

2006

Estandarización de las respuestas fisiológicas en caninos post entrenamiento de agility en Bogotá

Paola Andrea Lozano Martínez
Universidad de La Salle, Bogotá

Boris Orlando Camargo Roncancio
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria



Part of the [Small or Companion Animal Medicine Commons](#)

Citación recomendada

Lozano Martínez, P. A., & Camargo Roncancio, B. O. (2006). Estandarización de las respuestas fisiológicas en caninos post entrenamiento de agility en Bogotá. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/330

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Medicina Veterinaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

ESTANDARIZACIÓN DE LAS RESPUESTAS FISIOLÓGICAS EN CANINOS
POST- ENTRENAMIENTO DE AGILITY EN BOGOTÁ

PAOLA ANDREA LOZANO MARTÍNEZ
BORIS ORLANDO CAMARGO RONCANCIO

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
BOGOTÁ D.C.
2006

ESTANDARIZACIÓN DE LAS RESPUESTAS FISIOLÓGICAS EN CANINOS
POST- ENTRENAMIENTO DE AGILITY EN BOGOTÁ

PAOLA ANDREA LOZANO MARTÍNEZ
Código: 14011159

BORIS ORLANDO CAMARGO RONCANCIO
Código: 14011503

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
MÉDICO VETERINARIO

DIRECTOR
DR. JORGE HERNANDO FORERO

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
BOGOTÁ D.C.
2006

DIRECTIVAS

RECTOR

Hno. FABIO GALLEGO ARIAS

**VICERRECTOR DE PROMOCIÓN
Y DESARROLLO HUMANO**

Hno. EDGAR FIGUEROA ABRAJIM

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

**DR. MAURICIO FERNÁNDEZ
FERNÁNDEZ**

VICERRECTOR ACADÉMICO

**DR. CARLOS GABRIEL GÓMEZ
RESTREPO**

DECANO FACULTAD

**DR. PEDRO PABLO MARTÍNEZ
MÉNDEZ**

SECRETARIA ACADÉMICA

**DRA. MARIA TERESA URIBE
MALLARINO**

DIRECTOR CLÍNICA

**DR. HUMBERTO VÁSQUEZ
ROMERO**

HOJA DE APROBACIÓN

DIRECTOR

**DR. JORGE HERNANDO FORERO
LÓPEZ**

JURADO

**DRA. CLAUDIA AIXA MUTIS
BARRETO**

JURADO

**DRA. MARTHA ELENA SÁNCHEZ
KLINGE**

SECRETARIA ACADÉMICA

**DRA. MARIA TERESA URIBE
MALLARINO**

COMPROMISO

Los trabajos de grado no deben contener ideas que sean contrarias a las doctrinas de la iglesia católica en asuntos de dogma moral.

Ni la Universidad ni el jurado son responsables por las ideas expuestas por el graduando.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge Hernando Forero, director de esta investigación, por aceptar nuestra invitación para hacer parte de esta idea que algún día quisimos llevar a cabo, y por su dedicación, constante colaboración y guía fundamental para la culminación de ésta.

Al Dr. Mauricio Merizalde por su constante apoyo y colaboración durante el desarrollo de la práctica de este proyecto, con la búsqueda y obtención de los mejores exponentes caninos para el deporte de Agility en Bogotá y sus alrededores.

A la Dra. Pilar Calvo, por su paciencia y disposición absoluta en el momento en que necesitábamos de su ayuda.

A las escuelas Atalanta y su director Freddy Gómez, y a X-treme Dog Ltda., por facilitar sus mejores competidores para ser estudiados a través de este trabajo.

A Natalia Celeita, futura colega, y amiga incondicional, por su apoyo logístico en la fase práctica de este proyecto de investigación.

A nuestros padres y personas que ayudaron a financiar este proyecto y a todos aquellos que directa e indirectamente hicieron parte de éste.

DEDICATORIA

En primer lugar quiero agradecerle a Dios por darme la oportunidad de estudiar lo que siempre quise y permitirme culminar con éxito.

A mi mamá por su eterno sacrificio, hacerme la persona que soy y enseñarme a ser a su imagen y semejanza una mujer emprendedora, inteligente, y luchadora.

A mi papá por ser pilar de nuestras vidas, y porque a causa de su “armonía”, se que tengo en él un amigo más que solo una figura directiva.

A Boris, por estar conmigo en cada instante de la vida, ser mi apoyo, y ser mi compañero no solo en este sueño de ser Veterinarios, si no en muchos más que espero podamos llevar a cabo juntos.

A mi tío Luis Alfredo, porque sin él no hubiera logrado mi objetivo de culminar este proyecto.

A mi tío Jaime por su eterna disposición para colaborarme cuando siempre lo necesité.

Paola Andrea Lozano Martínez

DEDICATORIA

A mi Papá por ver en la Medicina Veterinaria una formación de vida, por brindarme su comprensión, su apoyo incondicional durante toda mi carrera y mi vida, por querer que de una u otra forma nunca me faltara nada durante mi vida universitaria, y por acolitarme más de un capricho en mi estudio y mi vida.

A mi Mamá por su apoyo incondicional, su paciencia, interés y comprensión y por querer siempre lo mejor para mí durante toda mi vida, por cada sesión de consejos durante toda mi carrera que me deja ver que eres mi mejor amiga.

A Paola, por su recargada paciencia, por el aguante de mis caprichos, por haberme abierto los ojos una y otra vez, y por su esencial compañía en mi vida.

A mi hogar por abrirle las puertas a tantos compañeros de carrera y aguantar tantos trasnochos que hoy se están viendo recompensados.

Doña Doris y su hogar por convertirse en mi segundo hogar y sede de estudio.

Boris Orlando Camargo Roncancio

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1. EJERCICIO	3
1.1.1. Diferencia entre Ejercicio y Acondicionamiento Físico	3
1.1.2. Diferencia entre Ejercicio, Actividades deportivas y Actividades físicas cotidianas o Trabajo	3
1.1.3. Definición de ejercicio moderado, ejercicio de intensidad máxima y ejercicio intenso	3
1.2. CAMBIOS GENERADOS CON EL EJERCICIO	4
1.2.1. Sangre	4
1.2.2. Sistema Cardiovascular	4
1.2.3. Termorregulación	5
1.2.4. Sistema Muscular	6
1.2.5. Estatus Ácido-Base durante el Ejercicio	7
1.2.6. Sistema Respiratorio	8
1.2.7. Electrolitos y equilibrio hídrico	10
1.3. RESPUESTA DEL ORGANISMO HACIA LOS CAMBIOS GENERADOS POR EL EJERCICIO	12
1.3.1. Sangre	12
1.3.2. Sistema Cardiovascular	13
1.3.3. Termorregulación	16
1.3.4. Sistemas Metabólicos del Músculo durante el ejercicio	22
1.3.5. Fisiopatología del Ácido-Base	26
1.3.6. Sistema Respiratorio	32
1.3.7. Electrolitos y Equilibrio Hídrico	36
1.4. EVALUACIÓN CLÍNICA DEL EJERCICIO A TRAVÉS DE MUESTRAS SIMPLES DE SANGRE ARTERIAL	43
1.4.1. Medición de los Gases Sanguíneos	43
1.4.2. Recolección y Manejo de la Muestra	44
1.5. VALORES REFERENCIALES	46
1.6. AGILITY	47
1.6.1. Historia	47

1.6.2. En Colombia	48
1.6.3. Requisitos para la práctica de Agility	50
2. MATERIALES Y MÉTODOS	54
2.1. LOCALIZACIÓN	54
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	55
2.3. VARIABLES	55
2.3.1. Independientes	55
2.3.2. Dependientes	55
2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	56
2.5. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	56
2.5.1. Procesamiento de la muestra de sangre	58
2.5.2. Especificaciones Cartuchos i-STAT®	59
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
3.1. RESULTADOS GENERALES Y DISCUSIÓN	61
3.1.1. Temperatura	61
3.1.2. Frecuencia respiratoria y de pulso	62
3.1.3. Gases Arteriales	64
3.1.4. Equilibrio Ácido-Base	67
3.1.5. Hematocrito y Hemoglobina	69
3.1.6. Electrolitos y Osmolalidad	71
3.1.7. BUN	75
3.1.8. Lactato y Glucosa	76
3.2. RESULTADOS POR CATEGORÍA DE TAMAÑO EN AGILITY	78
3.2.1. Categoría Small	78
3.2.2. Categoría Large	81
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	92

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: Frecuencia de latido cardiaco del perro, persona y caballo en reposo y durante el esfuerzo máximo.	5
Figura 2: Comportamiento de la P_{O_2} sanguínea y alveolar durante el ejercicio	8
Figura 3: Ajustes para cubrir el incremento de la demanda de oxígeno durante el ejercicio	9
Figura 4: Estructuras responsables de refrigerar el cerebro	17
Figura 5: La vía del flujo gaseoso respiratorio varía con la intensidad del jadeo de un perro	21
Figura 6: Los sistemas metabólicos importantes que aportan energía para la contracción muscular	22
Figura 7: Efecto Bohr	35
Figura 8: Valores promedio para concentraciones de electrolitos en los líquidos extracelular e intracelular	39
Figura 9: Pérdidas respiratorias de agua en mamíferos que jadean	43
Figura 10: Saltos simples y dobles	50
Figura 11: Saltos cuádruple, de longitud y aro	51
Figura 12: Obstáculos de contacto	51
Figura 13: Tipos de túneles	52
Figura 14: Slalom de entrenamiento y competición	52
Figura 15: Mesa	53
Figura 16: Polideportivo El Salitre	54

Figura 17: Parque Central Modelia	54
Figura 18: Parte de la población en estudio	55
Figura 19: Canino en pista de agility	56
Figura 20: Realización de examen clínico	57
Figura 21: Toma de muestra arterial	57
Figura 22: Registro de información en formatos	57
Figura 23: Colocación de muestra arterial en cartucho	58
Figura 24: Procesamiento de muestra en equipo de I-Stat Analyzer	58
Figura 25: Cambio en la temperatura rectal en caninos atletas post ejercicio	62
Figura 26: Variación en la frecuencia de pulso en caninos de agility post ejercicio.	63
Figura 27: Variación en la frecuencia respiratoria en caninos practicantes de agility post ejercicio	64
Figura 28: Comparación de las variaciones de P_{CO_2} , P_{O_2} post ejercicio en caninos	66
Figura 29: Variación en la S_{O_2} en caninos practicantes de agility post ejercicio	66
Figura 30: Cambio en T_{CO_2} en caninos post entrenamiento de agility	66
Figura 31: Cambio en pH en caninos post entrenamiento de agility	68
Figura 32: Comparación de las variaciones de HCO_3^- , pH, anion gap, BE, post ejercicio en caninos	69
Figura 33: Variación del hematocrito en perros de agility	70
Figura 34: Variación de la hemoglobina tras el ejercicio en perros de agility	71
Figura 35: Variación en la osmolalidad como consecuencia del ejercicio en perros atletas de agility	74
Figura 36: Comparación de los valores plasmáticos de sodio y cloro en	

perros deportistas practicantes de agility previo y posterior al ejercicio	74
Figura 37: Representación de la variación de potasio para caninos post ejercicio	74
Figura 38: Comparación entre los resultados de Cloruro vs. Cloro corregido para caninos post ejercicio	75
Figura 39: Resultados de BUN para caninos post ejercicio en pruebas de Agility	76
Figura 40: Resultados de lactato para caninos post ejercicio en pruebas de agility	77
Figura 41: Resultados de glucosa para caninos post ejercicio en pruebas de Agility	78
Figura 42: Resultados de lactato para caninos post ejercicio en pruebas de agility para la categoría Small	80
Figura 43: Resultados de Po_2 para caninos post ejercicio en pruebas de agility para la categoría Small	80
Figura 44: Variación en el nivel de Tco_2 para caninos de agility que integran la categoría Small.	80
Figura 45: Comparación entre los valores de lactato pre y post ejercicio en los grupos de estudio	82

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Características de las perturbaciones ácido básicas primarias	31
Tabla 2: Compensaciones renales y respiratorias de trastornos de ácidos y bases primarios en caninos	32
Tabla 3: Valores arteriales referencia de laboratorio para caninos	46
Tabla 4: Parámetros físicos de referencia para caninos	47
Tabla 5: Configuraciones de cartuchos	60
Tabla 6: Resultados estadísticos generales para la variable temperatura	61
Tabla 7: Resultados estadísticos generales para las variables de frecuencia respiratoria y de pulso	63
Tabla 8: Resultados estadísticos generales para las variables de P_{CO_2} , P_{O_2} , T_{CO_2} , S_{O_2}	65
Tabla 9: Resultados estadísticos generales para las variables de HCO_3^- , pH, anion gap, BE.	68
Tabla 10: Resultados estadísticos generales para las variables de hematocrito y hemoglobina	70
Tabla 11: Comparación de los valores en electrolitos y osmolalidad para caninos deportistas de agility en la Ciudad de Bogotá	73
Tabla 12: Variación en los niveles de BUN sérico en perros de agility	75
Tabla 13: Variación en los niveles de lactato y glucosa sérica en perros de agility	77
Tabla 14: Variación en los niveles de lactato, P_{O_2} y T_{CO_2} para caninos de agility que integran la categoría Small.	79

Tabla 15: Comparación entre los valores de lactato pre y post ejercicio en los grupos de estudio

81

ANEXOS

	pág.
Anexo A: Formato AG-1	92
Anexo B: Formato AG-2 Examen Clínico	93

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá, capital de Colombia, la cual se encuentra a una altura media 2600 m.s.n.m y con una temperatura ambiente promedio de 14°C. Se realizaron dos muestreos, el primero de ellos se llevó a cabo en las instalaciones del Polideportivo el Salitre, y el segundo se desarrolló en el parque central del Barrio Modelia. El objetivo principal de la investigación fue monitorear y estandarizar los cambios fisiológicos que se presentan en caninos atletas, como respuesta al ejercicio realizado en entrenamiento para pruebas de Agility, verificando si en estos animales se presentaban cambios significativos en el estatus ácido/base, valores hematológicos, bioquímicos, de gases sanguíneos, temperatura rectal, frecuencia respiratoria y pulso. Se muestrearon 15 caninos hembras de diferentes razas practicantes del Agility, pertenecientes a las escuelas Atalanta y X-treme Dog Ltda. Las muestras control se obtuvieron de los individuos en reposo, previo al ejercicio, inmediatamente a la llegada de los caninos al área de investigación, en donde se situaron las pistas para el entrenamiento. El control, incluía la toma de temperatura rectal, frecuencia de pulso, frecuencia respiratoria y de sangre arterial (arteria femoral). La muestra arterial se analizó por unidad portátil de análisis sanguíneo, obteniendo mediciones que incluían hematocrito (Hto), hemoglobina (Hb), sodio (Na), potasio (K), cloruro (Cl), nitrógeno uréico (BUN), glucosa (Glu), lactato, pH sanguíneo, presión de Dióxido de Carbono (PCO_2), presión de Oxígeno (PO_2), bicarbonato (HCO_3), tensión de dióxido de carbono (TCO_2), saturación de oxígeno (sO_2), exceso de base (BE), anion gap y osmolalidad. Tras el control se inició el entrenamiento de manera tal, que simulara una competencia real en donde cada canino pasó cuatro veces por la pista, y al final del entrenamiento se monitorearon los animales, siguiendo el mismo procedimiento descrito para las muestras control para enfrentar los resultados. Se compararon los resultados pre y post ejercicio, presentándose: un aumento para Temperatura, Frecuencia de pulso y Respiratoria, pH, Hematocrito, Hemoglobina, Sodio, Cloro y Osmolalidad ($P < 0.001$); incremento en los valores de Potasio, Lactato y Glucosa ($P < 0.01$); ascenso para PO_2 , SO_2 y BUN ($P < 0.05$); un descenso post ejercicio para PCO_2 , TCO_2 , Exceso de Base y Anion Gap ($P < 0.001$). Se concluye entonces, que los caninos deportistas en la ciudad de Bogotá, presentan hipertermia, taquicardia, hipocapnia, alcalosis respiratoria acompañada de una acidosis metabólica compensatoria y hemoconcentración por una deshidratación que se clasifica como hiperosmótica, luego de una competencia de Agility.

Palabras claves: Canino; Agility; Ejercicio; Hipertermia; Hipocapnia; Alcalosis Respiratoria; Acidosis Metabólica compensatoria; Analizador Sanguíneo Portátil.

ABSTRACT

The study was carried out in the city of Bogotá, capital of Colombia, which is at a medium altitude of 2600 m.s.n.m and with a temperature average of 14°C. Two samplings were made, first of them was carried out at Polideportivo el Salitre, and the second was developed in Central Park of Modelia. The objective of the investigation was, to scan and to standardize the physiological changes that appeared in canine athletes, like answer to the exercise made in training for tests of Agility, verifying if in these animals significant changes appeared in acid/base status, hematological and biochemical values, sanguineous gases, rectal temperature, respiratory frequency and pulse. Fifteen Agility canine females of different races, pertaining to the schools of Atalanta and X-treme Dog Ltda were sampled. The control samples were obtained from the individuals in rest, previous to the exercise, immediately to their arrival at the investigation area, in where the tracks for the training were located. The control, which refers to the samples previously to the exercise, included the taking of rectal temperature, frequency of pulse, respiratory frequency and arterial blood (femoral artery). The arterial sample was analyzed by portable blood analyzer, obtaining measurements that included hematocrit (Hto), hemoglobine (Hb), sodium (Na), potassium (K), chloride (Cl), ureic nitrogen (BUN), glucose (Glu), lactate, pH, Carbon Dioxide pressure (PCO₂), Oxygen pressure (PO₂), bicarbonate (HCO₃), carbon dioxide tension (TCO₂), oxygen saturation (SO₂), excess of base (BE), anion gap and Osmolality. After the control the training began so, that it simulated a real competition in where each canine passed four times by the track, and at the end of the training the animals were scanned, following the same procedure for the control sample to face the results. The results before and after exercise, were compared obtaining: an increase for Temperature, Frecuency of pulse, respiratory frequency, pH, Hematocrit, Hemoglobine, Sodium, Chloride and Osmolality (P<0.001); rise for the values of Potasium, Lactate and Glucose (P<0.01); increase for PO₂, SO₂, and BUN (P<0.05); decrease post exersice for PCO₂, TCO₂, Excess of Base and Anion Gap (P<0.001). In summary, canines athletes at the city of Bogotá, had evidence of hyperthermia, tachycardia, hypocapnia, respiratory alkalosis accompanied with a compensatory metabolic acidosis and hemoconcentration by a dehydration that is classified like hyperosmotic, after a competition of Agility.

Key Words: Canine; Agility; Exercise; Hyperthermia; Hypocapnia; Respiratory Alcalosis; Compensatory Metabolic Acidosis; Portable Blood Analyzer.

INTRODUCCIÓN

La fisiología del Ejercicio es una rama de la fisiología que estudia específicamente la integración y función corporales durante el ejercicio, y la manera en que éste modifica la estructura y función del organismo. Ello incluye las respuestas agudas al ejercicio, así como los beneficios para la salud derivada de esta actividad física. Lo anterior ocurre en diversos niveles: el cuerpo como un todo, sistemas o aparatos corporales, órganos, células, y nivel subcelular. El interés en la fisiología del Ejercicio ha dado origen a muchas subdisciplinas, como la biomecánica, fortalecimiento, acondicionamiento, y fisiología clínica del ejercicio, que abarca la Medicina Deportiva.¹

Los perros se han convertido en atletas especializados mediante la domesticación y selección genética para funciones específicas; primero, para la cacería, labranza y operaciones militares y más recientemente, para las actividades de entretenimiento.² Por ello la importancia de su estudio como individuos deportistas, y el valor de la fisiología deportiva para ello, puesto que al conocer los posibles cambios generados por el ejercicio, se puede de igual forma conocer el límite a los que se pueden someter sus mecanismos corporales, como no sobrepasarlos, y en caso tal de hacerlo, cómo corregir y proteger al canino atleta.

El Agility es un deporte popular en ciertas áreas del mundo, y en Colombia desde que empezó oficialmente en 1999, ha crecido tanto, el número de participantes, así como el nivel de competencia, que empieza a ser un deporte y una actividad de gran importancia.³ Sin embargo la mayoría de estudios sobre el ejercicio canino se desarrolla en perros de Trineo, practicantes de Field Trial, u otros atletas caninos como los galgos; y los caninos de Agility necesitan ser estudiados de la misma manera en que se ha hecho con dichos perros, con el fin de comprender los cambios fisiológicos que estos perros experimentan.

Actualmente, y sobre todo a nivel nacional, se está trabajando el Agility en estos animales de manera empírica, sin conocer los cambios fisiológicos que ocurren en ellos durante la actividad física, y por lo tanto se ve comprometida su vida, y en menor cuantía, frente a su salud, su rendimiento deportivo; razón por la cual la estandarización de los parámetros fisiológicos como resultado al ejercicio en el

¹ HERSHEL Raff. Secretos de la Fisiología: Fisiología del ejercicio y bioenergética de la contracción muscular. México: Mc Graw Hill, 2000. p.265

² SWENSON Melvin, REECE William. Fisiología de los Animales Domésticos de Dukes: Fisiología del Ejercicio. Tomo 1. Segunda Edición. México D.F: Uteha Noriega Editores, 1999. p.303.

³ ACCC. "Historia del Agility". Consultado en: URL (www.accc.com.co), Bogotá; 2003

Agility toma gran importancia. De esta manera se logra plantear la hipótesis, que hace pensar, que si con el ejercicio los caninos durante pruebas de Agility presentan cambios fisiológicos, entonces, estos influirán sobre su salud, y finalmente afectarán su rendimiento. Problemática que se transforma en un propósito claro para este proyecto de investigación, puesto que el fin máximo en un deporte, es lograr un alto desempeño, eficacia que se mide a través de una mejor posición en un ranking, pero pudiendo lograr esto a través de un correcto manejo y salud para los pacientes.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. EJERCICIO

El ejercicio es toda actividad física con gasto de energía mayor que el índice del metabolismo basal y que altera la homeostasia. Es resultado de la contracción y relajación alternadas de los músculos, lo cual produce el movimiento de una o más articulaciones.

1.1.1. Diferencia entre Ejercicio y Acondicionamiento Físico. El acondicionamiento físico habitualmente se define como la capacidad, función y estructura física suficientes para realizar y responder favorablemente a cualquier tarea específica que se proponga hacer un individuo. Por su parte, el ejercicio comprende cualquier actividad física.

1.1.2. Diferencia entre Ejercicio, Actividades deportivas y Actividades físicas cotidianas o Trabajo. Desde el punto de vista del metabolismo, no hay diferencia alguna. Las necesidades de ATP según la actividad difieren sólo en su magnitud y el grado de habilidad requerido. El ATP que precisan los músculos aumenta, en relación con el estado de reposo, con sólo dar un paso, y puede incrementarse hasta 200 veces por arriba del nivel basal durante el ejercicio intenso. La capacidad para sostener este tipo de actividad o cualquier otra se relaciona directamente con la producción del ATP requerido por los músculos; es decir, las contracciones se mantendrán mientras la producción de ATP sea suficiente. Si aumenta la intensidad del trabajo, también lo hace el consumo del ATP que se precisa para la contracción, sin importar las razones que originen el movimiento.⁴

1.1.3. Definición de ejercicio moderado, ejercicio de intensidad máxima y ejercicio intenso. El término ejercicio cubre un amplio rango de niveles de actividad desde movimientos lentos hasta la capacidad máxima. La expresión *ejercicio moderado* se refiere al ejercicio por encima de los valores de reposo que es aeróbico, con solo un mínimo aporte energético procedente de la glucólisis anaeróbica. *Ejercicio de intensidad máxima* se aplica al ejercicio en el cual la captación de oxígeno es máxima y el resto del aporte energético se deriva del

⁴ HERSHEL Raff, Op.cit, p.269.

metabolismo anaeróbico. *Ejercicio intenso* es un término utilizado a veces para designar el nivel de ejercicio entre moderado y máximo.⁵

1.2. CAMBIOS GENERADOS CON EL EJERCICIO

1.2.1. Sangre. El cambio más señalado a nivel sanguíneo es la movilización de eritrocitos, que se ve expresado en el aumento del hematocrito (Hto), además del incremento de leucocitos y plaquetas por unidad de volumen.^{6y7}

1.2.2. Sistema Cardiovascular. La capacidad del corazón para bombear sangre suficiente para cubrir las necesidades en ejercicio y redistribuir eficazmente la sangre hacia el músculo esquelético activo, es esencial para mantener el rendimiento. Se piensa que el grado al que puede aumentarse el suministro de oxígeno a los músculos activos, es un factor limitante en el ejercicio corporal.

❖ **Gasto Cardíaco.** El ejercicio lleva a un aumento del gasto cardíaco para cubrir la demanda de oxígeno de los músculos activos. El gasto cardíaco es el producto de la frecuencia cardíaca y el volumen de latido, como sigue:

$$GC = FC \times VL$$

El gasto cardíaco aumenta linealmente con la carga de trabajo principalmente por el aumento de la frecuencia cardíaca, durante el ejercicio inferior al máximo.

El contenido de oxígeno arterial es una función de la concentración de hemoglobina de la sangre y de la eficiencia de la ventilación alveolar y del intercambio gaseoso.

❖ **Frecuencia Cardíaca.** En el perro, en especial en el galgo de carreras, la frecuencia cardíaca de reposo puede ser menor de 100 y aumentar a 300 latidos por minuto o más durante el ejercicio máximo. La frecuencia cardíaca se incrementa rápidamente al inicio del ejercicio, alcanza un máximo en 30 a 45 segundos y suele disminuir antes de alcanzar una meseta durante el trabajo sostenido.

⁵ RANDALL David, BURGGEN Warren, FRENCH Kathleen. ECKERT: Fisiología Animal: Mecanismos y Adaptaciones. Madrid: Mc Graw Hill / Interamericana, 2002.p. 616,617.

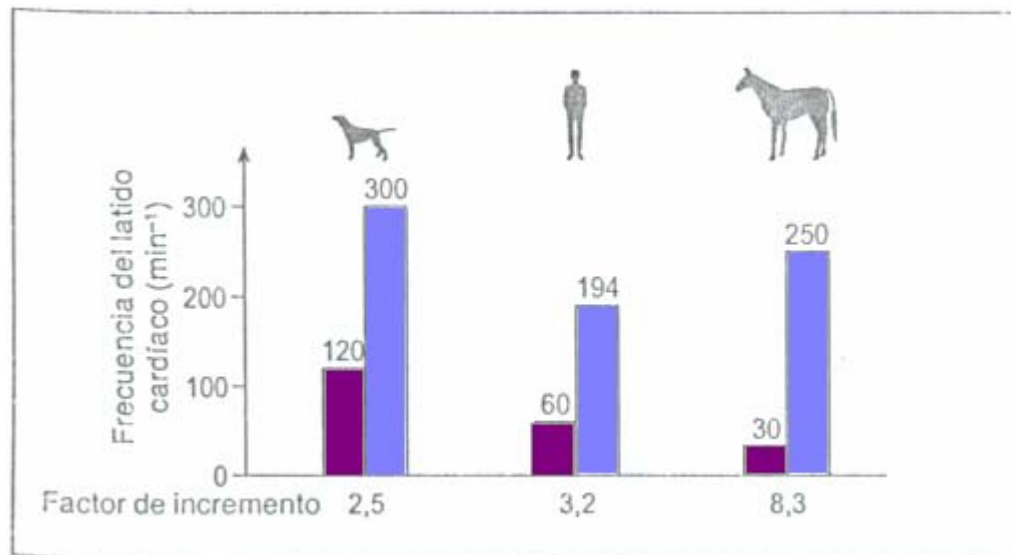
⁶ SWENSON Melvin, REECE William. Op.cit, p.304

⁷ HINCHCLIFF Keneth W, KANEPS Anans J, GEOR Raymond J. Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete: Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. Philadelphia: Saunders, 2004. p.941

El aumento en la frecuencia cardiaca en los atletas canino, equino y humano, antes de competencia, comprueba la respuesta anticipada al ejercicio. Además, antes de alcanzar el ejercicio máximo, la ansiedad afecta la frecuencia cardiaca.⁸

Durante el esfuerzo máximo los caballos pueden multiplicar su frecuencia de latido hasta por 8.3, las personas solamente por 3.2 y los perros de tamaño medio por 2.5 (Ver Figura 1).⁹

Figura 1. Frecuencia de Latido Cardiaco del perro, persona y caballo en reposo y durante el esfuerzo máximo.



Fuente: ENGELHARDT Wolfgang V, BREVES Gerhard. Fisiología Veterinaria. 2002. 515p.

1.2.3. Termorregulación. La actividad muscular requiere la conversión de energía química en energía mecánica. Solo cerca del 25% de la energía química se convierte en trabajo. El resto de la energía se convierte en calor, el cual debe liberarse al ambiente para que la temperatura corporal permanezca inalterada.

El calor es liberado por radiación, convección y evaporación. Así pues, la hipertermia se convierte en la mayor preocupación cuando tanto la temperatura ambiental como la humedad son altas.¹⁰ Esta hipertermia puede amenazar la vida

⁸ SWENSON Melvin, REECE William, Op.cit., p. 305 – 306.

⁹ ENGELHARDT Wolfgang V, BREVES Gerhard. Fisiología Veterinaria. Zaragoza: Editorial Acribia, 2002. 515p.

¹⁰ HILL Richard C. The Nutritional requirements of exercising dogs. En: The Journal of Nutrition. 1998; 128(12): p.2687s .

porque si no es tratada puede llevar al colapso, shock, hemorragia, necrosis de tejidos y muerte.¹¹

En humanos la deshidratación predispone a hipertermia.¹²

Como sucede con la tensión de oxígeno y el pH sanguíneo e intracelular, los cambios de la temperatura celular tienen efectos de importancia en la función celular. Muchas enzimas necesarias para la supervivencia de las células funcionan de manera óptima en un estrecho espectro de temperaturas. Por tanto, mantener la temperatura adecuada es de primordial importancia para la homeostasis.

El calor generado dentro del cuerpo es un producto secundario de todo el metabolismo. En promedio, de 40 a 60% de la energía producida por la hidrólisis del adenosintrifosfato (ATP) se pierde en la forma de calor; así, la producción de éste y la temperatura interna dependen de la utilización de energía o actividad metabólica. Todo factor que aumente el metabolismo celular (incremento de la secreción de hormonas tiroideas, epinefrina o norepinefrina, así como del índice del metabolismo basal o la práctica de ejercicio) produce calor.¹³

El centro respiratorio del perro responde no sólo a los estímulos comunes, también a la temperatura corporal central. En ambientes frescos la respiración del perro es de 10 a 40 veces por minuto, y su frecuencia respiratoria salta de manera repentina a 200 o más respiraciones por minuto, cuando el jadeo inicia.

1.2.4. Sistema Muscular. El músculo esquelético presenta adaptaciones en los niveles macroscópico, microscópico y bioquímico durante el ejercicio y después de un periodo de entrenamiento. El músculo esquelético constituye el 57% de la masa corporal del galgo de carrera, que es considerablemente mayor que el 44% en otros perros y el 40% de la mayoría de los mamíferos estudiados.

En los humanos, se ha sugerido que el lactato es el factor principal que favorece la fatiga muscular durante ejercicio intenso y de poca duración. En el caballo, el perro y otras especies, el ejercicio agota el glucógeno muscular. El precursor principal de la formación de lactato en el músculo esquelético, durante el ejercicio intenso y corto, es el glucógeno intramuscular. Los combustibles que se utilizan en el ejercicio dependen de la participación de los diferentes tipos musculares. El uso de glucógeno y la producción de lactato aumentan con velocidades mayores

¹¹ BJOTVEDT, WEEMS, FOLEY. Strenuous exercise may cause health hazards for racing greyhounds. *En: Veterinary Medicine Small Animals Clinics*. 1993; p.79:1481.

¹² Mc ARDLÉ William, KATCH Fran I, KATCH Victor L. *Fundamentos de Fisiología del Ejercicio: Micronutrientes y Agua*. Segunda Edición. Madrid: Mc Graw Hill, 2000. p.75-86.

¹³ RAFF Hershel. *Secretos de la Fisiología: Termorregulación*: México: Mc Graw Hill, 2000. p.289.

porque la demanda de energía excede a la capacidad aerobia de las fibras musculares participantes.¹⁴

El ácido láctico se forma a partir del ácido pirúvico, por acción de algunas células animales cuando el Oxígeno es escaso o está ausente. Por ejemplo, se produce en las células musculares durante ejercicios intensos, como en el músculo durante una carrera. Cuando se corre rápido, se respira intensamente, incrementando de este modo el suministro de oxígeno, pero incluso este incremento puede no ser suficiente para satisfacer los requerimientos inmediatos de las células musculares. Sin embargo, estas células pueden continuar trabajando y acumular lo que se conoce como deuda de oxígeno. La glucólisis continúa, utilizando la glucosa liberada por el glucógeno almacenado en el músculo, pero el ácido pirúvico resultante no entra en la vía aeróbica de la respiración. En lugar de ello, se convierte en ácido láctico, que a medida que se acumula rebaja el pH del músculo y reduce la capacidad de las fibras musculares para contraerse, produciendo la sensación de fatiga muscular. El ácido láctico se difunde en la sangre y es llevado al hígado. Posteriormente, cuando el oxígeno es más abundante (como resultado de la respiración profunda que sigue al ejercicio intenso) y se reduce la demanda de ATP, el ácido láctico se resintetiza en ácido pirúvico y nuevamente en glucosa o glucógeno.¹⁵

1.2.5. Estatus Ácido-Base durante el ejercicio. Un producto secundario importante y posiblemente riesgoso del metabolismo del ejercicio es el aumento de la producción de Hidrogeniones (H^+) o ácidos libres en los músculos esqueléticos. El incremento de la concentración de ácidos y la disminución consecuente del pH ponen en riesgo significativo la homeostasis. El pH en los músculos puede disminuir, y a falta de compensación, tal caída obstaculiza las cinética de enzimas y la producción de ATP.¹⁶

La disminución del pH no está directamente relacionada con el aumento del ácido láctico sanguíneo. La respuesta respiratoria al ejercicio resulta en una disminución de la Presión de Dióxido de Carbono (PCO_2) arterial en muchas especies, aunque la PCO_2 aumenta durante el ejercicio intenso.

Se presenta Hipoxemia arterial (PO_2 baja) durante el ejercicio intenso en el caballo, el galgo de carreras y en atletas humanos muy entrenados.¹⁷

¹⁴ SWENSON Melvin, REECE William, Op.cit., p. 315.

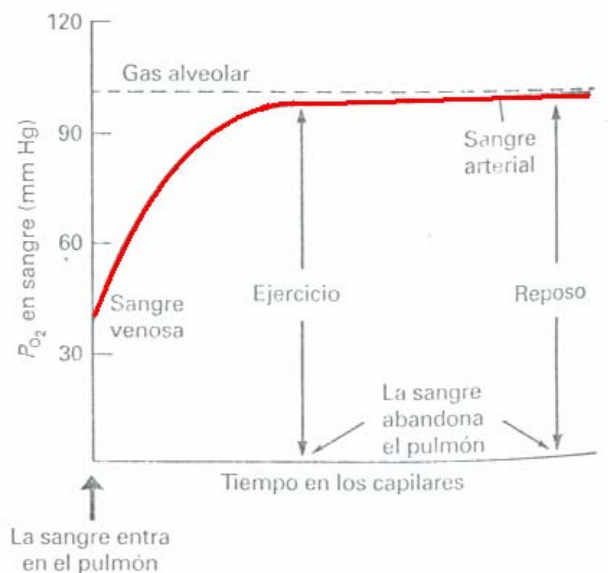
¹⁵ CURTIS Helena, BARNES Sue N. Biología: Cómo hacen ATP las células: Glucólisis y Respiración. Cali: Editorial Médica Panamericana, 1999. 216p.

¹⁶ RAFF Hershel. Fisiología de ejercicio y Bioenergética de la contracción muscular. Op.cit. p. 277

¹⁷ SWENSON Melvin, REECE William, Op.cit., p. 312.

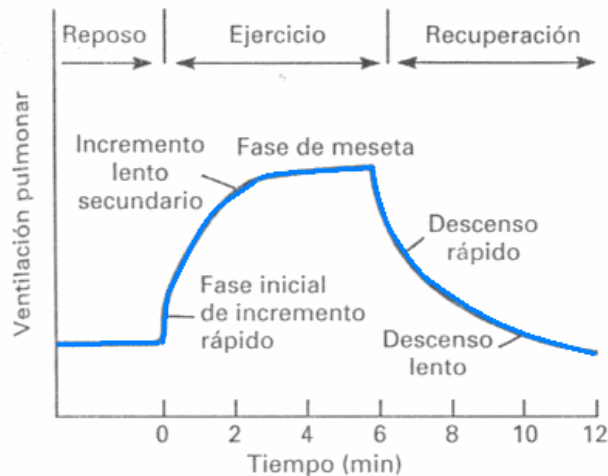
1.2.6. Sistema Respiratorio. El ejercicio incrementa la utilización de O_2 y la producción de CO_2 . Aunque el tiempo de tránsito de la sangre a través de los capilares pulmonares se reduce, todavía se produce una transferencia de gases prácticamente completa (Ver Figura 2). El volumen ventilatorio aumenta con objeto de mantener las tensiones de gases en la sangre arterial frente al incremento de flujo sanguíneo. El aumento de la ventilación en los mamíferos es rápido coincidiendo con el inicio del ejercicio. Este repentino incremento inicial en el volumen ventilatorio es seguido por un ascenso más gradual hasta que se alcanza un estado estacionario, tanto para el volumen ventilatorio como para la captación de oxígeno (Ver Figura 3). Cuando finaliza el ejercicio, hay un brusco declive en la respiración, seguido por un descenso gradual en el volumen ventilatorio. Durante el ejercicio, los niveles de O_2 disminuyen y los de CO_2 y H^+ aumentan en sangre venosa, aunque la PO_2 y la PCO_2 medias en sangre arterial no varían de forma notable, excepto durante un ejercicio máximo. Las oscilaciones en las PO_2 y PCO_2 de sangre arterial asociadas a cada ciclo respiratorio aumentan de magnitud, si bien el nivel medio permanece inalterado.

Figura 2. Comportamiento de la PO_2 sanguínea y alveolar durante el ejercicio. Durante el ejercicio, la PO_2 sanguínea alcanza rápidamente valores cercanos al equilibrio con la PO_2 alveolar. Aunque se incrementa el flujo sanguíneo y, por consiguiente, la sangre tarda menos tiempo en atravesar los capilares pulmonares, el aumento de ventilación permite que se produzca el equilibrio de gases durante el ejercicio.



Fuente: RANDALL David, BURGEN Warren, FRENCH Kathleen. ECKERT: Fisiología Animal: Mecanismos y Adaptaciones. 2002. 616p.

Figura 3. Ajustes para cubrir el incremento de la demanda de oxígeno durante el ejercicio. Uno de los distintos ajustes para cubrir el incremento de la demanda de oxígeno durante el ejercicio es el aumento de la ventilación pulmonar.



Fuente: RANDALL David, BURGEN Warren, FRENCH Kathleen. ECKERT: Fisiología Animal: Mecanismos y Adaptaciones. 2002. 617p.

Un cierto número de sistemas receptores, algunos de ellos no identificados todavía, parecen estar implicados en las respuestas respiratorias al ejercicio. Las contracciones de los músculos estimulan a los mecanoreceptores de estiramiento, aceleración y posición en los músculos, articulaciones y tendones. La actividad de estos receptores estimula la ventilación de forma refleja y este sistema causa posiblemente los repentinos cambios de ventilación que se producen al inicio y al final de un periodo de ejercicio. El incremento de ventilación varía según el grupo de músculos que sea estimulado. Se ha sugerido también que los cambios en la actividad nerviosa del cerebro y de la medula espinal que conducen a la contracción muscular, pueden afectar también al centro respiratorio del bulbo, causando un incremento de ventilación.

La contracción muscular genera calor y eleva la temperatura corporal, incrementando de este modo la ventilación a través de la acción sobre los receptores de temperatura del hipotálamo. La respuesta exacta desencadenada por la estimulación del hipotálamo depende de la temperatura ambiental. El incremento en la ventilación es más pronunciado en un entorno caldeado. Puesto que el aumento y descenso de temperatura que siguen al ejercicio y el subsiguiente reposo son graduales, parece ser que sólo contribuyen a cambios lentos en la ventilación durante el ejercicio.

En reposo, se precisan grandes cambios de CO_2 y O_2 para producir alteraciones de la ventilación equivalentes a las ocasionadas por el ejercicio. Al parecer, los quimiorreceptores de los cuerpos aórticos y carotídeos y en el bulbo

probablemente no se hallan implicados directamente en las respuestas ventilatorias al ejercicio, ya que los niveles medios de PO_2 y PCO_2 en sangre arterial no varían mucho durante el ejercicio. Sin embargo, la sensibilidad de estos receptores puede aumentar durante el ejercicio, de manera que pequeños cambios de actividad en los quimiorreceptores pueden causar el incremento de la ventilación. Con respecto a esto, resulta significativo que las catecolaminas, cuya liberación está aumentada durante el ejercicio, acrecientan la sensibilidad de los receptores del bulbo a los cambios en dióxido de carbono.

Al igual que en las condiciones de reposo, se requieren unos niveles umbral de dióxido de carbono para dirigir la ventilación durante el ejercicio. Hay cambios químicos en el músculo durante el ejercicio, y estos pueden desempeñar algún papel en la estimulación refleja de la ventilación a través de las fibras aferentes musculares.

Hay un incremento mucho mayor de la ventilación durante un ejercicio de intensidad máxima del que se observa durante el ejercicio moderado, y la relación entre ventilación y la captación de oxígeno durante el ejercicio de intensidad máxima ya no es lineal, sino que se convierte en exponencial. Este gran aumento en la ventilación es impulsado probablemente por los mismos mecanismos que en el ejercicio moderado, con la estimulación adicional de una notable acidosis metabólica y unos elevados niveles de catecolaminas circulantes.¹⁸

1.2.7. Electrolitos y equilibrio hídrico. Durante el ejercicio, el calor y la evaporación generalmente excede el consumo de agua, resultando en un déficit (hipohidratación) y pérdida de electrolitos. La hipohidratación aumenta el almacenamiento de calor y reduce la habilidad para tolerar el calor. El incremento del almacenamiento de calor está mediado por una baja tasa de disipación por evaporación y reducción del flujo sanguíneo de la piel.

El balance hídrico y electrolítico son críticos para la función de todos los órganos, en efecto, para mantener la salud en general. El agua provee el medio para las reacciones bioquímicas en las células de los tejidos, y es esencial para mantener un adecuado volumen sanguíneo y de esta manera la integridad del sistema cardiovascular. La habilidad del cuerpo para redistribuir agua dentro de sus compartimentos provee una reserva para minimizar los efectos del déficit de agua. Cada compartimiento de agua en el cuerpo contiene electrolitos, en la concentración y composición para mover fluidos entre los compartimientos intra y extracelulares, y para mantener los potenciales electroquímicos de membrana.

El ejercicio físico causa desequilibrio tanto de fluidos como de electrolitos, que deben ser corregidos. Generalmente hay deshidratación durante el ejercicio por la

¹⁸ RANDALL David, BURGGEN Warren, FRENCH Kathleen: Intercambio de Gases y Equilibrio Ácido-Base. Op. cit. p. 616,617.

no disponibilidad de fluidos o una desproporción entre la sed y requerimientos de agua. En esta instancia, un individuo está euhidratado (normalmente hidratado) al inicio del ejercicio pero incurre en hipohidratación (déficit de agua corporal) por un periodo prolongado. La hipohidratación incrementa el esfuerzo fisiológico, desciende el rendimiento, y altera las ventajas termorreguladoras. Si se practica ejercicio por un individuo hipohidratado, las consecuencias médicas pueden ser devastadoras.

Durante el ejercicio la deshidratación debe evitarse, relacionando el consumo de fluido con la pérdida de líquido por evaporación. Esto es difícil, puesto que la sed no es un buen indicador de requerimientos de agua corporal. En general, la sed no se percibe sino hasta que se haya incurrido en un déficit de agua de 2% de pérdida de peso corporal. El consumo ad libitum durante el ejercicio resulta en un reemplazo incompleto de pérdida corporal de agua.¹⁹

El ejercicio reduce la tasa de vaciamiento gastrointestinal de líquidos en perros, y la tasa de vaciamiento gástrico de fluidos, se sabe que determina la eficiencia en la rehidratación en humanos. Desafortunadamente, el tipo ideal, frecuencia y cantidad de solución rehidratante no se ha determinado en perros.²⁰ Por eso, al haber una disminución en el vaciamiento gástrico, comenzar con el consumo de fluido durante las etapas iniciales del ejercicio es importante, no solo para minimizar la deshidratación, sino también para maximizar la biodisponibilidad de los fluidos consumidos.²¹

Ejercicio prolongado realizado por caballos y humanos, generalmente resulta en una reducción de las concentraciones de sodio sérico, asociado con una disminución en el contenido corporal total estimado de cationes. Grandes cantidades de sodio y potasio se pierden con el sudor durante el ejercicio prolongado por estas especies; pérdidas urinarias y gastrointestinales concurrentes son pequeñas en relación con las pérdidas por sudor y probablemente contribuyen de manera mínima a la pérdida de cationes asociada con el ejercicio. Grandes pérdidas de sodio y potasio en el sudor durante el ejercicio, si no se compensan por la ingestión de estos electrolitos, resulta en la reducción del total corporal de estos cationes. En el fundamento de cambios en el peso corporal, contenido total de agua corporal, y concentración de sodio sérico, se propone que la reducción en el total de contenido de cationes en caballos y humanos puede ser estimada.

La temperatura corporal se regula en humanos y caballos, entonces, a través de la sudoración, perdiendo de esta manera electrolitos. El agua en el sudor se evapora

¹⁹ SAWKA Michael N, MONTAIN Scott J. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *En: The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 72(suppl). p. 564s-565s

²⁰ HILL Richard C. Op. cit. p.2687s.

²¹ SAWKA Michael N, MONTAIN Scott J. Op. cit. p.565s

y los electrolitos se quedan en la piel a manera de una sal, por lo que en estos casos el cuerpo necesita restaurar esos electrolitos cuando se ejercita y hay sudoración pudiéndose lograr a través de la ingesta de bebidas hidroelectrolíticas o barras que aporten cloruro de Sodio y Potasio. A diferencia de estas especies el perro descende su temperatura corporal a través del jadeo para disipar el calor y en este proceso el sodio, potasio y cloro se conserva en la boca luego de la evaporación y se restauran automáticamente cuando el animal deglute.²²

Hiponatremia asociada al ejercicio, sola o con agotamiento de cationes, ha sido bien documentada en especies que termorregulan con la sudoración, sin embargo la reducción en la concentración de sodio sérico asociada al ejercicio en perros ha sido solo reportada recientemente en algunos estudios en perros de trineo. La demostración de un descenso en el sodio sérico asociado a ejercicio en perros, una especie que termorregula a través de evaporación de agua a partir del tracto respiratorio, es sorprendente, dado que en humanos y caballos la depleción del catión es a causa de la pérdida a través del sudor.²³

1.3. RESPUESTA DEL ORGANISMO HACIA LOS CAMBIOS GENERADOS POR EL EJERCICIO

1.3.1. Sangre. La capacidad de la sangre para suministrar oxígeno y sustratos metabólicos a los músculos en trabajo y su eficiencia para eliminar productos de desecho de los músculos, imponen límites al rendimiento muscular.

❖ **Movilización de Eritrocitos.** Los cambios que se observan en la sangre circulante cuando un animal hace ejercicio, son notablemente rápidos. El ejercicio tiene efectos variables en el Hemograma dependiendo de la intensidad del trabajo. El ejercicio generalmente resulta en la movilización de eritrocitos de origen esplénico y por lo tanto hay un incremento en el transporte de oxígeno. El incremento eritrocítico es significativo, ya que el bazo tiene la capacidad de almacenar hasta un 50% del total de células rojas. Aunque se la atribuye a la contracción esplénica como la fuente principal de movilización de eritrocitos durante el ejercicio intenso, los cambios en fluido inducidos por el ejercicio, también juegan un rol importante. En asociación con el aumento en el hematocrito, existe un incremento en el conteo eritrocítico y en la concentración de

²² W. DAN. "Its hot out does your dog need electrolytes at Healthy As A Dog", Consultado en: URL (www.healthyasadog.com) , 2006

²³ HINCHCLIFF Kenneth W, REINHART Gregory A, BURR John R, SCHREIER Curt J, SWENSON Richard A. Effect of racing on serum sodium and potassium concentrations and acid-base status of Alaskan sled dogs. En: Journal of American Veterinary Medical Association. 1997; 210(11). p. 1615.

hemoglobina (Hb). Como consecuencia del incremento de la concentración de la Hb hay un aumento en la capacidad de transportar oxígeno.²⁴

- **Contracción Esplénica.** El sistema cardiovascular tiene la capacidad para transportar grandes cantidades de oxígeno al músculo activo. En el perro, el bazo actúa como un depósito para eritrocitos. Las células sanguíneas almacenadas en el bazo se movilizan hacia la circulación al aumentar la demanda. Y esta liberación depende del sistema nervioso simpático y las catecolaminas circulantes. La cápsula del bazo de músculo liso está inervada por neuronas simpáticas posganglionares. Tanto en el ejercicio, como la excitación, incrementan el volumen de eritrocitos circulantes en un volumen plasmático igual o reducido, resultando en un aumento del hematocrito, de la concentración de hemoglobina y de la cuenta de eritrocitos.²⁵

- **Otros Sitios.** La contracción esplénica no explica totalmente el incremento del Hto después del ejercicio. Una alteración considerable de la relación células/plasma de la sangre venosa periférica ocurre durante el ejercicio, con un desplazamiento asociado de líquido intravascular al extravascular. Los eritrocitos también pueden estar secuestrados en órganos, como el hígado, intestino y pulmones.

- ❖ **Volumen Sanguíneo.** El potencial del bazo para aumentar volumen de eritrocitos circulantes es sorprendente en perros y caballos. El aumento del Hto es una función de la intensidad del ejercicio. Esta autotransfusión de eritrocitos durante el ejercicio refuerzan la capacidad transportadora de oxígeno de la sangre y se piensa, es un factor significativo que contribuye al consumo de oxígeno máximo, muy alto, del caballo y el perro en comparación con otras especies. No obstante, el ejercicio provoca una reducción leve en el volumen plasmático, lo cual se atribuye al paso de líquido del compartimiento intravascular al extravascular, como resultado de la pérdida de líquido por sudoración o jadeo.²⁶

1.3.2. Sistema Cardiovascular. El sistema Cardiovascular aporta oxígeno y sustratos a los músculos activos específicos para su uso, conduce hormonas a los sitios blanco para facilitar la disponibilidad de los sustratos y elimina desechos metabólicos de los músculos, entre ellos el calor. El aparato circulatorio sirve como

²⁴ HINCHCLIFF Keneth W, KANEPS Anans J, GEOR. Op. cit.,p.941, 942.

²⁵ SNOW, KERR, STUTTARD. Changes in haematology and plasma bio chemistry during maximal exercise in greyhounds. En: Veterinary Record. 1998; 123: p.487-489 .

²⁶ SWENSON Melvin, REECE William Op. cit., p. 304.

medio de transporte e intercambio de oxígeno y productos de desecho, mientras que el corazón constituye la bomba impulsadora que satisface tales necesidades.

❖ **Respuestas cardiovasculares al ejercicio repentino.** Ocurren dos ajustes principales que tienen como objetivo satisfacer las necesidades de oxígeno:

- El gasto cardíaco tiene que aumentar, lo cual se logra al acelerar la frecuencia cardíaca e incrementar el volumen sistólico.
- El flujo sanguíneo debe redistribuirse de manera específica de los tejidos relativamente inactivos a los músculos activos, al tiempo que se mantiene la presión apropiada y la irrigación de órganos vitales como el Cerebro.

❖ **Regulación de la respuesta cardiovascular al ejercicio.** Los centros cardiovasculares del bulbo raquídeo son los reguladores extrínsecos principales de la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico. Los estímulos enviados a esos centros provienen de los reflejos baroreceptores. Durante el ejercicio, el considerable aumento de los estímulos simpáticos, tanto neurales como de la médula suprarrenal, incrementa las concentraciones de catecolaminas circulantes, epinefrina y norepinefrina para acelerar la frecuencia cardíaca y aumentar el volumen sistólico. Además, algunos mecanismos intrínsecos, facilitan la ampliación del volumen sistólico como respuesta al incremento del retorno venoso. Otros factores que participan en la función cardiovascular son el retorno venoso y la volemia, en los cuales influyen la talla del cuerpo, el entrenamiento y la temperatura ambiental.

❖ **Función de la microvasculatura muscular mientras se realiza ejercicio.** Los capilares de los músculos se entrelazan con las fibras musculares y forman una red compleja y tortuosa, de modo que existe contacto íntimo entre los capilares y las fibras musculares. La complejidad de esta red mejora el tiempo de tránsito de la sangre en los músculos; en términos globales, ello facilita la difusión de oxígeno y nutrientes. El sistema microvascular está sujeto a autorregulación y a regulares locales, además de que la densidad de capilares aumenta con el entrenamiento físico.²⁷

❖ **Patrones de respuesta circulatoria integrados centralmente.** Patrones estereotipados de la respuesta circulatoria, caracterizada por cambios en la distribución del flujo sanguíneo y el gasto cardíaco, ocurren en el ejercicio, la

²⁷ HERSHEL Raff. Op.cit., Fisiología del ejercicio y bioenergética de la contracción muscular, p.270-275.

reacción de defensa, la termorregulación y las respuestas emocionales. Los centros integradores están en el hipotálamo. Las influencias de las áreas autónomas corticales y subcorticales (en especial el sistema límbico) y la corteza premotora y motora se sobreponen en estos centros integradores hipotalámicos. Se observan estaciones de relevo en estructuras mesencefálicas y el bulbo raquídeo.

- **Respuesta del ejercicio.** Al inicio del ejercicio hay una descarga adrenérgica simpática hacia el corazón y muchos lechos vasculares, que aumenta el gasto cardíaco y la vasoconstricción en regiones del organismo que no participan en el ejercicio. Ocurre vasodilatación en los lechos vasculares de los músculos en ejercicio y se presenta vasoconstricción en los músculos que no se ejercitan y en algunas otras partes. Esto altera la resistencia periférica regional, de modo que la mayor parte del aumento del flujo sanguíneo se dirige a los músculos en ejercicio. Los ajustes cardíacos y de presión sanguínea que ocurren durante el ejercicio, empiezan de hecho antes de que comience el ejercicio. Estas respuestas se estimulan en los perros mediante la estimulación de los campos H, de Forel (o *área tegmentalis* H, localizada debajo del tálamo en la región de los ganglios basales), en sitios cercanos o idénticos a la denominada *área de defensa*, cuya estimulación en gatos conscientes produce comportamiento alerta y agresivo. Los cambios cardiovasculares durante dicha estimulación son como los del ejercicio; efectos cardíacos inotrópicos y cronotrópicos positivos, vasoconstricción adrenérgica generalizada y vasodilatación colinérgica simpática en los lechos del músculo esquelético. Se producen respuestas similares al estimular áreas seleccionadas en la corteza motora o en la amígdala.

- **Estrés.** El estrés emocional produce el patrón de cambio cardiovascular del ejercicio (aumento del gasto cardíaco y presión sanguínea, acompañados de aumento del flujo sanguíneo muscular) en ausencia de ejercicio muscular. Parece que el área motora cortical puede activar mediante el hipotálamo el patrón integrado del control cardiovascular autónomo que caracteriza al ejercicio. También hay pruebas de efectos del reflejo vasoconstrictor y cardioacelerador de los receptores quimiosensibles que responden a la acumulación de metabolitos en el músculo en contracción. Las respuestas de barorreceptor que limitarían a estos cambios hemodinámicos se suprimen hasta cierto grado en el nivel bulbar, lo que permite la continuación del estado alterado durante el ejercicio y el estrés emocional.²⁸

²⁸ SWENSON Melvin, REECE William. Op. cit. Mecanismos de control del sistema circulatorio, p.215.

1.3.3. Termorregulación. La temperatura corporal es regulada por el equilibrio entre producción y pérdida de calor. Cuando son iguales, se logra la homeostasis o equilibrio. Si una u otra es mayor, la temperatura corporal aumentará o disminuirá, según el caso.

La sudoración, el jadeo y otras modalidades de incrementar la tasa de evaporación para el enfriamiento, son tan fáciles de observar cuando ocurren, que se cree que fuera la principal o única forma en que los mamíferos enfrentan la temperatura ambiental o la liberación metabólica de calor. La evaporación sin embargo, tiene un precio letal: esta hace perder agua. Aunque la evaporación puede solucionar los problemas de la regulación de temperatura, puede a la vez generar problemas en el balance hídrico.

❖ **Mecanismos de pérdida de calor no evaporativos como primera línea de defensa.** Entre los mecanismos no evaporativos se encuentra la conducción, radiación, y convección. La conducción es la transferencia directa de calor del cuerpo a otros objetos. La radiación es la pérdida calórica mediante ondas electromagnéticas que emite el organismo. La convección es la dispersión de calor hacia la atmósfera por efecto de las corrientes de aire. Siempre que el cuerpo está en contacto con agua o aire fríos hay pérdidas por conducción y convección.²⁹ También hay respuestas conductuales, comúnmente empleada como defensa por los animales; a través del comportamiento, se evade la carga calórica. Ejemplos de este mecanismo es el buscar la sombra, y restringir la actividad.

• **Manteniendo el cerebro refrigerado.** La evidencia indica que el cerebro se mantiene más frío que el tórax y abdomen en ciertas especies de mamíferos y aves, cuando los animales están en ambientes cálidos, especialmente durante el ejercicio. Para citar un ejemplo, cuando una gacela corre vigorosamente en un ambiente cálido, su cerebro se mantiene a unos 2.7°C por debajo de la temperatura del tórax. Los caninos son otra especie que presenta refrigeración del cerebro, junto con el gato, la oveja y la cabra³⁰.

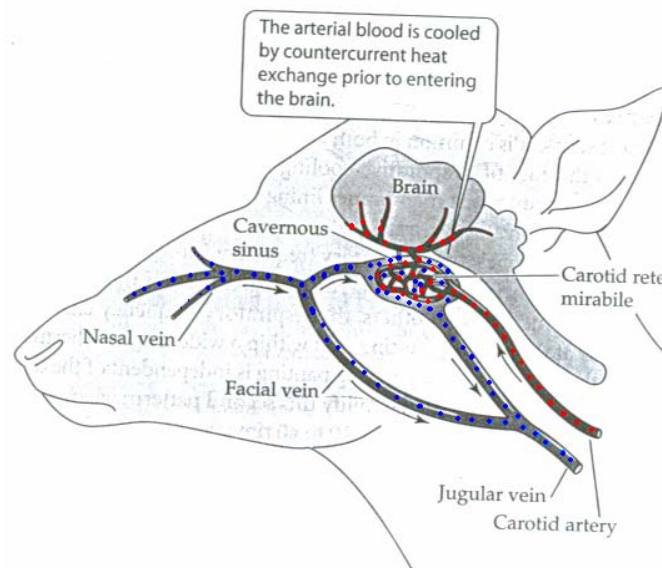
La ventaja de mantener el cerebro refrigerado es permitir al animal el tener una mayor amplitud en la temperatura corporal y la hipertermia. El cerebro tolera una menor elevación de la temperatura en comparación con otros órganos. Así el cuerpo del animal puede adaptarse a más altas temperaturas, y tornarse más hipertérmico, si se evita que el cerebro se caliente como el resto del organismo.

²⁹ HERSHEL Raff. Op. cit. Termorregulación, p.291.

³⁰ PARMEGGIANI Pier Luigi, AZZARONI Adele, CALASSO Marcella. "Actas de Fisiología: A comparative study of countercurrent and conductive selective hypothalamic cooling during sleep". Consultado en: URL (www.rau.edu.uy); 2001.17 p.

- **Mecanismo de Refrigeración.** El proceso clave es el enfriamiento de la sangre arterial que suple al cerebro, a través del intercambio de calor. Las arterias que llevan sangre hacia el cerebro a partir del corazón, tienen un contacto íntimo con las venas, o sangre venosa de los pasajes nasales y otros pasajes respiratorios de vías altas. El sitio de contacto, involucra el seno cavernoso, localizado en la base del cráneo; ahí las arterias se dividen en un plexo de pequeños vasos (red mirabile carotídea) que está inmerso en un lago de sangre venosa. La sangre venosa yuxtapuesta a las arterias, viaja de regreso al corazón a partir de los pasajes respiratorios altos. La sangre de las vías respiratorias altas es refrigerada a través de la evaporación de agua a partir de las paredes de los pasajes respiratorios hacia el aire respirado. De esta manera, a medida que la sangre venosa refrigerada viaja hacia el corazón, esta refrigera la sangre arterial que viaja con dirección al cerebro. (Ver Figura 4)

Figura 4. Estructuras responsables de refrigerar el cerebro. Las ramas de la arteria carótida y anastomosis en el seno cavernoso, formando la *rete mirabile carotídea*. La sangre venosa de los pasajes respiratorios fluye alrededor de los vasos de la red carotídea.



Fuente: HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Animal Physiology: Thermal Relations. Massachusetts: Sinauer Associates Inc, 2004. p. 225

❖ **Refrigeración evaporativa es la última línea de defensa en contra del sobrecalentamiento.** Si la acumulación de calor en el cuerpo llega a niveles excesivos, y todos los otros mecanismos mencionados fallan en detener la acumulación, la refrigeración de manera evaporativa se convierte en el único mecanismo disponible para reestablecer el balance entre la ganancia y pérdida de calor. La pérdida de agua durante la evaporación puede deshidratar el animal, si no hay disponibilidad de reposición de ésta, es por esto que se explica que

animales nativos de hábitats áridos, empleen otros mecanismo de defensa en contra del sobrecalentamiento, antes de utilizar el recurso de la evaporación.

- **Sudoración.** Durante la sudoración, fluido es secretado por la vía de los conductos de las glándulas sudoríparas, a través de la epidermis de la piel, hacia la superficie de la piel. El sudor no es solo agua, sino que por el contrario es una solución salina. Concentraciones de Sodio y Cloro en el sudor es menor que la concentración del plasma sanguíneo, y durante la aclimatación a condiciones calurosas la salinidad del sudor se ve reducida. No obstante, la sudoración prolongada puede ser una pérdida significativa de la cantidad de Sodio y cloro. La secreción por las glándulas es activada por el sistema nervioso simpático.³¹

Aunque los perros tienen glándulas sudoríparas, las tasas de secreción por parte de estas son tan bajas que la sudoración juega un papel muy pequeño o casi nulo en la termorregulación.³²

- **Jadeo.** El sistema respiratorio tiene otras funciones además de determinar la ventilación alveolar. El jadeo es especialmente importante en los animales.

El centro respiratorio del perro responde no sólo a los estímulos comunes, también a la temperatura corporal central. La integración de estos datos permite que el centro respiratorio responda a los requerimientos metabólicos regulando la ventilación alveolar, y a la disipación de calor, regulando la ventilación del espacio muerto. La ventilación del espacio muerto aumenta con el jadeo, lo que enfría al cuerpo por la evaporación de agua de las membranas mucosas de los tejidos involucrados.

El paso de aire por la cavidad nasal permite una asociación más íntima del aire y la mucosa que el movimiento del aire en la boca abierta. En consecuencia, se razona que si durante el jadeo el aire se desplazara adentro y afuera sólo en la boca, la lengua y las superficies orales no humedecerían el aire lo suficiente. Sería necesario desplazar volúmenes de aire correspondientemente mayores para proporcionar un enfriamiento equivalente al del aire totalmente saturado. Esto aumentaría el gasto de energía y la carga de calor. Si el aire se desplazara adentro y afuera sólo por la nariz, el calor y el vapor de agua agregados al aire durante la inhalación, se recuperarían parcialmente durante la exhalación. Esto ocurriría debido a un sistema de intercambio a contracorriente que funcionaría

³¹ MAXWELL Morton H, KLEEMAN Charles R, NARINS Robert G. Clinical Disorders and Fluid and Electrolyte Metabolism: Medical and Surgical Conditions: Disorders of heat regulation. New York: Mc Graw Hill, 1989. 1201.

entre la corriente de aire y las superficies nasales. El enfriamiento corporal disminuiría en este caso.

Existen estudios que demuestran que hay tres patrones de jadeo: 1) inhalación y exhalación por la nariz; 2) inhalación por la nariz, exhalación por la nariz y la boca; y 3) inhalación por la nariz y la boca y exhalación por la nariz y la boca.

Se observa que se lograría el menor enfriamiento mediante la inhalación y exhalación nasales (patrón 1). Este patrón se ha observado en perros en reposo cuando la temperatura ambiente era inferior a 26°C y también cuando corrían a velocidades bajas en el frío. Los patrones 2 y 3 se observan cuando los perros descansan tranquilamente en una temperatura ambiente superior a 30°C y durante el ejercicio, excepto cuando hace el ejercicio a temperaturas muy bajas. La dirección del aire a través de la nariz con salida por la boca lograría el enfriamiento mayor, pero cuando se requiere un mayor volumen respiratorio, la inhalación por la boca y la nariz es necesaria. Parece haber una oscilación continua entre los patrones 2 y 3. La proporción de tiempo que se usa el patrón 3 en lugar del patrón 2 aumenta conforme la temperatura y la velocidad se incrementan; el patrón 3 se asocia con requerimientos de ventilación alveolar mayores.

Al cambiar las cantidades relativas de aire exhalado por la nariz o la boca, el perro regula la cantidad de calor disipado sin cambiar la frecuencia o el volumen respiratorio. La ventaja de una frecuencia constante es que no se requiere de energía adicional para modificar la frecuencia de jadeo intrínseca (aproximadamente 300 jadeos por minuto) del sistema respiratorio. Un cambio en los volúmenes respiratorios, especialmente un incremento del volumen respiratorio, sería indeseable por su efecto en la hiperventilación y la alcalosis subsecuente. Este extremo se puede evitar aparentemente al alcanzar el enfriamiento al cambiar la dirección del aire (del patrón 1 al patrón 2). El incremento del volumen respiratorio se puede alcanzar, cuando es necesario, mediante un cambio del patrón 1 o 2 al patrón 3.

Las características del flujo de aire descritas para el jadeo implican que la mucosa nasal, más que las superficies orales y la lengua, es el principal sitio de evaporación. En consecuencia, se debe proporcionar un abasto de agua adecuado a la mucosa nasal y éste puede provenir de secreciones glandulares (nasales y orbitales), trasudado vascular o los dos. Se ha estudiado la secreción de las glándulas nasales laterales para determinar si estas glándulas proporcionan agua adicional durante el jadeo. Existen dos glándulas de éstas, una en cada depresión maxilar. Cada glándula se vacía a través de un solo

³² HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Animal Physiology: Thermal Relations. Massachusetts: Sinauer Associates Inc, 2004. p. 224-225

conducto que se abre aproximadamente 2 cm dentro de la ventana de la nariz. Esta localización rostral es ventajosa para la distribución caudal de la secreción cuando el flujo de aire se dirige hacia dentro por la nariz y hacia afuera por la boca. La cantidad de secreción aumenta con el incremento de la temperatura ambiente. Un aumento de 25° a 40°C incrementa la cantidad secretada 40 veces. Se ha sugerido que esta función de las glándulas nasales laterales es análoga a la de las glándulas sudoríparas en los humanos.³³

El término “jadeo” se ha definido de diferentes maneras por diferentes investigadores, sin embargo todos están de acuerdo en que se caracteriza por una frecuencia de la respiración muy por encima de la tasa que generalmente presenta el animal mientras está en reposo en un ambiente normotérmico. El jadeo se refiere a una respiración con la boca abierta y a una frecuencia mayor de 100 respiraciones/minuto.³⁴

El jadeo es el incremento en la frecuencia de respiración en respuesta al estrés calórico. En algunas especies la frecuencia respiratoria durante el jadeo incrementa progresivamente, a la vez que el estrés calórico aumenta. En otras, la frecuencia respiratoria cambia de manera abrupta con el jadeo y con un rango amplio de estrés térmico, siendo entonces la frecuencia respiratoria independiente al grado de estrés calórico. Los perros por ejemplo siguen a este segundo grupo porque en ambientes frescos su respiración es de 10 a 40 veces por minuto, y su frecuencia respiratoria salta de manera repentina a 200 o más respiraciones por minuto, cuando el jadeo inicia (Ver Figura 5). Estudios indican que los animales que aumentan de esa manera su frecuencia respiratoria, jadean con la “frecuencia resonante” de las estructuras respiratorias torácicas. La frecuencia resonante significa que se realiza un menor trabajo muscular para jadear (y menor calor se produce por este trabajo) porque el tórax tiene una tendencia intrínseca para vibrar entre las posiciones de inspiración y espiración a esta frecuencia.

En comparación con la sudoración, el jadeo tiene ciertas ventajas. Una es que no se pierden sales con el jadeo, porque la evaporación ocurre dentro del cuerpo y solo vapor de agua pura se pierde con el aire exhalado. Una segunda ventaja es que el jadeo conduce el aire saturado con vapor de agua fuera de las superficies evaporativas.

Pero el jadeo tiene desventajas en comparación a la sudoración. A causa del esfuerzo muscular requerido para jadear, la evaporación de cierta cantidad de agua requiere más energía (e implica más producción de calor). Otra desventaja es que se puede inducir alcalosis respiratoria, y una elevación del pH de los fluidos corporales causado por la remoción de dióxido de carbono. Generalmente, cuando

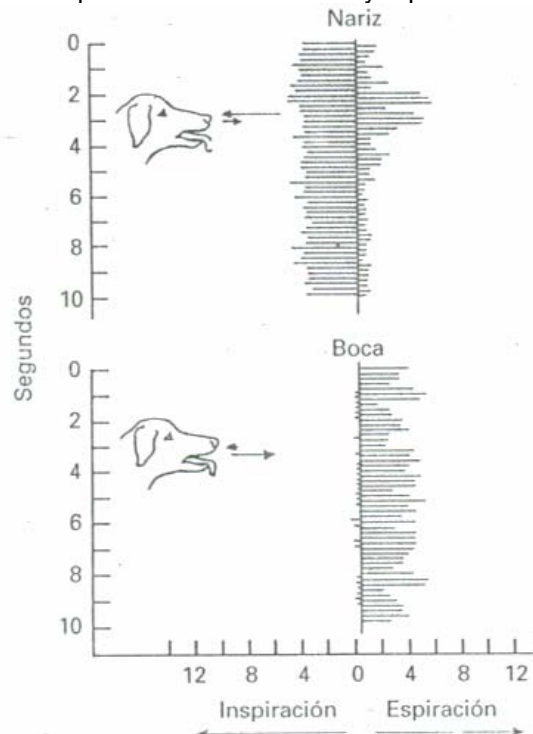
³³ SWENSON Melvin, REECE William. Op. cit. Respiración en mamíferos, p.289-290.

³⁴ DAMPNEY. Cardiovascular Alterations Associated with bursts of Panting In the Exercising Dog. En: Journal of Physiology. 1974; 238, p18.

un animal no jadea, la ventilación de las membranas de intercambio respiratorio (membranas alveolares) es regulada para que la tasa en la cual el CO₂ es evacuado, sea igual a la tasa de producción metabólica de CO₂. Durante el jadeo, la respiración causa que la eliminación de CO₂ sea más rápida que su producción, porque la frecuencia respiratoria es incrementada para termoregular más que para necesidades metabólicas. Esto hace que la concentración de CO₂ en sangre caiga. Como consecuencia la concentración de Hidrógeno en sangre cae y el pH de la sangre aumenta, esta alcalinidad (alcalosis) puede tener efectos mayores porque muchas enzimas y procesos celulares son altamente sensibles al pH.

A través de la investigación se ha descubierto que se desarrolla una baja o nula alcalosis porque los animales restringen el movimiento de aire durante el jadeo a solo las vías aéreas superiores, donde no ocurre un intercambio de CO₂ entre el aire y la sangre. En contraste cuando se enfrenta a un estrés calórico extremo los animales con jadeo generalmente desarrollan alcalosis severas.³⁵

Figura 5. La Vía del flujo gaseoso respiratorio varía con la intensidad del jadeo de un perro. (Arriba) Flujo de aire a través de la nariz de un perro jadeando. Las líneas horizontales que se extienden a la izquierda de la línea media vertical indican inspiración; a la derecha, espiración. Los volúmenes promedio inhalados y exhalados se indican por vectores colocados junto a la nariz del perro. (Abajo) Flujo de Aire a través de la boca de un perro jadeando. La inspiración por boca es virtualmente cero; la espiración por la boca extrae la mayor parte del aire captado por la nariz.

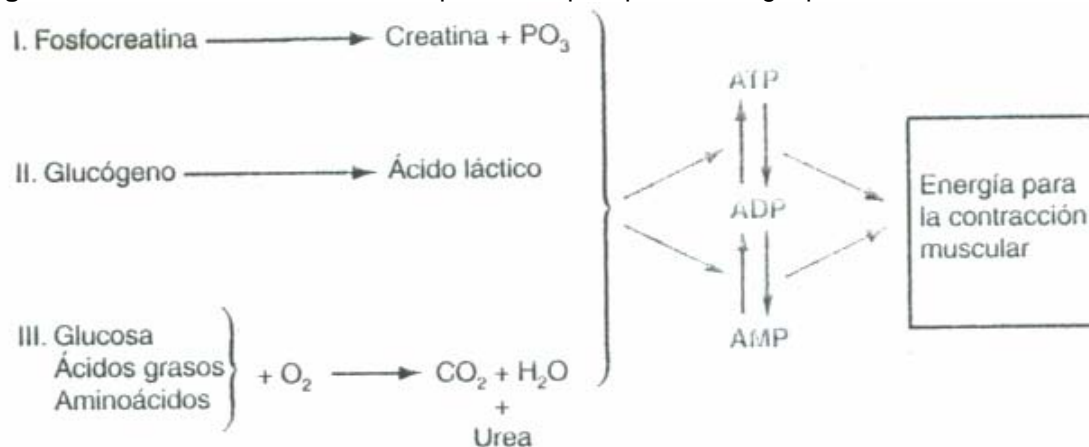


Fuente: RANDALL David, BURGGEN Warren, FRENCH Kathleen. ECKERT: Fisiología Animal: Mecanismos y Adaptaciones. Madrid: Mc Graw Hill / Interamericana, 2002. 762p.

³⁵ HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Thermal Relations. Op.cit. p.226

1.3.4. Sistemas Metabólicos del Músculo durante el ejercicio. El mantenimiento de la contracción muscular durante el ejercicio requiere el aporte de grandes cantidades de energía química. El ATP es el vehículo intracelular universal de energía química dentro del músculo esquelético, aunque existen diversas fuentes de energía. La energía para la contracción de los músculos durante el ejercicio proviene del desdoblamiento de ATP. El desdoblamiento de ATP se debe a la acción de la ATPasa de miosina, localizada en la cabeza glomerular. Al ocurrir su hidrólisis, se libera energía del ATP en la cabeza de miosina, con la formación de Adenosindifosfato (ADP) + P_i . Las fibras musculares poseen tres mecanismo principales de síntesis de ATP 1) sistema de creatinfosfato (CP); 2) glucólisis, y 3) oxidación aeróbica de nutrimentos para producir dióxido de carbono y agua. Cada uno de estos sistemas posee características y capacidades distintas, además de que varía el tiempo que requieren para la síntesis de ATP. Por ende, se utilizan para satisfacer diversas necesidades de ATP.³⁶ (Ver Figura 6)

Figura 6. Los sistemas metabólicos importantes que aportan energía para la contracción muscular.



Fuente: GUYTON Arthur C, HALL John E. Tratado de Fisiología Médica: Fisiología de los deportes. Décima Edición. 2001. 1169 p.

❖ **Sistema fosfocreatina-creatina.** La fosfocreatina es otro compuesto químico que lleva un enlace fosfato de alta energía. Ésta puede descomponerse en creatina y en ion fosfato, y al hacerlo así, libera grandes cantidades de energía. En efecto, el enlace fosfato de alta energía de la fosfocreatina posee más energía que el enlace del ATP (10300 calorías por mol, en lugar de 7300). Por tanto, la fosfocreatina puede proporcionar fácilmente suficiente energía para reconstituir el

³⁶ WASSERMAN Karlman, HANSEN James, SUE Darryl, CASABURI Richard, WHIPP Brian. Principles of Exercise Testing and Interpretation. Including Pathophysiology and Clinical Applications: Physiology of Exercise. Fourth Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005, p.12.

enlace de alta energía del ATP. Además, la mayoría de las células musculares tiene de 2 a 4 veces más fosfocreatina que ATP.

Una característica especial de la energía transferida desde la fosfocreatina al ATP es que se produce en una pequeña fracción de segundo. Por tanto, toda la energía almacenada en la fosfocreatina del músculo está, dispuesta instantáneamente para la contracción muscular, lo mismo que lo está la energía acumulada en el ATP. La suma de las cantidades de ATP celular y de fosfocreatina celular se conoce como *sistema de energía del fosfágeno*. Dicha suma es capaz de proporcionar una potencia máxima al músculo durante 8 a 10 segundos. Por ello, la energía del sistema del fosfágeno se utiliza en las breves y bruscas oleadas o «salvas» de la potencia muscular.

❖ **Glucólisis.** Cuando el glucógeno almacenado en el músculo se degrada, puede proporcionar glucosa, y esa glucosa se utiliza después para obtener energía. El primer paso de este proceso, llamado glucólisis, se produce sin consumo de oxígeno, y por eso se habla de metabolismo anaerobio. En la glucólisis, cada molécula de glucosa produce dos moléculas de ácido pirúvico, y la energía liberada se utiliza para formar cuatro moléculas de ATP. El ácido pirúvico pasa seguidamente a las mitocondrias de las células musculares y reacciona con el oxígeno para formar todavía más moléculas de ATP. Sin embargo, cuando no hay oxígeno suficiente para este segundo paso (la fase oxidativa) del metabolismo de la glucosa, la mayoría del ácido pirúvico se convierte en ácido láctico, el cual sale entonces de las células musculares y pasa al líquido intersticial y a la sangre. Por tanto, gran parte del glucógeno se convierte en ácido láctico, pero al hacerlo así se forman cantidades considerables de ATP sin consumo alguno de oxígeno.

Otra característica del sistema glucógeno-ácido láctico es que a través de él pueden formarse moléculas de ATP a una velocidad 2.5 veces mayor de la que proporciona el mecanismo oxidativo de las mitocondrias. Por eso, cuando se necesitan grandes cantidades de ATP en períodos breves o moderados de la contracción muscular, este mecanismo de la glucólisis anaerobia puede usarse como fuente de energía rápidamente disponible. No es tan rápido como el sistema del fosfágeno sino sólo la mitad del mismo. En condiciones ideales, el sistema del glucógeno-ácido láctico puede suministrar 1.3 a 1.6 minutos de actividad muscular máxima además de los 8 a 10 segundos proporcionados por el sistema del fosfágeno, aunque con una potencia muscular algo reducida.³⁷

³⁷ GUYTON Arthur C, HALL John E. Tratado de Fisiología Médica: Fisiología de los deportes. Décima Edición. México: Mc Graw Hill, 2001, p. 1169 -1170.

- **Glucosa y la glucólisis.** Los músculos no almacenan directamente glucosa. La glucólisis se inicia con la captación de glucosa libre en el torrente circulatorio de los músculos. Dicha captación ocurre por medio de transportadores especializados (glut 4), localizados en el sarcolema y bajo éste. La estimulación de glut 4 aumenta las concentraciones intracelulares de glucosa, lo cual a su vez estimula la glucólisis. Además, es posible la síntesis hepática de glucosa (gluconeogénesis) en los ciclos de Cori y de la alanina, o por desdoblamiento del glucógeno (glucogenólisis). La glucosa recién formada se libera hacia la circulación general para su captación y uso.
- **Estimulación de los transportadores de glucosa especializados.** La insulina y el ejercicio estimulan el aumento de la captación de glucosa en los músculos por los glut 4. Dado que estos últimos son sensibles a la insulina, también se denominan transportadores regulados por la insulina. Dicha hormona causa la traslocación de glut 4, del interior de la célula a la membrana o superficie celulares externas, lo cual permite la captación de la glucosa. Glut 4 también recibe la estimulación indirecta del ejercicio, mediante un proceso independiente de la insulina; ello es importante en lo que atañe a la función de este transportador, y explica la mejoría en la tolerancia a la glucosa.
- **Ciclo de Cori.** A través del Ciclo de Cori se metaboliza el lactato producido en los músculos esqueléticos. En dicho ciclo, los músculos activos generan lactato y lo liberan en la circulación general para su transporte y captación hepática. Una vez en el hígado, se convierte en glucosa mediante el proceso llamado gluconeogénesis. Después, la glucosa recién sintetizada es liberada a la circulación para su uso.
- **Producto Terminal de la glucólisis.** Si la glucólisis es lenta y resulta adecuada la aceptación de NADH (dinucleótido de nicotinamida adenina portador de hidrógeno) reducido por las mitocondrias, el producto terminal será el piruvato. Este se convierte en acetilcoenzima A (paso que requiere NAD) y luego ocurre su combustión total en el ciclo de Krebs y la Cadena de transporte de electrones (cadena que en presencia de oxígeno, reducen los portadores de electrones NADH y FADH:flavina-adenina). Cuando las mitocondrias no tienen la capacidad para aceptarlo o proporcionan aceptores de electrones regenerados (NADH o FADH), el piruvato se transforma en lactato. Esta conversión disminuye las concentraciones de piruvato, con lo que impide la inhibición por producto terminal y permite que continúe la glucólisis.

- **Lactato como producto terminal primario de la glucólisis.** El lactato se produce cuando la función mitocondrial es inadecuada para aceptar el piruvato o producir suficientes aceptores de electrones. Esto ocurre si la actividad enzimática en las mitocondrias es baja, el aporte de oxígeno resulta insuficiente o la glucólisis es rápida. En general, la producción de lactato aumenta durante la hipoxia, isquemia y hemorragia, después de la ingestión de carbohidratos, cuando son altas las concentraciones musculares de glucógeno y durante la hipertermia inducida por el ejercicio.³⁸

❖ **Sistema aerobio.** El sistema aerobio consiste en la oxidación de los sustratos alimenticios en las mitocondrias para obtener energía. Es decir, la glucosa, los ácidos grasos y las proteínas de los alimentos, después de alguna preparación intermedia, se combinan con el oxígeno y liberan enormes cantidades de energía que se utilizan para convertir el adenosin monofosfato (AMP) y el adenosin difosfato (ADP) en ATP.

Si se compara este mecanismo aerobio de obtención de energía con el sistema de glucógeno-ácido láctico y el sistema del fosfágeno, las tasas máximas de generación de potencia en términos de formación de ATP por minuto son las siguientes:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| • Sistema de fosfágeno | 4 Moles de ATP/min. |
| • Sistema de Glucógeno-ácido láctico | 2.5 Moles de ATP/min. |
| • Sistema aerobio | 1 Mol de ATP/min. |

Por otro lado, cuando se compara la resistencia muscular lograda con estos sistemas, se obtienen los valores relativos siguientes:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| | Moles de ATP/min. |
| • Sistema de fosfágeno | 8 a 10 segundos |
| • Sistema de Glucógeno-ácido láctico | 1.3 a 1.6 segundos |
| • Sistema aerobio | Tiempo indefinido (lo que duran los nutrientes) |

Así pues, el sistema del fosfágeno es el que utiliza el músculo para obtener oleadas bruscas de energía en unos segundos, mientras que el sistema aerobio es necesario para la actividad prolongada del deportista. En medio de ambos está el sistema del glucógeno-ácido láctico, que es especialmente importante para obtener potencia intermedia.

³⁸ WASSERMAN Karlman, HANSEN James, SUE Darryl, CASABURI Richard, WHIPP Brian. *Physiology of Exercise*. Op. cit, p.13-14, 19-21.

❖ **Recuperación del Sistema Aerobio después del Ejercicio.** Incluso en las primeras fases de un ejercicio intenso, se agota una parte de la capacidad de obtener energía por la vía aerobia. Esto tiene dos consecuencias 1) la llamada deuda de oxígeno, y 2) el agotamiento de los depósitos de glucógeno en los músculos.

El cuerpo contiene normalmente oxígeno almacenado que puede usarse para el metabolismo aerobio aun sin respirar más oxígeno. Esta reserva de oxígeno está formada por litros de aire en los pulmones; litros disueltos en los líquidos corporales; litros combinados con la hemoglobina de la sangre, y litros depositados en las propias fibras musculares, que se combinan principalmente con la mioglobina, un compuesto químico unido al oxígeno parecido a la hemoglobina.

Durante un ejercicio intenso, casi todo el oxígeno almacenado ha sido utilizado, al cabo de un minuto más o menos, en el metabolismo aerobio. Después, una vez finalizado el ejercicio, esta reserva de oxígeno debe reponerse por medio de la respiración y obteniendo cantidades de oxígeno adicionales y superiores a las exigidas por las necesidades normales. Además, deben consumirse otros litros de oxígeno para que puedan reconstituirse tanto el sistema del fosfágeno como el del ácido láctico. Todo este oxígeno suplementario que tiene que ser «devuelto», se conoce como deuda de oxígeno.

En los primeros minutos, el individuo realiza un ejercicio intenso y la captación de oxígeno aumenta más de 15 veces. Luego, incluso habiendo finalizado el ejercicio, sigue habiendo una captación de oxígeno superior a lo normal, muy intensamente al principio mientras el organismo está reconstituyendo el sistema del fosfágeno y devolviendo la cantidad de oxígeno de reserva correspondiente a la deuda de oxígeno, y luego durante otra hora más a un nivel más bajo mientras se elimina el ácido láctico. La primera parte de esa deuda de oxígeno se llama deuda de oxígeno alactáida. Y la última parte de la misma se llama deuda de oxígeno del ácido láctico.³⁹

1.3.5. Fisiopatología del Ácido-Base. El metabolismo de las grasas, carbohidratos, y proteínas para producir energía, resulta en la formación de grandes cantidades de CO₂. Aunque el CO₂ forma un ácido débil en el plasma (ácido carbónico: H₂CO₃), el proceso es revertido en el pulmón, y CO₂ es eliminado rápidamente. La oxidación incompleta de metabolitos resulta en la formación de ácidos no volátiles quienes se dirigen hacia el riñón para ser excretados. Cuando los tejidos se someten a una deficiencia en oxígeno (anoxia, perfusión inadecuada) el H⁺ es transferido de manera incompleta al O₂ para formar agua, y se desarrolla acidosis.

³⁹ GUYTON Arthur C, HALL John E. Fisiología de los deportes. Op. cit, 1170-1171p.

El pH normal de la sangre se mantiene entre 7.35 y 7.45. Múltiples sistemas amortiguadores (buffer) se emplean para la regulación del pH sanguíneo. El Sistema Bicarbonato-ácido carbónico como buffer, es el sistema más importante, por la manera tan rápida en que el CO_2 puede ser eliminado por el pulmón luego de la conversión de H_2CO_3 . La tasa de eliminación de CO_2 depende de la tasa y profundidad de la respiración. El sistema buffer de hemoglobina y fosfato también ayuda a contribuir en el mantenimiento del pH normal de la sangre pero no es empleado en la clínica para tasar los disturbios ácido-básicos.

Un pH anormal ocurre cuando la relación HCO_3 (metabólico)/ PCO_2 (respiratorio) se desvía de 20:1.⁴⁰

El pH de los fluidos corporales no puede variar lejos de los niveles normales sin consecuencias funcionales serias. En humanos, por ejemplo, el pH normal de la sangre arterial a 37°C es de 7.4, e individuos pueden estar cerca de la muerte si el pH aumenta a solo 7.7, o desciende a 6.8. Concentraciones anormales de H^+ generan sus efectos adversos a tal punto que influye en la función de las proteínas como buffer.

El pH neutro es definido como el pH del Agua pura. El pH neutro varía con la temperatura, siendo mayor a bajas temperaturas. En animales poiquilotermos, el pH normal de la sangre varía con la temperatura corporal en paralelo con el pH neutro. Así mientras el pH neutro varía con la temperatura corporal, el pH sanguíneo (quien es más alcalino que neutro) varía en paralelo; de esta manera el pH sanguíneo de cualquier especie en particular tiende a mantenerse alcalino hasta cierto punto. En los animales el pH sanguíneo es mantenido por mecanismos reguladores de ácido-base, por lo que este es variable-dependiente a la temperatura.

El cambio en el pH es la manera de mantener constante el estado de carga eléctrica en las moléculas proteínicas. La razón de que cambios en el pH sean necesarios, es que la variación de la temperatura altera el comportamiento químico de los grupos buffer de las moléculas.⁴¹

❖ **Amortiguadores (Buffers o Tampones).** Un ácido es un compuesto capaz de liberar iones Hidrógeno que son difíciles de volver a aceptar. Un base es un compuesto que recibe iones Hidrógeno de manera prácticamente irreversible. Un amortiguador es un compuesto capaz de recibir iones hidrógeno cuando estos

⁴⁰ MEYER Denny J, HARVEY John W. Veterinary Laboratory Medicine. Interpretation and Diagnosis. Second Edition. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1998. 243-245p.

⁴¹ HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Transport of Oxygen and Carbon Dioxide in body fluids Op. cit, p.603-604.

aumentan en el medio (baja el pH) y posteriormente los puede ceder si bajan en concentración en el medio (sube el pH). El mecanismo de un amortiguador tiene como punto de partida la concentración de iones Hidrógeno.

Existen cuatro Amortiguadores: 1) Proteínas, 2) Hemoglobina, 3) Fosfatos y 4) Sistema Bicarbonato-Ácido carbónico. Los cuatro sistemas se reparten de acuerdo con el compartimiento fisiológico. En el compartimiento intracelular sólo las proteínas tienen acción amortiguadora, y en el intersticial, las proteínas y algunas macromoléculas tienen acción amortiguadora. En la sangre están presentes los cuatro sistemas.

- **Proteínas.** Cada proteína tiene pH óptimo para acción, y si se sale de ese pH por la cesión o la unión de los iones Hidrógeno puede modificar de tal manera su estructura en tercera dimensión que impide su acción.

- **Hemoglobina.** Una hemoglobina con mayor cantidad de iones Hidrógeno unidos (Hemoglobina ácida) transporta, proporcionalmente menor cantidad de Oxígeno. A la inversa, una hemoglobina la cual ha cedido una mayor cantidad de iones Hidrógeno transporta mayor cantidad de Oxígeno; sin embargo, este Oxígeno no puede liberarse de la molécula de Hemoglobina, pues le falta el impulso proporcionado por los Hidrogeniones. Estos cambios en proteínas y hemoglobina son los responsables de la muerte de un paciente por acidosis o alcalosis.

- **Sistema Fosfato.** La baja concentración de iones Fosfato en la sangre, disminuye su importancia como protector.

- **Sistema Bicarbonato-ácido carbónico.** En la clínica de desequilibrios ácido/básicos, este sistema es el amortiguador más fácil de estudiar y valorar. Al sistema en conjunto se le designa como CO_2 Total y está formado por H_2CO_3 y el ion Bicarbonato. El ácido carbónico (H_2CO_3) es considerado igual que anhídrido carbónico (CO_2) en solución acuosa. Se valora como CO_2 por su presión parcial (PCO_2).

Este sistema es el que recibe el primer impacto de los desequilibrios ácido-base, con variaciones en la producción/concentración de los iones hidrógeno. Ante un aumento en la producción/concentración de los hidrogeniones, la respiración se acelera y elimina mayor cantidad de CO_2 ; después, el Bicarbonato une más iones Hidrógeno en el medio, para formar H_2CO_3 y desdoblarse en agua y CO_2 , el cual escapa con la respiración. Esto se traduce como un control de la hidrogenemia y

una disminución del CO₂ total. Esta situación se conoce en la clínica como acidosis compensada.

- **Anión GAP.** En cada compartimiento del organismo intracelular, intersticial, o intravascular, existe el equilibrio eléctrico. La suma de las cargas positivas de los cationes totales, es igual a la suma de las cargas negativas del total de aniones. En la sangre, la suma de cationes es formada por el sodio, potasio, calcio y magnesio, para dar las cargas eléctricas positivas; y están balanceadas con las cargas del cloro, bicarbonato, aniones orgánicos, fosfatos, sulfatos y proteína.

Para hacer el diagnóstico de acidosis por exceso de formación de ácido metabólico, se deben valorar los aniones orgánicos de la sangre, calculándolos sumando el sodio y potasio, y a este resultado se le resta la suma de cloro y bicarbonato, siendo la diferencia, la brecha aniónica.⁴²

- ❖ **Exceso de Base (BE).** El exceso de base es la cantidad de ácido o base fuerte que se requiere para titular 1L de sangre a pH 7.40 a 37°C, mientras se mantiene constante la PCO₂ a 40 mmHg. El exceso de Base cambia únicamente por ácidos no volátiles o fijos y por tanto se considera que refleja perturbaciones ácido/básicas metabólicas. Por regla general, un valor negativo (es decir, un déficit de base) indica acidosis metabólica, mientras que un valor positivo indica alcalosis metabólica.⁴³

- ❖ **Diferencia de iones fuertes.** Un indicador del balance ácido-básico es la diferencia de ion fuerte (SID). La SID cambia si cambia la diferencia entre la suma de los cationes fuertes y la suma de las cargas de los aniones fuertes. Los iones se consideran fuertes si están disociados casi completamente al pH de los líquidos corporales.

La SID se calcula de la siguiente manera:

$$SID = (Na+) + (K+) - (Cl-) + (Lac-)$$

Y debe estar en el rango de 38-44 meq/L⁴⁴

⁴² FARÍAS MARTÍNEZ Guillermo. Gasometría: Equilibrio Ácido-Base en la Clínica: Amortiguadores (Buffers o Tampones). Segunda Edición. México D.F: Editorial Manual Moderno, 2004. p.75, 87.

⁴³ DI BARTOLA Stephen P. Terapéutica de Líquidos en pequeñas especies. Introducción a los trastornos acidobásicos. Segunda Edición. México D.F: Mc Graw Hill, 2000. p.210.

⁴⁴ STÄMPFLI Henry R. How to use the routine serum biochemical profile to understand and interpret Acid-Base disorders. En: Proceedings of the 9th World Congress of Veterinary Anaesthesiology, September 12th- 16th, Santos, Brasil. p.20

❖ **Alteraciones en la regulación Ácido-Base caen en las categorías metabólicas y respiratorias.** Alteraciones del pH en los fluidos corporales se categorizan como acidosis o alcalosis. La acidosis ocurre cuando el pH de los fluidos corporales es cambiado al lado ácido del pH normal, a cierta temperatura corporal. Alcalosis es el cambio en pH al lado alcalino del pH normal a una temperatura corporal dada. Alteraciones del pH son clasificadas también como respiratoria o metabólica de acuerdo a la causa primaria.

Las alteraciones respiratorias de pH son aquellas generadas por alteraciones anormales en la tasa de eliminación de CO_2 eliminado por los pulmones. La alcalosis respiratoria se genera cuando la exhalación de CO_2 es incrementada de manera normal en relación a la producción CO_2 , causando que la presión parcial de CO_2 se dirija por debajo del nivel requerido para mantener un pH normal. Por ejemplo el jadeo en los perros a veces causa este tipo de alteración. La acidosis respiratoria ocurre cuando la exhalación de CO_2 es débil y por ende su producción metabólica genera su acumulación excesiva en el cuerpo.

En la alteración metabólica de pH se genera por la alteración en la concentración de Bicarbonato (HCO_3). Tanto la alcalosis metabólica como la acidosis metabólica tienen numerosas causas. La acidosis metabólica por ejemplo, puede resultar por una excesiva pérdida de bicarbonato a través de fluidos gastrointestinales durante diarrea crónica. La acidosis metabólica también puede resultar por la excesiva adición de Hidrogeniones a los fluidos corporales, como cuando el ácido Láctico es acumulado durante el ejercicio fuerte; la adición de Hidrogeniones a partir del ácido Láctico reacciona con el Bicarbonato de los fluidos corporales, disminuyendo la concentración de Bicarbonato.

Los animales responden a las alteraciones en el pH empleando mecanismos reguladores del estatus ácido-base. Por ejemplo la hiperventilación causa que la liberación del CO_2 sea más rápida que su producción, por lo que la PPCO_2 en la sangre y en los fluidos corporales se reduzca limitando el grado de acidosis causado por la acumulación de ácido láctico.⁴⁵

❖ **Interpretación del estado ácido/básico.** La identificación correcta de las perturbaciones acidobásicas puede proporcionar un indicio de un proceso patológico y ayuda a determinar el tratamiento apropiado para el individuo.

Para interpretar el estado de ácidos y bases de un animal:

- Es necesario considerar el pH sanguíneo del paciente. Si se encuentra fuera de los límites normales, existe una alteración de ácidos y bases. Cuando el pH está dentro de los límites normales, puede haber o no una alteración de ácidos

⁴⁵ HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Transport of Oxygen and Carbon in body fluids. Op.cit. p.604-605

y bases. Si el paciente es acidémico y está disminuida la concentración de HCO_3 en plasma, hay acidosis metabólica. Cuando el paciente es acidémico y está aumentada la PCO_2 existe acidosis respiratoria. Si el animal es alcalémico y la concentración de HCO_3 en plasma está aumentada, hay alcalosis metabólica. Si el paciente es alcalémico y está disminuida la PCO_2 , existe alcalosis respiratoria.

- Es necesario calcular la respuesta compensadora esperada en el componente opuesto del sistema (p. ej., alcalosis respiratoria como compensación de acidosis metabólica, acidosis metabólica para compensar acidosis respiratoria) mediante la aplicación de las reglas empíricas que se indican en el tabla 1, las cuales se establecieron con base en los resultados de los gases en sangre arterial de caninos normales. Si fracasa la respuesta secundaria o de adaptación del paciente en el componente de compensación del sistema dentro de los límites esperados, es probable que exista una alteración simple de ácidos y bases. Cuando la respuesta de adaptación se realiza fuera de los límites esperados, existe un trastorno combinado.

- Es necesario intentar determinar si la(s) alteración(es) de ácidos y bases (son) compatibles con el interrogatorio y los hallazgos clínicos en el paciente. Es preciso dudar de la interpretación original de los datos de los gases en sangre cuando la alteración de ácidos y bases no corresponde con el interrogatorio, los hallazgos clínicos y otros datos de laboratorio del animal.⁴⁶

Tabla 1: Características de las Perturbaciones Ácido Básicas Primarias.

<i>Trastorno</i>	<i>pH</i>	<i>[H⁺]</i>	<i>Perturbación primaria</i>	<i>Respuesta compensatoria</i>
Acidosis Metabólica	↓	↑	↓ [HCO ₃]	↓ PCO ₂
Alcalosis Metabólica	↑	↓	↑ [HCO ₃]	↑ PCO ₂
Acidosis Respiratoria	↓	↑	↑ PCO ₂	↑ [HCO ₃]
Alcalosis Respiratoria	↑	↓	↓ PCO ₂	↓ [HCO ₃]

Fuente: DiBARTOLA Stephen P. *Terapéutica de Líquidos en pequeñas especies*. Segunda Edición. México D.F.: Mc Graw Hill, 2000. p. 208

⁴⁶ BISTNER Stephen I, FORD Richard B, RAFFE Mark R. *Manual de terapéutica y procedimientos de urgencia en pequeñas especies: Procedimientos y Técnicas terapéuticas*. Séptima Edición. México D.F.: Mc Graw Hill, 2002. p. 592-593

Tabla 2: Compensaciones renales y respiratorias de trastornos de ácidos y bases primarios en caninos

<i>Trastorno</i>	<i>Cambio principal</i>	<i>Respuesta compensadora</i>
Acidosis metabólica	↓ HCO ₃	0.7 mmHg de disminución de PCO ₂ , por cada 1 meq/L de disminución de HCO ₃
Alcalosis metabólica	↑ HCO ₃	0.7 mmHg de incremento de PCO ₂ , por cada 1 meq/L de incremento de HCO ₃
Acidosis respiratoria aguda	↑ PCO ₂	1.5 meq/L de incremento de HCO ₃ por cada 10 mmHg de incremento de PCO ₂
Acidosis respiratoria crónica	↑ PCO ₂	3.5 meq/L de incremento de HCO ₃ por cada 10 mmHg de incremento de PCO ₂
Alcalosis respiratoria aguda	↓ PCO ₂	2.5 meq/L de disminución de HCO ₃ por cada 10 mmHg de disminución de PCO ₂
Alcalosis respiratoria crónica	↓ PCO ₂	5.5 meq/L de disminución de HCO ₃ por cada 10 mmHg de disminución de PCO ₂

Fuente: BISTNER Stephen I, FORD Richard B, RAFFE Mark R. Manual de terapéutica y procedimientos de urgencia en pequeñas especies, México D.F, Mc Graw Hill, 2002. p. 592.

1.3.6. Sistema Respiratorio. La función principal del sistema respiratorio es el intercambio de oxígeno y dióxido a una rapidez que se ajuste al metabolismo. El intercambio gaseoso incluye la ventilación de los pulmones, la perfusión de los capilares pulmonares con sangre, el ajuste entre la ventilación y el flujo sanguíneo, la difusión de gases entre el alvéolo y la sangre y el transporte de gases hacia y desde los músculos;⁴⁷ además, tiene la importante función de mantener la homeostasis ácido básico (anteriormente descrito).

❖ **Ventilación.** La ventilación es el flujo de volumen de gas hacia dentro y fuera de los pulmones. Tanto la frecuencia como la profundidad (Volumen de Ventilación Pulmonar) de la ventilación dependen del centro de control respiratorio, que se localiza en el bulbo raquídeo y regula los impulsos eferentes. Dicho centro recibe estímulos aferentes de quimiorreceptores centrales y periféricos, que son sensibles a cambios del pH, PaO₂ y PCO₂. La disminución del pH y PaO₂ y el aumento de ésta inducidos por el ejercicio tienden a aumentar la ventilación minuto. Además, se cuenta con algunos datos experimentales indicativos de que impulsos neurales eferentes con origen en la corteza motora para la actividad de los músculos participarían en estimular la ventilación.

Además de impulsos de los quimiorreceptores, al centro de control respiratorio llega información aferente de receptores periféricos, incluidos las haces

⁴⁷ SWENSON Melvin, REECE William, Op.cit. , p.309

neuromusculares, órganos tendinosos de Golgi y receptores de presión articulares. Hay quienes han planteado que los músculos tienen quimiorreceptores especiales, los cuales corresponderían a las concentraciones de Potasio e Hidrogeniones con impulsos aferentes directos al centro respiratorio. Por último, los mecano receptores cardiacos envían pulsos aferentes relacionados con el aumento de gasto cardiaco. Estos mecano receptores también desempeñan una función importante en el aporte de información aferente para controlar el ritmo respiratorio después de que se inicia el ejercicio.⁴⁸

❖ **Consumo de oxígeno.** La tasa máxima de consumo de oxígeno ($VO_2 \text{ máx.}$) es significativa por dos razones principales. Primero, esta determina la tasa máxima en la cual ejercicio aeróbico sostenido puede desempeñarse. Segundo, sirve como un parámetro por el cual el trabajo aeróbico submáximo puede ser tasado. Trabajo sostenido se convierte más enérgico (Rápidamente fatigante) para un individuo a medida que este demanda una mayor proporción de $VO_2 \text{ máx.}$

Individuos de una especie que sean similares en edad y género varían considerablemente en $VO_2 \text{ máx.}$ Alguna de estas variaciones puede ser atribuida a diferencias en entrenamiento, usualmente una proporción significativa puede también atribuirse a la herencia.

• **Respuesta de $VO_2 \text{ máx.}$ al entrenamiento.** Cuando un individuo sedentario participa en programas de ejercicio repetido y prolongado, ellos varían ampliamente en el incremento de $VO_2 \text{ máx.}$. El incremento típico de $VO_2 \text{ máx.}$ es de 10 a 30 %.

Cuando los animales se someten a un entrenamiento repetido y prolongado, una respuesta es que los sistemas orgánicos que suministran el oxígeno incrementan su potencial de tasa de liberación; el corazón, por ejemplo, incrementa el volumen de sangre que puede bombear por latido y esto permite que la circulación sanguínea sea más rápida. Una respuesta consistente al entrenamiento es que los músculos esqueléticos incrementan el número de mitocondrias y en las actividades de enzimas del ciclo de Krebs; incremento en la densidad de capilares sanguíneos, actividad de transportadores de glucosa y actividad de enzimas del catabolismo de ácidos grasos también se observan en el músculo esquelético.⁴⁹

❖ **Presión Parcial de Oxígeno (ppO₂).** Las cifras de la ppO₂ son un índice, de la efectividad de la ventilación pulmonar. Las cifras de los valores de referencia

⁴⁸ HERSHEL Raff. Fisiología del ejercicio y bioenergética de la contracción muscular. Op. Cit. p.276

⁴⁹ HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret.: The energetics of aerobic activity. Op. cit. p. 186.

obtenidos de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar indican si esta función se está llevando a cabo de manera normal. Cifras menores indican un problema en la ventilación, la hematosis, o ambas. Se observan cifras mayores en el suministro de oxígeno por algún tipo de sonda, máscara, respiración asistida, entre otros. Sin embargo, aún las cifras óptimas no son un índice de la cantidad de oxígeno transportado a los tejidos.⁵⁰

❖ **Transferencia de Oxígeno.** La cadena de transferencia de oxígeno es una cadena funcional para la transferencia de oxígeno del exterior del organismo al tejido que participa en el metabolismo. Esta cadena de transferencia incluye incorporación y difusión de O₂ (función de vías respiratorias altas y bajas). Unión del O₂ con la hemoglobina de los eritrocitos, transporte de O₂ (la función de la bomba cardíaca y la circulación en el sistema vascular), suministro de O₂ a los tejidos (disociación y difusión) y utilización de O₂ en las mitocondrias (sustratos y enzimas que se oxidan). La cadena de transferencia de O₂ es tan fuerte como su eslabón más débil.

El aporte de oxígeno de los pulmones a los tejidos aumenta por medio de tres estrategias durante el ejercicio: 1) aumento del gasto cardíaco, 2) aumento de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre (Hto aumentado) y 3) aumento de la extracción de oxígeno de la sangre en los tejidos. Las discrepancias aparentes entre las respuestas respiratorias por un lado, y las respuestas cardiovasculares y hemáticas por el otro, se pueden explicar por las diferencias de los mecanismos reguladores que participan.⁵¹

• **Características del enlace de Oxígeno a los pigmentos respiratorios.** Los pigmentos respiratorios de la sangre se cargan de oxígeno en los órganos respiratorios, y cuando el animal está en descanso, los pigmentos respiratorios liberan solo una pequeña fracción de su oxígeno a los tejidos sistémicos. Durante el ejercicio la liberación de oxígeno aumenta por el incremento tanto en la descarga por parte del pigmento, así como la tasa de flujo sanguíneo.

La afinidad relativa del oxígeno por parte de los pigmentos respiratorios es generalmente crítica para la función del pigmento. Cuando el oxígeno es transferido de un pigmento respiratorio a otro en un individuo (como cuando la hemoglobina sanguínea dona oxígeno a la mioglobina) usualmente el pigmento que recibe el oxígeno tiene mayor afinidad por este gas.

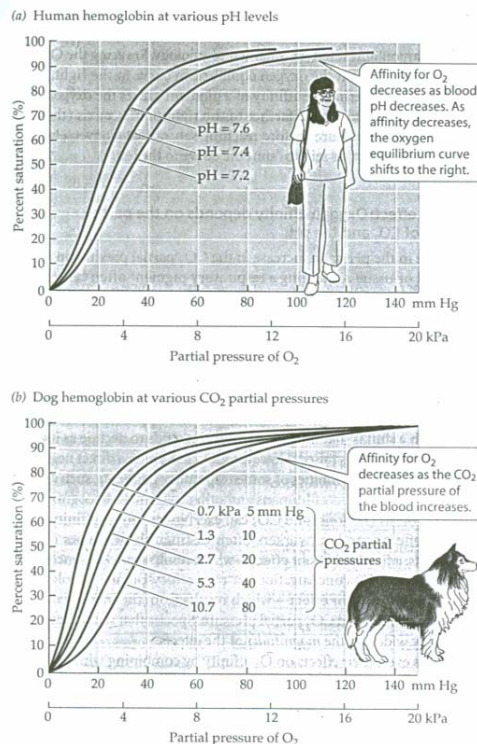
⁵⁰ FARÍAS MARTÍNEZ Guillermo. Op.cit., p. 41-43.

⁵¹ SWENSON Melvin, REECE William, Op.cit. , p.310, 311.

- **Efecto Bohr.** Un descenso en el pH o un incremento en la PCO_2 en un fluido corporal o tejido que contenga un pigmento respiratorio generalmente causa que la afinidad de oxígeno a los pigmentos respiratorios desciendan. Este efecto es conocido como el efecto Bohr (Ver Figura 7). Parte de la explicación de que un incremento en la PCO_2 cause ese cambio es que el pH de una solución tiende a descender, a medida que la PCO_2 es aumentada. Sin embargo el CO_2 tiene un efecto negativo directo sobre la afinidad de ciertos pigmentos respiratorios al oxígeno, como la hemoglobina sanguínea.

El efecto de Bohr generalmente tiene consecuencias para la distribución de oxígeno. A causa de que la PCO_2 es generalmente alta y el pH es generalmente bajo en los tejidos sistémicos en comparación a los pulmones, el pigmento respiratorio que lleva a cabo el efecto Bohr cambia para bajar la afinidad por el oxígeno cada vez que la sangre entra en los tejidos sistémicos y revierte a una mayor afinidad cada vez que la sangre retorna a los órganos respiratorios.⁵²

Figura 7. Efecto Bohr: Descenso de la afinidad por el O_2 como consecuencia del descenso del pH y el incremento del PCO_2 . a) Curva del equilibrio de Oxígeno en hemoglobina humana ante tres diferentes pH a una temperatura de $38^\circ C$. En reposo, el pH normal arterial es de 7.4, mientras que en sangre venosa es de 0.04 unidades por debajo. B) Curva del equilibrio de O_2 en hemoglobina de perro ante 5 diferentes PCO_2 a una temperatura de $38^\circ C$.



Fuente: HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Animal Physiology: Transport of Oxygen and Carbon Dioxide in body fluids. 2004. p. 590

⁵² HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret.: Transport of Oxygen and Carbon Dioxide in body fluids. Op. cit. p. 589,590.

1.3.7. Electrolitos y Equilibrio Hídrico.

❖ **Deshidratación.** Hay deshidratación cuando la pérdida de líquido corporal excede al consumo. Técnicamente, deshidratación se refiere a la pérdida de agua pura. La pérdida clínica de líquidos por lo general se acompaña de cierta pérdida de electrólitos. La pérdida aguda de líquidos y electrólitos en un proceso patológico inicialmente es de líquido intravascular. Subsecuentemente ocurren cambios compensatorios de agua y electrólitos de los compartimientos intracelular e intersticial. La magnitud de estos cambios depende de la tonicidad y presión hidrostática del líquido extracelular restante. En consecuencia, puede haber deshidratación a diferentes grados en los diferentes compartimientos.

• **Caracterización de la deshidratación (tipo).** El tipo de deshidratación se define según la concentración de iones séricos en el momento de la deshidratación.

- La deshidratación isotónica es el tipo que ocurre más a menudo y se define por los datos de la concentración normal de sodio sérico (145 a 157 mEq/L) en presencia de deshidratación. La deshidratación isotónica ocurre debido a pérdida de agua y electrólitos proporcional a los encontrados en el suero normal (pérdida isotónica).

- La deshidratación hipertónica es el tipo de deshidratación que sigue en frecuencia y se define por la concentración elevada de sodio sérico (158 mEq/L o mayor) en presencia de deshidratación. La deshidratación hipertónica ocurre como consecuencia de la pérdida de agua predominante, o pérdida de agua en exceso de un soluto encontrado en el suero normal (pérdida hipotónica).

- La deshidratación hipotónica es el tipo menos común y se define como una concentración baja de sodio sérico (143 mEq/L o menos) en el momento de la deshidratación. La deshidratación hipotónica en teoría ocurre cuando se pierde un soluto en mayor cantidad que la concentración normal en el suero (pérdida hipertónica). Sin embargo, este tal vez no sea el mecanismo más importante. Lo más probable es la pérdida de líquido isotónico. Si hay consumo y absorción continuas de líquidos hipotónicos (como el agua de bebida), la concentración sobrenadante de sodio extracelular se diluye a más de lo normal.⁵³

• **Osmolalidad.** La osmolalidad de una solución es la concentración de partículas osmóticamente activas en esa solución. Sólo depende del número de

⁵³ BIRCHARD Stephen J, SHERDING Robert G. Manual Clínico de Pequeñas Especies: Terapéutica con líquidos para perros y gatos.1996. p.75-76.

partículas y no se relaciona con el peso molecular, el tamaño, la forma o la carga de éstas. Un mol de una sustancia no disociable (p. ej., glucosa, urea) disuelto en 1 kg de agua disminuye en 1.86°C el punto de congelación de la solución resultante. Tal solución tiene osmolaridad de 1 osm/kg o 1 000 mosm/kilogramo.

La osmolaridad es el número de partículas de soluto por litro de solución, mientras que la osmolalidad es el número de partículas de soluto por kilogramo de solvente. Cuando se considera la fisiología de los líquidos corporales, la diferencia entre osmolalidad y osmolaridad es insignificante en virtud de que dichos líquidos suelen ser soluciones acuosas diluidas. En medicina clínica se emplea el término osmolalidad y la de los líquidos corporales suele medirse por osmometría de depresión del punto de congelación. Se dice que una solución es hiperosmótica si su osmolalidad es mayor que la propia de la solución de referencia (a menudo plasma) e hipoosmótica si su osmolalidad es menor que la propia de la solución de referencia. Una solución isoosmótica tiene osmolalidad idéntica a la que caracteriza a la solución de referencia.

La osmolalidad plasmática (P_{osm}) puede calcularse con la ecuación:

$$\text{Osmolalidad} = 2(\text{Na} + \text{K}) + (\text{glucosa}/18) + (\text{BUN}/2.8)$$

donde BUN es nitrógeno de la urea sanguínea. En esta ecuación, las concentraciones de urea y glucosa en miligramos por 100 ml se convierten a milimoles por litro mediante los factores de conversión 2.8 y 18. La osmolalidad medida no debe exceder la calculada en más de 10 mosm/kg. En caso contrario, se dice que existe una brecha osmolal anormal. Esto ocurre cuando un soluto no medido (esto es, uno que no se toma en cuenta en la ecuación) se encuentra en gran cantidad en el plasma (p. ej., manitol, metabolitos del etilenglicol) o cuando hay pseudohiponatremia a causa de hiperlipemia o hiperproteïnemia.

- **Tonicidad u Osmolalidad efectiva.** Los cambios en la osmolalidad del líquido extracelular (LEC) pueden o no iniciar movimientos de agua entre los compartimientos intracelular y extracelular. Una modificación en la concentración de solutos penetrantes (por ej. urea, etanol) no inducirá movimientos de agua porque los mismos se distribuyen de manera uniforme en toda el agua corporal. Un cambio en la concentración de los solutos no penetrantes (por ej. glucosa, sodio) causará movimiento de agua porque tales solutos no tienen facilidad para atravesar las membranas celulares. El término tonicidad se refiere a la capacidad de una solución para iniciar un movimiento de agua y depende de la presencia de solutos no penetrantes. Por ello, a la tonicidad se la puede considerar como la osmolalidad efectiva.

La tonicidad u osmolalidad efectiva puede calcularse como⁵⁴:

$$\text{Tonicidad} = P_{\text{osm}} - (\text{BUN}/2.8)$$

❖ **Trastornos hidroelectrolíticos.** La composición de solutos es muy diferente en el líquido intracelular (LIC) y el líquido extracelular, pero las cantidades totales de cationes y aniones son iguales en todos los líquidos corporales. Todo el tiempo debe mantenerse la electroneutralidad. El ion con carga positiva más abundante en el líquido extracelular es el Sodio. La mayor parte del Sodio corporal se encuentra en el espacio extracelular. Las membranas celulares son permeables a Sodio, el cual tiende a difundirse hacia el interior de las células. Los Aniones más abundantes en el LEC son cloro y bicarbonato. El LEC contiene una concentración pequeña pero fisiológicamente significativa de Potasio.

En contraste, los principales cationes en el LIC son Potasio y Magnesio. La mayor parte de Potasio corporal se almacena en el LIC, donde es el catión más abundante. Las membranas celulares son permeables a él (Ver Figura 8).

A menudo se supone que el agua intracelular es un depósito homogéneo. En realidad, las concentraciones de solutos varían en los diferentes compartimientos subcelulares, así como los diferentes tipos celulares.⁵⁵ Sodio, glucosa y BUN con las principales partículas osmóticas activas presentes en el fluido extracelular (FEC), que gobiernan el movimiento del agua a través de las membranas lipídicas. La osmolalidad (número de partículas osmóticas activas por kg de solvente) en perro está entre 290 a 330 mosm/L. por lo tanto un aumento en la osmolalidad junto con un incremento en sodio puede causar deshidratación celular.⁵⁶

⁵⁴ DI BARTOLA Stephen P. Fluidoterapia y Alteraciones Hidroelectrolíticas: Hiponatremia. En: Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales. 1991; 19(2). 17 p.

⁵⁵ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Composición y distribución de los líquidos corporales en perros y gatos. p.10-11

⁵⁶ TEIXEIRA NETO Francisco J. Fluid Therapy in the Small Animal Surgical Patient. En: Proceedings of the 9th World Congress of Veterinary Anaesthesiology September 12th-16th, Santos, Brazil. P. 37p.

Figura 8. Valores Promedio para concentraciones de electrolitos en los líquidos extracelular e intracelular.

Líquido extracelular	Líquido intracelular
Na ⁺ 145	12
K ⁺ 4	140
Ca ²⁺ 2.5	4
Mg ²⁺ 1	34
Cl ⁻ 110	4
HCO ₃ ⁻ 24	12
HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻ 2	40
Proteína 15 *	50

meq/L

*0 en líquido intersticial, 15 en plasma

Fuente: DI BARTOLA Stephen P. Terapéutica de Líquidos en pequeñas especies. Segunda Edición. México D.F: Mc Graw Hill, 2000. 10 p.

- **Sodio.** La concentración sérica de sodio es una indicación de la cantidad de sodio en relación con la de agua en el LEC y no proporciona información directa acerca del contenido corporal total de sodio; éste puede ser bajo, normal o elevado en pacientes con hiponatremia o hipernatremia. Una concentración sérica elevada de sodio (hipernatremia; > 155 meq/L en perros) implica hiperosmolalidad, mientras que una disminuida (hiponatremia; < 140 meq/L en perros) a menudo implica hipoosmolalidad. Se desarrolla hipernatremia cuando el consumo de agua ha sido insuficiente, cuando el líquido perdido es hipotónico en relación con el líquido extracelular o cuando se ha consumido o administrado por vía parenteral una cantidad excesiva de sodio.

- **Hipernatremia.** Todas las condiciones clínicas asociadas con hipernatremia reflejan hiperosmolalidad e hipertonicidad del LEC si el soluto en cuestión es impermeante. La hipertonicidad del LEC y la hipernatremia a menudo son causadas por déficit de agua pura, pérdida de líquidos hipotónicos o ganancia de sodio.

- **Pérdida de Agua Pura.** Cuando se desarrolla un déficit de agua pura, el LEC se torna hipertónico en relación con el LIC y fuerzas osmóticas llevan agua del compartimiento intracelular al extracelular. El resultado final es que la pérdida de volumen (hipovolemia) es compartida de manera proporcional entre los compartimientos extracelular e intracelular. Aproximadamente dos tercios del

volumen perdido provienen del compartimiento intracelular y un tercio proviene del extracelular. El volumen plasmático es la cuarta parte del LEC y por tanto 1/12 de la pérdida de volumen (1/4 X 1/3) deriva del espacio intravascular. En realidad, la presión oncótica generada por proteínas plasmáticas favorece la retención de agua dentro de los vasos y el compartimiento plasmático no suele tener una participación proporcional en la hipovolemia. Como resultado de estos factores, la depleción volumétrica no suele ser una manifestación clínica de la pérdida de agua pura. Es casi imposible que un animal consciente con el mecanismo de la sed intacto y acceso al agua desarrolle hipertonicidad con pérdida de agua pura. Así, la hipertonicidad asociada con pérdida de agua pura suele implicar que el consumo de agua ha sido insuficiente.

Entre las causas del déficit de agua pura se encuentra las pérdidas respiratorias durante exposición a elevada temperatura ambiental (p.ej. jadeo), fiebre y acceso insuficiente al agua (p.ej. descuido del propietario).⁵⁷

- **Cloro.** Es el anión encontrado en mayor cantidad en el LEC, y cambios en los niveles plasmáticos de cloro influyen directamente en el balance ácido-básico. Un incremento en el cloro causa acidosis metabólica hiperclorémica, mientras que un descenso en el cloro causa alcalosis hipoclorémica. Sin embargo para interpretar correctamente los cambios en este electrolito, el Cloro plasmático medido debe ser corregido en base a las concentraciones de Sodio. El cloro corregido en perros se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Cloro (corregido)} = \text{Cloro (medido)} \times 146 / \text{Sodio (medido)}^{58}$$

La concentración de cloruro cambia de manera primaria o secundaria a cambios en el equilibrio de agua. En este último caso, la concentración de sodio se modifica de manera proporcional con el cambio en el cloruro. Por tanto, junto con el cloruro debe valorarse también el sodio a fin de explicar las modificaciones en el equilibrio de agua. Por tanto, la concentración de cloruro de un paciente se "corrige" para tomar en cuenta los cambios en la concentración de sodio. La concentración de cloruro normal (corregida) es de alrededor de 107 a 113 meq/L en perros.

- **Hipercloremia artificial.** Un cambio en el contenido de agua del plasma sin un desequilibrio en el contenido de electrolitos causa dilución o concentración de aniones y cationes. En consecuencia, las concentraciones de sodio y cloruro cambian de manera paralela. Estas alteraciones suelen detectarse como cambios

⁵⁷ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Trastornos de Sodio y agua. p.55-57.

⁵⁸ TEIXEIRA NETO Francisco J. Op.cit. 38p.

en la concentración de sodio (hipernatremia o hiponatremia) y dicho ión (y los cambios de osmolalidad) deben recibir gran atención.

Las concentraciones elevadas de cloruro con Cloro corregido normal (hipercloremia artificial) suelen asociarse con pérdida de agua pura.⁵⁹

- **Potasio.** El potasio es el mayor cation intracelular y es esencial para muchas reacciones bioquímicas en la célula. La tasa de concentración de potasio del LIC al LEC es un determinante crítico para el descanso de potencial de membrana y del potencial de acción en tejidos estimulados como lo son los nervios y músculos. La mayoría del potasio corporal se encuentra localizado en el músculo esquelético. El potasio es un mediador importante de la hiperemia en el músculo ejercitado; el potasio es liberado desde el compartimiento de fluido intracelular del músculo en ejercicio, y actúa para incrementar el flujo sanguíneo para ese músculo (causando dilatación de arteriolas precapilares).

- **Hipercalemia.** El potasio liberado por el músculo esquelético ejercitado es una causa de hipercalemia durante y posterior al ejercicio enérgico.⁶⁰ La degradación hística masiva suele ocasionar hipercalemia transitoria mientras el potasio liberado se excreta en los riñones. El ejercicio intenso a menudo hace que se libere potasio de las células con hipercalemia transitoria resultante en seres humanos; este efecto es menos pronunciado en sujetos con buena condición física. En perros no adiestrados, el ejercicio hasta el agotamiento en la investigación realizada por Knochel (1985), dio por resultado un aumento en la concentración sérica de potasio de 4.4 a 6.0 meq/L.⁶¹

La hipertonicidad a veces es responsable por la hipercalemia. El aumento brusco de la presión osmótica impulsa al LIC hacia el compartimiento extracelular. Esto a su vez promueve un arrastre de solventes en el cual el potasio es retirado o lavado de la célula. La resolución espontánea se producirá cuando desaparezca la hipertonicidad. De igual modo, la hipertermia produce hipercalemia que desaparece espontáneamente una vez que ella es corregida.⁶²

❖ **Termorregulación y líquidos.** Debido a su elevado calor de vaporación, el agua es especialmente apropiada para eliminar el calor corporal por evaporación

⁵⁹ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Trastornos de Cloruro. p.81.

⁶⁰ JOHNSON Philip J. Fluids and Electrolytes in Athletic Horses: Physiology of Body Fluids in the Horse. En: Veterinary Clinics of North America Equine Practice.1998; 14(1): p.14,17

⁶¹ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Trastornos del Potasio. p.105.

⁶² WILLARD. Fluidoterapia y Alteraciones Hidroelectrolíticas: Alteraciones en la Homeostasis del Potasio. En: Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales. 1991; 19(2). p.60.

en las superficies epiteliales. La importancia del agua para la regulación de la temperatura es causa de conflictos y compromisos entre la adaptación fisiológica a las temperaturas ambientales y el estrés osmótico de los animales terrestres.

El ejercicio extenuante genera calor debido al metabolismo muscular, que debe compensarse con un aumento de la tasa de disipación del calor. Esta compensación puede conseguirse mejor por enfriamiento evaporativo de las superficies respiratorias (p. ej., los pulmones, los conductos del aire y la lengua). La naturaleza de los mecanismos respiratorios de muchos animales terrestres, incluso en condiciones básicas (en que no hay otro ejercicio que la respiración), conlleva una pérdida de agua de las superficies respiratorias.

Las superficies respiratorias de los animales con respiración aérea son por su naturaleza un punto importante de pérdida hídrica. El internalizar esas superficies respiratorias en una cavidad del cuerpo (es decir, el pulmón) reduce la pérdida evaporativa en los vertebrados terrestres. Sin embargo, incluso dentro del pulmón la ventilación del epitelio respiratorio con aire no saturado causaría, la evaporación del agua que humedece la superficie epitelial. Esta pérdida hídrica evaporativa es mayor en aves y mamíferos, porque su temperatura corporal normalmente es superior a la temperatura ambiente. En dichos animales el aire espirado, más caliente, contiene mayor cantidad de agua que el aire inspirado, más frío, puesto que la capacidad del aire de contener vapor de agua aumenta con la temperatura.⁶³

- **Jadeo.** A diferencia de la sudoración, el jadeo tiene ciertas ventajas. Una es que no se pierden sales con el jadeo, porque la evaporación ocurre dentro del cuerpo y solo vapor de agua pura se pierde con el aire exhalado.⁶⁴ Los perros no pierden cantidad significativa de electrolitos a través del ejercicio, como para hacer diferencia, pero si el perro llega a un estado de golpe de calor, la fisiología cambia de manera tal que hace necesario su reposición. Pero el reemplazo oral a este punto es inútil, se necesitaría reemplazo intravenoso y en alta cantidad.⁶⁵

La reacción del jadeo ante el calor es eficiente en perros. A una temperatura ambiental de 40°C los perros son capaces de elevar su frecuencia respiratoria 12 a 20 veces más que lo normal. La pérdida calculada de líquidos respiratorios en un perro que jadea a 41°C es de 469ml/día. Para los individuos en reposo, las pérdidas por evaporación y jadeo son de 1ml/kg/día. Durante periodos de actividad

⁶³ RANDALL David, BURGGEN Warren, FRENCH Kathleen: Equilibrio iónico y osmótico. Op. cit.. p.630-631.

⁶⁴ HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Thermal Relations. Op.cit. p.226

⁶⁵ BAXTER Nate. "Heat stroke and overheating in dogs: treatment & prevention", Consultado en: URL (www.personal.uncc.edu),1999

y de altas temperaturas las pérdidas por evaporación y jadeo se calculan en casi 7ml/kg/hora.⁶⁶ (Ver Figura 9)

Figura 9. Pérdidas Respiratorias de agua en mamíferos que jadean.

Especie	Peso (kg)	Pérdida respiratoria de agua		Pérdida porcentual por producción de calor
		(g/min)	(g/día)	
Perro	16	0.326	469	57
Gato	3.5	0.029	41.2	9.4

Fuente: DI BARTOLA Stephen P. Terapéutica de Líquidos en pequeñas especies. Segunda Edición. México D.F: Mc Graw Hill, 2000. 19 p.

1.4. EVALUACIÓN CLÍNICA DEL EJERCICIO A TRAVÉS DE MUESTRAS SIMPLES DE SANGRE ARTERIAL

Muestras de sangre arterial permiten la medición directa de saturación arterial de O₂ (SaO₂), presión arterial de O₂ (PaO₂), presión arterial de CO₂ (PaCO₂), pH, Lactato y otros valores importantes. Generalmente, una muestra simple de sangre arterial es obtenida durante la evaluación del ejercicio para tasar gases sanguíneos. Para realizar esta prueba la muestra debe ser obtenida antes o inmediatamente se finalice el ejercicio, en vez de hacerlo durante la recuperación, porque cambios rápidos ocurren en PaO₂ después de que el paciente detiene el ejercicio.

En medicina humana, la arteria Radial, es el sitio más común para la toma. Algunos investigadores hacen uso de capilares sanguíneos de la oreja o sangre venosa de la mano para sustituir la sangre arterial. Los valores obtenidos en estos sitios probablemente pueden aproximar los valores arteriales de PCO₂, para la medición de VD/VT, sin embargo pueden ser menos aproximados a los valores arteriales de PO₂.⁶⁷

1.4.1. Medición de los gases sanguíneos. La mayor parte de los analizadores de gases miden el pH y la PCO₂ y la concentración de HCO₃ se calcula. El

⁶⁶ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Composición y distribución de los líquidos corporales en perros y gatos. p.17.

⁶⁷ WASSERMAN Karlman, HANSEN James, SUE Darryl, CASABURI Richard, WHIPP Brian. Clinical Exercise Testing. Op.cit., p.125.

contenido de CO₂ total se determina agregando un ácido fuerte al plasma o suero y midiendo la cantidad de CO₂ que se produce.

El término contenido de CO₂ total se refiere al hecho de que este método incluye tanto el CO₂ disuelto como el HCO₃ que está en la muestra. Como resultado, el contenido de CO₂ total en los individuos normales es mayor que la concentración de HCO₃ en cerca de 1 a 2 meq/L:

Si se maneja aeróbicamente una muestra para análisis con el propósito de determinar el contenido total de CO₂, el CO₂ disuelto es liberado a la atmósfera y el valor que se obtiene es aproximadamente igual al de la concentración de bicarbonato.

El bicarbonato estándar es la concentración de bicarbonato en el plasma de sangre entera completamente oxigenada después de equilibrarse con CO₂ a presión parcial de 40 mmHg a 37°C.

La base amortiguadora de la sangre entera es la suma de la concentración total de los aniones amortiguadores contenidos en la sangre e incluye HCO₃, hemoglobina, proteínas plasmáticas, fosfatos y cualquier otro anión potencialmente amortiguador. La base amortiguadora de la sangre entera disminuye con la acidosis metabólica y aumenta con la alcalosis metabólica sin importar los cambios de la PCO₂ en la muestra.

1.4.2. Recolección y manejo de la muestra. La obtención y manejo apropiados de las muestras para análisis de gases sanguíneos y otros componentes es de suma importancia. En las pequeñas especies, las muestras de sangre arterial suelen tomarse de la arteria femoral. Este procedimiento se puede realizar en perros no anestesiados con incomodidad y restricción mínimas, pero es difícil de realizar en gatos sin anestesia. A menudo, las muestras para análisis de gases en sangre venosa suelen tomarse en la vena yugular. Sin embargo, la dilatación venosa y la actividad muscular pueden causar acumulación de metabolitos ácidos. Por tanto, debe intentarse obtener una muestra venosa de flujo libre liberando la presión digital de la vena después de que se ha realizado la punción venosa.

En las muestras de la arteria femoral se trasquila el pelo situado sobre la parte medial del muslo y se desinfecta el sitio de la punción. El perro es sujetado en decúbito lateral por un asistente y se extiende el miembro superior más cercano a la mesa. Se localiza la arteria con palpación del pulso femoral, inmovilizándola entre el primer y segundo dedos de la mano libre del operador. Se punciona la arteria con la aguja dirigida en un ángulo aproximadamente perpendicular al trayecto del vaso. Se extraen la sangre y el sitio de la punción se comprime manualmente durante 3 a 5 minutos después de que se extrae la aguja para prevenir la formación de un hematoma. En caso necesario, se expulsan las

burbujas de aire golpeteando el cilindro de la jeringa con el dedo índice y desalojando cualquier cantidad de aire presente en su boquilla.

La PCO_2 del aire seco de la habitación es extremadamente baja y la PCO_2 de la muestra de sangre disminuye y el pH aumenta si se exponen al aire; en forma similar, la PO_2 del aire de la habitación es más alto que el de la sangre venosa o arterial y la PO_2 de la muestra aumenta si se expone al aire. El aumento es mucho mayor en las muestras de sangre venosa que en las arteriales. Las burbujas de aire también producen un aumento en la PO_2 y una disminución en la PCO_2 cuando ocupan el 10% o más del volumen de la muestra.

Las muestras arteriales son preferibles a las muestras venosas debido a que se puede valorar la oxigenación de la sangre y la muestra no se afecta por el estancamiento del flujo sanguíneo y el metabolismo local de los tejidos. La diferencia más notable entre las muestras de sangre arterial y venosa es la discrepancia en PO_2 , que refleja la oxigenación de la sangre en los pulmones y la utilización en los tejidos. Por lo contrario, es posible que las muestras arteriales no reflejen un estado ácido/básico en los tejidos periféricos, lo que puede presentar un problema durante la reanimación cardiopulmonar. La PCO_2 es levemente mayor y el pH ligeramente más bajo en las muestras de sangre venosa a causa de metabolismo hístico local. En medicina humana, la sangre capilar de flujo libre, que ha sido "arterializada" por calentamiento del sitio de punción en la piel, se usa como alternativa a las muestras arteriales.⁶⁸

⁶⁸ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Introducción a los trastornos acidobásicos. p.211-212.

1.5. VALORES REFERENCIALES

Tabla 3. Valores arteriales referencia de laboratorio para caninos.

<i>Valor</i>	<i>Referencial</i>
Sodio (mmol/L)	140 -152
Potasio (mmol/L)	3.6 -5.8
Cloruro (mmol/L)	105 -115
Nitrógeno Uréico (mg/dl)	10 -25
Glucosa(mg/dl)	60 -120
Lactato (mmol/L)	< 5 ~
Hematocrito (%)	40-50*
Hemoglobina (g/dl)	12 -18
pH sanguíneo	7.351 -7.463 arterial ~
PCO ₂ (mmHg)	30.8 - 42.8 arterial ~
PO ₂ (mm Hg)	62-68 arterial ~
HCO ₃ (mmol/L)	18.8 -25.6 arterial ~
TCO ₂ (mmol/L)	22.4 ±1.8 arterial ~
sO ₂ (%)	82-92%
Anion Gap (mmol/L)	15-20
BE (mmol/L)	-1.8 ±1.6 arterial ~
Osmolalidad (mOsm/kg)	250-310

Fuente: SODIKOFF Charles H. Pruebas diagnósticas y de Laboratorio en pequeños animales: Una guía para el diagnóstico de laboratorio. Tercera Edición. Madrid: Harcourt, 2002. 34-36, 44-53,102p.

~ DI BARTOLA Stephen P. Terapéutica de Líquidos en pequeñas especies. Segunda Edición. México D.F: Mc Graw Hill, 2000. p.213.

* BISTNER Stephen I, FORD Richard B, RAFFE Mark R. Manual de terapéutica y procedimientos de urgencia en pequeñas especies. Séptima Edición. México D.F.: Mc Graw Hill, 2002. 585p.

Tabla 4. Parámetros Físicos de referencia para caninos.

Valor	Referencial
Frecuencia cardiaca (latidos/min)	70-140
Frecuencia respiratoria (respiraciones/min)	10-30
Temperatura Central (°C)	37-40

Fuente: BISTNER Stephen I, FORD Richard B, RAFFE Mark R. Manual de terapéutica y procedimientos de urgencia en pequeñas especies. Séptima Edición. México D.F.: Mc Graw Hill, 2002. 585p.

1.6. AGILITY

El Agility es una disciplina deportiva que consiste en hacer que los perros superen diversos obstáculos, con el menor número de errores y en el menor tiempo posible, con el propósito de poner de manifiesto su inteligencia y agilidad. Es una práctica deportiva y educativa que contribuye a que el perro se integre a la sociedad. Esta disciplina requiere una buena armonía entre el perro y su guía, conduce a un perfecto entendimiento del binomio, por lo que es necesario que los participantes posean una base elemental de educación y obediencia.⁶⁹

1.6.1. Historia. En Londres en 1978 en la más célebre exposición canina del mundo, LA CRUFT'S DOG SHOW, nace un nuevo deporte: EL AGILITY a finales de 1977, durante los preparativos de la exposición, John Varley, miembro del comité organizador del certamen y responsable de las actividades destinadas a cubrir los tiempos muertos en el ring central durante los juicios en los rings periféricos, gran amante de los perros, pero también de los caballos, tuvo la genuina idea de adaptar al perro el principio de los concursos hípico del jumping hípico: recorridos rápidos superando obstáculos coloreados en una carrera contra reloj.

Para llevar a cabo su idea, se puso en contacto con Peter Meanwell, uno de los adiestradores caninos con mayor prestigio en Inglaterra y ganador de numerosas competiciones de perros de trabajo. El objetivo era poner en marcha un espectáculo que agradase tanto a los perros como a sus dueños y al público en

⁶⁹ BONILLA Wilson, MORENO Germán, ALVARADO Javier, OROZCO Adriana, VILLA Germán, GÓMEZ Freddy, MUÑOZ Jimmy, MOLANO Luis Fernando, MOSCOSO Fabiola. "Reglamento de Agility. Asociación Club Canino Colombiano", Consultado en: URL (www.accc.com.co), Documento, 2004. p2.

general. Meanwell, basándose en la idea de Varley, y con la colaboración de varios clubes de trabajo diseñó los obstáculos, reglamentos y puntuaciones. Pocos meses después, en el ring central de LA CRUFT'S DOG SHOW, los ingleses eran testigos por primera vez en la historia de la cinofilia, de que el mundo entero contaba desde aquel momento con un nuevo deporte apto para el gran público. Los perros a toda velocidad subían rampas, saltaban vallas, atravesaban con prontitud un túnel de tela, etc., mientras sus propietarios, corriendo a su lado les dirigían y les animaban. Los espectadores en sus asientos vibraban estallando en un aplauso interminable. Había nacido un nuevo deporte: EL AGILITY

Peter Lewis, también principiante y juez en pruebas de trabajo, fue requerido por Meanwell para que interviniese como su secretario en el primer Campeonato de Agility que juzgaron en la Cruft's en 1980. En 1981, el Kennel Club homologó oficialmente los primeros obstáculos de Agility. Ese mismo año, Peter Lewis, capitán del equipo del sur de Inglaterra, ganaba el primer encuentro de Agility entre los equipos del Norte y del Sur que tuvo lugar en la ciudad del Rugby. Rápidamente traspasó las fronteras del Reino Unido, prendiendo con gran fuerza en Europa y los Estados Unidos. Desde entonces no ha cesado de practicarse.⁷⁰

1.6.2. En Colombia. Al país llegó como deporte oficial reconocido por la FCI y la Asociación Club Canino Colombiano en el año 1999, y desde entonces este deporte ha crecido tanto en número de participantes como en nivel de competencia. Colombia ha estado presente desde el año 2000 en los campeonatos de las Américas y el Caribe celebrados en Argentina (2000), Brasil (2001), Colombia (2002), Perú (2003), siempre con equipos que han conseguido excelentes resultados a pesar de ser tan nuevos en la práctica de este deporte. Además fue sede del campeonato de Américas y el Caribe para Marzo de 2006.⁷¹

❖ **Clasificación de Participantes.** Se prevén básicamente dos tipos de competidores (Homologados y No homologados), dos clases de competencias (Avaladas y No Avaladas por la FCI), con seis o siete grados cada una dependiendo del tipo de competencia y tres categorías (Small, Medium y Large) según el tamaño del perro competidor.

- **Grados.** Las competencias se clasifican en 7 grados, dependiendo del nivel de experiencia y calificación obtenida por los perros y por ende rige la dificultad de los recorridos.

⁷⁰ SPORT CAN. "Historia del Agility", Consultado en: URL (www.sportcan.net), Cataluña, 2006

⁷¹ ACCC. "Historia del Agility", Consultado en: URL (www.accc.com.co), Bogotá; 2003

- **Grado Cachorros (Jumping):** Se aceptan ejemplares cachorros que tengan mínimo 6 meses cumplidos y hasta 12 meses de edad.
 - **Grado Jóvenes (Jumping):** Se aceptan ejemplares que tengan mínimo 12 meses cumplidos y hasta 18 meses de edad.
 - **Grado 0 o Novatos (Jumping):** Se aceptan ejemplares que tengan más de 18 meses de edad y que no deseen aún competir en grado I.
 - **Grado I (Agility + Jumping): Reservada** a perros que todavía no han obtenido su Certificado de Agility.
 - **Grado II (Agility + Jumping):** Abierta a perros que ya han obtenido su Certificado de Agility.
 - **Grado Elite (Agility + Jumping):** En este grado se encuentran todos los ejemplares campeones Colombianos de Agility, compiten en pistas con mayor exigencia de velocidad y dificultad que los ejemplares grado II. Los perros homologados de este grado optan para las competencias a nivel internacional y para el Campeonato del Mundo.
- **Categorías.** Los grados anteriormente descritos, incluyen (3) Categorías, cuya diferenciación consiste en el tamaño (altura de la cruz) del perro, esto implica que los obstáculos tendrán que adaptarse a estas categorías.
 - **Small:** Perros hasta 35 centímetros a la cruz. Incluido el 35.00.
 - **Medium:** Perros entre 35 y 43 centímetros a la cruz. De 35.01 a 43.00.
 - **Large:** Perros con más de 43 cm a la cruz De 43.01 en adelante.
 - ❖ **Prueba de Jumping.** Prueba similar a la de Agility donde no se utilizarán los obstáculos de contacto ni la mesa, excepto si la mesa está colocada en la salida, en cuyo caso no será considerada como obstáculo. Esta prueba debe desarrollarse de acuerdo con el Reglamento de Agility y es necesaria para la obtención del certificado de Agility, del campeonato Colombiano, para la selección del campeonato del mundo, Americano, Latinoamericano, Suramericano y/o del Caribe.

1.6.3. Requisitos para la práctica de Agility.

❖ **Generalidades.** El terreno requerido para el trazado de un recorrido para pruebas de Agility debe ser plano y tener un mínimo de 30x40 metros. En caso de que se monten dos recorridos, se aconseja la creación de una división de vallas o en su defecto, dejar una distancia de aproximadamente 10 metros, entre las pistas. Para los grados I, II, Elite y III la longitud del recorrido oscilará de 100 a 200 metros y de acuerdo a las categorías de las pruebas se debe incluir entre 10 a 20 obstáculos. Será obligatorio realizar un mínimo de 7 saltos entre vallas, llanta y viaducto / muro.

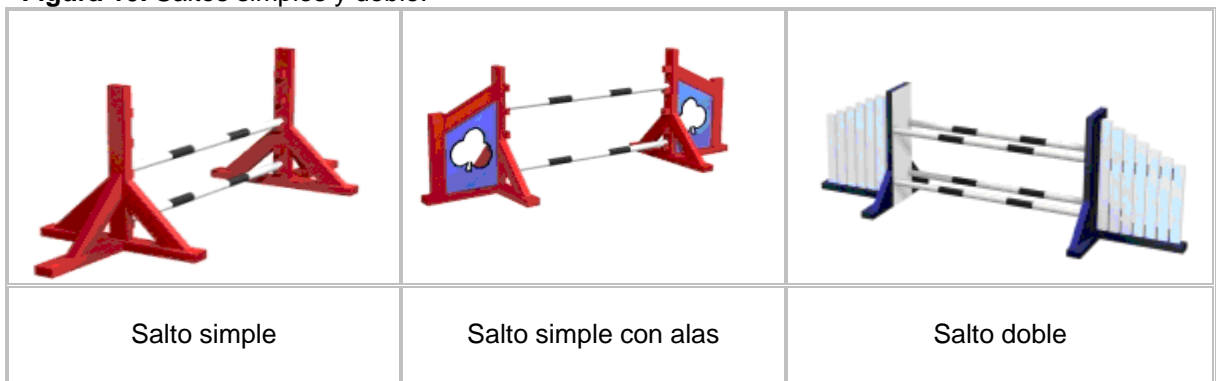
La distancia entre dos obstáculos consecutivos será de 5 a 7 metros. Los conos que señalizan el comienzo y la llegada deberán colocarse máximo a un metro del primer o último obstáculo respectivamente y separados del extremo de la barra del salto no más de 50 cm.

Cualquier obstáculo que dirija al perro hacia el límite de la pista deberá encontrarse mínimo a 4 m del mismo, al igual que a la línea de llegada del ejemplar.⁷²

❖ **Obstáculos.** En agility existen diferentes tipos de obstáculos que serán descritos a continuación.

• **Los Saltos.** Cada tipo de salto está fijado a la altura apropiada para cada categoría, según sean small, (menos de 35 cm en la cruz), medium, (entre 35 y 43 cm) y Large (a partir de 43 cm). Los perros deben realizar el salto limpiamente y sin derribar la barra. (Ver Figura 10 y 11)

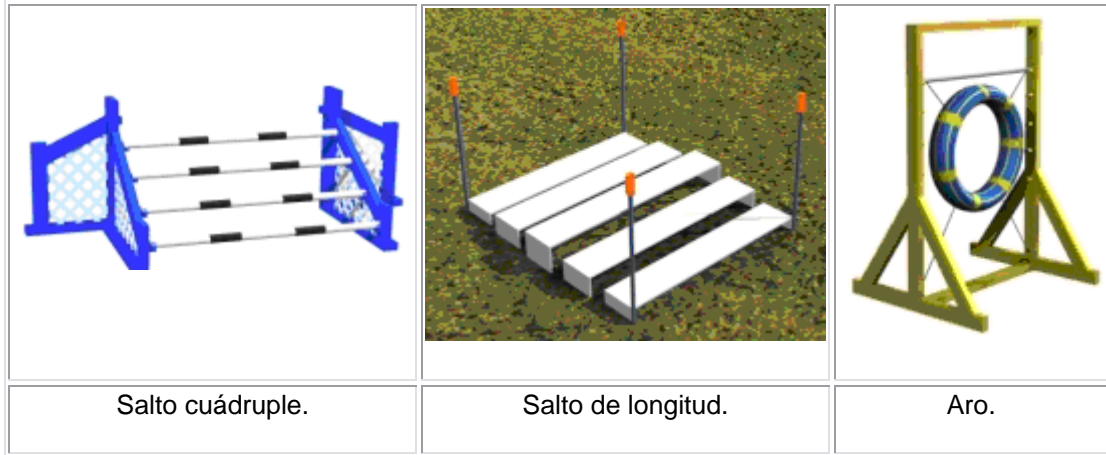
Figura 10. Saltos simples y doble.



Fuente: SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent "Agility el deporte canino por excelencia", URL (www.amicsdelgos.com), Valencia, España; 2002

⁷² BONILLA Wilson, MORENO Germán, ALVARADO Javier, OROZCO Adriana, VILLA Germán, GÓMEZ Freddy, MUÑOZ Jimmy, MOLANO Luis Fernando, MOSCOSO Fabiola. Op. cit. p.3,5.

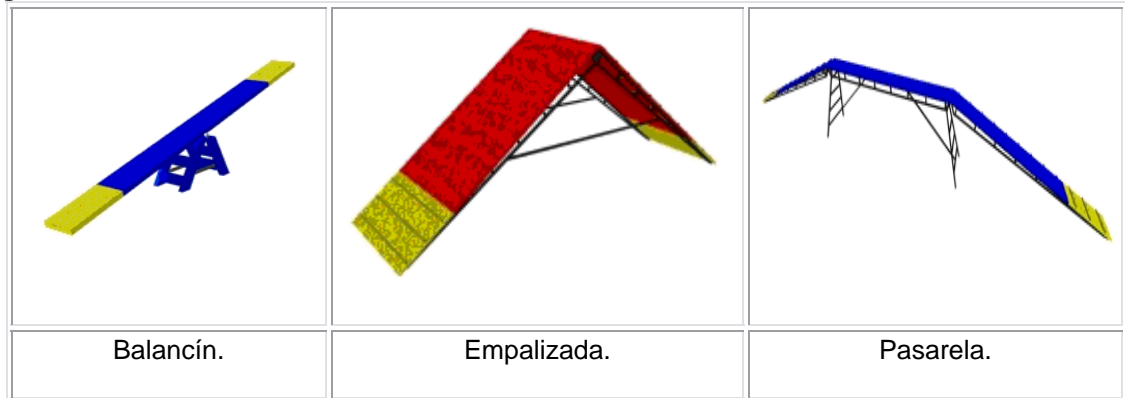
Figura 11. Saltos cuádruple, de longitud y Aro



Fuente: SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent “Agility el deporte canino por excelencia”, URL (www.amicsdelgos.com), Valencia, España; 2002

- **Los obstáculos de Contacto.** Nombrados así debido al tener unas zonas de contacto delimitadas por otro color, amarillo en este caso. Para realizar estos obstáculos correctamente, el perro debe tocar al menos con una pata en cada zona del contacto cuando ellos suben y bajan el obstáculo.⁷³ (Ver Figura 12).

Figura 12. Obstáculos de Contacto.



Fuente: SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent “Agility el deporte canino por excelencia”, URL (www.amicsdelgos.com), Valencia, España; 2002

- **Los túneles.**
Hay dos tipos de túneles, túneles abiertos o rígido, y túneles ciegos o de lona.

⁷³ SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent “Agility el deporte canino por excelencia”, Op. cit.

- **Túnel de Lona.** Está compuesto por una entrada rígida donde se empata una lona que será levantada por el perro, una vez esté dentro del túnel, deberá ir levantando con su cuerpo la lona hasta la salida.
- **Túnel Flexible.** Es un tubo de 3 o 6 mts de longitud formado por una estructura extensible que se puede doblar para formar curvas. ⁷⁴ (Ver Figura 13).

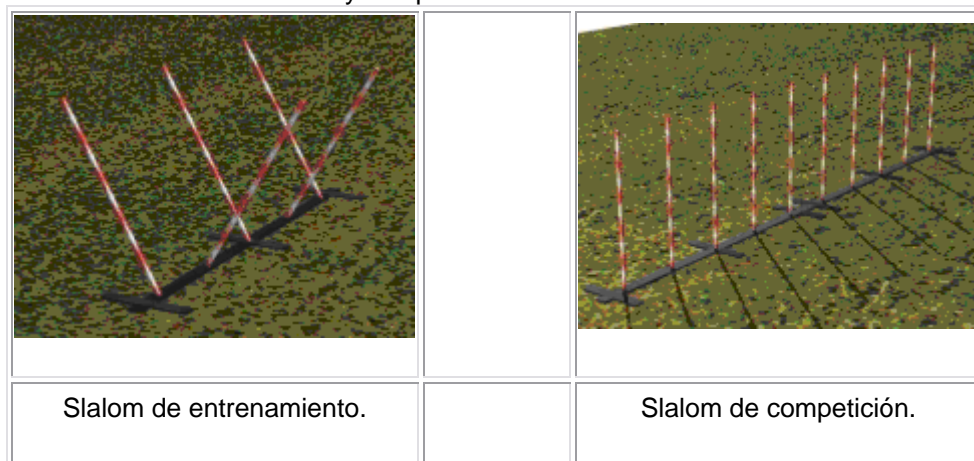
Figura 13. Tipos de Túneles.



Fuente: SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent "Agility el deporte canino por excelencia", URL (www.amicsdelgos.com), Valencia, España; 2002

- **Slalom.** Obstáculo que el perro debe realizar en zig-zag, dejando siempre el primer palo de entrada a su lado izquierdo. (Ver Figura 14)

Figura 14. Slalom de entrenamiento y competición.

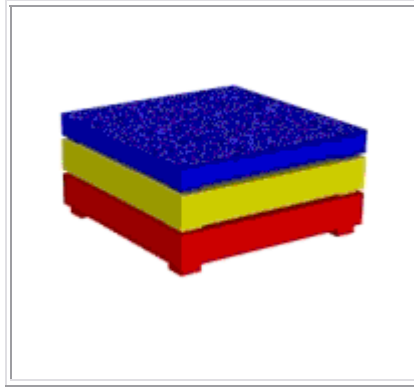


Fuente: SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent "Agility el deporte canino por excelencia", URL (www.amicsdelgos.com), Valencia, España; 2002

⁷⁴ BOIX Joseph. Agility: Fundamentos, Aprendizaje y competición. Barcelona: Hispano Europea, S.A., 2001. 75-78p.

- **Mesa.** Obstáculo donde el perro debe permanecer en la posición de pie, sentado o tumbado según determine el juez durante un periodo de tiempo establecido.⁷⁵ (Ver Figura 15)

Figura 15 Mesa.



Fuente: SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent “Agility el deporte canino por excelencia”, URL (www.amicsdelgos.com), Valencia, España; 2002

⁷⁵ SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent “Agility el deporte canino por excelencia”, Consultado en: URL (www.amicsdelgos.com), Valencia, España; 2002

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá, capital de Colombia, la cual se encuentra situada en las siguientes coordenadas: Latitud Norte: 4° 35'56" y Longitud Oeste de Greenwich: 74°04'51" dentro de la zona de confluencia intertropical; a una altura media 2600 m.s.n.m y con una temperatura ambiente promedio de 14°C.⁷⁶ El primer muestreo se llevó a cabo en las instalaciones del Polideportivo el Salitre, ubicado en la Av.Cll 57# 61-13(Ver Figura 16), y el segundo muestreo se desarrolló en el parque central del Barrio Modelia ubicado en la Cll 35#81-20 (Ver Figura 17).

Figura 16. Polideportivo el Salitre.



Figura 17. Parque Central Modelia.

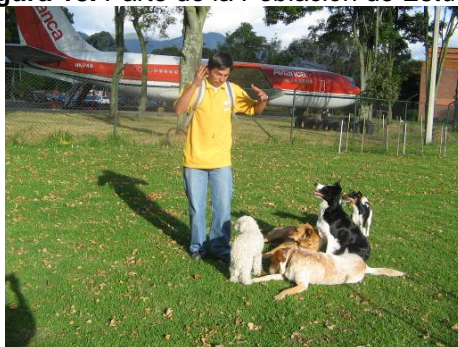


⁷⁶ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. "Geografía Bogotana", Consultado en: URL (<http://www.bogota.gov.co>), Bogotá; 2006.

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se muestrearon 15 caninos hembras practicantes de agility de las Escuelas de Atalanta y X-treme Dog Ltda. Las razas incluidas fueron Labrador Retriever, Scottish Terrier, Border Collie, Fox Terrier pelo liso, Fox Terrier, French Poodle, Cocker Spaniel, Pomerania y criolla, que según su tamaño pertenecen a categoría Small, Medium y Large, a los cuales se les evaluó frecuencia respiratoria y pulso, y pruebas a partir de sangre arterial con i-Stat Analyzer. (Ver Figura 18)

Figura 18. Parte de la Población de Estudio.



2.3. VARIABLES

2.3.1. Independientes.

- Reposo
- Ejercicio

2.3.2. Dependientes.

- Temperatura Rectal (°C)
- Frecuencia de pulso (pulsaciones/minuto)
- Frecuencia Respiratoria (respiraciones/minuto)
- Sodio (mmol/L)
- Potasio (mmol/L)
- Cloruro (mmol/L)
- Nitrógeno Uréico (mg/dl)
- Glucosa(mg/dl)
- Lactato (mmol/L)
- Hematocrito (%)
- Hemoglobina (g/dl)
- pH
- Presión CO₂ (mm Hg)
- Presión O₂ (mm Hg)

- Bicarbonato (mmol/L)
- Tensión CO₂ (mmol/L)
- Saturación O₂ (%)
- Anion Gap (mmol/L)
- Exceso de Base (mmol/L)
- Osmolalidad (mosm/Kg)

2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo estadístico aplicado para el análisis de resultados fue estadística descriptiva para cada variable, calculando las distribuciones de frecuencias y la media (promedios), en general, y luego aplicado para cada grupo de categoría Small, Medium y Large.

Luego se aplicó la prueba de t pareada a dos colas, para evaluar el nivel de significancia para cada variable en general, y para cada grupo de categoría.

2.5. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La población muestreada fue de 15 pacientes caninos hembras. Los animales se evaluaron durante entrenamiento. Ocho de ellos entrenaron en el Polideportivo el Salitre y los 7 restantes en el parque central de Modelia (conservándose las mismas características de pista y clima). La pista en las dos oportunidades fue de 150 mts. El entrenamiento se realizó de tal manera, que se simuló una competencia real en donde cada canino pasó por pista cuatro veces y se respetaron los turnos correspondientes al orden de partida. (Ver Figura 19)

Figura 19. Canino en pista de Agility.



Las muestras control se obtuvieron inmediatamente a la llegada de los caninos al sitio de entrenamiento, bajo condiciones que no alteraran los resultados, es decir con un mínimo de estrés, y en un área fresca y sombreada. Se tomó temperatura rectal, frecuencia de pulso y frecuencia respiratoria (Ver Figura 20). Adicionalmente se colectó sangre arterial proveniente de la arteria femoral, siendo

necesaria solo 0.3 ml de esta sangre (por prueba), para ser inmediatamente analizada por unidad portátil de i-Stat Analyzer®, a través de los cartuchos EC8+ y CG4+ (Ver Figura 21). Se desechó la sangre que se coagulara o en la que el paciente se moviera y no se obtuviera la cantidad establecida, al igual que aquellas muestras que no fueran arteriales y que por el contrario fueran venosas.

Figura 20. Realización de Examen Clínico.



Figura 21. Toma de Muestra Arterial.



Toda la información se registró bajo la identificación de cada paciente en dos formatos para recolección de datos de campo: Formato AG-1 y Formato AG-2 Examen Clínico. (Ver Figura 22 y Anexos AyB)

Figura 22. Registro de información en Formatos.



Tras terminar el entrenamiento de Agility se repitió el procedimiento anteriormente descrito, de toma de frecuencias, temperatura y análisis de sangre por los cartuchos i-Stat® (Ver Figura 23 y 24), y se registraron de nuevo los resultados en los mismos formatos.

Figura 23. Colocación de Muestra arterial en Cartucho.



Figura 24. Procesamiento de muestra en Equipo de i-Stat Analyzer.



Luego se recopilaron todos los datos, se analizaron de manera estadística y se discutieron los resultados.

2.5.1. Procesamiento de la muestra de sangre.

- ❖ Extraer el cartucho de su empaque. Sujetar el cartucho por los bordes, evitando tocar los bordes de contacto y ejercer presión en el centro del cartucho.
- ❖ Dirigir la aguja hacia el interior del depósito de la muestra, poniendo la muestra hasta que llegue a la señal de llenado del cartucho.

- ❖ Plegar el cierre de presión sobre el depósito de muestra hasta que quede perfectamente acoplado.
- ❖ Nunca tratar de extraer un cartucho mientras se visualice el mensaje BLO.
- ❖ Introducir el número de identificación del operador (verificar el número), e introducir el número de identificación del paciente (verificar).
- ❖ Visualizar los resultados en la pantalla del analizador, extraer el cartucho, y el analizador estará listo para la introducción de otra muestra.⁷⁷

2.5.2. Especificaciones Cartuchos i-STAT®:

- ❖ **Cartuchos y Análisis.** Los cartuchos de i-STAT® incluyen sensores con componentes microfluídicos y, en algunos cartuchos, solución de calibrado. Los cartuchos i-STAT® se utilizan con el i-STAT Portable Clinical Analyzer®.
- ❖ **Especificaciones de los cartuchos.**
 - **Vida útil:** Refrigerados a una temperatura entre 2 y 8°C hasta la fecha de caducidad. A temperatura ambiente entre 18 y 30°C durante dos semanas.
 - **Preparación para su uso:** Los cartuchos individuales pueden utilizarse después de reposar durante cinco minutos a temperatura ambiente. Una caja entera de cartuchos deberá mantenerse a temperatura ambiente durante una hora.
 - **Tipo de muestra:** Sangre arterial reciente procedente de punciones.
 - **Tiempo para el análisis:**

Inmediatamente después de la recogida: Muestras para medición de lactato.

En un período de 3 minutos después de la recogida: Muestras recogidas en jeringas sin anticoagulante.⁷⁸

⁷⁷ i-STAT CORPORATION. Analizadores clínicos portátiles y cartuchos. Manual del usuario

⁷⁸ i-STAT CORPORATION. "Cartridge and Test Information Sheets" Consultado en: URL (www.i-stat.com), USA; 2005.

Tabla 5. Configuraciones de Cartuchos

	Blood Gas+					Chemistry+				
	G3+	CG4+	EG6+	EG7+	CG8+	G	E3+	EC4+	6+	EC8+
<u>Urea Nitrogen (BUN)</u>									■	■
<u>Glucose (Glu)</u>					■	■		■	■	■
<u>Chloride (Cl)</u>									■	■
<u>Sodium (Na)</u>			■	■	■		■	■	■	■
<u>Potassium (K)</u>			■	■	■		■	■	■	■
<u>Ionized Calcium (iCa)</u>				■	■					
<u>Hematocrit (Hct)</u>			■	■	■		■	■	■	■
<u>Hemoglobin (Hgb)</u>			■	■	■		■	■	■	■
<u>pH</u>	■	■	■	■	■					■
<u>PCO2</u>	■	■	■	■	■					■
<u>PO2</u>	■	■	■	■	■					
<u>TCO2*</u>	■	■	■	■	■					■
<u>HCO3*</u>	■	■	■	■	■					■
<u>BEecf</u>	■	■	■	■	■					■
<u>sO2</u>	■	■	■	■	■					
<u>Lactate</u>		■								
<u>Anion Gap</u>										■

Fuente: i-STAT CORPORATION. "Cartridge Family" URL (www.i-stat.com), USA, 2005

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS GENERALES Y DISCUSIÓN

Al finalizar la totalidad de la actividad deportiva, se tomaron los datos (n=15), que luego se compararon con los previos al ejercicio (control), obteniéndose a través de este estudio para caninos practicantes de agility en Bogotá los siguientes resultados.

3.1.1. Temperatura. Después del ejercicio realizado durante las pruebas de Agility, todos los caninos presentaron un marcado incremento de la temperatura rectal. Obteniéndose una variación significativa al $P < 0.001$ (Ver Tabla 6). La temperatura rectal incrementa luego del ejercicio porque una porción de energía de nutriente se convierte en calor durante el metabolismo celular,⁷⁹ porque sólo cerca del 25% de la energía química se convierte en trabajo y el resto de la energía se convierte en calor.⁸⁰

Tabla 6. Resultados Estadísticos generales para la variable Temperatura.

Tiempo	Mínimo °C	Máximo °C	Media+/-Ds	Valor Estadístico De T	P
Pre.	38,4	39,1	38,7113± 0,2136	-6,00170109	3,2453E-05
Post.	38,8	40,8	39,78± 0,6699		

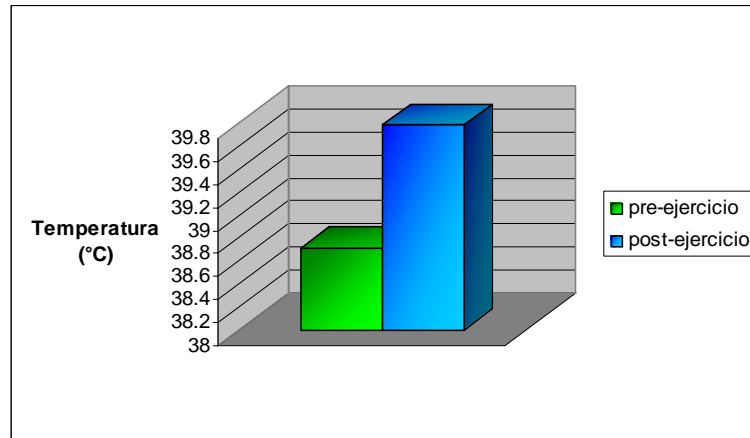
- Pre= Previo al ejercicio.
- Post= Posterior al ejercicio.
- Ds= Desviación Estándar.

⁷⁹ MATWICHUK Cary L, TAYLOR Susan M, SHMON Cindy L, KASS Philip H, SHELTON Diane. Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas, and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after Strenuous exercise. En: American Journal of Veterinary Research. 1999; 60(1): p. 90-91

⁸⁰ HILL Richard C. The Nutritional requirements of exercising dogs. En: The Journal of Nutrition. 1998; 128(12): p.2687s .

A continuación se observa gráficamente la variación en la temperatura que presentan los caninos como resultado del ejercicio (Ver Figura 25).

Figura 25. Cambio en la temperatura rectal en caninos atletas post ejercicio.



3.1.2. Frecuencia respiratoria y de pulso. Para el total de los animales en estudio, la variación para frecuencias fue significativa al $P < 0.001$, aumentando en valor tras el ejercicio. (Ver Figuras 26 y 27)

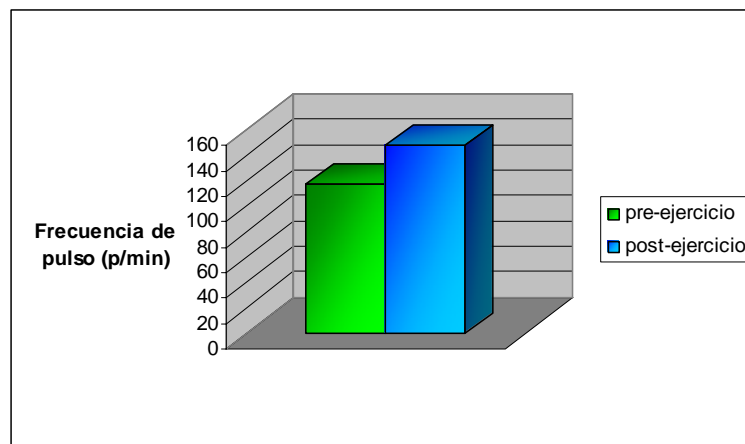
La frecuencia de pulso, aumenta en manifestación al incremento de la frecuencia cardiaca, que se genera en respuesta al ejercicio, que lleva a un aumento del gasto cardiaco para cubrir la demanda de oxígeno de los músculos activos. El aumento de la frecuencia cardiaca en los atletas caninos también se puede generar como respuesta anticipada al ejercicio. Además, antes de alcanzar el ejercicio máximo, la ansiedad afecta la frecuencia cardiaca.⁸¹

⁸¹ SWENSON Melvin, REECE William, Op.cit., p. 305 – 306.

Tabla 7. Resultados Estadísticos generales para las variables de Frecuencia respiratoria y de pulso.

Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/- Ds	Valor Estadístico De T	P
Frecuencia de Pulso (p/m)	Pre	89	149	116,8666 ± 17,0120	-6,27821755	2,0282E-05
	Post.	110	200	147,8666 ± 23,0399		
Frecuencia Respiratoria (r/m)	Pre.	17	122	51,5333 ± 35,6768	-8,85190086	4,1373E-07
	Post.	120	310	207,6666 ± 63,2948		

Figura 26. Variación en la frecuencia de pulso en caninos de Agility post ejercicio.

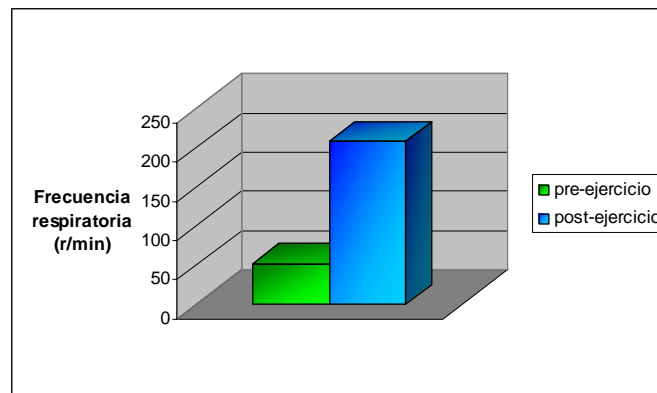


Como se observa en la Tabla 7, la tasa respiratoria tuvo un aumento marcado. Sin embargo cabe resaltar que para el momento de llegada al lugar de muestreo los animales manifestaban jadeo y excitación, esto como respuesta anticipada al ejercicio, lo que se podría llamar ansiedad al juego.

Los perros responden al ejercicio con hiperventilación (jadeo), que es causada por incremento en la temperatura corporal, incremento en la demanda de oxígeno, excitación, estimulación de los centros respiratorios, o algunas combinaciones de

estos factores.⁸² La hiperventilación lleva consigo a un descenso en el PCO_2 (hipocapnia) por aumento en su eliminación y a su vez a un aumento en el PO_2 por incremento en la entrada para este gas. A continuación la Figura 27, representa el aumento de la tasa respiratoria como respuesta al ejercicio realizado por los caninos practicantes de Agility para este estudio.

Figura 27. Variación en la frecuencia respiratoria en caninos practicantes de Agility post ejercicio.



3.1.3. Gases Arteriales. Así como el estudio en donde se evaluó el comportamiento de un grupo de Labradores Retrievers antes y después del ejercicio arduo, donde Matwichuk y su grupo de investigadores, encontraron que inmediatamente después del ejercicio, se presentaba un incremento marcado de PO_2 , y a su vez un descenso en la PCO_2 .⁸³ de igual forma para este estudio en perros deportistas practicantes de Agility se generó un aumento significativo al $P < 0.05$ para PO_2 y SO_2 , y un descenso significativo al $P < 0.001$ para PCO_2 y de igual manera la TCO_2 (ver Tabla 8).

Sin embargo, aunque disminuyó la PCO_2 post ejercicio en comparación a la de control, siempre los valores se encontraron por debajo de los referenciales (30.8 a 42.8 mmHg), esto a causa del jadeo que se presenta al arribo del canino al sitio de competencia, como respuesta a la ansiedad que genera el agility como juego para él. Durante el jadeo, la respiración causa que la eliminación de CO_2 sea más rápida que su producción, porque la frecuencia respiratoria es incrementada para

⁸² STEISS J, AHMAD H.A, COOPER P, LEDFORD C. Physiologic responses in Healthy Labrador Retrievers during Field Trial Training and Competition. En: Journal Veterinary Internal Medicine. 2004; 18. 149-150p.

⁸³ MATWICHUK Cary L, TAYLOR Susan M, SHMON Cindy L, KASS Philip H, SHELTON Diane. Op.cit. p.91

termorregular más que para necesidades metabólicas. Esto hace que la concentración de CO₂ en sangre caiga.⁸⁴

En relación con el oxígeno, el cuerpo contiene normalmente este gas almacenado y puede usarse para el metabolismo aerobio aun sin respirar más oxígeno. Con el ejercicio este almacenamiento se utiliza, por lo que esta reserva debe reponerse por medio de la respiración, obteniendo cantidades de oxígeno adicionales y superiores a las exigidas por las necesidades normales. En los primeros minutos del ejercicio, la captación de oxígeno aumenta más de 15 veces. Luego, incluso habiendo finalizado el ejercicio, sigue habiendo una captación de oxígeno superior a lo normal, muy intensamente al principio mientras el organismo está reconstituyendo el sistema del fosfágeno y devolviendo la cantidad de oxígeno de reserva correspondiente a la deuda de oxígeno, y luego durante otra hora más a un nivel más bajo mientras se elimina el ácido láctico.⁸⁵

Tabla 8. Resultados Estadísticos generales para las variables de PCO₂, PO₂ TCO₂, SO₂

Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/-Ds	Valor Estadístico De T	P
PCO ₂ (mmHg)	Pre	24,7	41,6	29,0733 ± 5,3194	5,79495684	4,644E-05
	Post.	16	30	23,0466 ± 4,6567		
PO ₂ (mmHg)	Pre.	47	67	61,4666 ± 5,6551	-2,47641394	0,02665278
	Post.	52	73	66± 5,5933		
TCO ₂ (mmol/L)	Pre	16	23	18,6733 ± 2,2521	5,97371866	3,4054E-05
	Post.	11	19	15,9733 ± 2,2889		
SO ₂ (%)	Pre.	43	94	85,6 ± 12,7211	-2,83876436	0,01313781
	Post.	61	96	89,9333 ± 8,3278		

⁸⁴ HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Thermal Relations. Op.cit. p.226

⁸⁵ GUYTON Arthur C, HALL John E. Fisiología de los deportes. Op. cit, 1170-1171p.

Las siguientes gráficas muestran la comparación de las variaciones entre PCO_2 y PO_2 post ejercicio en caninos, además de los cambios en la SO_2 y en TCO_2 (Ver Figuras 28, 29 y 30)

Figura 28. Comparación de las variaciones de PCO_2 , PO_2 post ejercicio en caninos.

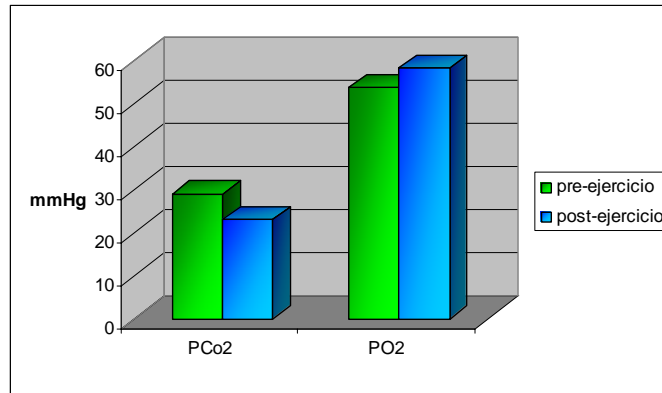


Figura 29. Variación en la SO_2 en caninos practicantes de Agility post ejercicio.

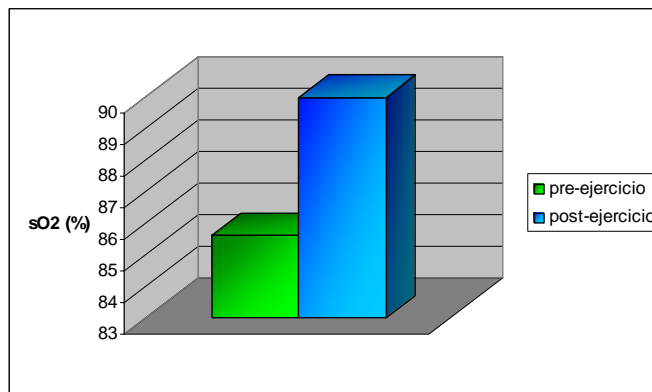
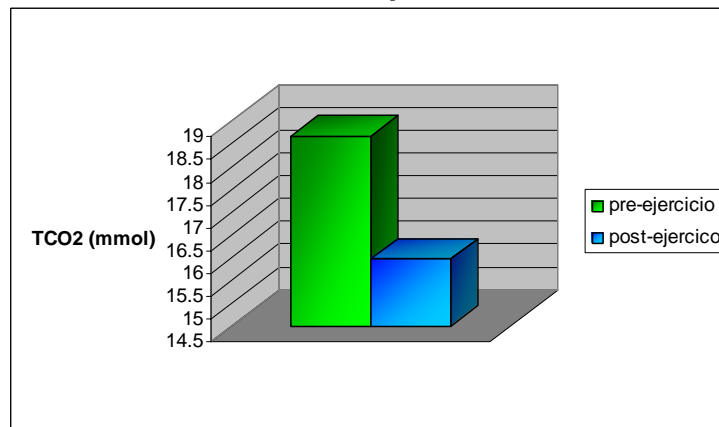


Figura 30. Cambio en TCO_2 en caninos post entrenamiento de Agility.



3.1.4. Equilibrio Ácido-Base. El primer valor a tomar en consideración para interpretar el equilibrio ácido/básico es el valor de pH. Basándose en los valores normales para el laboratorio de referencia se debe decidir si el dato es normal o si indica acidemia o alcalemia. El próximo paso es la evaluación del componente respiratorio mediante el valor de la PO_2 . El componente metabólico se juzga por el exceso de base (BE), que puede indicar acidosis metabólica o alcalosis metabólica.⁸⁶

Como se mencionó anteriormente la población en estudio presentó una disminución en la PCO_2 , y este descenso incrementa el pH sanguíneo, por aumento en la relación de Bicarbonato: PCO_2 . Aunque los valores de pH arterial se encontraron entre los referenciales, hubo un ascenso significativo al $P < 0.001$, con tendencia al límite superior. Además el bicarbonato junto con el BE y el Anion Gap, descendieron de una forma significativa al $P < 0.001$, llegando a pasar el límite inferior de referencia para cada una de las variables. De esta manera se puede deducir un cambio ácido-básico en el que prima la alcalosis respiratoria y como compensación una acidosis metabólica. (Ver Tabla 9 y Figuras 31-32)

Se identifica la alcalosis respiratoria como perturbación primaria, por las variaciones que presenta el pH, PCO_2 y Bicarbonato después del ejercicio. Con estos mismos valores, se puede determinar una acidosis metabólica, pero que en este caso, actúa como compensación al trastorno ácido-básico primario, pues ellos muestran la respuesta compensatoria a través del descenso de unidades Bicarbonato con relación al descenso de unidades de PCO_2 (compensaciones renales y respiratorias esperadas a los trastornos acidobásicos primarios en perros: ver Tabla 2).

Se descarta una perturbación acidobásica mixta porque no existe una acidosis láctica que superponga la alcalosis respiratoria, que si puede ocurrir en caninos que se ejercitan a un grado máximo⁸⁷, porque aunque el lactato aumenta de manera significativa, se encuentra en los valores normales.

Matwichuk et al⁸⁸, Ilkiw et al⁸⁹ y Rose et al⁹⁰, describen un patrón metabólico similar (alcalosis respiratoria con acidosis metabólica) en Galgos inmediatamente después de competencia y Labradores Retrievers posterior al ejercicio.

⁸⁶ ROBERTSON Sheilah A. Desórdenes Ácido/Base simples. En: Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales. 1991; 19(2). p.113

⁸⁷ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Trastornos acidobasicos mixtos. p.271.

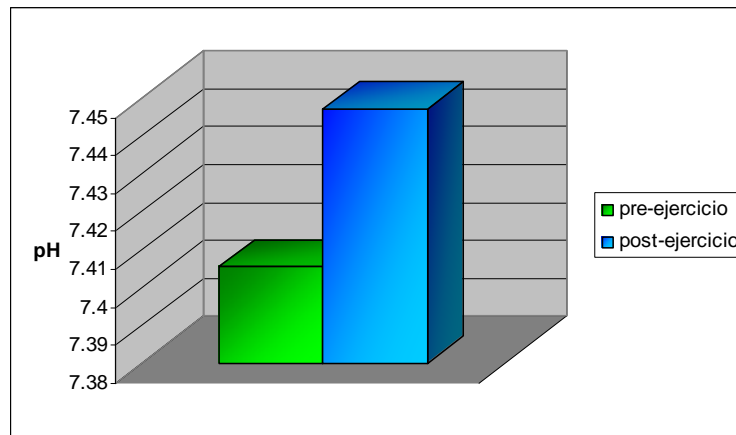
⁸⁸ MATWICHUK Cary L, TAYLOR Susan M, SHMON Cindy L, KASS Philip H, SHELTON Diane. Op.cit. p.91

⁸⁹ ILKIW JE, DAVIS PE, CHURCH DV. Hematologic, Biochemical, Blood-gas, and acid-base values in Greyhounds before and after exercise. En: American Journal of Veterinary Research. 1989; 50: p.583

Tabla 9. Resultados Estadísticos generales para las variables de HCO₃, pH, Anion Gap, BE.

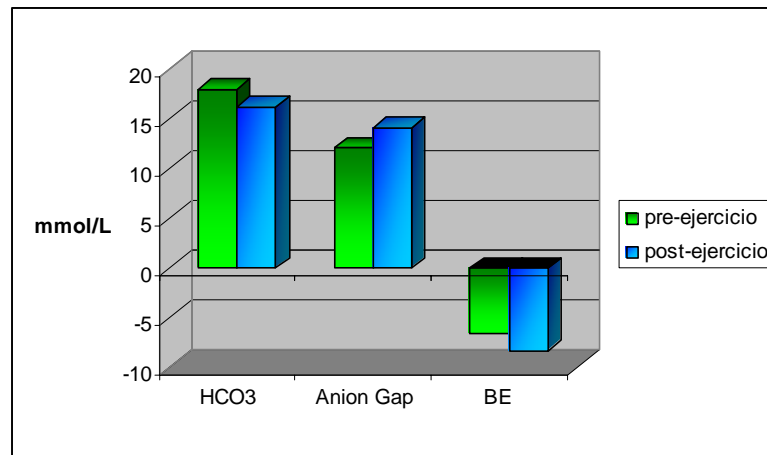
Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/-Ds	Valor Estadístico De T	P
HCO ₃ (mmol/L)	Pre	15,6	21.3	18,0133 ± 1,8512	5,41588994	9,0971E-05
	Post.	13,5	20	16,2333 ± 1,9601		
pH	Pre.	7,296	7,45	7,4054 ± 0,0378	-4,47137972	0,00052732
	Post.	7.376	7.535	7,4471 ± 0,0443		
Anion Gap (mmol/L)	Pre	8	15	12,1333 ± 2,0307	-9,16515139	2,7195E-07
	Post.	10	17	14.1333 ± 2,3258		
BE (mmol/L)	Pre.	-9	-11	-6,6 ± 1,8439	7,59653323	2,4881E-06
	Post.	-4	-5	-8,3333 ± 1,7994		

Figura 31. Cambio en pH en caninos post entrenamiento de Agility



⁹⁰ ROSE, BLOOMBERG. Response to sprint exercise in the greyhound: effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites. En: Research of Veterinary Science. 1989; 47: 212-218.

Figura 32. Comparación de las variaciones de HCO₃, Anion Gap, BE, post ejercicio en caninos.



3.1.5. Hematocrito y Hemoglobina. Para los valores de Hematocrito y Hemoglobina se presentó un incremento significativo al $P < 0.001$, pero conservándose en los rangos. (Ver Figuras 33 y 34)

Los cambios que se observan en la sangre circulante cuando un animal hace ejercicio, son notablemente rápidos. El ejercicio tiene efectos variables en el Hemograma dependiendo de la intensidad del trabajo. El ejercicio generalmente resulta en la movilización de eritrocitos de origen esplénico y por lo tanto hay un incremento en el transporte de oxígeno. Tanto en el ejercicio, como la excitación, incrementan el volumen de eritrocitos circulantes en un volumen plasmático igual o reducido, resultando en un aumento del hematocrito, de la concentración de hemoglobina y de la cuenta de eritrocitos.⁹¹

Sin embargo otro punto importante a discutir es la deshidratación como producto del ejercicio realizado para la población en estudio, por el aumento significativo en el Hematocrito y Hemoglobina, que denotan hemoconcentración, porque aunque se puede atribuir este cambio a la contracción esplénica, para este estudio, los valores se relacionan más con la hemoconcentración por pérdida de agua pura, conclusión a la que se puede llegar con apoyo en los resultados obtenidos para sodio y a través de la fisiopatología del jadeo. Además, la diferencia entre las medias pre y post actividad física es de casi 5 puntos, lo que se puede expresar como una deshidratación leve.

La Tabla 10 muestra los resultados estadísticos generales para las variables de Hematocrito y Hemoglobina.

⁹¹ SNOW , KERR, STUTTARD. Changes in haematology and plasma bio chemistry during maximal exercise in greyhounds. En: Veterinary Record. 1998; 123: p.488.

Tabla 10. Resultados Estadísticos generales para las variables de Hematocrito y Hemoglobina.

Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/- Ds	Valor Estadístico De T	P
Hematocrito (%)	Pre.	40	53	46,5333 ± 3,7581	-5,01857017	0,00018793
	Post.	40	56	50,3333 ± 4,5303		
Hemoglobina (g/dl)	Pre.	14,3	18	16,0733 ± 1,162796	-4,17340662	0,00093783
	Post.	13,6	18.7	17,1266 ± 1,58900987		

Figura 33. Variación del Hematocrito en perros de Agility.

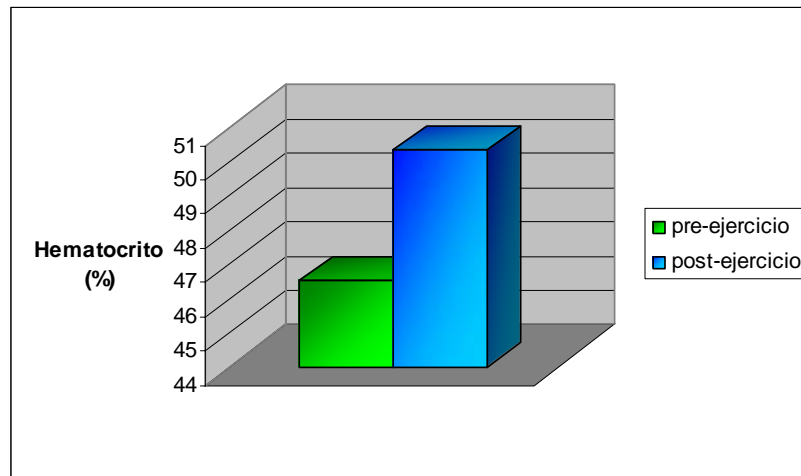
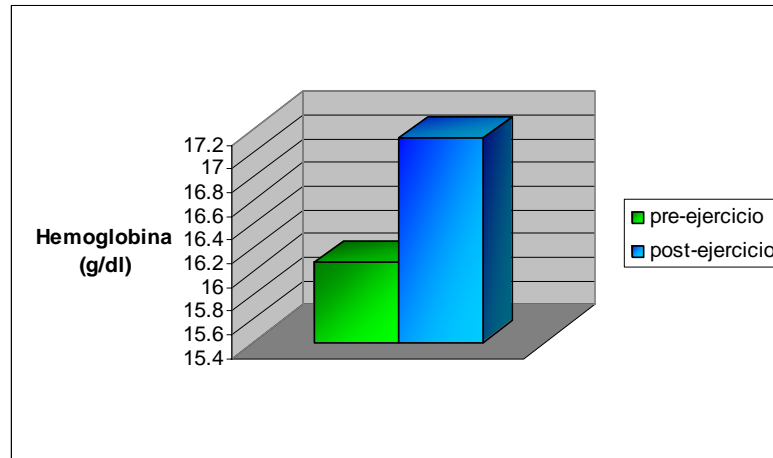


Figura 34. Variación de la Hemoglobina tras el ejercicio en perros de Agility.



La Hemoconcentración (deshidratación) inducida por el ejercicio se desarrolla cuando la cantidad de agua que se pierde a partir del cuerpo no es adecuadamente reestablecida a través del consumo de líquido, además se debe tener en cuenta que los perros termorregulan principalmente a través de la pérdida de vapor de agua.⁹²

3.1.6. Electrolitos y Osmolalidad. El incremento significativo de Sodio al $P < 0.001$, más la hiperosmolalidad igual de significativa, denotan déficit en agua pura con concentración de partículas.

Cuando se desarrolla un déficit de agua pura, el LEC se torna hipertónico en relación con el LIC y fuerzas osmóticas llevan agua del compartimiento intracelular al extracelular. El resultado final es que la pérdida de volumen (hipovolemia) es compartida de manera proporcional entre los compartimientos extracelular e intracelular. Así, la hipertonicidad asociada con pérdida de agua pura suele implicar que el consumo de agua ha sido insuficiente.⁹³

Con la pérdida de agua pura que se desencadena del jadeo, no se pierden sales porque la evaporación ocurre dentro del cuerpo y solo vapor de agua se pierde con el aire exhalado. Además con la hiperosmolalidad obtenida (media 327,592), se puede clasificar esta deshidratación, como una hiperosmótica. Para el estudio la osmolalidad tanto inicial como final se encontró por encima de la referencia, volviendo al planteamiento realizado al inicio de esta discusión y es que se

⁹² BURR John R, REINGART Gregory A, SWENSON Richard A, SWAIM Steven F, VAUGHN Dana, BRATLAY Dino M. Serum biochemical values in sled dogs before and after competing in long-distance races. *En: Journal of American Veterinary Medical Association*. 1997;211(2) p,177

⁹³ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Trastornos de Sodio y agua. p.55-57.

generan cambios previos al ejercicio por la ansiedad, que para este caso se le atribuyen básicamente al jadeo.

Con relación al Cloro, el aumento entre los valores previos al ejercicio con los posteriores, es significativo al $P < 0.001$. Este cambio nos haría pensar en que estuviera ocurriendo una hipercloremia artificial, que se debe exclusivamente a un cambio en el contenido de agua del plasma sin un desequilibrio en el contenido de electrolitos causando dilución o concentración de aniones y cationes. En consecuencia, las concentraciones de sodio y cloruro cambian de manera paralela. Por tanto, junto con el cloruro debe valorarse también el sodio a fin de explicar las modificaciones en el equilibrio de agua. Motivo por el cual, la concentración de cloruro de un paciente se “corrige” para tomar en cuenta los cambios en la concentración de sodio. En caso de que al corregir el cloro, los valores se encuentren normales, se habla de una hipercloremia artificial.⁹⁴ En el caso de este estudio, luego de corregir el cloruro, los valores permanecieron por encima de los referenciales, lo que determina una hipercloremia corregida causada por la alcalosis respiratoria.

Para el potasio se obtuvo un incremento significativo al $P < 0.01$, hecho que se atribuye, a que la mayoría del potasio corporal se encuentra localizado en el músculo esquelético. El potasio es un mediador importante de la hiperemia en el músculo ejercitado, por lo que es liberado desde el compartimiento de fluido intracelular del músculo en ejercicio, y actúa para incrementar el flujo sanguíneo para ese músculo (causando dilatación de arteriolas precapilares). El potasio liberado por el músculo esquelético ejercitado es una causa de hipercalemia durante y posterior al ejercicio enérgico.⁹⁵ La degradación hística masiva suele ocasionar hipercalemia transitoria mientras el potasio liberado se excreta en los riñones.

La hipertonicidad a veces es responsable por la hipercalemia. El aumento brusco de la presión osmótica impulsa al LIC hacia el compartimiento extracelular. Esto a su vez promueve un arrastre de solventes en el cual el potasio es retirado o lavado de la célula. La resolución espontánea se producirá cuando desaparezca la hipertonicidad. De igual modo, la hipertermia produce hipercalemia que desaparece espontáneamente una vez que ella es corregida.⁹⁶

La Tabla 11 compara los valores en electrolitos y Osmolalidad para caninos deportistas de Agility en la ciudad de Bogotá.

⁹⁴ DI BARTOLA Stephen P. Op. cit. Trastornos de Cloruro. p.81.

⁹⁵ JOHNSON Philip J. Fluids and Electrolytes in Athletic Horses: Physiology of Body Fluids in the Horse. En: Veterinary Clinics of North America Equine Practice. 1998; 14(1): p.14,17

⁹⁶ WILLARD. Fluidoterapia y Alteraciones Hidroelectrolíticas: Alteraciones en la Homeostasis del Potasio. Clínicas En: Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales. 1991; 19(2). p.60.

Tabla 11. Comparación de los valores en electrolitos y Osmolalidad para caninos deportistas de Agility en la ciudad de Bogotá.

Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/- Ds	Valor Estadístico De T	P
Sodio (mmol/L)	Pre.	140	148	144,8 ± 1,8205	-6,17914381	2,3973E-05
	Post.	143	150	146.8 ± 1,9346		
Potasio (mmol/L)	Pre.	3.6	4.0	4,0333 ± 0,1838	-3,26311007	0,00566305
	Post.	3.6	4.3	4,1533 ± 0,2133		
Cloruro (mmol/L)	Pre.	115	123	119,4 ± 1,8439	-5,51135192	7,6659E-05
	Post.	119	124	121,2 ± 1,5212		
Osmolalidad (mosm/Kg)	Pre.	307,61	330,7	321,9653 ± 6,0344	-5,52184186	7,5236E-05
	Post.	312.31	337.74	327,5926 ± 6,009		

A continuación se grafica los resultados para las variables de Osmolalidad y electrolitos. (Ver Figuras 35,36 y 37). Además se muestra la gráfica comparativa entre los niveles de Cloro y Cloro corregido para los caninos, antes y después de la práctica de Agility. (Ver Figura 38)

Figura 35. Variación en la Osmolalidad como consecuencia del ejercicio en perros atletas de Agility

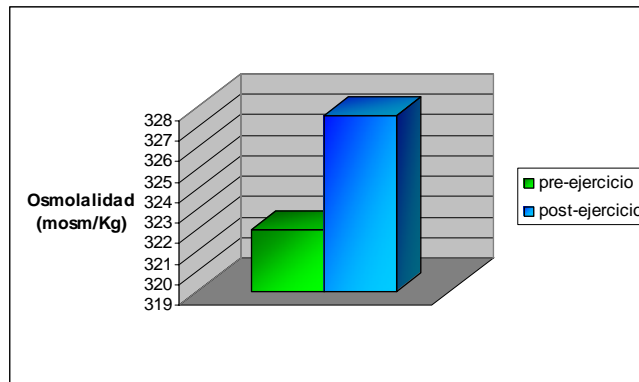


Figura 36. Comparación de los valores plasmáticos de Sodio y Cloro en perros deportistas practicantes de agility previo y posterior al ejercicio.

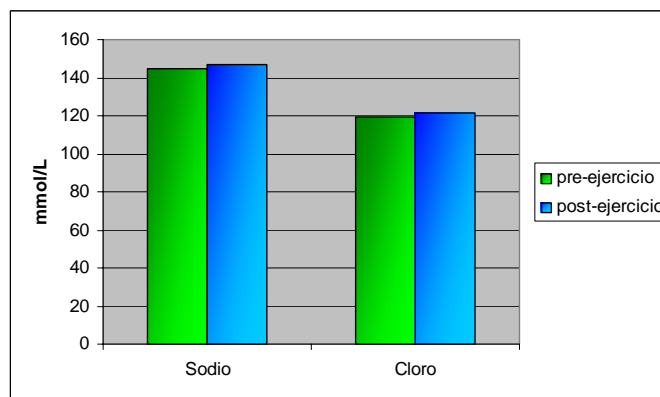


Figura 37. Representación de la variación de potasio para caninos post ejercicio

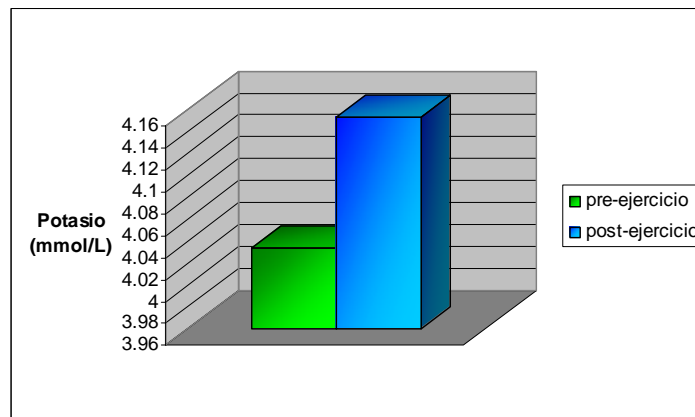
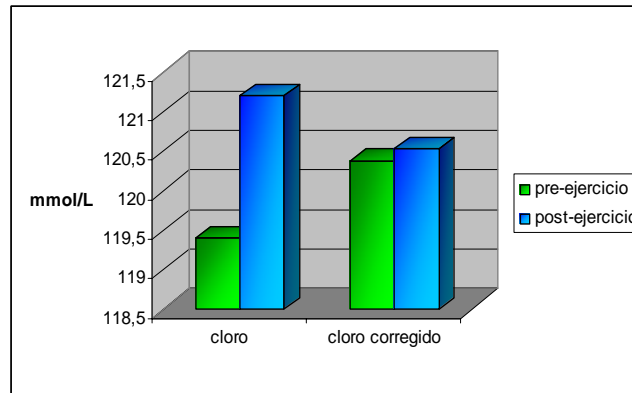


Figura 38. Comparación entre los resultados de Cloruro vs. Cloro Corregido para caninos post ejercicio.



3.1.7. BUN. Los cambios en el nitrógeno uréico en sangre dependen del estado de catabolia proteínica, y pueden descubrirse valores artificialmente altos o bajos por este motivo, de manera independiente de una función renal normal.⁹⁷

Los niveles de BUN aumentaron significativamente al $P < 0.05$ tras el ejercicio, pero se conservaron entre los referenciales. Los altos niveles séricos de BUN, son el resultado de un incremento en el catabolismo proteico para proveer energía para el trabajo. Durante el ejercicio prolongado, la oxidación proteínica puede proveer hasta un 10% de energía necesaria para el trabajo muscular. En un estudio realizado por Burr y colaboradores, para perros de trineo en competencia de largas distancias, se reporta un incremento la concentración de BUN en suero en respuesta al ejercicio.⁹⁸

A continuación se muestra en gráfica y tabla el cambio generado por la actividad física para esta variable en los perros deportistas en estudio. (Ver Tabla 12 y Figura 39)

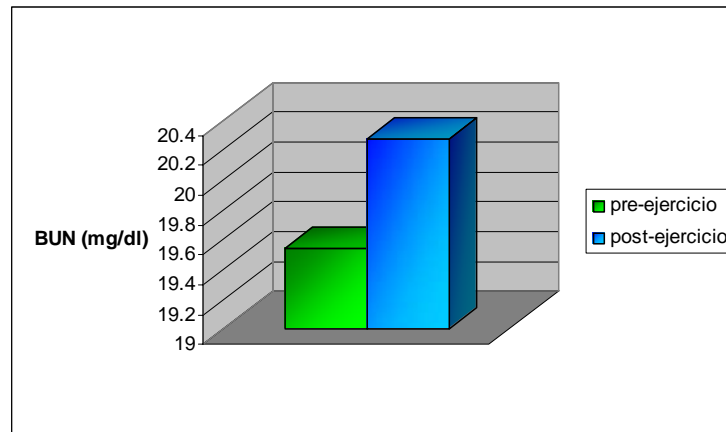
Tabla 12. Variación en los niveles de BUN sérico en perros de Agility.

Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/-Ds	Valor Estadístico De T	P
BUN (mg/dL)	Pre.	9	36	19,5333 ± 6,7386	-2,95498879	0,01044226
	Post.	10	38	20,2666 ± 6,7767		

⁹⁷ SODEMAN William A, SODEMAN Thomas M. Fisiopatología clínica de Sodeman: Mecanismos de Producción de los Síntomas. Séptima Edición. México D.F: Interamericana, 1988. p. 421

⁹⁸ BURR John R, REINGART Gregory A, SWENSON Richard A, SWAIM Steven F, VAUGHN Dana, BRATLAY Dino M. Op. cit. p. 178

Figura 39. Resultados de BUN para caninos post ejercicio en pruebas de Agility.



3.1.8. Lactato y Glucosa. Un incremento significativo al $P < 0.01$ de los niveles de lactato, se evidenció tras el ejercicio realizado. Para la glucosa se observó un ligero aumento en los valores, sin embargo este cambio no fue significativo. Elevación en la concentración de lactato tras el ejercicio, también se observó en investigaciones previas para Galgos de carreras^{99,100}, perros de trineo¹⁰¹ y Labradores Retrievers¹⁰².

El mantenimiento de la contracción muscular durante el ejercicio requiere el aporte de grandes cantidades de energía química. El ATP es el vehículo intracelular universal de energía química dentro del músculo esquelético, cuando el glucógeno almacenado en el músculo se degrada, puede proporcionar glucosa, y esa glucosa se utiliza después para obtener energía. En la glucólisis, la glucosa produce ácido pirúvico, que pasa seguidamente a las mitocondrias de las células musculares y reacciona con el oxígeno para formar ATP. Sin embargo, cuando no hay oxígeno suficiente para este segundo paso (la fase oxidativa) del metabolismo de la glucosa, la mayoría del ácido pirúvico se convierte en ácido láctico, el cual sale entonces de las células musculares y pasa al líquido intersticial y a la sangre. Los músculos no almacenan directamente glucosa, es posible su obtención a través de la síntesis hepática (gluconeogénesis); por esto es posible encontrar glucosa en la circulación general para su captación y uso, luego de estar recién formada.¹⁰³

⁹⁹ SNOW , KERR, STUTTARD. Op. cit. p.487.

¹⁰⁰ ILKIW, DAVIS, CHURCH. Op.cit. p.583

¹⁰¹ BURR John R, REINGART Gregory A, SWENSON Richard A, SWAIM Steven F, VAUGHN Dana, BRATLAY Dino M. Op. cit. p. 178

¹⁰² MATWICHUK Cary L, TAYLOR Susan M, SHMON Cindy L, KASS Philip H, SHELTON Diane. Op.cit. p.91

¹⁰³ WASSERMAN Karlman, HANSEN James, SUE Darryl, CASABURI Richard, WHIPP Brian. Physiology of Exercise. Op. cit, p.13-14, 19-21.

Los niveles de lactato aumentan con el ejercicio durante la hipertermia inducida por éste. La concentración posterior al ejercicio provee un indicador del nivel de intensidad del ejercicio, a mayor intensidad mayor el nivel de concentración.

Tabla 13. Variación en los niveles de Lactato y glucosa sérica en perros de Agility.

Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/- Ds	Valor Estadístico De T	P
Lactato (mmol/L)	Pre.	0.47	2.19	1,1833 ± 0,4751	-2,78055701	0,01473324
	Post.	0.74	2.57	1,752 ± 0,6360		
Glucosa (mg/dl)	Pre.	95	116	107,0666 ± 6,1233	-0,65199786	0,52496297
	Post.	90	121	108,066667 ± 7,17601826		

Las Figura 40 y 41 revelan los cambios para las variables de Lactato y Glucosa para los perros de este estudio.

Figura 40. Resultados de Lactato para caninos post ejercicio en pruebas de Agility.

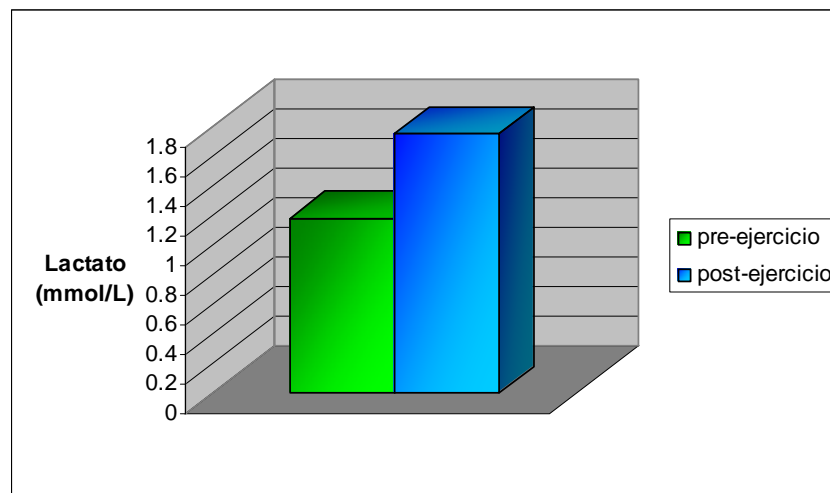
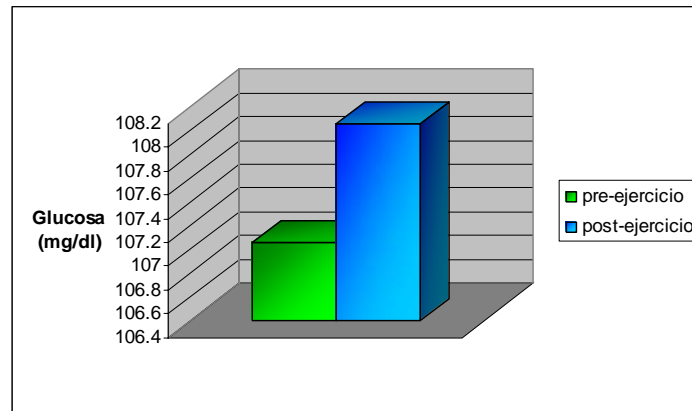


Figura 41. Resultados de Glucosa para caninos post ejercicio en pruebas de Agility.



3.2. RESULTADOS POR CATEGORÍA DE TAMAÑO EN AGILITY

En el Agility se incluyen (3) Categorías, cuya diferenciación consiste en el tamaño (altura de la cruz) del perro.

3.2.1. Categoría Small. La categoría small incluye los perros que tienen una alzada de cruz hasta 35 cm (n=7). Sin embargo se adiciona a este grupo a los dos caninos Medium (con alzada de 36 y 41), porque la cantidad de animales (n=2) no es significativa para analizarlos como una sola categoría, para un total n=9.

Para las variables Frecuencia Respiratoria, Sodio, Potasio, Cloro, Glucosa, Hematocrito, SO_2 , Anion Gap, BE y Osmolalidad, se conserva el nivel de significancia y el comportamiento (descenso o aumento, según el caso) obtenido con los datos generales, discutido anteriormente.

Para Temperatura, Frecuencia de pulso, BUN, Hemoglobina, PCO_2 , PO_2 y Bicarbonato, se conserva el comportamiento presentado en el análisis general, solo que la significancia cambia al $P < 0.01$.

Con relación al Lactato y a la TCO_2 su comportamiento (aumento y descenso respectivamente) posterior al ejercicio no es significativo (Tabla 14). Sin embargo, los investigadores de este estudio atribuyen este fenómeno a que el número de animales no es representativo estadísticamente para los correspondientes análisis de resultados. Por esta razón la interpretación de los resultados puede no ser del todo confiable, porque el bajo número de caninos puede presentar falsos resultados.

Sin embargo, el que el aumento en el Lactato no sea significativo puede deberse a que para esta categoría la oxigenación es más significativa que para la población total; PO₂ en small significativa al P<0.01 y PO₂ significativa al P<0.05 en el análisis de resultados general.

Tabla 14. Variación en los niveles de Lactato, PO₂ y TCO₂ para caninos de Agility que integran la categoría Small.

Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/- Ds	Valor Estadístico De T	P
Lactato (mmol/L)	Pre.	0,8	2,19	1,27 ± 0,4080	-1,72335649	0,1231171
	Post.	0,8	2,57	1,7911 ± 0,5988		
PO ₂ (mmHg)	Pre.	27	65	51,7777 ± 13,7820	-4,24306156	0,00282568
	Post.	47	73	61,6666 ± 8,3666		
TCO ₂ (mmol/L)	Pre.	16	23	18,6666 ± 2,6925824	1,53654665	0,16295761
	Post.	11	19	16,2222 ± 2,5873		

A continuación se muestran las gráficas que revelan el comportamiento para las variables de Lactato, PO₂ y TCO₂, para la categoría Small de los practicantes de Agility en la Ciudad de Bogotá. (Ver Figuras 42-43-44)

Figura 42. Resultados de Lactato para caninos post ejercicio en pruebas de Agility para la Categoría Small.

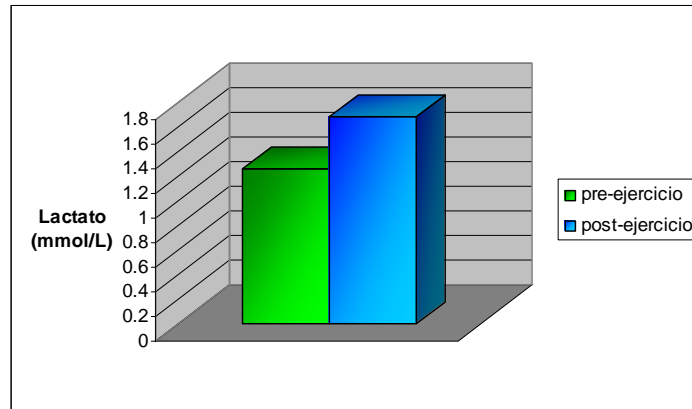


Figura 43. Resultados de PO₂ para caninos post ejercicio en pruebas de Agility para la Categoría Small.

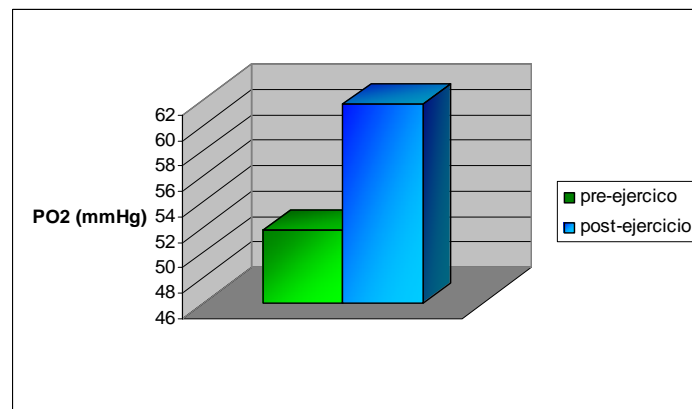
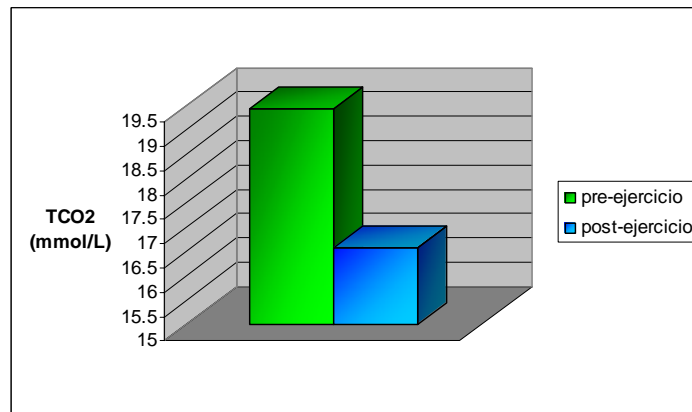


Figura 44. Variación en el nivel de TCO₂ para caninos de Agility que integran la categoría Small.



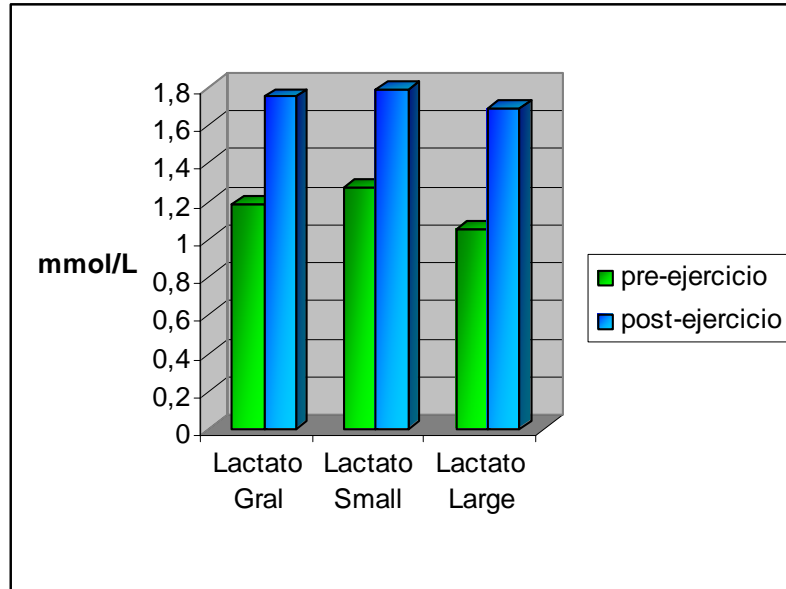
3.2.2. Categoría Large. El número de animales para este grupo es de 6, siendo un número muy bajo, lo cual hace difícil la interpretación de los datos y el correcto análisis de los mismos. Situación que se evidencia claramente al observar el descenso en la significancia para todas y cada una de las variables. (Ver Tabla 15).

Un ejemplo que denota la poca significancia de dividir por grupos el análisis estadístico, es el Lactato. Porque para las categorías de Small y Large el cambio de esta variable no fue significativo, mientras que para el grupo en general si lo fue. Además luego de obtener la diferencia entre medias de pre y post ejercicio se obtuvieron los siguientes valores para el Lactato: general=0.57, small=0.52 y large=0.64. Todo porque la muestra es muy pequeña para cada grupo. A continuación se presentan gráfica y tabla que hacen referencia al ejemplo anteriormente descrito. (Ver Figura 45 y Tabla 15)

Tabla 15. Comparación entre los valores de Lactato pre y post ejercicio en los grupos de estudio.

Parámetro	Tiempo	Mínimo	Máximo	Media+/- Ds	Valor Estadístico De T	P
Lactato Gral (mmol/L)	Pre.	0.47	2.19	1,1833 ± 0,4751	-2,78055701	0,01473324
	Post.	0.74	2.57	1,752 ± 0,6360		
Lactato Small (mmol/L)	Pre.	0,8	2,19	1,27 ± 0,4080	-1,72335649	0,1231171
	Post.	0,8	2,57	1,7911 ± 0,5988		
Lactato Large (mmol/L)	Pre.	0,47	2,05	1,05333 ± 0,5761	-2,36220763	0,06457386
	Post.	0.74	2.56	1,6933 ± 0,7430		

Figura 45. Comparación entre los valores de Lactato pre y post ejercicio en los grupos de estudio.



CONCLUSIONES

- Después del ejercicio realizado durante las pruebas de Agility, todos los caninos presentaron un marcado incremento de la temperatura rectal. porque sólo cerca del 25% de la energía química se convierte en trabajo y el resto de la energía se convierte en calor.
- La frecuencia de pulso, aumenta en manifestación al incremento de la frecuencia cardíaca, que se genera en respuesta al ejercicio, que lleva a un aumento del gasto cardíaco para cubrir la demanda de oxígeno de los músculos activos. El aumento de la frecuencia cardíaca en los atletas caninos también se puede generar como respuesta anticipada al ejercicio, además que la ansiedad aumenta la frecuencia.
- Los perros responden al ejercicio con hiperventilación (jadeo), que es causada por incremento en la temperatura corporal, incremento en la demanda de oxígeno, excitación, estimulación de los centros respiratorios, o algunas combinaciones de estos factores. La hiperventilación lleva consigo a un descenso en el PCO_2 (hipocapnia) por aumento en su eliminación y a su vez a un aumento en el PO_2 por incremento en la entrada para este gas.
- La población de caninos deportistas practicantes de Agility, presentó una disminución en la PCO_2 , y este descenso incrementó el pH sanguíneo, por aumento en la relación de Bicarbonato: PCO_2 . Generándose un trastorno ácido-básico en el que prima la alcalosis respiratoria y como compensación una acidosis metabólica.
- Como producto del ejercicio realizado para la población en estudio, se presentó deshidratación, manifestada en un aumento significativo en el Hematocrito y Hemoglobina, denotando hemoconcentración por pérdida de agua pura, conclusión a la que se puede llegar con apoyo en los resultados obtenidos para sodio y a través de la fisiopatología del jadeo.
- La deshidratación presentada por los caninos de agility durante la investigación, se clasificó como una deshidratación hiperosmótica, lo que sugiere la instauración de una terapia de fluidos hiposmóticos para su corrección. Que se puede prever a través de la administración por el mismo propietario, verificando que el canino consuma una correcta cantidad de agua antes, después de la actividad física, al igual que durante el tiempo de receso entre paso por pista.

- Al corregir el cloro pre y post ejercicio, los valores permanecieron por encima de los referenciales, lo que determina que los perros luego de la actividad realizada en competencias de Agility presentan una hipercloremia corregida causada por la alcalosis respiratoria.

- El potasio es un mediador importante de la hiperemia en el músculo ejercitado, por lo que es liberado desde el compartimiento de fluido intracelular del músculo en ejercicio, y actúa para incrementar el flujo sanguíneo para ese músculo. Presentándose, entonces, una hipercalemia luego del ejercicio realizado en las pruebas de Agility.

- Los altos niveles séricos de BUN obtenidos tras el ejercicio son el resultado de un incremento en el catabolismo proteico para proveer energía para el trabajo.

- Tras el ejercicio realizado por los perros de esta investigación, se observó un incremento en los niveles de lactato sérico; y la concentración posterior al ejercicio provee un indicador del nivel de intensidad del ejercicio (a mayor intensidad mayor el nivel de concentración). Por esta razón estos individuos aunque presentaron el aumento en esta variable, no alcanzaron a presentar una acidosis láctica, seguramente por el poco tiempo que dura cada prueba de la competencia. Sin embargo este factor debe tenerse en cuenta para controlar el incremento de Lactato.

- Una ventaja del jadeo para el perro, es que en comparación con la sudoración, no se pierden sales, porque la evaporación ocurre dentro del cuerpo y solo vapor de agua pura se pierde con el aire exhalado. Pero también tiene desventajas en comparación a la sudoración. A causa del esfuerzo muscular requerido para jadear, la evaporación de cierta cantidad de agua requiere más energía (e implica más producción de calor). Y otra desventaja es que induce alcalosis respiratoria, y una elevación del pH de los fluidos corporales causado por la remoción de dióxido de carbono. Durante el jadeo, la respiración causa que la eliminación de CO₂ sea más rápida que su producción, porque la frecuencia respiratoria es incrementada para termoregular más que para necesidades metabólicas. Esto hace que la concentración de CO₂ en sangre caiga. Como consecuencia la concentración de Hidrógeno en sangre cae y el pH de la sangre aumenta, esta alcalinidad (alcalosis) puede tener efectos mayores porque muchas enzimas y procesos celulares son altamente sensibles al pH.

- El analizador portátil sanguíneo empleado para este estudio, es usado principalmente para monitorear pacientes en unidades de cuidado crítico, sin embargo el equipo sirve para evaluar en campo los perros deportistas. Esta tecnología evita la necesidad del almacenamiento y el transporte de muestras sanguíneas. Los cartuchos de este analizador, están disponibles para analizar

muchos de los componentes de interés en perros de desempeño, incluyen gases arteriales, electrolitos, glucosa y lactato.

RECOMENDACIONES

- Para posteriores investigaciones en caninos deportistas, se sugiere la toma de proteínas plasmáticas totales, para diferenciar claramente la causa del aumento de hematocrito y hemoglobina, entre las que posiblemente se encuentra la deshidratación y la contracción esplénica.
- Próximos estudios deben realizarse bajo diferentes condiciones climáticas y geográficas (altitud sobre el mar), puesto que factores como el calor y la humedad puede generar cambios diferentes a los obtenidos en este trabajo.
- Se recomienda tomar las muestras de control (previas al ejercicio), en un día en que el perro no entrene o se encuentre en su ambiente de hogar, puesto que con los resultados obtenidos para este estudio, se verificó la respuesta anticipada del canino al deporte, que afectó las variables de frecuencia de pulso y respiratoria.
- Se sugiere que en próximas investigaciones similares a esta para perros de Agility, se incluya un grupo más amplio de atletas por categoría (Small, Medium y Large), con el fin de obtener márgenes más exactos para la interpretación, análisis y discusión de resultados.
- Conociendo los resultados en cuanto a cómo el ejercicio influye sobre las respuestas fisiológicas, sería ideal continuar esta línea de investigación, con el fin de corregir estas alteraciones y así asegurar un desempeño y salud del canino deportista practicante de Agility en la ciudad de Bogotá

BIBLIOGRAFÍA

ACCC. "Historia del Agility", Consultado en: URL (www.accc.com.co), <http://www.accc.com.co/agility.asp> , Bogotá; 2003.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. "Geografía Bogotana", Consultado en: URL (<http://www.bogota.gov.co>), <http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.010101> , Bogotá; 2006.

BJOTVEDT G, WEEMS C.W, FOLEY K. Strenuous exercise may cause health hazards for racing greyhounds. Veterinary Medicine Small Animals Clinics. 1993; 79:1481-1487 p.

BAXTER Nate. "Heat stroke and overheating in dogs: treatment & prevention", Consultado en: URL (www.personal.uncc.edu), <http://personal.uncc.edu/jvanoate/k9/heat.htm>; 1999.

BIRCHARD Stephen J, SHERDING Robert G. Manual Clínico de Pequeñas Especies. Tomo 1. México D.F: Mc Grax Hill, 1996. 75-76 p.

BISTNER Stephen I, FORD Richard B, RAFFE Mark R. Manual de terapéutica y procedimientos de urgencia en pequeñas especies. Séptima Edición. México D.F.: Mc Graw Hill, 2002. 585,592-593 p.

BOIX Joseph. Agility: Fundamentos, Aprendizaje y competición. Barcelona: Hispano Europea, S.A., 2001. 75-78 p.

BONILLA Wilson, MORENO Germán, ALVARADO Javier, OROZCO Adriana, VILLA Germán, GÓMEZ Freddy, MUÑOZ Jimmy, MOLANO Luis Fernando, MOSCOSO Fabiola. "Reglamento de Agility. Asociación Club Canino Colombiano", Consultado en: URL (www.accc.com.co), <http://www.accc.com.co/files/regagility.doc>, Documento, 2004. 1-13 p.

BURR John R, REINGART Gregory A, SWENSON Richard A, SWAIM Steven F, VAUGHN Dana, BRATLAY Dino M. Serum biochemical values in sled dogs before and after competing in long-distance races. Journal of American Veterinary Medical Association. 1997;211(2) 175-179p.

CURTIS Helena, BARNES Sue N. Biología: Cómo hacen ATP las células: Glucólisis y Respiración. Cali: Editorial Médica Panamericana, 1999. 216p.

DAMPNEY R. A. L. Cardiovascular Alterations Associated with bursts of Panting In the Exercising Dog. Journal of Physiology. 1974; (238) 17-36p.

DI BARTOLA Stephen P. Fluidoterapia y Alteraciones Hidroelectrolíticas: Hiponatremia. Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales. 1991; 19(2). 15-34 p.

-----, Terapéutica de Líquidos en pequeñas especies. Segunda Edición. México D.F: Mc Graw Hill, 2000. 3-27, 47-114, 201-281.

ENGELHARDT Wolfgang V, BREVES Gerhard. Fisiología Veterinaria. Zaragoza: Editorial Acribia, 2002. 515-518 p.

FARÍAS MARTÍNEZ Guillermo. Gasometría: Equilibrio Ácido-Base en la Clínica: Interpretación Clínica de la Gasometría. Segunda Edición. México D.F: Editorial Manual Moderno, 2004. 41-43,75-87 p.

GUYTON Arthur C, HALL John E. Tratado de Fisiología Médica: Fisiología de los deportes. Décima Edición. México: Mc Graw Hill, 2001. 1167 – 1179 p.

HERSHEL Raff. Secretos de la Fisiología: Fisiología del ejercicio y bioenergética de la contracción muscular. México: Mc Graw Hill, 2000. 265, 269 p.

HILL Richard C. The Nutritional requirements of exercising dogs. The Journal of Nutrition. 1998; 128(12): 2686s-2690s p.

HILL Richard W, WYSE Gordon A, ANDERSON Margaret. Animal Physiology. Massachusetts: Sinauer Associates Inc, 2004. 160-166, 176-187, 224-226, 586-587, 589-593, 599-605, 625,626 p.

HINCHCLIFF Keneth W, KANEPS Anans J, GEOR Raymond J. Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete: Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. Philadelphia: Saunders, 2004. 941-944 p.

-----, REINHART Gregory A, BURR John R, SCHREIER Curt J, SWENSON Richard A. Effect of racing on serum sodium and potassium concentrations and acid-base status of Alaskan sled dogs. Journal of American Veterinary Medical Association. 1997; 210(11): 1615-1618 p.

ILKIW JE, DAVIS PE, CHURCH DV. Hematologic, Biochemical, Blood-gas, and acid-base values in Greyhounds before and after exercise. American Journal of Veterinary Research. 1989; 50: 583-586.

i-STAT CORPORATION. Analizadores clínicos portátiles y cartuchos. Manual del usuario

----- . “Cartridge and Test Information Sheets”. Consultado en: URL (www.i-stat.com), <http://www.i-stat.com/products/ctisheets/714258-00h.pdf> USA; 2005.

----- . “Cartridge Family”. Consultado en: URL (www.i-stat.com), <http://www.i-stat.com/website/www/products/cartridges-family.htm> USA; 2005.

JOHNSON Philip J. Fluids and Electrolytes in Athletic Horses: Physiology of Body Fluids in the Horse. Veterinary Clinics of North America Equine Practice.1998; 14(1): 1-22.

MATWICHUK Cary L, TAYLOR Susan M, SHMON Cindy L, KASS Philip H, SHELTON Diane. Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas, and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after Strenuous exercise. American Journal of Veterinary Research. 1999; 60(1): 88-92

MAXWELL Morton H, KLEEMAN Charles R, NARINS Robert G. Clinical Disorders and Fluid and Electrolyte Metabolism: Medical and Surgical Conditions: Disorders of heat regulation. New York: Mc Graw Hill, 1989. 1198-1215 p.

MEYER Denny J, HARVEY John W. Veterinary Laboratory Medicine. Interpretation and Diagnosis. Second Edition. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1998. 243-246 p.

Mc ARDLE William, KATCH Frank, KATCH Victor L. Fundamentos de Fisiología del Ejercicio. Segunda Edición. Madrid: Mc Graw Hill, 2000. 75-86 p.

PARMEGGIANI Pier Luigi, AZZARONI Adele, CALASSO Marcella. “Actas de Fisiología: A comparative study of countercurrent and conductive selective hypothalamic cooling during sleep”. Consultado en: URL (www.rau.edu.uy), <http://www.rau.edu.uy/universidad/medicina/actas7/symposia.pdf> , Documento simposio, 2001.1-73 p.

RAFF Hershel. Secretos de la Fisiología: Fisiología del ejercicio y bioenergética de la contracción muscular. México: Mc Graw Hill, 2000. 253-295 p.

RANDALL David, BURGGEN Warren, FRENCH Kathleen. ECKERT: Fisiología Animal: Mecanismos y Adaptaciones. Madrid: Mc Graw Hill / Interamericana, 2002. 616,617, 630-632, 762 p.

ROBERTSON Sheilah A. Desórdenes Ácido/Base simples. Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales. 1991; 19(2). 107-129 p.

ROSE RJ, BLOOMBERG MS. Response to sprint exercise in the greyhound: effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites. Research of Veterinary Science. 1989; 47: 212-218.

SAWKA Michael N, MONTAIN Scott J. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. The American Journal of Clinical Nutrition. 2000; 72(suppl):564s-572s.

SNOW D. H., KERR M.G., STUTTARD E. Changes in hematology and plasma biochemistry during maximal exercise in greyhounds. Veterinary Record. 1998; 123: 487-489 p.

SODEMAN William A, SODEMAN Thomas M. Fisiopatología clínica de Sodeman: Mecanismos de Producción de los Síntomas. Séptima Edición. México D.F: Interamericana, 1988. 414-447 p.

SODIKOFF Charles H. Pruebas diagnósticas y de Laboratorio en pequeños animales: Una guía para el diagnóstico de laboratorio. Tercera Edición. Madrid: Harcourt, 2002. 34-36, 44-53, 102 p.

SOTOMAYOR C. G.T.A.G: Grup de Treball Amics del Gos de Torrent "Agility el deporte canino por excelencia", Consultado en: URL (www.amicsdelgos.com) <http://www.amicsdelgos.com/agility.htm>, Valencia, España; 2002.

SPORT CAN. "Historia del Agility", Consultado en: URL (www.sportcan.net) <http://www.sportcan.net/agility.htm>, Cataluña, 2006.

STEISS J, AHMAD H.A, COOPER P, LEDFORD C. Physiologic responses in Healthy Labrador Retrievers during Field Trial Training and Competition. Journal Veterinary Internal Medicine. 2004; 18. 147-151p.

STÄMPFLI Henry R. How to use the routine serum biochemical profile to understand and interpret Acid-Base disorders. Proceedings of the 9th World Congress of Veterinary Anaesthesiology, September 12th- 16th, Santos, Brasil.p.20-24.

SWENSON Melvin J., REECE William O. Fisiología de los Animales Domésticos de Dukes: Mecanismos de control del sistema circulatorio. Tomo 1. Segunda Edición. México D.F: Uteha Noriega Editores, 1999. 289-290p.

TEIXEIRA NETO Francisco J. Fluid Therapy in the Small Animal Surgical Patient. Proceedings of the 9th World Congress of Veterinary Anaesthesiology September 12th-16th, Santos, Brazil. 34-39 p.

W. DAN. "Its hot out does your dog need electrolytes at Healthy As A Dog", Consultado en: URL (www.healthyasadog.com) <http://healthyasadog.com/?p=37> , 2006.

WASSERMAN Karlman, HANSEN James, SUE Darryl, CASABURI Richard, WHIPP Brian. Principles of Exercise Testing and Interpretation. Including Pathophysiology and Clinical Applications. Fourth Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. 11-61,125 p.

WILLARD M.D. Fluidoterapia y Alteraciones Hidroelectrolíticas: Alteraciones en la Homeostasis del Potasio. Clínicas Veterinarias de Norteamérica Práctica en Pequeños Animales. 1991; 19(2). 49-77p.

ANEXOS

Anexo A. Formato AG-1

FORMATO AG-1		No. Paciente:	
Nombre Paciente:	Alzada de Cruz:	Raza:	
Propietario:	Categoría:	Sexo:	
Dirección:	Tiempo de Práctica:	Edad:	
Teléfono:	Actitud paciente:	Peso:	
Alimento que consume:	Horas entrenamiento:	Color:	
		C.Corp:	
CONTROL		EXPERIMENTAL	
Temperatura Rectal (°C):		Temperatura Rectal (°C):	
Frecuencia de pulso (pulsaciones/minuto):		Frecuencia de pulso (pulsaciones/minuto):	
Frecuencia Respiratoria (respiraciones/minuto):		Frecuencia Respiratoria (respiraciones/minuto):	
Sodio (mmol/L):		Sodio (mmol/L):	
Potasio (mmol/L)		Potasio (mmol/L)	
Cloruro (mmol/L)		Cloruro (mmol/L)	
Nitrógeno Uréico (mg/dl):		Nitrógeno Uréico (mg/dl):	
Glucosa(mg/dl):		Glucosa(mg/dl):	
Lactato (mmol/L):		Lactato (mmol/L):	
Hematocrito (%):		Hematocrito (%):	
Hemoglobina (g/dL):		Hemoglobina (g/L):	
pH:		pH:	
PCO ₂ (mm Hg):		PCO ₂ (mm Hg):	
PO ₂ (mm Hg):		PO ₂ (mm Hg):	
HCO ₃ (mmol/L):		HCO ₃ (mmol/L):	
TCO ₂ (mmol/L):		TCO ₂ (mmol/L):	
sO ₂ (%):		sO ₂ (%):	
Anion Gap (mmol/L):		Anion Gap (mmol/L):	
BE (exceso de base):		BE (exceso de base):	
RENDIMIENTO EN PISTA:			
TIEMPO (segundos):			
Pista 1:			
Pista 2:			
Pista 3:			
Pista 4:			

Anexo B. Formato AG-2 Examen Clínico

FORMATO AG-2 EXAMEN CLÍNICO		No. Paciente:	
Nombre Paciente:		Raza:	
Propietario:		Sexo:	
		Edad:	
Escuela:		Peso:	
		Color:	
		Último celo:	
		Número de Partos:	
CONSTANTES FISIOLÓGICAS			
Temp (°C):		Mucosas:	
FR C (l/m):		TLLC:	
FR Resp(r/m):		Cond.Corp:	
Pulso:		Ganglios:	
EVALUACIÓN POR SISTEMAS			
Apariencia General:		Tegumentario:	
Músculo esquelético:		Circulatorio:	
Respiratorio:		Digestivo:	
GenitoUrinario:		Ojos:	
Oídos:		Nervioso:	