

甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的术前诊断

叶瑜瑜¹, 陈 瑛^{2*}

¹延安大学医学院, 陕西 榆林

²榆林市第一医院超声科, 陕西 榆林

收稿日期: 2024年11月20日; 录用日期: 2024年12月13日; 发布日期: 2024年12月23日

摘 要

甲状腺乳头状癌的发病率逐年提升, 其治疗方式很大程度上取决于颈部淋巴结是否转移以及转移的范围。目前甲状腺乳头状癌颈部淋巴结术前的诊断方式种类较多, 各自有其优势及不足, 本文将从现阶段临床主要诊断方式的研究状况进行总结。

关键词

甲状腺乳头癌, 颈部淋巴结转移, 诊断方式

Preoperative Diagnosis of Cervical Lymph Node Metastasis in Papillary Thyroid Carcinoma

Yuyu Ye¹, Ying Chen^{2*}

¹School of Medicine, Yan'an University, Yulin Shaanxi

²Ultrasound Department, Yulin First Hospital, Yulin Shaanxi

Received: Nov. 20th, 2024; accepted: Dec. 13th, 2024; published: Dec. 23rd, 2024

Abstract

The incidence of papillary thyroid carcinoma is increasing year by year, and its treatment depends largely on whether the cervical lymph nodes have metastases and the extent of metastases. At present, there are many kinds of preoperative diagnosis methods for cervical lymph nodes of thyroid papillary carcinoma, each of which has its own advantages and disadvantages. This paper will summarize the current research status of the main clinical diagnosis methods.

*通讯作者。

文章引用: 叶瑜瑜, 陈瑛. 甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的术前诊断[J]. 临床医学进展, 2024, 14(12): 1036-1042.
DOI: 10.12677/acm.2024.14123182

Keywords

Papillary Thyroid Carcinoma, Cervical Lymph Node Metastasis, Diagnostic Method

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人们体检观念的提升及诊疗技术的发展与进步, 甲状腺癌的发病率有了很大幅度的增长, 已成为最常见的内分泌肿瘤[1]。甲状腺乳头状癌(papillary thyroid carcinoma, PTC)是在日常临床工作中最多遇到的甲状腺癌, 其在分化型甲状腺癌中的占比可达到 90%, 甲状腺癌的其他分类主要还有甲状腺髓样癌(medullary thyroid carcinoma, MTC)以及甲状腺未分化癌(anaplastic thyroid cancer, ATC) [2]。由于 PTC 通常具有相对惰性的行为, 因此总体预后良好, 但是仍然有一部分具有侵袭性。颈部淋巴结转移在 PTC 中很常见, 约占 40%~70% [3]。颈部淋巴结可分为中央区淋巴结(central lymph node, CLN)和颈侧区淋巴结(lateral lymph node, LLN), 特别是在颈部中央区淋巴结转移多见。淋巴结转移的早期诊断可以指导临床医生进行积极的治疗性颈部淋巴结清扫, 它还可以改善临床淋巴结阴性甲状腺乳头状癌患者的颈部淋巴结清扫范围过度, 避免不必要的并发症, 降低手术风险。本次综述接下来将从甲状腺乳头状癌术前预测颈部淋巴结转移的不同种类的几种诊断方式进行综述。

2. 超声诊断及其衍生技术

目前超声诊断作为最经济实惠的检查方式, 被广泛应用于甲状腺疾病的筛查。甲状腺结节通常由常规超声体检偶然发现, 但由于颈部肌肉的遮挡及气管食管内气体的影响, 会对恶性结节是否颈部淋巴结转移诊断的灵敏度产生影响, 特别是中央区淋巴结的检出率仅为 18.8%~31.0% [4]。为了提高甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的灵敏度及特异度, 一些新的诊断技术应运而生。

2.1. 甲状腺及颈部淋巴结常规超声检查

常规超声检查可以根据颈部淋巴结的位置、形态、内部回声、皮髓质分界及血流信号分布对其良恶性作出初步的诊断。甲状腺乳头状癌颈部转移淋巴结的二维征象主要有: 淋巴结形态失常、回声不均匀、淋巴门显示不清或未见皮质与髓质的分界、淋巴结内部出现异常强回声、血流信号分布杂乱等。但是由于颈部肌肉的遮挡, 通过二维超声对异常淋巴结的早期检出产生的无法避免的影响, 有学者将甲状腺乳头状癌的二维超声特征与患者的临床资料相结合建立模型用来预测颈部淋巴结的转移。一项回顾性研究通过对甲状腺结节声像图特征的采集及结合患者的临床资料进行收集, 如甲状腺结节的大小、形态、边界、纵横比、内部结构、内部回声、包膜是否完整、是否伴有钙化、血流信号程度、患者的性别、年龄等, 分析得出患者年龄 < 55 岁、结节最大长度 > 10 mm, 结节边缘不规则和与包膜接触是甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的危险因素[5]。

2.2. 甲状腺及颈部淋巴结超声造影

超声造影技术又称声学造影, 其原理是通过肘静脉注入造影剂, 血液与气体微泡的声阻抗具有明显差异, 利用增强的后散射, 肿瘤与周围组织形成对比, 从而提高疾病的超声诊断率。目前, 国内主要使

用的造影剂为第二代新型微泡造影剂声诺维(SonoVue)。先前的研究发现, 超声造影上 PTC 的增强模式是预测 LNM 的有用工具, 超声造影对甲状腺包膜侵犯的敏感性和特异性均高于常规超声。如果超声造影显示包膜连续性丧失, 可用于预测 PTC 患者的淋巴结转移[6]。在一项二维图像特征与超声造影关于甲状腺乳头状癌颈部淋巴转移的预测研究者中发现淋巴结转移组和非转移组在包膜完整性和甲状腺结节与包膜接触方面存在统计学差异($P < 0.05$) [7]。

2.3. 甲状腺超声弹性成像(Ultrasonic Elastography, UE)

UE 是近年来兴起的超声成像技术, 既可定性描述又可定量测量生物组织弹性。通过测量压缩后的变形程度可以估计病变的硬度, 通过显示弹性硬度可以判断病变的组织学特征[8]。现阶段甲状腺的弹性成像技术主要有准静态的实时组织弹性成像(real-time tissue elastography, RTE)和动态的剪切波弹性成像(shear-wave elastography, SWE)、声辐射力脉冲弹性成像(acoustic radiation force impulse elastography, ARFI) [1]。一项研究收集了 104 例中央区及侧颈部淋巴结清扫的病人, Eratio 为病灶内最大硬度与周围正常组织的比值, 研究发现结节 Eratio 与淋巴结转移相关, 即随着结节 Eratio 增加淋巴结转移的可能性增加[9]。另一项纳入 172 例病理诊断为 PTC 患者的研究中, 术前进行二维超声和 SWE 评估, 表明 SWE 可用于预测 PTC 患者的 CLNM, SWE 联合二维超声预测 CLNM 的 AUC 为 0.825, 显著高于单纯二维 AUC 0.774, SWE 结合二维超声可以提高 CLNM 的预测效果[10]。

2.4. 甲状腺及颈部淋巴结超声引导下细针穿刺细胞学检查(Fine-Needle Aspiration Cytology, FNAC)

FNAC 是指在实时超声的引导下对目标病变进行穿刺, 将病灶结节的细胞学材料抽吸出来, 通过细胞学诊断对目标病灶性质进行判断, FNAC 可分为细针抽吸活检和无负压细针活检, 常规穿刺数为两到三针, 穿刺后采用涂片细胞学或者涂片细胞学结合液基细胞学(Liquid-Based Cytology, LBC)诊断方法[11]。因为其操作时间短, 伤口小及并发症少等优点逐渐受到临床的关注, 被患者所接受认可。细针穿刺洗脱液测量甲状腺球蛋白(FNA-Tg)诊断标准参考美国甲状腺学会(ATA)《成人甲状腺结节与分化型甲状腺癌诊治指南》, 具体如下: FNA-Tg < 1 ng/mL, 诊断为阴性; FNA-Tg > 10 ng/mL 时诊断为阳性; 当 FNA-Tg 在 $1 \sim 10$ ng/mL 时, FNA-Tg/血清 Tg < 1 诊断为阴性, FNA-Tg/血清 Tg > 1 诊断为阳性[12]。有研究发现细针穿刺细胞学(FNAC)联合 FNA-Tg 即 FNAC-Tg 可提高颈部淋巴结转移的诊断敏感度和准确率[13]。超声引导下甲状腺结节 FNA 细胞学检查可在术前诊断 PTC, 但是仍然有部分患者细胞病理学结果不明确, 主要有细胞病理学诊断报告 TBSRTC (The Bethesda System for Reporting Thyroid Cytopathology)报告系统中的意义不典型的滤泡性病变或肿瘤, 或者怀疑恶性病变[14]。因此, 《TBSRTC 分类恶性风险及管理建议》推荐 FNA 细胞学结合 BRAFV600E 基因突变检测, 由于 BRAFV600E 基因突变产生 99.8% 的恶性结节, 因此它是 PTC 的重要肿瘤标志物[15]。乳头状甲状腺癌(PTC)的一个特征是经常出现细胞 BRAFV600E 突变[16]。在一项关于 BRAFV600E 突变、超声及临床病理特征预测甲状腺乳头状癌颈部中央淋巴结转移风险的研究中得出, 患者年龄 < 55 岁、PTC > 10 mm、微钙化、非合并桥本甲状腺炎和 brafv600mutation 是 CLNM 的预测因素[17]。术前 US-FNA 技术结合 brafv600 突变检测、结合临床病理和超声特征进行分析, 有望指导 PTC 患者的手术治疗。有相关研究表明, BRAFV600E 突变通过调节 ER 的表达, 在甲状腺癌的雌激素反应性中起着至关重要的作用, 因此, BRAFV600E 可能作为基于甲状腺癌患者雌激素信号决定未来激素治疗的生物标志物[18]。FNAC 在我国起步较晚, 近年来发展迅速, 但是各个地区的技术参差不齐, 不同级别的医院、不同医师的 FNAC 穿刺水平差异不同, FNAC 的穿刺指征、操作技术以及检测结果有待进一步规范, 以便于患者在不同医院诊疗中方便就医。

3. 电子计算机断层成像(CT)

甲状腺的 CT 扫描, 是一种利用 X 射线进行断层成像的医学影像诊断技术, 可以多角度连续扫描, 然后利用计算机重建技术, 生成横断面、矢状面及冠状面的高分辨率断层图像。因为 CT 诊断不受气体的影响, 所以在对诊断甲状腺肿瘤的边界是否清晰、周围组织是否侵犯、气管及食管是否被推挤、肿瘤是否累及颈动脉及有无淋巴结转移等方面有重要诊断价值, 对于胸骨后甲状腺疾病的诊断, 与超声诊断相比 CT 成像技术具有独有的优势, CT 平扫即可清楚显示甲状腺, 注射对比剂后, 与周围组织密度形成更加明显的对比。在一项关于甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移双期增强 CT 定量分析的研究中学者得出相关结论, 双期增强 CT 血管造影鉴别诊断 PTC 颈部淋巴结转移时, 动脉期具有较高的诊断效能, 淋巴结转移阳性和淋巴结转移阴性的动脉期 HU 与静脉期 HU 差异均具有统计学意义($P < 0.001$)。动脉三期参数(淋巴结的动脉期 HU、淋巴结的动脉期 HU-胸锁乳突肌动脉期 HU、淋巴结的动脉期 HU/胸锁乳突肌动脉期 HU)诊断 LNM 的曲线下面积、灵敏度和特异度分别为(0.877~0.880)、(0.755~0.769)和(0.901~0.913), 静脉三期参数(淋巴结的静脉期 HU、淋巴结的静脉期 HU-胸锁乳突肌静脉期 HU、淋巴结的静脉期 HU/胸锁乳突肌静脉期 HU)诊断 LNM 的曲线下面积、灵敏度和特异度分别为(0.801~0.817)、(0.65~0.678)和(0.826~0.901) [19]。在另一项关于预测甲状腺乳头状癌同侧颈淋巴转移的研究中学者认为双能计算机断层扫描定量参数与甲状腺功能指标的联合应用, 可以帮助临床医生在手术前准确预测同侧颈外侧淋巴结转移, 从而帮助个体化制定手术方案, 同侧颈外侧淋巴结转移独立危险因素为血清 Tg、Anti-Tg、ETE、动脉期和静脉期 IC ($P < 0.05$)。综合应用上述独立危险因素可预测 ipsi-LLNM 发生的可能性, AUC 为 0.834 [20]。CT 断层扫描与二维超声相比可以利用三维重建从多角度, 多方位观察, 有助于评估纵隔、锁骨下、被肌层遮挡等超声难以探及部位的淋巴结情况, 但是其成像原理为人体内不同密度组织对于 X 线穿透后衰竭能力的不同的原理成像的, 会使患者暴露于电离辐射的环境中; 在甲状腺的 CT 检查过程中患者扫描时不能做吞咽动作, 需要平静呼吸或者憋气, 需要患者的配合; CT 检查与超声检查相比, 其价格更为昂贵, 其对弥漫性病变合并结节的患者观察欠佳。

4. 人工智能 AI

人工智能(artificial intelligence, AI)是计算机科学的一个分支, 应用机器模拟、延伸、扩展人类对事物的了解以解决复杂问题[21]。目前医学上较常用的 AI 方法主要为机器学习和深度学习。机器学习是人工智能的一个子类型, 其中机器执行未明确的编程任务, 使用通过经验自动改进的算法与传统的统计方法相比, 机器学习可以发现变量和结果之间的更多相互作用。在一项关于基于机器学习预测甲状腺乳头状癌患者颈部淋巴结转移的研究中, 有学者认为机器学习可用于准确预测 PTC 患者的 LLNM, 并且该网络工具允许在个体水平上进行 LLNM 风险评估, 在确定特征重要性时, AUC 达到 0.80, 准确度为 0.74, 灵敏度为 0.89 [22]。深度学习是一个广泛的机器学习类别, 它使用多层算法。卷积神经网络(CNN)是深度学习算法的一个子集, 通常用于使用相互连接的简单处理节点来分析视觉数据, 类似于神经元结构, 深度学习算法尤其是深度卷积神经网络(Deep convolutional neural network, DCNN)在图像细节识别方面具有明显的优势, 与主要依赖预定义特征的传统机器学习算法相比, 深度学习算法可以从输入的特征中提取更高级别的特征数据, 并能够自动和定量学习辨别疾病特征, 不需要太多的人为干预, 避免检查者主观意识的影响, 提高诊断速度, 获得强大的图像识别能力, 从而达到更高的诊断准确率[23]。深度学习技术由于其快速、准确、经过特定训练后可重复的优点, 在肿瘤学的诊断、预后和治疗反应等方面得到了广泛的应用[24]。一项关于甲状腺乳头状癌超声影像预测颈部淋巴结转移的前瞻性多中心研究表明基于超声影像的人工智能模型可以对甲状腺乳头状癌患者术前颈部淋巴结转移提供准确、可重复性的预测, 可作

为提高超声医师诊断效能的有效辅助工具,在测试和验证队列中,双向深度学习的 AUC 分别达到 0.85 和 0.81 [25]。最近深度学习(DL)算法因其在图像识别相关任务中的出色表现而引起了相当大的兴趣,但仍处于临床试验的初级阶段,应用时间较短,AI 模型的局限性在于人工智能得到的结果缺乏可解释性(即黑盒效应)[26],人们对于人工智能的认知有限,无法理解模型是如何做出医学诊断的,这降低了人们对人工智能应用临床的信心,从而限制了它们对临床医生的实用性。

5. 多模态超声

多模态超声(multimodal ultrasound, MU)是一种联合多种超声技术的诊断方式,不同的超声评估方法都有各自的优势及不足之处,多模态超声诊断技术的联合应用可以多角度,多方面分析疾病特征,相互弥补各自的缺点,从而提高超声诊断的灵敏度及特异性[27]。超微血管成像(superb microvascular imaging, SMI) [28]是超声成像技术中一种新型的多普勒技术,与传统彩色多普勒(CDFI)及能量多普勒相比(CDE),SMI 在保证高帧频的同时,能够检测到肿瘤内部的更多低速血流和微小血管,新生杂乱的血管是恶性肿瘤增殖的特征之一,SMI 更好地显示血液流动的微血管。横波弹性图(SWE)可以通过获得杨氏模量以及彩色编码的弹性图来定量评估组织硬度。对比增强超声(CEUS)通过外周静脉注入微泡造影剂,可以显示肿瘤与周围组织的血流灌注的差异性,甲状腺结节呈低灌注特征时恶性风险增加。首都医科大学附属天坛医院在 2018 年进行的一项三模态超声方法(即二维超声图像、超声造影图像和超声检查颈部 LNM)联合深度学习研究中得出三模态特征的 PTC 淋巴结预测模型明显优于其他所有技术组合,其 AUCd 达到 0.831,单独使用二维超声诊断 AUC 达到 0.720,双模法即二维超声加超声造影的 AUC 达到 0.742 [29]。

6. 结语与展望

目前,临床实际工作中二维超声是最常用的判断甲状腺乳头癌颈部淋巴结是否转移的诊断方法,对于甲状腺乳头状癌外科手术时颈部淋巴结的清扫范围具有指导作用,但是其对于诊断颈部中央区淋巴结的灵敏度及特异性并不高。超声引导下细针穿刺为有创的介入性诊断方法,虽然可以提供细胞病理学诊断,但是对于有穿刺禁忌证的患者或者意义不明的非典型病变者仍需要进一步检查,其诊断依赖于穿刺者对于穿刺点的选择,是否取到病变组织及所取到的病变组织是否足够病理科进行病理分析。CT 检查时产生射线,不适用于孕期及哺乳期的妇女,对于颈部淋巴结的扫描范围上界需达颅底,下界需达主动脉弓,如果影像科技操作人员所选取的扫描范围不合适,会导致淋巴结的漏诊。CT 造影剂为碘对比剂,需要通过肾脏代谢,对于肾功能不全者可能加重肾功能损害。近几年多模态超声联合人工智能是预测甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的热点及重点研究方向,但是人工智能的性能依赖于临床数据的质量及数量,因此未来的研究需要加大样本量,开展多中心联合研究,以提高诊断效能,减少不必要的有创检查和相关并发症。

参考文献

- [1] 孙斌, 张明博, 罗渝昆. 超声新技术预测甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的研究现状与展望[J]. 中国医学科学院学报, 2023, 45(4): 672-676.
- [2] 徐震纲, 刘绍严. 分化型甲状腺癌颈侧区淋巴结清扫专家共识(2017 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2017, 37(9): 985-991.
- [3] Hall, C.M., Snyder, S.K. and Lairmore, T.C. (2018) Central Lymph Node Dissection Improves Lymph Node Clearance in Papillary Thyroid Cancer Patients with Lateral Neck Metastases, Even after Prior Total Thyroidectomy. *The American Surgeon*, **84**, 531-536. <https://doi.org/10.1177/000313481808400426>
- [4] Zhou, L., Zheng, Y., Yao, J., Chen, L. and Xu, D. (2023) Association between Papillary Thyroid Carcinoma and Cervical Lymph Node Metastasis Based on Ultrasonic Radio Frequency Signals. *Cancer Medicine*, **12**, 14305-14316. <https://doi.org/10.1002/cam4.6107>

- [5] 余小情, 沈燕, 胡姣姣, 等. 超声预测甲状腺乳头状癌中央区淋巴结转移的效能及相关超声征象分析[J]. 中国超声医学杂志, 2024, 40(7): 725-728.
- [6] 李佳佳, 吴昀枫, 王云, 等. 常规超声联合超声造影评估甲状腺乳头状癌术前颈部淋巴结转移的应用价值[J]. 中国超声医学杂志, 2024, 40(5): 498-502.
- [7] Wang, Z., Xiang, J., Gui, Z., Qin, Y., Sun, W., Huang, J., *et al.* (2020) Unilateral TNM T1 and T2 Papillary Thyroid Carcinoma with Lateral Cervical Lymph Node Metastasis: Total Thyroidectomy or Lobectomy? *Endocrine Practice*, **26**, 1085-1092. <https://doi.org/10.4158/ep-2020-0125>
- [8] Wang, X., Xu, F., Gao, J., Agyekum, E.A., Sun, H., Zhang, G., *et al.* (2022) Differential Diagnosis of Diffuse Sclerotic Thyroid Papillary Carcinoma and Hashimoto's Thyroiditis Using Fine-Needle Aspiration Cytology, BRAFV600E, and Ultrasound Elastography. *Journal of Clinical Ultrasound*, **50**, 942-950. <https://doi.org/10.1002/jcu.23260>
- [9] 江业慧, 彭梅. 基于应变式及剪切波弹性成像联合超声常规参数预测甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的价值[J]. 中国超声医学杂志, 2024, 40(4): 382-385.
- [10] Li, T., Li, H., Xue, J., Miao, J. and Kang, C. (2021) Shear Wave Elastography Combined with Gray-Scale Ultrasound for Predicting Central Lymph Node Metastasis of Papillary Thyroid Carcinoma. *Surgical Oncology*, **36**, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.suronc.2020.11.004>
- [11] 刘奕博, 李丽, 叶玉泉. 超声引导下细针穿刺活检在甲状腺中的应用研究进展[J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36(10): 957-959.
- [12] Haugen, B.R., Alexander, E.K., Bible, K.C., Doherty, G.M., Mandel, S.J., Nikiforov, Y.E., *et al.* (2016) 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer. *Thyroid*, **26**, 1-133. <https://doi.org/10.1089/thy.2015.0020>
- [13] 王亚楠, 张欢, 欧阳向柳, 等. 细针穿刺洗脱液甲状腺球蛋白检测对甲状腺乳头状癌颈部淋巴结转移的诊断价值[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(5): 690-697.
- [14] 朱乔丹, 王立平, 徐栋. 对《甲状腺良性结节、微小癌及颈部转移性淋巴结热消融治疗专家共识(2018版)》的解读[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2020, 17(3): 251-254.
- [15] Agyekum, E.A., Wang, Y., Xu, F., Akortia, D., Ren, Y., Chambers, K.H., *et al.* (2023) Predicting BRAFV600E Mutations in Papillary Thyroid Carcinoma Using Six Machine Learning Algorithms Based on Ultrasound Elastography. *Scientific Reports*, **13**, Article No. 12604. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39747-6>
- [16] Ehlers, M., Schmidt, M., Mattes-Gyorgy, K., Antke, C., Enczmann, J., Schlensog, M., *et al.* (2022) BRAFV600E and BRAF-WT Specific Antitumor Immunity in Papillary Thyroid Cancer. *Hormone and Metabolic Research*, **54**, 852-858. <https://doi.org/10.1055/a-1971-7019>
- [17] Zhang, Z., Zhang, X., Yin, Y., Zhao, S., Wang, K., Shang, M., *et al.* (2022) Integrating BRAFV600E Mutation, Ultrasonic and Clinicopathologic Characteristics for Predicting the Risk of Cervical Central Lymph Node Metastasis in Papillary Thyroid Carcinoma. *BMC Cancer*, **22**, Article No. 461. <https://doi.org/10.1186/s12885-022-09550-z>
- [18] Kim, M., Kim, S., Ha, S.Y., Xu, Z., Han, Y., Jee, H., *et al.* (2022) BRAFV600E Mutation Enhances Estrogen-Induced Metastatic Potential of Thyroid Cancer by Regulating the Expression of Estrogen Receptors. *Endocrinology and Metabolism*, **37**, 879-890. <https://doi.org/10.3803/enm.2022.1563>
- [19] Shao, C., Shu, Y., Wei, P., Tian, M., Gao, Y., Zhu, J., *et al.* (2023) Quantitative Analysis of Dual-Phase Enhanced CT in Cervical Lymph Node Metastasis of Papillary Thyroid Carcinoma: A Comparative Study along with Pathological Manifestations. *Endocrine*, **82**, 108-116. <https://doi.org/10.1007/s12020-023-03386-8>
- [20] Zou, Y., Zhang, H., Li, W., Guo, Y., Sun, F., Shi, Y., *et al.* (2021) Prediction of Ipsilateral Lateral Cervical Lymph Node Metastasis in Papillary Thyroid Carcinoma: A Combined Dual-Energy CT and Thyroid Function Indicators Study. *BMC Cancer*, **21**, Article No. 221. <https://doi.org/10.1186/s12885-021-07951-0>
- [21] Chenais, G., Lagarde, E. and Gil-Jardiné, C. (2023) Artificial Intelligence in Emergency Medicine: Viewpoint of Current Applications and Foreseeable Opportunities and Challenges. *Journal of Medical Internet Research*, **25**, e40031. <https://doi.org/10.2196/40031>
- [22] Lai, S., Fan, Y., Zhu, Y., Zhang, F., Guo, Z., Wang, B., *et al.* (2022) Machine Learning-Based Dynamic Prediction of Lateral Lymph Node Metastasis in Patients with Papillary Thyroid Cancer. *Frontiers in Endocrinology*, **13**, Article 1019037. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1019037>
- [23] Quanyang, W., Yao, H., Sicong, W., Linlin, Q., Zewei, Z., Donghui, H., *et al.* (2024) Artificial Intelligence in Lung Cancer Screening: Detection, Classification, Prediction, and Prognosis. *Cancer Medicine*, **13**, e7140. <https://doi.org/10.1002/cam4.7140>
- [24] Zhou, L., Zeng, S., Xu, J., Lv, W., Mei, D., Tu, J., *et al.* (2023) Deep Learning Predicts Cervical Lymph Node Metastasis

- in Clinically Node-Negative Papillary Thyroid Carcinoma. *Insights into Imaging*, **14**, Article No. 222. <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01550-2>
- [25] Zhang, M., Meng, Z., Mao, Y., Jiang, X., Xu, N., Xu, Q., *et al.* (2024) Cervical Lymph Node Metastasis Prediction from Papillary Thyroid Carcinoma US Videos: A Prospective Multicenter Study. *BMC Medicine*, **22**, Article No. 153. <https://doi.org/10.1186/s12916-024-03367-2>
- [26] 张家硕. 基于 YOLOv5s 算法的人工智能模型辅助内镜超声诊断胆总管结石的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 中国医科大学, 2023.
- [27] 张怡梦, 孙小丽, 王仁贵. 中央淋巴系统的解剖变异及多模态影像研究进展[J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(10): 1822-1826.
- [28] 武林松, 王冬, 彭艳艳, 等. SWE 联合 SMI 在甲状腺良恶性结节鉴别诊断中的应用[J]. 中国医科大学学报, 2024, 53(6): 541-546.
- [29] Guang, Y., Wan, F., He, W., Zhang, W., Gan, C., Dong, P., *et al.* (2023) A Model for Predicting Lymph Node Metastasis of Thyroid Carcinoma: A Multimodality Convolutional Neural Network Study. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, **13**, 8370-8382. <https://doi.org/10.21037/qims-23-318>