

基于剪切波弹性成像技术构建甲状腺乳头状癌术后淋巴结颈部转移预测模型

葛文华, 吕风荣, 白雪

核工业总医院(苏州大学附属第二医院) 超声科, 江苏 苏州 215000

[摘要] 目的 基于剪切波弹性成像技术(Shear Wave Elastography, SWE)构建甲状腺乳头状癌(Papillary Thyroid Carcinoma, PTC)术后淋巴结颈部转移的预测模型,并探讨其预测价值。方法 选取2018年12月至2021年12月于我院行甲状腺根治术治疗的132例PTC患者作为研究对象,根据颈部淋巴结是否出现转移,分为转移组(47例)和非转移组(85例)。采用常规超声的SWE模式杨氏模量测量数据[最大值(E_{\max})、最小值(E_{\min})、平均值(E_{mean})],记录患者的临床资料。采用多因素Logistic回归分析,以受试者工作特征(Receiver Operating Characteristic, ROC)曲线分析超声测量对患者发生淋巴结颈部转移的预测价值,以R软件构建贝叶斯网络模型并评价其预测效能。结果 患者淋巴结转移共发生47例(35.60%)。中央区方面,纵横区 $>1/2$ 、无淋巴门、血流分布为混乱型/边缘型、 E_{mean} 增大、 E_{\max} 增大、 E_{\min} 增大为PTC患者术后淋巴结颈部转移的危险因素($P<0.05$);颈侧区方面,无淋巴门、血流分布为混乱型/边缘型、 E_{mean} 增大、 E_{\max} 增大、 E_{\min} 增大为PTC患者术后淋巴结颈部转移的危险因素($P<0.05$)。 E_{\max} 、 E_{mean} 、 E_{\min} 及三者联合的ROC曲线下面积分别为0.885、0.876、0.843、0.896;敏感度分别为86.16%、85.39%、83.34%、87.96%;特异性分别为88.52%、87.36%、86.91%、89.64%;约登指数分别为0.747、0.728、0.703、0.776。贝叶斯网络预测模型显示中央区和颈侧区的纵横区 $>1/2$ 、无淋巴门、血流分布为混乱型/边缘型与PTC患者术后颈部淋巴结转移存在直接相关性, E_{\max} 增大、 E_{\min} 增大通过 E_{mean} 间接影响PTC患者术后颈部淋巴结转移,且贝叶斯网络模型预测的区分度和准确度均较高。结论 模型预测基于SWE诊断PTC颈部淋巴结转移具有较高的价值,临床研究可推广使用。

[关键词] 剪切波弹性成像技术;甲状腺乳头状癌;淋巴结转移;预测模型

Construction of a Prediction Model for Lymph Node Neck Metastasis After Papillary Thyroid Carcinoma Surgery Based on Shear Wave Elastography

GE Wenhua, LV Fengrong, BAI Xue

Department of Ultrasound, General Hospital of Nuclear Industry (The Second Affiliated Hospital of Soochow University),
Suzhou Jiangsu 215000, China

Abstract: **Objective** To establish a prediction model of postoperative lymph node neck metastasis in papillary thyroid carcinoma (PTC) based on shear wave elastography (SWE), and to explore its predictive value. **Methods** A total of 132 PTC patients treated with radical thyroidectomy in our hospital from December 2018 to December 2021 were selected and divided into metastatic group (47 cases) and non-metastatic group (85 cases) according to whether lymph nodes neck showed metastasis. The SWE model measurement data (E_{\max} , E_{\min} , E_{mean}) of conventional ultrasound was used to record the clinical data of the patients measured by Young's modulus. Multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the predictive value of ultrasound measurements by the receiver operating characteristic (ROC) curve, and the Bayesian network model was constructed with R software and the predictive efficacy was evaluated. **Results** Total lymph node metastasis was 47 cases (35.60%). In the central area, the risk factors of lymph node neck metastasis in PTC patients were vertical and horizontal area $>1/2$, no lymphatic gate, blood flow distribution aschaotic/marginal, E_{mean} increasement, E_{\max} increasement and E_{\min} increasement ($P<0.05$). In the lateral cervical region, the risk factors of lymph node neck metastasis in PTC patients were no lymphatic gate, blood flow distribution as chaotic/marginal, E_{mean} increasement, E_{\max} increasement and E_{\min} increasement ($P<0.05$). The area under ROC curve of E_{\max} , E_{mean} , E_{\min} and their combination were 0.885, 0.876, 0.843, 0.896, respectively. The sensitivity was 86.16%, 85.39%, 83.34% and 87.96%, respectively. The specificity was 88.52%, 87.36%, 86.91% and 89.64%. Yoden index was 0.747, 0.728, 0.703, 0.776, respectively. Bayesian network prediction model showed the vertical and horizontal area of central area and lateral cervical region $>1/2$, no lymphatic gate, blood flow distribution as chaotic/marginal were directly correlated with postoperative lymph node neck metastasis in patients with PTC. The E_{\max} increasement and E_{\min} increasement indirectly affected postoperative lymph node neck metastasis in PTC patients through E_{mean} . The Bayesian network model had high differentiation and accuracy. **Conclusion** The model prediction for the diagnosis of PTC lymph node neck metastasis based on SWE has high value and can be popularized in clinical studies.

Key words: shear wave elastography; papillary thyroid carcinoma; lymph node metastasis; prediction model

[中图分类号] R737.9; R445.1

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2023.03.007

[文章编号] 1674-1633(2023)03-0039-06

引言

甲状腺乳头状癌 (Papillary Thyroid Carcinoma, PTC) 是甲状腺癌的类型之一。目前, 治疗 PTC 常以手术治疗为主^[1]。临床实践表明, PTC 是一种惰性癌, 生长较为缓慢, 远处转移发生情况较少, 但易发生颈部淋巴结转移, 主要以中央区淋巴结为主^[2]。颈部淋巴结转移如未采取治疗措施, 病情进一步发展, 可能出现远处组织或器官的转移, 侵袭其他组织, 导致肿瘤复发, 对患者生存造成不利影响^[3-6], 且颈部淋巴结转移可为患者预后评估提供参考依据。颈部淋巴结转移的发病年龄以中年群体居多, 近年来有年轻化的趋势, 因此, 及时监测诊断颈部淋巴结转移变得尤为重要。剪切波弹性成像 (Shear Wave Elastography, SWE) 是鉴别多个器官的良恶性病变的定量弹性诊断方式, 目前在各脏器诊疗方面均有广泛的应用^[7-10]。SWE 的优点在于允许绝对量化组织刚度, 安全可靠, 客观性较强, 在评估组织硬度方面能及时监测, 从而有效实施干预手段^[11-14]。研究表明, PTC 原发灶的常规超声特征与颈部中央区淋巴结转移 (Central Lymph Node Metastasis, CLNM) 有关。本研究旨在建立基于 SWE 的甲状腺乳头状癌术后淋巴结颈部转移的预测模型, 以期临床监测提供诊疗依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2018 年 12 月至 2021 年 12 月于我院行甲状腺根治术治疗的 132 例 PTC 患者, 其中男 35 例, 女 97 例; 平均年龄 (49.26 ± 7.11) 岁。术前血清促甲状腺激素 (Thyroid-Stimulating Hormone, TSH) 水平 (2.63 ± 0.67) $\mu\text{IU/mL}$; 肿瘤直径 (1.16 ± 0.37) cm; TNM 分期: II 期 33 例、III 期 65 例、IV 期 34 例; 病灶数量: 单病灶 76 例、多病灶 56 例。根据颈部淋巴结是否出现转移, 分为转移组 (47 例) 和非转移组 (85 例)。本研究经核工业总医院医学伦理委员会批准, 患者及家属知情同意。

1.2 纳入及排除标准

纳入标准: ① 行甲状腺癌根治手术且经 SWE 检查; ② 经细胞学及组织学病理确诊为甲状腺乳头状癌; ③ 有完整的临床检查资料。排除标准: ① 除甲状腺乳头状癌外患有其他恶性肿瘤; ② 血液系统疾病; ③ 脏器有器质性病变; ④ 妊娠期或哺乳期。

1.3 观察指标

采用常规超声的 SWE 模式测量杨氏模量数据 [最大值 (E_{\max})、最小值 (E_{\min})、平均值 (E_{mean})], 记录患者的临床资料, 包括年龄、性别、体质量指数、工作状态、教育程度、纵横区、淋巴门、血流分布、钙化、液化等。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 22.0 对所得数据进行统计学分析, 计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用 t 检验; 计数资料采用 $n(\%)$ 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析影响患者术后淋巴结颈部转移的因素; 受试者工作特征 (Receiver Operating Characteristic, ROC) 曲线分析 SWE 模式的超声测量指标 E_{\max} 、 E_{\min} 、 E_{mean} 及三者联合对患者发生淋巴结转移的预测价值。采用 R 软件构建贝叶斯网络模型分析 PTC 术后颈部淋巴结转移的相关因素。以 ROC 曲线分析超声测量对患者发生淋巴结颈部转移的预测价值, 校准曲线和 Hosmer-Lemeshow 检验评价模型的准确度, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者淋巴结转移情况

患者淋巴结转移总发生 47 例 (35.60%), 其中, 中央区淋巴结转移者 32 例 (24.24%), 颈侧区淋巴结转移者 15 例 (11.36%)。

2.2 单因素分析

中央区淋巴结转移组和未转移组患者在纵横比、淋巴门、血流分布、 E_{mean} 、 E_{\max} 、 E_{\min} 方面比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 颈侧区淋巴结转移组和未转移组患者在淋巴门、血流分布、 E_{mean} 、 E_{\max} 、 E_{\min} 方面比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 1。

2.3 多因素 Logistic 回归分析 PTC 术后颈部淋巴结转移的相关因素

以 PTC 颈部淋巴结转移为因变量, 以经 2.2 中单因素分析筛选出的有统计学意义 ($P < 0.05$) 的因素为自变量。赋值情况为纵横比 $> 1/2$ (否 = 0; 是 = 1)、无淋巴门 (否 = 0; 是 = 1)、血流分布为混乱型/边缘型 (否 = 0; 是 = 1)、 E_{mean} 增大 (否 = 0; 是 = 1)、 E_{\max} 增大 (否 = 0; 是 = 1)、 E_{\min} 增大 (否 = 0; 是 = 1); 通过多因素 Logistic 分析, 结果显示, 中央区方面, 纵横区 $> 1/2$ 、无淋巴门、血流分布为混乱型/边缘型、 E_{mean} 增大、 E_{\max} 增大、 E_{\min} 增大为 PTC 患者术后颈部淋巴结转移的危险因素; 颈侧区方面, 无淋巴门、血流分布为混乱型/边缘型、 E_{mean} 增大、 E_{\max} 增大、 E_{\min} 增大为 PTC 患者术后颈部淋巴结转移的危险因素, 见表 2。

2.4 ROC 曲线分析 SWE 对患者甲状腺乳头状癌术后淋巴结颈部转移的预测价值

绘制基于 SWE 模式的超声测量指标 E_{\max} 、 E_{\min} 、 E_{mean} 对患者发生淋巴结转移的预测价值的 ROC 曲线, 计算 E_{\max} 、 E_{mean} 、 E_{\min} 及三者联合的曲线下面积 (Area Under Curve, AUC) 分别为 0.885、0.876、0.843、0.896; 敏感度分别为 86.16%、85.39%、83.34%、87.96%; 特

表1 颈部淋巴结转移的单因素分析[n (%), $\bar{x} \pm s$]

项目	中央区淋巴结				颈侧区淋巴结			
	未转移组 (n=100)	转移组 (n=32)	χ^2/t 值	P值	未转移组 (n=117)	转移组 (n=15)	χ^2/t 值	P值
纵横比			9.530	0.002			3.378	0.066
>1/2	26 (26.00)	19 (59.38)			45 (38.46)	10 (66.67)		
≤1/2	74 (74.00)	13 (40.62)			72 (61.54)	5 (33.33)		
淋巴门			27.609	<0.001			8.706	0.003
无	19 (19.00)	25 (78.12)			48 (41.03)	13 (86.67)		
有	81 (81.00)	7 (21.88)			69 (58.97)	2 (13.33)		
钙化			0.008	0.931			3.567	0.059
无	51 (51.00)	16 (50.00)			65 (55.56)	4 (26.67)		
有	49 (49.00)	16 (50.00)			52 (44.44)	11 (73.33)		
液化			0.787	0.375			0.001	0.980
无	43 (43.00)	17 (53.12)			62 (52.99)	8 (53.33)		
有	57 (57.00)	15 (46.88)			55 (47.01)	7 (46.67)		
血流分布			21.944	<0.001			18.682	<0.001
混乱型/边缘型	18 (18.00)	22 (68.75)			31 (26.50)	14 (93.33)		
中央型	82 (82.00)	10 (31.25)			86 (73.50)	1 (6.67)		
E _{mean}	75.99 ± 20.36	105.31 ± 30.11	7.299	<0.001	86.21 ± 21.37	139.66 ± 29.43	13.165	<0.001
E _{max}	88.54 ± 29.13	128.13 ± 24.22	8.712	<0.001	103.55 ± 30.16	158.34 ± 25.88	11.541	<0.001
E _{min}	60.29 ± 26.12	80.61 ± 23.64	4.864	<0.001	60.84 ± 25.12	97.22 ± 31.21	8.015	<0.001
体质量指数			0.030	0.861			0.002	0.962
≤23 kg/m ²	76 (76.00)	25 (78.13)			93 (79.49)	12 (80.00)		
>23 kg/m ²	24 (24.00)	7 (21.87)			24 (20.51)	3 (20.00)		
工作状态			0.081	0.776			0.005	0.946
工作	31 (31.00)	11 (34.38)			38 (32.48)	5 (33.33)		
退休	69 (69.00)	21 (65.62)			79 (67.52)	10 (66.67)		
教育程度			0.073	0.891			0.066	0.885
小学	31 (31.00)	11 (34.38)			41 (35.04)	5 (33.33)		
初中	61 (61.00)	19 (59.37)			69 (58.97)	9 (60.00)		
高中及以上	8 (8.00)	2 (6.25)			7 (5.99)	1 (6.67)		

表2 多因素Logistic回归分析PTC颈部淋巴结转移的相关因素

自变量	中央区				
	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P值	OR (95%CI)
纵横比> 1/2	0.466	0.128	13.254	0.001	1.594 (1.023~3.614)
无淋巴门	0.404	0.136	8.824	0.002	1.498 (1.222~4.216)
血流分布为混乱型/边缘型	0.653	0.264	6.118	0.001	1.921 (1.364~3.671)
E _{mean} 增大	0.534	0.201	7.058	0.006	1.706 (1.264~3.995)
E _{max} 增大	0.512	0.228	5.043	0.001	1.669 (1.269~4.371)
E _{min} 增大	0.544	0.231	5.546	<0.001	1.723 (1.339~4.662)
自变量	颈侧区				
	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P值	OR (95%CI)
无淋巴门	0.486	0.115	17.860	0.002	1.625 (1.236~4.137)
血流分布为混乱型/边缘型	0.611	0.267	5.237	<0.001	1.842 (1.023~4.551)
E _{mean} 增大	0.537	0.225	5.696	0.001	1.711 (1.284~4.627)
E _{max} 增大	0.490	0.138	12.608	0.002	1.633 (1.271~4.879)
E _{min} 增大	0.425	0.169	6.324	0.001	1.529 (1.227~4.319)

异性分别为 88.52%、87.36%、86.91%、89.64%；约登指数分别为 0.747、0.728、0.703、0.776，约登指数均>0.7，表明基于 SWE 的超声测量指标 E_{max}、E_{min}、E_{mean} 及三者联合对于 PTC 患者术后颈部淋巴结转移具有良好的预测价值。

2.5 贝叶斯网络模型构建及效能评估

根据多因素 Logistic 回归分析筛选的变量作为输入

端特征，利用 R 软件构建贝叶斯网络模型。模型隐层结构为中央区含有 7 个节点、6 条有向边，颈侧区含有 6 个节点、5 条有向边。利用最大似然估计法获得各节点的条件概率。中央区和颈侧区的纵横区 > 1/2、无淋巴门、血流分布为混乱型 / 边缘型与 PTC 患者术后颈部淋巴结转移存在直接关系，E_{max} 增大、E_{min} 增大通过 E_{mean} 间接影响 PTC 患者术后颈部淋巴结转移，见图 2~3。采

用ROC曲线和校准曲线评价贝叶斯网络模型预测的区分度和准确度,结果如图4所示,模型的AUC为0.913 (95%CI: 0.861~0.959, $P<0.001$), 敏感度、特异性分别为89.44%和92.67%, 区分度较好; Hosmer-Lemeshow 检验结果差异无统计学意义 ($P>0.05$), 该模型的预测指数为0.906, 表明该模型准确度较高, 见图4。

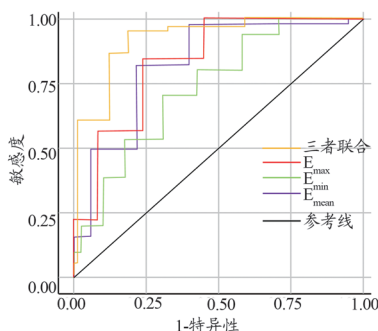


图1 基于SWE技术预测甲状腺乳头状癌术后淋巴结颈部转移的ROC曲线

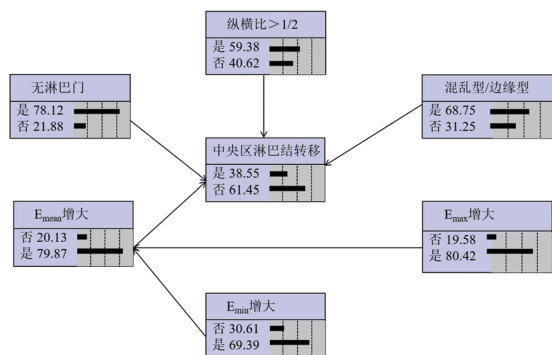


图2 中央区淋巴结转移的贝叶斯网络结构图

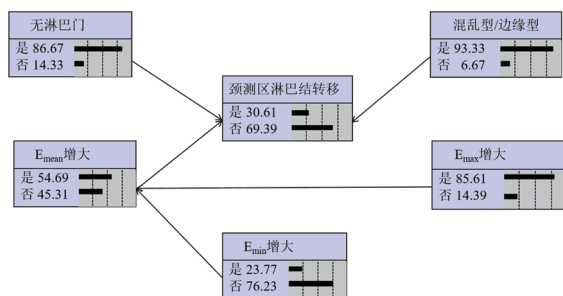


图3 颈侧区淋巴结转移的贝叶斯网络结构图

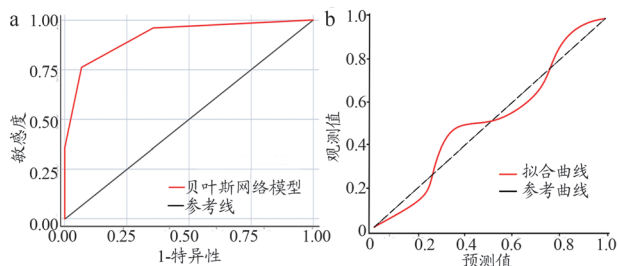


图4 贝叶斯网络结构图预测模型的区分度和校准度评价
注: a. ROC曲线; b. 校准曲线。

3 讨论与结论

近年来, 全球范围内甲状腺乳头状癌发病率呈逐年升高的趋势, 约占甲状腺癌的75%以上^[15]。研究表明, 甲状腺乳头状癌可能与遗传及相关激素分泌不协调有关, 大多以手术治疗为主^[16-18]。PTC经手术治疗后取得一定的临床疗效, 且预后效果满意度较高, 但该病极易向远端转移, 如不及时加以干预, 将会危害患者的生命安全, 因此选择合适高效的诊断技术尤为重要^[19-20]。SWE可从定量技术的角度对PTC患者进行有效筛查, 为高效评估颈部淋巴结转移提供了新的维度。汪琳等^[20]研究表明, SWE相较于常规超声检查, 临床预测价值更佳, 与本研究结果存在相似性, 不同之处在于本研究提出的贝叶斯网络模型对于PTC淋巴结转移进行预测, 发现中央区 and 颈侧区两个区域。模型在这两个区域分别包含节点数为7和6, 有向边数为6和5, 纵横区 $>1/2$ 、无淋巴门、血流分布为混乱型/边缘型与PTC患者术后颈部淋巴结转移存在直接关系, E_{max} 增大、 E_{min} 增大通过 E_{mean} 间接影响PTC患者术后颈部淋巴结转移。原因可能是术后机体内部基质组织硬度增加, 提升了肿瘤组织的侵袭性, 加速纤维化的程度, 从而增加淋巴结转移的风险^[21]。

无淋巴门、血流分布、 E_{mean} 增大、 E_{max} 增大、 E_{min} 增大是PTC患者术后颈部淋巴结转移的危险因素。另外, 中央区相比于颈侧区而言, 纵横区 $>1/2$ 是独有的危险因素, 说明临床如没有进行SWE诊断, 则可能漏诊淋巴结纵横比 $\leq 1/2$ 时的情况。黄小平等^[22]利用超声弹性成像诊断PTC, 发现虽然患者诊断过程有效, 但部分患者未出现相关的超声征象。本研究提升了对于甲状腺乳头状癌术后淋巴结颈部转移的诊断预测效能。张晓梅等^[23]研究表明, 肿瘤的扩增由新生血管和淋巴管无序扩张引起, 而经手术操作后, 虽然破坏了肿瘤的具体结构, 但并未对侵袭性生物学行为达到足够抑制, 如浸润范围过大, 则可能影响甲状腺被膜及腺体内淋巴管, 从而导致淋巴结转移的情况发生。肖翠丽等^[24]认为可利用SWE预测淋巴结颈部转移。

贝叶斯网络模型以稳定的分类效率对大量训练和查询体现出较高的运行速度, 小规模的数据表现较好, 能处理多分类任务, 适合增量式训练。对待预测样本进行预测, 过程简单速度快, 优于逻辑回归。对于类别类的输入特征变量具有一定的层次性。本研究中, PTC患者术后颈部淋巴结转移的直接关系运用于贝叶斯网络模型中, 分别处理了中央区 and 颈侧区的分类影响因素, 中央区相比于颈侧区而言, 纵横区 $>1/2$ 是独有的危险因素。但此模型缺点是不能同时学习特征间的相互作用, 如本文中未反映中央区 and 颈侧区的相互影响关系。总体而言, 贝叶斯网络模型对于PTC淋巴结转移进行预测具有一

定的客观性和真实性,值得临床借鉴。本研究通过贝叶斯网络预测模型,并利用最大似然估计法,获得各节点的条件概率,对术后淋巴结转移加以预测,有效提升了SWE的权威性与实用性。本研究的不足之处为纳入患者数量有限,数据结果可能存在选择偏倚,未来将进一步提高预测模型的准确性。

综上所述,基于SWE诊断PTC颈部淋巴结转移的模型具有安全可靠的优点,可以在临床研究中推广使用。

[参考文献]

- [1] Qian X, Tang J, Li L, *et al.* A new ferroptosis-related gene model for prognostic prediction of papillary thyroid carcinoma[J]. *Bioengineered*, 2021, 12(1): 2341-2351.
- [2] Zhou SL, Guo YP, Zhang L, *et al.* Predicting factors of central lymph node metastasis and BRAFV600E mutation in Chinese population with papillary thyroid carcinoma[J]. *World J Surg Oncol*, 2021, 19(1): 211.
- [3] Hernández-Socorro CR, Saavedra P, López-Fernández JC, *et al.* Novel high-quality sonographic methods to diagnose muscle wasting in long-stay critically ill patients: shear wave elastography, superb microvascular imaging and contrast-enhanced ultrasound[J]. *Nutrients*, 2021, 13(7): 2224.
- [4] Li N, He JH, Song C, *et al.* Nomogram including elastography for prediction of contralateral central lymph node metastasis in solitary papillary thyroid carcinoma preoperatively[J]. *Cancer Manag Res*, 2020, 12: 10789-10797.
- [5] 闫雪, 段宇龙, 徐建林, 等. 甲状腺乳头状癌彩超血流参数及临床病理与颈部淋巴结转移的关系[J]. *实用癌症杂志*, 2021, 36(11): 1795-1798.
- Yan X, Duan YL, Xu JL, *et al.* Relationship between blood flow parameters of color doppler ultrasound, clinicopathology and cervical lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma[J]. *Pract J Cancer*, 2021, 36(11): 1795-1798.
- [6] Yang Z, Yin L, Zeng Y, *et al.* Diagnostic and prognostic value of tumor-infiltrating B cells in lymph node metastases of papillary thyroid carcinoma[J]. *Virchows Arch*, 2021, 479(5): 947-959.
- [7] Zhuo X, Yu J, Chen Z, *et al.* Dynamic nomogram for predicting lateral cervical lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2022, 166(3): 444-453.
- [8] Yan L, Zhang Y, Jiang B, *et al.* Radiofrequency ablation for cervical metastatic lymph nodes in children and adolescents with papillary thyroid carcinoma: a preliminary study[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021, 12(12): 624-634.
- [9] 洪淑娟, 郑秀, 刘培根, 等. 剪切波弹性成像与B超检查联合应用在甲状腺乳头状癌淋巴结转移诊断中的价值[J]. *湖南师范大学学报(医学版)*, 2021, 18(4): 217-220.
- Hong SJ, Zheng X, Liu PG, *et al.* Diagnostic value of shear wave elastography combined with B-ultrasound in lymph node metastasis of papillary thyroid carcinoma[J]. *J Hunan Norm Univ (Med Sci)*, 2021, 18(4): 217-220.
- [10] Yildirim D, Akıncı Ö, Tekcan DE. Quantitative ultrasound elastography of breast: a review and update with emphasis on shear wave imaging (ARFI)[J]. *J Med Imaging*, 2021, 11(2): 58-72.
- [11] 陆鑫, 李苗, 姜珏, 等. 剪切波弹性成像诊断甲状腺结节及预测恶性结节淋巴结转移的价值[J]. *临床超声医学杂志*, 2021, 23(1): 9-12.
- Lu X, Li M, Jiang J, *et al.* Value of shear wave elastography in the diagnosis of thyroid nodules and its prediction value of malignant nodules metastasis[J]. *J Clin Ultrasound Med*, 2021, 23(1): 9-12.
- [12] 朱乔丹, 王立平, 徐栋. 超声引导下热消融治疗甲状腺乳头状癌术后颈部转移性淋巴结的疗效分析[J]. *介入放射学杂志*, 2021, 30(4): 390-393.
- Zhu QD, Wang LP, Xu D. Ultrasound-guided thermal ablation for cervical metastatic lymph nodes after surgery of papillary thyroid carcinoma: analysis of its curative effect[J]. *J Interv Radiol*, 2021, 30(4): 390-393.
- [13] Bian J, Zhang J, Hou X. Diagnostic accuracy of ultrasound shear wave elastography combined with superb microvascular imaging for breast tumors: a protocol for systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(25): 26-32.
- [14] 李建奎, 曹向阳, 张志杰. 剪切波弹性成像技术量化评估慢性非特异性腰痛患者腹直肌弹性模量的临床研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(3): 343-346.
- [15] 龙海怡, 谢晓燕, 苏丽娅, 等. 基于剪切波弹性成像技术构建肝细胞癌切除术后肝衰竭预测模型[J]. *中华超声影像学杂志*, 2020, 29(5): 399-404.
- Long HY, Xie XY, Su LY, *et al.* A model based on shear wave elastography to predict post-hepatectomy liver failure in patients with hepatocellular carcinoma[J]. *Chin J Ultrason*, 2020, 29(5): 399-404.
- [16] 戴求福, 高俊虹, 刘璐, 等. 剪切波弹性成像技术在针刺研究中的应用[J]. *针刺研究*, 2020, 45(12): 1019-1022.
- Dai QF, Gao JH, Liu L, *et al.* Application of shear wave elastography in acupuncture research[J]. *Acupunct Res*, 2020, 45(12): 1019-1022.
- [17] Wang L, Guo X, Tan L, *et al.* Quantitative assessment of normal middle deltoid muscle elasticity at various arm

- abduction using ultrasound shear wave elastography[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 12-19.
- [18] 朱亚琼, 金壮, 陈思明, 等. 常规超声结合剪切波弹性成像技术对兔坐骨神经挤压伤的定量评估[J]. 中国医学科学院学报, 2020, 42(2): 190-196.
- Zhu YQ, Jin Z, Chen SM, *et al*. Quantitative evaluation of sciatic nerve crush injury with conventional ultrasound combined with shear-wave elastography in rabbit models[J]. *Acta Acad Med Sin*, 2020, 42(2): 190-196.
- [19] 尹艺蓉, 王秀秀, 余霄龙, 等. 甲状腺乳头状微小癌颈部淋巴结转移的影响因素分析[J]. 现代肿瘤医学, 2022, 30(2): 221-225.
- Yin YR, Wang XX, Yu XL, *et al*. Analysis of influencing factors of cervical lymph node metastasis in thyroid papillary microcarcinoma[J]. *J Mod Oncol*, 2022, 30(2): 221-225.
- [20] 汪琳, 郑伟伟, 余铜生. 剪切波弹性成像对甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的预测价值[J]. 中国医药导报, 2021, 18(4): 143-146.
- Wang L, Zheng WW, She TS. Predictive value of shear wave elastography in cervical lymph node metastasis of papillary thyroid carcinoma[J]. *China Med Her*, 2021, 18(4): 143-146.
- [21] 汤珈嘉, 张波, 朱沈玲, 等. 基于超声特征构建甲状腺髓样癌颈部淋巴结转移的预测模型[J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(6): 604-606.
- Tang JJ, Zhang B, Zhu SL, *et al*. Development of a nomogram based on ultrasonographic features to predict cervical lymph node metastasis in medullary thyroid carcinoma[J]. *Chin J Ultrasound Med*, 2021, 37(6): 604-606.
- [22] 黄小平, 吴丽, 林少鹏, 等. 超声弹性成像对甲状腺乳头状癌淋巴结转移的诊断价值[J]. 中国药物与临床, 2021, 21(22): 3679-3681.
- Huang XP, Wu L, Lin SP, *et al*. The value of ultrasonic elastography in the diagnosis of lymph node metastasis of thyroid papillary carcinoma[J]. *Smart Healthc*, 2021, 21(22): 3679-3681.
- [23] 张晓梅, 康燕飞, 桑田, 等. 超声检查指标联合预测甲状腺乳头状癌颈部中央区淋巴结转移的价值研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(3): 305-311.
- Zhang XM, Kang YF, Sang T, *et al*. Predictive value of combined use of ultrasonographic indicators for central lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma[J]. *Chin Gen Pract*, 2022, 25(3): 305-311.
- [24] 肖翠丽, 杨强, 李艳彩. 多层螺旋CT与剪切波超声弹性成像对直肠癌淋巴结转移的预测价值[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(11): 2138-2141.
- Xiao CL, Yang Q, Li YC. The value of multislice spiral CT and shear wave ultrasonic elastography in predicting lymph node metastasis of rectal cancer[J]. *J Med Imaging*, 2020, 30(11): 2138-2141.

本文编辑 盛伟