



La D<sup>re</sup> Cathy Lu est gastro-entérologue et professeure adjointe à l'université de Calgary. Un programme conjoint de bourses spécialisé en MII lui a permis de poursuivre sa formation pendant deux ans à l'Université de l'Alberta et à l'Université de Calgary, dont une spécialisation en échographie intestinale. Elle est membre du comité opérationnel du consortium STAR (Stenosis, Therapy, and Anti-Fibrotic Research) et dirige le développement de l'indice échographique des sténoses de la maladie de Crohn. Elle a également été membre du comité scientifique d'IBUS (International Bowel Ultrasound Organization) et de l'Association canadienne de gastro-entérologie. D<sup>re</sup> Lu est actuellement coprésidente du comité scientifique d'US-CAN, le consortium des États-Unis et du Canada pour l'échographie intestinale. Ses recherches se concentrent principalement sur la maladie de Crohn fibrosténotique, l'échographie intestinale et la recherche translationnelle visant à identifier des biomarqueurs pour le diagnostic, la surveillance et la réponse au traitement des MII.

**Affiliations :** Division de gastro-entérologie et d'hépatologie, Université de Calgary, Calgary, Alberta

## LES DERNIERS PROGRÈS DE L'ÉCHOGRAPHIE INTESTINALE DANS LES MALADIES INFLAMMATOIRES DE L'INTESTIN

### Introduction

Le traitement des maladies inflammatoires de l'intestin (MII) est passé de la surveillance des symptômes cliniques à des mesures objectives ciblant la cicatrisation des muqueuses par imagerie endoscopique et radiologique. On sait parfaitement que les symptômes cliniques ne reflètent pas la gravité de la maladie. Une évaluation fréquente par imagerie radiologique est aujourd'hui le traitement standard. Même si les cibles radiographiques ne figurent pas dans les recommandations STRIDE-II (Selecting Therapeutic Targets in Inflammatory Bowel Disease) en tant que critère d'évaluation en raison de la « capacité limitée des traitements actuellement disponibles à obtenir une cicatrisation transmurale », on peut s'attendre à une évolution avec le temps, en particulier avec l'adoption de plus en plus large de l'échographie intestinale dans les études cliniques.<sup>1</sup> Présentement, l'imagerie est considérée comme une « évaluation adjuvante plutôt qu'une cible thérapeutique formelle ».<sup>1</sup>

Bien que l'endoscopie soit la technique standard de référence actuelle pour l'examen de l'intestin dans les MII, la faisabilité de ces examens effractifs répétés aux fins de surveillance est limitée. L'une des principales limitations de l'endoscopie dans le contexte des MII est son incapacité à évaluer l'étendue de l'atteinte transmurale et les complications périentériques de la maladie. De plus, dans la maladie de Crohn (MC), l'évaluation de l'étendue de l'atteinte proximale n'est pas possible lorsqu'un iléon sténosé ne peut être intubé. Par conséquent, la tomographie par ordinateur (TDM), l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et

l'échographie intestinale sont des modalités d'imagerie diagnostique précieuses pour la surveillance complète de l'étendue, de la gravité et de la progression de la maladie. Selon les études et les méta-analyses, l'échographie intestinale est aussi sensible et spécifique que la TDM et l'IRM pour le diagnostic et la surveillance de la MC.<sup>2,3</sup> En ce qui concerne l'activité de la maladie, elle s'avère très précise par rapport à l'endoscopie dans le diagnostic et la surveillance de la colite ulcéreuse (CU).<sup>4,5</sup> L'échographie intestinale est avantageuse en raison de sa précision, de son caractère non effractif et de la facilité à répéter l'examen qui est très bien toléré par les patients. Dans l'ensemble, l'échographie intestinale effectuée par les gastro-entérologues a révolutionné la capacité à visualiser l'inflammation et les complications dans l'intestin. Cet aperçu aborde la disponibilité de l'échographie intestinale, son utilisation actuelle dans la MC et la CU, et les orientations futures.

### Utilisation actuelle de l'échographie intestinale effectuée par les gastro-entérologues au Canada

#### A. L'échographie intestinale au Canada

Le service des MII de l'université de Calgary a été le premier en Amérique du Nord à créer une clinique innovante qui a recours à l'échographie intestinale au chevet des patients pour évaluer l'intestin en toute sécurité. Présentement, des cliniques gérées par des gastro-entérologues qui ont recours à l'échographie intestinale sont établies dans toutes les provinces

du Canada, à l'exception de trois. L'intérêt pour l'échographie intestinale croît rapidement dans le monde.

Les études évaluant les expériences et les préférences des patients atteints de MC en termes de surveillance de la maladie ont démontré à maintes reprises que les patients appréciaient l'accès à l'échographie intestinale pour diverses raisons, notamment la possibilité d'être informés sur la gravité de la maladie en temps réel et la meilleure participation aux prises de décision.<sup>6,7</sup> Grâce à la facilité avec laquelle les médecins l'utilisent pour examiner les patients, l'échographie intestinale est devenue une option routinière pour la surveillance et les examens d'imagerie en urgence. Il a été démontré que l'échographie intestinale utilisée par les gastro-entérologues pour une prise de décision en temps opportun permet de mieux maîtriser la maladie et de limiter les examens effractifs.<sup>8</sup>

## B. Formation à l'échographie intestinale

Le groupe IBUS (International Bowel Ultrasound Group), basé en Allemagne, a mis en place le seul programme de formation accrédité au monde pour la surveillance des MII par échographie intestinale. Au Canada, la majorité des gastro-entérologues ont été formés à l'échographie intestinale soit par des radiologues expérimentés dans cette technique, soit par IBUS. À l'heure actuelle, IBUS a certifié huit centres canadiens de formation à l'échographie intestinale des enfants et des adultes (Kelowna, Edmonton [enfants et adultes], Calgary [enfants et adultes], Saskatoon, Hamilton et Bridgewater). D'autres centres qui mettent ou ont déjà mis en place des programmes d'échographie intestinale sont notamment Vancouver, Lethbridge (Alberta), Grand Prairie (Alberta), Winnipeg, Toronto, London, Montréal, Sherbrooke et Halifax.

Plus récemment, des études ont évalué la précision de l'échographie intestinale effectuée par des gastro-entérologues compte tenu de leur expérience en échographie abdominale.<sup>9</sup> L'IBUS exige un minimum de 40 examens pour qu'un gastro-entérologue soit certifié pour ses compétences de base en échographie intestinale. Selon une étude menée par Bezzio et al., les stagiaires ayant une expérience limitée de l'échographie abdominale (moins de 50 examens) avaient besoin d'au moins 84 examens pour que leurs résultats, tels que la détection de l'augmentation de l'épaisseur de la paroi intestinale, concordent avec ceux de l'expert en échographie.<sup>9</sup> Pour atteindre un niveau de compétence avancé en échographie intestinale, un minimum de 97 examens est nécessaire pour parvenir à des résultats concordant avec ceux d'un expert en échographie dans l'identification des complications intra-abdominales.

## C. Application clinique de l'échographie intestinale et limitations

### Caractéristiques marquantes de l'activité de la MII

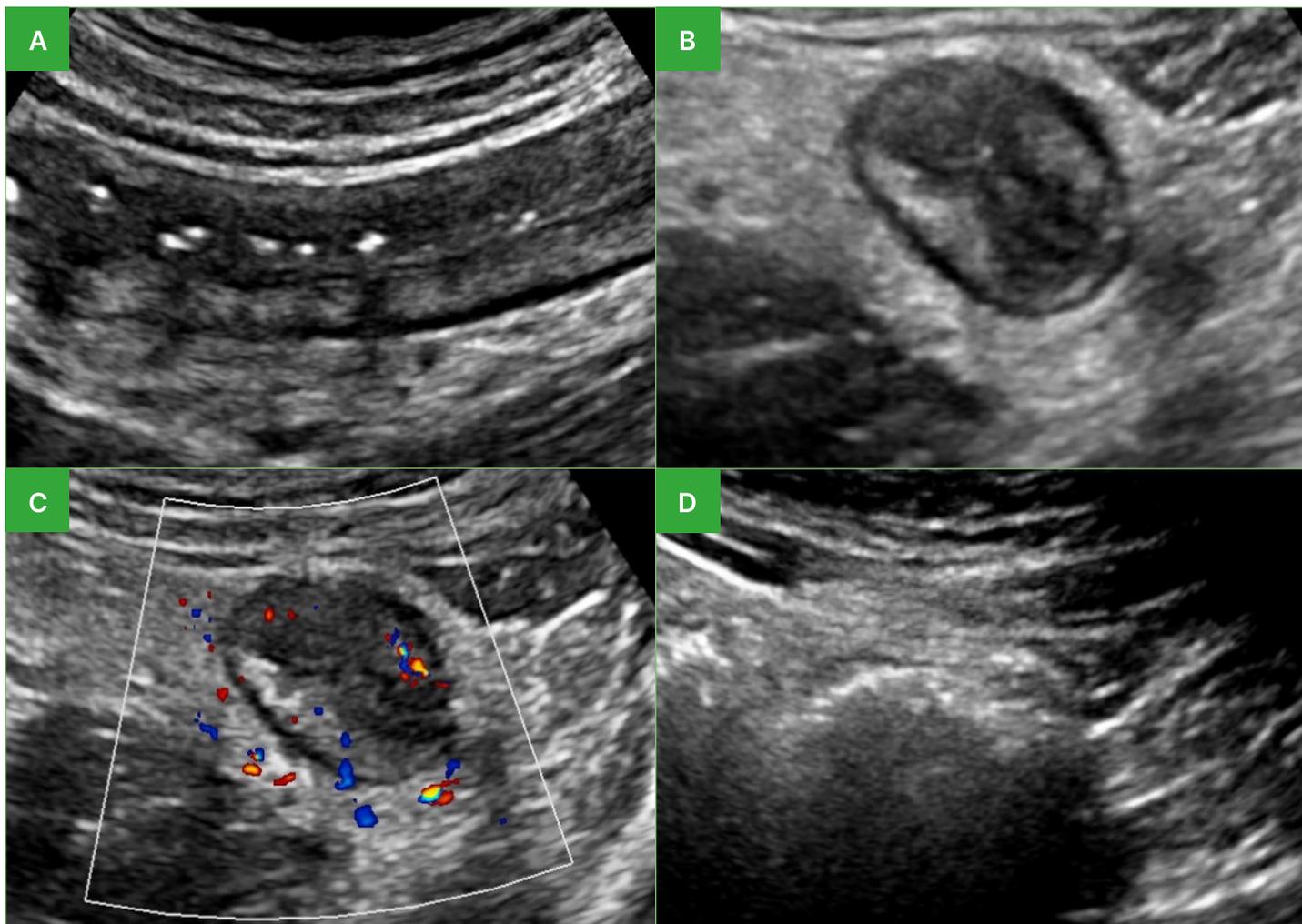
Quatre caractéristiques principales révélées par l'échographie intestinale permettent de classer l'activité de la MC et de la CU, notamment l'épaisseur de la paroi intestinale, le signal Doppler couleur (SDC), la présence de tissus adipeux inflammatoires et la perte de stratification de la paroi (**Tableau 1**). L'épaisseur de la paroi intestinale est la mesure objective la plus spécifique de l'activité inflammatoire, une épaisseur supérieure à 3 mm dans l'intestin grêle et le côlon indiquant une anomalie.<sup>10</sup> Une lymphadénopathie est l'un des autres paramètres d'activité complémentaires. Des indices de notation ont été conçus et le score IBUS-SAS

Paramètre d'échographie gastro-intestinale*	Seuils
Épaisseur de la paroi intestinale	> 3 mm
Signal Doppler couleur (hyperémie)**	<b>Score de Limberg modifié</b> 0- absent 1- petites taches (vaisseaux isolés) dans la paroi 2- longues taches éparses dans la paroi 3- longues taches éparses dans la paroi s'étendant à la mésentère
Graisse inflammatoire	Présent ou absent
Stratification de la paroi	Perte focale (< 3 cm) Perte étendue (>= 3 cm)

**Tableau 1.** Les quatre paramètres principaux de l'activité de la maladie inflammatoire de l'intestin à l'échographie intestinale. D'après Novak et al. J Crohns Colitis. 2021 Apr 6;15(4):609–16.

\* D'autres paramètres tels que les anomalies de la motilité, la lymphadénopathie, l'échogénicité de la sous-muqueuse, les mesures des sténoses et les complications de la maladie pénétrante interviennent également lors de l'évaluation de l'activité, mais ne sont pas inclus dans la notation formelle de l'activité par échographie intestinale.

\*\* Il existe d'autres systèmes de notation de l'hyperémie : score de Limberg et score international du signal Doppler couleur de l'échographie intestinale.



**Figure 1.** Homme de 21 ans ayant reçu un nouveau diagnostic de colite ulcéreuse du côté gauche. Perte d'hausturation normale du côlon descendant avec épaissement de l'intestin et perte de stratification en vue longitudinale A. Grande quantité de graisse inflammatoire visible sous forme de halo échogène (blanc) autour du côlon descendant en vue axiale B. Hyperémie de degré 3 selon le score de Limberg modifié avec signal vasculaire dans les parois intestinales et la graisse inflammatoire environnante C. Hausturation normale en vue transversale du côlon transverse sans atteinte de colite ulcéreuse chez le même patient; avec l'aimable autorisation de Cathy Lu, M.D., M.Sc.

(Segmental Activity Score) est l'un des outils qui intègre les quatre paramètres susmentionnés les plus utilisés.<sup>10</sup> L'interprétation en temps réel de ces paramètres, y compris les complications telles que les sténoses et la maladie pénétrante en cas de MC, et leur utilisation en clinique durant les exacerbations de CU, permettent une prise de décision immédiate et réduisent le besoin de recourir à d'autres modalités d'imagerie et à l'endoscopie. Des indices de notation validés pour la MC (Simple Ultrasound Score<sup>11</sup>) et la CU (critères échographiques de Milan<sup>12</sup> et UC-Ultrasound Index<sup>4,13</sup>) ont été établis par comparaison avec l'endoscopie. Toutefois, on ne dispose pas encore d'un indice parfaitement validé, fiable et adaptable à la surveillance de la réponse au traitement.

### Obstacles à la mise en œuvre

Bien que l'échographie intestinale ait une valeur considérable, il subsiste des obstacles à sa mise en œuvre. Tout d'abord, l'acquisition d'un appareil d'échographie intestinale dans un centre canadien représente un investissement financier de l'ordre

de 100 000 à 150 000 dollars canadiens. Les coûts supplémentaires liés aux contrats de services et d'entretien doivent également être pris en compte. Ensuite, les médecins qui souhaitent obtenir la certification du groupe IBUS doivent accomplir trois modules (module 1 : atelier pratique intensif d'introduction, module 2 : formation pratique de quatre semaines dans un centre de formation IBUS certifié, module 3 : atelier de perfectionnement et examen final). Ce processus est compétitif et les examens ne sont généralement proposés qu'une fois par an à l'occasion du congrès de l'ECCO (European Crohn's and Colitis Organization). La plupart des gastro-entérologues ne peuvent pas se permettre de quitter leur cabinet pendant 4 semaines consécutives, et la formation dure généralement une à deux semaines.

La formation dans les centres canadiens est organisée par IBUS, qui donne de préférence la priorité aux ressortissants canadiens. Troisièmement, une échographie intestinale effectuée par un gastro-entérologue lors d'une visite clinique nécessite généralement 10 à 15 minutes pour les examens simples et peut durer jusqu'à 30 minutes ou plus

pour les cas complexes tels que ceux présentant des complications périentériques, ou une atteinte de longs segments avec structure multifocale. Le temps alloué à l'évaluation de l'échographie intestinale, à l'acquisition des images et à la documentation peut jouer en faveur des centres universitaires en raison de l'absence de codes de rémunération et d'honoraires dans la majorité des centres canadiens. L'acquisition et le maintien des compétences en échographie intestinale sont également des domaines qui font actuellement l'objet d'études, notamment très souvent par comparaison avec l'endoscopie et l'échocardiographie.<sup>14,15</sup>

Les limitations de l'échographie intestinale incluent son incapacité, de même que la TDM et l'IRM, à détecter une maladie légère de la muqueuse, telle qu'un simple score endoscopique de 3 dans l'iléon ou un segment colique. La proctite est aussi souvent difficile à évaluer, car l'examen du rectum par échographie intestinale transabdominale peut être limité visuellement; dans ce cas, on privilégie généralement l'approche transpérinéale. De même, des structures très profondes de l'intestin peuvent être omises. La détection de l'atteinte proximale de la MC, par exemple dans le duodénum, peut également être limitée. L'obésité abdominale est considérée comme une limitation de l'échographie intestinale. Mais en fait, l'adiposité centrale peut n'entraver la visualisation de l'intestin que minimalement et le phénotype corporel ne prédit pas l'échec de l'échographie.<sup>16</sup> Une critique à l'égard de l'échographie est que la précision dépend de l'expérience de l'échographiste. La bonne reproductibilité des paramètres d'évaluation de l'épaisseur de l'intestin et des complications a fait l'objet d'une discussion entre des gastro-entérologues uniquement, et entre des gastro-entérologues et des radiologues de six centres de référence pour les MII.<sup>17,18</sup>

## Efficacité de l'échographie intestinale et comparaison avec d'autres modalités d'imagerie

L'échographie intestinale est comparable à l'entérographie par RM (ERM) pour le diagnostic de la MC avec une sensibilité de 94 %, une spécificité de 97 %, une valeur prédictive positive de 97 % et une valeur prédictive négative de 94 %.<sup>19</sup> En ce qui concerne la performance diagnostique de l'échographie intestinale pour la MC, elle est la plus élevée pour l'iléon, le sigmoïde et le côlon descendant; toutefois, une précision prédictive plus faible a été rapportée pour le duodénum, le jéjunum proximal et le rectum.<sup>20</sup>

Une étude prospective multicentrique déterminante, intitulée METRIC (de l'anglais, IRM entérographique ou ultrasonographie dans la maladie de Crohn), a été menée au Royaume-Uni. L'étude a évalué la précision diagnostique de l'ERM et de l'échographie intestinale pour déterminer l'étendue et l'activité de la MC nouvellement diagnostiquée et en rechute. Les résultats de cette étude ont confirmé que l'ERM et l'échographie intestinale sont toutes

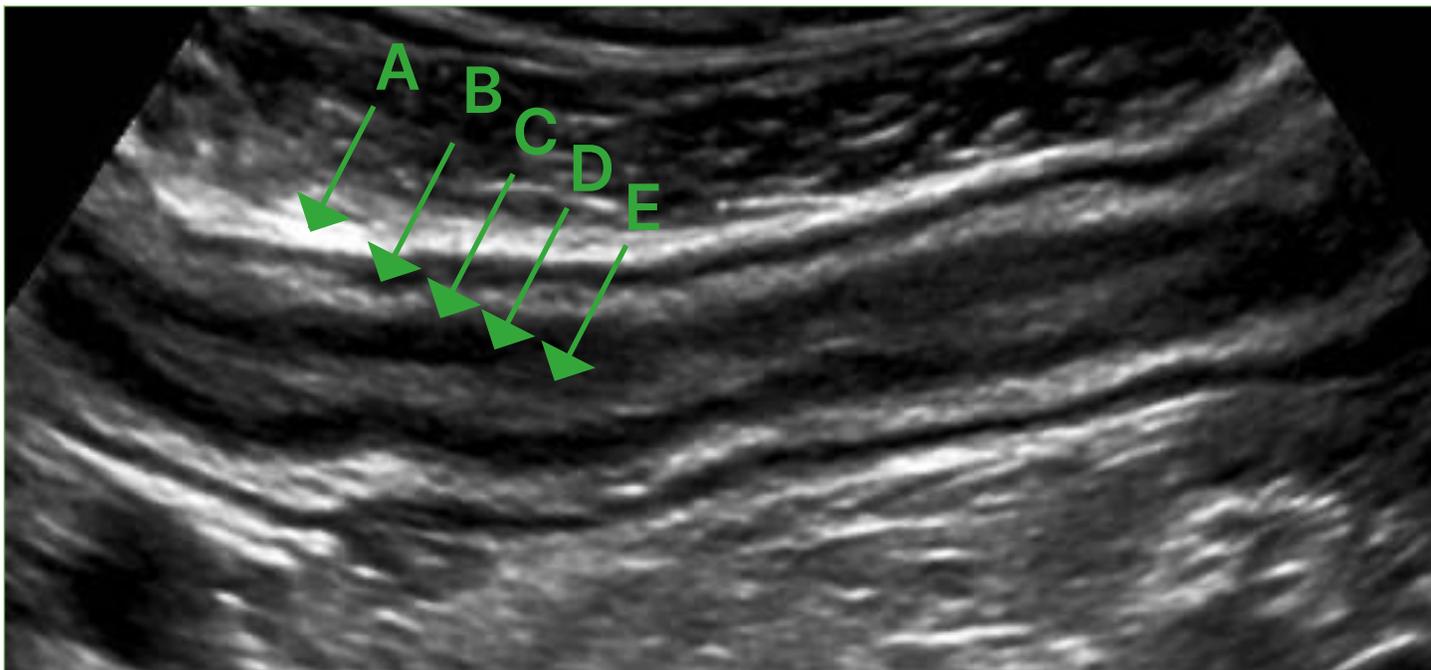
deux précises et présentent une sensibilité élevée pour détecter la MC dans l'iléon terminal, l'ERM ayant une sensibilité de 97 % (intervalle de confiance (IC) à 95 % de 91 à 99), et l'échographie intestinale une sensibilité de 91 % (IC à 95 % de 79 à 97).<sup>21</sup> Selon cette étude, la détection de la maladie colique sur les coupes transversales est plus difficile. Il n'y avait pas de différences significatives dans la détection de la maladie colique, la sensibilité étant de 64 % pour l'ERM et de 73 % pour l'échographie intestinale.<sup>21</sup> Dans l'ensemble, l'échographie intestinale est comparable à l'ERM et à l'entérographie par TDM (entéro-TDM) pour déterminer l'emplacement et l'activité de la MII.

Il est possible de prédire avec certitude la récurrence postopératoire de la MC lorsque l'échographie intestinale est associée au dosage de calprotectine fécale.<sup>22</sup> Le rôle de l'échographie intestinale dans le diagnostic de la récurrence postopératoire de la MC a été évalué dans de nombreuses études.<sup>23-27</sup> Plus précisément, une étude prospective menée récemment a montré qu'un épaississement de la paroi intestinale supérieur à 3 mm associé à la présence d'une lymphadénopathie et un taux de calprotectine fécale au-dessus de 50 mcg/g permettent une prédiction fiable de la récurrence endoscopique de la maladie, avec moins de 5 % de patients faisant l'objet d'un mauvais classement.<sup>22</sup> Globalement, les techniques non effractives telles que l'échographie intestinale et le dosage de la calprotectine fécale permettent une évaluation correcte de la MC après l'intervention chirurgicale, bien que des études ultérieures soient nécessaires pour déterminer si les modifications qui peuvent être apportées au traitement médical sans aucun besoin de l'endoscopie sont appropriées.

## Cicatrisation et réponse transmuraux; définitions sur TDM, IRM et échographie intestinale

Les concepts de cicatrisation transmurale, de rémission transmurale et de réponse transmurale évoluent et reposent actuellement sur un consensus d'experts. Toutefois, des études en cours travaillent à une validation prospective de ces termes. La recherche a montré que l'obtention d'un contrôle plus profond, surtout dans la MC, est associée à de meilleurs résultats à long terme, en particulier à des taux plus faibles d'interventions chirurgicales, d'hospitalisations et d'escalade des traitements.<sup>28,29</sup>

La cicatrisation transmurale fait référence à la cicatrisation de toutes les couches de l'intestin tant dans la MC que la CU, sachant que la CU ne concerne pas les couches situées au-delà de la surface de la muqueuse (**Figure 1**). Les définitions proposées de la réponse transmurale et de la rémission transmurale se rapportent à la TDM, l'IRM et l'échographie intestinale (**Tableau 1**).<sup>30</sup> Lors d'un examen systématique réalisé par Geyl et al, la rémission transmurale, peu importe la modalité, a été considérée comme une amélioration de la paroi intestinale jusqu'à une épaisseur inférieure à



**Figure 2.** Iléon terminal normal avec cinq couches pariétales en coupe longitudinale. Alternance des couches quant à l'échogénicité. A. séreuse, B. couche musculaire (hypoéchogène), C. sous-muqueuse (échogène), D. musculaire muqueuse (hypoéchogène), et E. interface de la muqueuse; avec l'aimable autorisation de Cathy Lu, M.D., M.Sc.

3 mm pour l'intestin grêle et une épaisseur inférieure à 4 mm pour le côlon.<sup>30</sup> Selon les auteurs, la définition de la rémission transmurale devrait tenir compte à la fois de l'imagerie pour l'évaluation de l'épaisseur totale et de l'évaluation endoscopique afin de confirmer la rémission transmurale. De plus, il s'est avéré que le moment optimal pour évaluer la cicatrisation transmurale se situe à la semaine 26 ou 52 pour la MC, et à la semaine 12 ou 14 pour la CU, sachant que la réponse sera plus rapide chez certains patients.

La réponse au traitement évaluée dans la MC est décrite comme une diminution de l'épaisseur de la paroi intestinale supérieure à 25 %, ou supérieure à 2,0 mm, ou encore supérieure à 1,0 mm avec réduction du grade du signal Doppler couleur.<sup>31</sup> La rémission transmurale est définie comme la normalisation de l'épaisseur de la paroi intestinale et la normalisation de tous les paramètres de l'échographie intestinale (augmentation de la circulation sanguine, perte de stratification de la paroi intestinale et graisse mésentérique inflammatoire).<sup>32</sup>

Pour la CU, les définitions de la rémission transmurale reposent sur une épaisseur de paroi intestinale fixée à un seuil inférieur à 3 mm pour le côlon et l'absence de tout signal Doppler couleur.<sup>31</sup> Les données sur la cicatrisation transmurale évoluent dans la CU, surtout depuis qu'il est admis que l'atteinte concerne des couches pariétales autres que la muqueuse interne. La colectomie dans la CU réfractaire est associée à un épaississement de la tunique musculaire et à une augmentation de la fibrose, tandis que la fibrose sous-muqueuse est liée à la gravité de l'inflammation intestinale.<sup>33</sup> Dans la mesure où la quantité de fibrose ou l'épaississement de la tunique musculaire ne peuvent pas être prédites

par les biopsies endoscopiques de la muqueuse<sup>33</sup>, l'échographie intestinale représente une excellente modalité pour mieux comprendre la composition du côlon et pour étudier les définitions de la rémission transmurale. L'échographie intestinale est la seule modalité d'imagerie capable de détecter les cinq couches distinctes de l'intestin (**Figure 2**). Par conséquent, les avantages offerts par l'échographie intestinale par rapport à la TDM et à l'IRM sont considérables, tant pour l'évaluation clinique que pour la recherche.

### **Données probantes actuelles concernant les traitements permettant la cicatrisation transmurale observée à l'échographie intestinale**

Les dernières données suggèrent que des traitements efficaces devraient permettre d'obtenir une rémission endoscopique et une amélioration transmurale. STARDUST, une étude contrôlée à répartition aléatoire portant sur une approche de traitement ciblé par l'ustékinumab dans la MC, a eu recours à l'échographie intestinale pour évaluer l'efficacité du traitement.<sup>32</sup> L'étude a montré la présence d'une réponse transmurale dès la quatrième semaine après le début du traitement, 46,3 % des patients présentant une réponse progressive à l'échographie intestinale et 24,1 % ayant obtenu une rémission transmurale à la semaine 48.<sup>32</sup>

Une étude prospective ayant évalué les patients par échographie intestinale au départ et à 6 mois a montré que la cicatrisation transmurale peut prédire des résultats à long terme plus favorables que ceux de la



**Figure 3.** Vue longitudinale d'une sténose de l'iléon néo-terminal avec une épaisseur de paroi intestinale de 8,9 mm, une apposition lumineuse de 1,1 mm et une dilatation présténotique de 4,5 cm; avec l'aimable autorisation de Cathy Lu, M.D., M.Sc.

cicatrisation muqueuse dans la MC après un nouveau suivi d'au moins 12 mois suivant l'instauration d'un nouveau médicament.<sup>34</sup> Par ailleurs, 32 % des patients présentaient une cicatrisation transmurale (épaisseur de la paroi intestinale inférieure à 3 mm avec normalisation de la stratification, absence d'hypervascularisation, de graisse inflammatoire et d'abcès/fistule) tandis que 40 % présentaient une cicatrisation de la muqueuse; il y avait peu de corrélation entre les deux paramètres ( $\kappa$  de Cohen = 0,387;  $p < 0,05$ ).<sup>34</sup> La cicatrisation transmurale était un facteur prédictif indépendant de la rémission sans besoin de stéroïdes, du besoin moindre d'augmenter les médicaments et du nombre d'hospitalisations.<sup>34</sup>

Dans la Cu, une étude de cohorte prospective menée récemment (2022) a démontré la précision de l'échographie intestinale pour déterminer la réponse endoscopique et la rémission chez les patients atteints de CU modérée à grave ayant commencé un traitement par tofacitinib.<sup>5</sup> Les patients ont été évalués par échographie intestinale et endoscopie au début de l'étude et à la semaine 8. Une épaisseur de la paroi intestinale de 2,8 mm (aire sous la courbe [ASC] de 0,87) correspondait à la rémission endoscopique (score endoscopique de Mayo et indice histopathologique de Robarts), et une diminution de 32 % (ASC de 0,87) a permis de détecter une réponse endoscopique.<sup>5</sup>

Une étude menée récemment (2022) a été la première à prédire la progression de la CU à l'aide des critères échographiques de Milan (MUC), qui sont un score validé de la réponse transmurale évaluée par échographie intestinale. Les résultats de l'étude suggèrent qu'une évaluation initiale de la réponse transmurale au moyen du score MUC pourrait prédire une évolution négative de la maladie, une hospitalisation et une colectomie.<sup>35</sup>

Bien qu'une meilleure maîtrise de la maladie sous la forme d'une cicatrisation transmurale puisse être optimale, les points suivants soulèvent encore des questions : le moment approprié de la cicatrisation transmurale; les plages acceptables de cicatrisation, certains patients présentant une cicatrisation plus lente; le degré d'importance d'une amélioration globale de l'épaisseur de la paroi intestinale ainsi que de l'épaisseur résiduelle de certaines couches, telles que la sous-muqueuse; et le degré de différence entre la cicatrisation transmurale de l'intestin grêle et celle du côlon. Un domaine d'intérêt est en outre de comprendre si un remodelage et une cicatrisation transmurale des sténoses est possible. Le premier agent antifibrotique, Agomab-129, est actuellement disponible au Canada pour la maladie de Crohn et est évalué dans le cadre d'une étude clinique mondiale de phase 2a. Généralement, l'épaisseur de la paroi intestinale est le paramètre le plus fréquemment évoqué pour évaluer la cicatrisation transmurale. Il est nécessaire de mener des recherches ultérieures pour établir des définitions normalisées et validées de la cicatrisation transmurale en imagerie diagnostique afin de mieux comprendre l'impact réel sur la maîtrise de la maladie des patients.

## Les frontières futures de l'échographie intestinale

### A. Intelligence artificielle

Le domaine de l'intelligence artificielle se développe rapidement dans tous les types d'imagerie transversale. Dans le domaine de l'échographie intestinale, des modèles d'apprentissage automatique ont été validés pour distinguer sur les images d'échographie intestinale une paroi intestinale normale

et un épaississement de la paroi intestinale, qui est le meilleur paramètre de substitution pour évaluer la maladie active et l'inflammation.<sup>36</sup> Un ensemble de données de 1 008 images (50 % d'images anormales, 50 % d'images normales) a été utilisé pour entraîner ce module d'apprentissage automatique. Le modèle a démontré un niveau élevé de précision, de sensibilité et de spécificité pour la détection de l'épaississement de la paroi intestinale, soit 90,1 %, 86,4 % et 94 %, respectivement. De plus, le réseau présentait une aire moyenne sous la courbe des caractéristiques de fonctionnement du récepteur de 0,9777.<sup>36</sup>

## B. Orientations futures et progrès de l'échographie intestinale dans les complications de la MC

L'échographie intestinale permet de détecter facilement les altérations morphologiques des sténoses de la MC (**Figure 3**). Un consensus d'experts a utilisé l'entéro-TDM et l'ERM afin d'élaborer des définitions, des diagnostics et des objectifs thérapeutiques pour les traitements antifibrotiques des sténoses dans la MC.<sup>37</sup> Les trois paramètres principaux des sténoses de l'intestin grêle sur les images TDM et IRM sont l'épaisseur de la paroi intestinale, l'apposition luminale et le diamètre présténotique. Récemment, le consortium STAR (Stenosis Therapy and Anti-Fibrotic Therapy) a évalué ces mêmes paramètres pour l'échographie intestinale dans le cadre d'un consensus international utilisant la méthode RAND/UCLA (Université de Californie Los Angeles) modifiée. Ces déclarations aboutiront prochainement à l'élaboration d'un indice d'échographie intestinale en vue de la validation et de l'utilisation dans les études cliniques.

Un nouveau domaine d'intérêt dans la MC fibrosténotique est la relation entre les paramètres de l'échographie intestinale et chaque couche intestinale individuelle en comparaison avec l'histopathologie obtenue à partir d'échantillons de résection d'intestin grêle.<sup>38,39</sup> Étant donné que les sténoses contiennent des degrés variables d'inflammation et de fibrose, la compréhension de la corrélation des images avec la composition de la sténose peut être utile pour évaluer chez qui une résection peut être le plus avantageuse. Des études ont montré que les résultats distincts de l'échographie intestinale, tels que la luminosité et l'échogénéicité de la couche sous-muqueuse<sup>39</sup>, l'épaisseur de la couche muqueuse<sup>39</sup> et les spicules de la sous-muqueuse s'étendant vers le mésentère, sont associés à la fibrose dans les sténoses de l'intestin grêle dues à la MC.<sup>38</sup>

En ce qui concerne les complications périentériques, un examen systématique récent a analysé 60 des 1 498 études recensées et a démontré la précision de l'échographie intestinale pour diagnostiquer les masses inflammatoires et les fistules avec une sensibilité de 0,90 et 0,87, respectivement, avec une spécificité de 0,67 et 0,95, respectivement.<sup>40</sup>

## Conclusions

Dans les MII, des mesures précises de l'inflammation effectuées en temps opportun durant un suivi de routine sont essentielles pour éclairer la prise de décision clinique et s'assurer que les patients atteignent les objectifs thérapeutiques. L'échographie intestinale fournit aux médecins des renseignements pertinents sur la structure et la fonction de l'intestin, dont la motilité intestinale, tandis que pour le patient, elle représente un autre moyen sûr et centré sur lui qui permet de le suivre dans la pratique clinique courante. L'échographie intestinale évolue rapidement dans plusieurs domaines, notamment dans la mise au point d'indices validés, la compréhension de son utilisation dans la cicatrisation transmurale et la réponse au traitement, sa corrélation avec l'histopathologie, son intégration à l'intelligence artificielle, et son rôle croissant dans la formation et l'éducation. À l'heure actuelle, l'échographie intestinale joue un rôle majeur et fait l'objet d'une interprétation centralisée, similaire à l'endoscopie, dans le cadre d'études internationales multicentriques sur des traitements biologiques et des petites molécules, approuvés ou non. Ces éléments augurent un avenir à la fois passionnant et incroyablement prometteur pour l'échographie intestinale.

### Principaux points à retenir :

1. L'échographie intestinale réalisée par un gastro-entérologue améliore les connaissances des patients sur leur maladie et fournit des mesures précises en temps réel sur l'activité de la MII.
2. Il existe des systèmes de notation validés de l'échographie intestinale pour la CU et la MC.
3. L'utilisation de l'échographie intestinale se répand rapidement au Canada et aux États-Unis, car de plus en plus de gastro-entérologues suivent une formation et obtiennent une certification dans ce domaine.
4. L'échographie intestinale permet une évaluation reproductible et répétable de l'activité de la MII et de la réponse au traitement au chevet du patient. Son utilisation s'est à présent étendue aux études cliniques.

### Coordonnées :

Cathy Lu, M.D., M.Sc.  
Courriel : luc@ucalgary.ca

## Divulgateion de renseignements financiers :

**Cathy Lu : Honoraires de conférencière :** Abbvie, Janssen et Fresenius Kabi. **Honoraires du conseil consultatif :** AbbVie, Celltrion, Janssen, Lilly, Pfizer, Takeda, Fresenius Kabi, Pendopharm, et Ferring.

## Références :

1. Turner D, Ricciuto A, Lewis A, D'Amico F, Dhaliwal J, Griffiths AM, et al. STRIDE-III: An Update on the Selecting Therapeutic Targets in Inflammatory Bowel Disease (STRIDE) Initiative of the International Organization for the Study of IBD (IOIBD): Determining Therapeutic Goals for Treat-to-Target strategies in IBD. *Gastroenterology*. 2021 Apr 1;160(5):1570-83.
2. Horsthuis K, Bipat S, Bennink RJ, Stoker J. Inflammatory bowel disease diagnosed with US, MR, scintigraphy, and CT: meta-analysis of prospective studies. *Radiology*. 2008 Apr;247(1):64-79.
3. Panés J, Bouzas R, Chaparro M, García-Sánchez V, Gisbert JP, Martínez de Guereñu B, et al. Systematic review: the use of ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging for the diagnosis, assessment of activity and abdominal complications of Crohn's disease. *Aliment Pharmacol Ther*. 2011;34(2):125-45.
4. Bots S, Nylund K, Löwenberg M, Gecse K, D'Haens G. Intestinal Ultrasound to Assess Disease Activity in Ulcerative Colitis: Development of a novel UC-Ultrasound Index. *J Crohns Colitis*. 2021 Jan 7;15(8):1264-71.
5. de Voogd F, van Wassenae EA, Mookhoek A, Bots S, van Genneep S, Löwenberg M, et al. Intestinal Ultrasound Is Accurate to Determine Endoscopic Response and Remission in Patients With Moderate to Severe Ulcerative Colitis: A Longitudinal Prospective Cohort Study. *Gastroenterology*. 2022 Dec 1;163(6):1569-81.
6. Miles A, Bhatnagar G, Halligan S, Gupta A, Tolan D, Zealley I, et al. Magnetic resonance enterography, small bowel ultrasound and colonoscopy to diagnose and stage Crohn's disease: patient acceptability and perceived burden. *Eur Radiol*. 2019 Mar;29(3):1083-93.
7. Rohatinsky N, Zelinsky S, Dolinger M, Christensen B, Wilkens R, Radford S, et al. Crohn's Disease Patient Experiences and Preferences With Disease Monitoring: An International Qualitative Study. *Crohns Colitis* 360. 2023 Apr 1;5(2):otad012.
8. St-Pierre J, Delisle M, Kheirkhahrahimabadi H, Goodsall TM, Bryant RV, Christensen B, et al. Bedside Intestinal Ultrasound Performed in an Inflammatory Bowel Disease Urgent Assessment Clinic Improves Clinical Decision-Making and Resource Utilization. *Crohns Colitis* 360. 2023 Oct 1;5(4):otad050.
9. Bezzio C, Saibeni S, Venero M, Furfaro F, Monteleone M, Ribaldone D, et al. The learning curve for using intestinal ultrasonography. *Dig Liver Dis Off J Ital Soc Gastroenterol Ital Assoc Study Liver*. 2024 Feb 5;S1590-8658(24)00222-6.
10. Novak KL, Nylund K, Maaser C, Petersen F, Kucharzik T, Lu C, et al. Expert Consensus on Optimal Acquisition and Development of the International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score [IBUS-SAS]: A Reliability and Inter-rater Variability Study on Intestinal Ultrasonography in Crohn's Disease. *J Crohns Colitis*. 2021 Apr 6;15(4):609-16.
11. Ripollés T, Poza J, Suarez Ferrer C, Martínez-Pérez MJ, Martín-Algibez A, de Las Heras Paez B. Evaluation of Crohn's Disease Activity: Development of an Ultrasound Score in a Multicenter Study. *Inflamm Bowel Dis*. 2021 Jan 1;27(1):145-54.
12. Allocca M, Fiorino G, Bonovas S, Furfaro F, Gilardi D, Argollo M, et al. Accuracy of Humanitas Ultrasound Criteria in Assessing Disease Activity and Severity in Ulcerative Colitis: A Prospective Study. *J Crohns Colitis*. 2018 Nov 28;12(12):1385-91.
13. Sævik F, Eriksen R, Eide GE, Gilja OH, Nylund K. Development and Validation of a Simple Ultrasound Activity Score for Crohn's Disease. *J Crohns Colitis*. 2021 Jan 13;15(1):115-24.
14. Dubé C, Rostom A. Acquiring and maintaining competency in gastrointestinal endoscopy. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2016 Jun;30(3):339-47.
15. Burwash IG, Basmadjian A, Bewick D, Choy JB, Cujec B, Jassal DS, et al. 2010 Canadian Cardiovascular Society/Canadian Society of Echocardiography Guidelines for Training and Maintenance of Competency in Adult Echocardiography. *Can J Cardiol*. 2011;27(6):862-4.
16. Novak KL, Wilson SR. Sonography for surveillance of patients with Crohn disease. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med*. 2012 Aug;31(8):1147-52.
17. Fraquelli M, Sarno A, Girelli C, Laudi C, Buscarini E, Villa C, et al. Reproducibility of bowel ultrasonography in the evaluation of Crohn's disease. *Dig Liver Dis*. 2008 Nov;40(11):860-6.
18. Calabrese E, Kucharzik T, Maaser C, Maconi G, Strobel D, Wilson SR, et al. Real-time Interobserver Agreement in Bowel Ultrasonography for Diagnostic Assessment in Patients With Crohn's Disease: An International Multicenter Study. *Inflamm Bowel Dis*. 2018;24(9 PG-2001-2006):2001-6.
19. Castiglione F, Mainenti PP, De Palma GD, Testa A, Bucci L, Pesce G, et al. Noninvasive diagnosis of small bowel Crohn's disease: direct comparison of bowel sonography and magnetic resonance enterography. *Inflamm Bowel Dis*. 2013 Apr;19(5):991-8.
20. Parente F, Greco S, Molteni M, Cucino C, Maconi G, Sampietro GM, et al. Role of early ultrasound in detecting inflammatory intestinal disorders and identifying their anatomical location within the bowel. *Aliment Pharmacol Ther*. 2003 Nov 15;18(10):1009-16.
21. Taylor SA, Mallett S, Bhatnagar G, Baldwin-Cleland R, Bloom S, Gupta A, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance enterography and small bowel ultrasound for the extent and activity of newly diagnosed and relapsed Crohn's disease (METRIC): a multicentre trial. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2018 Aug;3(8):548-58.
22. Furfaro F, D'Amico F, Zilli A, Craviotto V, Aratari A, Bezzio C, et al. Noninvasive Assessment of Postoperative Disease Recurrence in Crohn's Disease: A Multicenter, Prospective Cohort Study on Behalf of the Italian Group for Inflammatory Bowel Disease. *Clin Gastroenterol Hepatol Off Clin Pract J Am Gastroenterol Assoc*. 2023 Nov;21(12):3143-51.
23. Yung DE, Har-Noy O, Tham YS, Ben-Horin S, Eliakim R, Koulaouzidis A, et al. Capsule Endoscopy, Magnetic Resonance Enterography, and Small Bowel Ultrasound for Evaluation of Postoperative Recurrence in Crohn's Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Inflamm Bowel Dis*. 2018 Jan 1;24(1):93-100.
24. Andreoli A, Cerro P, Falasco G, Giglio LA, Prantera C. Role of ultrasonography in the diagnosis of postsurgical recurrence of Crohn's disease. *Am J Gastroenterol*. 1998 Jul;93(7):1117-21.
25. Rispo A, Bucci L, Pesce G, Sabbatini F, de Palma GD, Grassia R, et al. Bowel sonography for the diagnosis and grading of postsurgical recurrence of Crohn's disease. *Inflamm Bowel Dis*. 2006 Jun 1;12(6):486-90.
26. Parente F, Sampietro GM, Molteni M, Greco S, Anderloni A, Sposito C, et al. Behaviour of the bowel wall during the first year after surgery is a strong predictor of symptomatic recurrence of Crohn's disease: a prospective study. *Aliment Pharmacol Ther*. 2004 Nov 1;20(9):959-68.
27. Maconi G, Sampietro GM, Cristaldi M, Danelli PG, Russo A, Bianchi Porro G, et al. Preoperative characteristics and postoperative behavior of bowel wall on risk of recurrence after conservative surgery in Crohn's disease: a prospective study. *Ann Surg*. 2001 Mar;233(3):345-52.
28. Fernandes SR, Rodrigues RV, Bernardo S, Cortez-Pinto J, Rosa I, da Silva JP, et al. Transmural Healing Is Associated with Improved Long-term Outcomes of Patients with Crohn's Disease. *Inflamm Bowel Dis*. 2017 Aug;23(8):1403-9.
29. Fernandes SR, Serrazina J, Botto IA, Leal T, Guimarães A, Garcia JL, et al. Transmural remission improves clinical outcomes up to 5 years in Crohn's disease. *United Eur Gastroenterol J*. 2022 Dec 27;11(1):51-9.
30. Geyl S, Guillo L, Laurent V, D'Amico F, Danese S, Peyrin-Biroulet L. Transmural healing as a therapeutic goal in Crohn's disease: a systematic review. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2021 Aug 1;6(8):659-67.
31. Ilvemark JFKF, Hansen T, Goodsall TM, Seidelin JB, Al-Farhan H, Allocca M, et al. Defining Transabdominal Intestinal Ultrasound Treatment Response and Remission in Inflammatory Bowel Disease: Systematic Review and Expert Consensus Statement. *J Crohns Colitis*. 2022 May 10;16(4):554-80.
32. Kucharzik T, Wilkens R, D'Agostino MA, Maconi G, Le Bars M, Lahaye M, et al. Early Ultrasound Response and Progressive Transmural Remission After Treatment With Ustekinumab in Crohn's Disease. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2023 Jan 1;21(1):153-163.e12.
33. Gordon IO, Agrawal N, Willis E, Goldblum JR, Lopez R, Allende D, et al. Fibrosis in Ulcerative Colitis is Directly Linked to Severity and Chronicity of Mucosal Inflammation. *Aliment Pharmacol Ther*. 2018 Apr;47(7):922-39.
34. Ma L, Li W, Zhuang N, Yang H, Liu W, Zhou W, et al. Comparison of transmural healing and mucosal healing as predictors of positive long-term outcomes in Crohn's disease. *Ther Adv Gastroenterol*. 2021;14:1-11.
35. Allocca M, Dell'Avale C, Craviotto V, Furfaro F, Zilli A, D'Amico F, et al. Predictive value of Milan ultrasound criteria in ulcerative colitis: A prospective observational cohort study. *United Eur Gastroenterol J*. 2022 Mar;10(2):190-7.
36. Carter D, Alshesh A, Shimon C, Segal B, Yershov A, Kopylov U, et al. Automated Detection of Crohn's Disease in Intestinal Ultrasound Using Convolutional Neural Network. *Inflamm Bowel Dis*. 2023 Dec 1;29(12):1901-6.
37. Rieder F, Bettenworth D, Ma C, Parker CE, Williamson LA, Nelson SA, et al. An expert consensus to standardise definitions, diagnosis and treatment targets for anti-fibrotic stricture therapies in Crohn's disease. *Aliment Pharmacol Ther*. 2018 Aug;48(3):347-57.
38. Allocca M, Dal Buono A, D'Alessio S, Spaggiari P, Garlatti V, Spinelli A, et al. Relationships Between Intestinal Ultrasound Parameters and Histopathologic Findings in a Prospective Cohort of Patients With Crohn's Disease Undergoing Surgery. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med*. 2023 Aug;42(8):1717-28.
39. Bhatnagar G, Rodriguez-Justo M, Higginson A, Bassett P, Windsor A, Cohen R, et al. Inflammation and fibrosis in Crohn's disease: location-matched histological correlation of small bowel ultrasound features. *Abdom Radiol N Y*. 2021 Jan;46(1):144-55.
40. Pruijt MJ, de Voogd FAE, Montazeri NSM, van Etten-Jamaludin FS, D'Haens GR, Gecse KB. Diagnostic Accuracy of Intestinal Ultrasound in the Detection of Intra-Abdominal Complications in Crohn's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Crohns Colitis*. 2024 Jan 4;jjad215.