SJSI

مقال مراجعة

Artificial Intelligence in Gastrointestinal Endoscopy

الذكاء الصنعي في التنظير الهضمي

المؤلفون:
أيمن علي

الجهات: كلية الطب – جامعة دمشق
التواصل:
ayman.ali@damascusuniversity.edu.sy.

تاريخ التقديم: ٢ شباط ٢٠٢٤
تاريخ القبول: ٢٦ شباط ٢٠٢٤

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) systems based on deep learning have evolved in the past decade, and their applications in the field of gastrointestinal endoscopy have expanded exponentially. Gastrointestinal endoscopy relies primarily on images for diagnosis and treatment decisions. By using convolutional neural networks and training them with large numbers of examples from databases, They can be used to assist in diagnosis during endoscopy, or what is called computer-aided detection (CADe), and to determine the nature of lesions, or what is called computer-aided characterization (CADx). Artificial intelligence systems have been used to detect and classify colonic polyps, detect and evaluate the depth of early gastric cancer, detect dysplasia in Barrett's esophagus, determine the severity of inflammatory bowel diseases, in addition to detecting various abnormalities in capsule endoscopy. Through these systems, it was possible to improve the detection rate and quality of endoscopy. We still need multicenter, randomized trials to better evaluate the use of AI in real-time endoscopy. This review aims to discuss the available studies related to artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy, discuss its clinical applications, and point out future directions in this field.

Keywords: Artificial Intelligence, Endoscopy, Colonoscopy, CADe, CADx, Clinical Application, Gastroenterology.

الملخص

مع تطور أنظمة الذكاء الصنعي المعتمدة على التعلم العميق في العقد الماضي، أخذت تطبيقاتها في مجال التنظير الهضمي بالتوسع. يعتمد التنظير الهضمي في الأساس على الصورة في التشخيص واتخاذ القرار العلاجي. وباستخدام الشبكات العصبونية الالتفافية وتدريبها بأعداد كبيرة من الأمثلة من قواعد البيانات فقد أمكن استخدامها للمساعدة في التشخيص في الزمن الحقيقي أثناء التنظير، أو ما يدعى الكشف بمساعدة الحاسوب CADe، وتحديد طبيعة الآفات، أو ما يدعى تحديد الخصائص بمساعدة الحاسوب CADx. استخدمت أنظمة الذكاء الصنعي في كشف السلائل الكولونية وتصنيفها، وكشف وتقييم عمق سرطان المعدة المبكر، وكشف خلل التنسج في مري باريت وتحديد شدة المرض في آفات الأمعاء الالتهابية إضافة إلى كشف الشذوذات المختلفة في التنظير بالكبسولة. وأمكن من خلال هذه الأنظمة تحسين معدل الكشف وجودة التنظير. لا نزال بحاجة إلى تجارب متعددة المراكز معشاة للتقييم الأفضل

لاستخدام الذكاء الصنعي في التنظير في الزمن الحقيقي. تهدف هذه المراجعة إلى مناقشة الدراسات المتوفرة المتعلقة بالذكاء الصنعي الخاصة بالتنظير الهضمي ومناقشة تطبيقاتها السريرية مع الإشارة إلى التوجهات المستقبلية في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الصنعي، التنظير الهضمي، تنظير الكولون، الكشف بمساعدة الحاسوب، التشخيص بمساعدة الحاسوب، التطبيق السريري، طب الجهاز الهضمي.

مقدمة وتعاريف Introduction and Definitions

الذكاء الصنعي Artificial Intelligence (AI) مصطلح شامل لقدرة برنامج حاسوبي على التعلم وحل المشاكل. وضمن المظلة الواسعة للذكاء الصنعي، يشير مصطلح تعلم الآلة Machine Learning (ML) إلى القدرة على بناء خوارزميات رياضية mathematical algorithms من بيانات التدريب المدخلة input training data من أجل اتخاذ قرارات في حالات وظروف جديدة بدون تعليمات من إنسان. في السنوات الأخيرة أصبح فرع من تعلم الآلة ML يعرف باسم التعليم العميق deep learning (DL) هو المقاربة المسيطرة على معظم العمل الجاري في حقل تعلم الآلة. يتضمن التعلم العميق DL خوارزميات شبكة عصبونية متعددة الطبقات multiple layered تحاكي منطقياً بنية ونشاط العصبونات الدماغية على الحاسوب. الشبكة العصبونية الالتفافية convolutional neural network (CNN) هي صنف نوعي من الشبكة العصبونية العميقة تتكون من طبقات التفافية convolutional وتجميعية pooling، في نمط يشبه تنظيم القشر البصري visual cortex مما يجعلها مناسبة للتعرف على الصور image recognition وتحليل الفيديو video analysis. حسّن التعلم العميق DL إلى حد بعيد قدرة الذكاء الصنعي على التعرف على الصور image recognition. عندما تدرب بكميات أكبر من مواد التعلم فإنه يمكن لخوارزميات التعلم العميق أن تصنف الصور بطريقة خاصة، كما أن تطوير الشبكات العصبونية الالتفافية CNN قد سمح باختراقات ضخمة في مجال التعرف على الصور الطبية. ومؤخراً حقق الذكاء الصنعي تقدماً ملحوظاً كنظام لمسح screen الصور الطبية في مجال علم الأشعة radiology، العينية ophthalmology، الجلدية dermatology، التشريح المرضي pathology، طب الأعصاب neurology، وطب الجهاز الهضمي gastroenterology. يعتمد تطوير الذكاء الصنعي في الأساس على توفر البيانات. إن إدخال مشاريع البيانات الكبيرة Big Data Projects في التنظير الهضمي كقاعدة بيانات التنظير اليابانية Japan Endoscopy Database قد جذب اهتماماً خاصاً بسبب إمكانية جمع كميات كبيرة من البيانات على نحو آلي حول الممارسة التنظيرية والنتائج السريرية. كما أن التحسينات في القوة الحاسوبية والتحليلية للبيانات الكبيرة سهلت تطوير وإدخال الذكاء الصنعي في الممارسة السريرية للتنظير الهضمي، مما أدى إلى النمو السريع للتشخيص بمساعدة الحاسوب computer-aided diagnosis (CADx) والكشف بمساعدة الحاسوب computer-aided detection (CADe) باستعمال نظام ذكاء صنعي في التنظير الهضمي. ويتوقع أن يقدم حقل البحث هذا حلولاً للقيود المتعددة في الممارسة السريرية الحالية (١). يعتبر التنظير الهضمي Gastrointestinal Endoscopy إحدى الحقول التي يطلب فيها من الطبيب إنجاز عدد كبير من المهارات السريرية، تتراوح بين المناورات والملاحة بالأجهزة التنظيرية والتمييز البصري وتصنيف الأمراض وحتى اتخاذ القرار العلاجي في الزمن الفعلي. وقد صممت أدوات ذكاء صنعي تساعد الأطباء في إنجاز هذه المهام. نهدف من هذه المراجعة إلى تقديم نظرة عامة قصيرة لتقنية الذكاء الصنعي، ووصف الطرق التي طبق الذكاء الصنعي فيها في حقل التنظير الهضمي حتى الآن، ومناقشة ما

قدمه الذكاء الصنعي في هذا الحقل، وأخيراً، التعليق على الاتجاهات المستقبلية لهذه التقنية.

الذكاء الصنعي في التنظير الهضمي Artificial Intelligence in GI Endoscopy

يواجه أطباء الهضمية في الوقت الراهن التحدي لإدراك وتفسير الكم الكبير – حوالي ٣٠ إطار عالي الدقة high definition في الثانية – من البيانات البصرية الغنية في الزمن الحقيقي في أثناء التنظير. وبخلاف كثير من السيناريوهات التصويرية الطبية الأخرى، فإن على أطباء الهضمية وضع القرار التشخيصي في الزمن الحقيقي، حيث أن إجراء خزعة أو استئصال سليلة polyp يتأثر بنحو مباشر بالموجودات البصرية. ويمكن للرؤية الحاسوبية computer vision المطبقة على التنظير الهضمي أن تحسن تفسير الصور (٢). أحدث إدخال الذكاء الصنعي AI باستخدام أساليب التعلم العميق ثورة في استخدام الخوارزميات في الحقل الطبي. يتم حالياً تدريب الشبكات العصبونية بالتعلم العميق باستخدام كميات كبيرة من مجموعات البيانات datasets المصنفة مسبقاً. قد تكون مجموعات البيانات هذه صوراً images أو فيديوهات مثل تلك المأخوذة في أثناء التنظير الهضمي الروتيني (٣, ٤). يتم التدريب باستخدام حواسب قوية ذات بطاقات رسومية graphic cards متعددة ومتخصصة في إنشاء شبكات عصبونية. وهي تقع عادة في منشآت المزودات (الخوادم) server facility. يستهلك تدريب وتحسين الشبكة العصبونية وقتاً طويلاً. بعد ذلك تطبق الشبكة العصبونية المدربة تماماً وغير القابلة للتعديل باستخدام حاسوب عادي، مثل ذلك الموجود في غرف التنظير. من فوائد هذه الأشكال من الذكاء الصنعي أنه يمكن تطبيقها في الزمن الحقيقي لأنه تتم فيها معالجة الصور غالباً بميز أقل lower resolution مما هو عليه الحال في الصور المشاهدة على شاشة الفحص، وبالتالي، فهي تتطلب طاقة حاسوبية أقل (٥). وتبذل الجهود حالياً ليس لتطوير شبكات عصبونية في منشآت الخوادم فحسب وإنما لإجراء التطبيق بالزمن الحقيقي باستخدام الحوسبة السحابية cloud–based (٦). أكثر حقول التنظير التي دخل فيها الذكاء الصنعي هما حقلان: الكشف بمساعدة الحاسوب Computer–Aided Detection (CADe) والتشخيص بمساعدة الحاسوب Computer–Aided Diagnosis (CADx). بالنسبة للحقل الأول، طورت الخوارزميات أساساً لكشف أية إمراضية (كشف سليلة polyp مثلاً)، في حين ركزت الخوارزميات في الحقل الثاني على تصنيف هذه الإمراضيات (التمييز بين السليلة الغدية adenoma عن سليلة فرط التنسج hyperplastic polyp مثلاً) (٧). نحصل من CADe على الكشف وتحديد التوضع localization للمنطقة المشبوهة في الزمن الفعلي real–time، في حين يتوقع من CADx التفريق السريري بين تشخيصين أو أكثر(8) .

وفيما يلي بعض من تطبيقات الذكاء الصنعي في مجال التنظير الهضمي:

مري باريت وسرطان المري Barrett's esophagus and esophageal cancer

يعتبر الترصد surveillance المناسب لمري باريت واجتثاث عسر التنسج dysplasia المرافق المفتاح للوقاية من الاستحالة transformation إلى سرطانة المري الغدية. يصعب تحديد عسر التنسج في مري باريت مما يؤدي إلى حساسية منخفضة للخزعات حتى المأخوذة ضمن بروتوكولات معيارية (٧). وبالرغم من أن استخدام وسائل التنظير المعزز image–enhanced endoscopy، والتنظير التلويني chromoendoscopy يمكن أن يميز مناطق خلل التنسج إلا أن العتبات التشخيصية لم يمكن تحقيقها من قبل غير الخبراء بشكل موثوق (٩). كذلك الحال، فإن الكشف المبكر عن خباثة المري قد يكون له تأثير هام على تدبير وإنذار المريض. إلا أن سرطان المري المبكر قد لا يكون بارزاً في المظهر التنظيري، وهنا أمكن لأنظمة الذكاء الصنعي تحقيق التشخيص باستخدام الضوء الأبيض WL والتصوير بالحزمة الضيقة NBI مع حساسية أكبر من ٩٠٪ ونوعية أكبر من ٨٠٪ (١٠). قد يكون

أيضاً من الصعب تمييز سرطانة المري حرشفية الخلايا المبكرة حتى باستخدام التلوينات والتصوير بالحزمة الضيقة NBI (١١، ١٢). يمكن لأنظمة الذكاء الصنعي في التنظير بالضوء الأبيض تمييز سرطانة المري حرشفية الخلايا السطحية عن المتقدمة وكشف آفات أقل من ١٠ ملم حجماً (١٣). إن تقييم عمق غزو سرطانة المري هام في التدبير وقد تم تطوير أنظمة الذكاء الصنعي لإنجاز هذا الأمر، إحداها تمكّن من التمييز بين ورم مري حرشفي الخلايا أو غدي T1 عن T2–T3 بدقة ٩٨٪ (١٣). كما تمكنت الأنظمة الأخرى من إنجاز تقييم مشابه وكانت قادرة على التفوق على المنظرين.

سرطان المعدة Gastric Cancer

يتظاهر الكثيرون من مرضى سرطان المعدة في مرحلة متقدمة لأن سرطان المعدة الباكر صعب التفريق عن الخلفية سواء كان مخاطية طبيعية أو التهاب معدة (١٤، ١٥). يمكن لأنظمة الذكاء الصنعي تشخيص سرطان المعدة بدقة عالية حتى في الآفات الصغيرة أقل من ٥ ملم (١٦). كما أظهرت أنظمة أخرى (٥، ١٧) دقة تشخيصية مشابهة مثيرة للدهشة مع وسطي زمن كشف حوالي ١ ثانية. وبشكل مشابه لآفات المري، فإن تقييم عمق غزو سرطان المعدة هام أيضاً في الاستراتيجيات التدبيرية. فمثلاً الآفات السطحية يمكن استئصالها بتسليخ تحت المخاطية التنظيري endoscopic submucosal dissection (ESD) مقابل الجراحة. يمكن لأنظمة الذكاء الصنعي تفريق الآفات التي تغزو 500 µm أو أكثر في تحت المخاطية عن تلك الأكثر سطحية (٥). أجريت دراسات على دور الذكاء الصنعي في تشخيص التهاب المعدة الضموري المزمن والذي يمثل آفة ما قبل ورمية ويؤهب لسرطانة المعدة. يشخص التهاب المعدة الضموري المزمن عادة بالتنظير الهضمي مع أخذ خزعات من مخاطية المعدة. في مراجعة منهجية وتحليل تلوي كانت حساسية الذكاء الصنعي في تمييز التهاب المعدة المزمن الضموري chronic atrophic gastritis (CAG) حوالي ٩٤٪ والنوعية ٩٦٪ وROC ٠.٩٨ ، ومن الواضح أن الدقة التشخيصية أعلى مما هي عند المنظرين (١٨).

ككشف السلائل الكولونية المستقيمية Colorectal Polyp Detection (الكشف بمساعدة الذكاء الصنعي Artificial Intelligence–Assisted Detection (CADe)

في مجال المسح السرطاني ترتبط جودة تنظير الكولون بشكل واضح يخطر سرطان الكولون بعد تنظير الكولون (١٩). ويعرف معدل كشف الأورام الغدية Adenoma Detection Rate (ADR) بالنسبة المئوية للمرضى الخاضعين لتنظير الكولون مع استئصال ورم غدي واحد على الأقل، ويعتبر هذا المؤشر حالياً المؤشر الأفضل للجودة. في دراسة حديثة وحيدة المركز معشاة لتقييم نظام الذكاء الصنعي في كشف السلائل في ١٠٥٨ تنظير كولون (٢٠) وبالمقارنة مع مجموعة الشاهد، نتج عن استخدام نظام الذكاء الصنعي زيادة في معدل كشف الأورام الغدية (٢٩٪ مقابل ٢٠٪) وزيادة في العدد الوسطي للأورام الغدية المكتشفة للمريض الواحد (٠.٥٣ مقابل ٠.٣١). في مراجعة منهجية systematic review وتحليل تلوي meta–analyses من ٥٠ دراسة مضبوطة شملت حوالي ٣٤٤٤٥ مشاركاً تبين أن معدل كشف الأورام الكولونية أعلى بنظام CADe مقارنة مع التقنيات الأخرى (٢١). وفي تجارب حديثة معشاة (٢٢–٢٤) أنقص تنظير الكولون مع الكشف بمساعدة الحاسوب المعدل الكلي لعدم مشاهدة الأورام الغدية adenoma miss rate مقارنة بتنظير الكولون المعياري. من المتوقع أن تدخل أنظمة الذكاء الصنعي لكشف السلائل حيز التطبيق السريري قريباً. إلا أنه من الهام التأكيد هنا على أن تحسين الكشف بمساعدة أنظمة الذكاء الصنعي مرتبط فقط بزيادة سعة الآفات المكتشفة ضمن حقل الرؤية وبالتالي فإنه يعتمد على كمية المخاطية التي يظهرها المنظر أثناء سحب المنظار (١٩). وبالتالي يمكن اعتبار أنظمة الكشف بمساعدة الحاسوب أداة مساعدة للمنظر الذي تبقى مهاراته وخبرته أساسية لإجراء تنظير كولون عالي الجودة مع الاستفادة من دعم الذكاء الصنعي (٢٥،

٢٦). في هذا الصدد تم استقصاء دور نظام ذكاء صنعي حديث للكشف بمساعدة الحاسوب (GI-Genius) بين المنظرين غير الخبراء وتم تسجيل نتائج واعدة (٢٧).

تحديد خصائص السلائل الكولونية المستقيمية Colorectal polyp characterization (تحديد الخصائص بمساعدة الذكاء الصنعي Artificial Intelligence-Assisted (Characterization (CADx)

أظهرت أنظمة الذكاء الصنعي قدرتها على التفريق بين سلائل فرط التنسج hyperplastic والسلائل الورمية بدقة تصل العتبة المحددة من قبل التعليمات الناظمة شرط تدريبها السابق باستخدام صور ثابتة (٢٨). أظهرت إحدى الدراسات أن أنظمة الذكاء الصنعي التي استخدمت فيديوهات لسلائل كولون باستخدام التصوير بالحزمة الضيقة NBI أثناء تنظير كولون معياري قد أنجزت العتبة التشخيصية (٢٩). إن استخدام الفيديوهات لتدريب الذكاء الصنعي قد يترجم بتحسن النتائج إذا تمت دراستها بشكل استباقي prospective. هناك نظام ذكاء صنعي في اليابان لا يعتمد على التعلم العميق يدعى EndoBRAIN طور من أجل تنظير خلوي endocytoscopy كان قادراً على تمييز السلائل المستقيمية السينية في الزمن الحقيقي بدقة تشخيصية تصل العتبة المطلوبة (٣٠). حاز نظام EndoBRAIN على موافقة الجهات الرقابية في اليابان مما يشير إلى السرعة التي يتم فيها تحويل هذه الأنظمة باتجاه الاستخدام السريري. تساعد أنظمة تحديد الخصائص بمساعدة الحاسوب (CADx) مثل نظام CAD EYE في تحسين دقة التشخيص البصري لسلائل الكولون (٣١)، مما يؤدي لإنقاص الاستئصال غير الضروري للآفات غير الورمية، وإمكانية تطبيق استراتيجية استأصل واترك resect-and-discard أو اتركه في مكانه leave-in-situ والتطبيق المناسب لتقنيات الاستئصال التنظيري. وحديثاً جداً أظهر نظامي CADx تفوقهما على عتبات الجمعيات الهضمية مما قد يسمح بدمجها في استراتيجيات تقليل الكلف عند تطبيقها في الممارسة السريرية (٣٢-٣٤). حتى الآن، ورغم النتائج الواعدة فإن المعطيات حول أنظمة تحديد الخصائص بوسائل الذكاء الصنعي المتوفرة تجارياً لا تزال غير حاسمة وربما متضاربة. ولا نزال في حاجة لمعطيات موثوقة حول أداء أنظمة CADx تم تقييمها في تجارب مضبوطة معشاة وتم اختبارها على منظرين خبراء وعلى متدربين في مراكز أكاديمية أو طبية عامة.

أدواء الأمعاء الالتهابية Inflammatory bowel disease

قد يكون التقييم التنظيري للداء المعوي الالتهابي IBD شخصياً، وتنعكس الاختلافات في تقييم شدة المرض اختلافاً في استراتيجيات تدبير المرضى وحصيلتهم (٣٥). تم تطوير أنظمة ذكاء صنعي لتوحيد التقييم التنظيري لأدواء الأمعاء الالتهابية مع نجاح مبدئي. أحد الأمثلة هو نظام يميز بشكل فاعل بين المخاطية الطبيعية (Mayo 0) وحالة شفاء المخاطية mucosal healing state (Mayo0-1) (٣٦). في نظام آخر مشابه أمكن التفريق بين الهجوع (Mayo 0 or 1) والمرض المعتدل أو الشديد (Mayo 2 or 3) (٣٧). تم تصميم هذه الأنظمة بالتنظير بالضوء الأبيض. هناك نظام تم تصميمه باستعمال endocytoscopy (تقنية عالية الميز قادرة على ملاحظة الخلايا والنوى في الظهارة في الزمن الحقيقي أثناء التنظير) قادر بشكل مباشر على تقييم الشدة النسيجية للداء المعوي الالتهابي إضافة إلى الشدة التنظيرية مما يشير إلى احتمال أن يستعمل الذكاء الصنعي لتجاوز الفحص التشريحي المرضي للخزعات (٣٨). من جانب آخر فإن التهاب الكولون القرحي أو داء كرون بعد سنوات طويلة من التشخيص يحملان خطراً أعلى لسرطان الكولون الذي يمثل ١٠-١٥٪ من كل أسباب الوفيات عند مرضى أدواء الأمعاء الالتهابية. في دراسة حديثة على نظام ذكاء صنعي قادر على كشف الآفات الكولونية السليلية polypoid وغير السليلية على صور من مرضى أدواء أمعاء التهابية IBD باستخدام التنظير بالضوء الأبيض عالي

الدقة high–definition والتنظير التلويني chromoendoscopy المعتمد على الملونات كانت النتائج جيدة ومنطقة تحت المنحنى area under the curve حوالي ٠.٨٥ مع كشف للآفات حتى المتوضعة في خلفية من مخاطية ملتهبة بشكل معتدل (٣٩).

التنظير بالكبسولة Capsule Endoscopy

يزداد استخدام التنظير بالكبسولة capsule endoscopy (CE) لتقييم المعي الدقيق وإلى حد أقل لتقييم الكولون (٤٠). ينتج التنظير بالكبسولة فيديوهات طولها ٨–١٠ ساعات مما يجعل فحص جميع الأطر وتحليلها مستهلكاً جداً وبحاجة لعمل شاق ومكثف من قبل المنظر (٤١). تم إظهار كشف آفات ضمن المعي الدقيق باستعمال التنظير بالكبسولة. ومن الأمثلة على هذه الآفات: التوسعات الوعائية (42) angioectasias، التآكلات erosions، التقرحات (٤٣)ulcerations وحتى الديدان الشصية hookworms (٤٤). والمثال الأكثر إثارة حتى الآن لأنظمة الذكاء الصنعي في التنظير بالكبسولة هو نظام قادر على كشف الآفات المتبارزة في المعي الدقيق بمعدل كشف كلي حوالي ٩٨٪ وحساسية ٩٠٪ ونوعية ٨٠٪ (٤٥). وتشمل الآفات المكتشفة العقيدات nodules والسلائل polyps والأورام الظهارية epithelial tumors والأورام تحت المخاطية submucosal tumors والتراكيب الوريدية venous structures. كما تم إظهار كشف السلائل الموجه بالتنظير بالكبسولة (٤٦). هذا حقل واعد للغاية، إلا أنه لا يعرف ما إذا كان الذكاء الصنعي سيقود إلى الكبسولة الذكية smart capsule حقاً والتي تكشف وتحدد خصائص الآفات المتعددة في الوقت نفسه (٤٧).

دور الذكاء الصنعي في الإيكو عبر التنظير The Role of AI in Endoscopic Ultrasound

يمكن أن تساعد خوارزميات الذكاء الصنعي في تمييز الأورام من خلال تحليل صور الإيكو عبر التنظير Endoscopic Ultrasound (EUS) images وتحديد المناطق المشتبهة التي تتطلب اعتيان نسيجي أو تقييم سريري أفضل (٤٨). في تحليل تلوي حديث على ١٠ دراسات شملت ١٨٧١ مريضاً قيمت الدقة التشخيصية للذكاء الصنعي المطبق على الإيكو عبر التنظير EUS في كشف سرطان البنكرياس، أظهرت النتائج أن للذكاء الصنعي حساسية تشخيصية عالية ٩٢٪ ونوعية ٩٠٪ (٤٩). تشير هذه البيانات إلى إمكانية أن يصبح الإيكو عبر التنظير بمساعدة الذكاء الصنعي وسيلة هامة وأساسية في التشخيص بمساعدة الحاسوب لسرطان البنكرياس. إلا أن صغر عدد وحجم الدراسات لا يسمح بالتعميم الذي يتطلب دراسات على نطاق أكبر. استخدم الذكاء الصنعي في تقييم الآفات تحت الظهارية subepithelial lesions وكان في بعض الدراسات أفضل من الخبراء في التفريق بين الآفات تحت الظهارية على صور الإيكو عبر التنظير (٥٠) وبدقة تشخيصية وصلت ٨٦.١٪.

الحدود والقيود Limitations

على الرغم من التطورات الإيجابية الكبيرة في مجال الذكاء الصنعي، فإنه لا تزال هناك العديد من القيود أمام الدراسات الحالية يجب التغلب عليها في الدراسات المستقبلية. تقوم معظم النماذج الحالية على بينات مصنفة، وبالتالي فإن جودة التفسير هي بمقدار جودة المراقب الذي صنف البيانات المعتبرة "المعيار الذهبي". كما أن الخوارزميات الحالية مصممة بشكل نوعي لتناسب مجموعة بينات محددة. معظم الدراسات الحالية على الذكاء الصنعي في التنظير الهضمي هي دراسات حشدية cohort studies، في حين أن الحاجة ماسة لدراسات مضبوطة جيدة التصميم معشاة للدعم الأفضل للاستنتاجات.

تدرس العديد من الدراسات تقنيات مختلفة خلال التنظير (مثل: معالجة الصور بالمنظار في NBI أو WLI أو التنظير اللوني chromoendoscopy) مما يجعل المقارنات بين التقنيات مرهقة أو غير ممكنة.

المستقبل The Future

تستمر تطبيقات الذكاء الصنعي في مجال التنظير الهضمي بالتوسع بسرعة وتتطور في العديد من المستويات. من المتوقع أن تنخفض الإجراءات التشخيصية الغازية invasive بشكل عام، عندما تجد الخوارزميات المعتمدة على تعلم الآلة طريقها في نماذج التنبؤ السريري. سوف تنخفض بعض التداخلات التشخيصية مثل تفسير التنظير بالكبسولة VCE من قبل الإنسان وبالتالي تقليل دور الإنسان واقتصاره على الإشراف وتصديق موجودات النموذج. يبدو أن مستقبل الذكاء الصنعي في عالم التنظير الهضمي واعد جداً، وخلال السنوات الخمس القادمة يعتقد بتوفر أنظمة ذكاء صنعي لدعم التشخيص التنظيري جاهزة للاستخدام السريري لكشف وتحديد خصائص السلائل الكولونية، ومن المحتمل جداً توفرها للأمراض الأخرى مثل السرطانات الهضمية المبكرة وأدواء الأمعاء الالتهابية. إن معرفة هذه الأدوات سيصبح موقع تركيز النشاطات التعليمية لأنه سيصبح هام للمنظرين معرفة فوائد وقيود أية تقنية معتمدة على الذكاء الصنعي.

الخاتمة والتوصيات

تعتبر التطورات الحديثة للذكاء الصنعي في التنظير الهضمي واعدة في العديد من أوجه الرعاية السريرية وستؤدي بالتأكيد إلى تغييرات في الممارسة السريرية. يعتبر التنظير الهضمي تقنية أساسية في تشخيص وتدبير أمراض الجهاز الهضمي وإن إدخال أنظمة الذكاء الصنعي في هذه التقنية ستكون له نتائج إيجابية يمكن تلخيصها بالنقاط التالية:

- تحسين كفاءة التنظير من حيث كشف جميع الآفات وتنبيه المنظر لوجودها لاتخاذ القرار المناسب حيالها، إلا أن جودة الذكاء الصنعي في كشف الآفات تعتمد على كفاءة المنظّر في إظهار أكبر قدر ممكن من المخاطيات.
- حديد طبيعة الآفات المشاهدة (خبيثة/سليمة مثلاً) ومساعدة المنظر في اتخاذ القرار الأنسب للتدبير إضافة لإمكانية الاستغناء عن الخزعات في بعض الحالات مما يوفر الوقت والكلفة. تشكل هذه الأنظمة المدمجة في وحدات التنظير إضافة هامة، إلا أن جدوى الكلفة الإضافية بحاجة لدراسة كما أنها لن تغني عن التدريب الجيد للمنظرين ولا عن خبرة المتمرسين، على الأقل في الوقت الحاضر. من المهم أن ندرك أنه على الرغم من أن الذكاء الصنعي لا يحل حالياً مكان الاستنتاج السريري البشري، إلا أنه يتمتع بمستقبل مشرق في تحسين رعاية المرضى.

المراجع:

1. **Okagawa Y، Abe S، Yamada M، Oda I، Saito Y. Artificial Intelligence in Endoscopy. Dig Dis Sci. 2022;67(5):1553-72.**
2. **Berzin TM، Topol EJ. Adding artificial intelligence to gastrointestinal endoscopy. Lancet. 2020;395(10223):485.**
3. **Hann A، Meining A .Artificial Intelligence in Endoscopy. Visc Med. 2021;37(6):471-5.**
4. **Misawa M، Kudo S-e، Mori Y، Hotta K، Ohtsuka K، Matsuda T، et al. Development of a computer-aided detection system for colonoscopy and a publicly accessible large colonoscopy video database (with video). Gastrointestinal Endoscopy. 2021;93(4):960-7.e3.**
5. **Zhu Y، Wang QC، Xu MD، Zhang Z، Cheng J، Zhong YS، et al. Application of convolutional neural network in the diagnosis of the invasion depth of gastric cancer based on conventional endoscopy. Gastrointest Endosc. 2019;89(4):806-15.e1.**
6. **Ni X، Ouyang W، Jeong H، Kim JT، Tzaveils A، Mirzazadeh A، et al. Automated، multiparametric monitoring of respiratory biomarkers and vital signs in clinical and home settings for COVID-19 patients. Proc Natl Acad Sci U S A. 2021;118.(١٩)**
7. **Chahal D، Byrne MF. A primer on artificial intelligence and its application to endoscopy. Gastrointest Endosc. 2020;92(4):813-20 e4.**
8. **Sharma P، Hassan C. Artificial Intelligence and Deep Learning for Upper Gastrointestinal Neoplasia. Gastroenterology. 2022;162(4):1056-66.**
9. **Sharma P، Savides TJ، Canto MI، Corley DA، Falk GW، Goldblum JR، et al. The American Society for Gastrointestinal Endoscopy PIVI (Preservation and Incorporation of Valuable Endoscopic Innovations) on imaging in Barrett's Esophagus. Gastrointestinal Endoscopy. 2012;76(2):252-4.**

and adenoma detection rates: a prospective randomised controlled study. Gut. 2019;68(10):1813-9.

21. **Spadaccini M، Iannone A، Maselli R، Badalamenti M، Desai M، Chandrasekar VT، et al. Computer-aided detection versus advanced imaging for detection of colorectal neoplasia: a systematic review and network meta-analysis. Lancet Gastroenterol Hepatol. 2021;6(10):793-802.**
22. **Wallace MB، Sharma P، Bhandari P، East J، Antonelli G، Lorenzetti R، et al. Impact of Artificial Intelligence on Miss Rate of Colorectal Neoplasia. Gastroenterology. 2022;163(1):295-304.e5.**
23. **Glissen Brown JR، Mansour NM، Wang P، Chuchuca MA، Minchenberg SB، Chandnani M، et al. Deep Learning Computer-aided Polyp Detection Reduces Adenoma Miss Rate: A United States Multi-center Randomized Tandem Colonoscopy Study (CADeT-CS Trial). Clin Gastroenterol Hepatol. 2022;20(7):1499-507.e4.**
24. **Kamba S، Tamai N، Saitoh I، Matsui H، Horiuchi H، Kobayashi M، et al. Reducing adenoma miss rate of colonoscopy assisted by artificial intelligence: a multicenter randomized controlled trial. J Gastroenterol. 2021;56(8):746-57.**
25. **Spadaccini M، Mönkemüller K. Commentary. Endoscopy. 2022;54(11):1124.**
26. **Hassan C، Mori Y، Sharma P، Spadaccini M، Repici A. Detrimental Detection of Advanced Lesions With AI: False Confidence or Prevalence Bias? Official journal of the American College of Gastroenterology | ACG. 2022;117(12):2088-9.**
27. **Repici A، Spadaccini M، Antonelli G، Correale L، Maselli R، Galtieri PA، et al. Artificial intelligence and colonoscopy experience: lessons from two randomised trials. Gut. 2022;71(4):757-65.**
28. **Chen P-J، Lin M-C، Lai M-J، Lin J-C، Lu HH-S، Tseng VS. Accurate Classification of Diminutive Colorectal Polyps Using Computer-Aided Analysis. Gastroenterology. 2018;154(3):568-75.**
29. **Byrne MF، Chapados N، Soudan F، Oertel C، Pérez ML، Kelly R، et al. Real-time differentiation of adenomatous and hyperplastic diminutive colorectal polyps during analysis of unaltered videos of standard colonoscopy using a deep learning model. Gut. 2019;68(1):94-100.**
30. **Real-Time Use of Artificial Intelligence in Identification of Diminutive Polyps During**
10. **Ebigbo A، Mendel R، Probst A، Manzeneder J، Jr LAdS، Papa JP، et al. Computer-aided diagnosis using deep learning in the evaluation of early oesophageal adenocarcinoma. Gut. 2019;68(7):1143-5.**
11. **Shimizu Y، Omori T، Yokoyama A، Yoshida T، Hirota J، Ono Y، et al. Endoscopic diagnosis of early squamous neoplasia of the esophagus with iodine staining: High-grade intra-epithelial neoplasia turns pink within a few minutes. Journal of Gastroenterology and Hepatology. 2008;23(4):546-50.**
12. **Muto M، Minashi K، Yano T، Saito Y، Oda I، Nonaka S، et al. Early detection of superficial squamous cell carcinoma in the head and neck region and esophagus by narrow band imaging: a multicenter randomized controlled trial. J Clin Oncol. 2010;28(9):1566-72.**
13. **Horie Y، Yoshio T، Aoyama K، Yoshimizu S، Horiuchi Y، Ishiyama A، et al. Diagnostic outcomes of esophageal cancer by artificial intelligence using convolutional neural networks .Gastrointestinal Endoscopy. 2019;89(1):25-32.**
14. **Menon S، Trudgill N. How commonly is upper gastrointestinal cancer missed at endoscopy? A meta-analysis. Endosc Int Open. 2014;2(02):E46-E50.**
15. **Van Cutsem E، Sagaert X، Topal B، Haustermans K، Prenen H .Gastric cancer. The Lancet. 2016;388(10060):2654-64.**
16. **Hirasawa T، Aoyama K، Tanimoto T، Ishihara S، Shichijo S، Ozawa T، et al. Application of artificial intelligence using a convolutional neural network for detecting gastric cancer in endoscopic images. Gastric Cancer. 2018;21(4):653-60.**
17. **Ishioka M، Hirasawa T، Tada T. Detecting gastric cancer from video images using convolutional neural networks. Dig Endosc. 2019;31(2):e34-e5.**
18. **Shi Y، Wei N، Wang K، Tao T، Yu F، Lv B. Diagnostic value of artificial intelligence-assisted endoscopy for chronic atrophic gastritis: a systematic review and meta-analysis. Front Med (Lausanne). 2023;10:1134980.**
19. **Spadaccini M، Massimi D، Mori Y، Alfarone L، Fugazza A، Maselli R، et al. Artificial Intelligence-Aided Endoscopy and Colorectal Cancer Screening. Diagnostics (Basel). 2023;13.(٦)**
20. **Wang P، Berzin TM، Brown JRG، Bharadwaj S، Becq A، Xiao X، et al. Real-time automatic detection system increases colonoscopic polyp**

41. **Chang Y، Wang Z، Sun HB، Li YQ، Tang TY. Artificial Intelligence in Inflammatory Bowel Disease Endoscopy: Advanced Development and New Horizons. Gastroenterol Res Pract. 2023;2023:3228832.**
42. **Leenhardt R، Vasseur P، Li C، Saurin JC، Rahmi G، Cholet F، et al. A neural network algorithm for detection of GI angiectasia during small-bowel capsule endoscopy. Gastrointestinal Endoscopy. 2019;89(1):189-94.**
43. **Aoki T، Yamada A، Aoyama K، Saito H، Tsuboi A، Nakada A، et al. Automatic detection of erosions and ulcerations in wireless capsule endoscopy images based on a deep convolutional neural network. Gastrointestinal Endoscopy. 2019;89(2):357-63.e2.**
44. **He JY، Wu X، Jiang YG، Peng Q، Jain R. Hookworm Detection in Wireless Capsule Endoscopy Images With Deep Learning. IEEE Transactions on Image Processing. 2018;27(5):2379-92.**
45. **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. Gastrointestinal Endoscopy. 2020;92(1):144-51.e1.**
46. **Yuan Y، Meng MQ-H. Deep learning for polyp recognition in wireless capsule endoscopy images. Medical Physics. 2017;44(4):1379-89.**
47. **Byrne MF، Donnellan F. Artificial intelligence and capsule endoscopy: Is the truly "smart" capsule nearly here? Gastrointestinal Endoscopy. 2019;89(1):195-7.**
48. **Bi WL، Hosny A، Schabath MB، Giger ML، Birkbak NJ، Mehrtash A، et al. Artificial intelligence in cancer imaging: Clinical challenges and applications. CA: A Cancer Journal for Clinicians. 2019;69(2):127-57.**
49. **Dumitrescu EA، Ungureanu BS، Cazacu IM، Florescu LM، Streba L، Croitoru VM، et al. Diagnostic Value of Artificial Intelligence-Assisted Endoscopic Ultrasound for Pancreatic Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. Diagnostics. 2022;12(2):309.**
50. **Hirai K، Kuwahara T، Furukawa K، Kakushima N، Furune S، Yamamoto H، et al. Artificial intelligence-based diagnosis of upper gastrointestinal subepithelial lesions on endoscopic ultrasonography images. Gastric Cancer. 2022;25(2):382-91.**
51. **Kröner PT، Engels MM، Glicksberg BS، Johnson KW، Mzaik O، van Hooft JE، et al. Artificial intelligence in gastroenterology: A state-of-the-Colonoscopy. Annals of Internal Medicine. 2018;169(6):357-66.**
31. **Neumann H، Kreft A، Sivanathan V، Rahman F، Galle PR. Evaluation of novel LCI CAD EYE system for real time detection of colon polyps. PLoS One. 2021;16(8):e0255955.**
32. **Hassan C، Balsamo G، Lorenzetti R، Zullo A، Antonelli G. Artificial Intelligence Allows Leaving-In-Situ Colorectal Polyps. Clin Gastroenterol Hepatol. 2022;20(11):2505-13.e4.**
33. **Rondonotti E، Hassan C، Tamanini G، Antonelli G، Andrisani G، Leonetti G، et al. Artificial intelligence-assisted optical diagnosis for the resect-and-discard strategy in clinical practice: the Artificial intelligence BLI Characterization (ABC) study. Endoscopy. 2023;55(1):14-22.**
34. **Hassan C، Sharma P، Mori Y، Bretthauer M، Rex DK، Repici A. Comparative Performance of Artificial Intelligence Optical Diagnosis Systems for Leaving in Situ Colorectal Polyps. Gastroenterology. 2023;164(3):467-9.e4.**
35. **de Lange T، Larsen S، Aabakken L. Inter-observer agreement in the assessment of endoscopic findings in ulcerative colitis. BMC Gastroenterology. 2004;4.**
36. **Ozawa T، Ishihara S، Fujishiro M، Saito H، Kumagai Y، Shichijo S، et al. Novel computer-assisted diagnosis system for endoscopic disease activity in patients with ulcerative colitis. Gastrointestinal Endoscopy. 2019;89(2):416-21.e1.**
37. **Stidham RW، Liu W، Bishu S، Rice MD، Higgins PDR، Zhu J، et al. Performance of a Deep Learning Model vs Human Reviewers in Grading Endoscopic Disease Severity of Patients With Ulcerative Colitis. JAMA Network Open. 2019;2(5):e193963-e.**
38. **Maeda Y، Kudo S-e، Mori Y، Misawa M، Ogata N، Sasanuma S، et al. Fully automated diagnostic system with artificial intelligence using endocytoscopy to identify the presence of histologic inflammation associated with ulcerative colitis (with video). Gastrointestinal Endoscopy. 2019;89(2):408-15.**
39. **Guerrero Vinsard D، Fetzer JR، Agrawal U، Singh J، Damani DN، Sivasubramaniam P، et al. Development of an artificial intelligence tool for detecting colorectal lesions in inflammatory bowel disease. iGIE. 2023;2(2):91-101.e6.**
40. **Spada C، Hassan C، Galmiche JP، Neuhaus H، Dumonceau JM، Adler S، et al. Colon capsule endoscopy: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline. Endoscopy. 2012;44(5):527-36.**

art review. World J Gastroenterol. 2021;27(40):6794-824.

التمويل: لا يوجد.

مساهمات المؤلفين: قام المؤلف بجميع الأعمال المتعلقة بالمخطوط.

تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أنه ليس لديهم أي مصالح متضاربة.

توافر البيانات والمواد: جميع البيانات متوفرة في النص الرئيس