

CONCEPTOS BASICOS EN MANOMETRIA DIGESTIVA

Dr Patricio Burdiles Pinto

HOSPITAL CLINICO DE LA UNLVERSIDAD DE CHILE

ESOPHAGEAL RESEARCH FELLOW, DEPARTMENT OF SURGERY,
UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA

INTRODUCCION

El tracto digestivo está compuesto por segmentos especializados, con características morfológicas y funcionales propias para cada uno de ellos, separados entre sí por esfínteres (zonas de alta presión) que les confieren límites muy precisos transformándolos en compartimientos relativamente independientes desde el punto de vista de su pH y presión intraluminal. En el tracto digestivo superior, la faringe está comunicada con el medio ambiente y traduce los cambios de la presión atmosférica. El esófago transmite la presión intratorácica que es negativa respecto a la presión atmosférica y junto con la faringe son, básicamente, compartimientos de propulsión rápida del alimento. El estómago tiene una presión intraluminal en promedio 5 mmHg sobre la presión atmosférica, que traduce la presión intra-abdominal en decúbito y en seguida está el intestino, cuya presión es similar a la presión intragástrica.

Las diversas funciones de cada uno de estos compartimientos, guardan entre sí una armónica y coordinada secuencia, controlada por complejos mecanismos neuro-hormonales. Los esfínteres regulan el flujo del contenido alimentario hacia distal y limitan el flujo retrógrado,

permitiendo la adecuada sincronización de los procesos digestivos en el tracto intestinal.

Variadas enfermedades orgánicas y funcionales afectan estos órganos. Las primeras pueden documentarse o descartarse mediante los universalmente conocidos estudios radiográficos, endoscópicos e isotópicos. Sin embargo, cada segmento puede verse afectado además por diversos trastornos funcionales que pueden alterar las propiedades motoras y las características físico-químicas de su medio intraluminal. Dichos trastornos pueden producir alteraciones del transporte del alimento en un segmento determinado (retardo o aceleración), hipertonia o falta de relajación de los esfínteres para permitir el paso del contenido intraluminal hacia distal o incompetencia para impedir el reflujo hacia proximal.

El progreso tecnológico, la miniaturización de sistemas y la disponibilidad de programas computacionales para el registro, procesamiento y análisis de datos han permitido el desarrollo de técnicas reproducibles de expedita aplicación clínica para el estudio funcional del tracto digestivo. Entre ellas, la determinación de las presiones intraluminales y de los cambios del pH ocupan un lugar de vanguardia aportando valiosa información de la fisiología del tracto digestivo, y de la fisiopatología de sus enfermedades, contribuyendo en forma objetiva y determinante a una terapia más racional.

MANOMETRIA DEL TRACTO DIGESTIVO

Los primeros estudios manométricos del tubo digestivo datan desde hace más de un siglo, pero su poca precisión y lenta respuesta a los rápidos cambios de presión los relegaron al campo puramente experimental. En 1956, Fyke¹ marcó un hito con su estudio "El esfínter gastroesofágico en humanos" utilizando un transductor intraluminal. El desarrollo de catéteres infundidos con agua permitió mejorar notablemente la precisión, fidelidad y re-

producibilidad del método. La introducción de micro-transductores en catéteres de estado sólido ha abierto nuevas perspectivas en el estudio de las características motoras del tracto digestivo.

1. Manometría por infusión

En 1967, Pope, Winans y Harris²⁻³ establecieron los principios de este método para el estudio motor del tubo digestivo y actualmente es el más usado en manometría digestiva. Estos autores demostraron que la resistencia ejercida por un segmento en contracción o por una zona de alta presión (ej: esfínter) al flujo continuo de agua en el catéter, genera un aumento de presión en la columna líquida, directamente proporcional a dicha resistencia. Este sistema comprende 4 elementos básicos (figura 1):

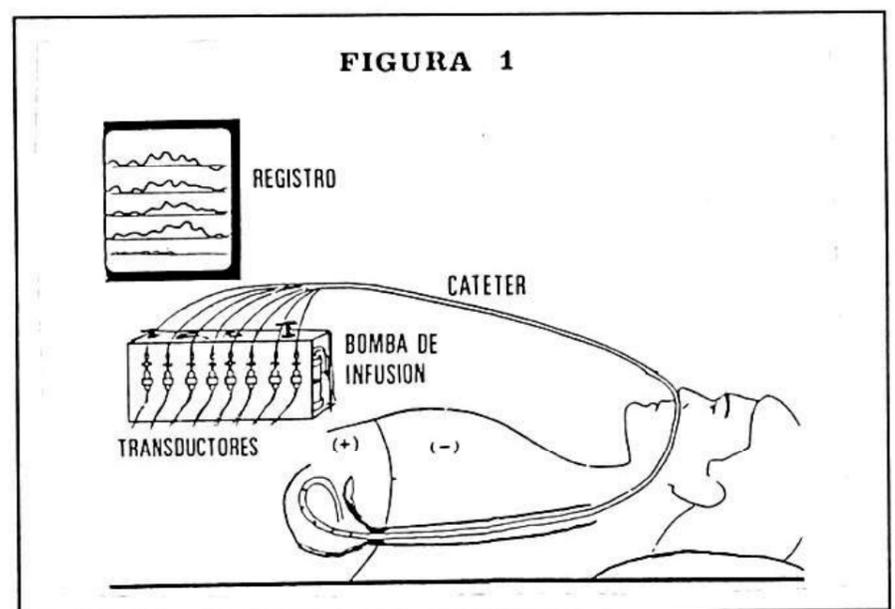


FIGURA 1. ESQUEMA DE LOS 4 ELEMENTOS BASICOS DE LA MANOMETRIA POR INFUSION.

Se muestra un catéter multilumen transnasal avanzado hasta el estómago. Dicho catéter está conectado a una bomba de infusión pneumohidráulica y a transductores de presión que permiten el registro análogo o digital de la información.

a) *Catéter de baja distensibilidad (o compliance).* Su propósito es conducir el agua que fluye continuamente, hacia el lumen del tubo digestivo. El orificio de salida se dispone perpendicularmente en relación al eje axial del catéter permitiendo su oclusión por una onda de contracción o por el paso de éste a través de una zona de alta presión. El desarrollo de

nuevos materiales plásticos (polivynil) ha permitido obtener catéteres que combinan gran flexibilidad, diámetro reducido y mínima distensibilidad. Este último concepto expresa la fidelidad de un sistema para reproducir rápidos cambios de presión en muy breve lapso de tiempo, factor esencial para la pesquisa de eventos motores de rápida dinámica como la deglución o la peristalsis esofágica. En los sistemas modernos, la distensibilidad está representada casi exclusivamente por el catéter y es directamente proporcional a la elasticidad del material, al diámetro del lumen perfundido y a su longitud, y se expresa como la relación dV/dP donde dV indica el volumen de fluido necesario para incrementar en ciertas unidades la presión de un sistema cerrado. Una baja distensibilidad se traduce en una rápida respuesta ante la oclusión del orificio, que en los catéteres modernos es de 400-800 mmHg/segundo⁴. Este tipo de catéteres le otorga gran ductilidad al sistema ya que puede contener múltiples lúmenes o canales (en la práctica clínica se utilizan hasta 8 canales) y tiene la ventaja de poder variar la disposición espacial de los orificios según los requerimientos de cada tipo de estudio. Para el análisis circunferencial o vectorial de los esfínteres es muy útil disponer de 4 sensores a un mismo nivel (orientados radialmente cada 90°) pues permite conocer en forma simultánea los diferentes vectores de presión que componen un mismo segmento, especialmente cuando es asimétrico (puede ser un factor de falla esfinteriana). Asimismo, la distancia entre cada orificio se puede adaptar a cada segmento en estudio permitiendo la caracterización dinámica de la peristalsis. La mayoría de los catéteres modernos combina ambos diseños, presentando 4 orificios a un mismo nivel orientados radialmente para el estudio esfinteriano y otros 4 orificios espaciados longitudinalmente, para el estudio de la peristalsis. Estos catéteres tienen un diámetro externo de 4.5 mm y cada canal y orificio lateral tiene un diámetro interno de 0.8 mm.

Una variante de este elemento lo constituye el catéter de Dent⁵ que incorpora un manguito perfundido de 5 cm de longitud, específicamente diseñado para el estudio de los esfínteres. Su principal ventaja sobre los catéteres convencionales es que los movimientos de estos esfínteres durante la respiración o actividad contráctil se ejercen siempre sobre el manguito y por lo tanto expresa fielmente la presión esfinteriana y además permite hacer registros prolongados. Sin embargo no es útil para medir la longitud del esfínter por lo que debe combinarse con canales de orificios laterales convencionales para este propósito y para evitar múltiples intubaciones. Una desventaja es que necesita una velocidad de perfusión mayor (1.2 mL/min), no deseable en el estudio del esfínter crico-faríngeo, pues el agua en la hipofaringe induce frecuentes degluciones y puede producir aspiración.

b) Bomba neumo-hidráulica de infusión capilar

En 1977 se introdujo este sistema que permite la infusión continua de agua a un muy bajo flujo⁴. Posee tres componentes:

- Un balón de nitrógeno que aporta la presión al sistema (7-17 libras por pulgada cuadrada), lo que a su vez determina el flujo.
- Una cámara que contiene agua y que está conectada con el balón de nitrógeno, generando una presión constante de hasta 1.000 mmHg en la fase líquida. Este hecho es fundamental para mantener un flujo continuo en el sistema frente a presiones de diversa magnitud generadas en el tubo digestivo.
- Un tubo capilar de acero de 30-60 cm de longitud y 0.2 mm de diámetro interno que conecta la cámara neumo-hidráulica con un transductor de presión y que permite un flujo de 0.25-0.50 mL/min por canal y reduce la presión del sistema a 0 mmHg. La casi inexistente distensibilidad de esta parte del sistema le otorga una velocidad de respuesta de 6000 mmHg/seg⁴.

c) *Transductor de presión*

Este elemento es un sensor de presión interpuesto en la columna líquida de cada canal. Consiste en un diafragma metálico que es desplazado por los cambios de presión de esta columna, unido mecánicamente a un microcircuito que es excitado por estos desplazamientos, variando su resistencia y consecuentemente, el flujo eléctrico. Esta señal eléctrica es enviada al sistema de amplificación y registro. La distensibilidad de este elemento es mínima ($0.5 \mu\text{L}/100 \text{ mmHg}$)⁶ y posee una cúpula transparente para verificar la ausencia de burbujas, pues éstas alteran la distensibilidad y precisión del sistema. Los transductores deben estar al mismo nivel que el catéter y por lo tanto, del segmento a estudiar, pues las diferencias de presión hidrostática entre ambos elementos pueden inducir a erradas estimaciones de los valores.

d) *Sistema de amplificación y registro*

Esta unidad terminal es la memoria gráfica de los estudios manométricos. La señal eléctrica proveniente del transductor es amplificada y puede ser registrada en dos formas:

- *registro análogo* en una unidad inscriptora que va trazando en papel gráfico los cambios de presión. Es conocida como polígrafo o fisiógrafo y permite el posterior análisis manual del trazado. Las unidades modernas utilizan frecuencias de registro de 50-60 Hz (50-60 mediciones por segundo) y la velocidad del papel varía desde 2.5 mm/segundo para eventos de lenta ocurrencia (antro gástrico, intestino), 5 mm/seg para motilidad esofágica hasta 25-50 mm/seg para motilidad del esfínter esofágico superior (EES) y faringe.
- *registro digital* que permite almacenar en unidades de memoria computacional gran cantidad de información. La frecuencia de registro se puede determinar previamente

para cada tipo de estudio: los eventos de lenta ocurrencia (ej: motilidad antral, presión del esfínter esofágico inferior -EEI-) pueden ser registrados con 16-20 Hz, en cambio los eventos de rápida ocurrencia como la actividad crico-faríngea, necesitan 100-120 Hz para un fiel registro. De este modo, un estudio manométrico detallado del esófago con un catéter de 8 canales, que comprenda la presión de reposo del EEI, su relajación, estudio circunferencial para volumen vectorial de presiones, motilidad esofágica y EES puede requerir hasta 2.5 Mb y 300 páginas impresas para una hora de estudio. Este mismo estudio en registro análogo quedará almacenado en 50-80 páginas.

Ambos sistemas se pueden combinar, complementando la calidad y precisión del registro análogo con la versatilidad y rapidez de procesamiento de la información digital. Actualmente hay programas computacionales de análisis de la peristalsis en los segmentos tubulares intestinales, permitiendo obtener resultados objetivos y reproducibles y en tiempo más breve que el análisis manual. Sin embargo, el análisis de los segmentos esfínterianos aún debe hacerse en forma manual pues no se ha logrado crear programas que analicen su intrincada morfología, obviando eventos como la respiración y el efecto de la actividad crural diafragmática como en el caso del Esfínter Esofágico Inferior (EEI) (figura 2).

Conociendo los principios y componentes de la manometría por infusión, debemos enumerar los factores que limitan la interpretación de sus resultados:

- a) el breve tiempo de estudio (en general menos de 1 hora) no es necesariamente representativo de los variados eventos que ocurren en un ciclo circadiano (Complejo Motor Migratorio).
- b) trastornos motores como Espasmo Difuso, Esófago en Cañanueces o aquellos que acompañan al dolor torácico de origen no

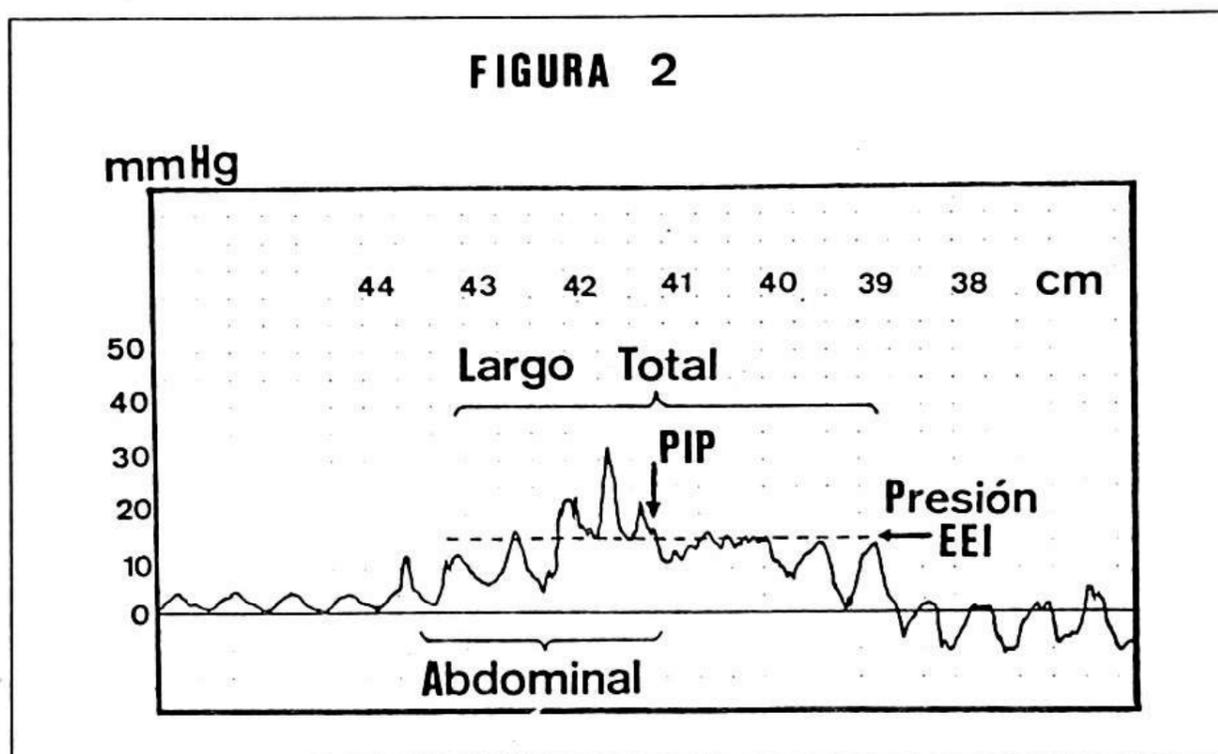


FIGURA 2. EL TRAZADO MUESTRA UN RETIRO ESTACIONARIO DE UN CATETER PERFUNDIDO A TRAVES DEL ESFINTER ESOFAGICO INFERIOR. Antes de 44 cm de la fosa nasal se registra la presión intragástrica con las variaciones positivas que produce la inspiración. La presión basal se considera al final de la espiración. Una vez que el catéter se avanza a 43 cm, se aprecia que la presión de fin de espiración (deflección negativa) se ha elevado sobre la línea basal, fenómeno que se hace claramente evidente al retirarlo a 42 cm. Al retirarlo a 41 cm, el instrumentador observó que la inspiración del paciente provocó una deflección negativa, a la inversa de la posición del catéter en el abdomen, lo que indica claramente que se ha ingresado al tórax. Al retirarlo a 39 cm, se observa sólo la presión intratorácica, negativa respecto de la presión abdominal. De este modo se ha determinado para este canal, la presión de reposo del esfínter, el largo total, el largo abdominal y el largo torácico.

cardíaco o cólicos intestinales pueden ocurrir en forma intermitente y por lo tanto pueden no ser pesquisados.

- c) los síntomas de la enfermedad en estudio rara vez ocurren durante el examen.
- d) estos estudios se realizan en posición supina, la peristalsis esofágica es estudiada en respuesta a la deglución de agua, en un medio poco confortable para el paciente (laboratorio) por lo que su base fisiológica es cuestionable.
- e) su baja velocidad de respuesta en la pesquisa de la motilidad faríngea y del EES es una limitante técnica que debe ser considerada en estos estudios.

Aún con estas limitaciones, la manometría por infusión es el método más frecuentemente empleado en los estudios motores del tracto digestivo por su relativo bajo costo operacional,

larga vida útil de sus componentes básicos y fácil interpretación de la información.

e) Método general

El paciente debe tener un estudio radiográfico y/o endoscópico previo pues en ciertas condiciones como acalasia es difícil avanzar el catéter a través del EEI, o en caso de divertículo crico-faríngeo (de Zenker) puede ocurrir su perforación durante la intubación. Los pacientes con estenosis benigna, deben ser dilatados previo al estudio manométrico.

Previo a cada estudio, el sistema debe calibrarse, según el rango de presiones a medir, a 0 mmHg y 50-100 mmHg con un manómetro de columna de mercurio para asegurar un estándar de referencia.

La intubación se puede hacer por vía oral o nasal, pero la última es más frecuentemente utilizada ya que la primera induce degluciones con más frecuencia. La localización de los es-

fínteres por manometría son la base para la correcta posición de los sensores de pH, cuando se ha decidido este último estudio. Si se utiliza la vía nasal, debe lubricarse uno de los orificios con gel anestésico local y el catéter se avanza cuidadosamente, instruyendo al paciente a tragar pequeños sorbos de agua hasta que el sensor más proximal se encuentre en el fondo gástrico, cuya presión servirá como valor 0 relativo.

En general, la manometría digestiva considera dos tipos de estudios:

- a) *Esfínter*: se estudia presión de reposo, relajación, longitud, etc.
- b) *Segmento*: se estudia las características de las ondas de contracción (amplitud, duración, morfología, etc) y su organización (peristalsis, velocidad de propagación, etc). También se mide su presión de reposo ya que en enfermedades como la acalasia, la presión intraesofágica es positiva.

2. Motilidad ambulatoria

Los progresos en el conocimiento de la fisiología y fisiopatología motora del tracto digestivo en las últimas tres décadas, fundamentalmente en la identificación de patrones de motilidad propios para cada segmento y en el carácter cíclico de las fases motoras gastrointestinales y de los trastornos de la motilidad han resaltado la necesidad de estudios manométricos prolongados durante un ciclo circadiano completo. La miniaturización de los sistemas electrónicos ha permitido, para este propósito, el desarrollo de pequeños sensores de presión (micro-transductores) y de unidades portátiles de memoria digital, componentes básicos del estudio ambulatorio de motilidad.

a) Los micro-transductores son sensores de presión en miniatura, de 1-3 mm de diámetro,

que pueden ser ensamblados en catéteres biocompatibles y actualmente existen dos tipos. Uno de ellos es una versión en miniatura de los transductores convencionales en el cual la presión ejercida sobre una membrana de silicona (1 mm²) o un diafragma metálico produce su desplazamiento que es captado por un resistor incorporado en un microcircuito, el que modifica el flujo de electrones a través de éste produciendo una señal eléctrica directamente proporcional a la presión ejercida. El otro tipo de sensores utiliza un cristal semiconductor (piezoeléctrico) el que es directamente deformado por la onda de contracción, variando su resistencia eléctrica. Su principal ventaja sobre el primer tipo es su menor tamaño sin embargo es más frágil y de menor durabilidad. Su velocidad de respuesta (> 2000 mmHg/seg)⁷ satisface los requerimientos para el estudio de los eventos motores más veloces y por lo tanto reflejan fielmente los cambios transitorios de presión en cualquier segmento del tubo digestivo, por rápidos que éstos sean. Los catéteres de estado sólido tienen un diámetro de 3-5 mm el que está determinado por el tipo de micro-transductor y contienen 3-6 sensores. En la figura 3 se aprecia el registro de motilidad del esófago torácico en respuesta a la deglución. Las principales ventajas de este elemento son:

- su fiel velocidad de respuesta y excelente linealidad.
- al no ser perfundidos, no irritan la faringe por lo que son ideales para el estudio de este segmento. Además, la presión basal no es alterada por los cambios de posición del sujeto, condición básica para el estudio ambulatorio.

Sin embargo, tiene algunas desventajas:

- alto costo: U\$ 1000 por cada sensor incorporado en el catéter.
- la falla de un sensor obliga a retornar toda la unidad para su reparación.

FIGURA 3

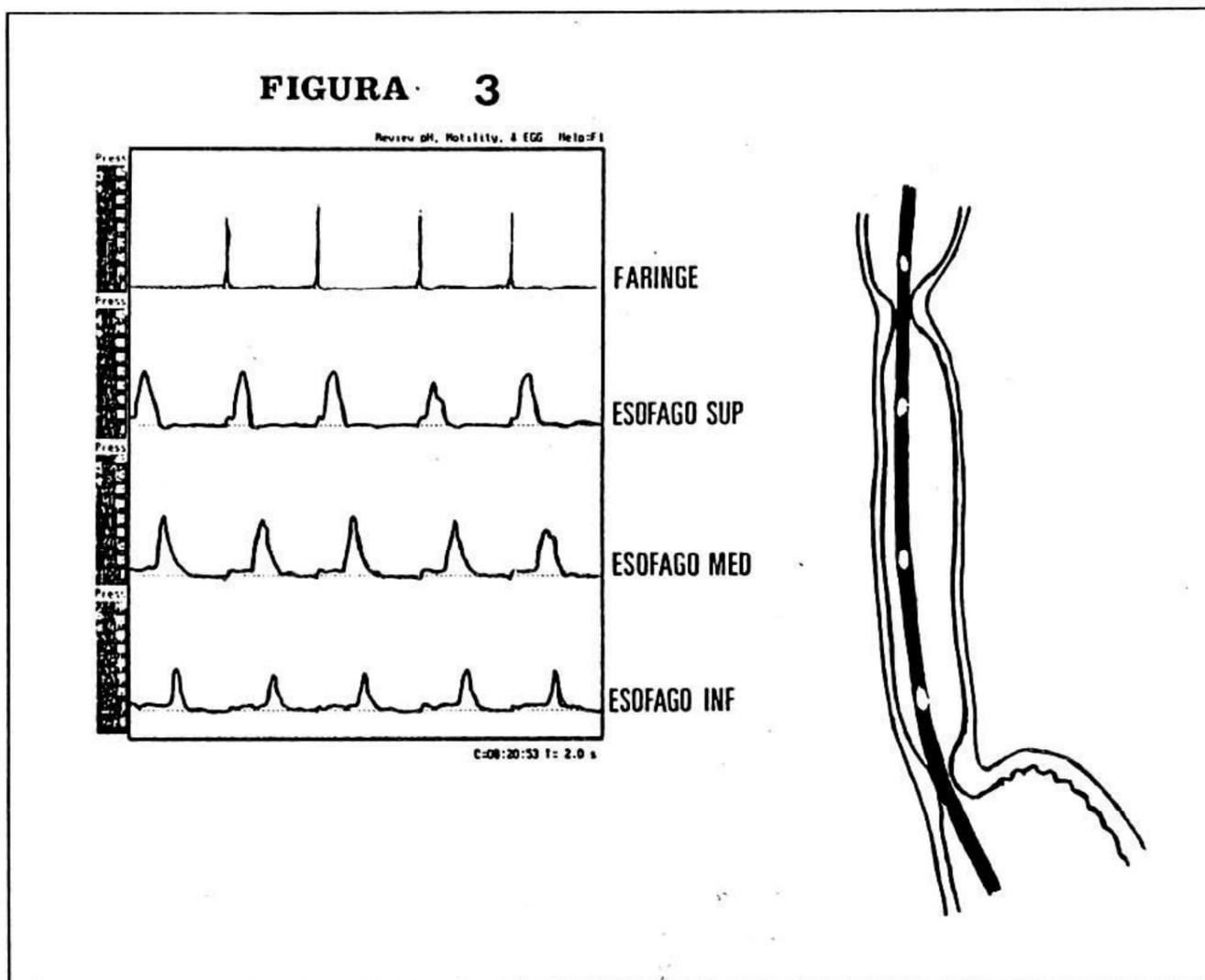


FIGURA 3. UN CATETER DE ESTADO SOLIDO QUE CONTIENE 4 MICROTRANSDUCTORES SEPARADOS ENTRE SI POR 5 CM, SE HA INSTALADO EN EL ESOFAGO DE MODO QUE EL PRIMER TRANSDUCTOR ESTA EN LA FARINGE Y SIRVE COMO INDICADOR DE CADA DEGLUCION. Los restantes sensores se ubican en los tres tercios del esófago torácico y permiten evaluar la motilidad de este segmento en forma prolongada para estudios ambulatorios. En el trazado se aprecia la perfecta secuencia peristáltica en los tres niveles, desencadenado por degluciones.

- son más frágiles que los catéteres perfundidos.
- la mínima distancia entre los sensores es 3 cm lo que constituye una limitante para estudios esfinterianos detallados o de la dinámica de la deglución.

b) Las unidades portátiles de memoria de estado sólido amplifican y almacenan en registro digital la señal eléctrica proveniente de los transductores, durante 24 horas. Las modernas unidades poseen 2-4 Mb de memoria RAM (Random Access Memory), lo que permite almacenar datos con una frecuencia de 4-8 Hz por canal hasta en 6 canales. Esta frecuencia de registro es suficiente para pesquisar fielmente la amplitud y duración de las contracciones en el esófago, antro gástrico e intestino delgado. Una mayor frecuencia de registro (necesaria en los estudios crico-faríngeos) obliga a reducir el número de canales o el tiempo total de estudio⁸.

Con este sistema ha sido posible estudiar en forma ambulatoria durante períodos prolongados, la motilidad de diversos segmentos digestivos. Sin embargo, el estudio manométrico prolongado ambulatorio de los esfínteres representa un desafío no resuelto hasta la fecha.

Durante el estudio, el paciente debe llevar un diario, consignando la hora de inicio y término y las características de cada evento (ej; comidas, posición supina, dolor, etc). Debe asegurarse previamente el sincronizar los relojes de la unidad y del paciente. Una vez completado el registro, la información es traspasada a un computador personal. Una impresora láser permite producir reportes y gráficos de gran calidad y alta definición, en pocos minutos. Existen numerosos programas computacionales para el análisis automatizado de la motilidad ambulatoria, que brindan un completo reporte con las características de las contracciones y de su propagación en cada canal

durante períodos definidos (prandial, postprandial, diurno, supino, etc).

El uso de computadores personales le otorga además otras posibilidades:

- rápida edición del trazado en el monitor, seleccionando tiempo o página.
- compresión del trazado en la pantalla pudiendo editar desde 1-2 minutos de registro hasta 24 horas en una sola imagen.
- permite la impresión de reportes y material docente de alta calidad gráfica.
- fácil duplicación del registro como memoria de respaldo.

Con una adecuada interfase es posible registrar en una misma unidad, información manométrica y de pH, combinando ambos tipos de catéteres. Estos estudios integrados han aportado valiosa información acerca de la fisiología y fisiopatología del Reflujo Gastroesofágico (RGE), del Reflujo Duodenogástrico (RDG) y en el estudio del Dolor Torácico de Origen no Cardíaco (DTONC).

El estudio de la motilidad ambulatoria otorga libertad al paciente para mantener actividades normales como su desplazamiento y alimentación, lo que representa un espectro

más fisiológico y que ha permitido superar las limitaciones que presenta la manometría por infusión. Es un método cuyo análisis automatizado brinda mayor objetividad a los resultados, permite correlacionar síntomas con eventos motores y permite un análisis más objetivo en la evaluación de terapias tanto médicas como quirúrgicas. Sin embargo, al igual que la manometría por infusión, es un método invasivo que causa estrés en el paciente y cuyos posibles efectos en la motilidad intestinal deben tenerse presentes al interpretar los hallazgos⁹. Otro factor a considerar es la variabilidad intra e interindividual de los valores observados en sujetos control y que dificulta la caracterización de patrones de normalidad y anormalidad¹⁰. Además, el elevado costo de sus componentes representa aún un importante obstáculo para su introducción masiva en la práctica clínica.

3. Indicaciones

Dado el carácter invasivo de los estudios manométricos, la tolerabilidad variable entre uno y otro paciente y el costo de su ejecución, ellos deben ser criteriosamente indicados para precisar un diagnóstico o para evaluar el resultado de una terapia. En el recuadro siguiente se enumera las indicaciones más frecuentes de estudio manométrico.

Disfagia

disfagia cervical y torácica
asfixia durante la deglución
divertículo de Zenker

Reflujo Gastroesofágico

Transtorno Motor Primario

Acalasia
Espasmo Difuso
Esófago en Cascanueces
Esfínter Hipertensivo (no acalásico)
Transtorno Motor Inespecífico

Transtorno Motor Secundario

Esclerosis Sistémica Progresiva
Dermatomiositis

Dolor Torácico de Origen no Cardíaco

Estudio gastro-duodeno-yeyunal

retardo del vaciamiento gástrico
neuropatías autonómicas
gastropatía diabética
Seudo-obstrucción intestinal crónica
síndromes post-gastrectomía
síndrome de intestino irritable

Estudio ano-rectal

constipación crónica
incontinencia fecal
prolapso rectal

RESUMEN

La manometría del tubo digestivo representa uno de los métodos de estudio más dinámicos por la posibilidad de efectuar registros prolongados durante la actividad normal del paciente. La manometría estacionaria requiere de personal entrenado y es fundamental en el estudio de los segmentos esfinterianos. Su interpretación se basa en principios físicos que no pueden ser obviados.

Los estudios de motilidad ambulatoria sirven para evaluar características de la peristal-

sis en un segmento tubular pero no son útiles para evaluar las características de segmentos esfinterianos.

SUMMARY

In this article the indications, method and usefulness of manometry are discussed in order to evaluate motility disorders of the upper esophageal sphincter, esophageal body and lower esophageal sphincter.

REFERENCIAS

1. FYKE FE, CODE CF, SCHLEGEL JF. The gastroesophageal sphincter in healthy human beings. *Gastroenterologia* 1956;86:135-150.
2. POPE CE. A dynamic test of sphincter strength: its application to the lower esophageal sphincter. *Gastroenterology* 1967; 52: 779-786.
3. WINANS CS, HARRIS LD. Quantitation of lower esophageal sphincter competence. *Gastroenterology* 1967; 52: 773-778.
4. ARNDORFER RC, STEF JJ, DODDS WJ, LINEHAN JH, HOGAN WS. Improved infusion system for intraluminal esophageal manometry. *Gastroenterology* 1977; 73: 23-27.
5. DENT J. A new technique for continuous sphincter pressure measurement. *Gastroenterology* 1976; 71: 263-267.
6. DODDS WJ, STEF JJ, HOGAN WJ. Factors determining pressure measurement accuracy by intraluminal esophageal manometry. *Gastroenterology* 1976; 70: 117-123.
7. CASTELL JA, DALTON CB. Esophageal manometry. In Castell VO, ed, *The Esophagus*. Boston, Little, Brown and Co., 1992, pp 143-160.
8. ANSELMINO M, HINDER RA. Ambulatory esophageal manometry. *Problems in General Surgery* 1992; 9: 62-74.
9. CAMILLERI M, NERI M. Motility disorders and stress. *Dig Dis Sci* 1989; 34: 1777-1786.
10. QUIGLEY EMM. Intestinal manometry - Technical advances, clinical limitations. *Dig Dis Sci* 1992; 37:10-13.