



# Evolución de la endoscopía y la cirugía endo/ laparoscópica; pasado, presente y futuro

José de Jesús Herrera-Esquivel,\* Karina Patiño-Suárez,‡ Roberto Délano-Alonso,§  
Carlos Valenzuela-Salazar,\* Antonio Bonilla-Salado‡

## Resumen

**Introducción:** El desarrollo de la endoscopía diagnóstica y terapéutica ha sido uno de los avances médicos más importantes de las últimas décadas, evolucionando paulatinamente, desde dispositivos rudimentarios con importantes limitaciones técnicas, hasta la consolidación de sistemas que han permitido realizar procedimientos terapéuticos sin necesidad de incisiones. **Material y métodos:** Se realizó una búsqueda electrónica en las plataformas Pubmed, Cochrane Central Database, EMBASE y Medline de artículos publicados en español e inglés, entre 1990 y 2018, con las siguientes palabras clave: endoscopía, endoscopio, mínima invasión. Los artículos encontrados se analizaron con énfasis en la evolución tecnológica y la introducción de la endoscopía a nuevas modalidades terapéuticas, desde su origen hasta la actualidad. **Conclusiones:** A través de la historia ha existido la necesidad de explorar y tratar patologías del cuerpo humano de la manera menos agresiva posible. En la antigüedad griega y egipcia surgió la idea de explorar el cuerpo humano a través de orificios naturales; sin embargo, los primeros dispositivos desarrollados permitieron realizar procedimientos únicamente con fines diagnósticos y fue hasta el siglo XX cuando se logró llevar a cabo la primera adherenciolisis vía laparoscópica. A pesar de que la evolución de la endoscopía terapéutica no ha ocurrido de manera lineal, a partir del surgimiento de la cirugía robótica y la cirugía endoscópica a través de orificios naturales en el siglo XXI, se ha incrementado el interés por ofrecer modalidades terapéuticas con menor morbilidad, lo cual se ha convertido en un campo de investigación relevante en la era contemporánea, con resultados prometedores a futuro.

**Palabras clave:** Endoscopía, endoscopio, cirugía endoscópica, mínimo acceso, cirugía robótica.

## Abstract

**Introduction:** The development of diagnostic and therapeutic endoscopy has been one of the most important medical advances of recent decades, progressively evolving from rudimentary devices with important technical limitations, to the consolidation of systems that have allowed therapeutic procedures to be performed without the need for incisions.

**Material and methods:** An electronic search was carried through the platforms of Pubmed, Cochrane Central Database, EMBASE, and Medline of articles published in Spanish and English, between 1990 and 2018, with the following keywords: endoscopy, endoscope, minimal invasion. The articles found were analyzed with an emphasis on technological evolution and the introduction of endoscopy to new therapeutic modalities, from its origin to the present. **Conclusions:** Throughout history, there has been a need to explore and treat pathologies of the human body in the least aggressive way possible. In Greek and Egyptian antiquity arose the idea of exploring the human body through natural orifices, however, the first devices developed allowed to perform procedures only for diagnostic purposes and it was not until the twentieth century when the first laparoscopic adhesiolysis was achieved. Although the evolution of therapeutic endoscopy has not occurred linearly, since the emergence of robotic surgery and endoscopic surgery through natural orifices in the 21st century, there has been an increase in interest in offering therapeutic modalities with a lower morbidity, which has become a relevant research field in the contemporary era, with promising results for the future.

**Key words:** Endoscopy, endoscope, endoscopic surgery, minimal access, robotic surgery.

www.medigraphic.org.mx

\* Cirugía General, Hospital General «Dr. Manuel Gea González».

‡ Médico Pasante del Servicio Social, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

§ Departamento de Endoscopía, Hospital General «Dr. Manuel Gea González».

*Correspondencia:*

**José de Jesús Herrera-Esquivel**

Calz. de Tlalpan Núm. 4800,  
Col. Sección 16, Tlalpan, 14080, CDMX. Tel: 4000 3000  
E-mail: geasubdcirugia@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

La palabra «endoscopía» está conformada por el prefijo *endo*, derivado del adverbio griego *endo* (dentro o interior) el elemento compositivo *scopia*, formado por el verbo *skopein* (*visión u observar*) y el sufijo *ia* (cualidad) que en conjunto significa «la exploración visual de los conductos o cavidades internas del cuerpo humano».

Desde la antigüedad, en las culturas griega y egipcia surgió la idea de explorar el cuerpo humano a través de sus orificios naturales mediante la creación de espéculos que permitían la exploración de órganos como el recto o la vagina.<sup>1</sup> De esta manera, gracias a la evolución tecnológica, en siglos posteriores se ha logrado diseñar dispositivos de alta tecnología que, conjuntamente con la investigación médica, han permitido realizar procedimientos de mayor complejidad en un campo de especialidades más amplio.

El objetivo de esta revisión fue la identificación cronológica de los acontecimientos históricos, de la evolución tecnológica e investigación médica que han contribuido al desarrollo de la endoscopía terapéutica actual y la visión futurista de esta modalidad diagnóstico/terapéutica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda electrónica en las plataformas Pubmed, Cochrane Central Database, EMBASE, Medline y Digestive Disease Week Website de artículos publicados en español e inglés, entre los años 1990 y 2018, con las siguientes palabras clave: Endoscopía, endoscopio, mínima invasión. Se obtuvieron un total de 151 artículos, de los cuales 32 fueron seleccionados de acuerdo con nuestros criterios de contenido con información histórica aportada sobre la evolución tecnológica e introducción de la endoscopía a nuevas modalidades terapéuticas desde su origen hasta la actualidad y posibles investigaciones futuras.

### ORIGEN DE LA ENDOSCOPÍA: «Y SE HIZO LA LUZ...»

Los primeros instrumentos endoscópicos contaban con poca iluminación y gran dificultad de inserción, problema que continuó durante más de 2,000 años, hasta la creación del conductor de luz «Lichtleiter», en 1805 por Philipp Bozzini (*Figura 1*).<sup>2</sup> El término «endoscopio» fue utilizado por primera vez en 1853, a partir de la creación, por Desormeaux, de un dispositivo empleado inicialmente para el diagnóstico de patologías de uretra y vejiga (*Figura 2*).

El uso del endoscopio continuó extendiéndose a lo largo de los años y ya para el siglo XIX, gracias al descubrimiento de la luz incandescente por Thomas A. Edison,

se fue reemplazando la iluminación con la de filamento de platino, lo cual resultó en la creación del cistoscopio, esofagoscopio y gastroscopio creados por Nitze, Leiter y Mikulicz,<sup>3</sup> respectivamente. A estos dispositivos se añadió posteriormente un sistema de amplificación de imagen para toma de fotografías y hacia finales de ese mismo siglo su uso se extendió a la realización de proctoscopías y laringoscopías.<sup>1</sup>



**Figura 1.** Réplica del «Lichtleiter», el primer conductor de luz predecesor del endoscopio, creado por Philipp Bozzini en 1805. Ubicado en el *European Museum of Urology*.



**Figura 2.** Diseño del primer «endoscopio» de la historia creado por Desormeaux en 1853 para el diagnóstico de patologías de uretra y vejiga. Ubicado en el *European Museum of Urology*.

## SIGLO XX: CIRUGÍA ENDO/LAPAROSCÓPICA Y ROBÓTICA

A inicios del siglo XX, Hans Christian Jacobaeus realizó la primera laparoscopía en humanos con el empleo de un cistoscopio, acuñando el término de «laparoscopía».<sup>4</sup> A partir de entonces, el desarrollo de la laparoscopía se centró en patologías gastrointestinales, ginecológicas y enfermedades torácicas, estas últimas con el término de toracoscopía. Los primeros procedimientos fueron exclusivamente diagnósticos en el campo de la cirugía general y ginecología, ya que la exposición obtenida y los instrumentos disponibles no eran aptos para realizar intervenciones quirúrgicas de ningún tipo; sin embargo, esa brecha logró romperse en 1933 cuando Fervers, un cirujano militar alemán, reportó la primera adherenciolisis intraabdominal laparoscópica.<sup>1</sup>

Posterior a la Segunda Guerra Mundial llegó una segunda oleada de avances en el área de la endoscopía; la invención del endoscopio flexible o «fibroscopio» por Harold H. Hopkins en 1959, permitió la exploración dentro del conducto biliar común, útil en patologías de litiasis o tumoraciones de estos conductos. Asimismo, durante la década de los años 60, la laparoscopía se convirtió en una parte fundamental de la práctica ginecológica, al permitir el desarrollo de técnicas de recuperación de óvulos que dieron origen a la fertilización *in vitro* y a la primera apendicectomía laparoscópica realizada por el ginecólogo alemán Kurt Semm.<sup>3</sup> Igualmente, como resultado de la mejora en la flexibilidad del endoscopio

diagnóstico fue posible lograr la exploración de nuevas secciones del aparato digestivo, como la vía biliar y el páncreas. De esta manera, en 1965 Keith Rabinov y Morris Simon reportaron la primera canulación exitosa de la papila de Vater usando un catéter guiado por fluoroscopio, surgiendo de esta manera la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) (Figura 3). A medida que los endoscopistas fueron adquiriendo habilidades para una canulación exitosa, la posibilidad de hacer de la CPRE una opción terapéutica se convirtió en realidad, logrando en 1975 la primera remoción exitosa de cáculos del conducto biliar principal mediante papilotomía endoscópica.<sup>5</sup>

La introducción del ultrasonido endoscópico para el diagnóstico de patologías benignas y malignas del tracto gastrointestinal (TGI) y estructuras adyacentes ocurrió hacia 1980,<sup>6</sup> pero su uso como modalidad terapéutica fue logrado hasta una década más tarde, con la realización de drenajes de pseudoquistes pancreáticos, cuya técnica se ha ido perfeccionando con el paso de los años hasta alcanzar nuevas aplicaciones como la inyección de agentes biológicos antitumorales en el tratamiento de tumores del estroma gastrointestinal, insulinomas, cáncer esofágico, metástasis hepáticas y neoplasias pancreáticas.<sup>7</sup>

Por otra parte, hacia el año 1986, la creación de un chip de computadora de video para la ampliación y proyección de imágenes en televisión, permitió integrar la cirugía endoscópica a procedimientos más complejos de cirugía general, logrando en 1987 la primer colecistectomía laparoscópica realizada en Francia<sup>4</sup> y posteriormente procedimientos como apendicectomías, hernioplastias inguinales, resecciones intestinales, operaciones antirreflujo, biopsias pleurales, lobectomías y tratamiento del neumotórax espontáneo.

En 1995, se realizó el primer reporte de colonoscopía para tratamiento de apendicitis aguda ERAT (*Endoscopic retrograde appendicitis therapy*), llevada a cabo bajo el mismo principio de la ya conocida CPRE,<sup>8</sup> cuya técnica ha sido propuesta como una opción terapéutica en pacientes con apendicitis no complicada, que ha retomado interés debido a la teoría de que el apéndice puede jugar un papel inmunológico importante, y a que puede representar un reservorio considerable de la microbiota normal del tracto gastrointestinal.<sup>9</sup>

En la década de los años 90, la evolución del endoscopio continuó con el desarrollo de lentes de aumento y sistemas endoscópicos en 3D que, posteriormente, dieron paso al AESOP (*Automated Endoscopic System for Optical Positioning*), el primer equipo quirúrgico robótico aprobado por la FDA en 1994, y al Sistema Robótico Quirúrgico Da Vinci aprobado en el año 2000 por la FDA, cuyo uso se ha extendido a otras áreas como cirugía general, cirugía cardiaca, colorrectal, ginecológica, de cabeza y cuello, cerebral, torácica y urológica (Figura 4).<sup>10</sup>



**Figura 3.** Imagen de la primera canulación de vía biliar, reportada en 1965, por Keith Rabinov y Morris Simon.



**Figura 4.** Sistema robótico Da Vinci aprobado por la FDA en el año 2000.

### SIGLO XXI: CIRUGÍA ENDOSCÓPICA A TRAVÉS DE ORIFICIOS NATURALES (NOTES)

En el año 2000, se describieron los primeros casos de desbridamiento de tejido necrótico por abordaje laparoscópico en casos de pancreatitis aguda severa,<sup>11</sup> el cual ha evolucionado con el paso del tiempo, desde el uso de puertos múltiples, puerto único, uso de catéteres guiados por imagen, métodos combinados mediante abordaje vía transentérica y drenaje percutáneo,<sup>12</sup> hasta la introducción de la necrosectomía vía transgástrica presentada en 2015.<sup>13</sup>

El desarrollo del endoscopio en las últimas décadas mediante la incorporación de más de una cámara con visión lateral o de 360°, autopropulsables, autonavegables, en forma de manga invertida o con ultrasonido integrado, han llevado al auge de la cirugía endoscópica transluminal por orificios naturales (NOTES). La aparición en escena de la NOTES oficialmente tuvo lugar en el año 2004, con la presentación por Kallo de una serie de casos experimentales en modelos porcinos en los cuales se realizaron peritoneoscopías y biopsias hepáticas vía transgástrica;<sup>14</sup> sin embargo, algunos autores coinciden en que el concepto de NOTES ya existía desde finales del siglo XIX con el reporte de tres casos de apendicectomía transvaginal realizados por Dimitri Oscarovic Ott, un ginecólogo ruso de aquella época.<sup>15</sup> A pesar de esto, el desarrollo de la NOTES no tomó impulso sino hasta el siglo XXI.

Posterior a la publicación hecha por Kallo, los autores Reddy y Rao reportaron la primera apendicectomía transgástrica realizada en humanos.<sup>16</sup> En 2005, se conformaron dos grupos; el denominado NOSCAR (Natural

Orifice Surgery Consortium for Assessment and Research) constituido por cirujanos de la American Society for Gastrointestinal Endoscopy (ASGE) y la Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES), y el grupo europeo EURONOTES formado por la European Association for Endoscopic Surgery (EAES) y la European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE), con el objetivo de establecer ventajas y desventajas de la NOTES e impulsar su investigación.<sup>17</sup> En ese mismo año se lograron las primeras gastroyeyunostomías por vía transgástrica en modelos porcinos, así como la primera ligadura tubárica.<sup>18</sup>

En el año 2007, fueron publicados por Zorron en Brasil<sup>19</sup> y Marescaux en Francia, los primeros casos de colecistectomía híbrida vía transvaginal, con ayuda de puertos de laparoscopía para visualización directa.<sup>20</sup> En 2008, se describió la primera miotomía endoscópica por abordaje transoral (POEM) en pacientes con acalasia<sup>21</sup> y la primera piloromiotomía endoscópica en el tratamiento de gastroparesia refractaria (G-POEM).<sup>22</sup> En el año 2009, fue publicada la primera serie de casos de drenaje pancreático vía transgástrica y transduodenal<sup>23</sup> y en el mismo año se realizó la primera colecistectomía transvaginal pura, basada en la colocación de un trocar mediante colpotomía bajo visión directa y uso de clips para ligadura de conducto y arteria císticas mediante endoscopía transvaginal.<sup>24</sup>

En el año 2010, se publicó la primera resección transanal de cáncer de recto combinada con laparoscopía<sup>25</sup> y hacia el año 2013, Leroy publicó la primera escisión mesorrectal transanal, en un caso de cáncer rectal, técnica llamada PROGRESSS (Oncologic Gateway for Retroperitoneal Endoscopic Single Site Surgery).<sup>26</sup>

A pesar de las grandes ventajas que parece mostrar la NOTES, al reducir la morbilidad asociada en un gran número de procedimientos, su extensión se ha visto limitada en gran medida por la dificultad para maniobrar y obtener una adecuada visualización dentro de orificios estrechos dentro del cuerpo humano, por lo cual, en la última década, se han diseñado modelos robóticos que pretenden ser integrados a la NOTES, desde el ANUBIScope y el Master, creados en 2010, como auxiliares en procedimientos de disección submucosa y resección hepática, hasta la plataforma robótica miniaturizada probada en modelos porcinos en 2015, con la capacidad de ofrecer mayor estabilidad, visión y manipulación en accesos transorales y transgástricos.<sup>27</sup>

Posterior a la introducción de las funduplicaturas vía endoscópica transoral en 2015, para el tratamiento de patologías de alta prevalencia como la enfermedad por reflujo gastroesofágico (ERGE), se abrió paso a nuevos abordajes como la funduplicatura transoral anterior (TAF) con el uso de dispositivos como el MUSE (Medigus Ultrasonic Surgical Endostapler), cuyos resultados han sido favorables para la disminución del uso de inhibidores de bomba de protones (IBP) en pacientes con ERGE (Figura 5).<sup>28</sup> Asimismo, se describió la resección mucosa endoscópica (EMR)

en el tratamiento de cáncer colorrectal temprano y en la recurrencia de pacientes previamente tratados mediante colectomía asistida por laparoscopía, con buenos resultados clínicos y de seguridad.<sup>29</sup>

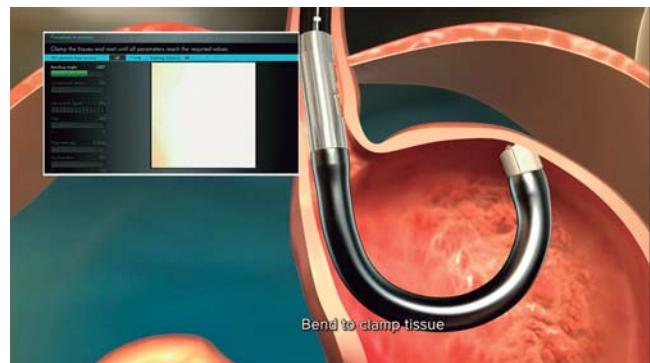
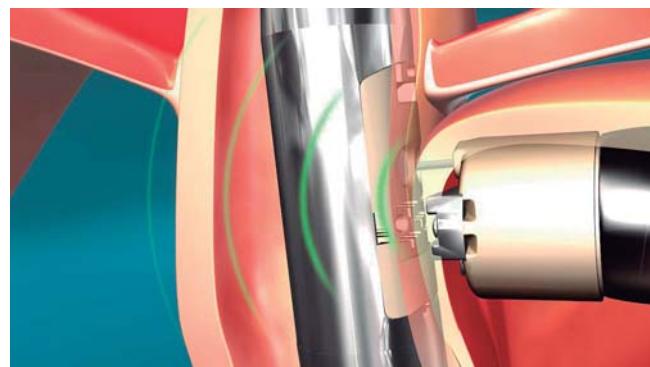
En los últimos congresos internacionales, como el *Disease Digestive Week 2018* llevado a cabo en Washington, se han presentado numerosos trabajos de investigación sobre nuevas modalidades terapéuticas y muchas otras que se han reinventado, encontrándose entre las áreas de mayor interés, desde su surgimiento a la fecha, la disección endoscópica submucosa, la miotomía gástrica peroral endoscópica y la funduplicatura transoral.

### ¿QUÉ NOS ESPERA EN EL FUTURO DE LA ENDOSCOPÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA?

Muchas de las técnicas endoscópicas descritas hasta ahora, han sido practicadas únicamente en modelos experimentales, algunas de ellas con resultados prometedores; sin embargo, es necesaria su incorporación en la práctica endoscópica diaria, de tal manera que sea posible facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como de apoyo a la investigación continua para alcanzar resultados óptimos.<sup>30</sup>

El futuro nos promete la innovación tecnológica como parte de la cirugía laparoscópica abdominal y de la cirugía endoscópica por orificios naturales. Algunas propuestas incluyen el reconocimiento de densidad de tejidos para la identificación de estructuras vasculares, neurológicas u oncológicas y la inclusión de elementos táctiles y hápticos para mejorar la percepción cinética del endoscopista.<sup>31</sup>

Adicionalmente, se empiezan a discutir las posibilidades terapéuticas de las cápsulas endoscópicas, gracias a las ventajas que ofrecen, como imágenes con mayor detalle, detección de sangrado oculto y de alteraciones en la motilidad del tracto digestivo, aunado a la posibilidad de realizarse de manera ambulatoria.<sup>31</sup> Los retos a futuro incluyen desarrollar técnicas de estudios histopatológicos mediante las cápsulas o incluso procedimientos hemostáticos. No obstante, las limitantes tecnológicas actuales aún son muchas, entre ellas, el desarrollo de algoritmos de



**Figura 5.** La funduplicatura transoral anterior (TAF) realizada con dispositivo MUSE (*Medigus Ultrasonic Surgical Endostapler*).

reconocimiento de lesiones, así como el establecimiento de la energía necesaria para poder coagular y dirigir activamente la cápsula con un fin terapéutico.<sup>32</sup>

### CONCLUSIONES

A través de la historia ha existido la necesidad de explorar y tratar patologías del cuerpo humano de la manera menos agresiva posible. Sin duda, la endoscopía y la cirugía endo/laparoscópica son disciplinas que han llegado para cambiar la perspectiva en el tratamiento de un gran número de patologías, consolidándose como estándar terapéutico en muchos casos y cuyo campo de investigación aún no concluye.

### REFERENCIAS

1. Davis CJ. A history of endoscopic surgery. *Surg Laparosc Endosc*. 1992; 2: 16-23.
2. Niwa, H. The History of Digestive Endoscopy. In: Niwa H, Tajiri H, Nakajima M, Yasuda K, editors. New Challenges in Gastrointestinal Endoscopy. Tokyo: Springer; 2008. p. 3-28.
3. Lee Y-TM. Historical development of modern surgery in America. *Advances in Historical Studies*. 2016; 5: 168-182.
4. Sood J, Jayaraman L, Kumra VP. Endoscopic surgery-anesthetic challenges: a historical review. *Indian J Anaesth*. 2006; 50: 178-182.
5. Modlin IM, Kidd M, Lye KD. From the lumen to the laparoscope. *Arch Surg*. 2004; 139: 1110-1126.
6. DiMagno E, DiMagno M. Endoscopic Ultrasonography: From the Origins to Routine EUS. *Dig Dis Sci*. 2016; 61: 342-353.
7. Venkatachalapathy S, Nayar M. Therapeutic endoscopic ultrasound. *Frontline Gastroenterol*. 2017; 8: 119-123.
8. Said M, Ledochowski M, Dietze O, Simader H. Colonoscopic diagnosis and treatment of acute appendicitis. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 1995; 7: 569-571.

9. Lui BR, Ma X, Feng J, Yang Z, Qu B, Feng ZT et al. Endoscopic retrograde appendicitis therapy (ERAT): a multicenter retrospective study in China. *Surg Endosc*. 2015; 29: 905-909.
10. De Groen PC. History of the endoscope [scanning our past]. *Proceedings of the IEEE*. 2017; 105: 1987-1995.
11. Fink D, Soares R, Matthews J, Alverdy JC. History, goals, and technique of laparoscopic pancreatic necrosectomy. *J Gastrointest Surg*. 2011; 15: 1092-1097.
12. Gluck M, Ross A, Irani S, Lin O, Hauptmann E, Siegal J et al. Endoscopic and percutaneous drainage of symptomatic walled-off pancreatic necrosis reduces hospital stay and radiographic resources. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2010; 8: 1083-1088.
13. Kulkarni S, Bogart A, Buxbaum J, Matsuoka L, Selby R, Parekh D. Surgical transgastric debridement of walled off pancreatic necrosis: an option for patients with necrotizing pancreatitis. *Surg Endosc*. 2015; 29: 575-582.
14. Kalloo AN, Singh VK, Jagannath SB, Niiyama H, Hill SL, Vaughn CA et al. Flexible transgastric peritoneoscopy: a novel approach to diagnostic and therapeutic interventions in the peritoneal cavity. *Gastrointest Endosc*. 2004; 60: 114-117.
15. Hatzinger M, Fesenko A, Sohn M. The first human laparoscopy and NOTES operation: Dimitrij Oscarovic ott (1855-1929). *Urol Int*. 2014; 92: 387-391.
16. Reddy N, Rao P. Per oral transgastric endoscopic appendectomy in human. Abstract Presented at 45th Annual Conference of the Society of Gastrointestinal Endoscopy of India. Jaipur. 2004, pp. 28-29.
17. Rattner D, Kalloo A. ASGE/SAGES working group on natural orifice transluminal endoscopic surgery. *Surg Endosc*. 2006; 20: 329-33.
18. Kantsevoy SV, Jagannath SB, Niiyama H, Chung SS, Cotton PB, Gostout CJ et al. Endoscopic gastrojejunostomy with survival in a porcine model. *Gastrointest Endosc*. 2005; 62: 287-292.
19. Zorron R, Filgueiras M, Maggioni LC, Pombo L, Lopes Carvalho G et al. NOTES transvaginal cholecystectomy: report of the first case. *Surg Innov*. 2007; 14: 279-283.
20. Marescaux J, Dallemagne B, Perretta S, Wattiez A, Mutter D, Coumaros D. Surgery without scars: report of transluminal cholecystectomy in a human being. *Arch Surg*. 2007; 142: 823-826; discussion 26-7.
21. Inoue H, Minami H, Kobayashi Y, Sato Y, Kaga M, Suzuki M et al. Peroral endoscopic myotomy: (POEM) for esophageal achalasia. *Endoscopy*. 2010; 42: 265-271.
22. Khashab MA, Stein E, Clarke JO, Saxena P, Kumbhari V, Chander Roland B et al. Gastric peroral endoscopic myotomy for refractory gastroparesis: first human endoscopic pyloromyotomy (with video). *Gastrointest Endosc*. 2013; 78: 764-768.
23. Vitale GC, Davis BR, Vitale M, Tran TC, Clemons R. Natural orifice transluminal endoscopic drainage for pancreatic abscesses. *Surg Endosc*. 2009; 23: 140-146.
24. Gumbs AA, Fowler D, Milone L, Evanko JC, Ude AO, Stevens P et al. Transvaginal natural orifice transluminal endoscopic surgery cholecystectomy. *Ann Surg*. 2009; 249: 908-912.
25. Sylla P, Rattner DW, Delgado S, Lacy AM. NOTES transanal rectal cancer resection using transanal endoscopic microsurgery and laparoscopic assistance. *Surg Endosc*. 2010; 24: 1205-1210.
26. Leroy J, Barry BD, Melani A, Mutter D, Marescaux J. No-scar transanal total mesorectal excision: the last step to pure NOTES for colorectal surgery. *JAMA*. 2013; 148: 226-230.
27. Tognarelli S, Salerno M, Tortora G, Quaglia C, Dario P, Schurr MO et al. A miniaturized robotic platform for natural orifice transluminal endoscopic surgery: *in vivo* validation. *Surg Endosc*. 2015; 29: 3477-3484.
28. Zachel J, Shapira AR, Bonavina L, Bapaye A, Kiesslich R, Schoppmann SF et al. Endoscopic anterior fundoplication with the Medigus Ultrasonic Surgical Endostapler (MUSE™) for gastroesophageal reflux disease: 6-month results from a multicenter prospective trial. *Surg Endosc*. 2015; 29: 220-229.
29. Nakamura F, Saito Y, Sakamoto T, Otake Y, Nakajima T, Yamamoto S et al. Potential perioperative advantage of colorectal endoscopic submucosal dissection versus laparoscopy-assisted colectomy. *Surg Endosc*. 2015; 29: 596-606.
30. Elkak, Abd Elrafea. Robotic surgery, is it the future? *Tumor Res*. 2017; 3: 117.
31. Neumann H, Fry LC, Neurath MF. Review article on current applications and future concepts of capsule endoscopy. *Digestion*. 2013; 87: 91-99.
32. Saurin JC, Beneche N, Chambon C, Pioche M. Challenges and future of wireless capsule endoscopy. *Clin Endosc*. 2016; 49: 26-29.