

X线、CT和超声对胃肠道穿孔诊断价值的再认识

朱嘉颖, 李龙

广州医科大学附属武警广东省总队医院放射科, 广东 广州 510507

【摘要】目的:重新评价X线、CT和超声检查(US)在胃肠道穿孔中的应用价值。**方法:**根据文献资料定义了X线、CT和US诊断胃肠道穿孔的直接和间接征象。回顾性分析284名经手术证实消化道穿孔患者的所有影像学资料,比较3种影像检查的阳性率、穿孔部位和大小与影像征象的关系。**结果:**X线摄影、CT和US诊断胃肠道穿孔的阳性率分别为75.9%、92.7%和42.1%。立位X线摄影除见膈下游离气体(73.5%)外,还可见其他气腹征(32.8%);卧位X线摄影可见多种气腹征(68.7%)。CT直接征象的显示率为肠壁中断(22.8%)、腹腔游离气体(86.2%)、肠壁外局限性小气泡(68.3%)。US直接征象即腹腔游离气体的显示率为1.8%。X线征象阳性率与穿孔部位、穿孔大小之间差异具有统计学意义,CT和US征象阳性率则无统计学意义。X线摄影的阳性率优于US($P<0.05$),而CT则优于X线摄影($P<0.05$)。**结论:**对疑似胃肠道穿孔患者,X线摄影应为首选影像学检查,同时需提高对各种气腹征象的认识。当X线摄影呈阴性表现时应优先考虑US,或根据临床需要辅助定位时选择CT。

【关键词】胃肠道穿孔;X线摄影;计算机体层摄影术;超声成像

【中图分类号】R656

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)03-0316-06

Reappraisal of the diagnostic value of plain radiography, computed tomography and ultrasonography for gastrointestinal perforation

ZHU Jiaying, LI Long

Department of Radiology, Guangdong Armed Police Corps Hospital, Guangzhou Medical University, Guangzhou 510507, China

Abstract: Objective To reevaluate the diagnostic value of plain radiography, computed tomography (CT) and ultrasonography (US) for gastrointestinal perforation. **Methods** The direct or indirect signs of gastrointestinal perforation in plain radiography, CT and US were analyzed according to literatures. The imaging data of 284 patients with gastrointestinal perforation confirmed by surgery were reviewed retrospectively. The positive rates of 3 kinds of examinations, namely plain radiography, CT and US, were compared. The relationships between the positive rates of imaging signs and the sites or sizes of gastrointestinal perforation were analyzed. **Results** The positive rates of plain radiography, CT and US in the diagnosis of gastrointestinal perforation were 75.9%, 92.7% and 42.1%, respectively. Other pneumoperitoneum signs (32.8%) were observed in orthostatic radiograph besides subphrenic free air (73.5%). Moreover, various pneumoperitoneum signs (68.7%) were observed in supine abdominal radiograph. Focal wall disruption (22.8%), free intraperitoneal air (86.2%) and gas bubbles adjacent to the wall (68.3%) were direct signs of gastrointestinal perforation that can be detected by CT examination. The detection rate of free peritoneal air which was the direct sign of gastrointestinal perforation in US was only 1.8%. For plain radiography, there was statistical significance between the positive rates of imaging signs and the sites or sizes of gastrointestinal perforation. However, for CT and US, no statistical significance was found between the positive rates of imaging signs and sites or sizes of gastrointestinal perforation. The positive rate of CT in the diagnosis of gastrointestinal perforation was the highest, followed by plain radiography and then US (all $P<0.05$). **Conclusion** For patients with suspected gastrointestinal perforation, plain radiography should be considered as the first choice for imaging examination. Meanwhile, it is necessary to improve the understanding of various pneumoperitoneum signs. If no signs were showed on the plain radiography, US is a preferable choice, and CT should be selected when the image-guided positioning is required in clinic.

Keywords: gastrointestinal perforation; plain radiography; computed tomography; ultrasonography

【收稿日期】2018-09-15

【作者简介】朱嘉颖,在读硕士,医师,主要从事影像诊断学研究,E-mail: jiayingzhu2018@foxmail.com

【通信作者】李龙,教授,主任医师,硕士生导师,E-mail: radiolilong@hotmail.com

前言

胃肠道穿孔是外科较常见的急腹症之一,及时、正确的诊断有助于临床治疗方案的选择。X线平片检查是诊断胃肠穿孔最为常用的传统方法。随着影像技术的发展,CT和超声(Ultrasonography, US)也已经广泛应用于急腹症患者,正确评价这些检查方法的价值并合理应用具有重要的现实意义。本文回顾性分析了284名患者的临床和影像学资料,评价了各种影像方法的诊断效能,旨在重新认识X线、CT和US在胃肠道穿孔中的应用价值。

1 材料和方法

1.1 一般资料

收集自2006年1月~2017年2月经手术证实为胃肠道穿孔的284名患者的临床和影像资料。由两名放射科诊断医师对所有病例的X线、CT和US图像进行分析,记录3种影像检查图像上出现的各种直接、间接征象,运用SPSS24.0统计软件进行分析,采用 χ^2 检验、Fisher确切概率法比较不同影像学检查方法诊断胃肠道穿孔的阳性率、比较不同穿孔部位/大小与影像征象的阳性率的关系, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

1.2 影像检查方法和征象的分类与定义

1.2.1 X线征象 胃肠道穿孔时立位腹平片的主要诊断依据为膈下游离气体影,仰卧位上气腹的表现根据文献分成4类:小肠相关征象、右上象限征象、腹膜韧带相关征象和其他征象^[1],见表1^[2-10]。

表1 胃肠道穿孔的X线征象及其定义

Tab.1 X-ray signs and definitions of gastrointestinal perforation

X线征象	定义
膈下游离气体	站立后前位腹平片示双侧膈下新月形透亮影。
小肠相关征象	
Rigler征	当腹腔内存在大量气体时,肠腔内和肠腔外的气体衬托下使肠壁呈现浮雕样,也称浮雕征或双壁征 ^[2] 。
三角征	腹腔游离气体在3个邻近的肠袢或者两个肠袢与邻近腹腔侧壁所形成的三角形区域中积累,致此三角区域透亮度增高 ^[3] 。
右上象限征象	
肝区透亮征	黑色密度的腹腔内游离气体位于肝脏表面前方代替了肝的密度 ^[3] 。
前上象限气泡征	指单个或者多个椭圆形、圆形或梨形的气泡投影在肝影区 ^[3] 。
肝圆韧带显影征	圆韧带肝外段从脐延伸至肝下缘圆韧带切迹的呈斜型、直线型或稍呈弧形轮廓的条带影,在一定量气体的衬托下,表现为从脐部到肝脏下缘斜行的软组织条带影 ^[4] 。
胆囊显影征	胆囊在周围游离气体的衬托下其顶部或底部在平片中部分显影,仅在大量气腹时出现 ^[5] 。
总督帽征	morison陷窝位于肝后缘与右肾上方之间的间隙,当此陷窝出现气体时表现为三角形透亮影 ^[3] 。
肝缘显影征	椭圆形盘状或雪茄状游离气体积聚可见于肝下间隙,沿肝脏轮廓其长轴朝向内上方向 ^[3] 。
海豚跳跃征	右上象限膈肌的长肋肌束滑动与邻近充气区域交错(肌束锯齿样外观在平片上表现边缘锐利的拱形条带) ^[6] 。
腹膜韧带相关征象	
镰状韧带显影征	腹腔游离气体将镰状韧带勾勒出来,表现为右上腹纵向走行的线型密度影 ^[3] 。
圆韧带裂隙征	当气体局限于圆韧带裂隙,表现为右上象限垂直透亮影 ^[7] 。
倒V征	在游离气体的衬托下,盆腔中两侧的脐外侧韧带被勾勒出来,呈倒V字型 ^[8] 。
脐尿管显影征	在游离气体的衬托下,下腹部的脐尿管表现为一条起自膀胱顶到脐中心的细线状结构 ^[8] 。
其他征象	
足球征	大量气腹时,充气腹腔与腹壁分界清晰,呈椭圆形透亮影形似长轴纵向的美式足球,此征象常见于儿童 ^[9] 。
圆顶征	气体聚集于膈肌中心腱下方时出现上方境界清,下方境界模糊,类似于下方开放的圆形拱顶内充气的表现,呈现圆形透亮区 ^[10] 。
左上象限小气泡	左上腹出现单个或者多个椭圆形、圆形或梨形的气体投影在左上象限 ^[1] 。
膈下透亮影	仰卧位胸片上,左侧膈下或右侧膈下出现透亮影 ^[1] 。
局限性透亮影	不符合以上征象的不规则气体称为局灶性透亮影 ^[1] 。

1.2.2 CT征象 本组资料采用GE HiSpeed FX/i型(GE Yokogawa Medical Systems, Tokyo, Japan)或GE LightSpeed VCT XT型(GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA)螺旋CT扫描机行腹部平扫,范围自膈顶至耻骨联合下缘。患者均在平静呼吸状态下一次屏气完成扫描,扫描参数:层厚5 mm,间隔5 mm,FOV 250~350 mm,120 kV,200 mA,矩阵512×512。均未采用静脉注射或口服造影剂。

CT检查观察到的胃肠道穿孔直接征象包括肠壁中断、口服对比剂外溢、腹腔游离气体、肠壁外局限性小气泡等;间接征象包括腹腔积液、肠壁局限性增厚、脂肪间隙条纹征、脓肿等^[11]。

(1)腹膜内/腹膜外游离气体:腹膜内游离气体影或腹膜外游离气体影,表现为极低密度影。(2)肠壁外局限性小气泡:肠道周边的腔外局限性低密度小气泡影^[12]。(3)脂肪间隙条纹征:肠系膜脂肪间隙中出现朦胧或网状的密度影,是邻近组织病理性水肿的标志^[13]。(4)肠壁局限性增厚:表现为胃、十二指肠肠壁厚>8 mm、小肠壁厚>3 mm、结肠壁厚>5 mm、阑尾直径>6 mm^[14]。(5)腹腔积液:腹腔积液积聚于周围软组织或脏器周边。(6)口服对比剂外溢:口服对比剂通过穿孔部位进入腹腔内,表现为肠腔外出现高密度对比剂影,为胃肠道穿孔的直接征象。(7)肠壁中断:肠壁中断能明确穿孔的存在及穿孔的部位,CT上表现为垂直肠壁低密度影^[15]。

1.2.3 US征象 US检查采用腹部探头频率(3.5~5 MHz)进行全腹扫查。US诊断胃肠道穿孔的直接征象为腹腔游离气体,间接征象为腹腔内积液和胃肠运动减弱^[11]。

(1)腹腔游离气体:①多重反射强回声:空气是强反射物质,多次往复漫反射,图像上表现为一连串大致水平(或呈轻微弧形)的线条形成一种黑白相间的条纹图像^[16]。②气体移动征:患者变换体位时气体在腹腔内“移动”或者于多重反射强回声部利用探头加压,加压时强回声减少或消失,解除压力后强回声重新出现^[16]。③腹膜条纹强化征:游离气体中的微小气泡使腹膜条纹影形成局灶性强化并显著增厚,伴或不伴多次反射伪像,后者取决于腹腔游离气体的总量^[17]。

(2)腹腔内积液:腹腔内探及不规则无回声区。

(3)胃肠道运动减弱:穿孔性腹膜炎可导致麻痹性肠梗阻,肠道内气体及液体潴留伴肠道蠕动减弱^[18]。

2 结果

2.1 临床表现

本组经手术证实为胃肠道穿孔的284例患者中,男性263名(92.6%),女性21名(7.4%);发病年龄范围8~90岁,平均年龄为(44.0±17.0)岁。

胃肠道穿孔的病因包括:胃十二指肠溃疡237例(83.5%),外伤18例(重物击伤4例、车祸伤9例、坠落伤3例、其他外伤2例,占6.3%),消化道异物7例(2.5%),刀刺伤5例(1.8%),肠梗阻3例(1.1%),肿瘤(胃癌、小肠肿瘤、直肠癌)3例(1.1%),内窥镜致穿孔2例(0.7%),缺血2例(0.7%),小肠憩室、小肠结核、阑尾炎各1例(共3例,占1.1%),余4例原因不明(1.4%)。

临床症状:出现不同程度腹痛264例(93%)、恶心132例(46.5%)、呕吐94例(33.1%)、腹胀16例(5.6%)。

穿孔部位:胃167例(58.8%),其中胃底部1例(0.3%)、胃体部小弯侧40例(14.1%)、胃体部大弯侧9例(3.2%)、胃窦部117例(41.2%);十二指肠83例(29.2%),其中球部60例(21.1%)、球后部位(降部、水平部和升部)23例(8.1%);小肠24例(8.5%),其中空肠5例(1.8%)、回肠19例(6.7%);大肠10例(3.5%),其中结肠(升结肠、横结肠、降结肠)共3例、阑尾1例、乙状结肠5例、直肠1例。

穿孔大小:直径小于1 cm者194例(68.3%),直径范围为1~2 cm者68人(23.9%),穿孔直径大于2 cm者22例(7.8%)。

2.2 影像学表现

284名患者于术前行至少一种影像学检查,其中248名(87.3%)患者术前影像诊断为胃肠道穿孔,5例为炎症改变,31例未作阳性诊断。

2.2.1 X线表现 282例术前行X线摄影,见腹腔内游离气体征象者(总阳性人数)214例(75.9%)。

行站立位X线摄影者253例,显示腹腔内游离气体征象者192例(75.8%)。其中,见膈下游离气体者186例(73.5%);另见其他气腹征者83例(32.8%),包括前上方气泡征28例(11.1%),肝区透亮影29例(11.5%),局限性透亮18例(7.1%),总督帽和圆顶征各5例(2.0%),双壁征、海豚征和肝缘显影征各3例(1.2%)。77例同时显示膈下游离气体和其他气腹征,6例只显示其他气腹征。

行仰卧位X线摄影者134例(其中包括123例CT扫描定位像),见腹腔内游离气体征者92例(68.7%)。包括前上方气泡征37例(27.6%)、肝区透亮影37例(27.6%)、膈下透亮征24例(17.9%)、局限性透亮征16例(11.9%)、左上腹小气泡征18例(13.4%)、双壁征14例(10.4%)、镰状韧带显影征12

例(9.0%)、圆顶征10例(7.5%)、总督帽征9例(6.7%)、三角征3例(2.2%)、海豚征3例(2.2%),圆韧带裂隙征、肝缘显影征、胆囊显影征各1例(0.7%)。本组病例未见倒V征、脐尿管征和足球征。

X线征象阳性率与穿孔部位和穿孔大小之间的关系见表2和表3。表2表明X线征象阳性率与穿孔部位、穿孔大小之间差异具有统计学意义。另外,站立位与仰卧位X线摄影阳性率的差异无统计学意义($\chi^2=2.69, P=0.11$)。

表2 消化道穿孔部位与影像学征象阳性率之间的关系

Tab.2 Relationships between perforation sites and positive rates of imaging signs

穿孔部位	X线征象		CT征象		US征象	
	阳性	阴性	阳性	阴性	阳性	阴性
胃	136	30	73	4	31	57
十二指肠	65	17	28	3	18	32
小肠	7	17	10	2	9	10
大肠	6	4	3	0	5	2
P值	$\chi^2=28.7, P<0.05$		$P=0.37^*$		$P=0.32^*$	

* Fisher 确切概率法

表3 消化道穿孔大小与影像学征象阳性率之间的关系

Tab.3 Relationships between perforation sizes and positive rates of imaging signs

穿孔大小	X线征象		CT征象		US征象	
	阳性	阴性	阳性	阴性	阳性	阴性
直径小于1 cm	153	39	80	8	42	77
直径为1~2 cm	49	19	26	0	17	17
直径大于2 cm	12	10	8	1	4	7
P值	$\chi^2=7.3, P<0.05$		$P=0.26^*$		$\chi^2=2.4, P>0.05$	

* Fisher 确切概率法

2.2.2 CT表现 出现直接征象111例,出现间接征象110例。

123例于术前行CT检查,诊断为消化道穿孔114例(92.7%),其中见腹腔游离气体106例(86.2%)、腹腔积液87例(70.7%)、肠壁外局限性小气泡84例(68.3%)、脂肪间隙条纹征66例(53.6%)、节段性肠壁增厚48例(39.0%)、肠壁不连续28例(22.8%)、脓肿/炎性包块4例(3.3%)。CT未见直接征象者12例,其中7例出现腹腔积液,3例出现节段性肠壁增厚,4例出现脂肪间隙条纹征,1例无任何征象。

穿孔部位和大小与CT征象阳性率之间的关系见表2和表3,可知CT征象阳性率与大小、穿孔部位差异无统计学意义。

2.2.3 US表现 直接征象(腹腔游离气体)3例,间接征象66例。

164例术前行US检查,诊断为穿孔者69例(42.1%)。其中见腹腔游离积液63例(38.4%)、腹腔游离气体3例(1.8%)、胃肠道蠕动减弱3例(1.8%)。未见穿孔US征象者95例(57.9%)。从表2和表3可知穿孔部位和大小与US阳性率征像差异无明显统计学意义。

2.3 3种影像学检查总体阳性率之间的两两比较

3种影像学检查总体阳性率(X线75.9%、CT92.7%、US42.1%)之间的两两比较见表4。由表4可知,X线摄影对胃肠道穿孔的阳性率优于US($P<0.05$),而CT则优于X线摄影($P<0.05$)。

表4 3种影像检查阳性率的两两比较

Tab.4 Pairwise comparison of the positive rates of 3 kinds of imaging examinations

比较项目	χ^2 值	P 值
X线 vs CT	15.7	<0.05
X线 vs US	51.1	<0.05
US vs CT	77.9	<0.05

3 讨论

消化道穿孔是急腹症的常见原因之一。本组病例中,以中青年男性多见,最常见的病因为消化性溃疡(83.5%);以胃(56.3%)穿孔最多见,其中胃窦部占68.8%;最常见的症状是出现不同程度腹痛(93.0%),影像学检查是诊断胃肠道穿孔的主要依据。

X线检查发现腹腔内游离气体即气腹征是诊断胃肠道穿孔的直接征象。站立位腹部平片显示膈下游离气体在临床工作中一直被强调和重视,本组病例中站立位腹部X线摄影对膈下游离气体的显示率为73.5%。膈下游离气体的出现和气体量主要取决于穿孔的解剖部位、穿孔的大小、肠腔内的气体量以及穿孔是如何发生的^[19]。本组病例中,胃穿孔、十二指肠穿孔、小肠穿孔和大肠穿孔时立位腹部平片膈下游离气体的发现率分别为82.7%、79.2%、26.3%、50.0%。除了膈下游离气体征外,站立位腹部X线摄影也可显示其他气腹征,本组病例中立位腹部X线摄影中32.8%出现其他气腹征。提高对其他气腹征的

认识有助于胃肠道穿孔的X线诊断效能。胃肠道穿孔患者的仰卧位腹平片上常常出现两种及以上气腹征象^[20],疑似消化道穿孔患者的仰卧位腹平片中观察到一种气腹征象,而又不确定时可以尝试寻找多一种气腹征象支持诊断。

在临床实践中,急性腹痛患者行仰卧位腹部X线摄影并不少见,或因初步诊断未考虑胃肠道穿孔,或因患者不能取站立位行X线摄影。大部分影像医生与临床医生缺乏对膈下游离气体以外的气腹征象的认识和学习,因此容易出现漏诊。本组病例中仰卧位腹部X线摄影对气腹征的显示率为68.7%。仰卧位腹平片上气腹征象较多并且大部分征象重叠在腹腔软组织影上,当气体量较少时表现为腹腔软组织影上局部的密度减低、形态多变、边缘较模糊;另外当气体量较大时,出现大片密度减低或部分腹腔韧带被气体衬托出来表现为条片状的致密影,这时需要注意腹部两侧对比。

CT在胃肠道穿孔的病因诊断和穿孔定位方面可提供较多信息^[21]。CT被认为是诊断气腹最敏感的方式^[22],敏感性和特异性为80%~100%^[23],诊断穿孔部位的准确率达86%^[11]。可根据腹腔游离气体的分布情况大致预测穿孔的部位,胃、肝周围出现大量气体时,提示近端消化道穿孔;游离气体或气液平面跨越中线,镰状韧带显影及肝圆韧带裂隙征等都可提示胃、十二指肠穿孔;当小网膜囊内出现气体时,最有可能穿孔的部位是胃、十二指肠后壁;结肠和小肠发生穿孔时常常与肠系膜或者乙状结肠隐窝积气相关联;右肾前间隙内出现游离气体是诊断十二指肠球部以上穿孔的可靠征象^[14, 21, 24]。肠壁外局限性小气泡、节段性肠壁增厚、肠壁局限性缺损等3种影像学特征是预测胃肠道穿孔部位的强相关因素,其中肠壁外局限性小气泡为最强预测因素^[19]。本组病例中CT影像上判断为肠壁外局限性小气泡的一共84例,其中13例与手术证实部位不相符,肠壁外局限性小气泡在定位上的准确率约84.5%。由于部分腹腔内出现气体量较大,气体分布范围较广泛,根据腔外小气泡判断穿孔部位存在一定难度,气体于腹腔内的分布受较多因素影响(如体位、时间)。肠壁不连续是胃肠道穿孔的直接征象,观察到此征象即可直接定位穿孔部位,但是这一征象能观察到的概率低于50%。主要原因是病灶穿孔太小^[25],本组病例中约72.2%穿孔直径小于1 cm,共观察到肠壁中断只有28例(22.8%)。另外,节段性肠壁增厚在本研究中只有48例,其中有44例经手术证实穿孔部位与肠壁节段增厚部位相符,准确率达91.7%。在初步诊断出胃肠

道穿孔时,如果未能观察到肠壁不连续和节段性肠壁增厚这两征象时,应注意腹腔游离气体的分布和肠腔外局限性小气泡的位置。除了上述征象外,局限的脂肪间隙条纹和局限性积液对穿孔的定位也有一定预测价值,Oguro^[26]等的研究表明在预测上消化道穿孔部位上,直接征象比间接征象更敏感,下消化道穿孔位置的预测恰恰与此相反。尽管CT在气腹、腹腔积液或者穿孔定位诊断上明显优于X线和US检查,但其辐射大、价格高,对于病人量大的门诊或者急诊来说,不可能作为首选检查,应在X线和US检查均未有阳性发现时采用。

US检查发现胃肠道穿孔所致气腹的阳性率差异较大,有文献报道直接征象显示率达89%,但对检查者的检查技巧要求较高^[27]。US检查对气腹的诊断阳性率低,肠腔内外气体鉴别存在困难。虽然US检查在识别腹腔内游离气体并不敏感,但能观察到腹腔积液和肠麻痹^[28]。本组病例有12例(约4.2%)影像学检查只出现腹腔积液。腹腔积液可以是穿孔的唯一征象^[29],因此在腹平片上未见膈下游离气体时,US检查能为临床提供更多穿孔的信息。但是腹腔积液的成因较多,无法从图像上判断积液是否为胃肠道穿孔所致,因此需与各种漏出性腹腔积液、渗出性腹腔积液及血性积液相鉴别。另外,US可以探及穿孔部位周围,肠壁增厚、粘膜回声连续性中断、病变处血流信号增多、腹腔包块等征象有助于胃肠道穿孔的定位^[30],弥补X线摄影的不足。因此,对于急性腹痛疑消化道穿孔者X线摄影阴性时,可行US检查,但并不推荐首选或单独行US检查

综上所述,X线摄影依然是疑胃肠道穿孔者的首选影像学检查。膈下游离气体只是胃肠道穿孔所致气腹的X线征象之一,在临床工作中应增强对气腹其他X线征象的认识以提高X线摄影对胃肠道穿孔的诊断价值。当X线摄影出现阳性征象时,可不再行进一步检查或不需要联合做CT检查及US检查,可根据临床需要选择CT检查辅助穿孔部位的定位。当X线摄影未能发现游离气体时,应选择无辐射、经济快捷的US检查,CT检查应作为X线和US检查均呈阴性后的检查手段。

【参考文献】

- [1] CHIU Y H, CHEN J D, TIU C M, et al. Reappraisal of radiographic signs of pneumoperitoneum at emergency department[J]. *Am J Emerg Med*, 2009, 27(3): 320-327.
- [2] LEWICKI A M. The rigler sign and Leo G. Rigler[J]. *Radiology*, 2004, 233(1): 7-12.
- [3] CHO K C, BAKER S R. Extraluminal air. Diagnosis and significance[J]. *Radiol Clin North Am*, 1994, 32(5): 829-844.

- [4] CHO K C, BAKER S R. Visualization of the extrahepatic segment of the ligamentum teres: a sign of free air on plain radiographs [J]. *Radiology*, 1997, 202(3): 651-654.
- [5] RADIN R, VAN ALLAN R J, ROSEN R S. The visible gallbladder: a plain film sign of pneumoperitoneum [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1996, 167(1): 69-70.
- [6] CHO K C, BAKER S R. Depiction of diaphragmatic muscle slips on supine plain radiographs: a sign of pneumoperitoneum [J]. *Radiology*, 1997, 203(2): 431-433.
- [7] CHO K C, BAKER S R. Air in the fissure for the ligamentum teres: new sign of intraperitoneal air on plain radiographs [J]. *Radiology*, 1991, 178(2): 489-492.
- [8] PINTO A, MIELE V, LAURA S M, et al. Spectrum of signs of pneumoperitoneum [J]. *Semin Ultrasound CT MR*, 2016, 37(1): 3-9.
- [9] RAMPTON J W. The football sign [J]. *Radiology*, 2004, 231(1): 81-82.
- [10] MARSHALL G B. The cupola sign [J]. *Radiology*, 2006, 241(2): 623-624.
- [11] FAGGIAN A, BERRITTO D, IACOBELLIS F, et al. Imaging patients with alimentary tract perforation: literature review [J]. *Semin Ultrasound CT MR*, 2016, 37(1): 66-69.
- [12] ONGOLOZOGO P, BORSON O, GARCIA P, et al. Acute gastroduodenal peptic ulcer perforation: contrast-enhanced and thin-section spiral CT findings in 10 patients [J]. *Abdom Imaging*, 1999, 24(4): 329-332.
- [13] THORNTON E, MENDIRATTA-LALA M, SIEWERT B, et al. Patterns of fat stranding [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2011, 197(1): 1-14.
- [14] YEUNG K W, CHANG M S, HSIAO C P, et al. CT evaluation of gastrointestinal tract perforation [J]. *Clin Imaging*, 2004, 28(5): 329-333.
- [15] IMUTA M, AWAI K, NAKAYAMA Y, et al. Multidetector CT findings suggesting a perforation site in the gastrointestinal tract: analysis in surgically confirmed 155 patients [J]. *Radiat Med*, 2007, 25(3): 113-118.
- [16] VALENTINO M, BAROZZI L. *Ultrasonographic assessment of gastrointestinal perforation [M]//Imaging of Alimentary Tract Perforation*. Springer International Publishing, 2015: 15-21.
- [17] MURADALI D, WILSON S, BURNS P N, et al. A specific sign of pneumoperitoneum on sonography: enhancement of the peritoneal stripe [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1999, 173(5): 1257-1262.
- [18] GRASSI R, DI M R, PINTO A, et al. Serial plain abdominal film findings in the assessment of acute abdomen: spastic ileus, hypotonic ileus, mechanical ileus and paralytic ileus [J]. *Radiol Med*, 2004, 108(1-2): 56-70.
- [19] HAINAUX B, AGNEESSENS E, BERTINOTTI R, et al. Accuracy of MDCT in predicting site of gastrointestinal tract perforation [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 187(5): 1179-1183.
- [20] LEVINE M S, SCHEINER J D, RUBESIN S E, et al. Diagnosis of pneumoperitoneum on supine abdominal radiographs [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1991, 156(4): 731-735.
- [21] FURUKAWA A, SAKODA M, YAMASAKI M, et al. Gastrointestinal tract perforation: CT diagnosis of presence, site, and cause [J]. *Abdom Imaging*, 2005, 30(5): 524-534.
- [22] PINTO A, SCAGLIONE M, GIOVINE S, et al. Comparison between the site of multislice CT signs of gastrointestinal perforation and the site of perforation detected at surgery in forty perforated patients [J]. *Radiol Med*, 2004, 108(3): 208-217.
- [23] CADENAS RODRÍGUEZ L I, MARTÍ DE GRACIA M, SATURIO GALÁN N, et al. Use of multidetector computed tomography for locating the site of gastrointestinal tract perforations [J]. *Cir Esp*, 2013, 91(5): 316-323.
- [24] KIM S H, SANG S S, YONG Y J, et al. Gastrointestinal tract perforation: MDCT findings according to the perforation sites [J]. *Korean J Radiol*, 2009, 10(1): 63-70.
- [25] BROFMAN N, ATRI M, HANSON J M, et al. Evaluation of bowel and mesenteric blunt trauma with multidetector CT [J]. *Radiographics*, 2006, 26(4): 1119-1131.
- [26] OGURO S, FUNABIKI T, HOSODA K, et al. 64-slice multidetector computed tomography evaluation of gastrointestinal tract perforation site: detectability of direct findings in upper and lower GI tract [J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(6): 1396-1403.
- [27] 武心萍, 杭桂芳, 丁文波, 等. 超声对胃肠道穿孔及穿孔部位声像图的临床研究 [J]. *放射学实践*, 2008, 23(12): 1387-1389.
- WU X P, HANG G F, DING W B, et al. Clinical assessment of diagnosis of gastrointestinal tract perforation and its location by ultrasound [J]. *Radiologic Practice*, 2008, 23(12): 1387-1389.
- [28] COPPOLINO F, GATTA G, GREZIA G D, et al. Gastrointestinal perforation: ultrasonographic diagnosis [J]. *Crit Ultrasound J*, 2013, 5(Suppl 1): S4.
- [29] GRASSI R, PINTO A, ROSSI G, et al. Conventional plain-film radiology, ultrasonography and CT in jejuno-ileal perforation [J]. *Acta Radiol*, 1998, 39(1): 52-56.
- [30] 贾化平, 梁会泽, 孙志英, 等. 超声诊断十二指肠球部溃疡穿孔 [J]. *中国介入影像与治疗学*, 2010, 7(2): 110-112.
- JIA H P, LIANG H Z, SUN Z Y, et al. Ultrasonographic diagnosis of duodenal bulb ulcer combined with perforation [J]. *Chinese Journal of Interventional Imaging and Therapy*, 2010, 7(2): 110-112.

(编辑:薛泽玲)