

MOVIMIENTO DE SODIO Y POTASIO EN INTESTINO DELGADO DE CONEJO

R. GÓMEZ, M. S. CAMPOS y A. MURILLO

INTRODUCCION

El sodio es uno de los electrolitos más estudiados en su movimiento por el tubo digestivo. En contraste, poco se conoce acerca del movimiento del potasio.

El contenido intestinal es muy difícil de estudiar, debido a que los líquidos que se obtienen corresponden a una mezcla de múltiples secreciones y de ingesta (1).

En relación al Na^+ , su concentración en el líquido yeyunal e ileal, parece igual o ligeramente inferior a la del plasma (2).

El Na^+ se puede mover a través del intestino en el sentido mucosa-serosa (insorción), o en el sentido serosa-mucosa (exorción). De que predomine uno u otro movimiento, dependerá el que haya absorción o excreción.

En general se ha observado que el movimiento unidireccional de Na^+ desde la luz intestinal hacia el plasma sanguíneo, es siempre rápido e importante a nivel del intestino delgado (2). Y hay un acuerdo casi unánime en admitir que la insorción de Na^+ aumenta, cuando lo hace la concentración intraluminal del mismo (2, 3, 4), pudiendo ser una función lineal de dicha concentración (3). Además la insorción de Na^+ varía en función del anión asociado; así los autores opinan que es más rápida a partir del ClNa (5, 6) que de otras sales.

En cuanto al movimiento unidireccional de Na^+ desde el plasma sanguíneo a la luz intestinal, es mucho más importante a nivel de duodeno y yeyuno, que de íleon (2, 5, 7).

En el hombre, los resultados parecen confirmar la interpretación habitual: a nivel de duodeno (8) no hay fenómeno de absorción, sino evolución de las soluciones hacia la isoconcen-

tración con el plasma; a nivel de yeyuno no aparece la absorción, y en ileon esta absorción se encuentra aumentada (9).

Casi todos los investigadores están de acuerdo en admitir, que el mecanismo de absorción de Na^+ , implica la intervención de un proceso energético activo. El primer argumento en que se basan para tal afirmación, es que el Na^+ siempre se absorbe en contra de un gradiente de concentración (3, 4, 10, 11, 12). El Na^+ es también absorbido en contra de un gradiente eléctrico, por lo que el movimiento de Na^+ se efectúa en contra de ambos gradientes, eléctrico y de concentración (gradiente electroquímico). Este hecho ha sido demostrado en intestino de distintas especies (3, 13, 14, 15, 16, 17).

En cuanto al movimiento de K^+ es evidente que es inferior al de sodio, de importancia análoga a nivel de yeyuno e ileon, y con un ligero predominio de exorción sobre insorción (2). En el intestino delgado, el movimiento de K^+ , parece ser enteramente pasivo (18, 19).

Esta amplia gama de información para el sodio y la escasa bibliografía para el potasio condujo a la realización del presente trabajo para tratar de conocer algo acerca del movimiento de Na^+ y K^+ en ileon terminal y yeyuno proximal de conejo utilizando soluciones en las que variaban las concentraciones de estos dos cationes y las de cloruro y bicarbonato.

MATERIAL Y METODOS

Se han realizado un total de cuatro experimentos (A, B, C y D) utilizando en cada uno de ellos un lote de 10 conejos, machos, de raza castellana, de pesos comprendidos entre 1,500 y 1,900 gramos. A los animales se les retiró la comida pero no el agua 24 horas antes de comenzar los experimentos.

La anestesia se practicó vía intravenosa, con etil uretano al 20%, a través de una cánula, braunula núm. 0, introducida en la vena marginal de la oreja. El anestésico se administró lentamente, vigilando los reflejos óculo-parpebral, plantar y corneal con objeto de asegurar la profundidad de la anestesia. Posteriormente se practicó laparotomía media, y manejando con cuidado el paquete intestinal se localizó el yeyuno proximal a partir del ángulo de Treitz en sentido caudal y el ileon terminal a partir de la válvula ileocecal en sentido craneal, según el caso.

Las asas intestinales tenían una longitud de 25 cm, en ambos extremos del asa se introdujeron sendos tubos de polivinilo de diámetro similar al de la luz intestinal que se ajustaron al intestino con lino del 0.

Los animales así preparados se colocaron en una cámara termorregulada a 38°C. Antes de comenzar el experimento se llevó a cabo un lavado previo con solución de glucosa al 5%.

Cuando el asa estaba limpia y totalmente vacía se introdujeron 25 ml de la solución a ensayar a través de la cánula de entrada, manteniendo cerrada la cánula de salida, una vez que la solución estaba en el interior se cerró la cánula de entrada, ambas cánulas eran cerradas con una llave de Mohr.

Las soluciones se mantuvieron en el asa durante 30 minutos, al cabo de los cuales se abría la salida recogiendo el contenido para su posterior análisis.

Tanto la solución de lavado como las soluciones a ensayar se mantenían en un baño termorregulado a 38°C y eran isotónicas.

Las soluciones empleadas en el Experimento grupo A; R₁, R₂, R₃ y R₄ contenían 27, 58, 85 y 154 mEq/l de Na⁺ y 3, 34, 66 y 132 mEq/l de Cl⁻ respectivamente, no contenían K⁺ y la concentración de CO₃H⁻ era de 22 mEq/l y la de PEG 4000 2g/l en todas ellas, y estaban isotonizadas con manitol.

Las soluciones empleadas en el Experimento grupo B; R₅, R₆, R₇, R₈, R₉ y R₁₀ contenían 89, 96, 135, 165, 187 y 195 mEq/l de Na⁺ y 25, 20, 14, 7, 3 y 0 mEq/l de CO₃H⁻ respectivamente, no contenían K⁺ y la concentración de Cl⁻ era 98 mEq/l y la de PEG 4000 2g/l en todas ellas; estaban isotonizadas con manitol.

Las soluciones empleadas en los Experimentos grupos C y D; R₁₁, R₁₂, R₁₃ y R₁₄ contenían 154 mEq/l de Na⁺, 9 mEq/l de K⁺ y 2 g/l de PEG 4000 todas ellas; 160, 140, 99 y 0 mEq/l de Cl⁻ y 6, 26, 62 y 164 mEq/l de CO₃H⁻ respectivamente.

El sodio y potasio se determinaron por fotometría de llama.

El cloruro y bicarbonato mediante volumetría potenciométrica, con NO₃Ag el primero y con ClH el segundo.

La determinación de PEG 4000 se realizó por la técnica de HYDEN (21).

RESULTADOS

Según LEVINSON y SCHEDL (21), la concentración intraluminal de Na^+ influye en la absorción de este catión de tal manera que ambos parámetros varían paralelamente. En este sentido los resultados obtenidos en ileon terminal de conejo confirman la opinión de estos autores. Así cuando se perfunden distintas soluciones cuya concentración en Na^+ y Cl^- van aumentando desde 27 a 154 mEq/l y desde 3 a 132 mEq/l respectivamente se observa que para bajos niveles de Na^+ intraluminal que coinciden con bajísimos niveles de Cl^- (Tabla I, solución R_1) el catión se excreta, para luego absorberse y aumentar progresivamente esta absorción a medida que aumenta la concentración inicial del mismo (Tabla I).

TABLA I

TRANSFERENCIA DE ELECTROLITOS EN ILEON TERMINAL DE CONEJO
Experimentos Grupo A

Solución	(*) Intercambio de Na^+ mEq	(*) Intercambio de K^+ mEq	(*) Intercambio de Cl^- mEq	(*) Intercambio de CO_3H mEq
R_1	$-0,25 \pm 0,06$	$-0,03 \pm 0,01$	$-0,46 \pm 0,05$	$+0,17 \pm 0,04$
R_2	$+0,04 \pm 0,22$	$-0,01 \pm 0$	$+0,05 \pm 0,11$	$-0,03 \pm 0,14$
R_3	$+0,17 \pm 0,09$	$-0,02 \pm 0,004$	$+0,41 \pm 0,08$	$-0,27 \pm 0,08$
R_4	$+0,58 \pm 0,08$	$-0,02 \pm 0,004$	$+0,84 \pm 0,02$	$-0,28 \pm 0,08$

Las soluciones R_1 , R_2 , R_3 y R_4 contienen 27, 58, 85 y 154 mEq/l de Na^+ y 3,34,66 y 132 mEq/l de Cl^- respectivamente, no contienen K^+ y la concentración de CO_3H^- en todos ellos es de 22 mEq/l.

(*) Valores medios de 10 animales. El signo (+) indica absorción y el signo (—) excreción.

Sin embargo este efecto no se observa para concentraciones muy altas de Na^+ , superiores a las plasmáticas (Tabla II soluciones R_8 , R_9 , R_{10}).

TABLA II

TRANSFERENCIA DE ELECTROLITOS EN ILEON TERMINAL DE CONEJO
Experimento Grupo B

Solución	(*) Intercambio de Na ⁺ mEq	(*) Intercambio de K ⁺ mEq	(*) Intercambio de Cl ⁻ mEq	(*) Intercambio de CO ₃ H ⁻ mEq
R ₅	+0,34 ± 0,18	-0,01 ± 0	+0,48 ± 0,33	-0,32 ± 0,07
R ₆	+0,38 ± 0,23	-0,01 ± 0	+0,50 ± 0,20	-0,18 ± 0,04
R ₇	+0,35 ± 0,18	-0,02 ± 0	+0,32 ± 0,16	-0,14 ± 0,03
R ₈	+0,21 ± 0,23	-0,02 ± 0	+0,10 ± 0,13	+0,05 ± 0,12
R ₉	+0,20 ± 0,35	-0,03 ± 0	-0,13 ± 0,15	+0,31 ± 0,17
R ₁₀	+0,15 ± 0,23	-0,03 ± 0,01	-0,28 ± 0,16	+0,26 ± 0,09

Las soluciones R₅, R₆, R₇, R₈, R₉ y R₁₀ contienen 89, 96, 135, 165, 187 y 195 mEq/l de Na⁺ y 25, 20, 14, 7, 3 y 0 mEq/l de CO₃H⁻ respectivamente, no contienen K⁺ y la concentración de Cl⁻ en todos ellos es de 98 mEq/l.

(*) Valores medios de 10 animales. El signo (+) indica absorción y el signo (-) excreción.

Cuando las concentraciones de Na⁺ son similares a las plasmáticas (Exp. D), la absorción en ileon terminal de conejo es considerable (Tabla III).

El movimiento de Na⁺ está relacionado con el de Cl⁻, de tal manera que parece existir una dependencia entre el movimiento de ambos iones. Este hecho se observa claramente en ileon terminal de conejo cuando se utilizan soluciones en que varían paralelamente las concentraciones de Na⁺ y Cl⁻.

Ambos iones se excretan a bajas concentraciones y luego invierten su movimiento, aumentando progresiva y paralelamente su absorción (Fig. 1). La dependencia se vé confirmada cuando el nivel de Na⁺ en las soluciones se mantiene constante y aproximadamente igual al plasma, disminuyendo el de Cl⁻. En tales condiciones, el movimiento de Na⁺ sigue el de Cl⁻, coincidiendo una disminución en la absorción del anión Cl⁻ (Tabla III soluciones R₁₁, R₁₂ y R₁₃).

No obstante cuando se excluye el Cl⁻ de la solución excretándose el mismo, lógicamente el Na⁺ sigue absorbiéndose en

TABLA III
TRANSFERENCIA DE ELECTROLITOS EN INTESTINO DELGADO DE CONEJO
Experimentos Grupo C y D

Solución	*Intercambio de Na^+ mEq/dm ²		*Intercambio de K^+ mEq/dm ²		*Intercambio de Cl^- mEq/dm ²		*Intercambio de CO_3H^- mEq/dm ²	
	ileon terminal	yeyuno proximal	ileon terminal	yeyuno proximal	ileon terminal	yeyuno proximal	ileon terminal	yeyuno proximal
R ₁₁	+0,59 ± 0,04	+0,48 ± 0,13	+0,05	+0,08 ± 0,01	+1,48 ± 0,05	+0,76 ± 0,14	-0,94 ± 0,05	-0,42 ± 0,03
R ₁₂	+0,43 ± 0,09	+0,22 ± 0,17	+0,03 ± 0,03	+0,02 ± 0,03	+1,45 ± 0,03	+0,72 ± 0,21	-0,86 ± 0,10	-0,22 ± 0,02
R ₁₃	+0,13 ± 0,09	+0,10 ± 0,16	+0,16 ± 0,01	+0,04 ± 0,02	+0,48 ± 0,09	+0,06 ± 0,20	-0,16 ± 0,09	+0,10 ± 0,04
R ₁₄	+0,56 ± 0,09	+0,94 ± 0,25	+0,08 ± 0,01	+0,10 ± 0,01	-0,01 ± 0,02	-0,74 ± 0,04	+1,62 ± 0,07	+1,80 ± 0,24

Las soluciones R₁₁, R₁₂, R₁₃ y R₁₄ contienen 154 mEq/l de Na^+ y 9 mEq/l de K^+ todas ellas; 160, 140, 99 y 0 mEq/l de Cl^- y 6, 26, 62 y 164 mEq/l de CO_3H^- respectivamente.

(*) Valores medios de 10 animales. El signo (+) indica absorción y el signo (-) excreción.

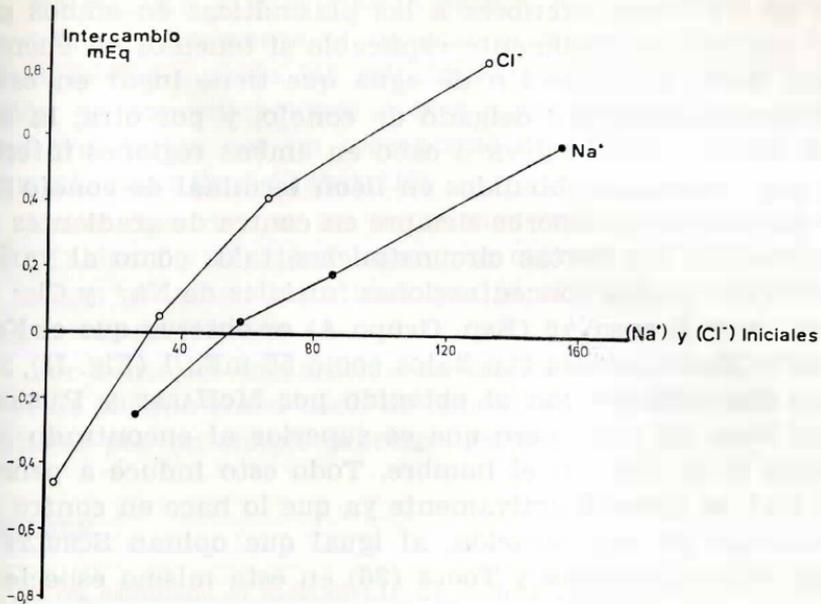


Fig. 1.—Movimiento de sodio y cloruro en íleon terminal de conejo

cantidad similar a la máxima absorción de este catión. Sin embargo, creemos que este hecho queda justificado, si tenemos en cuenta que en este caso, se produce una gran absorción de CO_3H^- , absorción que supera en magnitud incluso a la excreción de Cl^- , así pues todo parece indicar que el movimiento de Na^+ se relaciona indistintamente con el de los aniones (Tabla III, solución R_{11}). La situación en yeyuno es comparativamente similar a la observada en íleon terminal.

En opinión de Alexander (22), la absorción de Na^+ se lleva a cabo con más intensidad en íleon que en yeyuno. Este hecho parece realmente cierto cuando consideramos la absorción de Na^+ por dm^2 de intestino, para las soluciones que contienen Cl^- (Tabla III, soluciones R_{11} , R_{12} y R_{13}). Pero al excluir este anión de la solución, la diferencia se invierte, lo que puede ser debido a que en este caso la absorción de CO_3H^- es mayor en yeyuno que en íleon por lo que también la absorción de Na^+ está aumentada en la región yeyunal (Tabla III, solución R_{14}).

Cuando se extraen los líquidos, después de haberlos mantenido 1/2 hora en las asas ileales y yeyunales, sus concentra-

ciones en Na^+ son inferiores a las plasmáticas en ambos casos, lo que resulta fácilmente explicable si tenemos en cuenta, por una parte, la excreción de agua que tiene lugar en estos segmentos del intestino delgado de conejo, y por otra, la absorción de Na^+ que se lleva a cabo en ambas regiones intestinales. Los resultados obtenidos en ileon terminal de conejo indican que el Na^+ se absorbe siempre en contra de gradientes de concentración; en ciertas circunstancias, tales como al variar al mismo tiempo las concentraciones iniciales de Na^+ y Cl^- en las soluciones a ensayar (Exp. Grupo A) se observa que el Na^+ se absorbe desde niveles tan bajos como 55 mEq/l (Fig. II), resultado que coincide con el obtenido por McHARDY y PARSONS (23) en ileon de rata, pero que es superior al encontrado por TURNBERG et al. (24) en el hombre. Todo esto induce a pensar que el Na^+ se absorbe activamente ya que lo hace en contra de un gradiente de concentración, al igual que opinan SCHULTZ y ZALUSKY (25) y CLARKSON y TOOLE (26) en esta misma especie.

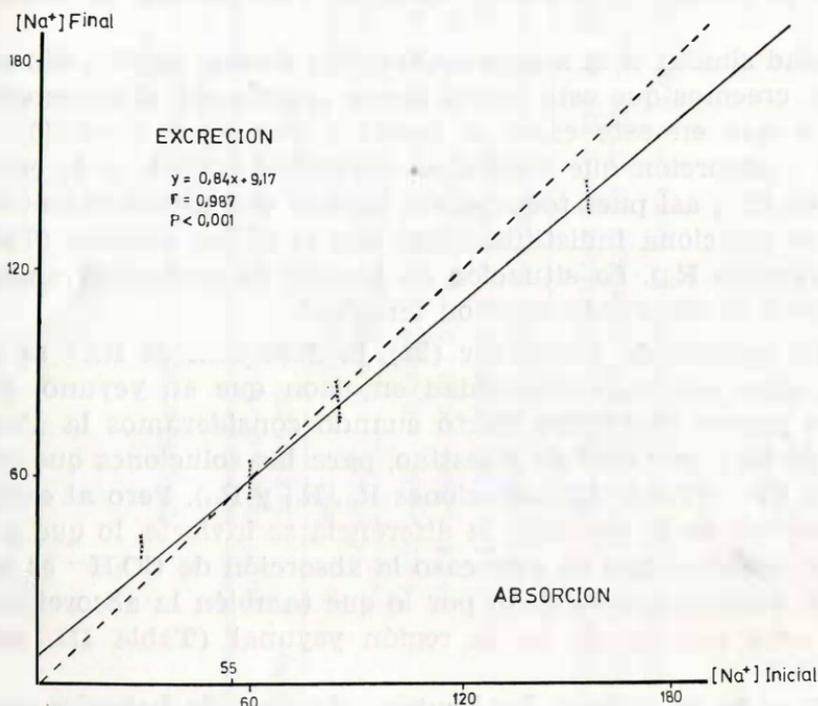


Fig. 2.—Movimiento de sodio en ileon terminal de conejo

En relación al movimiento de K^+ , los resultados obtenidos no definen claramente la naturaleza de este proceso; encontrándose que cuando las soluciones empleadas contienen este catión en concentraciones dobles a las plasmáticas, hay una absorción lógica por un mecanismo de difusión, tanto a nivel yeyunal, como ileal (Tabla III).

En el caso de que las soluciones ensayadas no contengan K^+ (Tablas I y II) tiene lugar una excreción del mismo desde la sangre al lumen intestinal, que se atribuye naturalmente a un proceso de difusión.

Por tanto, el mecanismo de transferencia de K^+ tanto a nivel de yeyuno como ileon de conejo, parece evidente, que tiene lugar por un simple proceso pasivo.

RESUMEN

Se ha estudiado el movimiento de sodio y potasio en ileon terminal y yeyuno proximal de conejo anestesiado.

La absorción de sodio en ileon terminal aumenta al hacerlo la concentración intraluminal, absorbiéndose este catión en contra de gradientes de concentración, desde niveles tan bajos como 55 mEq/l.

El movimiento de sodio está relacionado con el de cloruro, de tal manera que parece existir una dependencia entre el transporte de ambos iones.

La situación en yeyuno es comparativamente similar, si bien la absorción de sodio se realiza generalmente con más intensidad en ileon que en yeyuno.

En cuanto al movimiento de potasio en los dos niveles del intestino estudiado parece que tiene lugar por un simple proceso pasivo.

SUMMARY

The movement of sodium and potassium has been studied in terminal ileum and proximal jejunum of anaesthetized rabbits.

The absorption of sodium in terminal ileum increases with the intraluminal concentration, absorbing this cation against concentration gradients, from levels as low as 55 mEq/l. The movement of sodium is related to that of chloride, in such a way that there appears to exist a dependence between the transportation of both ions. The situation in the jejunum is comparatively similar, although the absorption of sodium is generally greater in the ileum than in the jejunum.

It appears that the movement of potassium in both parts of the intestine studied occurs through a simple passive process.

BIBLIOGRAFIA

- (1) MATUCHANSKY, C., MODIGLIANI, R. y BERNIER, J. I.; *Biol Gastroenterol. (París)* 7, 85, (1974).
- (2) LE QUINTREC, Y., BERNIER, J. J. y LAMBLING, A.: *Pathol. Biol.*, 14, 108, 1966.
- (3) CURRAN, P. F.: *J. Gen. Physiol.*, 43, 1137, (1960).
- (4) VAUGHAN, B. E.: *Am. J. Physiol.*, 198, 1235, (1960).
- (5) ANNEGERS, J. H. y WAKEFIELD, H.: *Am. J. Physiol.*, 203, 563, (1962).
- (6) VISSCHER, M. B. y ROEPKE, R. R.: *Am. J. Physiol.*, 144, 468, (1945).
- (7) HINDLE, W. y CODE, C. F.: *Am. J. Physiol.*, 203, 215, (1962).
- (8) KALSER, M. H., WILLIAMS, R. M. PATERSON, A. R. y SMITHERN, B.: *Gastroenterology*, 197, 1210, (1963).
- (9) TALLEY, R. B., SCHELD, H. P. y CLIFTON, J. A.: *Gastroenterology*, 47, 382, (1964).
- (10) HENDLEY, E. y SMYTH, D. M.: *J. Physiol.*, 139, 27P, (1957).
- (11) MCHARDY, G. J. R. y PARSONS, D. S.: *Q. Jl. exp. Physiol.*, 42, 33, (1957).
- (12) TURNBERG, L. A., BIEBERDORF, F. A., MORAWSKI, S. G. y FORDTRAN, J. S.: *J. Clin. Invest.*, 49, 557, (1970).
- (13) CLARKSON, T. W. y ROTHSTEIN, A.: *Am. J. Physiol.*, 199, 898, (1960).
- (14) CURRAN, P. F. y SCHWARTZ, G. F.: *J. Gen. Physiol.*, 43, 555, (1960).
- (15) CURRAN, P. F. y SOLOMON, A. K.: *J. Gen. Physiol.*, 41, 143, (1957).
- (16) FORDTRAN, J. S., RECTOR, F. C. Jr. y CARTER, N. W.: *J. Clin. Invest.*, 47, 884, (1968).
- (17) GILMAN, A. y KOELLE, E. S.: *Am. J. Physiol.*, 199, 1025, (1960).
- (18) GILMAN, A., KOELLE, E. S. y RITCHIE, J.: *Nature*, 197, 1210, (1963).
- (19) PHILLIPS, S. F. y CODE, C. F.: *Am. J. Physiol.*, 211, 607, (1966).
- (20) HYDEN, S. A.: *Kgl. Lamtbruks-Hogskol. Ann.*, 22, 139, (1955).
- (21) LEVINSON, R. A. y SCHEDL, H. P.: *Am. J. Physiol.*, 211, 939, (1966).
- (22) ALEXANDER, F.: *Res. vet. Sci.*, 3, 78, (1962).
- (23) MCHARDY, G. J. R. y PARSONS, D. S.: *Q. Jl. exp. Physiol.*, 42, 33, (1957).
- (24) TURNBERG, L. A., BIEBERDORF, F. A., MORAWSKI, S. G. y FORDTRAN, J. S.: *J. Clin. Invest.*, 49, 557, (1970).
- (25) SCHULTZ, S. G. y ZALUSKY, R.: *J. Gen. Physiol* 47, 567, (1964).
- (26) CLARKSON, T. W. y TOOLE, S. R.: *Am. J. Physiol.*, 206, 658, (1964).