

急诊床边肺部超声改良方案 对新型冠状病毒肺炎患者肺部病灶的 评估价值

黄毅¹ 董雪² 郑瑜² 赵洁² 王思翰¹ 郭晓茹¹ 于铭³

【摘要】目的 以胸部CT影像学为依据,探讨急诊床边肺部超声改良方案(BLUE-plus)评估新型冠状病毒肺炎(COVID-19)肺部病变的临床价值。**方法** 对西安市COVID-19定点医院西安市胸科医院2020年1~2月收治的22例COVID-19确诊病例按BLUE-plus行肺部超声动态检查,并与胸部CT进行对比,分别采用Kappa检验和ROC曲线分析其一致性和诊断准确性。**结果** 22例COVID-19确诊病例按照BLUE-plus进行肺超声检查可见病灶多分布于后蓝点、下蓝点垂直向后与同侧腋后线的交点(PLAPS点),BLUE-plus与胸部CT检查的一致性Kappa值为0.73(95%CI: 0.442~1.018, $P < 0.001$)。BLUE-plus发现肺部病变的灵敏度为94.7%,特异度为83.3%,准确度为93.2%。患者在COVID-19进展期超声图像特征为B线逐步变为小斑片状肺实变,逐渐加重为大片状实变,且实变病灶内支气管充气征逐渐减少。患者于COVID-19恢复期超声图像特征与进展期相反。**结论** BLUE-plus可用于评估COVID-19患者的肺部病变及动态变化,为临床判断患者病情进展与恢复提供动态信息。

【关键词】 新型冠状病毒肺炎; 肺部超声; 急诊床边肺部超声改良方案

Evaluation value of bedside lung ultrasound in emergency-plus for pulmonary lesions in patients with coronavirus disease 2019 Huang Yi¹, Dong Xue², Zheng Yu², Zhao Jie², Wang Sihan¹, Guo Xiaoru¹, Yu Ming³.
¹Department of Ultrasound, Xi'an Chest Hospital, Xi'an 710100, China; ²Department of Ultrasound, Xi'an Central Hospital, Xi'an 710003, China; ³Department of Ultrasound, Xijing Hospital, Air Force Medical University, Xi'an 710032, China

Corresponding author: Zheng Yu, Email: 1606409129@qq.com

【Abstract】Objective To explore the clinical value of bedside lung ultrasound in emergency-plus (BLUE-plus) for assessing pulmonary lesions of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) based on chest CT imaging. **Methods** Total of 22 patients with COVID-19 admitted to Xi'an Chest Hospital (COVID-19 designated hospital in Xi'an) from January to February 2020 were dynamically examined by BLUE-plus, and compared with chest CT examination, the consistency and diagnostic accuracy were analyzed by Kappa test and ROC curve, respectively. **Results** Among the 22 confirmed cases with COVID-19 according to BLUE-plus, the lesions were mostly distributed in the intersection of the posterior and lower blue dots and the ipsilateral posterior axillary line, which were named as posterolateral alveolar and/or pleural syndrome (PLAPS) point, and the consistent Kappa value between BLUE-plus and chest CT was 0.73 (95%CI: 0.442-1.018, $P < 0.001$). The sensitivity, specificity and accuracy of BLUE-plus on lung lesions were 94.7%, 83.3% and 93.2%. During the progressive period, the ultrasound image characteristics of patients with COVID-19 gradually changed from B ray to small patchy pulmonary consolidation, gradually aggravated to large sheet consolidation, and the bronchial inflation sign in the consolidation lesion was gradually reduced. The features of ultrasound image in recovery period of COVID-19 were

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1358.2022.03.002

基金项目: 陕西省重点研发计划项目(No. 2021SF-260); 陕西省重点研发计划项目(No. 2021SF-015); 西安市科技计划项目(No. J201902024); 陕西省两链融合重点专项(No. 2021LL-JB-06)

作者单位: 710100 西安市, 西安市胸科医院超声科¹; 710004 西安市, 西安市中心医院超声科²; 710032 西安市, 空军军医大学西京医院超声医学科³

通信作者: 郑瑜, Email: 1606409129@qq.com

opposite to the progressive period. **Conclusions** BLUE-plus could be used to evaluate lung lesions and dynamic changes of patients with COVID-19. The application of ultrasound in these patients could provide dynamic imaging evidence in the evaluation of disease courses and therapeutic efficacy.

【Key words】 Coronavirus disease 2019; Lung ultrasound; Bedside lung ultrasound in emergency-plus

由严重急性呼吸综合征冠状病毒2型(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2)引起的新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019, COVID-19)为新发传染性疾病,临床主要以发热、乏力、干咳为主要表现,少数患者可伴有鼻塞、流涕、咽痛和腹泻等症状。目前,胸部CT是COVID-19患者的主要影像学学检查方法,但对肺部病灶的实时评估有一定困难^[1-2]。而超声具有安全、无创、方便、快速、可重复性强的优点,目前已经成为肺部疾病诊断评估的有效方法^[3-5]。急诊床边肺部超声改良方案(bedside lung ultrasound in emergency plus, BLUE-plus)为目前推荐的肺部超声标准化方案^[6],通过对上蓝点、下蓝点、膈肌点、下蓝点垂直向后与同侧腋后线的交点(posterolateral alveolar and/or pleural syndrome point, PLAPS)、后蓝点5个标准点进行检查,可快速评估肺部病变,尤其适用于床旁病情评估。本研究以胸部CT影像学表现为依据,探讨BLUE-plus方案评估COVID-19确诊患者肺部病变及其动态变化的应用价值,报道如下。

资料与方法

一、一般资料

选取西安市COVID-19定点医院西安市胸科医院2020年1~2月收治并确诊的22例COVID-19患者,其中男性12例、女性10例,年龄27~81岁(平均年龄 (44.53 ± 16.72) 岁)。根据我国卫生健康委员会发布的《新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)》^[2]为依据,诊断为轻型0例,普通型21例,重型1例,危重型0例。根据COVID-19患者临床症状及CT影像学变化将入院确诊患者病程分为病情进展期(病情进行性加重,出现明显咳嗽、胸闷、喘憋及呼吸困难,胸部CT表现为渗出性病变增多、病变范围扩大)和病情恢复期(体温逐渐恢复正常,呼吸道症状逐渐减轻)^[7]。

入组确诊病例根据《新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)》^[2]中诊断标准纳入:疑似病例:(1)COVID-19流行病学史:(2)临床

表现:①伴发热和(或)呼吸道症状;②具有COVID-19影像学特征;③发病早期白细胞总数正常或降低,淋巴细胞计数减少。

在此疑似病例基础上,若具有以下病原学证据之一者为确诊病例:①实时荧光RT-PCR检测SARS-CoV-2核酸阳性;②病毒基因测序,与已知SARS-CoV-2高度同源。

本研究得到西安市胸科医院伦理委员会批准(审批号:2020-S0001),并征得患者充分知情同意。

二、检查方法

入组患者均先行胸部CT检查,再于1 h内行BLUE-plus方案超声检查:采用SonoScape P50(开立P50)、PLLIP EPIQ5彩色超声诊断仪,配置凸阵探头(1~9 MHz)及线阵探头(3~17 MHz),同时用覆膜及75%酒精做好仪器防护消毒,操作医生三级防护,操作前未知CT详细结果。

按BLUE-plus方案进行肺部超声检查:患者取仰卧位及侧卧位,检查者除拇指外其余八指并拢覆盖与一侧胸部,上方手小指紧贴锁骨,双手指尖位于前正中线。5个检查标准点位置分别为:①上蓝点:位于上方手第3、4掌指关节之间;②下蓝点:位于下方手掌心处;③膈肌点:下方手小指下缘为膈肌线,该线向后的延长线与腋中线的交点;④PLAPS点:下蓝点向后延长线与腋后线的交点;⑤后蓝点:肩胛下线与脊柱之间的区域。依次探查上述各点区域,留取动态图1~3 s,存储后由2位工作经验5年以上的超声医师分析图像,并进行一致性检验。

三、统计学处理

采用SPSS 21.0软件行统计学分析,以CT检查结果为基准,采用ROC曲线分析肺部超声显示肺部病灶的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确率。通过Kappa检验计算Kappa值, $Kappa < 0.2$ 为两者一致性较差; $0.2 \sim 0.4$ 为两者一致性一般; $0.4 \sim 0.6$ 为两者一致性中等; $0.6 \sim 0.8$ 为两者一致性较强; $0.8 \sim 1.0$ 为两者一致性很强。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、22例COVID-19患者肺部异常超声征象

本研究共检测22例患者的44侧肺，统计220个BLUE-plus方案标准扫查点，观察到肺部异常二维超声征象共计310个（见表1），主要表现：病

表1 COVID-19 患者 BLUE-plus 方案标准部位异常超声征象 [例 (%)]

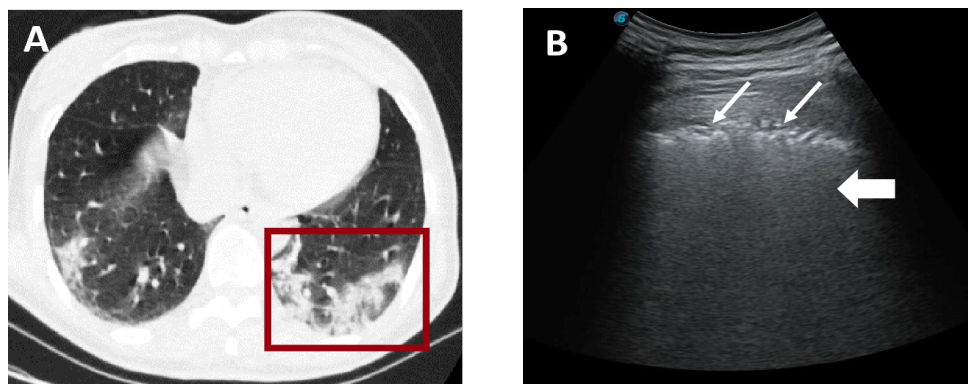
肺部超声异常征象	征象个数 (n = 310)	标准点个数 (n = 220)
胸膜线欠光滑、欠连续	39 (12.6)	80 (36.4)
胸膜下碎片征（实变影）	55 (17.7)	110 (50.0)
胸膜下支气管充气征	38 (12.3)	85 (38.6)
B线增多/融合B线	103 (33.2)	175 (79.5)
胸膜局限性增厚	20 (6.4)	50 (22.7)
胸腔积液	26 (8.4)	35 (15.9)
肺滑动征消失/减弱	29 (9.4)	21 (9.5)

灶处胸膜线欠光滑、欠连续，胸膜下碎片征，胸膜下支气管充气征，可见B线增多或融合B线，胸膜局限性增厚，胸腔局限性积液，肺滑动征消失/减弱。另外，在55个较大面积的实变影（即胸膜下碎片征），彩色多普勒超声（color doppler flow imaging, CDFI）显示实变病灶内呈乏血供表现共51个，占肺实变影的92.7%。

二、22例COVID-19患者肺部超声及胸部CT特征比较

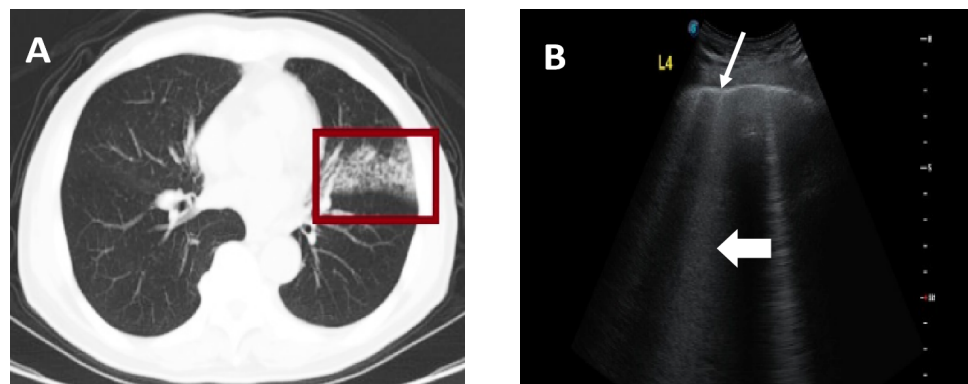
1. COVID-19患者肺部病变的影像学特征：22例患者胸部CT示其中16例患者双侧肺均可见病灶，6例患者单侧肺可见病灶，多表现为大片状磨玻璃影及实变影。BLUE-plus方案超声检查示15例患者双侧肺可见异常回声，7例患者单侧肺可见异常回声。

胸部CT示磨玻璃影病灶于肺部超声可表现为胸膜线毛糙不光滑，可见多条B线或弥漫性融合B线（图1~2）；而实变影病灶可表现为胸膜下实变



注：A：CT示左肺下叶可见大片状磨玻璃影；B：超声示后蓝点胸膜线不光滑，毛糙不连续，呈鹅卵石路面样改变（细箭头所示），后伴弥漫性B线，A线消失（粗箭头所示）

图1 典型COVID-19病例1胸部CT和肺部超声



注：A：CT示左肺中下叶可见较大片状磨玻璃影；B：超声示膈肌点胸膜线不光滑（细箭头所示），毛糙处见多条B7线（粗箭头所示）

图2 典型COVID-19病例2胸部CT和肺部超声

肺组织，内可见支气管充气征，实变肺组织呈乏血供表现（图3~5），同时高频超声检查可见病灶处局限性胸膜增厚及胸腔积液（图5）。

2. 肺部CT示COVID-19患者肺部病变分布：22例患者CT检查示病灶以双肺多发，且病灶部位多位于双肺下叶，其次为左肺上叶、右肺中叶及上叶，见表2。

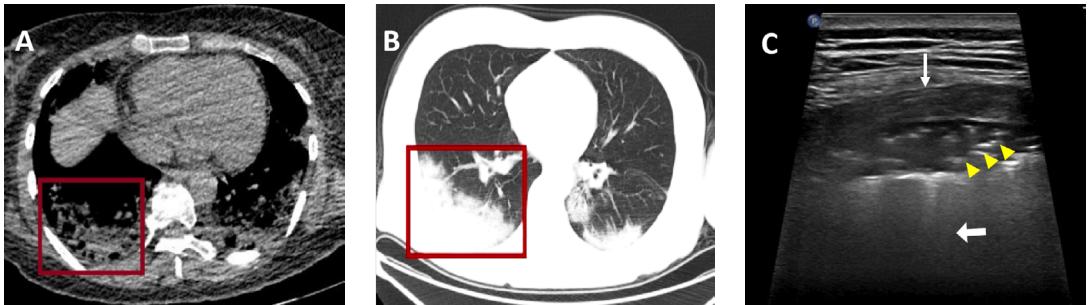
表 2 胸部 CT 示 22 例 COVID-19 患者肺内病变分布

CT肺内病变部位	例 (%)
左肺上叶	16 (72.7)
左肺下叶	22 (100.0)
右肺上叶	14 (63.6)
右肺中叶	14 (63.6)
右肺下叶	20 (90.9)



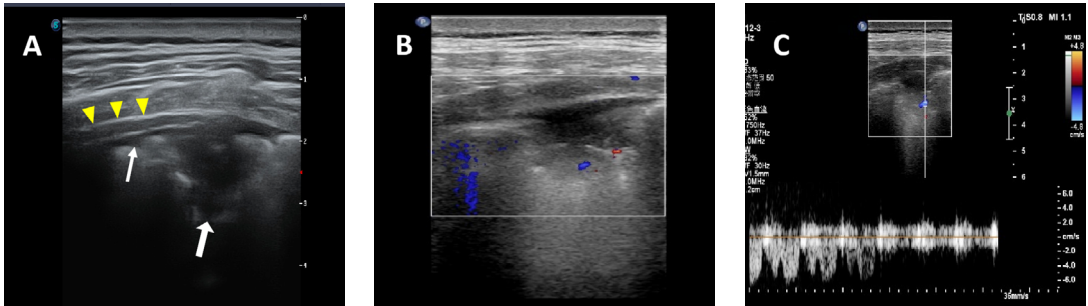
注：A~B：CT示左肺下叶可见大片状磨玻璃影及实变影；C：超声示PLAPS点可见胸膜线连续中断（细箭头所示），片状暗淡实变肺组织（粗箭头所示），细支气管肺泡充气征（三角所示）

图3 典型COVID-19病例3胸部CT和肺部超声



注：A~B：CT示两肺多叶多段可见大片状磨玻璃影及实变影，以右肺为著；C：超声示后蓝点可见胸膜线欠连续、中断（细箭头所示），胸膜下可见长条样实变影，其内多个线样、等号样强回声（细支气管肺泡充气征，三角所示），实变肺组织后伴大量弥漫性B线（粗箭头所示），A线消失

图4 典型COVID-19病例4胸部CT和肺部超声



注：A：高频线阵探头显示右下肺野PLAPS点可见胸膜局限性增厚（三角所示），局限性胸腔积液（细箭头所示），胸膜下“碎片征”（粗箭头所示）；B：CDFI显示胸膜下病灶成乏血供，仅见细小点状血流信号；C：PW录得实变病灶周边血流呈静脉频谱

图5 典型COVID-19病例5肺部超声

3. BLUE-plus方案对每侧肺各个标准点周围肺组织检查发现：病变多为双肺发病，且最多分布于PLAPS点（即大致位于肺下叶外侧基底段）、后蓝点周围（即大致位于肺下叶背段及后基底段）；其次为膈肌点（即大致位于肺下叶前基底段）、下蓝点周围（即大致位于右肺中叶或左肺舌叶）；上蓝点周围（即大致位于肺上叶前段）较少累及（表3），与胸部CT所示病变分布特征基本一致。

4. BLUE-plus方案与胸部CT一致性检验：COVID-19患者44侧肺胸部CT显示肺部病变阳性38侧，病变阴性6侧，BLUE-plus方案显示病变阳性37侧，病变阴性7侧。Kappa值为0.73（95%CI：0.442~1.018、 $P < 0.001$ ），BLUE-plus方案所示COVID-19患者肺部病变与胸部CT一致性相对较强，见表4。

BLUE-plus方案对COVID-19患者肺部病变具有较高的诊断效能，其灵敏度为94.7%、特异度为83.3%，阳性预测值为97.2%，阴性预测值为71.4%，准确度为93.2%（图6）。

5. BLUE-plus方案动态监测肺部病变：22例患

者病灶进展期持续约10.5 d，恢复期持续约10.7 d，平均住院时间为（21.23 ± 5.26）d，住院期间采用BLUE-plus方案（平均3~4次/人）对COVID-19患者肺部病灶超声特征进行动态监测，发现进展期的超声变化规律为早期肺周胸膜线毛糙、欠光滑，逐渐可见胸膜下小斑片状肺实变，再进展为胸膜下大片不规则肺实变及大量融合B线，实变组织内可见支气管充气征，可伴胸膜局限性增厚。恢复期肺部超声可见肺实变病灶逐渐缩小，实变内支气管充气征增多，直至肺部病灶大部分消失或仅残留结节或条索样实变影及少量B线变化过程。

本研究中有2例普通型COVID-19患者合并糖尿病，患者在动态随访观察期间的超声图像特征为：病灶于进展期播散范围较广，实变范围较大，且实变组织不易吸收、残留时间久；病灶于恢复后期仍可见小片状实变影及固定B线。

22例患者痊愈时采用BLUE-plus方案超声检查，19例患者肺部仍存在异常征象，分别为胸膜线欠光滑、欠连续19例，B线增多18例，融合B线5例，胸膜局限性增厚3例，胸膜下碎片征2例（图7）。

表3 BLUE-plus 方案标准部位示 22 例 COVID-19 患者 44 侧肺内病变分布

BLUE-plus标准部位	侧 (%)
上蓝点	15 (31.8)
下蓝点	20 (45.5)
膈肌点	20 (45.5)
后蓝点	24 (54.4)
PLAPS点	32 (72.7)

表4 BLUE-plus 方案与胸部 CT 检测 22 例 COVID-19 患者 44 侧肺部病变一致性 (侧)

检测方法	改良BLUE方案		
	阳性	阴性	合计
胸部CT	36	2	38
	1	5	6
合计	37	7	44

注：Kappa 值 = 0.73 (95%CI: 0.442 ~ 1.018、 $P < 0.001$)

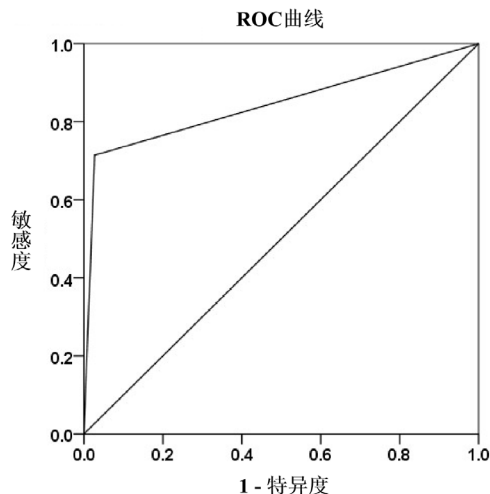
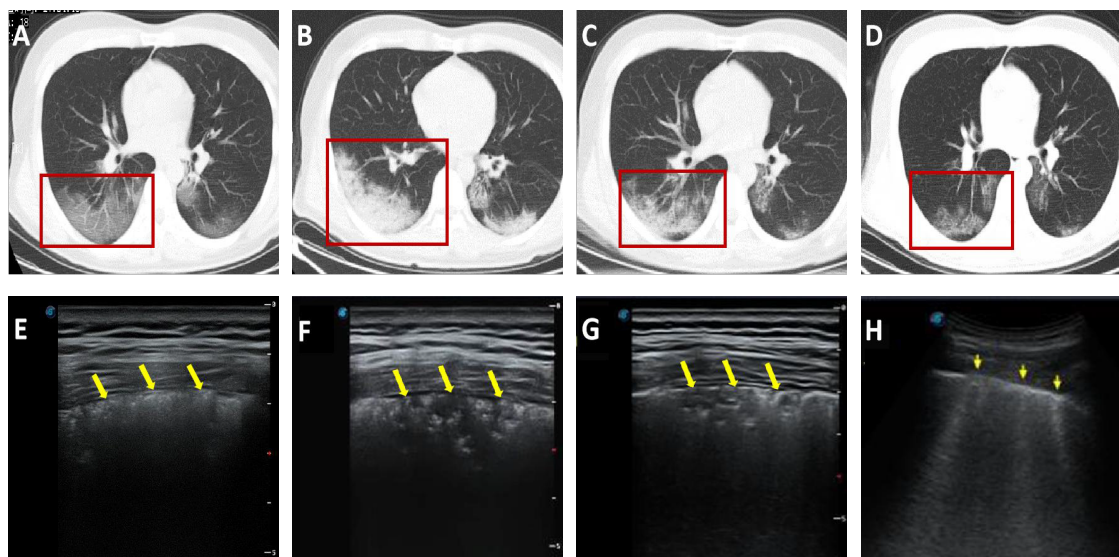


图6 BLUE-plus方案对COVID-19患者肺部病变诊断的ROC曲线



注: A: 进展早期CT示右下叶大片状磨玻璃影; B: 进展后期CT示右下叶有较大的胸膜下软组织阴影; C: 恢复期CT示双侧肺实变逐渐被吸收(与B相比); D: 恢复后期CT示肺实变大部分被吸收(与C相比); E: 进展早期超声示胸膜线中断, A线消失, 可见融合B线呈“瀑布征”(箭头所示); F: 进展后期超声示相应的胸膜线不连续, 伴有胸膜下实变和支气管充气征(箭头所示); G: 恢复期超声示实变病灶缩小(与F相比), 肺实变中高回声气体增多(箭头所示); H: 恢复后期超声示病灶基本消失(与G相比), 残留少量B线(箭头所示)

图7 典型COVID-19病例6胸部CT和肺部超声

讨 论

目前, COVID-19诊断依据主要是流行病学史、实验室检查、胸部CT及病毒核酸检测等, 但胸部CT检查时需将患者转运到CT室, 转运途中防控防疫要求较高, 存在一定的院内感染风险^[8], 尤其对于老年人、免疫功能缺陷以及妊娠期女性等易感人群应需具备更高要求的隔离及防护^[9], 且放射线暴露不利于对COVID-19患者病情变化的多次评估。超声对于肺部疾病的检查及诊断在国内外已经研究推广^[10-11], 有研究表明肺部超声在COVID-19相关性肺损伤患者的诊治中发挥着重要作用^[12], 且床旁超声具有移动方便, 可多次反复、连续动态观察肺部疾病的超声图像变化^[13], 可为疾病的诊断、发展及恢复提供有力的影像学依据。

应用BLUE-plus方案进行肺部超声检查有利于操作的标准化和规范化, 有助于提高肺部超声的准确性。COVID-19肺部超声评估主要依靠B线和肺实变, 推荐依据BLUE-plus方案进行, 是目前肺部超声公认的标准化、规范化的操作和诊断流程。早期用于肺部超声检查的BLUE-plus方案只有上蓝点、下蓝点、后壁及/或侧壁肺泡和(或)胸膜综合征点(PLAPS点)的检查, 对病变区域检查不够全面, 而此方案增加了后蓝点检查, 即肩胛下线

和脊柱间的区域, 增大了双肺后区检查范围, 明显提高了病变检出的准确性。本研究中, 应用BLUE-plus方案监测COVID-19患者肺部病变与胸部CT检查一致性相对较强($Kappa = 0.73$), 其灵敏度为94.7%、特异度为83.3%, 阳性预测值为97.2%, 阴性预测值为71.4%, 准确度为93.2%。

COVID-19患者均有可能发生肺实变、肺不张, 且多发生在重力依赖区, 即肺下叶背段^[14-15], 胸部CT示病灶以双肺多发, 多位于肺外周或胸膜下, 以下肺多见^[16-18]。本研究中22例COVID-19患者行胸部CT检查亦显示双肺多发病灶, 且以双肺后下肺野最为多见, 与前期研究一致。BLUE-plus方案超声检查同样发现病灶以双肺多发, 且多分布于PLAPS点、后蓝点周围(即肺部后下区); 下蓝点、膈肌线周围(即肺部前下区及腋下区)病变分布次之; 上蓝点周围(即肺部前上区)病变较少累及, 与CT检查结果一致。

本研究入组患者的肺部异常征象中, 以B线增多或融合B线最多见, 与林军等^[19]报道的普通型COVID-19患者肺部超声特点一致。B线是垂直并起源于胸膜线, 向深部放射状排列直达屏幕下缘的线性强回声, 是由于肺内含水量增多形成的超声伪像效应^[20]。当B线间隔 ≥ 7 mm时称“B7”线, 提示小叶间隔增厚, 存在间质水肿或病变, 当B线间

隔 ≤ 3 mm时称“B3”线,提示与肺泡水肿或实变有关^[21-22]。COVID-19患者肺损伤的早期病理学特征主要表现为肺水肿、蛋白渗出、肺间质增厚以及肺泡腔内炎性细胞浸润等^[23]渗出性病变,上述病理改变可减低肺实质含气量,是导致B线增多或融合B线产生的病理基础^[24-25]。

本研究入组患者超声检查发现炎性渗出处(CT示磨玻璃样改变处)肺部胸膜线不光滑欠连续、局部中断或局限性增厚,应用高频超声可见该病变处胸膜下“碎片征”或长条形、结节样实变低回声分布,实变病灶内可见支气管充气征,B线明显增多、部分病灶周围可有少量局限性胸腔积液。本研究结果与张瑶等^[26]结果类似,表明普通型COVID-19患者肺部超声主要特征为异常增多的B线或融合B线,胸膜线不规则、不光滑以及胸膜下不规则“碎片征”。

同时应用BLUE-plus方案对住院COVID-19患者进行肺部超声动态监测,可在床边重复多次使用,从而能实时、连续地监测患者肺部病灶超声征象发展及其变化,反映肺部损伤严重程度以及治疗变化,为临床医生评估患者病情进展、严重程度、疗效评价、调整治疗方案及预判患者预后提供影像学依据,因此具有重要的临床价值^[27-28]。超声检查无辐射暴露,特别是对儿童和孕妇更为有益,可作为一种安全的床边成像选择,同时也是目前弥补COVID-19患者临床救治中缺乏大型放射检查设备及人员不足的一种有效方法。

本研究COVID-19患者应用BLUE-plus方案进行肺部超声检查的“额外”发现:22例患者肺部超声及胸部CT结果对比发现,有1侧肺经BLUE-plus方案检查发现局部肺区存在少量B7线,但胸部CT检查该部位正常,分析其原因可能是新冠肺炎患者肺间质含水量增加但不足以导致CT影像学变化。同时有3处胸膜下“小碎片征”仅显示于高频浅表超声,最大前后径约为0.6 cm,可能由于实变过于微小,而高频超声对于浅表异常更易检出,但患者因其他区域有显著的CT改变并不影响其最终诊断。

普通肺炎患者行肺部超声检查时,肺实变内多可见分枝状血流信号^[29],但本研究中患者CDFI显示92.7%肺实变病灶内呈乏血流表现,这可能与COVID-19病理改变及病程进展有关,但这一特征性表现也可作为评估COVID-19病情变化的参考依据,也是不同于CT影像技术的特点。

应用BLUE-plus方案进行COVID-19患者肺部超声检查的局限性:①因COVID-19发病及病程进展快,本研究纳入的COVID-19患者相对较少,且绝大多数样本为普通型肺炎,但仍能客观反映出BLUE-plus方案在诊断COVID-19患者肺部病变的重要价值。本研究为应用BLUE-plus方案进行COVID-19诊断的初步研究。增加样本量,可能会得出更有价值的结果,有待于进一步探讨。②从5个标准点对每侧肺进行检查,主要观察5个标准点周围的肺组织,基本覆盖超声可显示肺野,但仍有少数区域可能遗漏,如腋下区上部。③患者肋骨、肩胛骨等骨质声影、体型肥胖、不便挪动等因素也会导致超声检查困难,造成漏诊。④超声只能观察到胸膜及其周围肺组织的病变,对于距离胸膜较远的病变无法显示。但根据目前CT诊断COVID-19的经验,胸膜线和胸膜下肺部改变广泛存在,这种影像学改变为超声监测相关病变提供了可能。⑤超声属于近距离密切接触型检查,为防交叉感染,对COVID-19确诊病例及疑似病例行超声检查时操作者需在三级防护下进行,故在一定程度上降低了操作灵活性。

综上,BLUE-plus方案可实时、有效、无创、无辐射地显示COVID-19患者肺部病变分布、特征及动态变化,可与胸部CT检查相辅相成、相互补充,快速便捷地为病情判断提供动态资料。

参 考 文 献

- [1] Wang C, Horby PW, Hayden FG, et al. A novel coronavirus outbreak of global health concern[J]. *Lancet*,2020,395(10223):470-473.
- [2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)[EB/OL]. [2020-02-18]. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7653p/202002/8334a8326dd94d329df351d7da8aefc2.shtml>.
- [3] Singh S, Kaur H, Singh S, et al. Basic insights of lung ultrasonography in critical care setting[J]. *Cureus*,2018,10(12):e3702.
- [4] Lei J, Li J, Li X, et al. CT imaging of the 2019 novel Coronavirus (2019-nCoV) pneumonia[J]. *Radiology*,2020,295(1):18.
- [5] Rouby JJ, Arbelot C, Gao Y, et al. Training for lung ultrasound score measurement in critically ill patients[J]. *Am J Respir Crit Care Med*,2018,198(3):398-401.
- [6] Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill[J]. *Chest*,2015,147(6):1659-1670.
- [7] 贾平, 高税, 刘平, 等. 新冠肺炎患者总病程及影响因素分析[J]. *现代医药卫生*,2021,37(11):1800-1803.
- [8] 田瑛, 王静, 孔双双, 等. 重型及危重型新型冠状病毒肺炎患者床旁肺超声特征[J]. *华中科技大学学报(医学版)*,2020,49(6):716-720.
- [9] 梁毓, 王树玉. 妊娠期新型冠状病毒肺炎研究进展[J/CD]. *中华实验和临床感染病杂志(电子版)*,2021,15(2):73-77.
- [10] 杨勇, 王臻, 杜虹, 等. 肺部超声在甲型H7N9流感重症肺炎中的应用

- 用[J/CD]. 中华医学超声杂志(电子版),2019,16(1):72-76.
- [11] Lichtenstein D. Lung ultrasound in the critically ill[J]. *Curr Opin Crit Care*,2014,20(3):315-322.
- [12] Smith MJ, Hayward SA, Innes SM, et al. Point-of-care lung ultrasound in patients with COVID-19--a narrative review[J]. *Anaesthesia*,2020,75(8):1096-1104.
- [13] 兰长利. 急诊及床旁肺脏超声对急性呼吸窘迫综合征的价值[J]. *实用医学影像杂志*,2017,18(1):80-82.
- [14] 陈卫挺, 陈英姿, 陈仁辉, 等. 改良BLUE方案在ICU患者肺实变评估中的应用[J]. *浙江医学*,2019,41(8):826-828.
- [15] 李慧, 周曙俊, 王大明, 等. 改良床旁肺部超声评估方案在重症患者肺实变和肺不张诊断中的应用探讨[J]. *中国卫生标准管理*,2016,7(12):142-143.
- [16] 刘发明, 丁惠玲, 龚晓明, 等. 新型冠状病毒肺炎(COVID-19)的胸部CT表现与临床特点[J]. *放射学实践*,2020,35(3):266-268.
- [17] 龚晓明, 李航, 宋璐, 等. 新型冠状病毒肺炎(COVID-19) CT表现初步探讨[J]. *放射学实践*,2020,35(3):261-265.
- [18] 车清林, 高燕军, 冀笑笑, 等. 新型冠状病毒肺炎磨玻璃密度影的HRCT特点探讨及解剖病理基础[J]. *CT理论与应用研究*,2020,29(4):399-406.
- [19] 林军, 李焕兴, 罗霖, 等. 新型冠状病毒肺炎患者肺部超声特征[J/CD]. *中华实验和临床感染病杂志(电子版)*,2021,15(1):37-45.
- [20] 何罗宜, 赖洁, 汤展宏. 床旁重症超声肺部B线形成因素探究及其与氧合相关性研究[J]. *临床急诊杂志*,2018,19(8):518-523.
- [21] 曾丽钦, 吕国荣, 李雅雅, 等. 肺部超声B线征形成机制的离体实验研究[J]. *中国超声医学杂志*,2019,35(6):560-562.
- [22] 张立涛. 肺部超声在成年肺炎患者中的临床应用及研究进展[J]. *中国全科医学*,2018,21(17):2134-2137.
- [23] 王慧君, 杜思昊, 岳霞, 等. 冠状病毒肺炎的病理学特征回顾与展望[J]. *法医学杂志*,2020,36(1):16-20.
- [24] 龙冰清, 熊曾, 刘进康. 以磨玻璃影为主要表现的肺部感染性病变影像学鉴别诊断[J]. *中国感染控制杂志*,2020,19(3):214-221.
- [25] Baldi G, Gargani L, Abramo A, et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care:a pilot study[J]. *Intensive Care Med*,2013,39(1):74-84.
- [26] 张瑶, 杨学平, 何楠, 等. 肺超声在不同临床分型新型冠状病毒肺炎中的应用[J/CD]. *中华实验和临床感染病杂志(电子版)*,2021,15(3):158-163.
- [27] 祝静, 杨远征, 徐昉, 等. 肺部超声在重症监护中的综合应用进展[J]. *临床超声医学杂志*,2018,20(5):47-49.
- [28] 陈卫挺, 陈英姿, 陈仁辉, 等. 改良BLUE方案在ICU患者肺实变评估中的应用[J]. *浙江医学*,2019,41(8):826-828.
- [29] Blaivas M. Lung ultrasound in evaluation of pneumonia[J]. *J Ultrasound Med*,2012,31(6):823-826.

(收稿日期: 2021-10-27)

(本文编辑: 孙荣华)

黄毅, 董雪, 郑瑜, 等. 急诊床边肺部超声改良方案对新型冠状病毒肺炎患者肺部病灶的评估价值[J/CD]. *中华实验和临床感染病杂志(电子版)*, 2022,16(3):150-157.