodos más objetivos para medir reservas corporales, como son los métodos morfométricos y ultrasonográficos (Carter *et al.* 2009; Morales-Briceño *et al.* 2018). Algunos estudios han demostrado la aplicabilidad clínica de medidas corporales para estimar la adiposidad en caballos (Carter *et al.* 2009; Dugdale *et al.* 2011), con ventajas de las estimaciones morfométricas sobre las puntuaciones de evaluación subjetiva, ya que para las mediciones corporales no se requieren evaluadores capacitados, solo se toman medidas con cintas o reglas métricas, como el perímetro torácico, longitud corporal y la altura del animal (Donaldson *et al.* 2004; Carter *et al.* 2009; Dugdale *et al.* 2011; Jensen *et al.* 2016).

Se han sugerido nuevos índices de estimación de adiposidad en caballos, que siguen métodos morfométricos objetivos, como el índice de masa corporal (IMC), que se calcula con el peso, la altura y el largo corporal del animal (Martin-Gimenez *et al.* 2017). Otro índice que se calcula a partir de medidas morfométricas es la relación perímetro de tórax- alzada (Jensen *et al.* 2016); sin embargo, al utilizar estas metodologías hay que tener en cuenta que las medidas morfométricas son relativas y pueden no reflejar el mismo grado de adiposidad, debido a diferencias en la morfología del tipo de raza, sexo y edad (Brooks *et al.* 2010; Catalano *et al.* 2016).

Otros métodos que se proponen para evaluar la adiposidad en caballos incluyen el uso de ultrasonido en tiempo real (UTR), que mide el espesor de la grasa en la grupa (Gentry *et al.* 2004) y con base en esta medida, se calcula un índice de porcentaje (%) de grasa corporal, utilizando ecuaciones matemáticas (Dugdale *et al.* 2011; Silva & Cadavez, 2012). Además de estimar la grasa corporal usando UTR, la evaluación muscular también es relevante en caballos deportivos, ya que, en este tipo de equinos, el rendimiento atlético depende de su potencia muscular (Payne *et al.* 2005); mediante esta técnica, se puede medir el área muscular, a nivel del lomo y el espesor del glúteo medio. Estas medidas son importantes, ya que los caballos deportivos tienen una mayor masa muscular, que va de 53-57 % en comparación con otros caballos, que es 42 % (Valberg *et al.* 2020). El desarrollo de grupos musculares específicos es reconocido en ciertos tipos de disciplinas deportivas equinas, como el salto y el adiestramiento (Payne *et al.* 2005). Algunos índices musculares usados en especies animales de producción se calculan a partir de medidas ultrasonográficas de músculos específicos, como el *longissimus dorsi*, como el índice muscular, que se calcula relacionando el área dorsal del lomo con el peso corporal

(Zimerman *et al.* 2022) o el índice musculoesquelético, que se utiliza en humanos y mide el área dorsal y la relaciona con la alzada (Aziz *et al.* 2022). Ambos índices se podrían adaptar a la especie equina, para conocer el patrón muscular de un animal.

Con relación a la importancia de evaluar el componente muscular del equino atleta, se relaciona con la pérdida de masa muscular esquelética, debido a la edad y manejo nutricional que compromete el rendimiento y el bienestar de caballos deportivos y, por lo tanto, se debería hacer un seguimiento rutinario de la composición corporal del caballo (Herbst *et al.* 2022). Una alta proporción de caballos  $\geq 15$  años se pueden ver afectados en su rendimiento por una disminución de la masa muscular (Morales-Briceño *et al.* 2018; Valberg *et al.* 2020).

A pesar de que se cuenta con conocimiento sobre la condición corporal en equinos, la aplicabilidad de estos métodos debería estar en relación con la conformación, el rendimiento, la salud y el bienestar del équido o caballo (Harker *et al.* 2011). Muchos índices morfológicos y algunos de composición corporal se utilizan en estudios interdisciplinarios de investigación de caballos de diversas razas, en varios países del mundo, mostrando sus aplicaciones: clasificación racial, conformación y bienestar (McManus *et al.* 2005; Gómez *et al.* 2012; Rezende *et al.* 2015; Kristjansson *et al.* 2016; Gunnarsson *et al.* 2017; Padilha *et al.* 2017; Bukhari *et al.* 2021).

Recientemente, se propone que los índices de desempeño se deberían calcular, junto con índices de composición corporal, ya que, por ejemplo, los índices de capacidad de carga del equino, que se calculan a partir del perímetro torácico y la alzada, deben tener en cuenta el desarrollo muscular y nivel de adiposidad del caballo. El índice de carga al paso indica el peso en kilogramos que el animal puede resistir sin tensión excesiva en el dorso; se considera que un peso soportado al paso adecuado no debe superar el 40 % de su peso corporal, incluyendo el jinete y la silla (McManus *et al.* 2005; Gunnarsson *et al.* 2017; Bukhari *et al.* 2021).

El otro índice de carga que se estima es el índice de carga al trote (Bukhari *et al.* 2021). Estudios en Japón, de Bukhari *et al.* (2021), sugieren que la carga máxima permitida para caballos deportivos al trote no debería superar el 33 % del peso corporal del caballo. Powell *et al.* (2008) y Gunnarsson *et al.* (2017) encontraron que un 30 % de peso del caballo sería el límite de carga tolerable para caballos de silla, sin que les cause dolor.

En la práctica no se conoce cuál debería ser la composición corporal óptima en caballos deportivos adultos; Jansson *et al.* (2021) reportan que el aumento del peso corporal y el contenido de grasa corporal en los caballos deportivos reduce la aptitud fisiológica, rendimiento y altera la simetría locomotriz. El uso de métodos objetivos no invasivos junto con índices de desempeño funcional mejora la comprensión de la condición corporal en caballos deportivos, permitiendo la clasificación precisa de su estado muscular y adiposo, para aptitudes deportivas específicas (Dugdale *et al.* 2011).

El uso de los métodos alternativos de estimación de la condición corporal en escuelas ecuestres en Colombia es escaso. Teniendo en

cuenta los antecedentes, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la condición corporal de un grupo de caballos deportivos, usando varias metodologías no invasivas y determinar su potencial aplicabilidad en una academia ecuestre de Cundinamarca, Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos de este estudio fueron aprobados por el Comité de Ética en Uso Animal (CICUAL) de la Universidad de la Salle Bogotá. Fueron seleccionados 29 caballos (*Equus caballus*) deportivos adultos, incluyendo castrados y yeguas, entre los 6 y 18 años de edad, de los tipos raciales criollo colombiano (CR), criollo deportivo colombiano (CDC), polo argentino (PA) y Pura Sangre Inglés (PSI); todos presentaron buen estado de salud y alojados en una academia ecuestre deportiva en Chía, Cundinamarca, con coordenadas geográficas N 4°51'7,48", O 74°1'32,22". Todos los caballos se encontraban en alguna actividad ecuestre (silla recreativa, adiestramiento y salto), se manejaron en estabulación, fueron alojados en establos individuales con camas con base de paja, con suministro de 2 raciones diarias de 2 kilos de concentrado comercial del 14 % de proteína, entre 7 y 8 kilos de heno de avena y agua a voluntad.

Se realizó un estudio transversal; los animales en actividad atlética fueron medidos en una jornada de un día, en una escuela ecuestre en Chía, cada animal fue trasladado del establo al brete por sus manejadores. Antes de ser medidos fueron evaluados usando la prueba de bienestar animal, que utiliza la escala facial de grado de tensión Grimace (0-2). Todos los caballos presentaron puntuaciones de 0 o 1, lo que indica la habituación a un manejo rutinario y que no les causó alteración de bienestar (Czycholl *et al.* 2018).

**Peso y condición corporal.** Los equinos fueron pesados en una báscula mecánica de barras trumax XTEEL-W II. Además, cada animal fue evaluado usando la escala de condición corporal, ejecutada por un técnico entrenado, usando la metodología de Henneke modificada, en la cual, se asigna puntaje de manera visual y táctil, en cada sitio anatómico (cuello, cruz, cincha, costillar/lomo y cadera, base de la cola), para luego promediar un puntaje total del caballo (Muñoz *et al.* 2021).

**Medidas morfométricas.** Tres medidas corporales fueron tomadas a cada animal en estación con cintas y reglas métricas, según metodología descrita por McManus *et al.* (2005): altura de la cruz (AC), longitud corporal (LC) y perímetro torácico (PT).

**Medidas ecográficas y de composición corporal.** Se midió el espesor de grasa dorsal (EGD), a nivel del espacio intervertebral T-17 y T-18, usando traductor y almohadilla de acople perpendicular a la columna vertebral y la grasa de la cadera, se escaneo la zona entre la tuberosidad pélvica de íleon a isquion, paralelo a la columna vertebral. La evaluación muscular incluyó la estimación del área dorsal de lomo (AOL) en  $\text{cm}^2$  del músculo *longissimus* dorsi y se hizo a nivel del espacio T17-T18, en la misma ubicación de la medición del EGD. En la cadera se midió el espesor de glúteo medio (EGM).

Las imágenes ecográficas fueron tomadas con ecógrafo Piomedical Aquilavet, con sonda de 18 cm y 3,5 MHz de frecuencia e interpretadas con software Optical data transfer (ODT).

**Índices de composición corporal.** Se evaluó la grasa y la musculatura con base en 6 índices: IMC, PT:A, %GC, %MLG, IM e IME, así poder tener un referente de la condición corporal del caballo atleta.

**Índice de masa corporal IMC:** la fórmula clásica de cálculo de IMC incluye solo el peso y la alzada del animal (Donaldson *et al.* 2004; Carter *et al.* 2009); en este estudio, se usó la fórmula sugerida por Martin-Gimenez *et al.* (2017), que incluye, además de las medidas de peso y de alzada, la longitud corporal. Estas medidas fueron tomadas con cinta y regla métricas respectivamente.

Índice de masa corporal= peso (kg)/[LC (m) x Altura (m)].

**Relación perímetro torácico alzada PT:A:** Para este índice se mide la alzada con regla métrica y el perímetro torácico alrededor de la cincha con cinta métrica (Jensen *et al.* 2016).

**Porcentaje de grasa corporal %GC:** Se estimó siguiendo la ecuación matemática que incluye la medida ecográfica de EGC (Dugdale *et al.* 2011), %GC = 2,47 + [5,47 (espesor grasa de cadera EGC)].

Masa grasa. MG=Peso x %GC

**Masa libre de grasa:** MLG Corresponde al peso corporal menos la estimación del % de su grasa. MLG=PC-MG.

**% Masa libre de grasa.** Se estimó según la masa libre de grasa con relación al peso.

**Índice muscular:** IM= AOL/peso corporal x 100, este índice relaciona el área muscular según el peso del animal. Se adaptó la fórmula sugerida por Zimerman *et al.* (2022), usada en bovinos.

**Índice musculoesquelético:** IME= AOL /alzada<sup>2</sup>, adaptado de Aziz *et al.* (2022), en humanos y se estimó según fórmula IME=AOL/A<sup>2</sup>; este índice permite evaluar el desarrollo muscular a nivel dorsal con relación a la alzada.

### Índices morfométricos funcionales

**Índice de carga al paso:** IC1=(PT)<sup>2</sup> x 56)/AC (kg) (McManus *et al.* 2005; Gunnarsson *et al.* 2017; Bukhari *et al.* 2021).

**Índice de carga al trote/galope:** IC2= (PT)<sup>2</sup> x 95)/AC (kg) (McManus *et al.* 2005; Powell *et al.* 2008).

**Análisis estadístico.** Se utilizó un diseño al azar y se realizó estadística descriptiva, análisis de varianza, prueba de Tukey para tipos raciales y análisis de correlación, de Pearson *et al.* (2018); el análisis de los datos se realizó mediante el programa Infostat®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se observan los promedios de medidas corporales e índices funcionales y de composición corporal, para cuatro tipos raciales de caballos deportivos, de una academia ecuestre (CR, CDC, PA, PSI). Se observaron diferencias en la mayoría de las medidas e índices. Solo la medida de espesor de grasa dorsal y el índice muscular coincidieron y no presentaron diferencias.

**Correlaciones.** El análisis de correlaciones de Pearson *et al.* (2018) evidenció asociación entre las medidas corporales e índices. Se establecieron correlaciones entre las medidas volumétricas con peso y las medidas ecográficas de grasa y músculo en caballos deportivos (Tabla 2). Algunos de los coeficientes de correlación más fuertes se hallaron entre PCC y otras variables; estos fueron de 0,99, 0,95, y 0,94 (p<0,01), para índice de masa corporal, perímetro torácico y espesor del glúteo medio, respectivamente.

Los pesos para los tipos raciales de los caballos oscilaron entre 350 a 500 kg. Los caballos del tipo racial CR tuvieron pesos promedio (343±64 kg), similar a los reportados por Silva *et al.* (2016), para caballo criollo en Brasil y por Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020), para caballo criollo colombiano. El peso para caballos deportivos PA (435,62±36 kg) y PSI (432,20±48,29 kg) estuvieron acordes con reportes mencionados por Martin-Gimenez *et al.* (2017).

Respecto a la alzada, se encontraron valores medios en CR ligeramente superiores a los reportados por Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020), indicando que, para actividades deportivas, se seleccionan caballos criollos por encima del promedio de alzada del típico caballo de exposición de paso, trocha y trote. Se encontraron diferencias en la alzada (p < 0,0001); el CR por su alzada se caracteriza como un caballo de tamaño medio (eumétrico) y los tipos raciales CDC, PA y PSI, con alzadas mayores a 1,56 m, se clasificarían como hipermétricos. La alzada de caballos deportivos de las razas PSI y PA son una consecuencia de la selección racial de extremidades relativamente largas, que favorecen la velocidad (McManus *et al.* 2005) e influye en la calidad de su marcha y predisposiciones atléticas (Komosa & Purzyc, 2009). Los valores medios de AC de caballos PA y PSI fueron similares a los reportados por Martin-Gimenez *et al.* (2017), en caballos deportivos. Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020) encontraron valores medios de LC (154cm), mayores a los encontrados en esta muestra y se evidenció en CR un valor promedio de PT menor a los encontrados en el presente estudio, lo que indica la variabilidad que existen en las proporciones y el morfotipo del caballo criollo colombiano. Estudios de Martin-Gimenez *et al.* (2017), en caballos deportivos, reportaron LC similares a los encontrados para los tipos CDC y PSI. Los resultados del estudio indicaron que los caballos CR y PSI tuvieron un perímetro de tórax más estrecho que los encontrados para CDC y PA (Tabla 1). Martin-Gimenez *et al.* (2017) reportaron valores promedio de PT superiores para caballos deportivos.

Tabla 1. Medidas morfométricas, de condición corporal e índices funcionales en caballos deportivos en una academia ecuestre en Cundinamarca, Colombia.

Variable/Índice	Abrev.	CR (n=12)	CDC (n=4)	PA (n=8)	PSI (n=5)	p-valor
		Media y DS				
Edad	E años	12±2,41	17±2,70	7,37±2,77	9,6±3,78	>,0001**
Peso corporal	PC kg	343±64a	498±43b	435,62±36b	432,20±48,29b	<,0001**
Altura cruz	AC cm	144,04±8,16a	163,00±6,32b	156,62±4,47b	159,10±5,68b	<,0001**
Longitud corporal	LC cm	146,25±8,40a	160,25±8,99b	152,75±5,44ab	156,60±3,28ab	0,0068**
Perímetro torácico	PT cm	164,75±10,76a	186,50±8,10b	179,37±5,09ab	170,40±14,08a	0,0021**
Puntaje de condición corporal Henneke	PCC	5,41±0,51a	4,75±0,50a	4,50±0,92a	460±0,89a	0,0392*
Relación Perímetro tórax: altura	PT:A	1,14±0,02ab	1,15±0,01b	1,14±0,02b	1,07±0,10a	0,0312*
Espesor grasa dorsal por Ultrasonido	EGD mm	1,9±0,72a	2,2±0,89a	1,93±0,78a	1,54±0,60a	0,6188
Espesor grasa cadera por ultrasonido	EGC mm	1,66±0,51a	3±1,6b	2,47±0,50ab	1,98±0,49ab	0,0159*
Área de ojo de lomo por ultrasonido	AOL cm <sup>2</sup>	36,46±5,50a	49,97±7,52b	52,17±7,70b	52,78±10,98b	0,0002**
Espesor de glúteo medio por ultrasonido	EGM mm	56,34±9,84a	71,67±10,46ab	73,50±5,77b	59,7±13,98ab	0,0030**
% Grasa corporal	PGC %	3,38±0,27a	4,11±0,87b	3,82±0,87ab	3,55±0,26ab	0,0159*
Índice de masa corporal	IMC kg/m <sup>2</sup>	162±0,001a	191±0,007b	182±0,009b	173±0,01ab	0,0008**
Masa grasa	MG kg	11,59±2,11a	20,56±5,12c	16,72±2,57bc	15,30±1,63ab	<0,0001**
Masa libre grasa	MLG kg	332,31±62,31a	477,93±41,48b	418,89±34,25b	416,89±17,11b	0,0001**
% Masa libre grasa	MLG %	96,61±0,27b	95,89±0,87a	96,17±0,27ab	96,44±0,26ab	0,0161*
Índice muscular	IMU cm <sup>2</sup> /kg	10,69±1,09a	10,12±2,05a	11,95±1,80a	11,94±1,17a	0,0997*
Índice músculo-esquelético	IME cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	36,46±5,50a	49,97±7,52b	52,17±7,70b	52,78±10,98b	0,0002**
Índice de carga al paso	IC1 kg	179,074±13,35ab	202,76±10,74b	195,24±8,41ab	174,62±28,68a	0,0163*
Índice de carga al trote	IC2 kg	105,56±7,87ab	119,52±6,34b	115,09±4,95ab	102,93±16,90a	0,0163*
% Peso soportado al paso	PSP %	40,87±8,18b	44,97±2,45a	44,97±2,45ab	40,87±8,18a	0,0002**
% Peso soportado al trote	PST %	24,09±4,82b	26,51±1,44a	26,51±1,44ab	24,09±4,82a	0,0002**

Medias con una letra común en la misma fila no son significativamente diferente, promedios de cada tipo racial con diferente letra en subíndice dentro de una fila difieren ( $p < 0,05^*$ ,  $p < 0,01^*$ ).

Se encontraron valores promedio de PCC similares a los reportados por la literatura. Pagan *et al.* (2009) reportaron puntajes intermedios de condición corporal en caballos deportivos de salto, que oscilaban entre 5,5 y 6,5 y, en caballos de polo, de 5. De hecho, se han reportado rangos óptimos de PCC para diferentes deportes ecuestres, que van de 4 a 7, según el sistema de calificación de PCC de Henneke (Lawrence *et al.* 1992; Garlinghouse & Burrill, 1999; Pagan *et al.* 2009; Harker *et al.* 2011). El PCC para caballo criollo fue ligeramente superior a los reportes de Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020), para caballos criollo de exposición, siendo el puntaje de condición corporal condicionado por la actividad física y el régimen nutricional.

Recientemente, la relación PT:A se sugiere como una medida alternativa al método Henneke para evaluar adiposidad general

en caballos (Carter *et al.* 2009; Jensen *et al.* 2016). La medición del perímetro torácico del caballo supone que un aumento de la circunferencia, a nivel de la cincha, se debe, principalmente, a un aumento de la grasa regional depositada en esta zona. En el estudio se encontraron valores promedio PT:A de 1,14, en los tipos raciales CR, CDC y PA y de 1,07, en PSI (Tabla 1); estos valores consideran un nivel de adiposidad escaso de los caballos deportivos. Existen reportes con valores promedio mayores en caballos con otros regímenes nutricionales. Martin-Gimenez *et al.* (2017) reportaron valores promedio de 1,21 y Jensen *et al.* (2016), valores promedio de 1,27, en caballos de Islandia. Otras diferencias podrían ser, probablemente, atribuidas también a la morfología y al fin de los caballos, en especial, en caballos PSI, que son de vientre estrecho (Dugdale *et al.* 2011).

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre medidas corporales e índices morfométricas, de condición corporal e índices funcionales en caballos deportivos en una academia ecuestre en Cundinamarca, Colombia.

Variable	PC	A	LC	PT	PCC	PT:AC	EGD	EGC	AOL	EGM	IMC	IMU	IME	IC1	IC2
PC kg		0	ns	ns	0,5**	0,75**	0,41*	ns	ns	ns	ns	0,7**	ns	ns	ns
A cm	0,94**		ns	0,91**	ns	ns	ns								
LC cm	0,83**	0,82**		ns	ns	0,39*	0,75**	ns							
PT cm	0,83**	0,77**	0,65**		0,95**	ns	0,74**	ns	ns	ns	ns	0,83**	ns	ns	ns
PCC	ns	ns	ns	ns		ns	0,78**	ns	ns	0,94**	0,99**	0,5**	ns	0,44*	0,44*
PT:AC	ns	ns	ns	0,43*	ns		ns	0,89**	0,57**	ns	0,47*	0,65**	0,57**	ns	ns
EGD mm	ns	-0,21	ns	ns	0,78**	ns		ns	ns	0,5*	0,47*	0,51**	ns	0,9**	0,9**
EGC mm	0,43*	0,45*	0,36*	0,4*	ns	ns	ns		0,56**	0,43*	ns	ns	0,56**	ns	ns
AOL cm <sup>2</sup>	0,72**	0,73**	0,47*	0,6*	ns	ns	ns	ns		0,62**	0,71**	ns	1	0,41*	0,41*
EGM mm	0,62**	0,58**	ns	0,73**	ns	ns	ns	ns	0,62**		ns	ns	ns	ns	ns
IMC kg/m <sup>2</sup>	0,88*	0,72**	0,49*	0,76**	ns	ns	ns	ns	0,71**	0,68**		0,86**	ns	ns	ns
IMU cm <sup>2</sup> /kg	ns	0,02	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,63**	ns	ns		ns	0,72**	0,72**
IME cm <sup>2</sup> /m	0,72**	0,73**	0,47*	0,6**	ns	ns	ns	ns	1	0,62**	0,71**	0,63**		ns	ns
IC1 kg	0,61**	0,47**	0,43*	0,93**	ns	0,73**	ns	ns	0,41**	0,67**	0,64**	ns	0,41*		ns
IC2 kg	0,61**	0,47**	0,43*	0,93**	ns	0,73**	ns	ns	0,41**	0,67**	0,64**	ns	0,41*	1**	

\*P < 0,05, \*\*P < 0,01, ns: no significativo. Peso corporal (PC), Altura a la Cruz (AC), Longitud Corporal (LC), Perímetro Torácico (PT), Puntaje condición corporal (PCC), Relación perímetro tórax:altura cruz (PT:AC), Espesor grasa dorsal (EGD), Espesor grasa cadera (EGC), Área ojo del lomo (AOL), Espesor de glúteo medio (EGM), Índice de masa corporal (IMC), Índice muscular (IMU), Índice musculo-esquelético (IME), Índice de capacidad de carga al trote/galope (IC1) y al paso (IC2).

El uso del IMC para evaluar la obesidad en caballos se ha sugerido desde hace varios años. Este índice, representan más de una dimensión física, que ajusta el peso corporal, según la altura a la cruz y la longitud del cuerpo. El ideal, según Martin-Gimenez *et al* (2017), para caballos de silla, representa alrededor de 200 y se asemejan a los valores en humanos, comúnmente utilizados y aceptados. El IMC para caballos deportivos osciló entre 160 y 191 kg/m<sup>2</sup> promediando 170, siendo ligeramente inferior al rango considerado ideal, para caballos de otros fines. En caballos deportivos este valor promedio se consideraría aceptable; solo dos caballos evaluados tuvieron IMC de 200, con PCC de 5 y 6, respectivamente. El IMC en caballo criollo fue de 162, ligeramente inferior al reportado por Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020), de 171, para caballos con PCC de 5.

**EGD, EGC y % GC.** La técnica de ultrasonido en tiempo real (UTR) es capaz de medir variaciones de la adiposidad de los équidos (Silva *et al.* 2016). Los valores de EGD fueron similares a reportes de Velásquez Mosquera *et al.* (2016), en caballos deportivos de una academia ecuestre de la policía. Los valores de EGC fueron inferiores a los reportados por Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020), en caballo criollo colombiano. Los valores medios de EGD fluctuaron entre 1-3 mm y de EGC oscilaron entre 1,6-3 mm, siendo considerados depósitos grasos de nivel escaso, para los tipos raciales evaluados. Algunos reportes de estudios ecográficos de grasa subcutánea en caballos consideran una limitación en la precisión de la medición de animales con poca grasa de depósito, ya que las

imágenes UTR requieren una correcta interpretación y, a veces, los límites entre los tejidos no son fáciles de interpretar (Silva *et al.* 2016).

El porcentaje de grasa corporal que se estima usando la medida de espesor de grasa de la cadera osciló entre 3,3-4,11 %, siendo inferior a los reportados por Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020), cercana a 5 %, en caballos de raza criolla colombiana.

**Masa libre de grasa MLG.** Padilha *et al.* (2017), en caballos deportivos de Brasil, reportaron masa libre grasa de 470 kg, que equivale a 95 % de peso libre grasa, similar al biotipo de animal magro encontrado en este estudio.

Las medidas de AOL en PA y PSI fueron similares a las reportadas por Velásquez Mosquera *et al.* (2016), en caballos deportivos. El EGM promedio en CDC, PA, PSI fueron similares a los reportados en caballos deportivos por Valette *et al.* (1999) y Velásquez Mosquera *et al.* (2016) e inferior a reportes de Lindner *et al.* (2010), en caballos deportivos y en caballo criollo de paso, por Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020); estas diferencias serían atribuibles al biotipo, actividad atlética y régimen nutricional. Además, se debe considerar la medición de la profundidad del músculo glúteo, que depende de la ubicación de donde se tome, debido a la forma de la fascia que se divide el músculo en dos compartimentos (Valette *et al.* 1999).

El IME se adaptó y se estimó, según fórmula usada por Aziz *et al.* (2022), en humanos; este índice permitiría evaluar el desarrollo muscular a nivel dorsal con relación a la alzada. El tipo racial PA y PSI tuvieron los mayores índices, siendo similares (52), seguido por CDC (49) y CR (36). Esto indicaría que, en promedio, los caballos estudiados de los tipos PA y PSI, proporcionalmente, tendrían mayor capacidad de sustento a nivel del lomo, por su mayor área y desarrollo que los otros tipos raciales (CR y CDC).

El IMU es otro índice que se utiliza en bovinos para definir biotipos de mayor expresión muscular, que se podría adaptar en caballos, ya que ayudaría a estimar el desarrollo de la masa muscular en el lomo, según el peso del animal. Los tipos raciales PA y PSI tuvieron los índices más altos 11,95 y 11,94, respectivamente, en comparación a CR y CDC, con valores promedio de 10,69 y 10,12, respectivamente; esto se podría explicar por la pérdida de masa muscular en animales en función de la edad. El promedio de edad de los caballos estudiados PA fue 7,4 años; de 9,6 años, para PSI; de 12 años, para CR y 17 años, para CDC.

Los índices IME e IMU serían indicadores más precisos de estimación magra, de acuerdo con la edad del caballo, contrario al IMC, que serviría más para estimación grasa. Estos índices serían útiles para complementar y ayudar a definir el peso máximo tolerable o la capacidad de carga estimada, que se calcula a través del índice de capacidad de carga, usando el perímetro torácico y la alzada del animal. Esta teoría estaría soportada en estudios de Powell *et al.* (2008), quienes sugieren que los caballos con lomos más amplios sintieron menos dolor en pruebas de peso cuando transportaban cargas más pesadas, que caballos con lomos más estrechos.

Varios estudios demostraron que un peso excesivo del jinete y la silla puede tener un efecto negativo sobre los parámetros biomecánicos, fisiológicos, bioquímicos y de comportamiento de los caballos, durante el ejercicio (Matsuura *et al.* 2012; Gunnarsson *et al.* 2017), teniendo una relación directa con la salud y el bienestar animal. Sería necesario estimar el índice de carga al paso (IC1) y al trote (IC2), en caballos deportivos. Los índices de carga definen el peso en kg que podría soportar un caballo y con base en este, se podría calcular el % de peso soportado por el caballo.

El % de peso soportado al paso (PSP) fue mayor para caballos CDC y PA (44 %), que para CR y PSI (40 %). El % de peso soportado al trote (PST) siguió la misma tendencia que el PSP, arrojando una capacidad de carga estimada de los tipos raciales de caballos CDC y PA (26 %), para soportar mayor peso que los CR y PSI (24 %), que siendo dos tipos de caballos de conformación diferente arrojan proporciones similares. Entendiendo las diferencias de edad y de conformación muscular del músculo gran dorsal de los caballos, los tipos raciales que tuvieron mayores índices de IME, relativamente, podría cargar un poco más de peso, valor que podría servir de índice complementario para definir y flexibilizar el % de peso máximo soportado por los caballos.

Se encontró un peso de carga al paso IC1, que osciló entre 179-202 kg, para caballos deportivos con peso >430 kg; el peso promedio del IC2 osciló entre 102-119 kg. Ambos índices tuvieron valores

medios inferiores en comparación con los encontrados por Schade *et al.* (2015), en caballos de un escuadrón de policía montada (IC1 210,51±13,97 e IC2 de 124,09±8,23 kg, respectivamente) y a los reportados por Padilha *et al.* (2017). Estudios de Bukhari *et al.* (2021), en caballos japoneses, sugieren que la carga máxima permitida para los caballos al paso (peso corporal 339,9 kg) debería ser inferior a 100 kg, que es, aproximadamente, 29 % del peso corporal de un caballo adulto. Estos mismos autores sugieren que la carga máxima permitida para caballos de carreras al trote no debería superar el 33 % del peso corporal del caballo. Los resultados de % PST al trote, oscilando entre 24-26 % (Tabla 1), estarían de acuerdo con los reportes de Powell *et al.* (2008) y Bukhari *et al.* (2021), que indican no superar el 30 % del peso vivo del animal.

Los índices de carga por sí solo no serían indicadores absolutos para determinar la carga máxima de los caballos, habría que tener en cuenta la edad y la conformación musculoesquelética de los caballos. Es ahí donde el estudio de la composición corporal sería útil y complementario, para garantizar un manejo adecuado del bienestar animal del caballo deportivo.

En la tabla 2, se presentan las correlaciones entre medidas corporales, índices funcionales e índices de composición corporal, en caballos deportivos de cuatro tipos raciales.

El peso presentó una correlación alta y significativa con el A, IMC, AOL e IME, respectivamente ( $r=0,94$ ,  $p<0,01$ ;  $r=0,88$   $p<0,01$ ;  $r=0,72$   $p<0,01$ ;  $r=0,72$   $p<0,01$ ). El PCC se correlacionó con los estimadores de adiposidad EGD ( $r=0,78$ ) e IMC ( $r=0,99$ ), resultados que coinciden con reportes de Donaldson *et al.* (2004), quienes encontraron un coeficiente de correlación significativo ( $r=0,60$ ), entre PCC y el IMC. No se encontraron correlaciones significativas con otros métodos estimadores de engrasamiento PT:A ( $r=0,31$ ,  $p=0,10$ ), EGC ( $r=-0,28$ ,  $p=0,13$ ); este difiere de reportes de Silva *et al.* (2016), quienes encontraron correlaciones entre PCC y EGC altas y positivas ( $r=0,74$ ). Carter *et al.* (2009) y Jensen *et al.* (2016) reportaron correlación de PT:A con PCC en caballos deportivos de mayor magnitud a las encontradas en este estudio ( $r=0,64$ ,  $p<0,01$ ), razón que se pudo deber a las razas incluidas en la muestra de caballos deportivos, con morfotipos diferentes.

Se observaron algunas discrepancias en los grados de correlaciones de los métodos para estimar adiposidad evaluados con algunos reportes de literatura para la estimación de grasa subcutánea, lo que podría indicar diferencias anatómicas de cada tipo racial, a los sitios de estimación de grasa particulares de cada método, que estima la deposición de grasa regional diferencial, según la región de anatómica evaluada. Esto ratifica lo reportado por Carter *et al.* (2009), quienes demostraron que los patrones de deposición de grasa pueden ser diferentes, dependiendo de la localización anatómica, actividad física y predisposición genética del animal. En tal sentido, estudios de condición corporal en caballo criollo, de Zuluaga Cabrera & Correa Valencia (2020), sugieren que la estimación de grasa corporal debe implicar un conjunto de medidas tomadas con métodos no invasivos, para obtener la mayor cantidad de datos relacionados con el depósito de tejido adiposo.

Con relación al estimador de desarrollo muscular AOL, medido por UTR, se correlacionó significativamente con PC (0,72  $p < 0.0001$ ), A (0,73  $p < 0.0001$ ), LC (0,47  $p = 0.0093$ ), PT (0,60  $p = 0.0005$ ), EGM (0,62  $p = 0.0003$ ) y IMC (0,71  $p < 0.0001$ ). En los caballos deportivos evaluados, las medidas morfométricas de volumen (alzada, longitud corporal y perímetro torácico), las medidas del músculo glúteo medio y los índices musculares se relacionaron con el área muscular dorsal de los animales. En tal sentido, Powell *et al.* (2008) sugieren incluir la evaluación del área muscular equina para ajustar la capacidad de carga, ya que, según sus hallazgos, animales con un lomo más ancho, pueden tolerar cargas más pesadas que caballos con lomos más estrechos, siendo similar en peso; por esta razón, las variaciones individuales en la proporción muscular podrían influir en el bienestar animal y la capacidad de carga del peso soportado de los caballos deportivos.

En conclusión, al evaluar la condición corporal de caballos deportivos en una academia ecuestre de Cundinamarca, se presentaron diferencias en la estimación de grasa relacionadas con la morfología, propia de cada raza de caballo deportivo. Las metodologías no invasivas para estimar la grasa de cobertura permitieron conocer diferencias en patrones de adiposidad en zonas anatómicas del animal; sin embargo, las metodologías usadas por sí solas no evidenciarían de manera absoluta el contenido de grasa corporal, solo reflejan la estimación local de grasa subcutánea, dependiendo del lugar de medición. En cuanto a la evaluación muscular de caballos deportivos sería importante para definir mejor valores máximos de peso de carga, que podrían soportar para la actividad atlética. La combinación de los índices de carga IC1 e IC2 con índices de composición corporal adiposa y muscular se puede aplicar para una clasificación funcional del caballo deportivo más precisa y, además, que garanticen un adecuado bienestar animal.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen al propietario de la academia ecuestre por la colaboración para realizar el estudio y a la Universidad de la Salle, por el aval investigativo. Contribución de los autores: Juan C. Velásquez-Mosquera: conceptualización, análisis formal, adquisición y manejo de los recursos, desarrollo de la investigación, metodología, administración y supervisión del proyecto, procesamiento de los datos, escritura, revisión y edición del documento. Viviana Parra-Ruiz: adquisición y manejo de los recursos, y desarrollo de la investigación. Juanita Bayona-Vélez: adquisición y manejo de los recursos, desarrollo de la investigación, procesamiento de los datos, escritura, revisión y edición del documento. Paula N. Cavanzo-Farfán y Daniel A. Bautista-Cepeda: adquisición y manejo de los recursos, desarrollo de la investigación. Alexander Navas-Panadero: análisis formal y metodología.

## REFERENCIAS

1. AZIZ, M.H.; VAN DONGEN, J.C.; SAIDA, L.; SUKER, M.; VAN VUGT JEROEN, L.A.; VAN PUTTEN, Y.; SIDERAS, K.; GROEN, J.V.; MIEOG J.S.D.; LUCASSEN, C.J.; DROOP, A.; MAUFF, K.; SHAHBAZI, F.S.; GROOT, K.B.; MUSTAFA, D.A.M.; VAN EIJCK, C.J. 2022. High systemic immune inflammation index is associated with low skeletal muscle quantity in resectable pancreatic ductal adenocarcinoma. *Frontiers in Oncology*. 28(12):827755. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.827755>
2. BROOKS, S.A.; MAKVANDI-NEJAD, S.; CHU, E.; ALLEN, J.J.; STREETER, C.; GU, E.; MCCLEERY, B.; MURPHY, B.A.; BELLONE, R.; SUTTER, N.B. 2010. Morphological variation in the horse: defining complex traits of body size and shape. *Animal Genetics*. 41(2):59-65. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02127.x>
3. BUKHARI, S.S.U.H.; MCELLIGOTT, A.G.; PARKES, R.S.V. 2021. Quantifying the Impact of Mounted Load Carrying on Equids: A Review. *Animals*. 11(5):1333. <https://doi.org/10.3390/ani11051333>
4. CARTER, R.A.; GEOR, R.J.; STANIAR, W.B.; CUBITT, T.A.; HARRIS, P.A. 2009. Apparent adiposity assessed by standardised scoring system and morphometric measurements in horses and ponies. *The Veterinary Journal*. 179(2):204-210. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.02.029>
5. CATALANO, D.N.; COLEMAN, R.J.; HATHAWAY, M.R.; MCCUE, M.E.; RENDAHL, A.K.; MARTINSON, K.L. 2016. Estimation of actual and ideal body weight using morphometric measurements and owner guessed bodyweight of adult draft and warmblood horses. *Journal of Equine Veterinary Science*. 39:38-43. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.09.002>
6. CZYCHOLL, I.; BÜTTNER, K.; KLINGBEIL, P.; KRIETER, J. 2018. An indication of reliability of the two-level approach of the AWIN welfare assessment protocol for horses. *Animals*. 8(1):7. <https://doi.org/10.3390/ani8010007>
7. DONALDSON, M.T.; MCFARLANE, D.; JORGENSEN, A.J.; BEECH, J. 2004. Correlation between plasma  $\alpha$ -melanocyte-stimulating hormone concentration and body mass index in healthy horses. *American Journal of Veterinary Research*. 65(11):1469-1473. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.1469>
8. DUGDALE, A.H.A.; CURTIS, G.C.; HARRIS, P.A.; ARGO, C.M. 2011. Assessment of body fat in the pony: Part I. Relationships between the anatomical distribution of adipose tissue, body composition and body condition. *Equine Veterinary Journal*. 43(5):552-61. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00330.x>
9. FEDERACIÓN ECUESTRE DE COLOMBIA, FEDECUESTRE. 2018. Reglamento de adiestramiento. Actualizado julio 2018. Federación Ecuestre de Colombia. 98p. Disponible desde Internet en: [https://fedecuestre.com/wp-content/uploads/2021/05/112-18-ANEXO-REFORMA-REGLAMENTO\\_ADIESTRAMIENTO\\_update-2018-12oct2018DEF.pdf](https://fedecuestre.com/wp-content/uploads/2021/05/112-18-ANEXO-REFORMA-REGLAMENTO_ADIESTRAMIENTO_update-2018-12oct2018DEF.pdf)

10. GARLINGHOUSE, S.E.; BURRILL, M.J. 1999. Relationship of body condition score to completion rate during 160 km endurance races. *Equine Veterinary Journal Supplement*. 30:591-595. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb05290.x>
11. GENTRY, L.R.; THOMPSON, D.L.; GENTRY, G.T.; DEL VECCHIO, R.P.; DAVIS, K.A.; DEL VECCHIO, P.M. 2004. The relationship between body condition score and ultrasonic fat measurements in mares of high versus low body condition. *Journal of Equine Veterinary Science*. 24(5):198-203. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2004.04.009>
12. GÓMEZ, M.D.; AZOR, P.J.; ALONSO, M.E.; JORDANA, J.; VALERA, M. 2012. Morphological and genetic characterization of Spanish heavy horse breeds: Implications for their conservation. *Livestock Science*. 144(1-2):57-66. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.10.013>
13. GUNNARSSON, V.; STEFÁNSDÓTTIR, G.J.; JANSSON, A.; ROEPSTORFF, L. 2017. The effect of rider weight and additional weight in Icelandic horses in tölt: Part II. Stride parameters responses. *Animal*. 11(9):1567-1572. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000568>
14. HARKER, I.J.; HARRIS, P.A.; BARFOOT, C.F. 2011. The body condition score of leisure horses competing at an unaffiliated championship in the UK. *J Journal of Equine Veterinary Science*. 31:253-254. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.058>
15. HENNEKE, D.R.; POTTER, G.D.; KREIDER, J.L.; YEATES, B.F. 1983. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Journal of Equine Veterinary*. 15(4):371-372. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1983.tb01826.x>
16. HERBST, A.C.; JOHNSON, M.G.; GAMMONS, H.; REEDY, S.E.; URSCHEL, K.L.; HARRIS, P.A.; ADAMS, A.A. 2022. Development and evaluation of a muscle atrophy scoring system (MASS) for Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*. 110:103771. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103771>
17. JENSEN, R.B.; DANIELSEN, S.H.; TAUSON, A.H. 2016. Body condition score, morphometric measurements and estimation of body weight in mature Icelandic horses in Denmark. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 58(1):59. <https://doi.org/10.1186/s13028-016-0240-5>
18. JANSSON, A.; GUNNARSSON, V.; RINGMARK, S.; RAGNARSSON, S.; SÖDERROOS, D.; ÁSGEIRSSON, E.; JÓHANNSDÓTTIR, T.R.; LIEDBERG, C.; STEFÁNSDÓTTIR, G.J. 2021. Increased body fat content in horses alters metabolic and physiological exercise response, decreases performance, and increases locomotion asymmetry. *Physiological Reports*. 9(11):e14824 <https://doi.org/10.14814/phy2.14824>
19. KIENZLE, E.; SCHRAMME, S.C. 2004. Body condition scoring and prediction of body weight in adult warm blooded horses. *Pferdeheilkunde Equine Medicine*. 20(6):517-524. <https://doi.org/10.21836/pem20040604>
20. KOMOSA, M.; PURZYC, H. 2009. Konik and Hucul horses: A comparative study of exterior measurements. *Journal of Animal Science*. 87(7):2245-2254. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1501>
21. KRISTJANSSON, T.; BJORNSDOTTIR, S.; ALBERTSDÓTTIR, E.; SIGURDSSON, A.; POURCELOT, P.; CREVIER-DENOIX, N.; ARNASON, T. 2016. Association of conformation and riding ability in Icelandic horses. *Livestock Science*. 189:91-101. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.05.010>
22. LAWRENCE, L.; JACKSON, S.; KLINE, K.; MOSER, L.; POWELL, D.; BIEL M. 1992. Observations on body weight and condition of horses in a 150-mile endurance ride. *Journal of Equine Veterinary Science*. 12(5):320-324. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(06\)81345-6](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(06)81345-6)
23. LINDNER, A.; SIGNORINI, R.; VASSALLO, J.; TOMATIS, F.; FLORES, F.; GAGLIANO M.; TARRAGONA, E. 2010. Reproducibility and repeatability of equine muscle thickness measurements with ultrasound. *Journal of Equine Veterinary Science*. 30(11):635-640. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2010.10.007>
24. MARTIN-GIMENEZ, T.; AGUIRRE-PASCASIO, C.N.; DE BLAS, I. 2017. Development of an index based on ultrasonographic measurements for the objective appraisal of body condition in Andalusian horses. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 15(4). <https://doi.org/10.5424/sjar/2017154-11732>
25. MATSUURA, A.; IRIMAJIRI, M.; MATSUZAKI, K.; HIRAGURI, Y.; NAKANOWATARI, T.; YAMAZAKI, A.; HODATE, K. 2012. Method for estimating maximum permissible load weight for Japanese native horses using accelerometer-based gait analysis. *Animal Science Journal*. 84(1):75-81. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2012.01041.x>
26. MCMANUS, C.; FALCAO, R.; SPRITZE, A.; COSTA, D.; LOUVANDINI, H.; DIAS, L.; TEIXEIRA, R.; REZENDE, M.; GARCIA, J. 2005. Caracterização Morfológica de Equinos da Raça Campeiro. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34(5):1553-1562. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500015>
27. MORALES-BRICEÑO, A.; MÉNDEZ-SÁNCHEZ, A.; MÉNDEZ ANGULO, J.; PÉREZ ARÉVALO, J.;

- ESPINAL, A.; VÁZQUEZ, A.; JULIÀ, O. 2018. What's new in cresty neck horses? diagnosis in mature and aged equids. *The International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*. 16(2):226-233.
28. MUÑOZ, L.; BRIONES, M.; SAAVEDRA, M.J. 2021. Relationship between the body condition index and the modified Henneke body condition score in Chilean horses. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*. 37(1):74-80. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS37-8RBLM30008>
29. PADILHA, F.G.F.; ANDRADE, A.M.; FONSECA, A.B.M.; GODOI, F.N.; ALMEIDA, F.Q.; FERREIRA, A.M.R. 2017. Morphometric measurements and animal-performance indices in a study of racial forms of Brazilian Sport Horses undergoing training for eventing. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 46(1):25-32. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000100005>
30. PAGAN, J.D.; MARTIN, O.A.; CROWLEY, N.L. 2009. Relationship between body condition and metabolic parameters in sport horses, pony hunters and polo ponies. *Journal of Equine Veterinary Science*. 29(5):418-420. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2009.04.117>
31. PAYNE, R.C.; HUTCHINSON, J.R.; ROBILLIARD, J.J.; SMITH, N.C.; WILSON, A.M. 2005. Functional specialisation of pelvic limb anatomy in horses (*Equus caballus*). *Journal of Anatomy*. 206(6):557-574. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2005.00420.x>
32. PEARSON, W.; WOOD, K.; STANLEY, S.; MACNICOL, J. 2018. Exploring relationships between body condition score, body fat, activity level and inflammatory biomarkers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 102(4):1062-1068. <https://doi.org/10.1111/jpn.12893>
33. POWELL, D.; BENNETT-WIMBUSH, K.; PEEPLES, A.; DUTHIE, M. 2008. Evaluation of indicators of weight-carrying ability of light riding horses. *Journal of Equine Veterinary Science*. 28(1):28-33. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2007.11.008>
34. REZENDE, M.P.G.; ABREU, U.G.P.; SOUZA, J.C.; SANTOS, S.A.; RAMIRES, G.G.; SITORSKI, L.G. 2015. Morfologia corporal de equinos Quarto de Milha puros e mestiços utilizados no Laço Comprido no Mato Grosso do Sul. *Archivos de Zootecnia*. 64(246):183-185.
35. SCHADE, M.F.S.; MENEGATTI, J.; SCHADE, J.; SOUZA JÚNIOR V.A.; FONTEQUE, J.H. 2015. Avaliação morfométrica de equinos do Esquadrão de Polícia Montada dos municípios de Lages, Joinville e Florianópolis-SC. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 67:1335-134. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8403>
36. SILVA, S.R.; CADAVEZ, V.P. 2012. Real-time ultrasound (RTU) imaging methods for quality control of meats. In: *Computer vision technology in the food and beverage industries*; Sun DW (ed.). Woodhead Publishing. Cambridge. p.277-329. <https://doi.org/10.1533/9780857095770.3.277>
37. SILVA, S.R.; PAYAN-CARREIRA, R.; QUARESMA, M.; GUEDES, C.M.; SANTOS, A.S. 2016. Relationships between body condition score and ultrasound skin-associated subcutaneous fat depth in equids. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 58(1):62. <https://doi.org/10.1186/s13028-016-0243-2>
38. VALBERG, S.J.; BORER MATSUI, A.K.; FIRSHMAN, A.M.; BOOKBINDER, L.; KATZMAN, S.A.; FINNO, C.J. 2020. 3 Dimensional photonic scans for measuring body volume and muscle mass in the standing horse. *Plos One*. 15(2):e0229656. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229656>
39. VALETTE, J.P.; BARREY, E.; JOUGLIN, M.; COUROUCE, A.; AUVINET, B.; FLAUX, B. 1999. Standardisation of muscular biopsy of gluteus medius in French trotters. *Equine Veterinary Journal*. 31(30):342-344. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb05246.x>
40. VELÁSQUEZ MOSQUERA, J.C.; MENDOZA SÁNCHEZ, G.; CORRALES ÁLVAREZ, J.D.; PARRA PINEDA, M.A.; MEDINA RODRÍGUEZ, A.C.; IZQUIERDO SÁNCHEZ, C.D.; GONZALES ACOSTA, J.P. 2016. Asociación de medidas morfométricas con grasa en el anca en caballos de salto en una escuela ecuestre de Bogotá. *Revista de Medicina Veterinaria*. (32):67-77. <http://dx.doi.org/10.19052/mv.3856>
41. ZIMERMAN, M.; BOTTEGAL, D.; FERRARIO, J.; ORTEGA MASAGUE, M.F.; HOLGADO, F.; MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ SALOM, M.J.; TABOADA, N.; ROYO, V.; MOLINA, Á.; LOPEZ, A.; HERNÁNDEZ, O.; NASCA, J. 2022. Comportamiento productivo, calidad de la res y de la carne de novillos Criollo Argentino, Braford y sus cruza F1 engordados a corral. *Información preliminar. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 30(2):91-100. [www.doi.org/10.53588/alpa.300203](http://www.doi.org/10.53588/alpa.300203)
42. ZULUAGA CABRERA, A.M.; CORREA VALENCIA, N.M.P. 2020. Body fat evaluation in Colombian Paso horses: body condition score and morphometric and ultrasound measurements. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 57(4):e171082. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2020.171082>