



· 论著 ·

## 声脉冲辐射力成像技术在甲状腺 TI-RADS 4类结节中的诊断价值

刘 淼, 沈 燕, 傅晓红, 吴 墅, 何 洁

上海市浦东新区公利医院超声科, 上海 200135

**[摘要]** 目的 探讨声触诊组织成像和定量 (virtual touch tissue imaging quantification, VTIQ) 技术在不同直径甲状腺影像报告和数据系统 (Thyroid Imaging Reporting and Data System, TI-RADS) 4类结节中的诊断价值, 并与声触诊组织成像 (virtual touch tissue imaging, VTI) 技术比较。方法 回顾性分析经病理证实的201个甲状腺TI-RADS 4类结节的VTIQ和VTI图像资料。甲状腺TI-RADS 4类结节按不同直径 ( $\leq 10$  mm和 $>10$  mm) 分成两组, VTIQ以剪切波速度 (shear wave velocity, SWV) 表示, 评价VTIQ、VTI及两者联合诊断甲状腺癌的灵敏度、特异度和准确率。以病理结果为金标准, 绘制受试者工作特性 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线, 进行曲线下面积 (area under curve, AUC) 比较。结果 197例患者201个结节中, 恶性结节104个, 良性结节97个。结节直径 $\leq 10$  mm者95个, VTI、VTIQ及两者联合诊断甲状腺癌的灵敏度、特异度、准确率、AUC分别为81.25%、80.85%、81.05%、0.811, 87.50%、78.72%、83.16%、0.831, 95.83%、78.72%、87.37%、0.873。结节直径 $>10$  mm者106个, VTI、VTIQ及两者联合诊断甲状腺癌的灵敏度、特异度、准确率、AUC分别为83.93%、72.00%、78.30%、0.780, 76.79%、78.00%、77.36%、0.774, 96.43%、60.00%、79.25%、0.782。结节直径 $\leq 10$  mm组中VTI和VTIQ两者联合诊断优于各自单独诊断, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。结节直径 $\leq 10$  mm组VTI和VTIQ两者联合诊断具有优势, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。结论 VTI、VTIQ及两者联合对不同直径的甲状腺结节均有诊断价值, 声脉冲辐射力成像技术可作为常规超声诊断甲状腺结节的重要辅助手段。VTI和VTIQ联合诊断直径 $\leq 10$  mm的结节优于各自单独诊断, 随着结节增大, 两者联合诊断效能降低。

**[关键词]** 超声检查; 甲状腺结节; 声脉冲辐射力成像; 甲状腺影像报告和数据系统

中图分类号: R736.1 文献标志码: A 文章编号: 1008-617X (2018)01-0017-06

**Diagnostic value of acoustic radiation force impulse imaging in thyroid nodules of TI-RADS 4 category** LIU Miao, SHEN Yan, FU Xiaohong, WU Shu, HE Jie (Department of Ultrasound, Pudong New Area Gongli Hospital, Shanghai 200135, China)

Correspondence to: FU Xiaohong E-mail: fuxiaohong66@163.com

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the diagnostic value of virtual touch tissue imaging quantification (VTIQ) in identifying thyroid nodules of Thyroid Imaging Reporting and Data System (TI-RADS) 4 category, and compare with virtual touch tissue imaging (VTI). **Methods** The features of VTIQ and VTI images of 201 thyroid nodules of TI-RADS 4 category, which were diagnosed based on pathological examination, were retrospectively analyzed. They were divided into two groups according to diameter ( $\leq 10$  mm and  $>10$  mm). VTIQ was expressed as shear wave velocity (SWV). The sensitivity, specificity and accuracy of VTIQ and VTI diagnosing thyroid carcinoma were evaluated. Receiver operating characteristic (ROC) curve was used to compare the area under the curve (AUC) between the two groups. **Results** In 201 thyroid nodules, there were 104 malignant nodules and 97 benign nodules. In the group of diameter  $\leq 10$  mm, the sensitivity, specificity, accuracy and AUC of VTIQ, VTI and their combination were 81.25%, 80.85%, 81.05%, 0.811; 87.50%, 78.72%, 83.16%, 0.831; and 95.83%, 78.72%, 87.37%, 0.873, respectively. In the group of diameter  $>10$  mm, the sensitivity, specificity, accuracy and AUC of VTIQ, VTI and their combination were 83.93%, 72.00%, 78.30%, 0.780; 76.79%, 78.00%, 77.36%, 0.774; and 96.43%, 60.00%, 79.25%, 0.782, respectively.

The diagnostic value of combination of VTIQ and VTI in nodules with diameter  $\leq 10$  mm was superior to the single method alone ( $P < 0.05$ ). The diagnostic value of combination of VTIQ and VTI in nodules of TI-RADS 4 category with diameter  $\leq 10$  mm is superior to other methods ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** VTI, VTIQ and their combination in diagnosing thyroid carcinoma with different diameters can be used as an important adjunct to conventional ultrasound. The combination of VTI and VTIQ in diagnosing nodules with diameter  $\leq 10$  mm is better than single method alone.

[ **Key words** ] Ultrasonography; Thyroid nodule; Acoustic radiation force impulse imaging; Thyroid Imaging Reporting and Data System

随着影像学技术的发展, 甲状腺癌的检出率越来越高<sup>[1]</sup>。韩国Kwak等<sup>[2]</sup>提出的甲状腺影像报告和数据系统(Thyroid Imaging Reporting and Data System, TI-RADS)根据甲状腺结节超声二维图像特点将甲状腺结节分为5类, 其中4类为不确定性质结节, 需结合其他检查提供更多诊断信息。临床病理学研究表明, 脂肪、纤维化组织、非浸润性癌变和浸润性癌变组织的弹性系数存在明显差异<sup>[3]</sup>, 结节硬度可作为良恶性鉴别的重要参考指标。传统声脉冲辐射力成像(acoustic radiation force impulse imaging, ARFI)技术包括声触诊组织成像(virtual touch tissue imaging, VTI)和声触诊组织定量(virtual touch tissue quantification, VTQ)技术。声触诊组织成像和定量技术(virtual touch tissue imaging quantification, VTIQ)是新型ARFI技术, 从VTQ发展而来, 具有测量硬度范围大且可调、一幅图像多点取样等优势, 可对结节同时进行定性及定量分析<sup>[4-6]</sup>。本研究旨在评价VTIQ、VTI及两者联合诊断不同直径甲状腺TI-RADS 4类结节的诊断价值。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究对象

选取2015年10月—2017年2月于上海市浦东新区公利医院就诊发现并经手术病理证实的197例患者201个TI-RADS 4类结节, 均行VTI及VTIQ检查。其中男性52例53个结节, 年龄24~71岁, 平均(45.9 ± 12.8)岁; 女性145例148个结节, 年龄25~77岁, 平均(48.3 ± 11.6)岁。结节最大径3.5~48.3 mm,

平均(12.9 ± 8.4) mm。

### 1.2 仪器与方法

采用SIEMENS Acuson S3000型超声诊断仪, 探头为9L4, 频率4~9 MHz, 具有VTI及VTIQ分析软件。患者仰卧位, 颈部后仰充分暴露检查部位, 根据常规二维超声图像进行TI-RADS分级, 使用Kwak等<sup>[2]</sup>提出的标准, TI-RADS 4类为: 4a类, 低度可疑恶性(1项恶性特征); 4b类, 中度可疑恶性(2项可疑恶性特征); 4c类, 高度可疑恶性(3或4项可疑恶性特征)。5项可疑恶性特征为: 实性结节、低回声、边缘不规则、微钙化、纵横比 $>1$ 。本研究入选结节均为TI-RADS 4类结节, 有病理学结果且ARFI资料齐全。排除标准: 检查前目标结节做过有创操作, 包括甲状腺细针抽吸活检、热消融术、外科手术等; 囊性结节或大部分为囊性的结节; 图像资料不完整, 包括普通超声和ARFI图像任何一项缺失。

VTI检查: 在常规超声结节最大纵切面上, 调整感兴趣区(region of interest, ROI)大小至结节的2倍以上。若结节较大, 调整取样框尽可能包含整个结节。嘱患者屏住呼吸, 进入VTI模式, 记录图像分析。VTI图像硬度分级采用Xu等<sup>[7]</sup>提出的6级法: I级, 几乎全部为白色; II级, 大部分为白色, 含有部分黑色, 黑色部分20%~40%; III级, 白色与黑色部分所占比例相当, 黑色部分40%~60%; IV级, 大部分为黑色, 含有部分白色, 黑色部分60%~80%; V级, 几乎全部为黑色, 黑色部分 $>80\%$ ; VI级, 全部为黑色, 或黑色部分面积大于二维超声图像结节面积。VTI诊断根据何勇等<sup>[8]</sup>提出的诊断标准: VTI $\geq$ IV级即为恶性结节, 反之为良性结节。

VTIQ检查：重点观察分析VTIQ质量及速度模式图。VTIQ质量图直观显示图像剪切波弹性的分布质量，图中绿色区域表示质量良好，在绿色区域测量横向剪切波速度（shear wave velocity, SWV）。VTIQ速度图：观察图像SWV值高低，红色最高，随后依次为黄色、绿色，蓝色最低，在速度图中测量SWV值。将ROI置于结节内部不同区域（包括最高最低、上下、左右），ROI最小为1 mm × 1 mm。VTIQ速度图可同时进行多组SWV测量（5~7组），获得SWV最大值、最小值及平均值（单位m/s）。用测得的SWV绘制受试者工作特性（receiver operating characteristic, ROC）曲线，获得两组（结节直径≤10 mm组和>10 mm组）最佳截断值。诊断标准为：SWV值超过截断值为恶性结节，低于截断值为良性结节。

联合应用VTI和VTIQ诊断标准：VTI≥IV级或SWV超过截断值时，定为恶性结节，反之则为良性结节。

### 1.3 统计学处理

应用SPSS 19.0及MedCalc 15.6软件进行统计分析，计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，正态分布计量资料采用 $t$ 检验，定性资料采用 $\chi^2$ 检验。根据结节直径（≤10 mm和>10 mm）分为两组，绘制ROC曲线，计算曲线下面积（area under curve, AUC），评估两组结节的VTI、VTIQ及两者联合应用的诊断效能。两组中和两组间VTI、VTIQ及联合诊断的AUC比较采用 $Z$ 检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

病理结果：201个结节中，直径≤10 mm组95个，其中恶性48个（乳头状癌47个、滤泡型腺癌1个），良性47个（结节性甲状腺肿33个、滤泡型腺瘤2个、桥本甲状腺炎结节9个、亚急性甲状腺炎结节3个）；直径>10 mm组106个，其中恶性56个（乳头状癌51个、滤泡型腺癌2个、未分化癌1个、髓样癌2个），良性50个（结节性甲状腺肿33个、滤泡型腺瘤10个、桥本甲状腺炎结节

5个、亚急性甲状腺炎结节2个）。

VTI结果：直径≤10 mm组中，VTI≥IV级结节48个，其中恶性39个、良性结节9个；<IV级结节47个，其中良性结节38个、恶性9个。直径>10 mm组中，VTI≥IV级结节61个，其中恶性47个、良性结节14个；<IV级结节45个，其中良性结节36个、恶性9个。

VTIQ结果：直径≤10 mm组中测量结节SWV最大值、最小值和平均值，恶性结节分别为（ $3.52 \pm 0.72$ ）、（ $2.77 \pm 0.49$ ）和（ $3.17 \pm 0.58$ ）m/s，良性结节分别为（ $2.82 \pm 0.93$ ）、（ $2.18 \pm 0.43$ ）和（ $2.42 \pm 0.57$ ）m/s。与病理结果比较，SWV最大值、最小值、平均值的AUC分别为0.790、0.810和0.845，95%置信区间（95%CI）分别为0.693~0.887、0.717~0.903和0.757~0.932。SWV平均值的诊断效能最佳，其截断值为2.58 m/s，其中≥2.58 m/s者52个，包括恶性42个、良性10个；<2.58 m/s者43个，包括良性37个、恶性6个。直径>10 mm组中测量结节SWV最大值、最小值、平均值，恶性结节分别为（ $4.54 \pm 1.87$ ）、（ $2.98 \pm 1.24$ ）和（ $3.68 \pm 1.46$ ）m/s，良性结节分别为（ $3.06 \pm 0.84$ ）、（ $2.16 \pm 0.44$ ）和（ $2.50 \pm 0.49$ ）m/s。与病理结果比较，SWV最大值、最小值、平均值的AUC分别为0.795、0.784、0.838，95%CI分别为0.711~0.880、0.696~0.872、0.762~0.915。SWV平均值的诊断效能最佳，其截断值为2.68 m/s，其中≥2.68 m/s者54个，包括恶性43个、良性11个；<2.68 m/s者52个，包括良性39个、恶性13个（图1~2）。

VTI、VTIQ及两者联合对不同直径的甲状腺癌均有诊断价值（表1）。以病理结果为金标准，分别计算两组VTI、VTIQ及两者联合诊断甲状腺癌的灵敏度、特异度、准确率。绘制ROC曲线，计算AUC。直径≤10 mm组3种方法的AUC分别为0.811、0.831、0.873，直径>10 mm组分别为0.780、0.774、0.782（表2、图3~4）。比较两组VTI、VTIQ及联合诊断的AUC（表3），直径≤10 mm组中联合诊断比单独诊断的效能高，差异有统计学意义；直

径>10 mm组中3种方法组间差异均无统计学意义。两组间3种方法的AUC比较结果如下。VTI:  $Z=0.548$ ,  $P=0.584$ ; VTIQ:  $Z=1.140$ ,

$P=0.254$ ; 两者联合诊断:  $Z=2.145$ ,  $P=0.032$ 。直径 $\leq 10$  mm组中3种方法的AUC均高于直径>10 mm组, 联合诊断AUC差异有统计学意义。

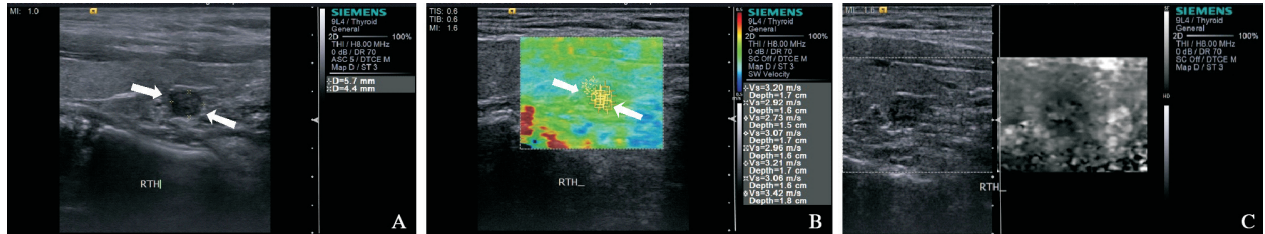


图1 TI-RADS 4a, 病理为乳头状癌

A: 常规二维超声图, 结节最大径 $\leq 10$  mm; B: VTIQ速度图, SWV值2.73~3.42 m/s, 平均3.07 m/s, 大于截断值(2.58 m/s), VTIQ诊断为恶性; C: VTI图, IV级, 黑色为主, 少量白色, 诊断为恶性

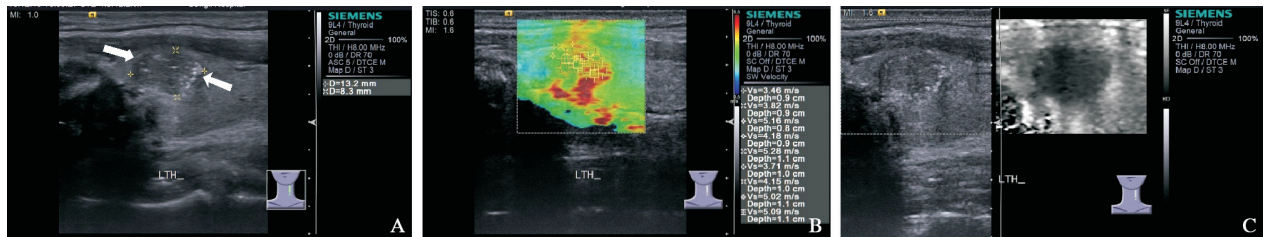


图2 TI-RADS 4c, 病理为乳头状癌

A: 常规二维超声图, 结节最大径 $\leq 10$  mm; B: VTIQ速度图, SWV值3.46~5.28 m/s, 平均4.45 m/s, 大于截断值(2.68 m/s), VTIQ诊断为恶性; C: VTI图, VI级, 全部为黑色, 且黑色部分面积大于二维超声图像结节面积, 诊断为恶性

表1 VTI、VTIQ及两者联合诊断甲状腺癌的比较

诊断结果	病理		$\chi^2$ 值	P值
	恶性	良性		
$\leq 10$ mm				
VTI技术			34.20	0.000
恶性	39	9		
良性	9	38		
VTIQ技术			39.41	0.000
恶性	42	10		
良性	6	37		
联合诊断			51.51	0.000
恶性	46	10		
良性	2	37		
$>10$ mm				
VTI技术			31.57	0.000
恶性	47	14		
良性	9	36		
VTIQ技术			29.57	0.000
恶性	43	11		
良性	13	39		
联合			37.28	0.000
恶性	54	20		
良性	2	30		

表 2 VTI、VTIQ及两者联合诊断甲状腺癌的结果

诊断方法	灵敏度	特异度	准确率	AUC	95% CI
≤ 10 mm					
VTI技术	81.25% (39/48)	80.85% (38/47)	81.05% (77/95)	0.811	0.717 ~ 0.884
VTIQ技术	87.50% (42/48)	78.72% (37/47)	83.16% (79/95)	0.831	0.740 ~ 0.900
联合	95.83% (46/48)	78.72% (37/47)	87.37% (83/95)	0.873	0.789 ~ 0.932
>10 mm					
VTI技术	83.93% (47/56)	72.00% (36/50)	78.30% (83/106)	0.780	0.689 ~ 0.854
VTIQ技术	76.79% (43/56)	78.00% (39/50)	77.36% (82/106)	0.774	0.682 ~ 0.850
联合	96.43% (54/56)	60.00% (30/50)	79.25% (84/106)	0.782	0.691 ~ 0.856

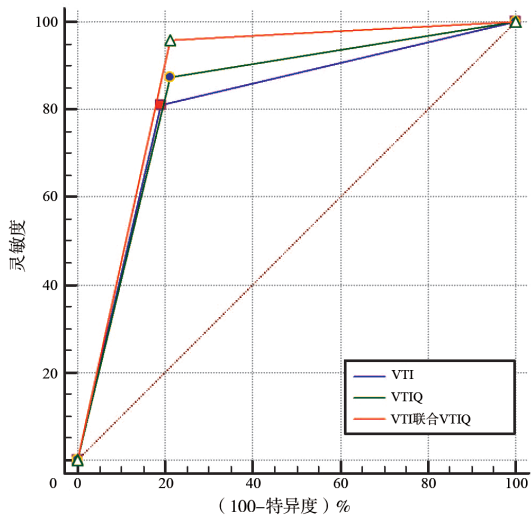


图 3 直径 ≤ 10 mm 组 VTI、VTIQ 及两者联合诊断甲状腺癌的 ROC 曲线图

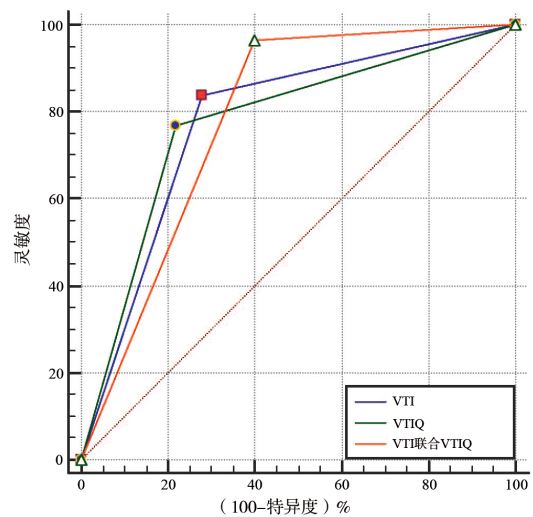


图 4 直径 > 10 mm 组 VTI、VTIQ 及两者联合诊断甲状腺癌的 ROC 曲线图

表 3 两组 VTI、VTIQ 及联合诊断的 AUC 比较

统计量	≤ 10 mm			> 10 mm		
	VTI/VTIQ	VTI/联合	VTIQ/联合	VTI/VTIQ	VTI/联合	VTIQ/联合
Z值	0.569	2.236	2.067	0.105	0.078	0.214
P值	0.569	0.025	0.039	0.916	0.928	0.830

### 3 讨论

超声诊断因具有无辐射、无创伤、便捷、可多次重复检查及可动态观察等优势，成为甲状腺结节的首选影像学检查方法。TI-RADS为超声诊断甲状腺癌提供了较为统一的标准，对临床治疗随访具有重要指导意义。Kwak等<sup>[2]</sup>提出的TI-RADS分级标准简单，便于操作，在临床易于推广。但其仅包括甲状腺结节的常规二维声像图特征，而甲状腺结节的病理成分复杂，常规二维超声难以完全满足诊断需要。为进一步提高超声对甲状腺癌的诊断能力，本研究应用ARFI技术评估甲状腺结节硬度，探讨

VTI、VTIQ及两者联合对不同直径甲状腺癌的诊断价值。本组研究对象为TI-RADS 4类结节，没有列入常规超声诊断较为明确的良性结节（TI-RADS 3类）和较为明确的恶性结节（TI-RADS 5类）。

弹性成像最初由Ophir等<sup>[9]</sup>提出，分为应变弹性成像和剪切波弹性成像。ARFI技术中的VTI为应变弹性成像，由声脉冲产生纵向变形而探测组织位移。VTI技术是对组织的整体评价，定性反映组织硬度，通常以黑白图像反映结节硬度，即以黑白色所占比例来判断组织的软硬度，黑色越多，组织越硬，反之则组织偏软。VTIQ技术是新型ARFI成像，由VTQ发展而来，

为剪切波弹性成像, 可对ROI (0.5 ~ 10 m/s) 的SWV进行编码, 得到SWV分布图, 同时可切换成传播时间和组织位移图, 并测量横向SWV值, 同时定性和定量评价结节硬度。ARFI检查时无需手动施加压力, 克服了传统助力式弹性成像中独立性和重复性差的缺点。

有研究表明, VTI技术在甲状腺癌诊断中具有一定价值<sup>[10]</sup>, 与VTQ联用可提高诊断准确率<sup>[11]</sup>。本研究中直径 $\leq 10$  mm组VTI与VTIQ联合诊断优于单独VTI或VTIQ诊断, 两者互补可减少假阴性结果。直径 $\leq 10$  mm组中, 单独VTI诊断假阴性9例, 其中5例有桥本甲状腺炎背景。甲状腺腺体被淋巴细胞和浆细胞浸润是桥本甲状腺炎最具特征的病理改变, 浸润为弥漫性, 甲状腺组织广泛纤维化<sup>[12]</sup>, 导致硬度增加。VTI以周围组织作对比, 结节定级偏低; 但VTIQ诊断此5例时SWV值均超过截断值。2例甲状腺结节直径较小, 分别为3.5和4.2 mm, 影响了VTI定级; 而VTIQ在这两个微小结节诊断中也均提示恶性。1例病理结果为滤泡型微腺癌, 镜下见大量微滤泡, 导致结节硬度不高。1例为滤泡型乳头状癌, 镜下表现为大量滤泡且充满胶质, 因此VTI分级不高。单独VTIQ及VTI与VTIQ联合诊断此2例均为假阴性。直径 $> 10$  mm组中, VTI与VTIQ联合诊断的2例假阴性也为滤泡型腺癌, 表明ARFI对滤泡型腺癌或滤泡型乳头状癌的诊断价值不高。

随着结节直径增大, VTI与VTIQ联合诊断的效能降低, 分析原因: ① 甲状腺结节病理成分复杂, 随着结节增大, 良性甲状腺结节内部发生纤维化、胶原化、钙化的概率增加, 结节变硬, 导致假阳性增多。② 随着结节增大, 恶性结节内部发生出血、坏死、液化的概率增加, 使结节硬度减低, 导致假阴性增多。③ ARFI技术易受患者呼吸、血管搏动的影响, 同时VTI分级较为主观, II、III级与IV级间有时难以精确判断。④ 本研究入组结节均为TI-RADS 4类结节, 已排除典型良性结节与典型恶性结节。

VTI、VTIQ及两者联用在TI-RADS 4类结节中均有诊断甲状腺癌的价值, 可作为常规二

维超声的重要辅助手段, 以降低甲状腺癌的漏诊率。对于直径 $\leq 10$  mm的结节, VTI与VTIQ联用优于单独VTI或VTIQ诊断。然而, 随着结节直径增大, VTI与VTIQ联合诊断的效能也会降低。

#### [参 考 文 献]

- [1] DAVIES L, WELCH H G. Current thyroid cancer trends in the United States [J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2014, 140(4): 317-322.
- [2] KWAK J Y, HAN K H, YOON J H, et al. Thyroid imaging reporting and data system for US features of nodules: a step in establishing better stratification of cancer risk [J]. *Radiology*, 2011, 260(3): 892-899.
- [3] 齐育彬, 陈光喜. 改进SPIHT图像压缩算法在弹性成像中的应用 [J]. *桂林电子科技大学学报*, 2011, 31: 234-237.
- [4] IANCULESCUA V, CIOLOVAN L M, DUNANT A, et al. Added value of Virtual Touch IQ shear wave elastography in the ultrasound assessment of breast lesions [J]. *Eur J Radiol*, 2014, 83(5): 773-777.
- [5] GOLATTA M, SCHWEITZER-MARTIN M, HARCOS A, et al. Normal breast tissue stiffness measured by a new ultrasound technique: virtual touch tissue imaging quantification (VTIQ) [J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82(11): 676-679.
- [6] GOLATTA M, SCHWEITZER-MARTIN M, HARCOS A, et al. Evaluation of virtual touch tissue imaging quantification, a new shear wave velocity imaging method, for breast lesion assessment by ultrasound [J]. *Biomed Res Int*, 2014: 960262.
- [7] XU J M, XU X H, XU H X, et al. Conventional US, US elasticity imaging, and acoustic radiation force impulse imaging for prediction of malignancy in thyroid nodules [J]. *Radiology*, 2014, 272(2): 577-586.
- [8] 何 勇, 徐辉雄, 张一峰, 等. 声触诊组织弹性成像鉴别诊断甲状腺结节良恶性的价值 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2012, 21: 320-323.
- [9] OPHIR J, CÈSPEDES I, PONNEKANTI H, et al. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues [J]. *Ultrason Imaging*, 1991, 13: 111-134.
- [10] ZHANG F J, HAN R L, ZHAO X M. The value of virtual touch tissue image (VTI) and virtual touch tissue quantification (VTQ) in the differential diagnosis of thyroid nodules [J]. *Eur J Radiol*, 2014, 83(11): 2033-2040.
- [11] 贾红靖, 徐晓红. 声脉冲辐射力弹性成像鉴别诊断甲状腺良恶性结节的价值 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2013, 21(9): 688-692.
- [12] 纪小龙, 吉 米. 甲状腺病理诊断 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2011: 132-133.

(收稿日期: 2017-06-25 修回日期: 2017-09-29)