

Estudio teórico del llenado esofágico en el reflujo *

J. A. TOVAR y J. ARANA

RESUMEN: Hemos calculado a partir de un modelo matemático teórico las variaciones del volumen del esófago y del estómago desde el período neonatal hasta la edad adulta y correlacionado dichas variables con la longitud del esófago en un intento de comprender el comportamiento clínico de los pacientes con RGE a diversas edades y de disponer de datos para la más adecuada colocación de la punta del electrodo de pH-metría. El volumen esofágico máximo equivale al 6,01 % del total del estómago en el RN, al 5,05 % del de un niño de 24 meses y al 5,34 % del de un adulto, lo que muestra un crecimiento proporcional de ambas vísceras. La cantidad de líquido necesaria para llenar el 20 % de la longitud del esófago adulto llenaría casi el 100 % del de un niño de 24 meses y casi el 200 % del de un recién nacido. Teniendo en cuenta solamente estos datos calculados a partir de un modelo teórico estático, y haciendo abstracción de todos los factores funcionales implicados en el fenómeno del vómito, podríamos explicar parcialmente las variaciones de expresión clínica del RGE a diversas edades, la mejoría espontánea de los vómitos al llegar a la edad de la marcha y la menor expresividad clínica del RGE en el adulto. Por otra parte, nuestro estudio demuestra que la posición clásica del extremo del electrodo de pH-metría en el adulto (13 % de la longitud manométrica por encima del límite superior del EEI, en la zona de llenado del 20 % del volumen esofágico) puede ser fijada menos rigurosamente en el lactante hacia la mitad de la longitud teórica del esófago donde permitiría detectar con igual eficacia los episodios de RGE. **PALABRAS CLAVE:** ESÓFAGO. ESTÓMAGO. REFLUJO GASTROESOFÁGICO.

THEORETICAL STUDY OF OESOPHAGEAL FILLING IN GASTROESOPHAGEAL REFLUX (SUMMARY): Using a theoretical model we have calculated the variations of oesophageal and gastric volumes between birth and adult age and correlated these variables with oesophageal length aiming at understanding their influence on the clinical pattern of GER at various ages and at providing data to allow an appropriate location of pH-electrode tip in children. Maximal oesophageal volume was equal to 6,01 % of that of neonatal stomach, to 5,05 % of that of a 24 month toddler and to 5,34 % of that of an adult revealing a rather proportionate growth of both organs. The fluid necessary to fill up 20 % of the length of an adult oesophagus would fill up 100 % of that of a 24 month toddler and almost 200 % of that of a newborn. Taking into account only this theoretical data and disregarding all the functional factors involved in vomiting we could partially explain the variations of clinical patterns of GER at several ages, the tendency of vomiting to improve after bipedestation and the milder expression of GER at adult age.

Universidad del País Vasco. Departamento de Pediatría. Servicio de Cirugía Pediátrica. Hospital Materno-Infantil N.º S.º de Aránzazu. Unidad de Investigación del FISSS. 20014 San Sebastián.

* A Ernesto Sánchez Villares, maestro en tantas cosas.

On the other hand, our study demonstrates that the current practice of positioning pH-electrode tip in adults 13 % of the manometric length above LES, in the zone of filling of the 20 % of oesophageal volume, can be loosened in infants in whom, very probably, a less accurate position in the mid oesophagus would detect GER episodes as well. KEY WORDS: OESOPHAGUS. STOMACH. GASTROESOPHAGEAL REFLUX.

Una interesante peculiaridad del reflujo gastro-esofágico (RGE) es su variabilidad clínica a lo largo del tiempo: en efecto, en el recién nacido y en el lactante joven el síntoma principal es el vómito y/o la regurgitación, mientras que en el adulto rara vez llega a expulsarse por la boca el contenido gástrico, siendo más frecuente que el paciente sufra pirosis, disfagia y/o microhemorragias. El tránsito entre ambos tipos de cuadros clínicos preferentes acontece en las cercanías de la edad de la marcha, época en la que, con o sin ayuda de tratamientos médico-posturales, se alivian y hasta desaparecen los vómitos, quedando solamente en algunos casos manifestaciones menos frecuentes (respiratorias, posturales, etc.).

Tenemos la sospecha de que, por una parte, esta evolución en el tiempo de la enfermedad está escasamente condicionada por fenómenos madurativos de los mecanismos antirreflujo, y, por otra, de que la aparente mejoría o curación de los síntomas después del primer año no representa siempre, ni mucho menos, la del RGE, sino que, más bien, el silencio clínico de éste se debe en ocasiones a la dificultad del niño para referir síntomas como los del adulto.

En este trabajo intentamos poner a prueba la hipótesis de que dicha evolución en el tiempo tiene mucho que ver con las dimensiones de los órganos digestivos y de las cavidades abdominal y torácica a diversas edades. Reconocemos que los resultados de una especulación puramente teórica como la que presentamos son vulnerables en varios puntos, pero la dificultad de reproducir los innumerables factores

que conducen al fenómeno del RGE en modelos experimentales y, con más razón, teóricos, permitirán al lector comprender la prudencia con la que interpretamos nuestros resultados.

Adicionalmente trataremos de juzgar críticamente la pertinencia de la colocación de la punta del electrodo de pH-metría en el punto habitualmente aconsejado, situado en la mágica cifra de un 13 % por encima del borde manométrico superior del esfínter esofágico inferior (EEI).

MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos intentado cifrar las dimensiones del esófago y del estómago a diversas edades, utilizando para ello textos anatómicos clásicos (12), medidas endoscópicas generalmente aceptadas (34), nuestras propias medidas obtenidas a lo largo de una larga experiencia de endoscopia esofágica y algunas mediciones en cadáveres pediátricos de diversas edades.

El volumen esofágico ha sido calculado aplicando la fórmula

$$V.Esof. = L.Esof. \cdot \Pi \cdot r^2$$

siendo «r» el radio estático del esófago considerado éste como un cilindro e ignorando las variaciones de su calibre.

El volumen del estómago ha sido calculado aplicando la fórmula

$$V.Estom. = \Pi/6 \cdot A \cdot B \cdot C$$

siendo «A» la longitud en cm. del eje mayor del estómago, «B» la del transversal y «C» la del antero-posterior. Esta fórmula es considerada como la más adecuada para

deducir el volumen del elipsoide de revolución (al que groseramente podemos asimilar el estómago) en el cálculo ecográfico del volumen renal actualmente más usado (5).

El cálculo en el neonato y en el adulto han sido relativamente fáciles al haber numerosas medidas anatómicas de longitud y anchura, pero en los puntos intermedios hemos tenido en algunas ocasiones que calcular por interpolación al no existir medidas diferenciadas en todas las edades.

Es obvio que en nuestros cálculos hemos asimilado las vísceras estudiadas a estructuras no elásticas e inertes, lo que es, naturalmente, falso, y, además, hemos hecho abstracción de las variaciones impuestas a su volumen por los cambios en las presiones de las cavidades circundantes. Algunas variables han sido relacionadas con otras gráficamente en forma de nubes de puntos. Para el cálculo hemos usado una «hoja de cálculo» (Multiplan®) y para la representación gráfica el módulo correspondiente de un programa estadístico

(Statview 512®) en un ordenador McIntosh Plus (Apple).

RESULTADOS

Los valores de la longitud esofágica (L.Esof.), el diámetro esofágico (D.Esof.), el volumen esofágico (V.Esof.), las longitudes del eje mayor (Eje > Est.) diámetros transversal /Diam. > Est.), antero-posterior (Diam. > Est.) y el volumen del estómago (Vol.Est.) aparecen en la Tabla I junto a la edad y la talla correspondientes. En la Figura 1 aparecen resumidos estos valores para el recién nacido, el adulto y el niño de 24 meses.

La Figura 2 muestra las variaciones del volumen esofágico y del gástrico (A), y la relación bastante constante entre la longitud esofágica y el porcentaje del volumen gástrico equivalente al esofágico a lo largo del tiempo.

La Figura 3 demuestra que el volumen equivalente al 20 % del de un esófago

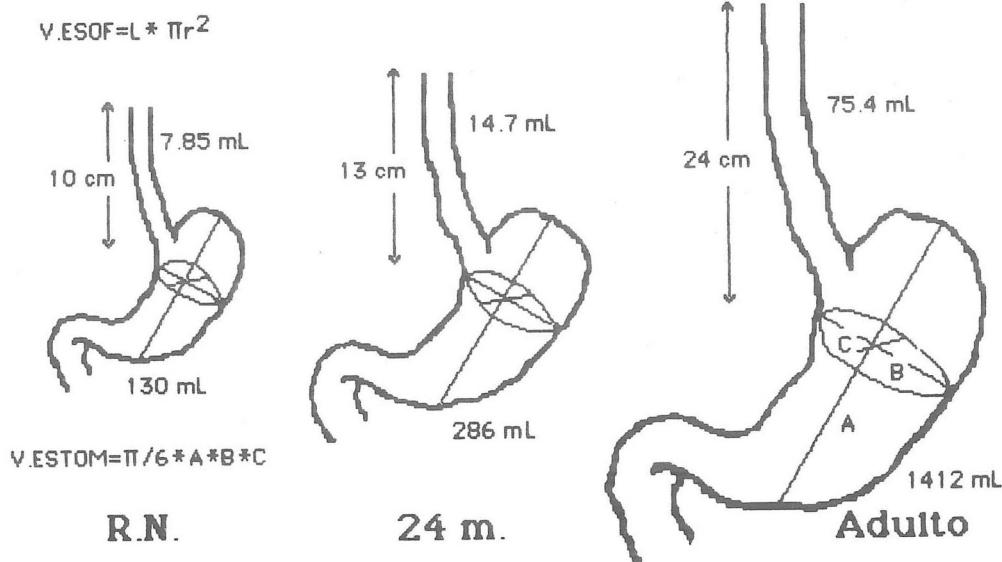


FIG. 1. Dimensiones del esófago y del estómago calculadas teóricamente a tres edades diferentes. En la figura aparecen las fórmulas de cálculo de los volúmenes respectivos

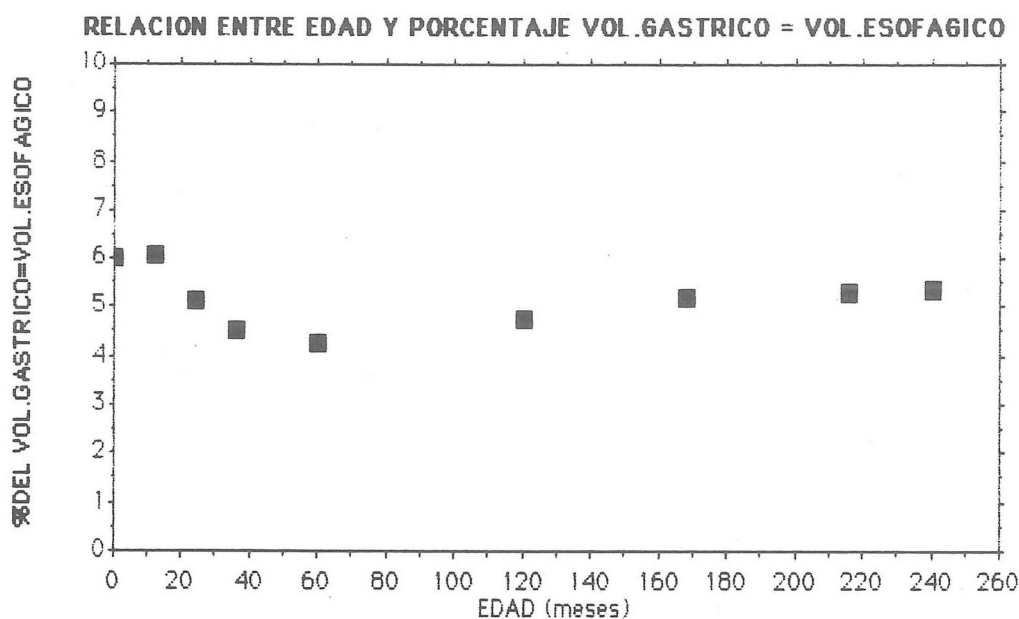
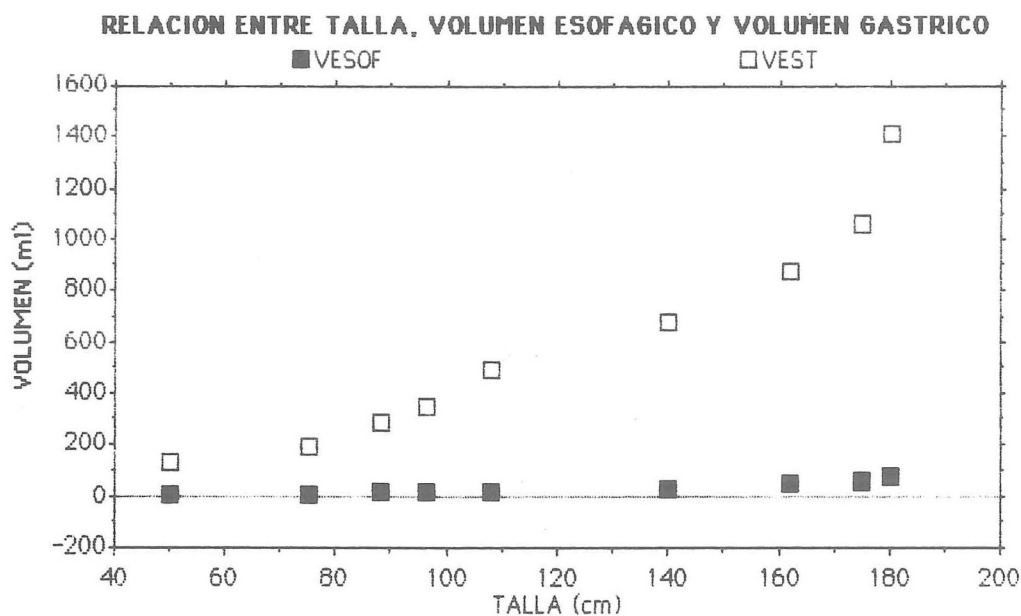


FIG. 2. A: Crecimiento de los volúmenes esofágico y gástrico en relación con la talla. B: Porcentaje del volumen gástrico equivalente al volumen esofágico a lo largo de la vida. Puede verse que, según nuestro cálculo teórico, este porcentaje se mantiene relativamente constante a diferentes edades

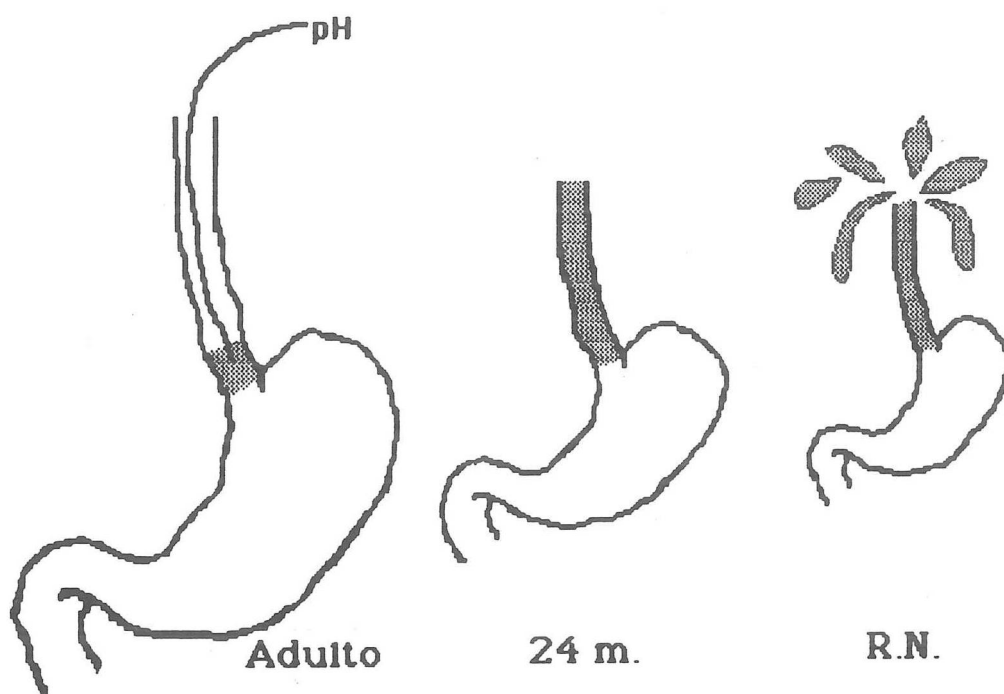
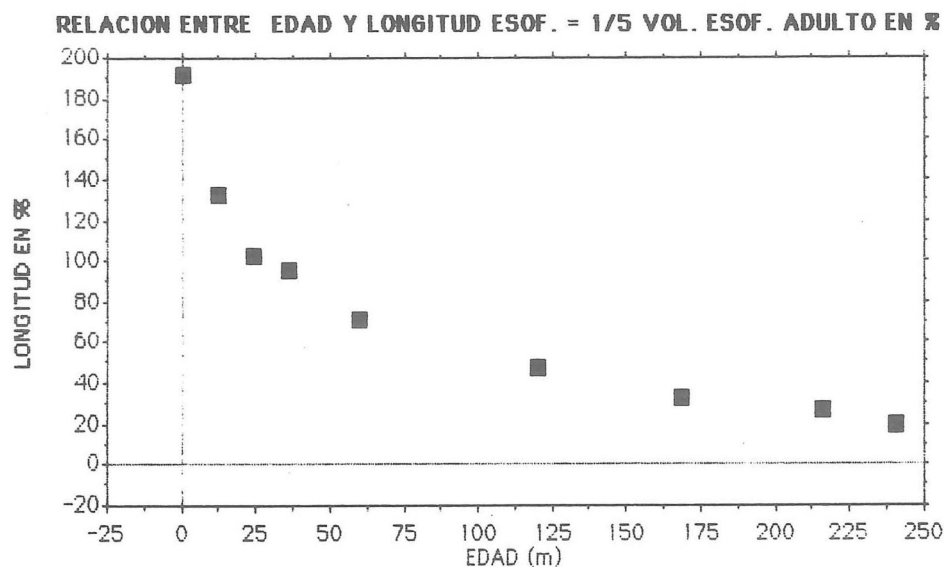


FIG. 3. A: Longitud teórica del esófago que se llenaría con el 20 % del volumen del adulto. Puede apreciarse que en el recién nacido dicho volumen llenaría 200 % de la longitud esofágica, y que en el niño de 24 meses llenaría el 100 %

TABLA I. DIMENSIONES DEL ESOFAGO Y ESTOMAGO A DIVERSAS EDADES

EDAD (Meses)	TALLA (cm.)	L.Esof. (cm.)	D.Esof. (cm.)	V.Esof. (mL.)	Eje > Est. (cm.)	Diam. > Est. (cm.)	Diam. < Est. (cm.)	Vol. Est. (mL.)
0	50	10	1	7,85	10	5	5	130,75
12	75	12	1,1	11,40	12	6	5	188,28
24	88	13	1,2	14,70	14	6,5	6	285,56
36	96	14	1,2	15,83	16	7	6	351,46
60	108	16	1,3	21,24	17	8	7	497,90
120	140	18	1,5	31,81	19	9	7,5	670,75
168	162	20	1,7	45,40	21	10	8	878,64
216	175	22	1,8	55,98	23	11	8	1058,55
240	180	24	2	75,40	25	12	9	1412,10

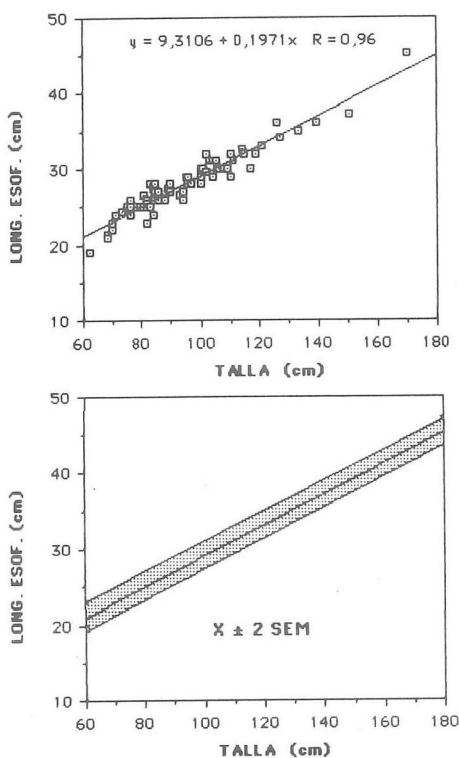


FIG. 4. Relación entre la longitud esofágica (narina-EEI) y la talla en 77 niños con reflujo. En la parte superior aparece la dispersión, la R de Pearson y la ecuación de regresión, mientras que en la parte inferior se aprecian los límites de dispersión del 95 %. Nótese que, por debajo de la talla de 70 cm., y más aún, en el primer año de la vida, que está parcialmente fuera de la figura, la posición de la punta del electrodo de pH-metría podría fijarse, si nuestras conclusiones son válidas, entre 10 y 15 cm. del borde narinario, donde podría detectar los episodios de RGE con suficiente fiabilidad

adulto (zona en la que se aconseja detectar el ácido refluído en esa edad) llenaría casi el 200 % del de un recién nacido y el 100 % del de un niño de 24 meses. Por el contrario, el volumen de llenado de un 20 % del esófago neonatal solamente llenaría 1/10 del esófago del niño de 24 meses y 1/48 del de un adulto.

La Figura 4, por fin, tomada de un trabajo nuestro anterior (6) demuestra la excelente correlación entre la longitud esofágica (desde el reborde narinario) y la talla de nuestros pacientes pediátricos con RGE, la ecuación de su recta de regresión y los límites de dispersión del 95 % de la población. La colocación del electrodo de pH-metría 2 cm. por encima del límite inferior de dispersión del 95 % nos colocaría con seguridad en el 1/5 distal esófago.

DISCUSIÓN

Es obvio que con los datos que anteceden solamente puede elaborarse una discusión teórica con innumerables puntos sin aclarar, pero, con todas las reservas, creemos útil servirnos de ellos para desafiar algunas de las concepciones vigentes en la comprensión del fenómeno del RGE. Es posible que alguna faceta de este estudio pueda tener desarrollo experimental o

merezca discusión, con lo que los fines del mismo se verán colmados.

El trabajo de GAUDERER sobre las incisiones quirúrgicas abdominales del niño (7), en el que se midieron varios diámetros abdominales a diversas edades, evidencia la escasa variación de las dimensiones verticales del abdomen entre el lactante y el adulto y el crecimiento considerable de las transversales durante el primero y parte del segundo año pasando la forma de ser aproximadamente elipsoidal de eje mayor transversa a ser más bien cilíndrica o elipsoidal de eje mayor vertical. En este proceso pierde el cuerpo la desproporción a favor del abdomen con respecto al tórax y a los miembros que es característica de la primera edad de la vida.

La gráfica elaborada por BELTRÁN y cols. (4) mostrando el crecimiento del esófago y de la talla pone de manifiesto un ascenso proporcionado excepto en el primer año de vida en cuya primera mitad se produce un rápido crecimiento esofágico, seguramente coincidiendo con el mayor desarrollo del tórax en esa época.

De acuerdo con esta evidencia podría pensarse que la amplitud mayor del abdomen en el recién nacido y lactante joven se acompañaría de una desproporción entre los tamaños relativos del esófago y el estómago en favor de este último y que el crecimiento torácico durante el primer año aumentaría las dimensiones esofágicas reduciendo esta desproporción. HERBST (8, 9) explica la mayor frecuencia del vómito en el niño pequeño que en el adulto con RGE a través de la diferencia de volumen relativo del esófago a ambas edades recordando que «...el volumen potencial de depósito de un adulto de 70 kg. es aproximadamente 40 veces mayor que el de un niño...» y que el volumen de cada toma alimentaria por kg. de peso es en el niño doble que en el adulto. Nuestros datos elaborados teóricamente no concuer-

dan completamente con esta explicación ya que no es tan enorme la desproporción entre el volumen esofágico a las dos edades y parecen mantenerse bastante constantes las proporciones entre el volumen del estómago y el del esófago a lo largo de la vida. Justo es recordar, sin embargo, que solamente hemos tomado puntos de medida en el recién nacido y al año de vida, por lo que podemos haber infravalorado este crecimiento rápido inicial y que nuestro método de cálculo no tiene en cuenta la distensibilidad del esófago ni otros factores funcionales.

Precisamente, el juego de estos factores funcionales en el determinismo de la clínica del RGE debe ser de importancia decisiva:

El papel del proceso de «maduración» del esfínter esofágico inferior (EEI) durante la primera época de la vida (10) que haría cada vez más difícil el vómito no aparece muy claro, ya que hay estudios que han evidenciado, con poco lugar a dudas, que la eficacia presora del EEI es similar en el recién nacido y en el niño mayor (11, 12). Pueden ser más importantes las relajaciones esfinterianas extemporáneas que parecen ser cruciales en la disregulación que conduce al RGE (13) y que podrían ser más fáciles en las edades más tempranas.

Probablemente son de igual importancia las propiedades elásticas de la pared esofágica y la influencia sobre las presiones gástricas y esofágicas del diámetro del tronco a diversas edades. La aplicación de la Ley de Laplace [$P = T(1/r_1 - 1/r_2)$], donde P es la presión, T es la tensión de la pared, y r son los radios mayor y menor de curvatura (en el caso de un cilindro sería $P = t/r$, y en el de la esfera sería $P = 2T/r$), que explica, por ejemplo, la ineficacia expulsiva del corazón dilatado, a otras estructuras tubulares u ovoideas como el abdomen del niño o su esófago demostrando que, cuando mayor es el radio,

mayor tendrá que ser la tensión parietal para obtener semejante presión en el interior. En otras palabras, parece lógico que la contracción del estómago neonatal dentro del abdomen neonatal sea más eficaz que la del adulto para variar retrógradamente aquél. A su vez, cuanto menor sea el radio del esófago, menor es su «compliance» en el supuesto de que la materia que forma su pared fuera la misma. No estamos en las mejores condiciones para argumentar teóricamente sobre la aplicación de esta ley, pero estamos seguros de que explica algunas de las diferencias en la expresividad clínica del reflujo a diversas edades.

El volumen del vómito en un lactante puede representar la totalidad del volumen gástrico, y el de una regurgitación, acontecimiento aún más frecuente en el RGE, es, aunque menor, suficiente para superar el volumen de llenado esofágico. En el adulto, por el contrario, la acción patógena del RGE se ejerce sobre la parte distal del esófago o, todo lo más, sobre la encrucijada faringoesofágica, porque el fenómeno implica la movilización retrógrada de solamente una parte del volumen gástrico.

Es nuestra opinión que el tamaño de ambas vísceras y las leyes físicas que regulan los juegos de presiones dentro de las mismas son responsables de esta variabilidad de la expresión clínica del RGE a diversas edades. La mejoría del cuadro emético poco después de la edad de la marcha coincide curiosamente con la época en la que el volumen de llenado de 1/5 del esófago adulto deja de exceder la capacidad total del esófago pediátrico.

Por otra parte hemos intentado juzgar críticamente la necesidad de respetar la posición convencional de la punta de

electrodo de pH-metría un 13 % de la longitud esofágica por encima del borde manométrico superior del EEL. Estamos tan acostumbrados a aceptar esta instrucción convencional que no nos interrogamos sobre el porqué de tan curiosa cifra, cuyo origen no nos ha sido posible hallar. Es evidente que lo que se busca así es situar el electrodo con seguridad en el 1/5 distal del esófago, que es el nivel al que supone que llega el contenido gástrico durante la mayoría de los episodios de RGE. Al iniciarse más adelante la aplicación de esta técnica al diagnóstico en los niños se adoptó, por extensión, la misma sistemática convencional (14, 15, 16), aunque muchos otros autores han preferido usar referencias distintas: 2,5 (17, 18, 19) o 3 cm. (20, 21) por encima del EEL. Nuestro estudio parece evidenciar que esta práctica, resultado una vez más de transpolar usos de la medicina del adulto a la edad infantil como si el niño fuera un adulto en miniatura, es demasiado rigurosa. Si en los primeros 18 ó 24 meses de la vida el RGE llena completamente el esófago en la mayoría de las ocasiones, de poco vale esforzarse en localizar la presencia de ácido solamente en el 1/5 distal cuando éste debe llegar, seguramente, a la mayoría de la longitud de la víscera. Los estudios, escasos por cierto, en los que se ha estudiado el pH en la parte alta del esófago (22, 23) o a varios niveles del mismo (24) para juzgar su posible influencia sobre el aparato respiratorio parecen dar razón a nuestra conclusión.

Para terminar, reiteramos la prudencia con la que queremos apuntar estas conclusiones convencidos como estamos de los numerosos puntos débiles que un estudio tan teórico como este puede tener.

BIBLIOGRAFIA

1. TESTUT, L.: *Tratado de Anatomía Humana*. Vol. 4, Salvat e hijo, Barcelona, 1898, págs. 131 y ss.
2. NETTER, F. H.: *Digestive System*. The CIBA collection of Medical Illustration, vol. III, parte I, CIBA, U.S.A., 1959, págs. 35 y ss.
3. AMOURY, R. A.: *Structure and function of the esophagus in infancy and early childhood*, en *Pediatric Esophageal Surgery*, eds.: K. W. Ashcraft y T. M. Holder, Grune & Stratton, Orlando, 1986, pág. 3.
4. BELTRÁN, S.; VAREA, V.; VILAR, P.: *La Fibroendoscopia en Patología Digestiva Infantil*. Editorial Jims, Barcelona, 1980, pág. 60.
5. JONES, T. B.; RIDDICK, L. R.; HARPEN, M. D.; DUBUISSON, R. L.; SAMUELS, D.: *Ultrasonographic determination of renal mass and renal volume*. J. Ultrasound Med., 1983; 2: 151-154.
6. DOVAR, J. A.; ARANA, J.; GARAY, J.; TAPIA, I.: *Estudio manométrico del esfínter esofágico inferior en niños con reflujo gastroesofágico*. Osa-kidetza, 1987; 2: 361-367.
7. GAUDERER, M. W. L.: *A rationale for the routine use of transverse abdominal incisions in infants and children*. J. Pediatr. Surg., 1981; 16 (Sup. 1): 583-586.
8. HERBST, J. J.: *Diagnosis and treatment of gastroesophageal reflux in children*. Pediatrics in Review, 1983; 5: 75-79.
9. HERBST, J. J.; MEYERS, W. F.: *Gastroesophageal reflux in children*. Adv. in Pediatr., 1982; 28: 159-186.
10. BOIX OCHOA, J.; CANALS, J.: *Maturation of the lower esophagus*. J. Pediatr. Surg., 1976; 11: 749-756.
11. HOLLWARTH, M.: *Die Entwicklung der Speisohrenfunktion bei Neugeborenen: eine manometrische Studie*. Z. Kinderchir., 1979; 27: 201-215.
12. HOLLWARTH, M.: *Esophageal manometry*. Pediatr. Surg. int., 1986; 1: 177-183.
13. WERLIN, S.; DODDS, W. L.; HOGAN, W. L.; ARNDORFER, R. C.: *Mechanisms of gastroesophageal reflux in children*. J. pediatr., 1980; 97: 244-249.
14. EULER, A. R.; AMENT, M. E.: *Detection of gastroesophageal reflux by Tuttle test*. Pediatrics, 1977; 60: 65-68.
15. ARASU, T. S.; WYLLIE, R.; FITZGERALD, J. F.; FRANKEN, E. A.; SIDDIQUI, A. R.; LEHMAN, G. A.; EIGEN, H.: *Gastroesophageal reflux in infants and children-Comparative accuracy of diagnostic methods*. J. Pediatr., 1980; 96: 798-803.
16. EULER, A. R.; BYRNE, W. J.: *Twenty-four-hour esophageal intraluminal pH probe testing: a comparative analysis*. Gastroenterology, 1981; 80: 957-961.
17. JOLLEY, S. G.; JOHNSON, D. G.; HERBST, J. J.; PEÑA, A.; GARNIER, R.: *An assessment of gastroesophageal reflux in children by extended pH monitoring of the distal esophagus*. Surgery, 1978; 84: 16-24.
18. BOIX-OCHOA, J.; LAFUENTE, J. M.; GIL-VERNET, J. M.: *Twenty-four hour esophageal pH monitoring in gastroesophageal reflux*. J. Pediatr. Surg., 1980; 15: 74-78.
19. REYES, H. M.; OSTROVSKY, E.; RADHAKRISHNAN, J.: *Diagnostic accuracy of a 3-hr continuous intraluminal pH monitoring of the lower esophagus in the evaluation of Gastro-esophageal reflux in infancy*. J. Pediatr. Surg., 1982; 17: 625-631.
20. KOCH, A.; GASS, R.: *Continuous 20-24 hr esophageal pH-monitoring in infancy*. J. pediatr. Surg., 1981; 16: 109-113.
21. HILL, J. L.; PELLIGRINI, C. A.; BURRINGTON, J. D.; REYES, H. M.; DEMEESTER, T. R.: *Technique and experience with 24-hour esophageal pH-monitoring in children*. J. Pediatr. Surg., 1977; 12: 877-887.
22. RAMENOFSKI, M. L.; LEAPE, L. L.: *Continuous upper esophageal pH monitoring in infants and children with gastroesophageal reflux, pneumonia and apneic spells*. J. Pediatr. Surg., 1981; 16: 374-379.
23. JOHNSON, D. G.; JOLLEY, S. G.; HERBST, J. J.; CORDELL, L. J.: *Surgical selection of infants with gastroesophageal reflux*. J. Pediatr. Surg., 1981; 16: 587-594.
24. HAASE, G. M.; MEAGHER, D. P.; GOLDSON, E.; FALOR, W. H.: *A unique teletransmission system for extended four-channel esophageal pH-monitoring in infants and children*. J. Pediatr. Surg., 1987; 22: 68-74.