

ALGUNOS ASPECTOS ADAPTATIVOS DE LOS CAMELIDOS A SU MEDIO.

Carlos Gutierrez, Juan A Corbera, Morales M, Juste MC, Montoya JA.
Facultad de Veterinaria, Universidad de Las Palmas, 35416, Arucas, Las Palmas, Islas Canarias. Tel: 928 451115, Fax: 928 451114, E-mail: carlosg@infovia.ulpgc.es

La familia Camelidae cuenta con dos especies de grandes camélidos y con cuatro de pequeños o camélidos sudamericanos. En el primer grupo se encuentran el *Camelus dromedarius*, de una sola joroba y que habita en el Africa Sahariana y zonas desérticas de Asia y el *Camelus bactrianus*, de dos jorobas y que habita en las zonas del norte de Asia y Rusia. Los camélidos sudamericanos se distribuyen por los estos territorios americanos y estan compuestos por la llama (*Lama glama*), alpaca (*Lama pacos*), guanaco (*Lama guanicoe*) y vicuña (*Lama vicugna*).

Los camélidos son animales perfectamente adaptados a las particularidades de su hábitat natural. De estos animales se ha llegado a afirmar que se desenvuelven mejor en condiciones aparentemente extremas que en aquellas consideradas *más benignas*. Probablemente, las características más destacables de los camellos sean la adaptación a las condiciones desérticas extremas que ha desarrollado el dromedario así como a las condiciones de altitud en las que viven los camélidos sudamericanos.

La presente ponencia pretende revisar aquellos aspectos más destacables de estas adaptaciones, particularmente referidos al sistema urinario y otros aspectos relacionados con el metabolismo hídrico así como la capacidad de captación de oxígeno en las condiciones de altitud.

1. SISTEMA URINARIO Y OTROS ASPECTOS DEL METABOLISMO HIDRICO

La vegetación dispersa en las regiones desérticas llevan a los dromedarios a pastorear grandes superficies para satisfacer sus necesidades nutricionales y a menudo no cuentan con fuentes de agua cercanas. Así, estos animales están sujetos a grandes períodos de deshidratación seguidos de rehidrataciones rápidas. Los dromedarios están bien adaptados a estos cambios hídricos y durante los periodos de privación de agua son capaces de reducir sus pérdidas de líquidos mucho más eficientemente que otros rumiantes (Schmidt-Nielsen *et al.*, 1956; Siebert y MacFarlane, 1975). Durante la rehidratación, los dromedarios reponen las pérdidas de su peso corporal en sólo unos minutos. La osmolalidad plasmática disminuye y los animales pasan a estar “sobrehidratados” (Zine Filali, 1987. Citado en Benlamlah *et al.*, 1992 b). Esta sobrehidratación continúa durante 2-4 días, confirmando que éstos excretan el exceso de líquidos muy lentamente (Benlamlah *et al.*, 1992 b).

Los riñones juegan un papel fundamental en el equilibrio hídrico reduciendo las pérdidas urinarias durante la deshidratación e incrementándolas después de la sobrehidratación. También regulan, de otro lado, las pérdidas urinarias de sodio. El sistema endocrino, principalmente la hormona antidiurética, el sistema renina-angiotensina-aldosterona y el péptido natriurético atrial regulan la reabsorción de agua y sodio. A continuación veremos algunas características renales y hormonales propias de estas especies:

EXCRECIÓN RENAL DEL EXCESO DE FLUIDOS

La capacidad de retener fluidos en los compartimentos corporales ha sido estudiada en el dromedario comparativamente con la oveja y cabra mediante la adición de 0.1 L/kg pv a través de sonda esofágica (Benlamlah *et al.*, 1992 a) y cuyos resultados son mostrados en la Tabla 1. Estos resultados demuestran que los camellos pueden

disminuir la osmolalidad urinaria a valores tan bajos como aquellos obtenidos en ovejas y cabras sobrehidratados. Sin embargo, el comienzo de la diuresis está retrasada en camellos y el flujo de orina máximo es 2-3 veces inferior que en los pequeños rumiantes. La osmolalidad plasmática disminuyó a 12 mosmol/kg y permaneció baja durante más de 30 horas. Estudios similares fueron llevados a cabo en ovejas (Benlamlih y Oukessou, 1990) y en cabras (Olsson *et al.*, 1982) de forma comparativa y demostraron una disminución de la osmolalidad plasmática a 3 mosmol/kg y con un tiempo de excreción de 12 y 8 horas respectivamente. Estos estudios indican que los dromedarios pueden retener un exceso de líquidos y tolerar una hiposmolalidad sanguínea durante largos períodos.

La conservación renal de sodio podría ser un importante mecanismo para retener el exceso de agua ingerida durante la rehidratación dado que atenuaría la disminución de la osmolalidad plasmática y, por tanto, una menor diuresis. Cuando el sodio es añadido al agua y es administrado como solución salina isotónica, la excreción urinaria es menos pronunciada y el exceso de fluidos no es totalmente excretado 5 días después de la hidratación (Benlamlih *et al.*, 1992 a). Este estudio demostró que la excreción renal de sodio no comenzó a incrementarse hasta 4 horas después de administrar la solución salina y la excreción máxima (0.3 mmol/kg/h) ocurrió a las 24 horas. En otro estudio comparativo llevado a cabo en la cabra se demostró que el comienzo de excreción de sodio era casi instantáneo y que presentaba un ratio de 0.8 mmol/kg/min (Dahlborn y Karlberg, 1986).

FILTRACIÓN GLOMERULAR

El flujo urinario depende de la capacidad de dilución de los riñones y del ratio de filtración glomerular. La filtración glomerular de los dromedarios normohidratados es 0.5-1.0 mL/kg/min (Siebert y MacFarlane, 1971; Dahlborn *et al.*, 1989). Estos valores resultan bajos comparados con los obtenidos en los pequeños rumiantes (Olsson *et al.*, 1982; Benlamlih y DePomyers, 1989). Así, a pesar de su capacidad para diluir la orina eficientemente, los camellos son menos capaces de incrementar el flujo urinario que los rumiantes, probablemente debido al bajo ratio de filtración glomerular (Benlamlih *et al.*, 1992 b). Por la misma razón, los camellos no incrementan la excreción renal de sodio tan eficientemente como los rumiantes.

CONTROL HORMONAL DE EXCRECIÓN RENAL DE FLUIDOS

Hormona antidiurética

Después de una ingestión excesiva de líquidos, la secreción de la vasopresina resulta en una diuresis para evitar la sobrehidratación. El tiempo retrasado de diuresis que se ha observado en los camellos después de la sobrehidratación debe ser atribuido a unos niveles mayores de arginina vasopresina plasmática o a un ratio de aclaramiento metabólico menor. Sin embargo, los niveles de arginina vasopresina hallados en el dromedario (Yagil y Etzion, 1979) no parecen diferentes a los hallados en los pequeños rumiantes, tanto sobrehidratados como deshidratados (Olsson *et al.*, 1982; Blair-West *et al.*, 1985). De otro lado, la vida media en el plasma de la arginina vasopresina (11 ± 2 min) y el aclaramiento de la arginina vasopresina exógena (13 ± 2 mL/min/kg) que han sido descritos en camellos (Benlamlih *et al.*, 1992 b) no parecen diferentes a lo publicado en otros mamíferos. Una explicación de la actividad antidiurética prolongada podría estar en que los camellos son más sensibles a la acción antidiurética de la vasopresina que los rumiantes (Siebert y MacFarlane, 1971).

Sistema renina-angiotensina-aldosterona

Después de la rehidratación, la concentración de aldosterona plasmática incrementa dentro de la 24 horas (Yagil y Etzion, 1979; Dahlborn *et al.*, 1989) y la excreción renal de sodio disminuye (Zine Filali, 1987. Citado en Benlamlih *et al.*, 1992 b). Esto atenuaría la disminución en la osmolalidad plasmática y, así, la magnitud de la diuresis después de la rehidratación. De acuerdo con esto, el exceso de líquidos en camellos normohidratados induce un incremento de la concentración de aldosterona. De otro lado, se ha demostrado que la carga salina disminuye la actividad renina plasmática y la concentración de aldosterona (Benlamlih *et al.*, 1992 a). Sin embargo, a pesar de la inhibición del sistema renina-angiotensina-aldosterona, la carga salina no fue capaz de incrementar la excreción renal de sodio tan eficientemente como en las cabras, probablemente debido a su bajo ratio de filtración renal.

Péptido natriurético atrial

Se ha descrito que la hipervolemia induce la natriuresis por inhibición del sistema de renina-angiotensina-aldosterona por liberación del péptido natriurético atrial (Olsson *et al.*, 1991). Al igual que ocurre en otras especies, en los camellos el péptido natriurético atrial sería estimulado por grandes infusiones de suero isotónico salino. Sin embargo, la concentración de péptido natriurético atrial no incrementa en respuesta a los grandes volúmenes salinos a pesar de la expansión del volumen plasmático sanguíneo (Benlamlih *et al.*, 1992 a). Bajo condiciones fisiológicas, el péptido natriurético atrial parece contribuir menos que el sistema renina-angiotensina-aldosterona a la regulación de la excreción de sodio renal.

Repercusiones farmacológicas de la retención de fluidos en camellos

La menor filtración glomerular en camellos induce a una excreción lenta de los fluidos y, por ende, de la excreción de las drogas que deben ser eliminadas por el riñón. La farmacocinética de la bencilpenicilina, droga excretada fundamentalmente por el riñón, ha mostrado que el aclaramiento es de 4.9 mL/kg/min en el camello y de 9.2 mL/kg/min para la oveja, y que el tiempo de persistencia media fue de 27 y 15 min respectivamente (Oukessou *et al.*, 1990).

LOS ERITROCITOS

Los eritrocitos de los camellos, de morfología elíptica, son mucho más resistentes a la hipoosmolalidad que los eritrocitos de los rumiantes, lo cual permite la retención de fluidos en el espacio extracelular sin que exista peligro de hemólisis (Perk, 1963).

ADAPTACION A LA ALTITUD DE LOS CAMELIDOS SUDAMERICANOS

Al igual que ocurre con el hombre y otras especies mamíferas, la respuesta de los camélidos sudamericanos a la exposición a altas latitudes es un incremento en la concentración de hemoglobina y una disminución de la afinidad del oxígeno por la sangre. Sin embargo, la llama y la vicuña de los andes no muestran esta clase de adaptación. Incluso a altísimas altitudes, su hematocrito es usualmente bajo y su afinidad por el oxígeno es la mayor de las conocidas de entre los mamíferos. Adicionalmente, estas especies están caracterizadas por una alta densidad capilar de los músculos y un peso relativamente mayor del corazón (Jurgens, 1989).

Tabla 1. Osmolalidad urinaria mínima, ratio de flujo urinario máximo y tiempo de excreción del exceso de líquidos. A los animales se les administró oralmente 0.1 L agua/kg peso vivo.

especie	osmolalidad urinaria mínima (mosmol/kg)	flujo de orina máximo (mL/kg/h)	tiempo de excreción (h)	referencia
camello	105	2	50	Benlamliah <i>et al.</i> , 1992a
cabra	80	12	8	Olsson <i>et al.</i> , 1982
oveja	110	8.5	12	Benlamliah <i>et al.</i> , 1990

Tomado de Benlamliah *et al.*, 1992 b.

Referencias

- Benlamliah S, Dahlborn K, Zine Filali R, Hossaini-Hilali J. Fluid retention after oral loading with water or saline in camels. *Am J Physiol* 1992(a); 262: 915-920.
- Benlamliah S, Dahlborn K, Hossaini-Hilali J, Zine Filali R. Renal and hormonal control of fluid retention in camels. *Proc 1st Int Camel Conf, Dubai, 1992 (b)*, pp 293-295.
- Benlamliah S, Depomyers H. Changes in endogenous urea recycling and the handling of renal urea in pregnant and lactating Sardi sheep kept on a constant feeding level. *Reprod Nutr Dev* 1989; 30: 227-235.
- Benlamliah S, Oukessou M. Water movements after intraruminal water load in pregnant and lactating Sardi sheep. *Reprod Nutr Dev* 1990; 30: 227-235.
- Blair-west JR, Gibson AP, Woods RL, Brook AH. Acute reduction of plasma vasopressin levels by rehydration in sheep. *Am J Physiol* 1985; 248: 68-71.
- Dahlborn K, Benlamliah S, Zine Filali R, Wallsten C, Schroter R, Robertshaw D. Fluid balance during dehydration in the camel. *Acta Physiol Scand* 1989; 136: 9 (abstract)
- Dahlborn K, Karlberg BE. Fluid balance during food deprivation and after loads of water or isotonic saline in lactating and anoestral goats. *Quart J Exp Physiol* 1986; 71: 223-233.
- Jurgens KD. Strategies of adaptation of oxygen transport systems in mammals to life at high altitude. *Naturwissenschaften* 1989; 76:410-415
- Lauson HD. Metabolism of antidiuretic hormones. *Am J Med* 1967; 42: 713-744.
- Olsson K, Benlamliah S, Dahlborn K, Fyhrquist F. Effects of water deprivation and hyperhydration in pregnant and lactating goats. *Acta Physiol Scand* 1982; 115: 361-367.
- Olsson K, Dahlborn K, Karlberg BE, Eriksson L. Atrial natriuretic peptide (ANP) in the goat. En: Tsuda T, Sasaki Y, Kawashima R. *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Academic Press, San Diego, 1991, pp 257-275.
- Oukessou M, Hossaini-Hilali J, Zine Filali R, Toutain PL. Comparative benzylpenicillin pharmacokinetics in the dromedary (*Camelus dromedarius*) and in sheep. *J Vet Pharmac Ther* 1990; 13: 298-303.
- Perk K. The camel's erythrocyte. *Nature* 1963; 200: 272-273.
- Schmidt-Nielsen B, Schmidt-Nielsen K, Houpt TR, Jarnum SA. Water balance of the camel. *Am J Physiol* 1956; 185: 185-194.
- Siebert BD, MacFarlane WV. Water turnover and renal function of dromedaries in the desert. *Physiol Zool* 1971; 44: 225-240.
- Siebert BD, MacFarlane WV. Dehydration in desert cattle and camels. *Physiol Zool* 1975; 48: 36-48.
- Yagil R, Etzion Z. The role of antidiuretic hormone and aldosterone in the dehydrated and rehydrated camel. *Comp Biochem Physiol* 1979; 63^a: 275-278.