



ARTÍCULO ESPECIAL

El papel emergente de la inteligencia artificial en la endoscopia gastrointestinal: una revisión de la literatura

The emerging role of artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy: A review

María José Aguilera-Chuchuca^{a,b,*}, Sergio A. Sánchez-Luna^c,
Begoña González Suárez^d, Kenneth Ernest-Suárez^e,
Andres Gelrud^f y Tyler M. Berzin^a

^a Center for Advanced Endoscopy, Beth Israel Deaconess Medical Center and Harvard Medical School, Boston, Massachusetts, Estados Unidos

^b Division of Gastroenterology, Hepatology & Endoscopy, Brigham and Women's Hospital, Boston, Massachusetts, Estados Unidos

^c Basil I. Hirschowitz Endoscopic Center of Excellence, Division of Gastroenterology & Hepatology, The University of Alabama at Birmingham Heersink School of Medicine, Birmingham, Alabama, Estados Unidos

^d Departamento de Gastroenterología, Unidad de Endoscopia, ICMDiM, Hospital Clínic, Barcelona, España

^e Servicio de Gastroenterología, Universidad de Costa Rica, Hospital México, Caja Costarricense de Seguro Social, Costa Rica

^f Gastro Health and Miami Cancer Institute, Baptist South, Miami, Florida, Estados Unidos

Recibido el 21 de junio de 2021; aceptado el 7 de noviembre de 2021

Disponible en Internet el 15 de noviembre de 2021

Introducción

La inteligencia artificial (IA) se ha convertido en una de las herramientas tecnológicas más importantes y de mayor impacto en diversos aspectos de la salud, incluyendo el desempeño clínico y el tratamiento médico o quirúrgico, con el subsecuente incremento en la calidad de vida de los pacientes¹. Se trata de un software constituido por complejos algoritmos diseñados para aprender de una gran cantidad de datos y, a la vez, actualizarse de manera automática. Su

propósito es ayudar a los médicos a interpretar imágenes, mejorar el flujo de trabajo y reducir los errores médicos².

Machine learning (ML) es un sistema de aprendizaje computacional que, una vez entrenados para realizar una tarea en específico, se centra en la capacidad de inferir y aprender de estos algoritmos informáticos para así realizar predicciones de un conjunto de datos nuevos. Tiene la habilidad de aprender y mejorar automáticamente a partir de cada experiencia sin ser programados explícitamente^{1,3}.

El aprendizaje profundo, o *deep learning*, es una forma avanzada y compleja de ML estructurado con diferentes niveles de algoritmos específicos denominados redes neuronales convolucionales (*convolutional neural network* [CNN/ConvNet]) que brindan una poderosa predicción de datos proporcionados⁴. Estas redes pueden aprender las

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: tberzin@bidmc.harvard.edu
(M.J. Aguilera-Chuchuca).



Tabla 1 Ejemplos de sistemas de inteligencia artificial

Sistemas de inteligencia artificial	Compañías	Tipo	Función
ENDO-AID	Olympus	CADe	Detección de posibles lesiones como pólipos colónicos, neoplasias malignas y adenomas
The GI Genius™	Medtronic	CADe	
Wision AI	Shanghai Wision AI Co.	CADe	
Discovery	Pentax Medical	CADe	
ME-APDS™	Magentig Eye LTD	CADe	
Ultivision	Docbot, Inc.	CADe	
EndoBRAIN-EYE	Cybernet	CADe	
EndoAngel	Wuhan EndoAngel Medical Technology Company	CADe	
CAD EYE	Fujifilm	CADe-CADx	Detección y diagnóstico en tiempo real de la histología de las lesiones gastrointestinales
CADDIE	OdinVision	CADe-CADx	

características de las imágenes basadas en imágenes acumuladas que, al procesarse de manera automática y rápida, pueden ser especialmente valiosas en la medicina clínica para el análisis de imágenes médicas y en el diagnóstico basado en imágenes^{3,5,6}.

Aplicaciones endoscópicas por IA en Gastroenterología

La esofagogastroduodenoscopia, junto con la colonoscopia, son los procedimientos más comúnmente realizados por los gastroenterólogos, siendo estos extremadamente operadores dependientes⁷. Esto significa que una endoscopia de alta calidad dependerá de ciertas variables, como, por ejemplo, el tiempo empleado durante el procedimiento, además del entrenamiento y de la técnica del endoscopista para reconocer ciertas patologías. Es probable que estas variables en la práctica endoscópica perjudiquen el descubrimiento de patologías^{3,7}. En los últimos años se han propuesto y desarrollado una amplia variedad de aplicaciones para los algoritmos de IA en endoscopia digestiva para así ayudar a garantizar procedimientos de alta calidad.

Las dos áreas de la endoscopia en las que la IA se ha estudiado y desarrollado más ampliamente son: la detección asistida por ordenador (CADe) y el diagnóstico asistido por ordenador (CADx). La primera se encarga de desarrollar algoritmos para detectar patologías, mientras que, en el segundo caso, los algoritmos se encuentran dirigidos principalmente a clasificar patologías, correctamente mediante biopsia óptica y caracterización de lesiones³.

El uso de CADx ha atraído una mayor atención debido a su utilidad en la colonoscopia. Se ha demostrado que permite la clasificación histológica de pólipos de colon sin necesidad de tomar biopsias. Se trata de realizar una biopsia óptica basada en la cantidad de microestructuras superficiales que reflejan las características histológicas de una lesión. Este procedimiento ayuda al endoscopista a «resecar y desechar» los pólipos en cada situación sin necesidad de

tomar una muestra y realizar análisis histológico. En la [tabla 1](#) se describen ejemplos de modelos IA disponibles⁸.

Cáncer de esófago y esófago de Barrett

El adenocarcinoma de esófago generalmente se diagnostica en una etapa avanzada, cuando ya tiene un mal pronóstico. Por este motivo, el adecuado seguimiento del esófago de Barrett y la erradicación de lesiones displásicas y neoplásicas tempranas asociadas son la clave para prevenir la transformación a adenocarcinoma, dado que en la actualidad disponemos de tratamientos mínimamente invasivos con alto índice curativo⁹.

Actualmente el cribado se basa en la visualización endoscópica directa junto con biopsias guiadas o aleatorias. La displasia dentro del esófago de Barrett puede ser difícil de identificar, lo que resulta en una baja sensibilidad de las muestras de biopsia, a pesar de los protocolos estandarizados, por lo que se considera relativamente ineficiente, ya que requiere mucho tiempo y proporciona una baja tasa de diagnósticos certeros.

El papel de la IA en la evaluación del esófago de Barrett se enfoca en mejorar el cribado de adenocarcinoma de esófago. El uso conjunto de IA con técnicas avanzadas de imagen, como la endomicroscopia láser volumétrica (VLE), la luz blanca endoscópica y endomicroscopia con láser confocal, han demostrado altas métricas de rendimiento en comparación con endoscopistas expertos, mejorando así la sensibilidad y la rapidez del procedimiento. Esto ayuda a los endoscopistas a realizar biopsias dirigidas con mayor precisión y elimina la necesidad de realizar biopsias aleatorias, las cuales tienen una sensibilidad relativamente baja, alrededor del 64% para la detección de displasia^{3,10}. La IA ha demostrado tener sensibilidades superiores al 90% y especificidades superiores al 80% en el diagnóstico del adenocarcinoma de esófago precoz, con apariencia endoscópica muy sutil³. Los sistemas de IA son capaces de detectar lesiones precancerosas y formas tempranas de carcinoma de

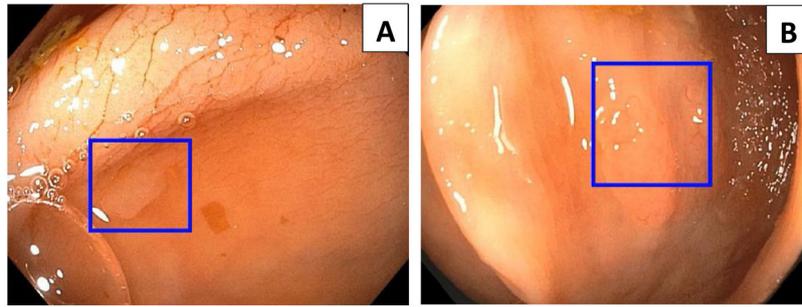


Figura 1 Detección de displasia de alto grado en un paciente con esófago de Barrett con el algoritmo CADE en tiempo real. Cortesía de DocBot Inc.

células escamosas de esófago incluso con un tamaño inferior 10mm, con una sensibilidad del 98,04% y una especificidad del 95,03%^{3,11}. En la [figura 1](#) se demuestra displasia severa en un segmento de esófago de Barret.

Cáncer gástrico

La detección del cáncer gástrico se lleva a cabo principalmente mediante la realización de una endoscopia digestiva alta; una predicción precisa basada en imágenes endoscópicas es importante para crear una mejor estrategia de manejo para el paciente.

Por este motivo es primordial determinar la profundidad de invasión para indicar la mejor estrategia de manejo; sin embargo, la precisión general de la endoscopia convencional para definir invasión es insuficiente (69-79%)¹².

Actualmente los sistemas de IA han demostrado ser útiles en el diagnóstico del cáncer gástrico con una gran precisión, detectando los puntos ciegos y las lesiones menores de 5 mm; de esta manera discrimina áreas malignas de áreas no cancerosas en el estómago, implementado con ello una importante mejora en la calidad del cribado de cáncer gástrico. De la misma manera, la IA es útil en la evaluación de la profundidad de invasión del cáncer gástrico, diferenciando las lesiones que invaden más de 500 μ m de la submucosa de aquellas más superficiales^{3,12,13}.

En un estudio reciente realizado por Mori et al.¹⁴, en el cual se evaluaron 790 imágenes de diferentes pacientes con cáncer gástrico, la IA presentó una sensibilidad del 76% y una especificidad del 96% en la identificación de cánceres más profundos, con respecto a la inspección visual realizada por endoscopistas. Similares resultados fueron reportados en paralelo en el estudio de Zhu et al.¹².

Identificación de infección por *Helicobacter pylori*

Helicobacter pylori ha demostrado estar asociado al cáncer gástrico al inducir atrofia de la mucosa gástrica además de metaplasia intestinal. La gastroscopia es útil para mejorar la precisión diagnóstica de la gastritis asociada a *H. pylori*, aunque tiene una sensibilidad del 62% y una especificidad del 89%¹⁵. La IA es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones relacionadas con el diagnóstico de la infección por *H. pylori*. Shichijo et al.¹⁶ desarrollaron un algoritmo CNN profundo de 22 capas para predecir la infec-

ción por *H. pylori* durante la gastroscopia y compararon su precisión diagnóstica con la de endoscopistas. La sensibilidad, la especificidad y la precisión de la CNN fueron del 81,9, del 83,4 y del 83,1%, respectivamente. Asimismo, Nakashima et al.¹⁰ crearon un sistema de IA para diagnosticar *H. pylori* utilizando imágenes brillantes con láser azul e imágenes en color vinculadas, demostrando cifras de sensibilidad del 96,7 y del 96,7%, respectivamente, para este modelo, adecuadas para su introducción en la práctica clínica.

Cápsula endoscópica

La cápsula endoscópica es una técnica desarrollada con el objetivo de obtener imágenes endoscópicas de todo el intestino delgado para detectar y diagnosticar las diferentes patologías. La interpretación de las imágenes obtenidas es un desafío para la mayoría de los gastroenterólogos, debido a que requiere un alto nivel de concentración y dedicación^{9,11}.

La inteligencia artificial, específicamente la visión por ordenador y las metodologías de aprendizaje automático, utilizan algoritmos centrados fundamentalmente en la detección de hemorragia y lesiones, disminución del tiempo de visualización, localización de la posición de la cápsula en el intestino delgado y/o mejoras en la calidad del vídeo. Con todas estas herramientas se ayuda a los médicos a leer e interpretar imágenes, mejorando su eficiencia y su precisión diagnóstica^{3,17}.

Los algoritmos de diagnóstico asistido por ordenador ayudan a incrementar la precisión del diagnóstico mediante la clasificación de anomalías. Las características de las imágenes obtenidas endoscópicamente se pueden clasificar utilizando algoritmos de aprendizaje automático, como una máquina de vectores de soporte, una red neuronal o un clasificador binario¹⁷. La herramienta más eficaz realizada en el diagnóstico asistido por ordenador ha sido la identificación de hemorragia del intestino delgado. Este sistema de IA utiliza la extracción de características basada en colores, utilizando proporciones de los valores de intensidad de las imágenes en el dominio de rojo, verde y azul, o bien tono, saturación e intensidad, para ayudar a distinguir los segmentos intestinales que contienen o no restos hemáticos⁹.

Leenhardt et al.¹⁸ reportaron el uso de redes neuronales convolucionales para mejorar la detección de angiectasias gastrointestinales en el intestino delgado identificadas con cápsula endoscópica inalámbrica. La sensibilidad y la especi-

ficidad del algoritmo de diagnóstico asistido por ordenador fueron del 100 y del 96%, respectivamente, para la detección de estas ectasias vasculares. Por otro lado, Tsuboi et al.¹⁹, después de entrenar un sistema de red neuronal convolucional profundo basado en 2.237 imágenes de cápsula endoscópica de angiectasias, encontraron que tenía una sensibilidad y una especificidad del 98,8 y del 98,4%, respectivamente. En cuanto a su efectividad en la detección de pólipos, Saito et al.⁶ entrenaron una red neuronal convolucional profunda: utilizando 30.584 imágenes de cápsula endoscópica de lesiones protuberantes de 292 pacientes, las usaron como un conjunto de datos de imágenes de entrenamiento. Un total de 17.507 imágenes de 93 pacientes se utilizaron para probar la CNN. La sensibilidad y la especificidad de las redes neuronales convencionales fueron del 90,7% (IC 95%: 90,0-91,4%) y del 79,8% (IC 95%: 79,0-80,6%), respectivamente. En un análisis de subgrupos de la categoría de lesiones protuberantes, como pólipos, nódulos, tumores epiteliales, tumores submucosos y estructuras venosas, las sensibilidades fueron del 86,5, del 92,0, del 95,8, del 77,0 y del 94,4%, respectivamente.

Aunque estos sistemas tienen el potencial de ser un excelente método de detección identificando áreas de sangrado y/o lesiones vasculares y neoplásicas, aún tiene margen de mejora y son necesarios más estudios para lograr un mejor rendimiento diagnóstico.

Detección de pólipos colorrectales

El cáncer colorrectal es una de las principales causas de muerte en todo el mundo. La colonoscopia es la técnica de elección para prevenir el cáncer colorrectal, cuya incidencia se puede reducir mediante la detección y la resección de adenomas. Sin embargo, está descrito que la tasa de detección de lesiones varía entre endoscopistas, con un porcentaje de pérdida de hasta el 27% debido a factores relacionados con las propias características del pólipo y del operador⁸. Esta reducción en la detección de lesiones aumenta las posibilidades posteriores de progresión de la lesión a un cáncer colorrectal. Por cada aumento del 1,0% en la tasa de detección de adenomas hay una disminución asociada del 3,0% en el riesgo de cáncer colorrectal de intervalo^{1,9}.

Los sistemas de IA y el aprendizaje automático, específicamente dentro del ámbito del *deep learning*, han llevado al desarrollo de programas de detección asistida por ordenador para ayudar a los endoscopistas en la detección de pólipos y adenomas durante la colonoscopia, fundamentalmente centrados en la detección de lesiones planas o pequeñas²⁰. El sistema de CAde utilizado en la [figura 2](#) es el Wision AI, el cual ayuda al operador a localizar pólipos difíciles de detectar por su tamaño o localización.

El metaanálisis de ensayos prospectivos publicado por Barua et al.²⁰ mostró que la colonoscopia con IA aumentaba las tasas de detección de adenomas (tasa del 29,6% [IC 95%: 22,2-37,0]) y de pólipos en comparación con la colonoscopia sin IA (tasa del 19,3% [IC 95%: 12,7-25,9]). Otro estudio realizado por Wang et al.¹⁷ demostró que el sistema automático de detección de pólipos en tiempo real aumenta significativamente la detección de la tasa de adenomas (29,1% frente al 20,3%, $p < 0,001$). Min et al. crearon un sistema CADx

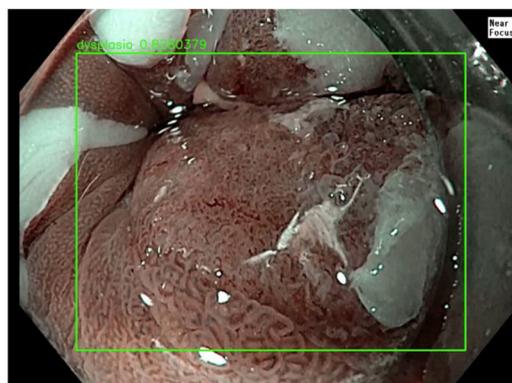


Figura 2 Imágenes endoscópicas captadas por el sistema de detección automática de pólipos, o CAde (por sus siglas en inglés) donde se visualizan pólipos colónicos resaltados en la pantalla por un cuadro azul que indica su ubicación. A) Pólipo de 3 mm, IIA según la clasificación de París. B) Pólipo de 5 mm, IS según la clasificación de París. Imágenes cortesía del Dr. Tyler Berzin, Co-director del Departamento de Endoscopia Avanzada en el Beth Israel Deaconess Medical Center.

para predecir pólipos adenomatosos frente a histología de pólipos no adenomatosos utilizando imágenes en color. Este sistema alcanzó una sensibilidad del 83,3%, una especificidad del 70,1% y una precisión del 78,4%¹¹, demostrando que el sistema CAde puede combinarse con un sistema CADx para respaldar la estrategia de detección y diagnóstico de pólipos hiperplásicos que no requieran polipectomías para mejorar así el flujo y la carga de trabajo a los endoscopistas, así también como a los patólogos.

Ultrasonido endoscópico

El ultrasonido endoscópico (UE) se estableció como una herramienta importante para el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades del sistema digestivo, pero tiene algunas limitaciones, como por ejemplo la interpretación de las imágenes²¹. El procesamiento y el análisis de imágenes de UE utilizando CAD relacionado con la IA (IA-CAD) pueden superar esas limitaciones²².

Los datos de CNN basados en UE aún son limitados, pero hay algunos estudios que han demostrado resultados positivos con su uso. En el estudio, realizado por Chang et al. donde desarrollaron una UE-CNN para discriminar tumores subepiteliales gástricos en imágenes de UE, distinguiendo GIST del leiomioma, se logró un AUC por imagen de 0,9234, con una sensibilidad correspondiente del 95,6% y una especificidad del 82,1%, y un AUC por paciente de 0,9929, con una sensibilidad correspondiente del 100,0% y una especificidad del 85,7%²³. Estos resultados podrían deberse a la capacidad de la UE-CNN para analizar imágenes a nivel de píxeles, lo que es difícil de lograr para los humanos. En otro estudio, Minoda et al.²² obtuvieron resultados similares, concluyendo que la UE-AI tiene un alto rendimiento de predicción de GIST y una buena predicción para el diagnóstico de tumores subepiteliales gástricos²³. Todavía se están investigando otros usos de la IA en la UE, como la UE elastografía, la UE con contraste y la aspiración con aguja fina guiada, pero aunque los resultados sugieren ser positivos

para evaluar patologías tanto benignas como malignas, aún se requieren más estudios²¹.

Costes para los sistemas de salud

La AI se ha implementado de forma efectiva en diferentes técnicas endoscópicas. No obstante, pese a que se espera que se acompañe de una disminución en los costes, la evidencia en este momento es escasa. Un único estudio en la literatura, publicado por Mori et al.²⁴, aborda este tema, donde se calcularon los costos de colonoscopia al aplicar una estrategia de diagnosticar con AI y no resear pólipos diminutos definidos como no neoplásicos, o bien el abordaje de resear todos los pólipos identificados. En 207 pacientes con 250 pólipos diminutos localizados en recto y colon sigmoide, utilizando la primera estrategia se demostró reducir el coste de procedimientos en el 18,9, el 6,9, el 7,6 y el 10,9% en Japón, Inglaterra, Noruega y Estados Unidos, respectivamente, en comparación con el segundo tipo de abordaje.

Conclusión

Los algoritmos de la IA aparecieron inicialmente con el objetivo de limitar la variabilidad interoperadores, evitar errores humanos y disminuir fallos diagnósticos. De esta manera conducen a un aumentando en la productividad, de la capacidad y de la calidad diagnóstica, así como a la realización de una forma de trabajo más eficiente que impacta de manera positiva en el cuidado del paciente. En el campo de la endoscopia digestiva la IA ha progresado mucho en los últimos años, destacando su potencial impacto en la mejora de la calidad de la misma en diferentes aspectos.

El futuro de la IA es prometedor, ya que existen múltiples estudios que demuestran que permite mejorar la tasa de detección de numerosas patologías, como la identificación de lesiones polipoideas, la detección de cánceres gastrointestinales, de áreas de hemorragia del intestino delgado, e incluso la identificación endoscópica de *H. pylori*.

A pesar de todos estos avances, todavía existen retos en cuanto a su aplicación en la práctica clínica. Se necesitan ensayos clínicos prospectivos de alta calidad para evaluar el verdadero impacto clínico y de costos para los sistemas de salud. Además, es posible que se requieran muchas más imágenes endoscópicas para la base de datos y mejorar así los modelos continuamente a través de actualizaciones periódicas, y de esta manera lograr un desempeño confiable en el entorno clínico. Creemos que esta nueva tecnología para la endoscopia podría implementarse a gran escala en la práctica clínica en un futuro próximo.

Financiación

Estudio no financiado.

Autoría

Todos los autores han contribuido equitativamente a este trabajo.

Conflicto de intereses

Kenneth Ernest-Suárez es consultor para Janssen, Pfizer, Astra Zeneca, Ferring y Sandoz.

Tyler M. Berzin ha actuado como consultor para Wision AI, Mangentiq Eye, Docbot, Endovigilant y Medtronic.

Los autores restantes no tienen ningún conflicto de intereses que declarar.

Bibliografía

1. Alagappan M, Brown JRG, Mori Y, Berzin TM. Artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy: The future is almost here. *World J Gastrointest Endosc.* 2018;10:239–49, <http://dx.doi.org/10.4253/wjge.v10.i10.239>.
2. Berzin TM, Parasa S, Wallace MB, Gross SA, Repici A, Sharma P. Position statement on priorities for artificial intelligence in GI endoscopy: A report by the ASGE Task Force. *Gastrointest Endosc.* 2020;92:951–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2020.06.035>.
3. Chahal D, Byrne MF. A primer on artificial intelligence and its application to endoscopy. *Gastrointest Endosc.* 2020;92:813–20.e4, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2020.04.074>.
4. Sánchez-Montes C, Bernal J, García-Rodríguez A, Córdova H, Fernández-Esparrach G. Review of computational methods for the detection and classification of polyps in colonoscopy imaging. *Gastroenterol Hepatol.* 2020;43:222–32, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gastrohep.2019.11.004>.
5. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J.* 2019;6:94–8, <http://dx.doi.org/10.7861/futurehosp.6-2-94>.
6. Saito H, Aoki T, Aoyama K, Kato Y, Tsuboi A, Yamada A, et al. Automatic detection and classification of protruding lesions in wireless capsule endoscopy images based on a deep convolutional neural network. *Gastrointest Endosc.* 2020;92:144–510, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2020.01.054>.
7. Thakkar S, Carleton NM, Rao B, Syed A. Use of artificial intelligence-based analytics from live colonoscopies to optimize the quality of the colonoscopy examination in real time: Proof of concept. *Gastroenterology.* 2020;158:1219–2100, <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2019.12.035>.
8. Wang P, Berzin TM, Glissen Brown JR, Bharadwaj S, Becq A, Xiao X, et al. Real-time automatic detection system increases colonoscopic polyp and adenoma detection rates: A prospective randomised controlled study. *Gut.* 2019;68:1813–9, <http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2018-317500>.
9. Hajjar AEL, Rey JF. Artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy: General overview. *Chin Med J (Engl).* 2020;133:326–34, <http://dx.doi.org/10.1097/CM9.0000000000000623>.
10. Nakashima H, Kawahira H, Kawachi H, Sakaki N. Artificial intelligence diagnosis of *Helicobacter pylori* infection using blue laser imaging-bright and linked color imaging: A single-center prospective study. *Ann Gastroenterol.* 2018;31:462–8, <http://dx.doi.org/10.20524/aog.2018.0269>.
11. Abadir AP, Ali MF, Karnes W, Samarasena JB. Artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy. *Clin Endosc.* 2020;53:132–41, <http://dx.doi.org/10.5946/ce.2020.038>.
12. Zhu Y, Wang Q, Xu M, Zhang Z, Cheng J. Application of convolutional neural network in the diagnosis of the invasion depth of gastric cancer based on conventional endoscopy. *Gastrointest Endosc.* 2019;89:806–15.e1, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2018.11.011>.
13. Chen D, Wu L, Li Y, Zhang J, Liu J, Huang L, et al. Comparing blind spots of unsedated ultrafine, sedated, and unsedated con-

- ventional gastroscopy with and without artificial intelligence: A prospective, single-blind, 3-parallel-group, randomized, single-center trial. *Gastrointest Endosc.* 2020;91:332–9.e3, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2019.09.016>.
14. Mori Y, Berzin TM, Kudo S. Artificial intelligence for early gastric cancer: Early promise and the path ahead. *Gastrointest Endosc.* 2019;89:816–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2018.12.019>.
 15. Mori Y, Kudo S, Mohamed HEN, Misawa M, Ogata N, Itoh H, et al. Artificial intelligence and upper gastrointestinal endoscopy: Current status and future perspective. *Dig Endosc.* 2019;31:378–88, <http://dx.doi.org/10.1111/den.13317>.
 16. Shichijo S, Nomura S, Aoyama K, Nishikawa Y, Miura M. EBioMedicine application of convolutional neural networks in the diagnosis of *Helicobacter pylori* infection based on endoscopic images. *EBioMedicine.* 2017;25:106–11, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ebiom.2017.10.014>.
 17. Wang P, Liu X, Berzin TM, Glissen Brown JR, Liu P, Zhou C, et al. Effect of a deep-learning computer-aided detection system on adenoma detection during colonoscopy (CAdE-DB trial): A double-blind randomised study. *Lancet Gastroenterol Hepatol.* 2020;5:343–51, [http://dx.doi.org/10.1016/S2468-1253\(19\)30411-X](http://dx.doi.org/10.1016/S2468-1253(19)30411-X).
 18. Leenhardt R, Li C, le Mouel J-F, Rahmi G, Saurin JC, Cholet F, et al. CAD-CAP: A 25,000-image database serving the development of artificial intelligence for capsule endoscopy. *Endosc Int Open.* 2020;8:E415–20, <http://dx.doi.org/10.1055/a-1035-9088>.
 19. Tsuboi A, Oka S, Aoyama K, Saito H, Aoki T, Yamada A, et al. Artificial intelligence using a convolutional neural network for automatic detection of small-bowel angioectasia in capsule endoscopy images. *Dig Endosc.* 2020;32:382–90, <http://dx.doi.org/10.1111/den.13507>.
 20. Barua I, Vinsard D, Jodal H, Løberg M, Kalager M, Holme Ø, et al. Artificial intelligence for polyp detection during colonoscopy: A systematic review and meta-analysis. *Endoscopy.* 2020;53:277–84, <http://dx.doi.org/10.1055/a-1201-7165>.
 21. Enshuo Liu, Manoop S, Bhutani, Siyu Sun. Artificial intelligence the new wave of innovation. Published online; 2021. p. 04–15, <http://dx.doi.org/10.4103/EUS-D-21-00052>.
 22. Minoda Y, Ihara E, Komori K, Ogino H, Otsuka Y, Chinen T, et al. Efficacy of endoscopic ultrasound with artificial intelligence for the diagnosis of gastrointestinal stromal tumors. *J Gastroenterol.* 2020;55:1119–26, <http://dx.doi.org/10.1007/s00535-020-01725-4>.
 23. Oh CK, Kim T, Cho YK, Cheung DY, Lee BI, Cho YS, et al. Convolutional neural network-based object detection model to identify gastrointestinal stromal tumors in endoscopic ultrasound images. *J Gastroenterol Hepatol.* 2021, <http://dx.doi.org/10.1111/jgh.15653>.
 24. Mori Y, Kudo Sei, East JE, Rastogi A, Bretthauer M, Misawa M, et al. Cost savings in colonoscopy with artificial intelligence-aided polyp diagnosis: An add-on analysis of a clinical trial (with video). *Gastrointest Endosc.* 2020;92:905–11.e1, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2020.03.3759>.