

The logo for EFSUMB (European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology) is located in the top left corner. It features the acronym 'EFSUMB' in a bold, blue, sans-serif font. Below the acronym, the full name 'European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology' is written in a smaller, blue font. To the right of the text is a stylized graphic of concentric blue arcs, resembling sound waves or an ultrasound beam, with a blue caduceus symbol integrated into the design.

EFSUMB

European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology

CHINESE TRANSLATION

EFSUMB 教科书，第二版

编辑： Christoph F. Dietrich

胃肠道功能超声

Odd Helge Gilja¹, Barbara Braden², Fabio Piscaglia³, Christoph F. Dietrich⁴

中文翻译与校对：黄韵琳⁵, 董怡⁵, 梁萍⁶

¹ Haukeland University Hospital, Norway; ²John Radcliffe Hospital Oxford, UK; ³University of Bologna, Italy; ⁴Johann Wolfgang Goethe University Frankfurt, Germany; ⁵上海交通大学医学院附属新华医院超声科, 上海, 中国; ⁶中国人民解放军总医院介入超声科, 北京, 中国

通讯作者：

Odd Helge Gilja, 教授, M.D., Ph.D

National Centre for Ultrasound in Gastroenterology

Department of Medicine, Haukeland University Hospital, N-5021 BERGEN, NORWAY

电话: +47 55972133

传真: +47 55972950

电子邮件: Odd.Gilja@uib.no

引言

超声是一种不可或缺且无创的检查方法，应用广泛于腹腔脏器，可用于观察胆胰管和胃肠道的正常和病理解剖结构^[1]。形态学的研究往往最受关注，而通常忽略了对功能过程和紊乱的研究。

相较于其他成像方法，超声可提供更多信息，可实时、动态观察的优势^[2]。与传统的用于解剖结构和器官形态的成像技术不同，功能超声成像（functional ultrasonography, f-US）旨在用于器官功能成的像和评估^[1]。例如，f-US 可提供有关运动、生物力学、血流、灌注、蠕动、器官充盈和排空的信息^[3]。与其他成像方法（CT、MRI 和 PET）相比，超声具有最高的时间分辨率，空间分辨率亦较高。由于超声的潜能尚未被完全挖掘，EFSUMB 特别工作组成立，旨在发布胃肠道超声（gastrointestinal ultrasound, GIUS）指南^[2]。

由于超声的无创和可重复性高的特点，有助于研究个体内部变异度高的功能过程。此外，超声的无辐射、应用广泛且价格低廉的优点，最适合用于功能研究。

本章概述了功能超声在评估胃肠道和腹腔脏器功能方面的临床应用和价值。

胃肠道功能超声检查

舌的功能超声

将超声探头置于下颌下方，可在说话和吞咽的情况下实时观察舌头的运动^[3]，该方法已被用于癌症部分舌切除术后吞咽困难和吞咽困难康复的监测^[4, 5]、中风患者的语言和吞咽困难训练，以及儿童语言障碍^[6, 7]。

将超声探头置于下颌下方的纵轴上，可观察下颌骨和舌骨的背面。颏下的超声检查可测量舌骨位移，即与下颌骨距离的变化；舌骨位移较弱与咽残留量有关^[8]。舌骨移位和喉部抬高是吞咽过程中保护呼吸道的重要过程。舌骨的前移（与下颌骨的距离缩短）和喉与舌骨的贴近启动了会厌的喉部抬高和向下折叠。

颏下功能超声能实时显示正常食物的团状运输。它能可靠地测量咽部阶段的舌骨位移，并能评估舌头厚度的变化。舌骨移位小于 15 mm 和舌厚度变化小于 10 mm 表明吞咽功能较差，有误吸的风险^[9-14]。

食管功能超声波

对于大多数患者而言，超声可显示食管的颈段和远端，实时检查食管解剖结构，适用于吞咽困难、胃食管反流病和运动障碍（如硬皮病、帕金森病和其他功能障碍原因）的患者。

食管颈段

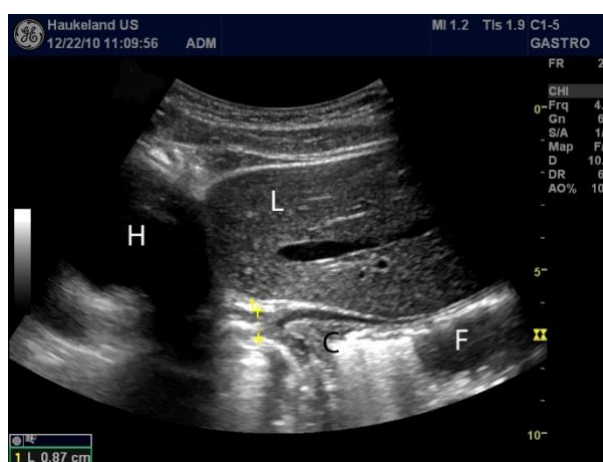
几乎所有患者的食管颈段位于气管左侧。于甲状腺左叶下极，在吞咽时将探头置于食管上方则有助于识别。超声可在吞咽过程中实时观察食管运动。

食道远端

滑动性食管裂孔疝

以左肝作为透声窗，嘱患者深吸气的同时将探头向头端倾斜，可从上腹部观察到横膈膜水平 4-5 cm 处的食管远端（图 1）。

图 1 以肝脏(L)作为透声窗，超声声像图显示食道下部(黄色标记之间)和贲门(C)。图像左侧为心脏(H)，右下方为胃底(F)。



转动探头与主动脉长轴平行后，可见位于膈肌上、下方的食管纵切面；贲门

处的食管裂孔疝可在主动脉腹侧显示。于胃食管交界处，超声检查可用于确认或排除（大的）滑动性食管裂孔疝。已有研究对儿童食管裂孔疝进行超声评估，其诊断效能与钡餐检查相当，甚至优于钡餐检查^[8, 9]。如超声无法显示胃食管交界处，则疝的大小可能超过 16-20 mm^[10]。

可重复性是超声的优势之一，同时还可实时显示摄入的食物。除了功能评估外，超声检查还可显示胃食管交界处的解剖和形态。食管裂孔疝超声评估的不足是耗时和需要视频记录。由于有其他替代方法，超声检查在成人中并不适用。然而，对于儿童的胃食管交界处的超声评估，则尤为重要；对于 5 岁以下儿童，超声检查是首选方法^[11, 12]。

胃食管反流病 (*Gastroesophageal reflux disease, GERD*)

诊断胃食管反流病的标准技术是食管胃十二指肠镜检查 and 24 小时 pH 值测定法，后者大多与压力测定法联合应用。摄入硫酸钡悬浮液作为造影剂后进行透视成像，可在吞咽过程中进行成像检查，吞钡后可见液体造影剂从胃反流回食道。Naik 和 Moore^[13]提出了使用超声检查胃食管反流病。随后，该方法得到了延伸^[15]，还应用了超声造影^[16]。食管超声表现为高容量流质食物的反流增加（与低容量相比）^[15]。另有学者认为，经腹超声亦可作为诊断胃食管反流病的有效方法^[16]。

胃功能超声

胃超声检查可用于检测和研究人的胃壁结构性疾病^[17-19]，还可观察胃的运动功能，提供有关空腹和餐后胃运动的定量和定性信息。超声检查具有安全、无创、无辐射和方便的优点^[3]。然而，胃功能超声的缺点在于，由于肥胖、肠道气体和胃切除术等原因，胃壁的可视范围有限。

收缩活动

超声检查可观察和监测空腹和餐后胃的收缩和胃蠕动波^[20-25]，获取定量参数（如收缩频率和振幅）。收缩振幅，即收缩引起的胃窦面积的最大减少，可表示为收缩面积和松弛面积之差。使用频率为 7-15 MHz 的高分辨率超声可观察到胃

壁蠕动的细节（图2）。

图 2 超声声像图显示收缩的胃窦，使用 4 MHz 频率的探头可观察到胃壁五层结构。



超声亦能检查非闭塞性收缩，在检测胃窦收缩方面，超声比测压法更灵敏^[26]。在健康对照组中，急性压力会降低餐后胃窦运动，但在功能性消化不良患者中则不然，正如一项通过电子游戏诱导急性精神压力的研究所示，在该研究中，受试者实际上在驾驶汽车，试图避免在拥挤的高速公路上发生碰撞^[27]。

胃排空

超声检查胃排空的适应症是食物排空延迟的症状，如早饱、腹胀和消化不良，以及影响胃动力药物的治疗对照研究。多种药物联合使用、急性高血糖、多发性神经病（由酒精中毒或糖尿病引起）、胃轻瘫^[28]，以及先天性和后天性神经肌肉疾病均可导致胃排空延迟。

胃排空是一个高度复杂的过程，受多种因素的影响。收缩和松弛、推进和抑制冲动的微妙协调导致了近端胃和远端胃的协同作用。超声可从多方面对胃功能进行评估：胃排空、胃窦收缩力、胃转流、胃形态、液体和固体食物在胃内的分布、胃容纳和胃壁应变测量。

超声检查已广泛使用于测定胃排空率^[29-35]，与放射性核素法具有良好的相关

性^[31,36,37]。最常用的方法是以主动脉和肠系膜上静脉为标志，在进食试验餐前和餐后对胃窦的矢状切面进行面积测量（图3）。

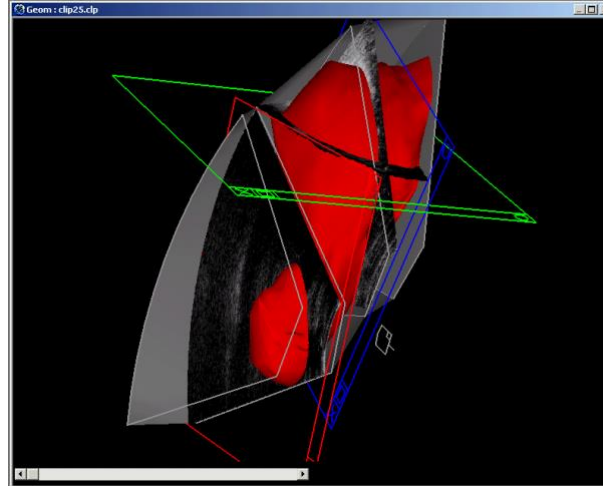
图3 胃窦矢状切面的标准切面，可同时显示主动脉和肠系膜上静脉。胃窦区域的测量通常使用该超声切面。



3D 超声

胃分区三维超声成像技术^[38-40]可用于更好地观察全胃和计算胃容量。挪威的研究者使用两种不同的系统来获取三维超声图像，这两种系统都经过了体外和体内验证。一种是机械系统，其在体外表现出极佳的准确性和精确度^[41,42]，在体内与核磁共振成像也具有良好的一致性^[43]；另一种是基于磁性系统的方法，其在扫描过程中具有更大的灵活性，可捕捉更大的体积（图4）。

图 4 基于磁性位置和方向测量（**position- and orientation measurement, POM**）系统的超声三维容积重建。该三维图像由 3 个常规灰阶声像图交汇而成。



磁性系统在体外也具有很高准确性^[44-47]，在测量人胃中装满液体的袋子的体积时，与真实体积的吻合度好^[48]。这种三维采集系统还与闪烁扫描测量结果高度相关^[49]，在患病群体中亦是如此^[50]。因此，三维超声具有分辨率高、容积估算准确的特点，是监测胃容积变化的理想工具。该方法也得到了世界各地其他研究小组的验证和应用^[48-50]。

胃容受性

胃容受性是了解功能性消化不良病理生理学的关键机制^[51, 52]，也可能与其他疾病的症状产生有关^[53-56]。多种方法可用于评估胃容受性^[57]。胃容受性改变是一个复杂的现象，它描述了胃腔的大小是如何随着进餐而变化^[58]，涉及胃内反射和胃外反射。胃外反射包括容受性舒张、十二指肠球部扩张或营养液注入引起的肠胃反射^[59, 60]。胃内反射至少包括自适性松弛和由胃窦反射引起的近端胃松弛^[61-63]。胃容受性改变包括两个部分：进餐后胃区被动扩张和胃壁肌肉主动松弛。成像方法测量最适用于前者，而胃压计最适用于后者。

由于功能性障碍与心理因素密切相关，因此检查应在安静、放松的环境中进行，尽量减少痛苦。超声检查符合上述要求，由于其无创的特点，不引起个体的

生理反应（如起应激反应）。此外，由于重力在胃内容物的推进过程中起着核心作用，对膳食容受性的研究最好在“自然体位”下进行，如坐在椅子上。因此，坐位检查优于仰卧位。超声检查已被广泛证实可用于胃容受性研究^[3]。Gilja 等^[61]构建的二维方法被用于研究功能性消化不良^[64,65]、糖尿病^[66]、反流性食管炎^[66-68]、肝硬化^[69]，以及反复腹痛的儿童^[70]的胃容受性。这种二维方法还被用于研究药物干预^[71]胃压力调节的效果^[72]。二维超声的另一个优点是便携，可在床边完成，并可对同一患者多次重复检查。在功能性消化不良的大样本人群中，研究结果表明超声检查对胃容受性具有临床价值^[73]。亚洲研究小组也开展了超声的胃容受性研究^[17-21]。20 年来，豪克兰大学医院一直使用超声膳食适应测试（Ultrasound Meal Accommodation Test, U-MAT）对消化不良患者进行检查（表 1）。

表 1 超声膳食适应测试（Ultrasound Meal Accommodation Test, UMAT）

是豪克兰大学医院在科研和临床工作紧密互动的基础上针对消化不良患者开发得出的。在进入测试之前，患者必须经过病史、体格检查、血液化验、幽门螺杆菌检测和上消化道内镜检查等一系列程序。在许多情况下，还要进行其他检查，以排除引起症状的器质性因素。在此介绍的方案是主流临床方案。在 4 分钟内摄入 500 ml 含有低脂肪（20 kcal）的商用肉汤（Toro[®]清肉汤，Rieber & Søn A/S，挪威卑尔根），其中含有 1.8 g 蛋白质、0.9 g 牛脂肪和 1.1 g 碳水化合物。将汤预热，然后冷却至 37°C，以通过减少汤中气泡的数量来提高成像质量。

时间	流程
禁食	肝脏、胆囊、胆道、脾脏、胰腺、肾脏和大血管的常规超声检查
禁食	通过视觉模拟量表（VAS）对症状进行评估
禁食	通过观察胃窦的收缩模式来评估运动模式（消化间期 1-3 期）
禁食	测量远端胃（胃窦区，AA）
禁食	观察近端胃部，评估其是否含有内容物
进餐	以恒定的速度在 4 分钟内摄入 500 ml 预热肉汤
餐后 2 分钟	测量矢状面面积（sagittal area, SA）、斜前直径（oblique frontal diameter, OFD）和窦前面积（antral area, AA）
餐后 5 分钟	餐后症状评估
餐后 10 分钟	近端胃（SA, OFD）和远端胃（AA）的超声测量
餐后 20 分钟	近端胃（SA, OFD）和远端胃（AA）的超声测量

该团队主流的**临床方案**包括一顿标准的肉汤（500 ml）、使用预先确定的扫描切面对胃的近端和远端进行超声检查（图 5、图 6）、计算胃腔的大小和体积、进行症状和心理评估。根据经验，此时进行超声检查可为这些患者的治疗增加有价值的临床信息。

图 5 超声声像图显示一名消化不良患者近端胃（S）的矢状切面，该患者接受超声膳食适应测试（Ultrasound Meal Accommodation Test, UMAT）。肝脏（L）、胰腺（P）和左肾（K）被用作毗邻标识。测

量近端胃的面积可提示餐后胃的大小，进而间接提示近端胃对膳食的容量。

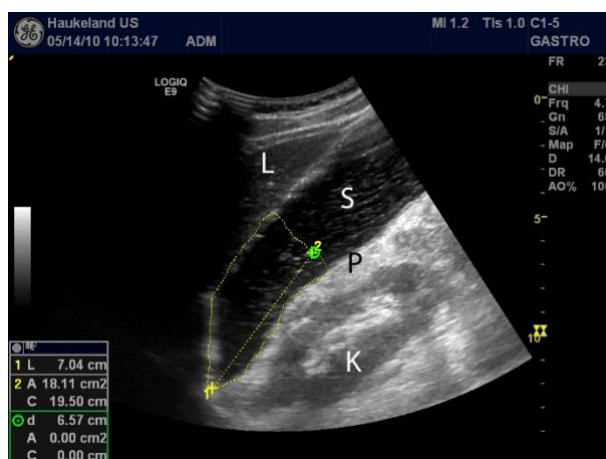
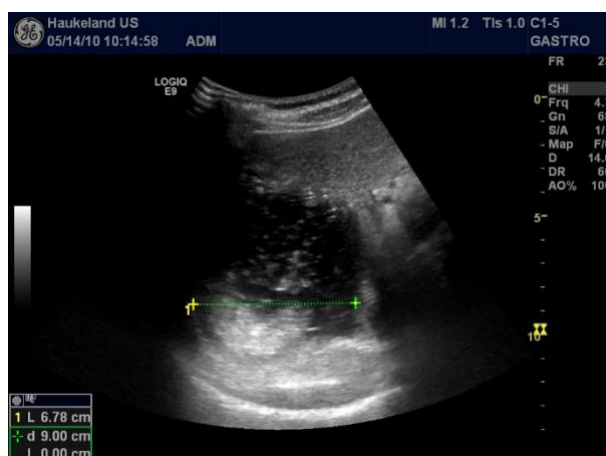


图 6 超声声像图显示一名消化不良患者近端胃的正面斜切面，该患者接受超声膳食适应测试(Ultrasound Meal Accommodation Test, UMAT)。绿色标尺测量范围代表餐后近端胃的大小，提示胃容量。左膈在图像底部呈高回声弯曲状。



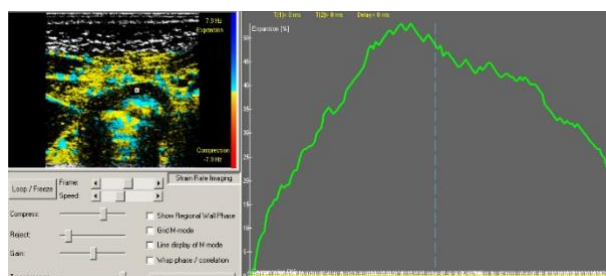
能够同时测量胃运动所有参数的方法较少。不过，多位学者已经证明，超声可从多个角度评估胃功能。

应变率成像

基于应变率成像（strain rate imaging, SRI）和相对应变估算构建的多普勒方法,用于区分主动收缩和被动收缩的组织。通常应变是指组织变形与外力(应力)的函数关系^[74]。应变的时间导数,即应变率,是对变形速率的测量。

使用硅胶条模型模拟缓慢移动的组织,在体外对多普勒 SRI 进行了评估^[75]。SRI 在体外测量猪胃窦壁应变时能准确测量径向应变^[76]。利用多普勒超声技术估算胃壁肌层的相对应变是可行的(图 7),并能详细绘制局部应变分布图^[77-79]。

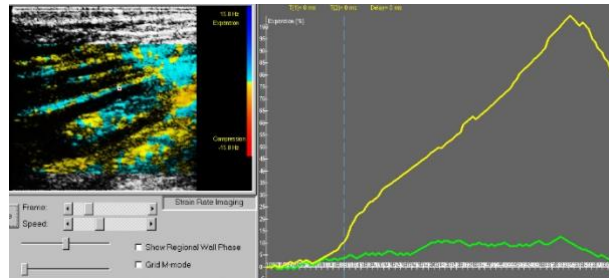
图 7 左图显示胃窦收缩的应变率成像,取样框(红点)位于胃窦壁的环形肌层,图像右侧为条形彩色编码,蓝色表示组织膨胀,黄色表示组织压缩。右图显示幽门前壁达到 50%膨胀水平时的应变变化曲线。



SRI 能够区分纵行肌层和环形肌层的收缩活动,但是这两层肌肉在二维声像图中无法直接区分(图 8)。

图 8 左图为胃窦收缩的应变率成像,2 个取样框(点)位于胃壁肌层。图像右侧为条形彩色编码,蓝色表示组织膨胀,黄色表示组织压缩。右

图为幽门前区胃窦收缩时，内圆肌层（黄线）和外纵肌层（绿线）之间的应变差异曲线。



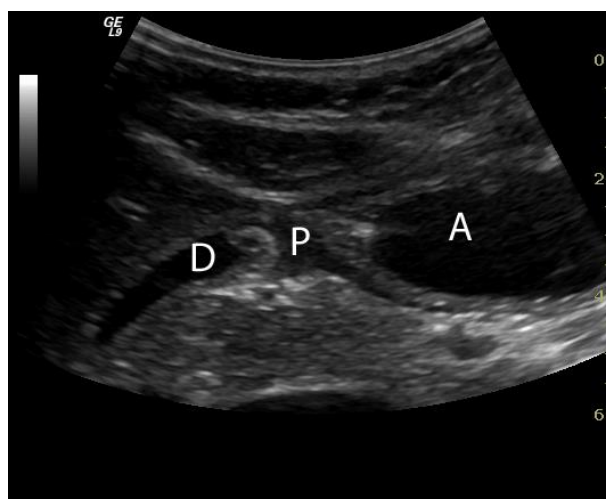
在对胃窦进行球囊扩张时，通过 SRI 测量的消化道壁的压力和应变之间存在显著负相关 ($r = -0.87$)。在功能性消化不良患者中，SRI 能够区分亚组，即在显示上腹痛综合征患者与餐后不适患者的胃前壁的应变水平上表现完全不同^[80]。但是 SRI 的使用主要用于科研。

幽门、十二指肠和胃十二指肠流速的功能超声

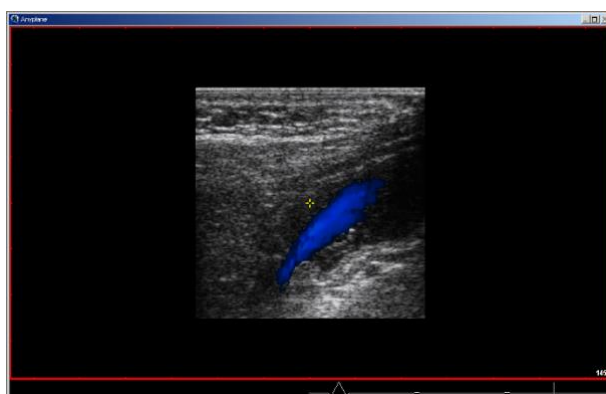
胃十二指肠内容物的运动（图 9a）和幽门转流的速度曲线可通过双工超声（即多普勒测量和灰阶超声扫描结合）同步观察到（图 9b）^[81, 82]。通过双工超声检查发现，进食状态下，在幽门蠕动关闭之前通常会有短暂的十二指肠胃反流^[82]。胃前壁收缩可定义为胃壁的压痕大于胃前壁厚度，且不由呼吸、主动脉或心脏的搏动或邻近肠道运动造成，并可观察到在空间和时间上传播。一次胃排空定义为幽门处的平均流速超过 10 cm/s，持续时间超过 1 s。在最大收缩状态下，可观察到通过开放的幽门来回流动的经幽门流（图 9b）。

图 9 胃腔和肠腔交界的超声声像图。幽门（P）位于胃窦（A）和十二指肠球部（D）之间（a）。使用彩色多普勒超声可较为容易地观察和测量穿过幽门的流量，可见流经幽门的血流，蓝色表示十二指肠内容物逆流进入胃窦（b）。

a



b



非蠕动性胃内容物经幽门排空可定义为胃内容物经幽门排空，但超声或测压仪检测不到收缩。使用超声多普勒方法，可对餐后消化不良症状和胃内容物经幽门口排空的时间进行高时间和空间分辨率的研究^[83]，也可在药物干预后进行^[84]。

另外还可利用三维引导数字彩色多普勒成像模型评估经幽门口的流量和十二指肠胃反流量^[85]。结果发现，在胃排空初期，经幽门口的流量在个体内部和个体之间存在很大差异。十二指肠胃反流平均持续 2.4 s，平均流量为 8.3 ml。

超声技术

摄入 500 ml 温的（37°C）橙汁和标准面包成分或肉汤，即可充分观察经幽门口的流量。婴儿特发性肥厚性幽门狭窄（idiopathic hypertrophic pyloric stenosis, IPHS）可通过超声准确诊断。环状幽门反折肌肥大是其典型症状，主要导致男婴

反复呕吐和体重增长迟缓。幽门长度大于 17 mm 和肌肉厚度大于 3 mm 则提示存在病理改变。幽门肌肉体积参数可用于鉴别诊断^[7]:

$$V = (\pi \times \text{直径}^2 \times \text{长度}) / 4$$

幽门肌肉指数 (pyloric muscle index, PMI) 与儿童的体重有关:

$$\text{PMI} = \text{长度} \times \text{厚度} \times \pi \times (\text{直径} - \text{厚度}) / \text{体重}$$

正常儿童的 PMI 为 0.19, 而 IPHS 患者的 PMI 大于 0.24。

超声检查应在空腹状态下仰卧位时使用高频探头进行。胃壁层明显分离是 IPHS 的特征。用鼻胃管测定的残胃量大于 10 ml 是 IPHS 的典型特征。摄入液体后, 在刺激蠕动的情况下, 幽门功能可通过声像图进行记录。正常婴儿在进食液体约 2-3 小时后胃即可排空, 而 IPHS 患者即使在反复呕吐后仍有残胃量^[7]。

小肠功能超声

直至今日, 小肠疾病的诊断仍依赖于小肠灌肠和小肠随访的备用信息。在这两种方法中, 患者均受到辐射。目前, 胶囊内镜和磁共振灌肠术等先进的成像方法可以在没有辐射的情况下更好地对小肠进行成像。在大多数情况下, 球囊肠镜可检查小肠全程, 但该方法繁复, 且需使用镇静剂。使用配有高分辨率探头的超声检查技术可提供高时间和空间分辨率的小肠图像信息 (图 10)^[86]。超声被更多的患者接受, 使其成为诊断小肠疾病的有用工具^[87-89], 包括小肠蠕动紊乱。

由于中枢和肠神经系统、感觉和运动功能以及多种胃肠激素之间相互作用的复杂性, 我们对小肠运动的了解仍然有限, 这些激素都会影响肠道平滑肌和其他肠道细胞, 从而导致蠕动、分泌和吸收。

图 10 高频（15 MHz）超声声像图，可见一充满液体的空肠襻，瓣膜清晰可见，呈手指状突出到管腔中。



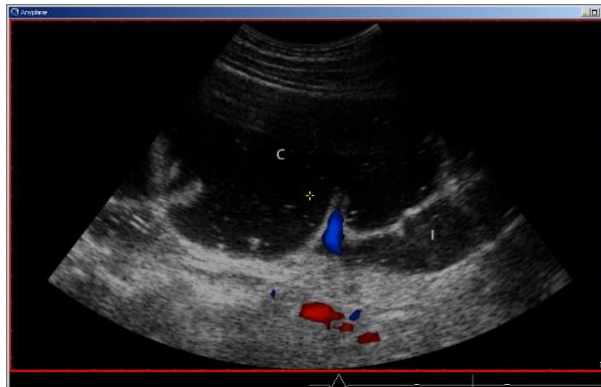
家族性 GUCY2C 腹泻综合征

家族性GUCY2C腹泻综合征（Familial GUCY2C diarrhea syndrome, FGDS）的病因是肠细胞中编码受体鸟苷酸环化酶C的GUCY2C基因激活突变，可导致肠腔内液体分泌增加。该类似肠易激综合征伴腹泻，有些人还可衍变成克罗恩病。FGDS的特征是空腹状态下小肠襻多发、充满液体、收缩不全和液体滞留，可被超声检出^[90]。

超声水造影

高分辨率经腹超声用于小肠成像时易受到肠道气体的干扰。由于肠腔通常是塌陷的，因此管腔内病变可能会漏诊。而且，分离不同的肠襻较为困难。小肠超声水造影是一种使用低回声造影液体使肠腔充盈并排除肠道气体，从而改善成像质量的方法（图 11）。

图 11 小肠超声水造影图，可见逆流（蓝色喷射）从盲肠（C）进入回肠末端（I）。



最常用的是等渗聚乙二醇（polyethylene glycol, PEG）溶液（Laxabon[®]）。由于 PEG 溶液不易消化和吸收，因此它能提供可控的管腔液体量，排除肠气。理论上，任何具有回声差异的液体都可使用。不同研究中使用的 PEG 溶液量从 200 ml 到 2000 ml 不等。口服 PEG 溶液（small intestine contrast ultrasonography, SICUS）是一种侵入性最小的造影剂，被大多数患者所接受^[91]。但是，对于难以饮用大量 PEG 溶液的患者，可使用鼻肠管，通过内窥镜、荧光透视或超声引导下，在十二指肠空肠曲处放置鼻肠管。这些程序比常规经腹超声检查耗时，不同研究显示，其平均检查时间在 30 - 40 分钟之间（10 - 90 分钟不等）。检查时间在很大程度上取决于造影剂进入回肠末端的情况。对转诊进行钡餐检查的患者进行小肠疑似疾病诊断的灵敏度为 64 % - 100 %，而特异度则接近 100 %^[92-95]。在已知患有 CD 的患者中，检测小肠病变的灵敏度为 96 % - 100 %^[96, 97]。小肠水造影是安全的，与灌肠和 CT 检查相比，该方法可用于检查无法接受辐射的患者，特别是在需要反复检查的炎症性肠病的随访患者中。

乳糜泻

乳糜泻的诊断依据为十二指肠活检中绒毛萎缩和上皮内淋巴细胞增多。然而，已报道几种超声征象可有助于诊断乳糜泻，并在食管胃十二指肠镜检查中确诊。可见肠腔内液体含量增加和中度小肠扩张^[98-103]。通常还可见肠蠕动增加和中度

肠壁厚度（图 12）^[104, 105]。

图 12 一名乳糜泻患者的十二指肠声像图，可见紧邻肝脏的十二指肠横切面，管腔褶皱清晰可见，肠壁（0.37-0.48 cm）稍增厚。



未经治疗的乳糜泻典型声像图表现为肠腔内空气和糜蛋白酶不断来回运动，表现为漩涡样的混杂回声，类似洗衣机中的衣物（“洗衣机现象”）。然而，这是一种非特异性表现，在分泌性腹泻和其他形式的肠病中也有类似的表现^[106, 107]。

肠梗阻

肠梗阻和回肠梗阻可由嵌顿疝的疝气、粘连、肿瘤、内陷、肠扭转、异物（也可见胆结石）和炎症性肠病引起。超声检查结合临床病史和体格检查通常有助于确定回肠梗阻的原因。肠梗阻的典型超声征象为扩张的肠襻，表现为薄壁圆形横截面（图 13）。

图 13 克罗恩病因肠道狭窄导致的小肠扩张（直径 4.4 cm）的超声声像图。正常情况下，小肠的直径小于 3 cm。



肠梗阻患者的肠蠕动发生变化，可通过双相超声进行观察和量化。虽然肠梗阻早期的蠕动模式多变，没有特异性^[108,109]，但在病情初期，通常会出现肠蠕动过强和来回蠕动现象。在后期，可表现为肠蠕动减弱、失蠕动、肠套叠和肠壁水肿增厚。狭窄近端（“过渡点”）的肠腔扩张、充满液体，而狭窄远端肠道空虚（“饥饿肠”），声像图表现为典型的间质层紧密相连。超声还有助于发现腹膜癌变的征象，在扫查回肠梗阻原因的同时，需排除腹膜癌变的可能^[102, 103, 110-114]。

肠易激综合征（Irritable Bowel Syndrome, IBS）

有关超声在肠易激综合征中的应用的文献极少。不过，此前在日本的一项研究认为，对乙状结肠进行超声评估可更好地了解肠易激综合征的发病机制^[115]。对于以便秘为主的 IBS（IBS-c）患者，超声可用于评估粪便的分布和阻塞情况^[116,117]。据报道，IBS 患者普遍存在上消化道运动障碍^[118]。目前超声在肠易激综合征中最主要的应用是排除导致患者症状的其他原因。但有学者认为超声可用于肠易激综合征^[119]。

过敏的超声检查

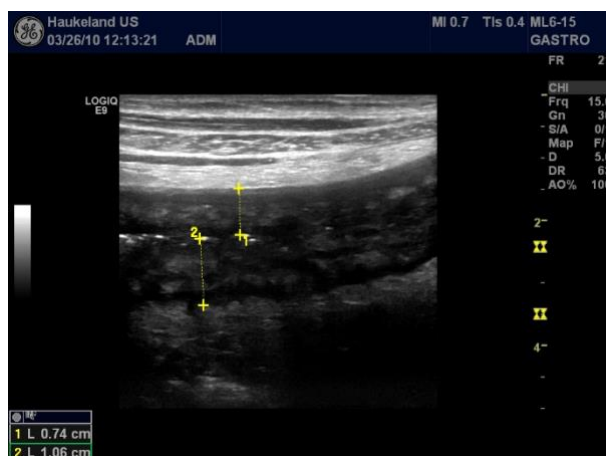
食物过敏反应，包括对食物过敏引起的胃肠道反应，可通过先进的成像和可

视化技术，如内窥镜^[120]、经腹超声和核磁共振成像的进行观察。在西方国家，普通人群中可感知的食物过敏率约为 25 %^[121]。然而，只有 1 % - 4 % 成人患者能正确诊断为食物过敏。超声检查不仅能观察粘膜肿胀，还可见管腔积液^[122]。约 44 % 可疑患者可观察到声像图改变。声像图改变（管壁厚度，直径、蠕动和/或管腔积液增加）与皮肤点刺试验呈正相关（ $p = 0.008$ ），与双盲安慰剂对照食物攻击试验亦呈正相关（ $p = 0.03$ ）。

炎症性肠病

小肠超声检查常用于克罗恩病（Crohn's disease, CD）。典型的超声表现为不连续的增厚肠壁（图 14）、溃疡、浸润、血流改变和层次变化（图 15）^[123-128]。肠壁增厚通常伴有纤维化，常导致受累消化道节段运动功能受损，该表现易被实时超声探及^[112, 127, 128]。

图 14 一名克罗恩病患者的降结肠声像图，表现为肠壁明显增厚，肠壁层次结构紊乱，导致肠道运动功能受损。

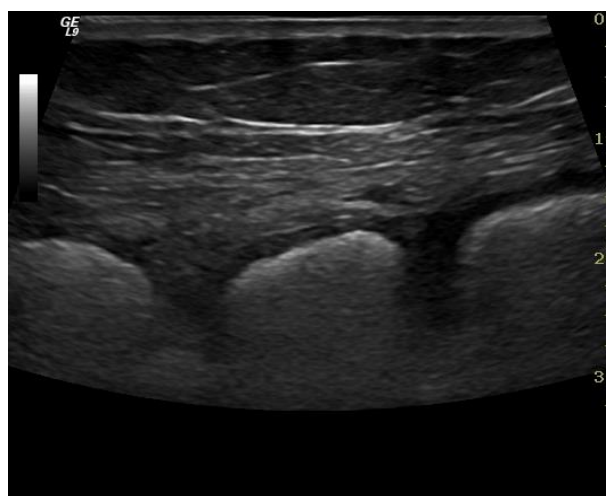


结肠功能超声

超声检查结肠通常从右髂窝开始，沿结肠远端连续扫查，最后经腹观察直肠。首先使用频率为 3-5 MHz 探头对肠道及其周围组织进行全面扫查，再使用高频

线阵探头（7.5-15 MHz）观察肠壁，并重点扫查病变^[111]。结肠中通常含有空气，肠气紧贴肠管前壁影响成像；肠腔内粪便内容物亦可导致超声图像质量下降（图 15）。结肠运动少见。

图 15 健康人结肠壁的典型外观的超声声像图，可见充满气体的结肠袋之间的肠襻。管腔内气体与低回声肠壁之间的明显分界可用于精确测量肠壁厚度。



结肠水造影技术可提高结肠壁的成像，主要用于息肉和炎症的诊断，也可用于评估结肠的蠕动和功能^[129, 130]。通过直肠注入 1.5-2 L 温水，静脉注射平滑肌松弛剂，以获得良好的结肠扩张效果，防止直肠水排空过快。水造影可提高结肠壁显示，但由于肠道准备和灌肠的繁琐，其临床实践效果一般，尤其是近年来结肠放射成像方法和标准超声技术的发展，这种技术在结肠成像方面尚未得到广泛的临床认可。

肠道传输的超声评估

结肠传输时间对固体通过胃肠道的传输时间贡献最大(> 90 %; 20-72 小时)，而食道传输时间（30 秒）、胃排空时间（10 分钟至 3 小时）、小肠传输时间（2-3 小时）均相对较短。

使用一个装满水的 10-25 mm 的乳胶气球（内含 5 mm 的金属微粒），在通过胃肠道时可进行超声检查，超声可跟踪其通过胃、小肠和结肠的情况^[131]。不过，这种方法尚未成为成熟的诊断工具。

直肠超声检查

气体、固体和液体粪便的控制性滞留和直肠排出需要精细的调节和肌肉协调。肛门内括约肌功能不全或松弛异常会导致功能障碍。直肠内窥镜（或直肠超声）有助于诊断直肠失禁，可见括约肌的缺陷。直肠超声亦可用于直肠和直肠周围炎症（脓肿、瘘管、肿瘤）检查。肛周或会阴超声检查对直肠狭窄具有临床价值^[113, 122, 123, 132, 133]。

多项选择题

1、下列哪种说法是正确的？

- 1) 超声的时间分辨率和空间分辨率低。
- 2) 对于功能研究，由于功能进展的个体内变异性较低，因此不需要重复性高的检查方法。
- 3) 功能超声不依赖于操作者。
- 4) 功能超声可提供有关运动、生物力学、血流灌注、蠕动、器官充盈和排空的信息。
- 5) 超声在实时显示运动时序方面不如磁共振成像。

2、下列哪种说法是正确的？

- 1) 将探头放置在下颌骨上，可以观察到舌的运动。
- 2) 舌骨移位小于 15 mm 和舌厚度变化小于 10 mm 表明吞咽不畅，有误吸的风险。
- 3) 在大多数患者中，超声可显示颈部和食道中段，但无法显示食道远端。
- 4) 几乎所有患者的食道颈段都位于气管右侧。
- 5) 五岁以下儿童的食管胃交界处无法使用超声评估。

3、关于胃的功能超声，哪种说法是正确的？

- 1) 胃的功能超声不受肥胖或肠道气体的影响。
- 2) 收缩幅度的定义是胃窦部面积的最大缩减量，即最大收缩和最大松弛胃窦部面积之差。
- 3) 超声在检测非闭塞性胃窦收缩方面不如测压敏感。
- 4) 低频探头（2-3 MHz）更有利于观察蠕动过程中的胃壁层次的细节。
- 5) 超声检查无法观察和监测餐后状态下的胃收缩和胃波传播。

4、关于胃排空的哪种说法是错误的？

- 1) 许多药物和急性高血糖都会延迟胃排空。
- 2) 超声可评估胃流量和胃容量。
- 3) 通常以下腔静脉和门静脉为标志物，以矢状切面为基准，在进食试验餐前和餐后对胃窦的标准切面进行测量。
- 4) 胃排空是一个非常复杂的过程，收缩和放松、推进和抑制冲动之间的微妙协调受到多种因素影响。
- 5) 超声测定的胃排空率与胃排空闪烁扫描具有良好的相关性。

5、关于胃容量的说法哪种是错误的？

- 1) 超声可提供精确的胃容积三维重建，分辨率高，与闪烁扫描具有良好的相关性。
- 2) 餐后的胃适应包括胃腔的被动膨胀和胃壁肌肉的主动松弛。
- 3) 超声技术因其无创性，不易引起生理反应。
- 4) 在超声胃容纳试验中，在摄入标准餐食后，需在规定的区域内测量近端胃的面积。
- 5) 评估临床症状和空腹情况下的胃部超声检查不属于超声进餐适应性检查的一部分。

6、关于应变率成像，哪项说法是错误的？

- 1) 基于应变率成像的多普勒方法可鉴别主动收缩和被动收缩的组织。
- 2) 应变率是变形速率的量度。
- 3) 应变率成像的彩色编码条可显示组织的膨胀和组织的收缩。

- 4) 应变率成像能够区分前胃收缩时纵向肌层和环形肌层的收缩活动。
- 5) 上腹痛型功能性消化不良患者和餐后不适患者的应变率成像没有差异。

7、关于幽门十二指肠运动的说法，哪种是错误的？

- 1) 幽门处的流量可通过双相超声（联合 B 型超声和多普勒超声）来检测。
- 2) 胃排空的定义是胃液流经幽门的平均速度超过 50 cm/秒，持续时间超过 10 秒。
- 3) 可同时研究胃窦收缩和幽门口处流量。
- 4) 双相超声可显示十二指肠内容物逆流入胃。
- 5) 正常婴儿在进食液体后约 2-3 小时胃可排空，而特发性肥厚性幽门狭窄患者即使在反复呕吐后仍有残余胃容量。

8、关于小肠功能超声的说法，哪项是错误的？

- 1) 超声高频探头可提供具有高时间和空间分辨率的小肠图像。
- 2) 肠道水造影利用低回声造影液体使塌陷的肠道膨胀，避免肠内空气进入，以获得更好的成像效果。
- 3) 通常等渗聚乙二醇溶液被用于肠道水造影。
- 4) 双相超声可显示从盲肠到回肠末端的逆流。
- 5) 乳糜泻患者的小肠蠕动减弱，肠壁变薄。

9、关于小肠超声检查的说法，哪种是错误的？

- 1) 对皮肤点刺试验阳性的确诊食物过敏患者进行过敏原食物攻击试验，会导致小肠蠕动、管腔液体和/或管壁厚度增加。
- 2) 肠梗阻初期常会出现来回蠕动的肠蠕动过快现象。

- 3) 小肠襻在梗阻点（“过渡点”）近端扩张并充满液体，而在狭窄点远端肠道则空虚，肠系膜各层紧靠在一起。
- 4) 在肠梗阻的后期，肠蠕动增加，肠壁变薄。
- 5) 与克罗恩病有关的肠壁增厚通常是不连续的，并与肠蠕动减弱有关。

10、关于结肠直肠功能超声的说法，哪种是错误的？

- 1) 在对结肠进行超声检查时，很少能观察到结肠的蠕动。
- 2) 结肠水成像时，通过直肠注入 1.5 - 2 L 温水，再通过静脉注射解痉剂，可获得良好的结肠成像。
- 3) 小肠传输时间对固体食物通过胃肠道的传输时间影响最大。
- 4) 通过超声评估结肠传输时间，即观察含有金属颗粒的 2 cm 大小的乳胶气球通过胃肠道的情况，尚未成为广泛接受的诊断方法。
- 5) 直肠超声和直肠内窥镜检查可观察括约肌的缺陷，有助于诊断直肠失禁。

参考文献

- [1] STEINSVIK E K, HATLEBAKK J G, HAUSKEN T, et al. Ultrasound imaging for assessing functions of the GI tract [J]. *Physiol Meas*, 2021, 42(2): 024002.
- [2] NYLUND K, MACONI G, HOLLERWEGER A, et al. EFSUMB Recommendations and Guidelines for Gastrointestinal Ultrasound [J]. *Ultraschall Med*, 2017, 38(3): 273-84.
- [3] ODEGAARD S, GILJA O H, GREGERSEN H. Basic and New Aspects of Gastrointestinal Ultrasonography [M]//ODEGAARD S. *Advanced Series in Biomechanics*. Singapore; World Scientific. 2005: 1-502.
- [4] GILJA O H. Ultrasound in gastroenterology [J]. *ExpertRev Gastroenterol Hepatol*, 2008, 2(1): 5-8.
- [5] KANSY K, HOFFMANN J, MISTELE N, et al. Visualization and quantification of tongue movement during articulation: Is ultrasound a valid alternative to magnetic resonance imaging? [J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2018, 46(11): 1924-33.
- [6] GILJA O H, HATLEBAKK J G, ODEGAARD S, et al. Advanced imaging and visualization in gastrointestinal disorders [J]. *World J Gastroenterol*, 2007, 13(9): 1408-21.
- [7] KWAK H J, KIM L, RYU B J, et al. Influence of Nasogastric Tubes on Swallowing in Stroke Patients: Measuring Hyoid Bone Movement With Ultrasonography [J]. *Ann Rehabil Med*, 2018, 42(4): 551-9.
- [8] GOMES H, LALLEMAND A, LALLEMAND P. Ultrasound of the gastroesophageal junction [J]. *PediatrRadiol*, 1993, 23(2): 94-9.
- [9] NAIK D R, BOLIA A, MOORE D J. Comparison of barium swallow and ultrasound in diagnosis of gastro-oesophageal reflux in children [J]. *BrMed J (Clin Res Ed)*, 1985, 290(6486): 1943-5.
- [10] NAIK D R, MOORE D J. Ultrasound diagnosis of gastro-oesophageal reflux [J]. *ArchDisChild*, 1984, 59(4): 366-7.

- [11] ALIOTTA A, RAPACCINI G L, POMPILI M, et al. Ultrasonographic signs of sliding, gastric, and hiatal hernia: their prospective evaluation [J]. *J Ultrasound Med*, 1994, 13(9): 665-9.
- [12] WESTRA S J, WOLF B H, STAALMAN C R. Ultrasound diagnosis of gastroesophageal reflux and hiatal hernia in infants and young children [J]. *J Clin Ultrasound*, 1990, 18(6): 477-85.
- [13] FARINA R, PENNISI F, LA ROSA M, et al. Contrast-enhanced colour-Doppler sonography versus pH-metry in the diagnosis of gastro-oesophageal reflux in children [J]. *RadiolMed*, 2008, 113(4): 591-8.
- [14] OH E H, SEO J S, KANG H J. Assessment of Oropharyngeal Dysphagia in Patients With Parkinson Disease: Use of Ultrasonography [J]. *Ann Rehabil Med*, 2016, 40(2): 190-6.
- [15] WALLS W J. The evaluation of malignant gastric neoplasms by ultrasonic B-scanning [J]. *Radiology*, 1976, 118(1): 159-63.
- [16] MASCATELLO V J, CARRERA G F, TELLE R L, et al. The ultrasonic demonstration of gastric lesions [J]. *J Clin Ultrasound*, 1977, 5(6): 383-7.
- [17] LUTZ H T, PETZOLDT R. Ultrasonic patterns of space occupying lesions of the stomach and the intestine [J]. *Ultrasound Med Biol*, 1976, 2(2): 129-32.
- [18] BATEMAN D N, LEEMAN S, METREWELI C, et al. A non-invasive technique for gastric motility measurement [J]. *BrJ Radiol*, 1977, 50(595): 526-7.
- [19] HOLT S, MCDICKEN W N, ANDERSON T, et al. Dynamic imaging of the stomach by real-time ultrasound--a method for the study of gastric motility [J]. *Gut*, 1980, 21(7): 597-601.
- [20] HAUSKEN T, BERSTAD A. Wide gastric antrum in patients with non-ulcer dyspepsia. Effect of cisapride [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 1992, 27(5): 427-32.
- [21] HAUSKEN T, ODEGAARD S, BERSTAD A. Antroduodenal motility studied by real-time ultrasonography. Effect of enprostil [J]. *Gastroenterology*, 1991, 100(1): 59-63.

- [22] AHLUWALIA N K, THOMPSON D G, MAMTORA H, et al. Evaluation of human postprandial antral motor function using ultrasound [J]. *AmJ Physiol*, 1994, 266(3 Pt 1): G517-G22.
- [23] WEDMANN B, ADAMEK R J, WEGENER M. [Ultrasound detection of gastric antrum motility--evaluating a simple semiquantitative method] [J]. *Ultraschall Med*, 1995, 16(3): 124-6.
- [24] HVEEM K, SVEBAK S, HAUSKEN T, et al. Effect of mental stress and cisapride on autonomic nerve functions in functional dyspepsia [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 1998, 33(2): 123-7.
- [25] HVEEM K, SUN W M. Insights into stomach mechanics from concurrent gastric ultrasound and manometry [J]. *Gastroenterology*, 1995, 107: 1236.
- [26] BATEMAN D N, WHITTINGHAM T A. Measurement of gastric emptying by real-time ultrasound [J]. *Gut*, 1982, 23(6): 524-7.
- [27] BOLONDI L, BORTOLOTTI M, SANTI V, et al. Measurement of gastric emptying time by real-time ultrasonography [J]. *Gastroenterology*, 1985, 89(4): 752-9.
- [28] STEINSVIK E K, SANGNES D A, SOFTELAND E, et al. Gastric function in diabetic gastroparesis assessed by ultrasound and scintigraphy [J]. *Neurogastroenterol Motil*, 2022, 34(4): e14235.
- [29] HOLT S, CERVANTES J, WILKINSON A A, et al. Measurement of gastric emptying rate in humans by real-time ultrasound [J]. *Gastroenterology*, 1986, 90(4): 918-23.
- [30] DUAN L P, ZHENG Z T, LI Y N. A study of gastric emptying in non-ulcer dyspepsia using a new ultrasonographic method [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 1993, 28(4): 355-60.
- [31] RICCI R, BONTEMPO I, CORAZZIARI E, et al. Real time ultrasonography of the gastric antrum [J]. *Gut*, 1993, 34(2): 173-6.
- [32] DESAGA J F, HIXT U. [Sonographic determination of gastric emptying] [J]. *Ultraschall Med*, 1987, 8(3): 138-41.

- [33] GERARDS C, TROMM A, MAY B. [Optimizing antrum planimetry for ultrasound determination of gastric emptying using emptying function reference lines] [J]. *Ultraschall Med*, 1998, 19(2): 83-6.
- [34] MARZIO L, GIACOBBE A, CONOSCITORE P, et al. Evaluation of the use of ultrasonography in the study of liquid gastric emptying [J]. *AmJ Gastroenterol*, 1989, 84(5): 496-500.
- [35] TYMPNER F, FELDMEIERS J, ROSCH W. [Study of the correlation of sonographic and scintigraphic results in measuring stomach emptying] [J]. *Ultraschall Med*, 1986, 7(6): 264-7.
- [36] BERSTAD A, HAUSKEN T, GILJA O H, et al. Volume measurements of gastric antrum by 3-D ultrasonography and flow measurements through the pylorus by duplex technique [J]. *Dig DisSci*, 1994, 39(12 Suppl): 97S-100S.
- [37] GILJA O H, HAUSKEN T, ODEGAARD S, et al. Three-dimensional ultrasonography of the gastric antrum in patients with functional dyspepsia [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 1996, 31(9): 847-55.
- [38] GILJA O H, DETMER P R, JONG J M, et al. Intra-gastric distribution and gastric emptying assessed by three-dimensional ultrasonography [J]. *Gastroenterology*, 1997, 113(1): 38-49.
- [39] THUNE N, HAUSKEN T, GILJA O H, et al. A practical method for estimation of enclosed volumes using 3D ultrasound [J]. *Ultrasound Med Biol*, 1994, 20,S1.
- [40] GILJA O H, THUNE N, MATRE K, et al. In vitro evaluation of three-dimensional ultrasonography in volume estimation of abdominal organs [J]. *Ultrasound Med Biol*, 1994, 20(2): 157-65.
- [41] GILJA O H, SMIEVOLL A I, THUNE N, et al. In vivo comparison of 3D ultrasonography and magnetic resonance imaging in volume estimation of human kidneys [J]. *Ultrasound Med Biol*, 1995, 21(1): 25-32.

- [42] DETMER P R, BASHEIN G, HODGES T, et al. 3D ultrasonic image feature localization based on magnetic scanhead tracking: in vitro calibration and validation [J]. *Ultrasound Med Biol*, 1994, 20(9): 923-36.
- [43] LEOTTA D F, DETMER P R, GILJA O H, et al. Three-dimensional ultrasound imaging using multiple magnetic tracking systems and miniature magnetic sensors [M]. Seattel WA, USA: Proc IEEE Int Ultrasonic Symp, 1995.
- [44] GILJA O H, HAUSKEN T, OLAFSSON S, et al. In vitro evaluation of three-dimensional ultrasonography based on magnetic scanhead tracking [J]. *Ultrasound Med Biol*, 1998, 24(8): 1161-7.
- [45] TEFERA S, GILJA O H, OLAFSDOTTIR E, et al. Intra-gastric maldistribution of a liquid meal in patients with reflux oesophagitis assessed by three dimensional ultrasonography [J]. *Gut*, 2002, 50(2): 153-8.
- [46] GENTILCORE D, HAUSKEN T, HOROWITZ M, et al. Measurements of gastric emptying of low- and high-nutrient liquids using 3D ultrasonography and scintigraphy in healthy subjects [J]. *NeurogastroenterolMotil*, 2006, 18(12): 1062-8.
- [47] STEVENS J E, GILJA O H, GENTILCORE D, et al. Measurement of gastric emptying of a high-nutrient liquid by 3D ultrasonography in diabetic gastroparesis [J]. *NeurogastroenterolMotil*, 2011, 23(3): 220-4.
- [48] GILJA O H, HAUSKEN T, WILHELMSEN I, et al. Impaired accommodation of proximal stomach to a meal in functional dyspepsia [J]. *Dig DisSci*, 1996, 41(4): 689-96.
- [49] TACK J, PIESSEVAUX H, COULIE B, et al. Role of impaired gastric accommodation to a meal in functional dyspepsia [J]. *Gastroenterology*, 1998, 115(6): 1346-52.
- [50] OLIVEIRA R B, TRONCON L E, MENEGHELLI U G, et al. Impaired gastric accommodation to distension and rapid gastric emptying in patients with Chagas' disease [J]. *Dig DisSci*, 1980, 25(10): 790-4.

- [51] UNDELAND K A, HAUSKEN T, GILJA O H, et al. Gastric meal accommodation studied by ultrasound in diabetes. Relation to vagal tone [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 1998, 33(3): 236-41.
- [52] TEFERA S, GILJA O H, HATLEBAKK J G, et al. Gastric accommodation studied by ultrasonography in patients with reflux esophagitis [J]. *Dig DisSci*, 2001, 46(3): 618-25.
- [53] OLAFSDOTTIR E, GILJA O H, ASLAKSEN A, et al. Impaired accommodation of the proximal stomach in children with recurrent abdominal pain [J]. *J PediatrGastroenterol Nutr*, 2000, 30(2): 157-63.
- [54] DE SCHEPPER H U, CREMONINI F, CHITKARA D, et al. Assessment of gastric accommodation: overview and evaluation of current methods [J]. *NeurogastroenterolMotil*, 2004, 16(3): 275-85.
- [55] GILJA O H. Functional dyspepsia studied by two- and three-dimensional ultrasonography. Significance of gastric meal accommodation University of Bergen [M]. 1997.
- [56] AZPIROZ F, MALAGELADA J R. Intestinal control of gastric tone [J]. *AmJ Physiol*, 1985, 249(4 Pt 1): G501-G9.
- [57] AZPIROZ F, MALAGELADA J R. Isobaric intestinal distension in humans: sensorial relay and reflex gastric relaxation [J]. *AmJ Physiol*, 1990, 258(2 Pt 1): G202-G7.
- [58] ABRAHAMSSON H. Vagal relaxation of the stomach induced from the gastric antrum [J]. *Acta Physiol Scand*, 1973, 89(3): 406-14.
- [59] CALDARELLA M P, AZPIROZ F, MALAGELADA J R. Antro-fundic dysfunctions in functional dyspepsia [J]. *Gastroenterology*, 2003, 124(5): 1220-9.
- [60] LUNDING J A, TEFERA S, BAYATI A, et al. Pressure-induced gastric accommodation studied with a new distension paradigm. Abnormally low accommodation rate in patients with functional dyspepsia [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 2006, 41(5): 544-52.

- [61] GILJA O H, HAUSKEN T, ODEGAARD S, et al. Monitoring postprandial size of the proximal stomach by ultrasonography [J]. *J Ultrasound Med*, 1995, 14(2): 81-9.
- [62] GILJA O H, HAUSKEN T, BANG C J, et al. Effect of glyceryl trinitrate on gastric accommodation and symptoms in functional dyspepsia [J]. *Dig DisSci*, 1997, 42(10): 2124-31.
- [63] IZBEKI F, KISS I, WITTMANN T, et al. Impaired accommodation of proximal stomach in patients with alcoholic liver cirrhosis [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 2002, 37(12): 1403-10.
- [64] MUNDT M W, HAUSKEN T, SAMSOM M. Effect of intragastric barostat bag on proximal and distal gastric accommodation in response to liquid meal [J]. *AmJ Physiol GastrointestLiver Physiol*, 2002, 283(3): G681-G6.
- [65] GREGERSEN H, BARLOW J, THOMPSON D. Development of a computer-controlled tensiometer for real-time measurements of tension in tubular organs [J]. *NeurogastroenterolMotil*, 1999, 11(2): 109-18.
- [66] MATRE K, STOKKE E M, MARTENS D, et al. In vitro volume estimation of kidneys using three-dimensional ultrasonography and a position sensor [J]. *Eur J Ultrasound*, 1999, 10(1): 65-73.
- [67] AHMED A B, GILJA O H, GREGERSEN H, et al. In vitro strain measurement in the porcine antrum using ultrasound doppler strain rate imaging [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2006, 32(4): 513-22.
- [68] VINGERHAGEN S, HAUSKEN T, GILJA O H, et al. Influence of a 5HT1 receptor agonist on gastric accommodation and initial transpyloric flow in healthy subjects [J]. *NeurogastroenterolMotil*, 2000, 12(1): 95-101.
- [69] GILJA O H, HEIMDAL A, HAUSKEN T, et al. Strain during gastric contractions can be measured using Doppler ultrasonography [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2002, 28(11-12): 1457-65.

- [70] AHMED A B, GILJA O H, HAUSKEN T, et al. Strain measurement during antral contractions by ultrasound strain rate imaging: influence of erythromycin [J]. *NeurogastroenterolMotil*, 2009, 21(2): 170-9.
- [71] HEIMDAL A, GILJA O H. Strain Rate Imaging - A new tool for studying the GI tract [M]//ODEGAARD S, GILJA O H, GREGERSEN H. Basic and new aspects of gastrointestinal ultrasonography. Singapore; World Scientific. 2015: 243-63.
- [72] AHMED A B, MATRE K, HAUSKEN T, et al. ROME III subgroups of functional dyspepsia exhibit different characteristics of antral strain measured by strain rate imaging [J]. *Gastroenterology*, 2008, 134(4): A531.
- [73] STEINSVIK E K, HAUSKEN T, GILJA O H. The ultrasound meal accommodation test in 509 patients with functional gastrointestinal disorders [J]. *Scand J Gastroenterol*, 2016, 51(7): 788-94.
- [74] KING P M, ADAM R D, PRYDE A, et al. Relationships of human antroduodenal motility and transpyloric fluid movement: non-invasive observations with real-time ultrasound [J]. *Gut*, 1984, 25(12): 1384-91.
- [75] HAUSKEN T, ODEGAARD S, MATRE K, et al. Antroduodenal motility and movements of luminal contents studied by duplex sonography [J]. *Gastroenterology*, 1992, 102(5): 1583-90.
- [76] HAUSKEN T, GILJA O H, UNDELAND K A, et al. Timing of postprandial dyspeptic symptoms and transpyloric passage of gastric contents [J]. *Scand J Gastroenterol*, 1998, 33(8): 822-7.
- [77] HAUSKEN T, GILJA O H, ODEGAARD S, et al. Flow across the human pylorus soon after ingestion of food, studied with duplex sonography. Effect of glyceryl trinitrate [J]. *Scand J Gastroenterol*, 1998, 33(5): 484-90.
- [78] HAUSKEN T, LI X N, GOLDMAN B, et al. Quantification of gastric emptying and duodenogastric reflux stroke volumes using three-dimensional guided digital color Doppler imaging [J]. *Eur J Ultrasound*, 2001, 13(3): 205-13.

- [79] BHISITKUL D M, LISTERNICK R, SHKOLNIK A, et al. Clinical application of ultrasonography in the diagnosis of intussusception [J]. *J Pediatr*, 1992, 121(2): 182-6.
- [80] BOZKURT T, RICHTER F, LUX G. Ultrasonography as a primary diagnostic tool in patients with inflammatory disease and tumors of the small intestine and large bowel [J]. *J Clin Ultrasound*, 1994, 22(2): 85-91.
- [81] FRAQUELLI M, COLLI A, COLUCCI A, et al. Accuracy of ultrasonography in predicting celiac disease [J]. *ArchInternMed*, 2004, 164(2): 169-74.
- [82] PALLOTTA N, BACCINI F, CORAZZIARI E. Small intestine contrast ultrasonography [J]. *J Ultrasound Med*, 2000, 19(1): 21-6.
- [83] CITTADINI G, GIASOTTO V, GARLASCHI G, et al. Transabdominal ultrasonography of the small bowel after oral administration of a non-absorbable anechoic solution: comparison with barium enteroclysis [J]. *Clin Radiol*, 2001, 56(3): 225-30.
- [84] FOLVIK G, BJERKE-LARSSSEN T, ODEGAARD S, et al. Hydrosonography of the small intestine: comparison with radiologic barium study [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 1999, 34(12): 1247-52.
- [85] PALLOTTA N, BACCINI F, CORAZZIARI E. Small intestine contrast ultrasonography (SICUS) in the diagnosis of small intestine lesions [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2001, 27(3): 335-41.
- [86] GILJA O, NYLUND K. Point-of-care ultrasound of the gastrointestinal tract [J]. *Journal of Medical Ultrasound*, 2023, 31(1): 1-7.
- [87] PALLOTTA N, TOMEI E, VISCIDO A, et al. Small intestine contrast ultrasonography: an alternative to radiology in the assessment of small bowel disease [J]. *InflammBowelDis*, 2005, 11(2): 146-53.
- [88] CALABRESE E, LA SETA F, BUCCELLATO A, et al. Crohn's disease: a comparative prospective study of transabdominal ultrasonography, small intestine contrast ultrasonography, and small bowel enema [J]. *InflammBowelDis*, 2005, 11(2): 139-45.

- [89] PARENTE F, GRECO S, MOLTENI M, et al. Oral contrast enhanced bowel ultrasonography in the assessment of small intestine Crohn's disease. A prospective comparison with conventional ultrasound, x ray studies, and ileocolonoscopy [J]. Gut, 2004, 53(11): 1652-7.
- [90] VON VOLKMANN H L, NYLUND K, TRONSTAD R R, et al. An activating gucy2c mutation causes impaired contractility and fluid stagnation in the small bowel [J]. Scand J Gastroenterol, 2016, 51(11): 1308-15.
- [91] RICCABONA M, ROSSIPAL E. [Value of ultrasound in diagnosis of celiac disease] [J]. Ultraschall Med, 1996, 17(1): 31-3.
- [92] RICCABONA M, ROSSIPAL E. Sonographic findings in celiac disease [J]. J PediatrGastroenterol Nutr, 1993, 17(2): 198-200.
- [93] RETTENBACHER T, HOLLERWEGER A, MACHEINER P, et al. Adult celiac disease: US signs [J]. Radiology, 1999, 211(2): 389-94.
- [94] DIETRICH C F, BRUNNER V, SEIFERT H, et al. [Intestinal B-mode sonography in patients with endemic sprue. Intestinal sonography in endemic sprue] [J]. Ultraschall Med, 1999, 20(6): 242-7.
- [95] NUERNBERG D, IGNEE A, DIETRICH C F. [Current status of ultrasound in gastroenterology--bowel and upper gastrointestinal tract--part 1] [J]. Z Gastroenterol, 2007, 45(7): 629-40.
- [96] BEDI D G, FAGAN C J, NOCERA R M. Sonographic diagnosis of bowel obstruction presenting with fluid-filled loops of bowel [J]. J Clin Ultrasound, 1985, 13(1): 23-30.
- [97] DERCHI L E, BAZZOCCHI M, BROVERO P L. Sonographic diagnosis of obstructed afferent loop [J]. GastrointestRadiol, 1992, 17(2): 105-7.
- [98] SEITZ K, MERZ M. [Ultrasound ileus diagnosis] [J]. Ultraschall Med, 1998, 19(6): 242-9.
- [99] ARSLAN G, ODEGAARD S, ELSAYED S, et al. Food allergy and intolerance: response to intestinal provocation monitored by endosonography [J]. Eur J Ultrasound, 2002, 15(1-2): 29-36.

- [100] O'LEARY P F, SHANAHAN F. Food allergies [J]. *CurrGastroenterol Rep*, 2002, 4(5): 373-82.
- [101] DIETRICH C F, BRUNNER V, SEIFERT H, et al. [Intestinal B-mode sonography in patients with endemic sprue. Intestinal sonography in endemic sprue] [J]. *Ultraschall Med*, 1999, 20(6): 242-7.
- [102] DIETRICH C F, LEMBCKE B, JENSSEN C, et al. Intestinal Ultrasound in Rare Gastrointestinal Diseases, Update, Part 2 [J]. *Ultraschall Med*, 2015, 36(5): 428-56.
- [103] DIETRICH C F, LEMBCKE B, JENSSEN C, et al. Intestinal ultrasound in rare gastrointestinal diseases, update, part 1 [J]. *Ultraschall Med*, 2014, 35(5): 400-21.
- [104] ARSLAN G, GILJA O H, LIND R, et al. Response to intestinal provocation monitored by transabdominal ultrasound in patients with food hypersensitivity [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 2005, 40(4): 386-94.
- [105] ALLGAYER H, DIETRICH C F. [Celiac sprue and malignancies: analysis of risks and prevention strategies] [J]. *Med Klin (Munich)*, 2008, 103(8): 561-8.
- [106] HOLT S, SAMUEL E. Grey scale ultrasound in Crohn's disease [J]. *Gut*, 1979, 20(7): 590-5.
- [107] DIETRICH C F. Significance of abdominal ultrasound in inflammatory bowel disease [J]. *Dig Dis*, 2009, 27(4): 482-93.
- [108] NYLUND K, HAUSKEN T, GILJA O H. Ultrasound and inflammatory bowel disease [J]. *Ultrasound Q*, 2010, 26(1): 3-15.
- [109] NYLUND K, ODEGAARD S, HAUSKEN T, et al. Sonography of the small intestine [J]. *World J Gastroenterol*, 2009, 15(11): 1319-30.
- [110] LIMBERG B, OSSWALD B. Diagnosis and differential diagnosis of ulcerative colitis and Crohn's disease by hydrocolonic sonography [J]. *AmJ Gastroenterol*, 1994, 89(7): 1051-7.

- [111] DIRKS K, CALABRESE E, DIETRICH C F, et al. EFSUMB Position Paper: Recommendations for Gastrointestinal Ultrasound (GIUS) in Acute Appendicitis and Diverticulitis [J]. *Ultraschall Med*, 2019.
- [112] MACONI G, NYLUND K, RIPOLES T, et al. EFSUMB Recommendations and Clinical Guidelines for Intestinal Ultrasound (GIUS) in Inflammatory Bowel Diseases [J]. *Ultraschall Med*, 2018, 39(3): 304-17.
- [113] ATKINSON N S S, BRYANT R V, DONG Y, et al. How to perform gastrointestinal ultrasound: Anatomy and normal findings [J]. *World J Gastroenterol*, 2017, 23(38): 6931-41.
- [114] ATKINSON N S, BRYANT R V, DONG Y, et al. WFUMB Position Paper. Learning Gastrointestinal Ultrasound: Theory and Practice [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2016, 42(12): 2732-42.
- [115] KUSUNOKI H, KAMADA T, SATO M, et al. [Ultrasonographic assessment of sigmoid colon in patients with irritable bowel syndrome] [J]. *Nihon rinsho Japanese journal of clinical medicine*, 2006, 64(8): 1461-6.
- [116] TANAKA S, YABUNAKA K, MATSUMOTO M, et al. Fecal Distribution Changes Using Colorectal Ultrasonography in Older People with Physical and Cognitive Impairment Living in Long-Term Care Facilities: A Longitudinal Observational Study [J]. *Healthcare (Basel)*, 2018, 6(2).
- [117] YABUNAKA K, MATSUMOTO M, YOSHIDA M, et al. Assessment of rectal feces storage condition by a point-of-care pocket-size ultrasound device for healthy adult subjects: A preliminary study [J]. *Drug Discov Ther*, 2018, 12(1): 42-6.
- [118] STEINSVIK E K, VALEUR J, HAUSKEN T, et al. Postprandial Symptoms in Patients With Functional Dyspepsia and Irritable Bowel Syndrome: Relations to Ultrasound Measurements and Psychological Factors [J]. *J Neurogastroenterol Motil*, 2020, 26(1): 96-105.
- [119] OKAWA Y. Can irritable bowel syndrome be detected by ultrasound? [J]. *Drug Discov Ther*, 2020, 14(5): 213-7.

- [120] LIMBERG B. [Diagnosis of colonic tumors and chronic inflammatory colonic diseases by hydrocolonic sonography] [J]. *Radiologe*, 1993, 33(7): 407-11.
- [121] AMEND M, GREINER L. [The sono-capsule: a new method for measuring gastrointestinal motility] [J]. *Ultraschall Med*, 1996, 17(6): 274-6.
- [122] BARREIROS A P, HIRCHE T O, IGNEE A, et al. Indications and limitations of perineal ultrasound examination [J]. *ScandJ Gastroenterol*, 2010, 45(6): 764-5.
- [123] DIETRICH C F, BARREIROS A P, NUERNBERG D, et al. [Perianal ultrasound] [J]. *Z Gastroenterol*, 2008, 46(6): 625-30.
- [124] BRADEN B, IGNEE A, HOCKE M, et al. Diagnostic value and clinical utility of contrast enhanced ultrasound in intestinal diseases [J]. *DigLiver Dis*, 2010, 42(10): 667-74.
- [125] DIETRICH C F, BRADEN B. Sonographic assessments of gastrointestinal and biliary functions [J]. *BestPractResClinGastroenterol*, 2009, 23(3): 353-67.
- [126] NUERNBERG D, BRADEN B, IGNEE A, et al. [Functional ultrasound in gastroenterology] [J]. *ZGastroenterol*, 2008, 46(9): 883-96.
- [127] SCHREIBER-DIETRICH D, CHIOREAN L, CUI X W, et al. Particularities of Crohn's disease in pediatric patients: current status and perspectives regarding imaging modalities [J]. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol*, 2015, 9(10): 1313-25.
- [128] CHIOREAN L, SCHREIBER-DIETRICH D, BRADEN B, et al. Ultrasonographic imaging of inflammatory bowel disease in pediatric patients [J]. *World J Gastroenterol*, 2015, 21(17): 5231-41.
- [129] SHAWKER T H, SONIES B, STONE M, et al. Real-time ultrasound visualization of tongue movement during swallowing [J]. *J Clin Ultrasound*, 1983, 11(9): 485-90.
- [130] BLYTH K M, MCCABE P, MADILL C, et al. Ultrasound in dysphagia rehabilitation: a novel approach following partial glossectomy [J]. *Disability and rehabilitation*, 2017, 39(21): 2215-27.

- [131] PRESTON J L, LEECE M C, MAAS E. Intensive Treatment with Ultrasound Visual Feedback for Speech Sound Errors in Childhood Apraxia [J]. *Frontiers in human neuroscience*, 2016, 10: 440.
- [132] HSIAO M Y, CHANG Y C, CHEN W S, et al. Application of ultrasonography in assessing oropharyngeal dysphagia in stroke patients [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2012, 38(9): 1522-8.
- [133] YABUNAKA K, SANADA H, SANADA S, et al. Sonographic assessment of hyoid bone movement during swallowing: a study of normal adults with advancing age [J]. *Radiological physics and technology*, 2011, 4(1): 73-7.