

Original

Variaciones del ión potasio durante el ayuno del Ramadán. Resultados preliminares en jóvenes musulmanes

R. Guerrero Morilla¹, J. Ramírez Rodrigo¹, A. Sánchez Caravaca¹, G. Ruiz Villaverde²,
B. A. Pérez Moreno¹ y C. Villaverde Gutiérrez²

¹Escuela Universitaria de Enfermería de Ceuta. Sección Fisiología. Universidad de Granada. ²Escuela Universitaria de Ciencias de la salud. Sección Fisiología. Universidad de Granada.

Resumen

Justificación y objetivos: El precepto islámico del Ramadán (R) impone a las personas que lo practican, importantes modificaciones fisiológicas y psicológicas, debido a las restricciones hídricas y dietéticas a las que se ven sometidos durante las horas diurnas a lo largo de un mes, estableciendo un modelo intermitente de ayuno absoluto, de naturaleza singular, particularmente cuando éste se lleva a cabo en sociedades multiculturales de tipo occidental, en las que no se producen ajustes horarios en las actividades diarias, que sí son habituales en los países de mayoría musulmana. Entre las modificaciones, por esta causa, destacan la activación de mecanismos de adaptación a la restricción hidrosalina, con consecuencias en la homeostasis de agua e iones plasmáticos. Por la relevancia de la cuestión y ante el escaso conocimiento de los efectos del (R) sobre el equilibrio iónico, se plantea como objetivo de este estudio, el análisis del comportamiento del ión potasio durante este mes de ayuno, con el fin de prevenir algunos problemas que pudieran afectar a la salud.

Metodología: Se seleccionaron 10 jóvenes musulmanes, varones, sanos y con edades entre 18 y 25 años que realizaran el R y se analizaron parámetros bioquímicos e iones en sangre y orina, así como niveles plasmáticos de Renina y Aldosterona, una semana previa al R, primera y cuarta del periodo de ayuno y una semana después de finalizado éste.

Resultados: Durante el mes del R, se produce, durante la mañana, un descenso de la excreción de potasio en orina lo que origina incrementos en la concentración plasmática de potasio; a lo largo de la tarde tiene lugar un aumento de su excreción que resulta más eficaz durante la cuarta semana del R.

Discusión: Los cambios experimentados a nivel tubular que afectan a la disponibilidad de Na⁺, HCO₃⁻ y pH, por efecto del R, parecen estar limitando la excreción del ión, a pesar de que se mantiene estimulado el sistema Renina-Aldosterona a lo largo del ayuno.

Conclusión: Estos hallazgos ponen de manifiesto la necesidad de estudios específicos sobre la homeostasis de K⁺ durante el R, para dilucidar qué factores y mecanismos están determinando los incrementos observados en los niveles plasmáticos del ión.

(Nutr Hosp. 2011;26:792-797)

DOI:10.3305/nh.2011.26.4.4970

Palabras clave: Ramadán. Ayuno. Potasio.

Correspondencia: Jesús Ramírez Rodrigo.
Universidad de Granada.
C/ Marina Española, 39. 51001 Ceuta. España.
E-mail: ramirezr@ugr.es

Recibido: 19-VI-2010.
1.ª Revisión: 3-IX-2010.
Aceptado: 22-IX-2010.

CHANGES OF THE POTASSIUM ION DURING THE FAST OF RAMADAN. PRELIMINARY OUTCOMES

Abstract

Background and aims: The Islamic precept of Ramadan (R), imposes on individuals who practice it important physiological and psychological changes due to water and dietary restrictions to which they are subjected during the day, over a month. This fact makes a singular contrast, particularly in multicultural Western societies, where there is no schedule adjustments in daily activities, which are common in predominantly Muslim countries. Among the changes, includes the activation of mechanisms of adaptation to the hydrosaline restriction, with consequences on the homeostasis of water and ion plasma. On the relevance of the issue and the limited knowledge of the effects of (R) on the ion balance, the aim of the present study is to analyze the behaviour of potassium ion for this month, in order to prevent some problems that may affect health.

Methodology: We have selected 10 young Muslim healthy men, aged between 18 and 25 years who perform Ramadan. Then we have analyzed biochemical parameters including ions, in blood and urine analysis, and also plasma levels of renin and aldosterone, one week before R, first and fourth week of R, and one week after the fasting.

Results: During the month of R a decrease in potassium urine excretion by the morning is observed. The consequence of this fact is the increase of the levels in plasma concentration of potassium; throughout the afternoon, an increase in its excretion results more effective during the fourth week of R.

Discussion: Changes in the availability of Na⁺, HCO₃⁻ and variability of pH, in the distal tubule, appear to be responsible for the potassium limited excretion observed during the fast of Ramadan.

Conclusion: These findings put into consideration the need of further studies focussing on potassium homeostasis during Ramadan in order to determine which factors are implicated in the raised levels of K⁺ observed in plasma.

(Nutr Hosp. 2011;26:792-797)

DOI:10.3305/nh.2011.26.4.4970

Key words: Ramadan. Fasting. Potassium.

Abreviaturas

ATPasa Na⁺/K⁺: Bomba Na⁺/K⁺ (adenin-tri-fosfatasa).
CIH: Clorhídrico.
EDTA dipotásico: Ácido etilendiaminotetraacético (sal dipotásica).
FENa⁺: Fracción de excreción de sodio.
FEK⁺: Fracción de excreción de potasio.
FECl⁻: Fracción de excreción de cloro.
GTTK: Gradiente transtubular de potasio.
HCO₃⁻: Ión bicarbonato.
K⁺: Ión potasio.
Na⁺: Ión sodio.
R: Ramadán.
RIA: Radioinmunoanálisis.
SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.

Introducción

Aunque el control hidrosalino en situación de ayuno prolongado ha sido un tema ampliamente tratado en la bibliografía, algunos aspectos relacionados con la homeostasis del ión potasio continúan sin esclarecer¹⁻³; en concreto, los mecanismos que provocan una disminución en su excreción, especialmente en situaciones como el ayuno de Ramadán (R), donde a diferencia de otros ayunos completos y prolongados con aporte continuo de agua y sales, éste se caracteriza por periodos intermitentes de absoluta privación hidrosalina, seguidos de una fase nocturna de rehidratación y recuperación iónica, que se suceden a lo largo de un mes lunar⁴⁻⁷. Junto con modificaciones metabólicas, de la composición corporal⁸⁻¹³ y del rendimiento ante los esfuerzos físicos¹⁴⁻¹⁷, se han comunicado variaciones no significativas durante el ayuno en relación con el control hidroelectrolítico⁴ y disminución en la excreción del ión K⁺, que resultarían significativas a partir de la 3^a-4^a semana del R⁵. También se han informado incrementos plasmáticos de potasio en escolares musulmanes que practicaban R, que se mantenían una semana después de terminar el R⁵; habiéndose destacado este hecho como un importante estímulo para la liberación de aldosterona a lo largo del ayuno.

El propósito de este trabajo ha sido valorar los cambios en el perfil de potasio por la mañana y por la tarde, durante el periodo de ayuno y su relación con el sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona y la homeostasis del sodio y sus aniones.

Metodología

Participaron en el estudio diez varones musulmanes sanos, seleccionados al azar entre estudiantes que realizaban el R, con edades comprendidas entre 18 y 25 años, un peso medio de 63,5 (± 3,7) kg, y estatura 171 (± 2,7) cm; los cuales fueron convenientemente informados y decidieron participar voluntariamente en el estudio, firmando su consentimiento.

Se ha seguido un diseño longitudinal de muestras pareadas durante el periodo de ayuno, estructurado en seis sesiones, *Basal*: Siete días antes de iniciarse el R por la mañana (Sesión 1); *Semana 1*: A los siete días del comienzo por la mañana y por la tarde (Sesiones 2 y 3); *Semana 4*: El día 24^o de ayuno por la mañana y por la tarde (Sesiones 4 y 5) y, finalmente, *Posterior*: Una semana después de terminar el ayuno, por la mañana (Sesión 6). En cada sesión se recogieron muestras de sangre y de orina, para determinaciones bioquímicas, hormonales y hematológicas, además de realizar medidas antropométricas y registro de constantes fisiológicas. Las muestras se obtuvieron los días de las sesiones correspondientes y en horarios de mañana (08:00 a 09:00) y de tarde (17:00 a 18:00). Del volumen de sangre extraído por punción antecubital (20 mL) se separaron dos alícuotas de 10 mL, una para determinaciones hormonales, en tubos con EDTA dipotásico como anticoagulante a los que se añadieron 100 L de aprotinina. De los otros 10 mL sin anticoagulante, se separó el suero para determinar los iones. La Aldosterona se midió por radioinmunoanálisis (RIA Serono Diagnostic, Roma). La osmolalidad plasmática y urinaria se determinó por osmometría directa (Knauer semiautomático). La excreción de iones se evaluó mediante el cálculo de la fracción de excreción y, para la estimación de la secreción neta de potasio, se calculó su gradiente transtubular ($GTTK = U_k \cdot P_{osm} / U_{osm} \cdot P_k$) en muestras de orina recogidas en las tomas de mañana y tarde.

Tratamiento Estadístico: Además de los estadísticos descriptivos, para verificar la normalidad de las variables se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Por las características muestrales y la naturaleza de los datos se optó por el uso de estadística no paramétrica utilizando para comparar promedios, el test de *Wilcoxon* para muestras pareadas y el test de *Mann-Whitney* para muestras independientes. Se ha considerado como límite de significación, valores de probabilidad $p < 0,05$. Para el tratamiento informático de datos se han utilizado las aplicaciones Excel y Microsoft Word® y el paquete estadístico SPSS para Windows®.

Resultados

Variaciones de la concentración de K⁺ durante la primera semana de ayuno

Al analizar la concentración de K⁺ en la orina de la mañana (tabla I), puede observarse una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) así como de su fracción de excreción ($p < 0,01$), coincidiendo con niveles aumentados de Aldosterona ($p < 0,05$) (fig. 1). Por la tarde, el potasio plasmático experimenta un incremento notorio con relación a la mañana ($p < 0,01$) (fig. 2) y a la medida basal ($p < 0,01$), paralelo al

Tabla I

Modificaciones en aldosterona, iones (sodio, potasio y cloro) y excreción renal (fracción de excreción de sodio —FENa—, de potasio —FEK—, de cloro —FECl— y gradiente transtubular de potasio —GTTK—), durante el ayuno del Ramadán. Se indican los valores medios y error de estimación de la media (EEM) en cada fase. En todos los casos resultó significativa la prueba múltiple de Friedman. En la última fila de cada panel se indican las comparaciones que resultaron significativas

Modificaciones durante el ayuno de Ramadán													
Parámetros		Semana anterior		1ª Semana				4ª Semana				Semana posterior	
				Mañana		Tarde		Mañana		Tarde			
		Media	EEM	Media	EEM	Media	EEM	Media	EEM	Media	EEM	Media	EEM
Aldosterona plasma (pg/mL)		176,0	21,49	295,7	23,25	232,1	11,97	328,0	32,46	174,3	20,32	121,8	18,99
				(a)*		(e)**		(c)*		(f)**			
Na ⁺ (mEq/L)	PLASMA	142,1	0,55	140,1	0,21	138,9	0,26	140,8	0,38	140,0	0,97	138,8	0,92
				(a)*		(b)(e)*				(f)*		(g)*	
Na ⁺ (mEq/L)	ORINA	221,8	13,44	183,9	22,79	164,3	12,61	167,0	13,73	122,7	11,66	188,2	15,74
				(a)*		(b)*		(c)**		(d)**		(g)*	
Na ⁺ (%)	FENa	1,3	0,22	0,8	0,13	0,6	0,09	0,9	0,19	0,6	0,05	1,1	0,15
				(a)*		(b)*				(d)*			
K ⁺ (mEq/L)	PLASMA	4,0	0,10	4,1	0,10	5,1	0,14	4,9	0,09	4,4	0,06	4,6	0,05
						(b)(e)**		(c)*		(d)**(f)*			
K ⁺ (mEq/L)	ORINA	90,9	7,19	57,1	6,57	144,0	11,26	60,7	8,15	118,8	9,28	91,6	7,63
				(a)*		(b)(e)**		(c)*		(f)*			
K ⁺ (%)	FEK (%)	17,1	1,44	7,7	1,17	12,9	1,69	8,5	1,53	17,0	1,55	15,9	1,79
				(a)**				(c)**		(f)**			
K ⁺ (%)	GTTK	7,9	0,87	4,9	0,72	7,6	0,73	3,7	0,47	8,2	0,68	5,9	0,47
				(a)*				(c)**		(f)**			
Cl ⁻ (mEq/L)	PLASMA	109,3	0,47	102,4	0,25	105,4	0,28	103,4	0,33	104,4	0,44	101,2	0,79
				(a)**		(b)(e)**		(c)**		(d)**		(g)**	
Cl ⁻ (mEq/L)	ORINA	292,4	16,34	190,3	20,18	272,3	12,05	181,9	13,40	213,8	15,45	256,1	17,11
				(a)**		(e)**		(c)**		(d)*		(g)*	
Cl ⁻ (%)	FECl	2,2	0,34	1,1	0,17	1,2	0,15	1,2	0,24	1,3	0,09	2,0	0,23
				(a)*						(d)*			

a) Previa con primera semana de mañana; b) Previa con primera semana de tarde; c) Previa con cuarta semana de mañana; d) Previa con cuarta semana de tarde; e) Primera semana de mañana con primera semana de tarde; f) Cuarta semana de mañana con cuarta semana de tarde; g) Previa con posterior. (*) p < 0,050; (**) p < 0,010

aumento de la concentración urinaria (p < 0,01) (fig. 3) y de la fracción de excreción (fig. 4) aunque no logra alcanzar significación estadística. El Gradiente Transtubular de potasio (GTTK), se encuentra disminuido por la mañana (p < 0,05) y aumenta con indicios de significación por la tarde (fig. 5).

Variaciones de la concentración de K⁺ durante la 4ª semana de ayuno

Como puede observarse, se mantienen elevados los valores del ión K⁺ en plasma, con respecto a los medidos con anterioridad al R (fig. 2). Por la mañana se

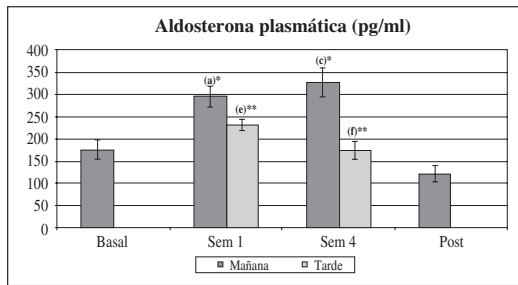


Fig. 1.—Niveles medios (\pm error estándar) de aldosterona plasmática (pg/mL), obtenidos en situación, Basal: una semana previa al ayuno; Sem 1: 1ª semana (mañana y tarde); Sem 4: 4ª semana (mañana y tarde) y Post: una semana después del Ramadán. Se indican las diferencias que han resultado significativas. a) Previa con primera semana de mañana; b) Previa con primera semana de tarde; c) Previa con cuarta semana de mañana; d) Previa con cuarta semana de tarde; e) Primera semana de mañana.

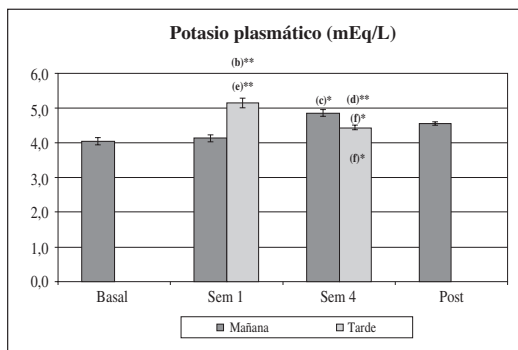


Fig. 2.—Niveles medios (\pm error estándar) de potasio plasmático (mEq/L), obtenidos en situación, Basal: una semana previa al ayuno; Sem 1: 1ª semana (mañana y tarde); Sem 4: 4ª semana (mañana y tarde) y Post: una semana después del Ramadán. Se indican las diferencias que han resultado significativas. a) Previa con primera semana de mañana; b) Previa con primera semana de tarde; c) Previa con cuarta semana de mañana; d) Previa con cuarta semana de tarde; e) Primera semana de mañana.

observa un incremento significativo ($p < 0,01$) y por la tarde un descenso también significativo ($p < 0,05$). El Gradiente Transtubular de potasio (GTTK) se muestra disminuido por la mañana ($p < 0,01$) y aumenta por la tarde significativamente ($p < 0,01$) (fig. 5). La fracción de excreción de K^+ muestra un descenso significativo con respecto al valor basal ($p < 0,01$) por la mañana y aumento significativo ($p < 0,01$) hasta alcanzar un valor próximo al basal, al final del día (fig. 4).

Medida de la concentración de K^+ en la semana posterior al ayuno

La concentración plasmática de potasio se mantiene ligeramente superior a la basal ($p < 0,01$) (fig. 2) y el GTTK no muestra variación significativa con respecto al valor basal (fig. 5).

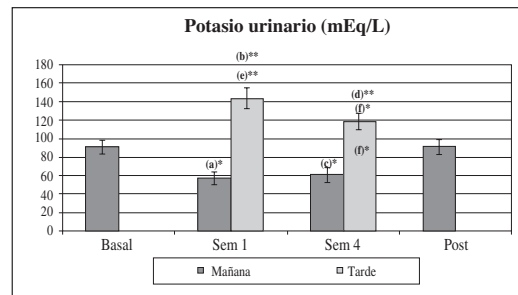


Fig. 3.—Niveles medios (\pm error estándar) de potasio urinario (mEq/L), obtenidos en situación, Basal: una semana previa al ayuno; Sem 1: 1ª semana (mañana y tarde); Sem 4: 4ª semana (mañana y tarde) y Post: una semana después del Ramadán. Se indican las diferencias que han resultado significativas. a) Previa con primera semana de mañana; b) Previa con primera semana de tarde; c) Previa con cuarta semana de mañana; d) Previa con cuarta semana de tarde; e) Primera semana de mañana.

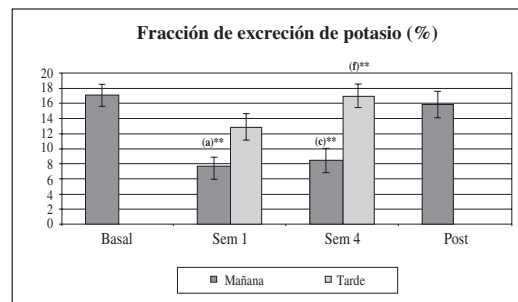


Fig. 4.—Fracción de excreción de potasio (%) (\pm error estándar) obtenidos en situación, Basal: una semana previa al ayuno; Sem 1: 1ª semana (mañana y tarde); Sem 4: 4ª semana (mañana y tarde) y Post: una semana después del Ramadán. Se indican las diferencias que han resultado significativas. a) Previa con primera semana de mañana; b) Previa con primera semana de tarde; c) Previa con cuarta semana de mañana; d) Previa con cuarta semana de tarde; e) Primera semana de mañana.

Modificaciones de Na^+ y Cl^- durante el ayuno

Durante el R, la concentración plasmática de Na^+ (tabla I), experimenta pequeños descensos con respecto a los valores basales ($p < 0,05$), algo más patentes en las medidas de la tarde, aunque permanece dentro de los valores fisiológicos, a pesar de la restricción. Los niveles urinarios muestran una clara disminución, más intensa en la muestra de tarde, en especial en la cuarta semana ($p < 0,01$), que se mantienen por debajo de los niveles basales una semana después del ayuno. La FENA se encuentra significativamente disminuida durante el R.

Los niveles de Cl^- plasmático en las muestras de la mañana, sufren una ligera disminución ($p < 0,01$), de forma similar a los de Na^+ , algo más intensa en la primera semana, que se mantiene siete días después de finalizar el R. En la muestra de tarde tiende a elevarse, lo que resulta significativo sólo en la primera semana

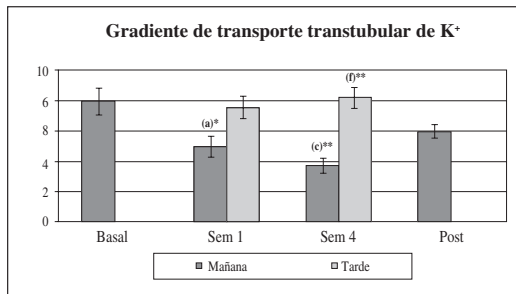


Fig. 5.—Gradiente de transporte transtubular de potasio (\pm error estándar) obtenidos en situación, Basal: una semana previa al ayuno; Sem 1: 1ª semana (mañana y tarde); Sem 4: 4ª semana (mañana y tarde) y Post: una semana después del Ramadán. Se indican las diferencias que han resultado significativas. a) Previa con primera semana de mañana; b) Previa con primera semana de tarde; c) Previa con cuarta semana de mañana; d) Previa con cuarta semana de tarde; e) Primera semana de mañana.

($p < 0,01$), aunque, en cualquier caso, permanece por debajo de los valores basales ($p < 0,05$). Estos mismos cambios pueden observarse en las determinaciones urinarias del ión. La FECl experimenta una disminución a la mitad, y recupera los niveles iniciales una semana después del ayuno.

Discusión

Durante la primera semana del R, en las primeras horas de ayuno, la disminución en la FENa⁺, la FECl y de la concentración urinaria de Cl⁻ (tabla I), apoyarían una reabsorción preferentemente electroneutra de Na⁺ (Cl⁻:Na⁺), frente a la actividad de la ATPasa Na⁺/K⁺, lo que habría limitado la excreción de K⁺, hecho confirmado por la caída en la FEK y el GTTK (figs. 4 y 5); todo lo cual conduciría, a lo largo de la jornada, a incrementar los niveles plasmáticos de potasio; fenómeno que sería responsable, en parte, del aumento en la secreción de aldosterona observado por la tarde (Fig. 1) y que habría promovido, al final de la jornada, el aumento de la actividad secretora de K⁺ como ponen de manifiesto las elevaciones en el GTTK y FEK experimentadas, en la medida vespertina (figs. 4 y 5).

En la cuarta semana del R, los valores plasmáticos de K⁺ permanecen incrementados respecto a los basales pre-R, mostrando algunas diferencias en relación con la primera semana de ayuno (fig. 2). Por una parte, se observa un desplazamiento hacia horas más tempranas del valor máximo de potasio plasmático, lo que podría ser la consecuencia de condiciones más agudas en la situación hídrica y ácido-básica en que se encuentran los sujetos, después de varias semanas de ayuno; y por otra, el incremento experimentado en los parámetros de excreción medidos por la tarde, que sugiere un fenómeno de ajuste adaptativo en los mecanismos homeostáticos responsables de la regulación de potasio.

Una semana después del R, la concentración plasmática de potasio se mantiene ligeramente elevada, lo que

sugiere que la vuelta a los valores basales previos al R requiere un periodo de tiempo superior.

En modelos de ayuno estricto prolongado con suministro hidrosalino, se han descrito fases iniciales, en torno a las dos semanas, en las que se habría producido una diuresis aumentada de sodio y potasio que conducirían, finalmente, a una limitación en la excreción de potasio, condicionada por la disponibilidad de sodio y por la concentración de bicarbonato en el túbulo distal, dependiente, a su vez, del nivel de cetoacidosis alcanzado¹⁻³. Cabría aquí plantearse si las condiciones intermitentes del ayuno de R son causa suficiente para provocar una progresiva acidosis metabólica que justificase la necesidad de aumentar la reabsorción de bicarbonato en detrimento de las concentraciones en los túbulos distal y colector, lo que finalmente comprometería la excreción de potasio. Nosotros no hemos podido contar con medidas directas de pH y bicarbonato; en consecuencia, hemos de referirnos a evidencias indirectas, en tanto no se cuenta con una investigación específica al respecto. Se ha señalado que una mera secreción de ClH por el estómago, en la fase cefálica de secreción de H⁺, puede generar hasta 5mM de incremento en la concentración sérica de CO₃H que procederían en gran parte de la reabsorción tubular, reduciéndose la presencia luminal de este anión². En relación con la variación del pH gástrico en el R, se han encontrado disminuciones de hasta 1,3 unidades (variación de pH de 2,3 a 1), fenómeno que tendría una mayor importancia durante el día¹⁸, hecho que justificaría una reabsorción incrementada de CO₃H. No hay datos en la literatura de pH sanguíneo durante el R, probablemente por la dificultad de obtener muestras de sangre arterial, pero sí se han comunicado descensos del pH urinario¹⁸. Por otra parte, está bien documentado el cambio en la utilización de sustratos metabólicos que se orientaría hacia un mayor consumo de recursos grasos, sobre todo en las últimas semanas de abstinencia¹⁰. Todos estos argumentos sustentarían la idea de que, a lo largo de la jornada de ayuno, los participantes irían desarrollando una discreta acidosis que, posteriormente, se resolvería en la fase nocturna de ingesta a demanda. Su compensación podría haber requerido un aumento en la reabsorción de bicarbonato, suficiente como para disminuir su disponibilidad tubular y, con ello, contribuir a la limitación de la excreción de potasio. Esta situación habría sido más acusada en las semanas finales del R, lo que habría exigido una más estricta regulación por parte del sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona y la participación de otros mecanismos de paso debidos a gradientes electroquímicos, en un esquema de respuesta adaptada a las condiciones limitantes del ayuno, como así parece haber sucedido si se tiene en cuenta el importante incremento de la FEK y del GTTK en las medidas obtenidas la cuarta semana por la tarde, las cuales se aproximan a las encontradas la semana anterior al ayuno. De esta manera se habría logrado contener la elevación de potasio plasmático de una forma más eficaz, en compa-

ración con la respuesta aguda producida en la primera semana, compatible con una respuesta de adaptación.

En conclusión, creemos que estos hallazgos ponen de manifiesto la necesidad de nuevos estudios sobre la homeostasis de K^+ , en ayunos intermitentes como el R, para dilucidar qué factores están determinando los incrementos observados en los niveles plasmático de este ión, en concreto, variaciones de pH, aumento de aniones inherentes a la cetogénesis y disminución de la disponibilidad en el túbulo distal de Na^+ y HCO_3^- .

Referencias

1. Lin S-H, Cheema-Dhadli S, Gowrishankar M, Marliss E, Kamel K, Halperin M. Control of excretion of potassium: lessons from studies during prolonged total fasting in human subjects. *Am J Physiol Renal Physiol* 1997; 273: 796-800.
2. Carlisle EJ, Donnelly SM, Ethier JH, Quaggin SE, Kaiser UB, Vasuvattakul S, Kamel KS, Halperin ML. Modulation of the secretion of potassium by accompanying anions in humans. *Kidney Int* 1991; 39 (6): 1206-12.
3. Amorim JBO, Bailey Ma, Musa-Aziz R, Giebisch G, Malnic G.- Role of luminal anion and pH in distal tubule potassium secretion. *Am J Physiol Renal Physiol* 2003; 284: 381-388.
4. Mustafa KY, Mahmoud NA, Gumaa KA, Gader AMA. The effects of fasting in Ramadan. Fluid and electrolyte balance. *Br J Nutr* 1978; 40: 583.
5. Cheah SH, Ch'ng SL, Husain R, Duncan' MT. Effects of fasting during Ramadan on urinary excretion in Malaysian Muslims. *British Journal of Nutrition* 1990; 63: 329-337.
6. Leiper JB, Molla AM, Molla AM. Effects on health of fluid restriction during fasting in Ramadan. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57 (Suppl. 2): S30-8.
7. Jiménez-Martín M, Sánchez-Caravaca MA, Villaverde-Gutiérrez C, Ramírez-Rodrigo J, Ruiz-Villaverde G. Repercusión hemodinámica e hidroelectrolítica del ayuno de Ramadan en escolares adolescentes. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria* 2004; 24 (1): 15-21.
8. Grandjean AC, Reimers KJ, Haven MC, Curtis GL. The Effect on Hydration of Two Diets, One with and One without Plain Water. *J Am Coll Nutr* 2003; 22 (2): 165-173.
9. Brondheim D, Brondheim O, Brondheim Sh. The dietary composition of pre-fast meals and its effect on 24 hour food and water fasting. *IMAJ* 2001; 3: 657-662.
10. Ati J, Beji C, Danguir J. Increased fat oxidation during Ramadan fasting in healthy woman: an adaptative mechanism for body-weight maintenance. *A J Clin Nutr* 1995; 62 (2): 302-7.
11. Swileh N, Schnitzler A, Hunter Gr, Davis B. Body composition and energy metabolism in resting and exercising muslims during Ramadan fast. *J. Sports Med Phys Fitness* 1992; 32 (2): 156-163.
12. Guerrero Morilla R, Ramírez Rodrigo J, Sánchez Caravaca MA, Villaverde Gutiérrez C, Ruiz Villaverde G, Pérez Moreno BA. Modificaciones dietéticas en jóvenes musulmanes que practican el ayuno del Ramadan. *Nutr Hosp* 2009; 24 (6): 738-743
13. Toda M, Morimoto K. Effects of Ramadan fasting on the health of Muslims. *Nippon Eiseigaku Zasshi* 2000; 54 (4): 592-6.
14. Zerguini Y, Dvorak J, Maughan RJ, Leiper JB, Bartagi Z, Kirkendall DT, Al-Riyami M, Junge A. Influence of Ramadan fasting on physiological and performance variables in football players: summary of the F-MARC 2006 Ramadan fasting study. *J Sports Sci* 2008; 26 (Suppl. 3): S3-6.
15. Kirkendall DT, Leiper JB, Bartagi Z, Dvorak J, Zerguini Y. The influence of Ramadan on physical performance measures in young Muslim footballers. *J Sports Sci* 2008; 26 (Suppl. 3): S15-27.
16. Chaouachi A, Leiper JB, Souissi N, Coutts AJ, Chamari K. Effects of Ramadan intermittent fasting on sports performance and training: a review. *Int J Sports Physiol Perform* 2009; 4 (4): 419-34.
17. Maughan RJ, Leiper JB, Bartagi Z, Zrifi R, Zerguini Y, Dvorak J. Effect of Ramadan fasting on some biochemical and haematological parameters in Tunisian youth soccer players undertaking their usual training and competition schedule. *J Sports Sci* 2008; 26 (Suppl. 3): S39-46.
18. Iraki L, Bogdan A, Hakkou F, Amrani N, Abkari A, Touitou Y. Ramadan diet restrictions modify the circadian time structure in humans. A study on plasma gastrin, insulin, glucose, and calcium and on gastric PH. *J Clin Endocrinol Metab* 1997; 82 (4): 1261-73.