

· 论 著 ·

# 人工智能系统与甲状腺影像报告和数据系统 预测甲状腺癌

王云<sup>1</sup>, 王聪<sup>1</sup>, 朱赛赛<sup>1</sup>, 李欢送<sup>1</sup>, 张军<sup>1</sup>, 郭浩<sup>2</sup>, 寇昌华<sup>1</sup>

1. 徐州市中心医院 东南大学附属徐州医院 徐州医科大学徐州临床学院肝胆胰中心, 江苏 徐州 221009;
2. 徐州市中心医院 东南大学附属徐州医院 徐州医科大学徐州临床学院新城甲乳外科, 江苏 徐州 221009

**摘要:** **目的** 研究人工智能(AI)系统与甲状腺影像报告和数据系统(TI-RADS)在甲状腺肿瘤良恶性诊断中的价值。**方法** 构建AI系统,并回顾性分析2020年1月至2021年12月徐州市中心医院行甲状腺外科手术的患者共500例,收集患者基本信息、手术信息、AI分级指标、TI-RADS分级、术后病理情况,比较AI及TI-RADS预测甲状腺癌的准确率。**结果** 500例患者中,甲状腺癌390例,良性结节110例。AI预测甲状腺癌准确率为88.5%,预测良性肿瘤准确率为87.3%,总体准确率为88.2%。TI-RADS预测甲状腺癌准确率为80.3%,预测良性肿瘤准确率为80.9%,总体预测准确率为80.4%。AI系统对恶性、总体预测准确率均高于TI-RADS组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。AI系统对乳头状癌的预测准确率高于TI-RADS(89.9% vs 81.2%,  $\chi^2 = 10.525, P<0.05$ ),对滤泡状癌、髓样癌、未分化癌的预测准确率与TI-RADS差异无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论** AI系统与TI-RADS在甲状腺癌的诊断中有着重要的价值,AI系统比TI-RADS具有更高的准确率,并且在甲状腺癌不同亚型中有着类似的结果。

**关键词:** 甲状腺癌; 人工智能; 甲状腺影像报告和数据系统; 乳头状癌; 超声检查

**中图分类号:** R736.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2023)11-1636-04

## Artificial intelligence system and TI-RADS grading system in predicting thyroid cancer

WANG Yun\*, WANG Cong, ZHU Saisai, LI Huansong, ZHANG Jun, GUO Hao, KOU Changhua

\* *Hepatobiliary Pancreatic Center, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou Hospital Affiliated to Southeast University, Xuzhou Medical University Xuzhou Clinical College, Xuzhou, Jiangsu 221009, China*

*Corresponding author: KOU Changhua, E-mail: kouchanghua@126.com*

**Abstract: Objective** To study the value of artificial intelligence (AI) systems and Thyroid Imaging Reporting and Data System (TI-RADS) in the diagnosis of benign and malignant thyroid tumors. **Methods** An AI system was developed, and a retrospective analysis was conducted on 500 patients who underwent thyroid surgery at Xuzhou Central Hospital from January 2020 to December 2021. Patient demographics, surgical information, AI grading indicators, TI-RADS classifications, and postoperative pathological findings were collected. The accuracy of AI and TI-RADS in predicting thyroid cancer was compared. **Results** Among the 500 patients, 390 were diagnosed with thyroid cancer and 110 were benign nodules. The AI achieved an accuracy of 88.5% in predicting thyroid cancer and 87.3% in predicting benign tumors, with an overall accuracy of 88.2%. The TI-RADS had a predictive accuracy of 80.3% for thyroid cancer and 80.9% for benign tumors, with an overall predictive accuracy of 80.4%. The AI group had higher accuracy rates for malignancy and overall prediction compared to the TI-RADS group ( $P<0.05$ ). The AI system had a higher accuracy rate for predicting papillary carcinoma compared to the TI-RADS (89.9% vs 81.2%,  $\chi^2 = 10.525, P<0.05$ ), while no statistically significant differences were found in predicting follicular carcinoma, medullary carcinoma, and undifferentiated

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2023.11.007

基金项目: 徐州医科大学附属医院科技发展基金(XYFY2020045)

通信作者: 寇昌华, E-mail: kouchanghua@126.com

出版日期: 2023-11-20

carcinoma compared to TI-RADS ( $P>0.05$ ). **Conclusion** Both the AI system and TI-RADS have significant value in the diagnosis of thyroid cancer. The AI system demonstrates higher accuracy compared to the TI-RADS grading system, and similar results are observed in different subtypes of thyroid cancer.

**Keywords:** Thyroid cancer; Artificial intelligence; Thyroid Imaging Reporting and Data System; Papillary carcinoma; Ultrasonic examination

**Fund program:** Xuzhou Medical University Affiliated Hospital Science and Technology Development Fund (XYFY2020045)

甲状腺癌是一种内分泌恶性肿瘤,约占全身实体恶性肿瘤的1%,中青年女性是主要发病人群。调查显示其发病率以年均6%的速度递增。这也是甲状腺癌越来越被大家所重视的原因。甲状腺癌根据其病理特点分为乳头状癌、滤泡性癌、髓样癌、未分化癌等,其中甲状腺乳头状癌为主要类型,占甲状腺癌的79%~94%。绝大多数甲状腺癌患者预后良好,其5、10和30年生存率分别为97%、93%和76%<sup>[1-4]</sup>。

甲状腺癌常用检查是超声,因具有便捷、经济、无辐射等优势被广泛应用,通过观察形态结构和血供情况以鉴别病灶的良、恶性。在超声检查时,通过甲状腺影像报告和数据系统(Thyroid Imaging Reporting and Data System, TI-RADS)标准判断甲状腺结节的性质。超声医生对结节的大小、形态、边缘、与甲状腺包膜关系、血运情况、钙化情况、钙化性质、实性还是囊性、单发及多发等特征进行分析,根据分析的结果结合临床经验,对甲状腺结节做出分级诊断,其预测准确率为60%~90%。笔者团队研究发现,人工智能(artificial intelligence, AI)系统在甲状腺彩超图像中通过特征性指标可以预测甲状腺癌<sup>[5-7]</sup>。笔者回顾性分析2020年1月至2021年12月徐州市中心医院行甲状腺外科手术的患者共500例,分别探讨AI及TI-RADS在甲状腺癌预测中的应用价值,旨在验证二者谁具有更高的准确率,为甲状腺肿瘤的术前诊断提供新的研究方向。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性分析2020年1月至2021年12月徐州市中心医院诊断为甲状腺肿瘤,并且行甲状腺外科手术的患者共500例,使用笔者创建的AI系统<sup>[7]</sup>及目前公认的TI-RADS进行分级,收集患者的基本资料(性别、年龄、婚姻状况、学历等)、甲状腺彩超资料、手术相关资料、住院时间及肿瘤样本的病理学结果。本研究遵循《赫尔辛基宣言》(2013年修订)及本院医学伦理学的相关要求,纳入的患者对治疗方案均知情同意。本研究经医院伦理委员会批准

(编号:XYFY2020045)。

**1.2 入选和排除标准** 入选标准:(1)诊断为甲状腺占位,且行甲状腺外科手术,经术后病理确诊为甲状腺良性或恶性肿瘤;(2)均行甲状腺彩超,并行TI-RADS系统分级;(3)自愿参加且无精神类疾病。排除标准:(1)手术禁忌证;(2)影像学资料不完整;(3)术后病理资料不完整;(4)伴有其他肿瘤、恶病质等。

**1.3 手术方法** 所有患者均给予统一标准的甲状腺手术。常规麻醉、消毒、铺巾;作颈前弧形切口,依次切开皮肤、皮下组织和颈阔肌,切开颈白线直达甲状腺固有被膜。探查甲状腺结节位置、大小及区域淋巴结转移情况。切除甲状腺结节或腺叶,并送快速病理。根据快速病理结果决定是否行扩大切除,淋巴结清扫。检查确认无活动性出血后,放置引流管、清点器械、纱布,逐层缝合切口<sup>[8]</sup>。

**1.4 AI系统构建** AI模型的开发由临床医生及计算机专家共同完成,参与完成人员及单位为上海交通大学生命科学与生物技术学院生物信息学与生物统计系计算机专业人员及徐州市中心医院普通外科临床医师。这一系统的构建已进行了大量的预试验,且已在2023年发表论文。其中系统构建由5个通道组成,包括甲状腺结节的纹理、边缘、回声、形状和位置信息,通过对5个通道特征分别进行评分,并进行整合,进而实现对甲状腺癌最终的预测,并基于方差分析(ANOVA)分析各因素对预测的贡献<sup>[7]</sup>。

**1.5 TI-RADS** TI-RADS主要通过以下特征对结节进行评分。结节良性特征包括纯囊性、海绵样和伴有“彗星尾征”伪像的点状强回声(-1分)。结节可疑恶性特征包括垂直位(+1分)、实性(低回声或低回声为主时,+1分)、极低回声(+1分)、点状强回声(可疑微钙化时,+1分)、边缘模糊/不规则或甲状腺外侵犯(+1分)。最后通过彩超及外科医师(副主任医师以上,且工作经验10年以上)综合打分,进行良恶性预测<sup>[9]</sup>。

**1.6 彩超检查** 超声检查仪器选取GE公司生产的

LOGIQ9 型彩色超声诊断仪。嘱患者平卧于检测台上,将仪器探头频率调为 9~14 MHz,直接扫描患者双侧颈部。

1.7 统计学方法 应用 SPSS 15.0 软件分析数据。计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示,两组间比较用  $t$  检验;计数资料用例表示,比较用  $\chi^2$  检验及 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 患者一般情况 患者共 500 例,其中男 113 例,女 387 例,年龄(54.33±15.58)岁。文化程度:初中及以下 402 例,高中及以上 98 例。婚姻状况:已婚 468 例,未婚、离异、丧偶 32 例。

2.2 手术相关情况 患者的手术时间为(75.83±21.13) min;术中出血量为(5.28±4.01) mL。术后并发症:术后出血 21 例,术后切口感染 9 例,肺部炎症 7 例,神经损伤 5 例,甲状旁腺损伤 8 例。

2.3 AI 及 TI-RADS 结果准确率 AI 显示 364 例患者为恶性,136 例患者为良性。TI-RADS 显示 336 例患者为恶性,164 例患者为良性。术后病理显示甲状腺癌患者 390 例,良性结节患者 110 例。AI 预测甲状腺癌准确率为 88.5%,预测良性肿瘤准确率为 87.3%,总体准确率为 88.2%。TI-RADS 预测甲状腺癌准确率为 80.3%,预测良性肿瘤准确率为 80.9%,总体预测准确率为 80.4%。AI 系统对恶性、总体预测准确率均高于 TI-RADS 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 1。

2.4 甲状腺癌四组亚型中 AI 及 TI-RADS 结果准确率 390 例甲状腺癌患者中,345 例为甲状腺乳头状癌,35 例为甲状腺滤泡状癌,6 例为甲状腺髓样癌,4 例为未分化癌,其中 AI 预测准确率分别为 89.9%、74.3%、83.3%、100.0%,TI-RADS 预测准确率分别为 81.2%、71.4%、66.7%、100.0%。AI 对乳头状癌的预测准确率高于 TI-RADS( $P < 0.05$ ),对滤泡状癌、髓样癌、未分化癌的预测准确率与 TI-RADS 差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 2。

表 1 AI 及 TI-RADS 对甲状腺癌的预测准确率 [例(%)]

Tab. 1 Prediction accuracy of AI and TI-RADS for thyroid cancer [case(%)]

组别	良性 (n=110)	恶性 (n=390)	总体 (n=500)
AI 组	96(87.3)	345(88.5)	441(88.2)
TI-RADS 组	89(80.9)	313(80.3)	402(80.4)
$\chi^2$ 值	1.660	9.950	11.492
P 值	0.197	0.002	0.001

表 2 AI 及 TI-RADS 对不同类型甲状腺癌的预测准确率 [例(%)]

Tab. 2 Prediction accuracy of AI and TI-RADS for different types of thyroid cancer [case(%)]

组别	乳头状癌 (n=345)	滤泡状癌 (n=35)	髓样癌 (n=6)	未分化癌 (n=4)
AI 组	310(89.9)	26(74.3)	5(83.3)	4(100.0)
TI-RADS 组	280(81.2)	25(71.4)	4(66.7)	4(100.0)
$\chi^2$ 值	10.525	0.072		
P 值	0.001	0.788	1.000 <sup>a</sup>	1.000 <sup>a</sup>

注:<sup>a</sup>为 Fisher 确切概率法。

## 3 讨论

甲状腺癌是常见的头颈部恶性肿瘤之一,近十年来其发病率明显增加,但死亡率较低,呈现高发病率、低死亡率的趋势。由于其发病率较高,已经成为全球发病率增长最快的恶性肿瘤。大部分甲状腺良性病变无需手术治疗,建议定期随访,而甲状腺癌多建议手术治疗。因此早期明确甲状腺结节的性质,尽早拟定相对应的治疗方案,以防止病情进展,显得尤为重要<sup>[10-12]</sup>。

目前,美国甲状腺学会指南认为,所有怀疑有甲状腺结节,或提示甲状腺异常的患者都应接受甲状腺超声检查。而 TI-RADS 是基于甲状腺结节超声征象,通过分析结节的成分、回声、形状、边缘及局灶性强回声情况,进而形成的评分系统,是目前明确甲状腺结节的病变性质的重要诊断工具。我国指南推荐使用最新版中国版 TI-RADS 对结节进行评分<sup>[13-15]</sup>。

笔者团队近两年致力于联合 AI,研发新的甲状腺肿瘤诊断工具,即 TiNet 系统,与之前的 AI 模型不同,TiNet 提供了五种学者可以理解的特征以及传统的 AI 风险评分。这五种特征包括甲状腺结节的纹理、边缘、回声、形状和位置信息。在纹理和边缘通道中,笔者使用 Resnet-18 作为特征提取的框架,分别根据回声差和长宽比计算回声性和形状通道。在定位通道中使用 U-Net 分割甲状腺并创造性地使用了基于微分同态的配准方法对不同患者的超声图像中的结节进行均匀定位,然后设计了一个深度图卷积神经网络(DGCNN)结节定位信息<sup>[7,16]</sup>,对 5 个特征进行整合,最终预测甲状腺癌,并使用 ANOVA 分析各因素对预测的贡献,前期数据显示,TiNet 模型的预测性能显著高于 TI-RADS。

因此,基于以上研究,笔者回顾性分析 2020 年 1 月至 2021 年 12 月行甲状腺外科手术的患者共 500 例,并分别收集患者基本信息、手术信息、患者 AI 分级指标、TI-RADS 分级指标、术后病理情况等。结果

显示, AI 系统, 即 TiNet 系统在甲状腺肿瘤良恶性的预测中, 较传统的 TI-RADS 分级具有更高的预测准确率。

近年来, AI 发展迅速, 在各个领域均发挥来重要的作用, 且近些年, 其与医学的紧密联系也得到广大学者的关注。但由于 AI 黑盒子的特性, 其也具有争议性。针对以上情况, 笔者团队从完善且全面的角度构建了 TiNet 系统, 其医学中的可解释性遵循从临床需求出发的角度, 而不是从工程的角度出发。为了确保能够提供临床期望的 AI 解释, 进行了一个 AI 模型设计的管道, 吸引了临床医生和计算机科学家。这一概念和管道可以应用于许多其他医学领域, 将是今后需要重点研究的方向。

综上所述, AI 系统与 TI-RADS 在甲状腺肿瘤良恶性的预测中均具有较高的准确率, 但 AI 比 TI-RADS 预测准确率更高。这对今后在临床中对甲状腺结节患者诊断提供了新的证据及理论基础, 同时为今后进行相关甲状腺的实验室研究提供了临床支持。但是对于高危型甲状腺癌及其他亚型甲状腺癌数据仍较少, 是下一步研究的重点。

利益冲突 无

#### 参考文献

- [1] Filetti S, Durante C, Hartl D, et al. Thyroid cancer; ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up[J]. *Ann Oncol*, 2019, 30(12): 1856-1883.
- [2] Seib CD, Sosa JA. Evolving understanding of the epidemiology of thyroid cancer[J]. *Endocrinol Metab Clin North Am*, 2019, 48(1): 23-35.
- [3] Roman BR, Morris LG, Davies L. The thyroid cancer epidemic, 2017 perspective[J]. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*, 2017, 24(5): 332-336.
- [4] 周云, 李萍, 陈松旺, 等. 高频超声在分化型甲状腺癌淋巴结转移中的应用价值[J]. *中国临床研究*, 2019, 32(11): 1558-1560.  
Zhou Y, Li P, Chen SW, et al. Application value of high-frequency ultrasound in lymph node metastasis of differentiated thyroid carcinoma[J]. *Chin J Clin Res*, 2019, 32(11): 1558-1560.
- [5] Figge JJ, Gooding WE, Steward DL, et al. Do ultrasound patterns and clinical parameters inform the probability of thyroid cancer predicted by molecular testing in nodules with indeterminate cytology? [J]. *Thyroid*, 2021, 31(11): 1673-1682.
- [6] Song EY, Han M, Oh HS, et al. Lobectomy is feasible for 1-4 cm papillary thyroid carcinomas: a 10-year propensity score matched-pair analysis on recurrence[J]. *Thyroid*, 2019, 29(1): 64-70.
- [7] Yao SQ, Shen PC, Dai TW, et al. Human understandable thyroid ultrasound imaging AI report system: a bridge between AI and clinicians[J]. *iScience*, 2023, 26(4): 106530.
- [8] 郑向前, 杨伟伟, 王会娟, 等. 分化型甲状腺癌诊疗进展[J]. *中华普通外科杂志*, 2019, 34(3): 273-276.  
Zheng XQ, Yang WW, Wang HJ, et al. Progress in diagnosis and treatment of differentiated thyroid cancer[J]. *Chin J Gen Surg*, 2019, 34(3): 273-276.
- [9] Grant EG, Tessler FN, Hoang JK, et al. Thyroid ultrasound reporting lexicon: white paper of the ACR Thyroid Imaging, Reporting and Data System (TIRADS) committee [J]. *J Am Coll Radiol*, 2015, 12(12): 1272-1279.
- [10] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 甲状腺癌诊疗规范(2018年版)[J]. *中华普通外科学文献(电子版)*, 2019, 13(1): 1-15.  
National Health Commission of the People's Republic of China. Diagnostic and therapeutic criteria for thyroid cancer (2018 edition)[J]. *Chin Arch Gen Surg Electron Ed*, 2019, 13(1): 1-15.
- [11] 张立阳, 刘春浩, 曹越, 等. 125例复发/持续性分化型甲状腺癌再次手术及其预后影响因素分析[J]. *中国癌症杂志*, 2019, 29(6): 412-417.  
Zhang LY, Liu CH, Cao Y, et al. Experiences of 125 cases of re-operated persistent/recurrent differentiated thyroid cancer[J]. *China Oncol*, 2019, 29(6): 412-417.
- [12] Haymart MR. Progress and challenges in thyroid cancer management [J]. *Endocr Pract*, 2021, 27(12): 1260-1263.
- [13] Wu SJ, Tan L, Ruan JL, et al. ACR TI-RADS classification combined with number of nodules, halo features optimizes diagnosis and prediction of follicular thyroid cancer[J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2022, 82(4): 323-334.
- [14] Chen YF, Gao ZX, He YN, et al. An artificial intelligence model based on ACR TI-RADS characteristics for US diagnosis of thyroid nodules[J]. *Radiology*, 2022, 303(3): 613-619.
- [15] Tappouni RR, Itri JN, McQueen TS, et al. ACR TI-RADS: pitfalls, solutions, and future directions[J]. *RadioGraphics*, 2019, 39(7): 2040-2052.
- [16] Avants BB, Tustison NJ, Song G, et al. A reproducible evaluation of ANTs similarity metric performance in brain image registration [J]. *NeuroImage*, 2011, 54(3): 2033-2044.

收稿日期: 2023-06-02 修回日期: 2023-08-13 编辑: 王娜娜