

## El diafragma, el hiato y la unión gastroesofágica *The diaphragm, the hiatus and the gastroesophageal junction*

Owen Korn Bruzzone, Manuel Figueroa-Giralt

Departamento de  
Cirugía, Hospital Clínico  
Universidad de Chile,  
Santiago, Chile

Los autores declaran no  
tener conflictos  
de interés.

*Conflicts of interest*  
*None declared.*

Correspondencia  
*Correspondence:*  
Owen Korn Bruzzone  
E-mail:  
okorn@hcuch.cl

### RESUMEN

---

La unión del tubo esofágico con el estómago en lo que denominamos el cardias, su tránsito y relaciones con el hiato diafragmático, las estructuras fibromembranosas que la fijan y envuelven, la existencia de un esfínter gastroesofágico anatómico y su real morfología, así como la interacción de todos estos elementos, han sido materia de controversia por décadas y aún hoy. Este artículo actualiza la descripción de tales estructuras.

■ **Palabras clave:** diafragma, hiato, unión gastroesofágica, anatomía, fisiología, función.

### ABSTRACT

---

The point where the esophagus connects to the stomach, known as the cardia, its transition and relationship with the diaphragmatic hiatus, its fibromembranous attachments, the existence of an anatomic gastroesophageal sphincter and its real morphology, and the interaction between all these elements, have been subject of debate for decades that still persist. The aim of this article is to describe the updated information of such structures.

■ **Keywords:** diaphragm, hiatus, gastroesophageal junction, anatomy, physiology, function.

## Introducción

A pesar de los múltiples avances en los diversos campos de la biología humana y cuando pareciera que, hoy, al hombre es posible representarlo con una traza infinitesimal de su genoma, es curioso, sin embargo, que aún haya regiones de la anatomía humana que sean motivo de controversias, desacuerdos y malentendidos. Esto es lo que ocurre, desde hace décadas, si no siglos, con la anatomía de la unión gastroesofágica, con los elementos que la componen y de aquellos que la circundan. Por lo que resulta que, si la anatomía es ignorada o mal comprendida, resulta más difícil poder entender cómo es que todo funciona normalmente o cuándo enfrentamos su disfunción y enfermedad y, por último, las consecuencias que, para bien o para mal, tienen nuestras intervenciones sobre ella.

En este artículo revisaremos algunos aspectos embriológicos, anatómicos y fisiológicos que nos parecen relevantes y revisten interés para el cirujano que aborda esta región.

## El diafragma

El diafragma es una delgada lámina musculotendinosa que separa la cavidad torácica de la abdominal. Con una forma elíptica constituye la separación entre el tórax y el abdomen; tiene en su centro un área tendinosa con dos cúpulas de músculo estriado que se alzan a cada lado. Se inserta por adelante en el xifoides, hacia lateral en la superficie interna de los cartílagos costales de la séptima a la duodécima costilla y por atrás en las apófisis transversas de la primera vértebra lumbar y en el cuerpo y sínfisis de las tres primeras lumbares.

Embriológicamente, el diafragma se origina de cuatro estructuras: el septum transversum, las membranas pleuroperitoneales, el mesenterio dorsal del esófago y los músculos de la pared. A la cuarta semana de desarrollo, el septum transversum de origen mesodérmico separa de forma incompleta las cavidades pericárdicas de las peritoneales e inicia su migración hacia distal siguiendo el crecimiento del embrión y arrastrando los nervios frénicos. A la octava semana, el septum alcanza su ubicación toracolumbar, pero no cierra toda el área pues la comunicación permanece a través de los llamados ductos pleuroperitoneales; en ese período las membranas pleuroperitoneales derecha e izquierda se fusionan al septum y al mesenterio dorsal del esófago completando la separación de las cavidades pleurales de la abdominal. El septum dará origen al tendón central y a los músculos más centrales. Los músculos posterolaterales provienen de la pared. El mesenterio dorsal del esófago aportará las fibras musculares que desarrollarán el área de la crura. Este origen diverso determina el llamado diafragma costal y el crural.

Su irrigación depende de vasos pericardiofrénicos, mamaria inter-

na y ramos de aorta torácica y abdominal.

La inervación motora del diafragma proviene únicamente del nervio frénico homolateral y de esta inervación también depende la región crural. Es importante conocer la distribución de la inervación frénica para no lesionarla cuando se secciona el diafragma. Es posible la sección en la periferia del diafragma cercana a la inserción costal y también algunos centímetros en el borde anterior del hiato esofágico hacia el centro frénico para avanzar en el mediastino en la llamada maniobra de Pinotti<sup>1-4</sup>.

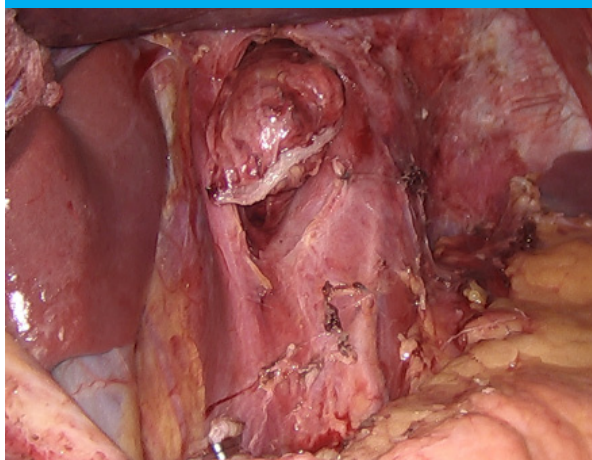
## El hiato

El diafragma es atravesado por varias estructuras, pero tres son las principales y tienen aperturas propias: la aorta, la vena cava y el esófago. La aorta lo hace a través de un orificio localizado a nivel de T12 o L1, limitado hacia dorsal por los cuerpos vertebrales, lateralmente por los pilares o cruras diafragmáticas y por anterior por el ligamento arcuato medio que une los dos pilares. Junto con la aorta atraviesa el conducto torácico y ocasionalmente las venas ácigos y hemiácigos.

El foramen de la vena cava está a nivel de T8 y se ubica a la derecha de la línea media en pleno tendón central, por lo que todos sus márgenes son tendinosos. El nervio frénico derecho y algunos linfáticos la acompañan.

El hiato esofágico se ubica a nivel de T10, ligeramente a la izquierda y ventral a la aorta. A diferencia de las anteriores, esta apertura es la única completamente formada por musculatura. De acuerdo con algunos autores existen múltiples variantes en la conformación muscular del hiato pero, en más del 60%, la crura derecha se divide y rodea por completo el hiato y se suma a la crura izquierda, por lo que esta suele verse más firme y gruesa que la derecha (Fig. 1). Por el hiato cruzan los nervios vagos, algunos ramos arteriales y venosos gástricos izquierdos y del nervio frénico izquierdo.

■ FIGURA 1



Se observan los pilares y la emergencia del esófago

La porción crural del diafragma cumple un papel relativamente menor en la función respiratoria comparada con la porción costal, pero sí desempeña un importante papel en la función gastroesofágica, particularmente en la deglución, el vómito y en la prevención del reflujo gastroesofágico.

La región crural está coordinada con el momento de la deglución, de modo tal que la crura se relaja transitoriamente cuando el bolo alimenticio distiende el esófago y es propulsado por la peristalsis a fin de facilitar y permitir su tránsito a través del hiato.

Durante la emesis se requiere una compleja coordinación de la musculatura respiratoria y abdominal, del diafragma y la esofagogastrica. En la fase expulsiva, la porción costal del diafragma se mantiene contraída a fin de generar presión positiva intrabdominal, mientras que la porción crural se relaja para permitir la salida del contenido gástrico<sup>1,2</sup>. Hay autores que consideran la crura diafragmática de gran importancia en la prevención del reflujo gastroesofágico y hay quienes la consideran como un segundo esfínter<sup>5</sup>. Parece razonable que, por su estructura muscular y ubicación respecto de la unión gastroesofágica, la crura actúe como un apoyo externo previniendo el reflujo en condiciones de aumento de presión abdominal; sin embargo, a nuestro entender, no parecería tener un papel antirreflujo determinante, en condiciones normales de reposo o interdigestivo.

### La membrana frenoesofágica

Se denomina esófago abdominal el segmento de 2 a 4 cm de tubo esofágico, que es posible exponer y rodear, situado entre el hiato diafragmático y su unión con el estómago. El esófago se identifica por carecer de serosa y las fibras longitudinales de su capa externa. Su unión con el estómago se denomina cardias y se reconoce como el límite oblicuo entre la musculatura esofágica y la serosa gástrica que se extiende desde el ángulo de His hacia la curva menor, proximal a la vena cardiotuberositaria.

El hiato diafragmático, el esófago abdominal y el cardias están ocultos por hallarse cubiertos por un manguito formado por una membrana fibroelástica denominada ligamento o membrana frenoesofágica. Además, en el abdomen, esta estructura se encuentra recubierta por el peritoneo (Fig. 2).

La membrana frenoesofágica está compuesta de fibroblastos, colágeno y fibras elásticas y tiene su origen en la prolongación de las fascias endotorácica y transversalis, las que se fusionan a nivel del hiato; una hoja ascendente se inserta en la pared esofágica 2 a 4 cm proximal al hiato, mientras la hoja descendente lo hace en la serosa del fondo gástrico. Suele tener un cojinete graso en su espesor denominado fat pad, y por ella transitan los nervios vagos (Fig. 3).

Constituye un sello que separa el tórax del abdomen a nivel del hiato y además es un anclaje del esófago al hiato, pero que le permite cierta movilidad durante la deglución.

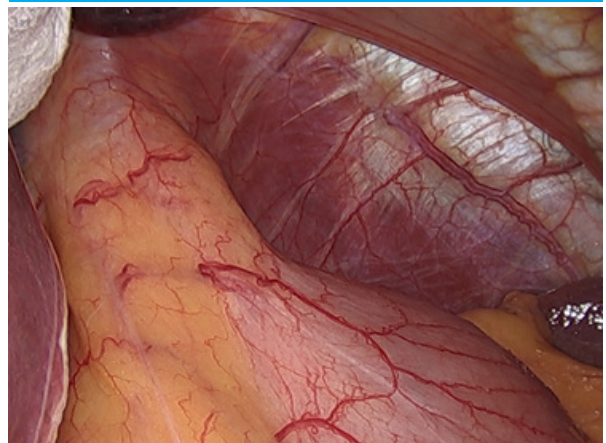
Para remover esta membrana y despejar la unión gastroesofágica se puede abordar desde la curva menor o desde el ángulo de His (esto último parece más recomendable) y desde allí disecarla hacia medial, liberando el pilar izquierdo y protegiendo el vago anterior.

Hay autores que le atribuyen un papel en el mecanismo antirreflujo y también en su eventual relación con las hernias hiatales<sup>6,7</sup>.

El esfínter esofágico inferior o gastroesofágico

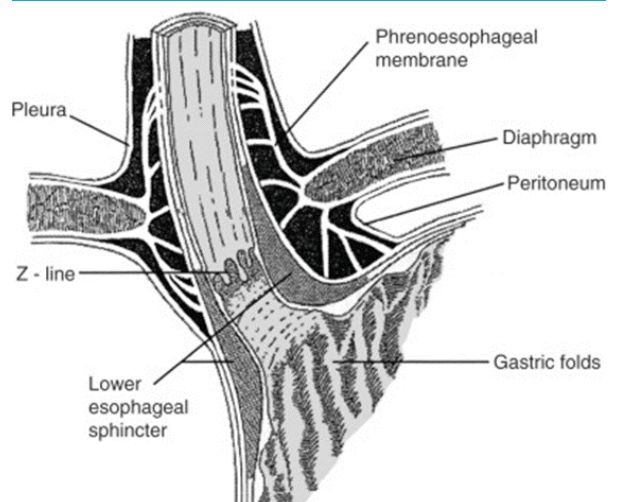
Pocas estructuras en la anatomía humana han sido y son más debatidas que la existencia de un esfínter anatómico a nivel de la unión gastroesofágica (UGE)<sup>8</sup>, esto a pesar de que los estudios manométricos

■ FIGURA 2



Membrana frenoesofágica recubierta por peritoneo, con grasa en su espesor (fat pad), que mantiene oculta la unión gastroesofágica.

■ FIGURA 3

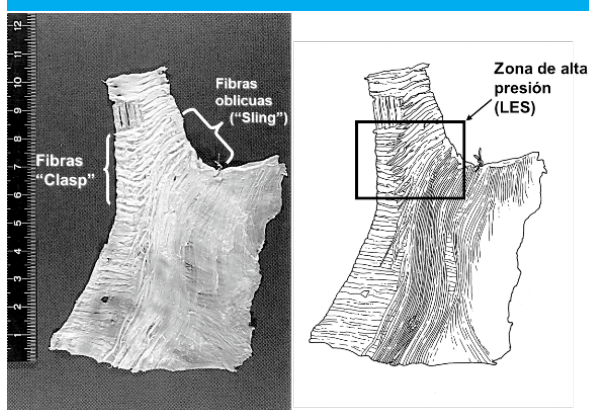


Esquema que muestra la estructura de la membrana frenoesofágica, su relación con el hiato y los elementos de la unión gastroesofágica

cos han demostrado un mecanismo esfinteriano en la región<sup>9,10</sup> y que constituye, por lo demás, la principal barrera contra el reflujo gastroesofágico<sup>11</sup>. El gran problema, hasta años recientes, ha sido demostrar una estructura anatómica en el esófago distal que coincida con el concepto clásico, y arbitrario vale agregar, de esfínter, esto es, un anillo muscular formado por un músculo circular distinguible, ojalá palpable y separado de los músculos adyacentes por tabiques de tejido conectivo<sup>12</sup>. Tal estructura nunca se ha demostrado en la UGE, aunque algunos autores a lo largo de la historia han creído o imaginado encontrarla<sup>8</sup>. La ausencia de tal estructura llevó a sostener la inexistencia de un esfínter anatómico a ese nivel, pero debido al trabajo de Fike y col. en 1956<sup>9</sup>, que confirmaba la existencia de un esfínter manométricamente demostrable a nivel de la UGE, llevó a los especialistas a plantear la insólita e inédita interpretación, prevalente aún en nuestros días, de la existencia de un esfínter fisiológico pero no anatómico. Winans, en 1977, desafió todavía más el concepto clásico del esfínter circular, y de paso el “fisiológico”, cuando demostró la existencia de una asimetría manométrica del esfínter esofágico inferior<sup>13</sup>.

En 1979, los estudios anatómicos de la UGE de Liebermann y col.<sup>14</sup> zanjaron el asunto al demostrar que el esfínter esofágico inferior no está formado por un músculo anular sino por dos bandas musculares que cierran el lumen actuando complementariamente: las fibras “clasp” por curvatura menor y las fibras “sling” u oblicuas por curvatura mayor. La descripción señala una particular disposición y un incremento en la cantidad de fibras de la capa muscular interna en la UGE. Las fibras de la capa muscular interna no forman un anillo o músculo circular que rodee todo el perímetro de la región del cardias; en cambio se observa un área de fibras semicirculares o corchetes orientados transversalmente que abrazan la curvatura menor en la UGE; estas fibras llamadas “clasp” se insertan firmemente en el tejido conectivo submucoso en el margen de contacto de las fibras oblicuas. Las fibras “sling” u oblicuas se despliegan por el lado de la curvatura mayor (Fig. 4), constituyen un haz muscular de 3 cm de ancho y cubren un área que comienza 1,5 cm proximal al ángulo de His formando parte del extremo distal del esófago, ro-

■ FIGURA 4



Disposición de las fibras semicirculares “clasp” por curva menor y las fibras oblicuas “sling” por curvatura mayor. Estas bandas musculares constituyen la estructura anatómica del esfínter gastroesofágico. Nótese que no existen fibras que rodeen el perímetro de la unión gastroesofágica<sup>15</sup>

deando la UGE a manera de una estola; sus dos brazos –anterior y posterior– corren paralelos a la curvatura menor terminando en el antro. El extremo de las fibras “clasp” se topan casi en ángulo recto en el margen de las fibras oblicuas.

Por lo tanto, el EEI no es un esfínter anular sino está formado por dos haces de músculos que actúan de forma complementaria en el cierre del lumen: las fibras musculares “clasp” y las “oblicuas o sling”. Varios trabajos de nuestro grupo confirman estos hallazgos y descartan definitivamente la existencia de un músculo anular<sup>15</sup>.

Comprender la anatomía del esfínter esofágico inferior con su particular estructura muscular, eliminando el concepto de un esfínter anular o solo fisiológico, es muy importante, porque permite entender por qué las acciones quirúrgicas, no solo sobre el cardias sino incluso sobre el cuerpo gástrico, pueden tener repercusión en la acción esfinteriana. La ubicación de la cardiomiectomía de Zaijer, ahora el POEM, en la acalasia, no es indiferente<sup>16</sup>, así también la gastrectomía parcial distal o la gastrectomía vertical de la manga pueden incidir y comprometer seriamente la competencia esfinteriana<sup>17</sup>.

## ■ ENGLISH VERSION

### Introduction

Despite the multiple advances in the different fields of human biology, and when it seems that today human beings can be represented by an infinitesimal trace of their genome, there are still regions of human anatomy that cause controversies, disagreements and misunderstandings. This has been happening for decades or even centuries with the anatomy of the

gastroesophageal junction, its constituent elements and those which surround it. Therefore, if the anatomy is ignored or misunderstood, it is harder to understand how things work normally or when we deal with its dysfunction and disease and, finally, the consequences, for better or worse, of our interventions.

In this article we will review some embryologic, anatomic and physiologic aspects that seem relevant and of interest for the surgeon who deals with this region.

## The diaphragm

The diaphragm is an elliptical muscle made of a thin, flat musculotendinous structure which separates the thoracic cavity from the abdominal wall. It has a central tendon with two domes of striated muscle that rise to each side. The diaphragm is attached to the xiphoid process at the front, laterally to the inner surface of the costal cartilages of the seventh to twelfth ribs, and to the transverse processes of vertebra L1, to the bodies of the upper three lumbar vertebrae and also the intervening intervertebral disc at the back.

Embryologically, the diaphragm originates from four structures: the septum transversum, the pleuro-peritoneal membranes, the dorsal mesentery of the esophagus, and the mesoderm of the body wall. During the fourth week of development, the mesodermal septum transversum incompletely separates the pericardial and peritoneal cavities and begins to emigrate following the caudal direction of the embryo's growth and pulling the phrenic nerve branches along with it. At the eighth week, the septum transversum reaches its thoracolumbar location, but does not close the entire area because the communication remains through the pleuro-peritoneal canals; in this period, the right and left pleuro-peritoneal membranes fuse with the septum transversum and with the dorsal mesentery of the esophagus, closing the communication between the pleural and abdominal cavities. The central tendon and the more central muscles originate from the septum transversum. The posterior lateral muscles originate from the wall. The dorsal mesentery of the esophagus will provide muscle fibers that will develop the crura. This diverse origin determines the costal and crural diaphragm.

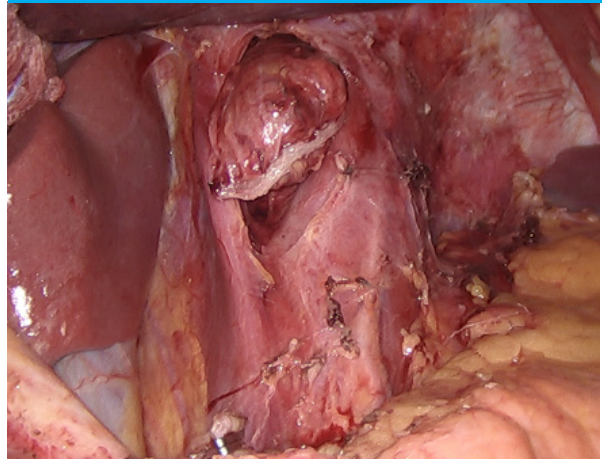
Blood flow is supplied by the pericardiophrenic vessels, internal thoracic artery and branches of the thoracic aorta and abdominal aorta.

The right and left phrenic nerves provide motor innervation to the diaphragm and to the crural region. It is important to know the distribution of the phrenic nerves so as not to lesion them when the diaphragm is sectioned. Incisions can be performed at the periphery of the diaphragm near the costal attachment or from the anterior portion of the esophageal hiatus toward the central tendon to advance into the mediastinum during the Pinotti's maneuver<sup>1-4</sup>.

## The hiatus

Many structures pass through the diaphragm, but the most important are the aorta, the vena cava and the esophagus. Each structure has its own opening. The aortic hiatus is located at the level of vertebra T12 or L1 and is bounded posteriorly by the body of the vertebrae, laterally by the diaphragmatic crura and

■ FIGURE 1



esophageal hiatus. The crura are observed with the esophagus emerging.

anteriorly by the median arcuate ligament which joins both crura. The aorta, thoracic duct, azygos vein and hemiazygos vein pass through this hiatus.

The vena caval foramen is situated at the level of vertebra T8 and placed in the central tendon to the right of the midline so that its margins are tendinous. It transmits the inferior vena cava, the right phrenic nerve and some lymphatic vessels.

The esophageal hiatus is situated at the level of vertebra T10 and placed in front and a little to the left of the aorta. As opposed to the other openings, the esophageal hiatus is completely made up of muscle. According to some authors, there are different types of arrangements of the right and left crus in the formation of the esophageal hiatus, but in 60% of cases the right crus divides into two bundles to encircle the esophagus and the left crus joins the left branch of the right crus, so that the left crus usually looks firmer and thicker (Fig. 1). The esophageal hiatus is traversed by the vagus nerves, branches of the left gastric artery and veins and of the left phrenic nerve.

The crural diaphragm has a minor respiratory role compared to the costal diaphragm, but is more involved in gastroesophageal functions, such as swallowing, vomiting, and preventing reflux.

The crural part relaxes when the esophagus distends with a food bolus for easy passage from the esophagus to the stomach in coordination with the esophageal peristalsis, thus allowing food transition across the hiatus.

Emesis requires a complex coordination of the respiratory muscles, abdominal muscles, diaphragm and gastroesophageal junction. During the expulsive phase, the costal diaphragm keeps contracting to produce positive abdominal pressure, whereas the crural diaphragm relaxes to allow the gastric contents to be ejected upwards<sup>1,2</sup>. Some authors consider the crural diaphragm of great importance in the prevention

of gastroesophageal reflux, while others think of it as a second sphincter<sup>5</sup>. It seems reasonable to think that the crural diaphragm acts as external support due to its muscular structure and location within the gastroesophageal junction, preventing reflux when the abdominal pressure increases; however, in our opinion, it would not seem to have a determining anti-reflux role under normal conditions of rest or during the interdigestive period.

### The phrenoesophageal ligament

The abdominal esophagus is the segment 2 to 4 cm long of the esophageal tube, which can be exposed and encircled, located between the diaphragmatic hiatus and the gastroesophageal junction. The esophagus is characterized by the lack of serosa and the longitudinal fibers of its external layer. The cardia is the point where the esophagus connects to the stomach and is recognized as the oblique boundary between the esophagus and the gastric serosa that extends from the angle of His to the lesser curvature, proximal to the cardio-tuberos vein.

The diaphragmatic hiatus, the abdominal esophagus and the cardia are hidden because they are covered by a fibroelastic membrane called the phrenoesophageal ligament. In the abdomen, this structure is covered by the peritoneum (Fig. 2).

The phrenoesophageal ligament is made up of fibroblasts, collagen and elastic fibers and appears to arise from both the endothoracic fascia and the transversalis fascia, which fuse at the level of the hiatus; an upper leaf is attached to the esophageal wall, 2 to 4 cm proximal to the hiatus, while the lower leaf is attached to the serosa of the gastric fundus. It usually has a fat pad within its thickness that contains the vagus nerves (Fig. 3).

This phrenoesophageal ligament provides a seal between the thoracic and abdominal cavities at the level of the hiatus and is also an attachment of the esophagus to the hiatus, yet flexible enough to move during swallowing.

The phrenoesophageal ligament can be approached from the lesser curvature or from the angle of His, which seems more convenient, to clear the gastroesophageal junction, and from there it can be dissected medially, releasing the left crus and protecting the anterior vagus nerve.

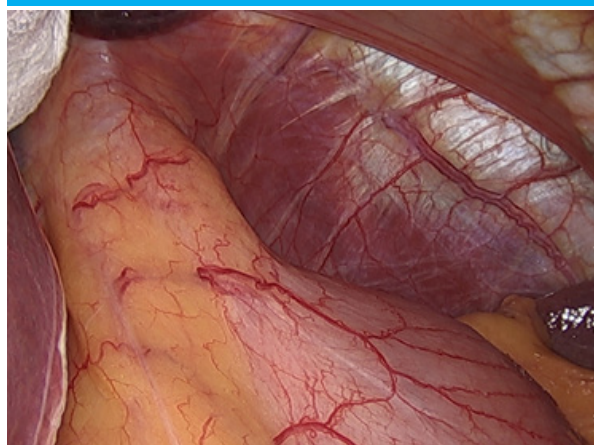
Some authors state that the phrenoesophageal ligament is an important anti-reflux barrier and probably has an association with hiatal hernias<sup>6,7</sup>.

Lower esophageal sphincter or gastroesophageal sphincter

Few structures in human anatomy have been more discussed and still remain matter of debate than the existence of an anatomic sphincter at the gastroesophageal junction (GEJ)<sup>8</sup>, even though studies

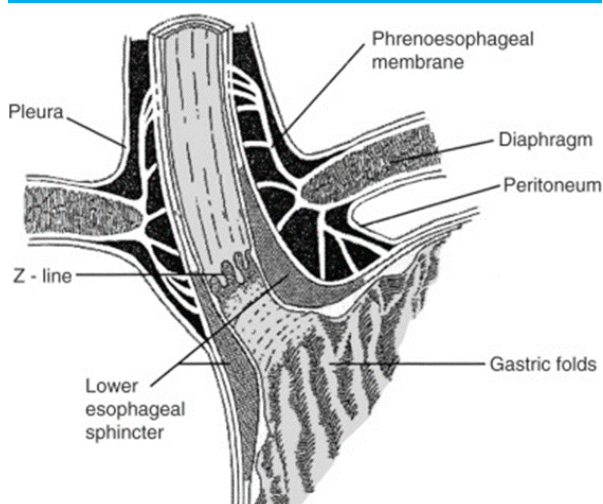
using esophageal manometry have demonstrated a sphincteric mechanism in the region<sup>9,10</sup> and which is otherwise the main barrier to gastroesophageal reflux<sup>11</sup>. Until recently, the great problem has been to demonstrate an anatomic structure in the distal esophagus that coincides with the classic, and arbitrary concept of sphincter, conceived as circular or ring like bands of muscle fibers, that can easily be discerned by palpation and separated from the adjacent muscles by connective tissue septa<sup>12</sup>. Such a structure has never been demonstrated at the GEJ although some authors over the course of history have believed or imagined that they have found it<sup>8</sup>. The absence of such a structure led to support the lack of an anatomic sphincter at that level, but the paper by Fike et al. in 1956<sup>9</sup>, which used manometry to confirm the existence of a sphincter at the level of the GEJ, made specialists propose the unusual and unprecedented interpretation, still

■ FIGURE 2



Phrenoesophageal ligament covered by peritoneum containing fat pad and hiding the gastroesophageal junction.

■ FIGURE 3

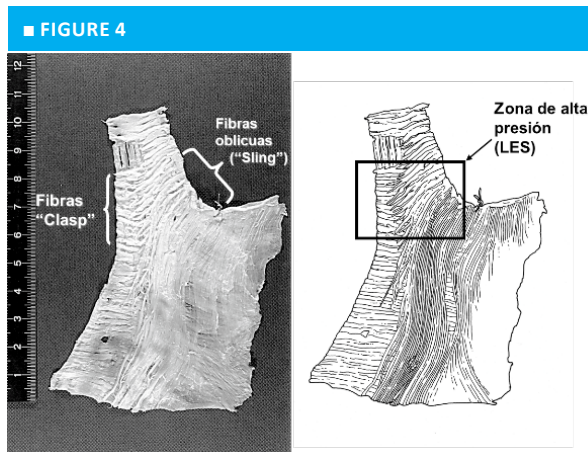


Schematic representation showing the architecture of the phrenoesophageal ligament and its relation with the hiatus and the elements of the gastroesophageal junction

prevalent in our days, of the presence of a physiologic yet not anatomic sphincter. In 1977 Winans further challenged the classic concept of the circular sphincter, and of "physiologic" sphincter, when he demonstrated the existence of a manometric asymmetry of the lower esophageal sphincter<sup>13</sup>.

In 1979, the anatomic studies of the GEJ performed by Liebermann et al.<sup>14</sup> solved the problem by demonstrating that the lower esophageal sphincter is not a muscular ring but rather two muscle bundles that encircle the lumen: the clasp fibers at the lesser curvature and the oblique sling fibers at the greater curvature. The description indicates a particular arrangement and an increase in the amount of fibers of the internal muscle layer of the GEJ. The fibers of the inner muscular layer do not form a ring or circular muscle around the entire perimeter of the cardia; instead, they form a layer of semicircular fibers or clasps oriented transversely, embracing the lesser curvature at the GEJ. These clasps fibers are inserted firmly into the submucous connective tissue at the margin of contact with the oblique fibers. The oblique sling fibers, which surround the greater curvature (Fig. 4) are a muscular bundle of 3 cm width and cover an area that starts 1.5 cm above the angle of His and ascend forming part of the distal end of the esophagus, surrounding the GEJ as a stole. Both arms (anterior and posterior) run parallel to the lesser curvature in direction to the antrum. The end of the clasp fibers meets at almost a right angle the lateral margin of the sling fibers.

Therefore, the LES is not an annular sphincter, but rather made up of two muscle bundles, which are acting complementary to close the lumen: the



Arrangement of semicircular "clasp" fibers at the lesser curvature and oblique "sling" fibers at the greater curvature. These muscle bands constitute the anatomic structure of the gastroesophageal sphincter. There are no fibers surrounding the perimeter of the gastroesophageal joint<sup>15</sup>.

clasp fibers and the oblique or cling muscular fibers. Several studies by our team confirm these findings and definitively rule out the existence of a muscular ring<sup>15</sup>.

Understanding the anatomy of the lower esophageal sphincter with its particular muscular structure, eliminating the concept of an annular or only physiologic sphincter is very important, because it allows understanding why surgical actions, not only on the cardia but also on the gastric body, can impact on the sphincteric action. The site of Zaijer's cardiomyotomy, and currently peroral endoscopic myotomy (POEM) in achalasia is not irrelevant<sup>16</sup> and distal partial gastrectomy or sleeve gastrectomy can seriously impact and compromise sphincteric competence<sup>17</sup>.

## Referencias bibliográficas /References

1. Referencias bibliográficas
2. Harrison GR. The Anatomy and Physiology of the Diaphragm. In: Upper Gastrointestinal Surgery. London: Springer Specialist Surgery Series; 2005. Pp. 45-58.
3. Anraku M, Yaron Shargall Y. Surgical Conditions of the Diaphragm: Anatomy and Physiology. Thorac Surg Clin. 2009;19:419-29.
4. Schumpelick V, Steinau G, Schluper I, et al. Surgical embryology and anatomy of the diaphragm with surgical applications. Surg Clin North Am. 2000;80(1):213-39.
5. Skandalakis PN, Skandalakis JE, Skandalakis LJ, et al. Surgical anatomy of the diaphragm. In: Fischer JE, Bland KI (editors). Mastery of surgery. 5th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. Pp. 598-618.
6. Mittal RK. The crural diaphragm, an external lower esophageal sphincter: a definitive study. Gastroenterology. 1993;105(5):1565-7.
7. Liebermann-Meffert D, Brauer R. Surgical anatomy of the distal esophagus and cardia. In: Wastell C, Nyhus L, Donahue P (editors). Surgery of the esophagus, stomach and small intestine. 5th edition. Boston: Little, Brown and Co; 1995. Pp 32- 44.
8. Apaydin N, Uz A, Evirgen O, et al. The phrenico-esophageal ligament: an anatomical study. Surg Radiol Anat. 2008;30:29-36.
9. Friedland GW. Historical review of the changing concepts of the lower esophageal anatomy: 430 B.C. - 1977. Am J Roentgenol. 1978;131:373-88.
10. Fike FE, Code CF, Schlegel JF. The gastroesophageal sphincter in healthy human being. Gastroenterologia (Basel). 1956; 86:135-50.
11. Zaninotto G, DeMeester TR, Schwizer W, Johansson KE, Cheng SC. The lower esophageal sphincter in health and disease. Am J Surg. 1988;155:104-11.
12. Holloway RH, Dent J. Pathophysiology of gastroesophageal reflux. Gastroenterol Clin N Am. 1990;19(3):517-35.
13. Didio LJA, Anderson MC. The sphincters of the digestive system. Anatomical, functional and surgical considerations. Baltimore: Williams & Wilkins; 1968.
14. Winans CS. Manometric asymmetry of the lower esophageal high-pressure zone. Am J Dig Dis. 1977;22:348-54.
15. Liebermann-Meffert D, Allgower M, Schmid P, Blum AL. Muscular equivalent of the lower esophageal sphincter. Gastroenterology. 1979;76:31-8.
16. Korn O, Stein HJ, Richter T, Liebermann-Meffert D. Gastroesophageal sphincter: A model. Dis Esoph. 1997;10:105-9.
17. Korn O, Braghetto I, Burdiles P, Csendes A. Cardiomyotomy in achalasia: Which fibers do we cut? Dis Esoph. 2000;13:104-7.
18. Braghetto I, Lanzarini E, Korn O, et al. Manometric changes of the lower esophageal sphincter after sleeve gastrectomy in obese patients. Obes Surg. 2010;20(3):357-62.