基于超声评估甲状腺结节的体积与直径自然变化特点:一项为期49个月的随访研究

林健锋[1]，胡晓东[2]，康韶洋[3]，贾晓蒙[1]，许怀瑾[3]，许祖星[3]，陈润鸿[1]，吕朝晖[1,3]

1 解放军总医院第一医学中心 内分泌科，北京 100853；2 解放军总医院第六医学中心 内分泌科，北京 100048；
3 南开大学 医学院，天津 300071

摘要：目的 探讨基于超声评估不同美国放射学会甲状腺成像报告数据系统（ACR-TIRADS）分类甲状腺结节的体积与直径自然变化特点及其临床意义。**方法** 采用回顾性队列研究，纳入2018年1月—2025年9月每季度第1个月在解放军总医院第一医学中心就诊并完成超声随访的5 963例甲状腺结节患者，共13 815枚结节，分析基于体积/直径评估标准显著增大结节的检出率、自然生长规律及观察期内恶性检出率。**结果** 平均随访时长（49.2±4.8）个月，基线时患者平均年龄（49.9±13.4）岁，女性占比74.0%（4 410/5 963），83.7%（4 993/5 963）的患者为多发结节。随访期间，25.6%（3 538/13 815）的结节显著增大，61.4%（8 485/13 815）保持稳定状态，11.1%（1 533/13 815）明显缩小，1.9%（259/13 815）完全消失。进一步分析显示，基于体积评估标准（VBC）显著增大结节的检出率高于基于直径评估标准（DBC）的检出率，分别为24.7%（3 409/13 815）和22.9%（3 164/13 815），$P<0.05$。在49个月的观察期内，不同ACR-TIRADS分类且显著增大结节均呈现“慢−快−慢”的生长模式，其中ACR-TIRADS 1～3类结节增长高峰期在随访期第24～36个月，而4、5类结节增长高峰期则在随访期第12～24个月。此外，随访期间共有577枚结节（稳定组324枚和显著增大组253枚）接受细针穿刺活检，显著增大组甲状腺乳头状癌检出率显著高于稳定组，分别为25.3%（64/253）和6.5%（21/324），而显著增大组中分别基于VBC/DBC的检出率相当，分别为25.4%（60/236）和26.0%（57/219）。**结论** VBC较DBC对显著增大结节的检出灵敏度更高，但二者甲状腺乳头状癌检出效能相当；不同ACR-TIRADS风险结节的生长模式存在时间异质性，可为临床个体化随访策略制定提供循证参考。

关键词：甲状腺结节；体积评估标准；直径评估标准；生长模式；时间异质性；风险评估；超声检查；灵敏度

中图分类号：R581.3；R445.1 **文献标识码：**A DOI：10.13885/j.issn.2097-681X.T20260043

Natural changes in volume and diameter of thyroid nodules assessed by ultrasound: a 49-month follow-up study

LIN Jianfeng[1], HU Xiaodong[2], KANG Shaoyang[3], JIA Xiaomeng[1], XU Huaijin[3], XU Zuxing[3], CHEN Runhong[1], LYU Zhaohui[1,3]

1 Department of Endocrinology, The First Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China;
2 Department of Endocrinology, The Sixth Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100048, China;
3 School of Medicine, Nankai University, Tianjin 300071, China

Abstract: Objective To investigate the natural change characteristics of the volume and diameter of thyroid nodules stratified by different American College of Radiology Thyroid Imaging Reporting and Data System (ACR-TIRADS) categories assessed by ultrasound, as well as their clinical significance. **Methods** A retrospective cohort study was conducted. A total of 5 963 patients with thyroid nodules (13 815 nodules in total) who visited The First Medical Center of Chinese PLA General Hospital in the first month of each quarter from

收稿日期：2026−04−08 **修回日期：**2026−04−17 **接受日期：**2026−04−21

基金项目：北京市自然科学基金面上项目（7222168）

作者简介：吕朝晖，男，主任医师，博士研究生导师，博士，研究方向为内分泌代谢疾病，e-mail：metabolism301@126.com，通信作者

January 2018 to September 2025 and completed an ultrasound follow-up were enrolled. The detection rate of significantly enlarged nodules, their natural growth patterns, and the malignancy detection rate were analyzed under the volume-based criterion (VBC) and diameter-based criterion (DBC). **Results** The mean follow-up duration was (49.2±4.8) months. At baseline, the mean age of patients was (49.9±13.4) years, with females accounting for 74.0% (4 410/5 963), and 83.7% (4 993/5 963) of patients having multiple nodules. During follow-up, 25.6% (3 538/13 815) of the nodules were significantly enlarged, 61.4% (8 485/13 815) remained stable, 11.1% (1 533/13 815) shrank significantly, and 1.9% (259/13 815) resolved completely. Further analysis showed that the detection rate of significantly enlarged nodules was higher under VBC than under DBC, with 24.7% (3 409/13 815) vs 22.9% (3 164/13 815), respectively ($P<0.05$). During the 49-month observation period, all significantly enlarged nodules with different ACR-TIRADS categories presented a "slow-fast-slow" growth pattern. The peak growth period of nodules in ACR-TIRADS categories 1～3 occurred at 24～36 months of follow-up, while that of nodules in ACR-TIRADS categories 4 and 5 occurred at 12～24 months. In addition, a total of 577 nodules (324 in the stable group and 253 in the significantly enlarged group) underwent fine-needle aspiration biopsy during follow-up. The detection rate of papillary thyroid carcinoma in the significantly enlarged group was much higher than that in the stable group, at 25.3% (64/253) vs 6.5% (21/324), respectively. Among the significantly enlarged nodules, the papillary thyroid carcinoma detection rates under VBC and DBC were comparable, at 25.4% (60/236) vs 26.0% (57/219), respectively. **Conclusions** VBC has a higher detection sensitivity for significantly enlarged nodules than DBC, while the papillary thyroid carcinoma detection efficacy is comparable between the two criteria. Temporal heterogeneity exists in the growth patterns of nodules with different ACR-TIRADS risk stratifications, which can provide evidence-based reference for the development of individualized clinical follow-up strategies.

Keywords: thyroid nodule; volume-based criteria; diameter-based criteria; growth pattern; temporal heterogeneity; risk assessment; ultrasonography; sensitivity

近年来随着颈部超声检查的普及和灵敏度的提高，甲状腺结节的人群检出率显著升高，其中大多数为良性结节，恶性结节所占比例较低[1]。临床中多数甲状腺结节患者无细针穿刺活检（fine-needle aspiration biopsy, FNAB）的病理诊断结果，长期管理主要依赖超声动态随访，并以不同甲状腺影像报告与数据系统进行恶性风险分层。甲状腺结节的随访管理重点在于监测结节的大小变化、超声征象演变以及有无异常淋巴结转移等方面，但国际指南关于结节显著增大（significant nodule growth, SNG）的判定不尽相同：2023年欧洲甲状腺协会指南以“两条径线增长≥20%且绝对值增长≥2 mm”或“结节体积增长≥50%”为SNG判定标准[2]；甲状腺乳头状微小癌主动监测相关研究[3-4]则多以“最大径增长≥3 mm”为界定阈值。不同标准直接影响SNG检出率、FNAB指征及干预决策，然而针对缺乏细胞学证据、仅凭超声随访的甲状腺结节人群，中国尚无大样本系统研究。因此，本研究拟通过超声随访，基于美国放射学会甲状腺成像报告数据系统（American college of radiology-thyroid imaging reporting and data system, ACR-TIRADS）分类比较体积评估标准（volume-based criteria, VBC）与直径评估标准（diameter-based criteria, DBC）的SNG检出差异，分析随访中结节的生长特点及不同标准下显著增大结节的甲状腺乳头状癌（papillary thyroid carcinoma, PTC）检出率，为优化甲状腺结节随访策略提供依据。

1 临床资料

1.1 研究对象

收集2018年1月—2025年9月每季度第1个月于解放军总医院第一医学中心内分泌科门诊就诊的甲状腺结节患者的临床资料。

纳入标准：（1）完成甲状腺超声检查；（2）年龄≥18岁。排除标准：（1）初诊前已接受甲状腺手术或非手术介入治疗（如热消融、乙醇消融）；（2）甲状腺功能异常，既往/正在使用影响甲状腺功能药物；（3）合并其他恶性肿瘤；（4）超声资料不完整；（5）未按要求随访或随访资料不完整。

1.2 研究方法

1.2.1 资料收集

通过医院电子病历系统收集一般资料（性别、年龄、就诊次数、既往病史）及超声资料（结节数量、位置、最大径、体积、结构、回声、形态、边缘、钙化类型、血流信号及ACR-TIRADS分级）。结节最大径精确至1 mm，体积精确至1 mm^3。随访期间记录FNAB实施原因及病理结果。

1.2.2 超声检查方法及观察指标

所有甲状腺超声检查均由经验丰富的超声医师完成。检查时患者取仰卧位，充分暴露颈部，对甲状腺进行多切面扫查，测量每枚结节的长、宽、高等3条径线。结节体积按椭球公式计算：体积=长×宽×高×π/6，长、宽、高单位均为mm，体积单位为mm^3。同步记录结节的结构、回声、形态、边缘、钙化类型及血流信号，并依据ACR-TIRADS分类标准进行风险分级。本研究中针对多发结节患者的分组按其最高ACR-TIRADS分类结节进行界定。

1.2.3 结节生长判定标准

本研究采用VBC与DBC两种标准评估结节大小变化[2]。

VBC定义为结节体积较基线增加≥50%判定为SNG，体积变化<50%判定为稳定，体积减少≥50%判定为缩小[2]。

DBC定义为结节至少两条径线较基线增加≥20%，且绝对值增加≥2 mm，判定为SNG；未达到上述标准者判定为稳定；至少两条径线减小≥20%，且绝对值减小≥2 mm，判定为缩小[2]。

随访期间，对于因SNG达到FNAB指征或因患者主观意愿选择接受FNAB检查的病例，均需完整记录其病理检查结果。

1.2.4 统计学方法

采用SPSS 26.0软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以平均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，非正态分布的计量资料以中位数和四分位数[$M(P_{25},P_{75})$]表示，计数资料以频数及其构成比[n(%)]表示。组间比较根据资料类型分别采用t检验、单因素方差分析、Mann-Whitney U检验、Kruskal-Wallis H检验及χ^2检验；针对不同ACR-TIRADS分类结节的多时间点随访动态变化数据，采用重复测量方差分析（模型残差经Shapiro-Wilk检验符合正态分布），分别计算时间效应、组间效应及时间与分组交互效应的统计量与P值；若球形性检验不满足Mauchly球形假设，则采用Greenhouse-Geisser法对自由度进行校正；事后两两比较采用Bonferroni法。两种评估标准对显著增大结节检出率的比较采用配对设计McNemar卡方检验。以$P<0.05$表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 甲状腺结节患者的基线特征

共纳入5 963例甲状腺结节患者（图1），总计13 815枚甲状腺结节，平均随访时长（49.2±4.8）个月。患者平均年龄（49.9±13.4）岁，女性占比74.0%（4 410/5 963），基线时83.7%（4 993/5 963）的患者为多发结节（表1）。

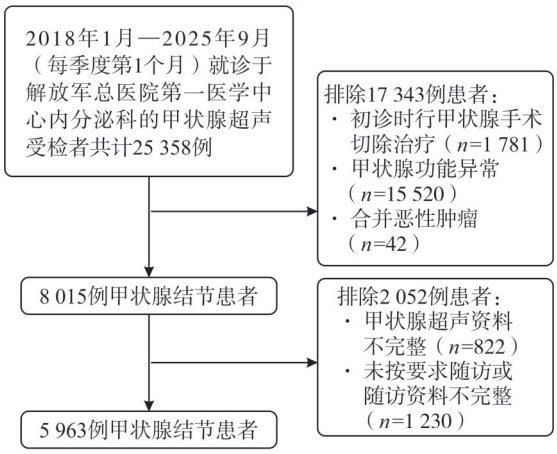

图1　患者纳入流程

2.2 不同ACR-TIRADS分类结节VBC/DBC对SNG的检出率

在13 815枚结节中，ACR-TIRADS 1~2、3、4和5类结节分别有9 769枚（70.7%）、2 709枚（19.6%）、838枚（6.1%）和499枚（3.6%）。在3 538枚显著增大结节中，仅符合VBC增大标准、仅符合DBC增大标准以及同时符合两种标准的结节分别为374、129、3 035枚。VBC检出显著增大结节3 409枚，检出率为24.7%，高于DBC的22.9%，经McNemar配对卡方检验，差异具有统计学意义（$\chi^2=119.33$，$P<0.001$）。见表2。

表1 甲状腺结节患者的基线特征[n(%)或$M(P_{25},P_{75})$]

类别		性别[n(%)]		年龄/岁	单发[n(%)]	多发[n(%)]	随访时间/月	基线最大径/mm	基线体积/mm^3
		女性	男性						
合计	(n=5 963)	4 410 (74.0)	1 553 (26.1)	49.6±13.4	970 (16.3)	4 993 (83.7)	49.2±4.8	8.8 (3.5,13.5)	152.4 (28.8,658.5)
ACR-TIRADS 1~2类	(n=4 695)	3 486 (74.2)	1 209 (25.8)	49.8±12.2	785 (16.7)	3 910 (83.3)	50.7±5.2	9.4 (4.4, 14.2)	183.8 (55.4,754.3)
ACR-TIRADS 3类	(n=840)	618 (73.6)	222 (26.4)	47.8±11.2	126 (15.0)	714 (85.0)	48.9±6.8	8.9 (4.8,13.2)	113.4 (30.9,478.6)
ACR-TIRADS 4类	(n=277)	203 (73.3)	74 (26.7)	47.1±13.2	40 (14.4)	237 (85.6)	47.5±5.8	8.1 (3.8,12.3)	98.6 (27.3,457.4)
ACR-TIRADS 5类	(n=151)	103 (68.2)	48 (31.8)	46.1±12.4	19 (12.6)	132 (87.4)	47.1±3.8	7.2 (3.5,12.7)	90.2 (25.8,432.6)
$\chi^2/F/H$值		2.930		24.690	3.880		66.620	22.360	82.150
P值		0.411		<0.001	0.274		<0.001	<0.001	<0.001

ACR-TIRADS 美国放射学会甲状腺成像报告数据系统。

表2 不同ACR-TIRADS分类结节的大小变化及结节显著增大检出情况[n(%)]

类别		消失	稳定	增大			缩小
				(仅VBC)	(仅DBC)	(VBC+DBC)	
总体	(n=13 815)	259(1.9)	8 485(61.4)	374(2.7)	129(0.9)	3 035(22.0)	1 533(11.1)
ACR-TIRADS 1~2类	(n=9 769)	205(2.1)	6 010(61.5)	286(2.9)	79(0.8)	2 201(22.5)	988(10.2)
ACR-TIRADS 3类	(n=2 709)	16(0.6)	1 610(59.4)	54(2.0)	34(1.3)	642(23.7)	353(13.0)
ACR-TIRADS 4类	(n=838)	28(3.3)	486(58.0)	28(3.3)	10(1.2)	135(16.1)	151(18.1)
ACR-TIRADS 5类	(n=499)	10(2.0)	379(76.0)	6(1.2)	6(1.2)	57(11.4)	41(8.2)

采用行×列 Pearson 卡方检验比较不同 ACR-TIRADS 分类结节的整体转归构成差异，χ^2=269.72，P<0. 001；ACR-TIRADS 美国放射学会甲状腺成像报告数据系统，VBC 体积评估标准，DBC 直径评估标准，全队列中两种标准对显著增大结节的检出率比较采用 McNemar 配对卡方检验，χ^2=119.33，P<0. 001。

2.3 不同ACR-TIRADS分类且显著增大结节的直径与体积动态变化特点

在全部3 538枚显著增大结节中，进一步纳入每年均完成规范复查且随访资料完整的2 542枚结节进行分层分析，以评估不同ACR-TIRADS分类结节在各随访阶段最大直径和体积的动态变化特征。

重复测量方差分析结果显示（见表3、表4）：结节最大径与体积的时间主效应均具有统计学意义（P均<0.001），提示显著增大结节的大小随随访时间延长呈整体显著增长趋势；组间主效应均具有统计学意义（P均<0.001），提示不同ACR-TIRADS分类结节的整体大小基线水平存在显著差异；时间×分组交互效应均具有统计学意义（P均<0.001），提示不同ACR-TIRADS分类结节的生长轨迹（增长速率随时间的变化模式）存在显著异质性。

鉴于时间与分组交互效应具有统计学意义，进一步行简单效应分析结合 Bonferroni 事后两两比较显示：在本研究49个月的观察期内，不同ACR-TIRADS分类的显著增大结节总体呈现“慢–快–慢”的阶段性生长模式，且增长高峰存在明显的时间异质性。其中ACR-TIRADS 1~2类结节和3类结节的增长高峰主要出现在随访第24~36个月，该阶段结节最大径与体积的增长幅度均显著高于其他随访阶段（P均<0.001）；而ACR-TIRADS 4类结节和5类结节的快速增长期则主要出现在随访第12~24个月，该阶段增长速度显著快于其他随访时期（P均<0.001）。

2.4 接受FNAB结节的PTC检出率

随访期间，共有577枚结节接受FNAB，其中稳定组324枚，增大组253枚（202枚同时符合VBC和DBC，34枚仅符合VBC，17枚仅符合DBC）。增大组结节PTC检出率高于稳定组，具体表现为稳定组PTC检出率为6.5%（21/324）；在增大组中，基于VBC模式的PTC检出率为25.4%（60/236），基于DBC模式的为26.0%（57/219）。进一步分层分析显示，在VBC和DBC两

表3　不同ACR-TIRADS分类且显著增大结节各随访阶段的平均最大径变化

mm

组别	随访时间				
	0个月	(0,12]个月	(12,24]个月	(24,36]个月	(36,48]个月
ACR-TIRADS 1~2类（n=1 975）	8.5(5.2,13.9)	9.7(5.4,15.9)	11.4(9.2,16.7)	14.6(11.2,18.9)	16.5(10.7,20.8)
ACR-TIRADS 3类（n=412）	8.3(5.1,12.5)	9.2(5.8,13.4)	10.4(5.4,14.2)	12.7(5.5,16.3)	13.9(6.1,17.2)
ACR-TIRADS 4类（n=113）	7.8(4.2,11.9)	8.4(4.6,12.5)	11.6(5.2,14.5)	12.3(6.7,15.5)	13.5(8.1,16.2)
ACR-TIRADS 5类（n=42）	6.9(3.9,12.5)	8.1(4.2,13.5)	10.9(5.4,15.5)	11.4(6.2,16.5)	12.0(6.1,17.2)
重复测量方差分析		F值		P值	
组间效应（ACR分类）		128.362		<0.001	
时间主效应		897.451		<0.001	
时间×分组		47.215		<0.001	

ACR-TIRADS 美国放射学会甲状腺成像报告数据系统。

表4　不同ACR-TIRADS分类且显著增大结节各随访阶段的体积变化

mm^3

组别	随访时间				
	0个月	(0,12]个月	(12,24]个月	(24,36]个月	(36,48]个月
ACR-TIRADS 1~2类（n=1 975）	197.4（61.8,712.5）	282.5（72.5,812.5）	368.6（84.8,922.5）	718.3（161.8,1 940.5）	856.6（312.5, 2 326.1）
ACR-TIRADS 3类（n=412）	100.4（32.9, 433.6）	128.8（52.8, 620.6）	178.6（73.9, 920.4）	458.4（131.6, 1 120.6）	470.6（12.8, 1 628.0）
ACR-TIRADS 4类（n=113）	95.4（29.9, 427.6）	113.5（36.9, 580.6）	398.5（51.9, 1 020.6）	423.2（41.9,1 270.7）	465.3（113.8, 1 428.0）
ACR-TIRADS 5类（n=42）	88.3（26.8, 410.6）	104.2（33.8, 520.5）	302.1（45.9, 937.6）	358.4（51.8, 1 135.6）	400.6（103.6, 1 327.0）
重复测量方差分析		F值		P值	
组间效应（ACR分类）		156.784		<0.001	
时间主效应		1 024.639		<0.001	
时间×分组		62.307		<0.001	

ACR-TIRADS 美国放射学会甲状腺成像报告数据系统。

种标准下，不同ACR-TIRADS分类结节的PTC检出率均随风险分层等级升高而增加；在相同ACR-TIRADS分类下，增大组结节的PTC检出率均高于稳定组，见表5。

表5　不同ACR-TIRADS分类结节稳定组与增大组的PTC检出率

组别	稳定组			增大组（VBC）			增大组（DBC）		
	总计	良性	PTC	总计	良性	PTC	总计	良性	PTC
总体	324	303(93.5)	21(6.5)	236	176(74.6)	60(25.4)	219	162(74.0)	57(26.0)
ACR-TIRADS 3类	172	167(93.5)	5(6.5)	130	106(81.5)	24(18.5)	122	100(82.0)	22(18.0)
ACR-TIRADS 4类	97	90(92.8)	7(7.2)	68	48(70.6)	20(29.4)	64	43(67.2)	21(32.8)
ACR-TIRADS 5类	55	46(83.6)	9(16.4)	38	22(57.9)	16(42.1)	33	19(57.6)	14(42.4)
χ^2值		12.570			9.470			10.190	
P值		0.002			0.009			0.006	

ACR-TIRADS　美国放射学会甲状腺成像报告数据系统，PTC　甲状腺乳头状癌。

3　讨论

本研究纳入5 963例患者的13 815枚结节，开展为期4年多的随访研究，系统比较体积与直径两种评估标准对显著增大结节的检出效能，分析接受FNAB结节在不同标准下的PTC检出率，并探索显著增大结节的自然生长规律。结果显示，VBC对SNG的检出率高于DBC；在接受FNAB的577枚结节中，两种标准下PTC检出率差异无统计学意

义；在49个月观察期内，不同ACR-TIRADS分类的显著增大结节均呈现“慢-快-慢”的生长模式，其中ACR-TIRADS 1-2类和3类结节增长高峰位于随访第24～36个月，而ACR-TIRADS 4类和5类结节增长高峰位于第12～24个月。

甲状腺结节的发生机制复杂，生长模式存在异质性，但结节增大仍是评估恶性风险的重要参考指标。目前研究[2-4]对“显著增大”的判定标准尚不统一，体积与直径评估标准的临床优劣尚存争议。本研究结果显示，VBC对SNG的检出率更高。土耳其一项为期10年的良性结节随访研究[5]证实，VBC对结节的细微变化更敏感，随访第5年、第10年的SNG检出率分别为27.7%和44.0%，均显著高于同期DBC的19.1%与35.0%。与该研究相比，本研究样本量更大，覆盖13 815枚不同ACR-TIRADS风险分层的结节，更贴近真实临床场景。二者检出率存在差异的核心原因在于：VBC整合了结节长、宽、高3条径线的变化，较仅考量两条径线增幅的DBC更能全面反映结节的三维生长状态；当结节形态不规则时，DBC易低估结节的实际变化幅度。

值得关注的是，SNG是FNAB的核心指征之一，VBC检出更多显著增大结节，理论上可能扩大穿刺指征范围，进而影响PTC检出率。但本研究结果显示，尽管VBC的检出灵敏度更高，接受FNAB的结节中PTC检出率并未同步升高。该结果再次证实，SNG仅为FNAB的参考指征，而非恶变的直接标志。循证研究[1,6]表明，良性结节在自然病程中同样可出现体积或径线增大，若单纯将SNG等同于恶性风险升高，易导致临床风险过度评估，引发不必要的有创检查。Macera等[6]的系统综述显示，随访3～5年的细胞学确诊Bethesda Ⅱ类良性结节，恶性率仅为0.5%～3.0%。Grani等[1]也指出，结节大小的动态变化无独立的良恶性鉴别价值，需结合超声恶性征象与标准化风险分层体系综合判断。Erdoğan等[5]同样发现，VBC虽可检出更多显著增大结节，但恶性占比并未同步升高。因此，VBC额外检出的显著增大结节多为良性结节的三维渐进性生长，多不伴随恶性超声征象进展，因此未提升恶性检出率。临床实践中不应因体积标准灵敏度更高就放宽穿刺指征，仍需结合ACR-TIRADS风险分层综合判断，避免不必要的有创检查。

本研究还发现，不同ACR-TIRADS分类结节的生长模式存在显著时间异质性。ACR-TIRADS 1~2类与3类结节以良性病变为主，多呈“慢性生长型”模式[7]，其体积增大是滤泡上皮细胞渐进性增殖与滤泡腔内胶质进行性潴留共同作用的结果[8]。随访早期，滤泡上皮增殖与凋亡处于相对平衡状态，胶质贮积尚不显著，结节体积变化平缓；在长期激素刺激、碘代谢异常、自身免疫炎症等因素持续作用下[9]，增殖稳态被打破，上皮细胞增殖活性升高，同时滤泡内甲状腺球蛋白不断沉积、胶质积聚加速，共同推动结节于随访中后期进入生长高峰；至随访后期，随着滤泡扩张逐渐达到相对稳态，结节增长速率逐步回落。同时，ACR-TIRADS 1～2类结节基线径线更大，小幅绝对增长需累积更长时间才会呈现显著差异，这也是其增长高峰相对滞后的重要原因。ACR-TIRADS 4类与5类结节中恶性潜能结节占比更高[10]，生长调控机制与良性结节存在本质差异，呈“早期活跃型”模式。恶性结节受*BRAF* V600E突变、*TERT*启动子突变等分子事件驱动[11]，细胞增殖活性显著更高，病程早期即可出现快速克隆性增殖，因此增长高峰相对提前。另一方面，ACR-TIRADS 4类、5类结节基线径线更小，微小的绝对增长即可表现为较高的相对增长率，更易在随访早期被检出，进一步放大了增长高峰的时间差异。

本研究也存在一定局限性：（1）仅577枚结节接受FNAB，存在选择偏倚；（2）VBC依赖三维径线的精准测量，小结节固有测量误差、操作者间一致性差异可能放大体积计算偏差，影响评估稳定性；（3）本研究为描述性真实世界研究，核心聚焦结节自然生长模式与两种标准的效能对比，未深入分析结节增大的独立危险因素，有待后续研究验证；（4）本研究未同步分析超声形态、回声、钙化等征象的纵向演变，评估维度相对单一，后续将整合超声征象、临床指标与分子标志物构建多维度预测模型。

综上所述，在甲状腺结节随访管理中，VBC与DBC对PTC的检出效能相当，二者呈互补关系：以早期识别结节体积变化为核心目标时，VBC灵敏度更高、更具优势；常规临床随访中，

DBC操作简便、重复性好，实用价值更强。

结合本研究发现的生长时间异质性规律与指南推荐，可为临床个体化随访策略制定提供参考：针对ACR-TIRADS 4、5类高风险结节，快速增长高峰集中于随访前24个月，提示其病程早期增殖活跃，可适当缩短随访初期监测间隔，将前24个月设为重点监测窗口期，密切关注结节大小与超声征象变化，及时评估FNAB指征[12-14]。针对1～2、3类中低风险结节，增长高峰延后至第24～36个月，提示其早期生长惰性强，可按指南常规间隔随访，无需过度密集监测；若无新发恶性征象，可将监测重点向24～36个月适度倾斜[1,2,6,13]，在保障安全的前提下降低患者负担、优化资源配置。不同随访间隔对患者预后与PTC分期的影响，仍需大样本前瞻性研究进一步验证。

伦理声明 本研究已通过解放军总医院伦理委员会审核批准（批件文号：S2022-705-01）。

利益冲突声明 本研究不存在研究者、伦理委员会成员、受试者监护人以及与公开研究成果有关的利益冲突。

作者贡献声明 林健锋：研究设计、文章撰写；胡晓东、康韶洋、贾晓蒙：数据统计分析、作图；许怀瑾、许祖星、陈润鸿：数据及随访资料整理；吕朝晖：研究指导、论文审阅。

参考文献

[1] GRANI G, SPONZIELLO M, FILETTI S, et al. Thyroid nodules: diagnosis and management[J]. Nature reviews endocrinology, 2024, 20(12): 715-728.

[2] DURANTE C, HEGEDÜS L, CZARNIECKA A, et al. 2023 European Thyroid Association Clinical Practice Guidelines for thyroid nodule management[J]. European thyroid journal, 2023, 12(5): e230067.

[3] LEE E K, MOON J H, HWANGBO Y, et al. Progression of low-risk papillary thyroid microcarcinoma during active surveillance: interim analysis of a multicenter prospective cohort study of active surveillance on papillary thyroid microcarcinoma in Korea[J]. Thyroid, 2022, 32(11): 1328-1336.

[4] KIM C A, BAEK S H, YOO J, et al. Tumor growth kinetics based on initial tumor volume doubling time in active surveillance of low-risk papillary thyroid carcinoma[J]. Thyroid, 2024, 34(7): 846-855.

[5] ERDOĞAN M F, BAHÇECIOĞLU A B, AVCı MERDIN F, et al. Changes in the volume and diameter of benign thyroid nodules: a 10-year follow-up study[J]. Thyroid, 2025, 35(1): 31-40.

[6] MACERA M, MELCARNE R, GRANI G. Long-term surveillance for benign thyroid nodules[J]. Endocrine practice, 2026, 32(1): 77-86.

[7] POPOVA N M, RADZINA M, PRIEDITIS P, et al. Impact of the hypoechogenicity criteria on thyroid nodule malignancy risk stratification performance by different TIRADS systems[J]. Cancers, 2021, 13(21): 5581.

[8] NA D G, PAIK W, CHA J, et al. Diagnostic performance of the modified Korean Thyroid Imaging Reporting and Data System for thyroid malignancy according to nodule size: a comparison with five society guidelines[J]. Ultrasonography, 2021, 40(4): 474-485.

[9] TOPCUOGLU O M, UZUNOGLU B, ORHAN T, et al. A real-world comparison of the diagnostic performances of six different TI-RADS guidelines, including ACR-/ Kwak-/ K-/ EU-/ ATA-/ C-TIRADS[J]. Clinical imaging, 2025, 117: 110366.

[10] HOANG J K, MIDDLETON W D, TESSLER F N. Update on ACR TI-RADS: successes, challenges, and future directions, from the AJR special series on radiology reporting and data systems[J]. American journal of roentgenology, 2021, 216(3): 570-578.

[11] SŁOWIŃSKA-KLENCKA D, KLENCKI M, WOJTASZEK-NOWICKA M, et al. Validation of four thyroid ultrasound risk stratification systems in patients with Hashimoto's thyroiditis; impact of changes in the threshold for nodule's shape criterion[J]. Cancers, 2021, 13(19): 4900.

[12] LEE J Y, LEE M K, LIM H K, et al. Standardized ultrasound evaluation for active surveillance of low-risk thyroid microcarcinoma in adults: 2024 Korean society of thyroid radiology consensus statement[J]. Korean journal of radiology, 2024, 25(11): 942-958.

[13] LEE J Y, NA D G. Ultrasound imaging criteria and protocols for active surveillance of low-risk thyroid cancer: a review of international consensus guidelines[J]. Endocrinology and metabolism, 2025, 40(2): 185-194.

[14] KIM M J, MOON J H, LEE E K, et al. Active surveillance for low-risk thyroid cancers: a review of current practice guidelines[J]. Endocrinology and metabolism, 2024, 39(1): 47-60.

（责任编辑：李晓炜）