

· 浅表器官超声影像学 ·

甲状腺结节杨氏模量最大值的影响因素 及其对结节性质的鉴别诊断价值

李帅¹ 樊秀齐² 康春松¹ 薛继平¹ 苗俊旺¹

【摘要】 目的 分析测量甲状腺结节剪切波弹性成像(SWE)杨氏模量最大值(E_{max})的影响因素,并探讨按最显著影响因素分组是否可提高E_{max}值对结节性质的鉴别诊断价值。**方法** 回顾性选取2017年1月至2019年11月在山西医科大学附属白求恩医院行甲状腺结节手术并经术后病理证实的368例患者(共413个结节),术前均行二维超声及SWE检查。常规超声记录结节的大小、数量、纵横比、位置、内部成分、回声、边缘、钙化;SWE记录结节的E_{max}值及相对应的深度。应用Spearman秩相关筛选甲状腺恶性结节E_{max}值的相关因素,对相关因素行多元线性回归分析,依据最显著影响因素分组,采用ROC曲线进一步分析E_{max}值对结节性质的鉴别诊断价值。**结果** 413个甲状腺结节中,良性106个,恶性307个。相关性分析结果表明:甲状腺恶性结节大小、边缘、钙化与E_{max}值呈正相关($r=0.477, 0.244, 0.256, P$ 均 <0.05),结节深度与E_{max}值呈负相关($r=-0.132, P<0.05$);多元线性回归分析结果表明:结节大小对E_{max}值影响最显著(标准化偏回归系数为0.537)。按结节最大径将甲状腺结节分为A组(最大径 ≤ 1 cm)、B组(1 cm $<$ 最大径 ≤ 2 cm)、C组(2 cm $<$ 最大径 ≤ 3 cm)。未按结节大小分组E_{max}值诊断甲状腺恶性结节的截断值为36.0 kPa, ROC曲线下面积(AUC)为0.830,诊断敏感度、特异度分别为73.0%、81.1%;依据结节大小分组的A、B、C组E_{max}值诊断甲状腺恶性结节的截断值分别为33.7 kPa、37.8 kPa、57.1 kPa, AUC分别为0.832、0.889、0.952, A组诊断敏感度、特异度分别为68.0%、87.9%, B组诊断敏感度、特异度分别为89.0%、82.1%, C组诊断敏感度、特异度分别为94.7%、90.9%。与未按结节大小分组比较, A、B、C组的AUC均有不同程度增大, A组E_{max}值诊断的敏感度降低, 特异度增加, B、C组E_{max}值诊断的敏感度及特异度均增加。**结论** 甲状腺结节E_{max}值受结节大小的影响最为显著, 按结节大小分组, 可提高E_{max}值对结节最大径 >1 cm的甲状腺结节的诊断价值, 应用E_{max}值诊断甲状腺结节性质时, 不同大小结节建议采用不同的截断值。

【关键词】 甲状腺结节; 剪切波弹性成像; 杨氏模量值; 二维超声检查

Influencing factors of maximum Young's modulus of thyroid nodules and its value in differential diagnosis of the nature of thyroid nodules Li Shuai¹, Fan Xiuqi², Kang Chunsong¹, Xue Jiping¹, Miao Junwang¹. ¹Department of Ultrasound, Shanxi Bethune Hospital Affiliated to Shanxi Medical University, Taiyuan 030032, China; ²Department of Ultrasound, Shanxi Hospital of Traditional Chinese Medicine, Taiyuan 030012, China

Corresponding author: Kang Chunsong, Email: kangchunsong2005@sina.com

【Abstract】 Objective To analyze the influencing factors of maximum Young's modulus (E_{max}) of shear wave elastography (SWE) of thyroid nodules, and to explore whether grouping by the most significant influencing factors can improve the diagnostic value of E_{max}. **Methods** A total of 368 patients (with 413 nodules in total) who underwent surgery for thyroid nodules at Bethune Hospital Affiliated to Shanxi Medical University from January 2017 to November 2019 were retrospectively selected. All patients underwent preoperative two-dimensional ultrasound and SWE examination. The size, number, shape, position, internal composition, echo, margin, and calcification of nodules were recorded by conventional ultrasound. E_{max} values and the depths of nodules were

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2021.12.011

基金项目: 山西省重点研发计划项目(201803D31143)

作者单位: 030032 太原, 山西医科大学附属白求恩医院超声科¹; 030012 太原, 山西省中医院超声科²

通信作者: 康春松, Email: kangchunsong2005@sina.com

recorded by SWE. Spearman rank correlation was used to screen the influencing factors of Emax value of thyroid malignant nodules. Multiple linear regression analysis was performed on the related factors, and the diagnostic value of Emax value was further analyzed according to the grouping of the most significant influencing factors.

Results Among 413 thyroid nodules, 106 were benign and 307 were malignant. The results of correlation analysis showed that the size, margin, and calcification of thyroid malignant nodules were positively correlated with Emax value ($r=0.477, 0.244, \text{ and } 0.256$, respectively; $P<0.05$ for all), while the depth of thyroid nodules was negatively correlated with Emax value ($r=-0.132, P<0.05$). Multiple linear regression analysis showed that nodule size had the most significant effect on Emax value (standardized partial regression coefficient, 0.537). The nodules were divided into group A (maximum diameter ≤ 1 cm), group B ($1 \text{ cm} < \text{maximum diameter} \leq 2$ cm), and group C ($2 \text{ cm} < \text{maximum diameter} \leq 3$ cm) according to their maximum diameter. The cutoff value was 36.0 kPa, the area under the ROC curve (AUC) was 0.830, and the sensitivity and specificity were 73.0% and 81.1%, respectively, for the diagnosis of thyroid malignant nodules not grouped by Emax value. The cutoff value of Emax for diagnosis of thyroid malignant nodules in groups A, B, and C according to the size of nodules was 33.7 kPa, 37.8 kPa, and 57.1 kPa, and AUC was 0.832, 0.889, and 0.952, respectively. The diagnostic sensitivity and specificity in group A were 68.0% and 87.9% in group A, 89.0% and 82.1% in group B, and 94.7% and 90.9% in group C, respectively. Compared with the nodules not grouped by nodule size, the AUCs of groups A, B, and C increased to varying degrees, the diagnostic sensitivity and specificity of Emax value decreased in group A, and increased in groups B and C. **Conclusion** The Emax value of thyroid nodule is most significantly affected by the size of thyroid nodules. Grouping by the size of thyroid nodule can improve the diagnostic value of Emax value for thyroid nodules with the maximum diameter > 1 cm. When using Emax value to diagnose the nature of thyroid nodules, it is recommended to use different cutoff values for different nodule sizes.

【Key words】 Thyroid nodule; Shear wave elastography; Young modulus; Two dimensional ultrasonography

甲状腺结节的检出率逐年升高, 其中 7%~15% 为甲状腺癌。二维超声对甲状腺结节的检出非常敏感, 但部分甲状腺结节良恶性的鉴别仍存在一定难度。研究表明甲状腺恶性病变细胞增殖增加或发生纤维化而使受累组织变硬^[1]。剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 可通过杨氏模量值定量测量组织硬度, 多数学者将杨氏模量最大值 (Emax) 作为鉴别甲状腺结节良恶性的常用参数^[2]。国内外学者对 SWE 的 Emax 值评价甲状腺结节良恶性的诊断价值观点不一, 有学者指出 SWE 技术的 Emax 值可有效地鉴别诊断甲状腺结节的良恶性^[3], 而最近的一项 Meta 分析结果显示 Emax 值鉴别诊断甲状腺结节良恶性的价值并不理想 (敏感度、特异度分别为 66%、78%)^[4]。此外, 国内外学者对 Emax 值诊断甲状腺良恶性结节的截断值尚未达成共识, 不同学者通过 ROC 曲线得到的最佳截断值差别较大, 范围在 26~85 kPa 之间^[5-8], 因此其临床应用受到一定的限制。文献报道^[9-10], 甲状腺结节 Emax 值受多种因素影响, 导致诊断结节良恶性的截断值分布范围广, 可能的影响因素包括结节的大小、位置、深度、内部成分、边界、形态、钙化及甲状腺基础病变等。本研究旨在探讨甲状腺结节 Emax 值的影响因素, 并分析依据影响因素分

组后 Emax 对恶性结节的诊断效能是否提升。

资料与方法

一、对象

回顾性选取 2017 年 1 月至 2019 年 11 月在山西医科大学附属白求恩医院行甲状腺结节手术并经术后病理证实的 368 例患者 (共 413 个结节), 其中男性 84 例, 女性 284 例, 年龄 24~75 岁, 中位年龄 48 岁。术前均行二维超声及 SWE 超声检查。纳入标准: 年龄 > 18 岁, 超声检查前未接受任何形式的治疗。排除标准: (1) 结节内囊性变范围 $> 25\%$; (2) 结节内或周边伴粗大钙化致弹性图像信息丢失者; (3) 结节位于峡部或紧邻气管软骨、颈总动脉 (搏动的侧向位移可使结节硬度产生伪像); (4) 结节最大径 > 3 cm; (5) 既往头颈部肿瘤放疗史。本研究经山西医科大学附属白求恩医院伦理委员会批准 (批号: YXLL-2020-030), 因本研究为回顾性研究, 经核准免除患者知情同意。

二、仪器与方法

1. 仪器: 采用 SuperSonic Imaging AixPlorer 超声诊断仪, L15-4 探头 (频率 4~15 MHz) 及 L10-2 探头 (频率 2~10 MHz)。

2. 二维超声检查: 患者取仰卧位, 充分暴露颈前区, 平静呼吸, 检查者选择合适探头, 对甲状腺行多方位、多角度扫查, 于纵切面结节显示最大时冻结图像, 测量结节最大径, 取 3 次测量的平均值。同时评估结节的二维超声特征, 包括结节内部成分(囊实性、实性), 数目(单发、多发)、位置(上极、中部、下极)、回声(等或高回声、低回声、极低回声)、纵横比(≤ 1 、 > 1)、边缘(光整、不光整、腺外侵犯)、钙化(无钙化、微钙化、粗大钙化)。微钙化指直径 ≤ 1 mm, 后方不伴声影的针尖样高回声, 分布呈单一细点状、砂粒状或聚集成簇; 粗大钙化指直径 > 1 mm 的强回声。

3. SWE 检查: 在二维超声成像的基础上, 于纵切面对结节行 SWE 检查, ROI 放置于结节处, 使其覆盖甲状腺结节及周围部分甲状腺组织。检查时要求患者屏气, 探头轻放不加压, 待图像稳定后定帧, 用 Q-BOX 测量 ROI 内病灶的杨氏模量值, 记录病灶的 Emax 值及对应深度(深度为 Q-BOX 放置位置至皮肤的距离), Q-BOX 仪器默认为圆形, 直径范围 0~3 cm。同一结节采集 3 张合格的 SWE 图像并测量取其平均值。

所有病例图像均由两位具有 5 年以上工作经验的超声医师进行分析及评估, 意见不一致时请第三位高年资超声医师共同讨论得出结果。

三、统计学分析

应用 SPSS 23.0 软件对数据进行统计分析, Emax 值为非正态分布的计量资料, 以中位数及四分位数间距表示, 采用秩和检验比较甲状腺良恶性结节间 Emax 值。应用 Spearman 秩相关筛选甲状腺恶性结节 Emax 值的相关因素, 进一步将初步筛选出的相关因素纳入多元线性回归, 分析 Emax 值的独立影响因素。采用 ROC 曲线评估 Emax 值对甲状腺恶性结节的诊断效能。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、一般资料

368 例患者的 413 个甲状腺结节, 结节最大径范围为 0.3~3.0 cm, 病理结果显示良性结节 106 个(结节性甲状腺肿 96 个, 滤泡状腺瘤 9 个, 桥本甲状腺炎 1 个); 恶性结节 307 个(甲状腺乳头状癌 302 个, 滤泡状腺癌 3 个, 髓样癌 2 个)。

二、甲状腺恶性结节 Emax 值的相关因素分析

相关性分析结果显示: 307 个甲状腺恶性结节其大小、边缘、钙化与 Emax 值呈正相关 ($r =$

0.477、0.244、0.256, P 均 < 0.001); 结节深度与 Emax 值呈负相关 ($r = -0.132$, $P = 0.021$); 而甲状腺恶性结节纵横比、数量、内部成分、回声、位置及甲状腺是否合并桥本甲状腺炎与 Emax 值无显著相关性 (P 均 > 0.05)。

三、甲状腺恶性结节 Emax 值相关因素的多元线性回归分析

以恶性结节 Emax 值为因变量, 自变量纳入结节大小、深度、边缘、钙化, 建立多元线性回归方程 ($F = 39.554$, $P < 0.001$)。结果显示, 结节的大小、深度、边缘是恶性结节 Emax 值的独立影响因素 ($P = 0.000$ 、0.002、0.019, 标准化偏回归系数分别为: 0.537、-0.151、0.114, 表 1)。

表 1 甲状腺恶性结节 Emax 值相关因素的多元线性回归分析

变量	非标准化偏回归系数 β	标准误	标准化偏回归系数 β	t 值	P 值
常数	12.937	4.949		2.614	0.009
大小	28.020	2.610	0.537	10.735	0.000
深度	-9.760	3.069	-0.151	-3.180	0.002
边缘	4.322	1.831	0.114	2.361	0.019

注: Emax 为杨氏模量最大值

四、按结节大小分组与未按结节大小分组 Emax 值诊断甲状腺结节良恶性的价值

413 个结节按大小分为 3 组: A 组(最大径 ≤ 1 cm) 264 个, B 组(1 cm $<$ 最大径 ≤ 2 cm) 119 个, C 组(2 cm $<$ 最大径 ≤ 3 cm) 30 个。其中恶性结节: A 组 206 个, B 组 82 个, C 组 19 个; 良性结节: A 组 58 个, B 组 37 个, C 组 11 个。

未按结节大小分组: 甲状腺恶性结节 Emax 值中位数为 49.0 kPa, 四分位数间距为 33.6 kPa, 良性结节 Emax 值中位数为 23.9 kPa, 四分位数间距为 16.0 kPa, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。以手术病理结果为金标准, Emax 值诊断甲状腺恶性结节的最佳截断值为 36.0 kPa, 诊断敏感度、特异度分别为 73.0%、81.1%, ROC 曲线下面积为 0.830。

按结节大小分组: A、B、C 组良性结节的 Emax 值中位数分别为 22.9 kPa、24.4 kPa、38.8 kPa, 恶性结节的 Emax 值中位数分别为 42.2 kPa、63.8 kPa、101.0 kPa, 良、恶性结节的 Emax 值中位数均随结节最大径的增大而增大, A、B、C 组恶性结节 Emax 值均高于良性结节, 差异均有统计学意义

(P 均 < 0.05 , 图 1)。以手术病理结果为金标准, A、B、C 组 E_{\max} 值诊断甲状腺恶性结节的截断值分别为 33.7 kPa、37.8 kPa、57.1 kPa, 曲线下面积分别为 0.832、0.889、0.952。

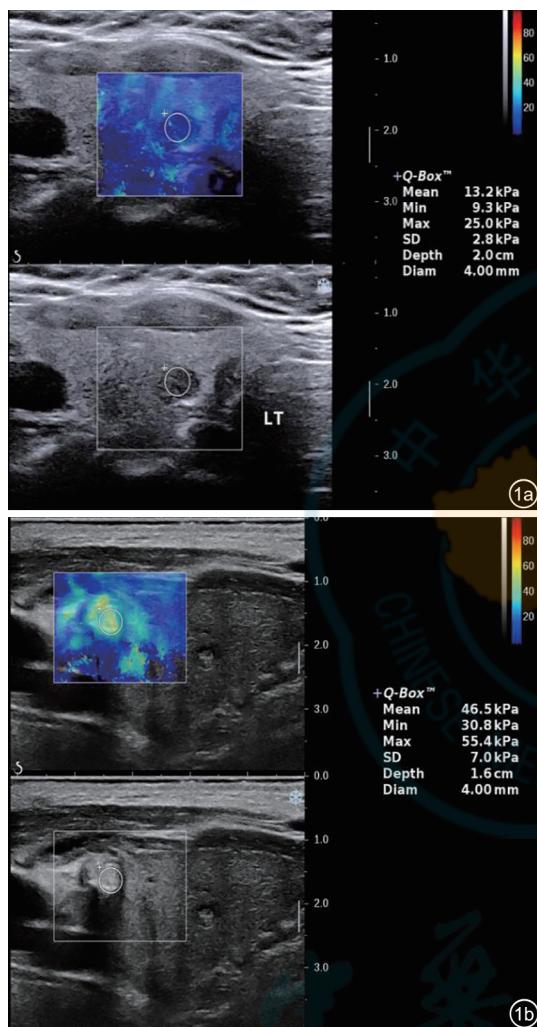


图 1 甲状腺结节剪切波弹性成像图。图 a 示良性结节杨氏模量最大值 (E_{\max}) = 25.0 kPa; 图 b 示恶性结节 E_{\max} = 55.4 kPa

与未按结节大小分组比较, A、B、C 组的 ROC 曲线下面积均有不同程度增大。A 组最佳截断值的诊断敏感度较未按结节大小分组降低 (68.0% vs 73.0%)、特异度增加 (87.9% vs 81.1%), B、C 组最佳截断值的诊断敏感度及特异度较未按结节大小分组均增加 (B 组敏感度、特异度与未按结节大小分组比较: 89.0% vs 73.0%, 82.1% vs 81.1%; C 组敏感度、特异度与未按结节大小分组比较: 94.7% vs 73.0%, 90.9% vs 81.1%, 图 2, 表 2)。

讨 论

SWE 可定量测量组织硬度, 其通过定量分析甲状腺结节硬度帮助判断结节的良恶性, 但应用 SWE 的 E_{\max} 值诊断甲状腺结节良、恶性的截断值, 研究结果并不一致 (26~85 kPa) [5-8]。相关研究指出, 甲状腺结节 E_{\max} 值受多种因素影响, 致诊断阈值范围广泛 [9-10], 因此本研究探讨了甲状腺恶性结节 E_{\max} 值的影响因素, 结果显示甲状腺恶性结节 E_{\max} 值与结节大小、深度、边缘及钙化存在相关性, 其中结节大小对 E_{\max} 值影响最显著, 而结节数量、内部成分、回声、位置、纵横比及是否合并桥本甲状腺炎与 E_{\max} 值无显著相关性。

本研究表明, 甲状腺恶性结节 E_{\max} 值与其边缘存在正相关, 这与既往研究结果一致, 这是因为恶性结节多表现为边缘不光整, 甚至腺外侵犯。甲状腺恶性病变的浸润性生长特性使其与周围组织粘连, 并刺激纤维组织细胞增生, 使周围组织剪切波速度加快从而导致局部硬度值增高 [11]。

本研究相关分析结果显示, 甲状腺恶性结节 E_{\max} 值与钙化呈正相关, 即微钙化及粗大钙化均可增大 E_{\max} 值, 与既往研究结果一致 [12]。原因可能为结节硬度与细胞过度增殖、血管及纤维组织过度增生引起的钙盐沉积等相关 [13]。因此, E_{\max} 值鉴别伴有钙化的甲状腺结节的良恶性时要考虑到 E_{\max} 值受钙化因素影响, 可结合钙化形态及其他二维超声表现综合判断。

相关性分析结果显示, 甲状腺恶性结节 E_{\max} 值与其深度呈负相关, 即结节位置越深, E_{\max} 值越小。原因可能为剪切波的信号强度随着深度的增加而衰减, 位置较深处剪切波能量衰减明显, 致剪切波幅度下降, E_{\max} 值较低 [2]。

本研究表明, 甲状腺恶性结节 E_{\max} 值与甲状腺是否合并桥本甲状腺炎不存在相关性。相关研究报道指出, 桥本组与非桥本组的甲状腺良、恶性结节 E_{\max} 值差异无统计学意义, 即结节的 E_{\max} 值不受桥本甲状腺炎的影响, 与本研究结论相符 [14]。关于临床应用 SWE 评估甲状腺结节性质的指南和建议中也指出用 E_{\max} 值鉴别诊断甲状腺结节的良恶性时, 不受桥本背景影响 [2]。

对结节大小与其 E_{\max} 值的相关性, 国内外文献报道一直存在争议。有研究表明恶性结节的 E_{\max} 值随结节增大而增大, 而良性结节的 E_{\max} 值不同大小分组间差异无统计学意义 [15]。另有研究指出, 无论良性还是恶性结节, E_{\max} 值均随结

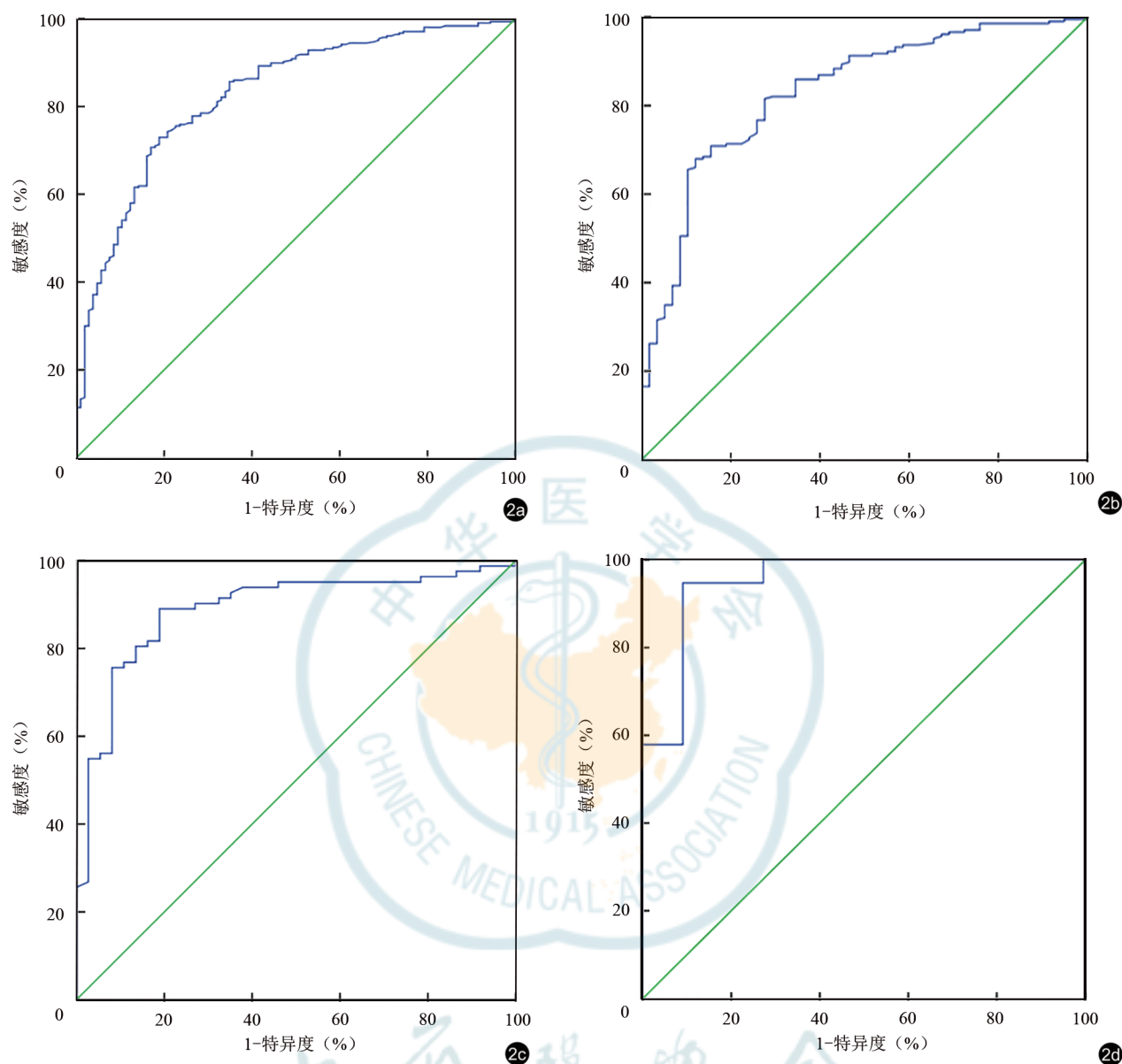


图2 杨氏模量最大值 (E_{\max}) 诊断甲状腺结节良恶性的ROC曲线。图a为未按结节大小分组的ROC曲线; 图b为按结节大小分组A组 (最大径 ≤ 1 cm) 的ROC曲线; 图c为按结节大小分组B组 ($1\text{ cm} < \text{最大径} \leq 2\text{ cm}$) 的ROC曲线; 图d为按结节大小分组C组 ($2\text{ cm} < \text{最大径} \leq 3\text{ cm}$) 的ROC曲线

表2 按结节大小分组与未按结节大小分组的 E_{\max} 值对甲状腺结节良恶性的诊断价值

组别	最佳截断值 (kPa)	ROC曲线 下面积	敏感度 (%)	特异度 (%)
未按结节大小分组	36.0	0.830	73.0	81.1
按结节大小分组				
A组	33.7	0.832	68.0	87.9
B组	37.8	0.889	89.0	82.1
C组	57.1	0.952	94.7	90.9

注: A组为最大径 ≤ 1 cm; B组为 $1\text{ cm} < \text{最大径} \leq 2\text{ cm}$; C组为 $2\text{ cm} < \text{最大径} \leq 3\text{ cm}$; E_{\max} 为杨氏模量最大值

节增大而增大^[16]。但也有学者认为结节的杨氏模量值与大小无关^[17]。本研究相关分析结果显示, 甲状腺恶性结节 E_{\max} 值与结节大小存在正相关。上述研究存在不同观点的原因可能与样本数量、入组结节的大小及每组中良、恶性结节所占的比例有关。本研究多元线性回归结果显示, 结节大小对 E_{\max} 值影响最显著, 因此进一步按结节大小分组, 比较不同大小甲状腺良、恶性结节 E_{\max} 值, 结果显示无论良性结节还是恶性结节, 随结节最大径的增大 E_{\max} 值中位数也逐渐增大。分析其原因可能为甲状腺结节硬度与纤维结缔组织增生、细胞

增殖、血管增生等相关,大结节的纤维增生要比小结节多,大结节血管丰富及间质水肿较重^[18],以上均会造成E_{max}值增加。

本研究进一步按结节大小分组后分别绘制ROC曲线,A组(最大径≤1 cm)、B组(1 cm<最大径≤2 cm)、C组(2 cm<最大径≤3 cm)均可获得最佳截断值,分别为33.7 kPa、37.8 kPa、57.1 kPa,并且3组的ROC曲线下面积(0.832、0.889、0.952)均较未按结节大小分组(0.830)增大,B、C组的ROC曲线下面积增大明显。此外,本研究中E_{max}值在A组的诊断敏感度较未按结节大小分组降低,B、C组敏感度和特异度均较未按结节大小分组增加,说明结节大小对SWE的诊断效能存在影响,并提示不同大小甲状腺结节判定良恶性时,应采用不同的截断值以提高E_{max}值的诊断效能。E_{max}值在最大径≤1 cm的结节中诊断敏感度降低的原因可能与甲状腺恶性结节的病理发展过程有关,最大径≤1 cm的结节称为微小乳头状癌,其虽然具有乳头状癌的各种特征,但是处于病理发展早期,组织纤维化、细胞构成及间质血管含量均较少^[18],以致其硬度相对较低,与良性结节硬度差别较小,从而影响E_{max}值对甲状腺结节恶性风险的评估。

本研究的局限性:(1)分组后部分组内样本量偏小,可能引起研究结果的偏差,需今后进一步扩大样本量证实;(2)研究对象存在选择偏移,纳入本研究的患者均进行手术治疗,并且恶性结节比例偏高;(3)本研究良性结节主要为结节性甲状腺肿,恶性结节主要为甲状腺乳头状癌,病理类型单一。

综上所述,SWE定量参数E_{max}值诊断甲状腺结节良恶性有一定价值,但E_{max}值受结节大小、深度及边缘影响,结节大小的影响最为显著。按结节大小分组,可明显提高SWE定量参数E_{max}值诊断最大径>1 cm甲状腺结节的价值。建议应用E_{max}值诊断甲状腺结节性质时,不同大小结节采用不同的截断值。

参 考 文 献

- Bhatia KS, Tong CS, Cho CC, et al. Shear wave elastography of thyroid nodules in routine clinical practice: preliminary observations and utility for detecting malignancy [J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(11): 2397-2406.
- Xu HX, Yan K, Liu BJ, et al. Guidelines and recommendations on the clinical use of shear wave elastography for evaluating thyroid nodule [J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2019, 72(1): 39-60.
- Kim H, Kim JA, Son EJ, et al. Quantitative assessment of shear-wave ultrasound elastography in thyroid nodules: diagnostic performance for predicting malignancy [J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(9): 2532-2537.
- Nattabi HA, Sharif NM, Yahya N, et al. Is diagnostic performance of quantitative 2D-shear wave elastography optimal for clinical classification of benign and malignant thyroid nodules?: A systematic review and meta-analysis [J]. *Acad Radiol*, 2017, S1076-6332(17)30369-0.
- Park AY, Son EJ, Han K, et al. Shear wave elastography of thyroid nodules for the prediction of malignancy in a large scale study [J]. *Eur J Radiol*, 2015, 84(3): 407-412.
- Cosgrove D, Barr R, Bojunga J, et al. WFUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography: part 4. Thyroid [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2017, 43(1): 4-26.
- Dobruch-Sobczak K, Zalewska EB, Gumińska A, et al. Diagnostic performance of shear wave elastography parameters alone and in combination with conventional B-mode ultrasound parameters for the characterization of thyroid nodules: a prospective, dual-center study [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2016, 42(12): 2803-2811.
- Swan KZ, Nielsen VE, Bibby BM, et al. Is the reproducibility of shear wave elastography of thyroid nodules high enough for clinical use? A methodological study [J]. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2017, 86(4): 606-613.
- Szczepanek-Parulska E, Woliński K, Stangierski A, et al. Biochemical and ultrasonographic parameters influencing thyroid nodules elasticity [J]. *Endocrine*, 2014, 47(2): 519-527.
- Kim HG, Moon HJ, Kwak JY, et al. Diagnostic accuracy of the ultrasonographic features for subcentimeter thyroid nodules suggested by the revised American Thyroid Association guidelines [J]. *Thyroid*, 2013, 23(12): 1583-1589.
- Evans A, Whelehan P, Thomson K, et al. Quantitative shear wave ultrasound elastography: initial experience in solid breast masses [J]. *Breast Cancer Res*, 2010, 12(6): R104.
- Veyrieres JB, Albarel F, Lombard JV, et al. A threshold value in shear wave elastography to rule out malignant thyroid nodules: a reality? [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(12): 3965-3972.
- 李泉水,熊华花,陈胜华,等.甲状腺结节VTI成像与纤维含量的相关性研究[J].*中国超声医学杂志*, 2014, 30(11): 961-963.
- Liu B, Liang J, Zhou L, et al. Shear wave elastography in the diagnosis of thyroid nodules with coexistent chronic autoimmune Hashimoto's thyroiditis [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2015, 153(5): 779-785.
- Liu B, Liang J, Zheng Y, et al. Two-dimensional shear wave elastography as promising diagnostic tool for predicting malignant thyroid nodules: a prospective single-centre experience [J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(3): 624-634.
- Duan SB, Yu J, Li X, et al. Diagnostic value of two-dimensional shear wave elastography in papillary thyroid microcarcinoma [J]. *Oncotargets Ther*, 2016, 9: 1311-1317.
- Moon HJ, Sung JM, Kim EK, et al. Diagnostic performance of gray-scale US and elastography in solid thyroid nodules [J]. *Radiology*, 2012, 262(3): 1002-1013.
- Cantisani V, Grazhdani H, Drakonaki E, et al. Strain US elastography for the characterization of thyroid nodules: advantages and limitation [J]. *Int J Endocrinol*, 2015, 2015: 908575.

(收稿日期: 2020-12-08)

(本文编辑: 汪荣)

李帅,樊秀齐,康春松,等.甲状腺结节杨氏模量最大值的影响因素及其对结节性质的鉴别诊断价值[J/OL].*中华医学超声杂志(电子版)*, 2021, 18(12): 1185-1190.