

气道内超声弹性成像鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的临床价值

杨 芳 姜 川 廖江荣

摘 要 **目的** 探讨气道内超声弹性成像鉴别诊断肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的临床应用价值。**方法** 选取于我院就诊的疑似肺癌患者 87 例(共 147 个淋巴结),经超声引导下支气管针吸活检证实良性 56 个,恶性 91 个。应用二维超声观察淋巴结形态、最大径、回声类型、内部回声分布及边缘是否清晰;气道内超声弹性成像获取淋巴结弹性评分及应变率比值,比较良恶性淋巴结二维超声和气道内超声弹性成像检查结果的差异。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析二维超声图像特征和定量参数,以及气道内超声弹性成像参数鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的诊断效能。**结果** 二维超声检查显示,良恶性淋巴结最大径、形态回声类型、内部回声分布及边缘是否清晰比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。气道内超声弹性成像检查显示,良恶性淋巴结弹性评分分别为 (1.85 ± 0.97) 分和 (3.36 ± 0.91) 分,应变率比值分别为 20.62 ± 17.12 和 87.67 ± 49.17 ,差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。ROC 曲线分析显示,弹性评分和应变率比值鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的曲线下面积(AUC)分别为 0.854 和 0.931,二者比较差异有统计学意义($P < 0.05$),且均高于二维超声图像特征和定量参数的 AUC,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。**结论** 气道内超声弹性成像可有效鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性,具有较好的临床应用价值。

关键词 超声检查;气道内;弹性成像;肺癌;纵隔淋巴结;良恶性

[中图分类号]R445.1

[文献标识码]A

Clinical value of endobronchial ultrasound elastography in the differential diagnosis of benign and malignant hilar and mediastinal lymph nodes in patients with lung cancer

YANG Fang, JIANG Chuan, LIAO Jiangrong

Department of Respiratory, Guizhou Aerospace Hospital, Guizhou 563000, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the clinical application value of endobronchial ultrasound elastography in the differential diagnosis of benign and malignant hilar and mediastinal lymph nodes in patients with lung cancer. **Methods** A total of 87 patients with suspected lung cancer from our hospital were selected. And a total of 147 lymph nodes were examined by ultrasound-guided transbronchial needle aspiration, which confirmed 56 benign and 91 malignant lymph nodes. The shape, maximum diameter, echo type, internal echo distribution, and edge clarity of lymph nodes were observed by two-dimensional ultrasound, while the ultrasound elasticity score and strain rate ratio were observed by endobronchial ultrasound elastography. The differences of the results of two-dimensional ultrasound and endobronchial ultrasound elastography between benign and malignant lymph nodes were compared. Receiver operating characteristics (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of two-dimensional sonographic features, quantitative parameters, and endobronchial ultrasound elastographic parameters in the differential diagnosis of benign and malignant hilar and mediastinal lymph nodes in patients with lung cancer. **Results** Two-dimensional ultrasound showed that there were significant differences in maximum diameter, shape, echo type, internal echo distribution, and margin clarity between benign and malignant lymph nodes (all $P < 0.05$). Endobronchial ultrasound elastography showed that the elasticity score of benign and malignant lymph nodes were (1.85 ± 0.97) points and (3.36 ± 0.91) points,

基金项目:遵市科合 HZ 字(2022)178 号;遵市科合 HZ 字(2023)422 号

作者单位:563000 贵州省遵义市,贵州航天医院呼吸科

通讯作者:廖江荣, Email: ljr3409@sina.com

respectively, and the strain ratios were 20.62 ± 17.12 and 87.67 ± 49.17 , respectively. The difference were statistically significant (both $P < 0.001$). ROC curve analysis showed that the areas under the curve (AUC) of elasticity score and strain ratio in differentiating benign and malignant hilar and mediastinal lymph nodes in patients with lung cancer were 0.854 and 0.931, respectively. The difference was statistically significant ($P < 0.05$), which were higher than AUC of two-dimensional sonographic features and quantitative parameters (all $P < 0.05$). **Conclusion** Endobronchial ultrasound elastography can effectively distinguish benign and malignant hilar and mediastinal lymph nodes in lung cancer patients, demonstrating good clinical application value.

KEY WORDS Ultrasonography; endobronchial; Elastography; Lung cancer; Mediastinal lymph nodes, benign and malignant

目前肺癌是全球第二大癌症,患者生存率仅约 18%,肺癌的早期诊断、分期及治疗是提高患者生存率的关键^[1]。在肺癌的诊断过程中,准确鉴别肺门纵隔淋巴结良恶性对于确定肿瘤的分期具有决定性作用,同时也对制定治疗方案和评估患者预后具有重要意义^[2-4]。尽管临床上已有多种检查方法(如纵隔镜检查、胸腔镜检查及气道内超声)用于评估淋巴结情况,但在鉴别淋巴结良恶性方面均存在一定的局限性^[5]。近年来,超声弹性成像因其能够提供组织硬度信息而在临床广泛应用。与传统的超声检查相比,超声弹性成像能够准确反映组织的生物力学特性,有助于鉴别良恶性病变^[6]。气道内超声弹性成像作为一种新兴技术,在肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的鉴别诊断中应用较少。基于此,本研究旨在探讨气道内超声弹性成像鉴别诊断肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的临床应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2019 年 3 月至 2022 年 10 月于我院就诊的疑似肺癌患者 87 例,其中男 55 例,女 32 例,年龄 28~83 岁,平均(64.32 ± 9.52)岁,临床表现主要为呼吸困难、咯血、胸痛、咳痰、咳嗽等呼吸系统疾病相关症状;共 147 个淋巴结,最大径 7.9~33.2 mm,平均(17.23 ± 4.64)mm。所有淋巴结均经超声引导下支气管针吸活检证实,其中良性 56 个,包括淋巴结炎 34 个,淋巴结结核 13 个,结节病 9 个;恶性 91 个,包括鳞癌 28 个,腺癌 23 个,非小细胞低分化癌 21 个,小细胞癌 19 个。纳入标准:①年龄 >18 岁;②胸部增强 CT 扫描显示纵隔淋巴结肿大;③心肺功能正常,能够配合完成相关检查。排除标准:①凝血功能异常或存在出血倾向;②正接受抗凝药物治疗;③高血压且通过药物难以控制;④严重心律失常、近期有心肌缺血或心肌梗死病史;⑤严重呼吸功能障碍,伴低氧血症;⑥一般情况差,无法完成相关检查。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有患者及家属均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用奥林巴斯 EU-ME2 Premier Plus 超声内镜和 BF-UC 260FW 超声支气管镜,探头频率 7.5 MHz。

2. 二维超声检查:所有患者超声检查前禁食禁饮至少 6 h,均经静脉注射芬太尼和丙泊酚进行全身麻醉,实时监测血压、心率、呼吸频率和氧饱和度等生命体征。然后连接超声内镜探头,观察肺门纵隔淋巴结情况,记录每个淋巴结的形态(圆形、非圆形)、最大径(淋巴结最大短径)、回声类型(低回声、非低回声)、内部回声分布(均匀、不均匀)及边缘是否清晰。

3. 气道内超声弹性成像检查:于二维超声清晰显示病变淋巴结及足够周围正常组织时切换至超声弹性成像模式,获取相对稳定、清晰的弹性成像图,参照淋巴结弹性成像标准^[7]进行气道内超声弹性成像评分,具体为:① $\geq 80\%$ 切面区域显示为绿色或红色评为 1 分;50%~80%切面区域显示为绿色或红色评为 2 分;50%~80%切面区域显示为蓝色评为 3 分; $\geq 80\%$ 切面区域显示为蓝色评为 4 分。在确定目标淋巴结与周围正常组织图像显示稳定后测量应变率,分别选择不包含周围正常组织的病变淋巴结区域(区域 1)与病变淋巴结相同大小的正常组织区域(区域 2),测量其应变率并计算应变率比值。所有检查均由同一具有 10 年以上工作经验的超声医师完成,弹性评分和应变率比值均重复测量 5 次取平均值。

4. 超声引导下支气管针吸活检:于超声支气管镜下观察目标淋巴结内部及周围血管情况,确定穿刺位点,待超声支气管镜固定后将 22 G 穿刺针固定于工作孔道,实时监测穿刺针在淋巴结内的位置及与周围组织的关系,待穿刺针进入淋巴结后拔出穿刺针内芯,用 20 ml 负压注射器于超声实时引导下各方位反复抽吸 10~20 次,最后用内芯推出针内活检组织。每个目标淋巴结穿刺 3 次,由 2 名经验丰富的临床医师配合完成上述操作,获取淋巴结病理结果。

三、统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采

用独立样本 t 检验;计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析二维超声图像特征和定量参数,以及气道内超声弹性成像参数鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的诊断效能,曲线下面积(AUC)比较采用 Delong 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、二维超声检查结果比较

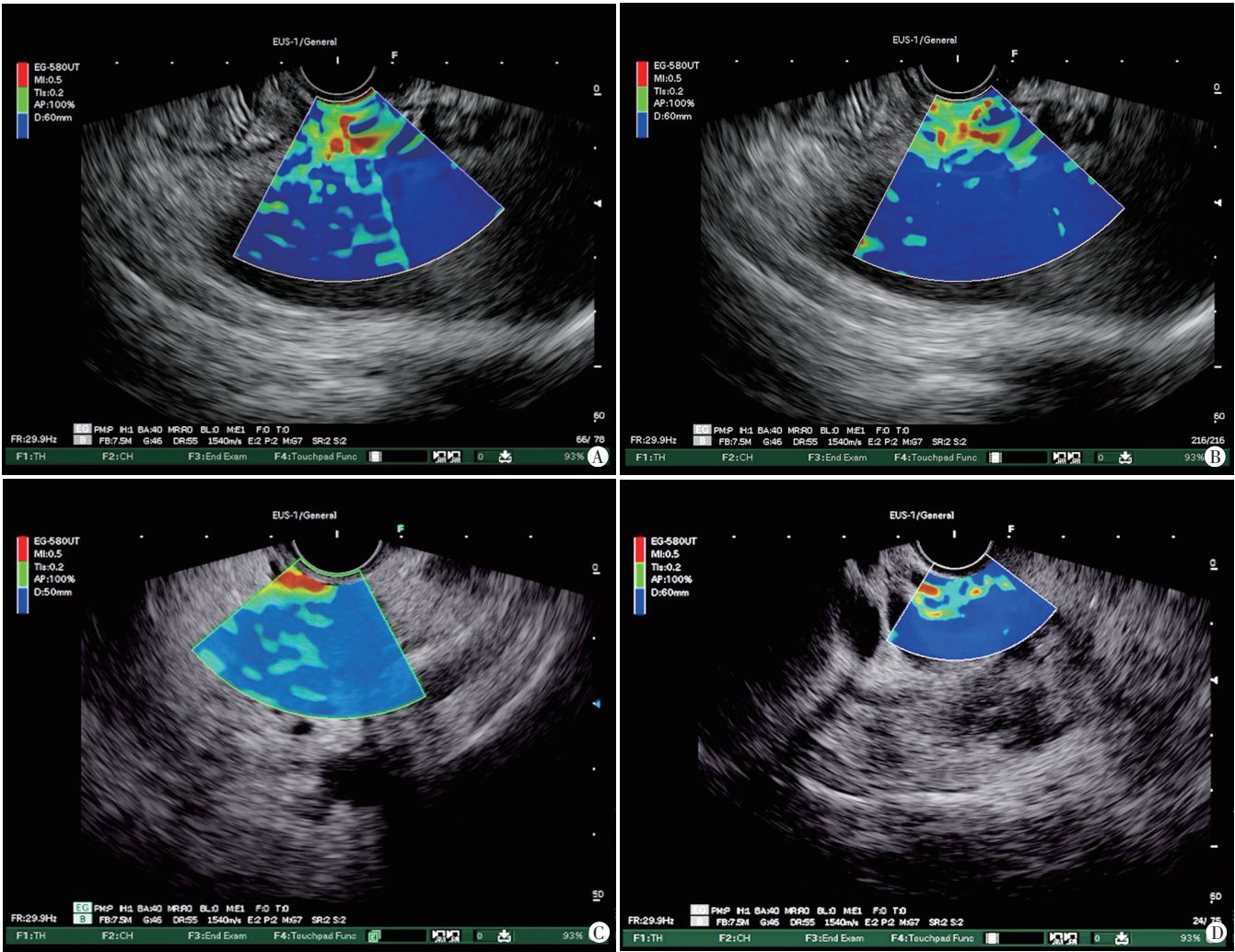
表 1 良恶性淋巴结二维超声检查结果比较

病理结果	最大径		形态		回声类型		内部回声分布		边缘清晰	
	<10 mm	≥10 mm	圆形	非圆形	低回声	非低回声	均匀	不均匀	是	否
良性(56)	43	13	46	10	25	31	35	21	23	33
恶性(91)	17	74	15	76	71	20	24	67	16	75
χ^2 值	8.220		4.929		5.407		8.137		9.053	
P 值	<0.001		<0.001		0.008		0.004		<0.001	

良性淋巴结最大径为 7.9~19.2 mm,恶性淋巴结最大径为 9.3~33.2 mm。良恶性淋巴结最大径、形态、回声类型、内部回声分布及边缘是否清晰比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 1。

二、气道内超声弹性成像检查结果比较

良恶性淋巴结弹性评分分别为 (1.85 ± 0.97) 分和 (3.36 ± 0.91) 分,应变率比值分别为 20.62 ± 17.12 和 87.67 ± 49.17 ,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。见图 1。良恶性淋巴结弹性评分分布情况见表 2。



A:淋巴结炎患者(男,51岁)弹性评分1分;B:淋巴结结核患者(女,47岁)弹性评分2分;C:腺癌患者(女,53岁,弹性评分3分;D:鳞癌患者(男,67岁)弹性成像评分4分

图 1 良恶性淋巴结气道内超声弹性成像图

表2 良恶性淋巴结弹性评分分布情况				
病理结果	1分	2分	3分	4分
良性	25	17	8	6
恶性	6	6	26	53

三、ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示,弹性评分和应变率比值鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的 AUC 分别为 0.854 和 0.931,差异有统计学意义($P<0.05$),且均高于二维超声图像特征和定量参数的 AUC,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 3 和图 2。

表3 二维超声图像特征和定量参数、弹性成像参数鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的 ROC 曲线分析

方法	AUC 及其 95% 可信区间	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	准确率 (%)	P 值
最大径	0.734(0.656~0.774)	10 mm	80.7	76.8	79.3	0.023
回声类型	0.664(0.605~0.694)		78.4	53.9	69.2	0.005
内部回声分布	0.559(0.519~0.579)		73.7	38.5	60.5	0.016
边缘是否清晰	0.703(0.625~0.743)		83.1	57.7	73.6	<0.001
弹性评分	0.854(0.756~0.904)	2.5 分	85.6	76.8	82.4	<0.001
应变率比值	0.931(0.813~0.991)	32.07	88.0	80.7	85.1	<0.001

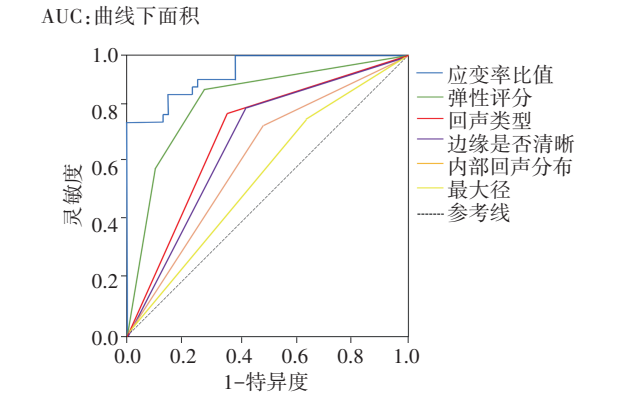


图2 二维超声图像特征和定量参数、弹性成像参数鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的 ROC 曲线图

讨 论

肺癌是临床常见的恶性肿瘤之一,其预后的关键在于早期诊断和准确的临床分期。传统诊断纵隔淋巴结方法如 CT、PET-CT 和纵隔镜检查等虽可在一定程度上评估淋巴结状态,但无法准确鉴别淋巴结良恶性,导致治疗决策欠佳,存在一定的局限性^[8]。随着医疗技术的进步,超声引导下支气管针吸活检逐渐在临床上广泛应用,其不仅能在术前对肺癌进行准确分期,且并发症发生风险较低。欧洲呼吸病协会肺癌指南^[9]也推荐使用超声引导下支气管针吸活检对疑似或确诊的肺癌患者进行分期^[10]。近年来,气道内超声弹性成像作为一种新兴的诊断手段为评估肺癌纵隔淋

巴结情况提供了新的视角,该技术通过定量评估组织硬度,有助于鉴别淋巴结良恶性,其临床价值已被多项研究^[11-12]证实。本研究旨在探讨气道内超声弹性成像在肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性鉴别中的应用价值,以期临床诊断提供依据。

研究^[13]表明,超声支气管镜显示淋巴结形态为圆形、内部回声不均匀、边缘清晰和凝固性坏死均为预测淋巴结转移的独立影响因素(均 $P<0.05$)。本研究二维超声检查结果显示良恶性淋巴结最大径、形态、回声类型、回声分布及边缘是否清晰比较差异均有统

计学意义(均 $P<0.05$),与上述研究结果相似,提示淋巴结最大径的增加、形态及回声的变化均与恶性风险有关^[14]。恶性淋巴结的一个重要特征是内部回声不均匀,分析原因可能为肿瘤细胞首先浸润淋巴结边缘,随后逐渐向整个淋巴结扩散,形成一种不均匀的浸润模式,这种浸润过程往往伴随淋巴结的坏死和融合,

因此二维超声表现为不均匀回声。但本研究发现其作为单一超声图像特征鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的特异度较低,仅 38.5%,这可能是因为部分良性淋巴结也表现出不均匀回声,从而影响了其诊断特异性^[15]。良恶性淋巴结边缘是否清晰存在差异的原因可能为受浸润的淋巴结通常呈低回声,而周围组织与病变淋巴结之间的声阻抗增加,进而导致淋巴结边缘呈高回声,分界不清晰。此外,本研究还发现以边缘清晰对肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性进行鉴别诊断的灵敏度较高(83.1%),这可能与肿瘤组织浸润导致淋巴结体积增大有关。

尽管二维超声在鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性中具有一定的价值,但其准确率仍有待提高,目前超声弹性成像已成为常规超声检查的重要补充,可为临床诊断提供新的思路^[16],从而优化治疗方案,提高肺癌患者的治疗效果。本研究采用应变力弹性成像获取肺癌患者肺门纵隔良恶性淋巴结的弹性评分和应变率比值,结果显示恶性淋巴结弹性评分和应变率比值均高于良性淋巴结,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),且诊断准确率高于二维超声参数,表明气道内超声弹性成像在肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的鉴别诊断中具有一定潜力,可为临床提供更为精确的信息^[17-18]。其中应变率比值可反映病变组织与周

围正常组织硬度的差异,所得结果更为客观,有助于提高诊断准确性和可重复性。

本研究 ROC 曲线分析显示,应变率比值鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性的 AUC 为 0.931,高于二维超声图像特征和定量参数,以及弹性评分,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),表明应变率比值具有较高的诊断效能。与既往研究^[17]结果一致。此外,本研究中应变率比值的截断值为 32.07,具有较高的诊断特异度和灵敏度,有助于减少不必要的穿刺损伤,提高了诊断的阳性率。但 Verhoeven 等^[19]研究指出,虽然应变率比值是一个相对可靠的诊断参数,但在某些情况下可能受到技术限制或操作者经验的影响,因此,临床需进一步优化技术应用和提高操作者技能,以提高诊断的准确性。

本研究的局限性:①样本量较小;②超声弹性成像可能受操作者水平和经验的影响,具有一定的主观性;③仅关注了淋巴结的形态学特征,对于其内部的微观结构分析不足。今后可扩大样本量,进行多中心、大样本的长期临床研究,引入人工智能和机器学习技术,以验证本研究结果的适用性和稳定性。

综上所述,气道内超声弹性成像可有效鉴别肺癌患者肺门纵隔淋巴结良恶性,具有较好的临床应用价值。

参考文献

- [1] Duma N, Santana-Davila R, Molina JR. Non-small cell lung cancer: epidemiology, screening, diagnosis, and treatment [J]. *Mayo Clin Proc*, 2019, 94(8): 1623-1640.
- [2] 胡晓维, 赵伟和, 邹俊勇, 等. 支气管镜吸活检术在老年非小细胞肺癌患者淋巴结分期中的诊断效率与安全性 [J]. *中华老年医学杂志*, 2020, 39(10): 1161-1164.
- [3] Mountain CF, Dresler CM. Regional lymph node classification for lung cancer staging [J]. *Chest*, 1997, 111(6): 1718-1723.
- [4] 冒楷, 周晓琪, 张海峰. 非小细胞肺癌患者术前 EBUS-TBNA 淋巴结分期与术后病理分期一致性探讨 [J]. *现代肿瘤医学*, 2019, 27(7): 1158-1160.
- [5] Conte SC, Spagnol G, Biolo M, et al. A retrospective study of endobronchial ultrasound transbronchial needle aspiration versus conventional transbronchial needle aspiration in diagnosis/staging of hilar/mediastinal lymph node in lung cancer: which role in clinical practice? [J]. *Monaldi Arch Chest Dis*, 2019, 89(1): 1010.
- [6] Figueiredo VR, Cardoso PFG, Jacomelli M, et al. EBUS-TBNA versus surgical mediastinoscopy for mediastinal lymph node staging in potentially operable non-small cell lung cancer: a systematic review and Meta-analysis [J]. *J Bras Pneumol*, 2020, 46(6): e20190221.
- [7] Fournier C, Dhalluin X, Wallyn F, et al. Performance of endobronchial ultrasound elastography in the differentiation of malignant and benign mediastinal lymph nodes: results in real-life practice [J]. *J Bronchology Interv Pulmonol*, 2019, 26(3): 193-198.
- [8] 王永勇, 王家宁, 廖永德. PET/CT 及 EBUS-TBNA 对于非小细胞肺癌淋巴结转移评估作用的比较 [J]. *华中科技大学学报(医学版)*, 2017, 46(6): 683-686.
- [9] 钟文昭, 董嵩, 李磊, 等. 国际肺癌研究协会/美国胸科学会/欧洲呼吸学会肺腺癌的国际多学科分类 [J]. *循证医学*, 2011, 11(4): 193-225.
- [10] Divisi D, Zaccagna G, Barone M, et al. Endobronchial ultrasound-transbronchial needle aspiration (EBUS-TBNA): a diagnostic challenge for mediastinal lesions [J]. *Ann Transl Med*, 2018, 6(5): 92.
- [11] Jie X, Nina Q, Hexiu L, et al. Value of multimodal ultrasound combined with BRAF gene in evaluating cervical lymph node metastasis of papillary thyroid microcarcinoma [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2024, 50(8): 1183-1187.
- [12] Bulut IN, Kayadibi Y, Deger E, et al. Preoperative role of superb microvascular imaging and shear-wave elastography for prediction of axillary lymph node metastasis in patients with breast cancer [J]. *Ultrasound Q*, 2024, 40(2): 111-118.
- [13] Renata F, Miri SL, Anat S, et al. Incidental axillary lymphadenopathy found on radiation planning computed tomography [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2024, 119(5): 1464-1470.
- [14] 张芳, 张秀芹, 吕蓓丽, 等. 超声支气管镜下弹性成像与淋巴结支气管内超声成像对肺癌肺门纵隔淋巴结良恶性的鉴别诊断价值 [J]. *中国超声医学杂志*, 2019, 35(10): 897-900.
- [15] Lin CK, Yu KL, Chang LY, et al. Differentiating malignant and benign lymph nodes using endobronchial ultrasound elastography [J]. *J Formos Med Assoc*, 2019, 118(1 Pt 3): 436-443.
- [16] Fujiwara T, Nakajima T, Inage T, et al. The combination of endobronchial elastography and sonographic findings during endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration for predicting nodal metastasis [J]. *Thorac Cancer*, 2019, 10(10): 2000-2005.
- [17] Verhoeven R, Trisolini R, Leoncini F, et al. Predictive value of endobronchial ultrasound strain elastography in mediastinal lymph node staging: the E-predict multicenter study results [J]. *Respiration*, 2020, 99(6): 484-492.
- [18] 江业慧, 彭梅. 基于应变式及剪切波弹性成像联合超声常规参数预测甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的价值 [J]. *中国超声医学杂志*, 2024, 40(4): 382-385.
- [19] Verhoeven R, de Korte CL, van der Heijden E. Optimal endobronchial ultrasound strain elastography assessment strategy: an explorative study [J]. *Respiration*, 2019, 97(4): 337-347.

(收稿日期: 2023-12-25)