

论 著

多模态磁共振联合CT
在鼻咽癌术前分期诊断
中分析*王 龙¹ 郑树成² 张德江²
陈 颀³ 陈 星^{4,*}1.唐山市人民医院CT室 (河北 唐山 063000)
2.唐山市人民医院放射科 (河北 唐山 063000)
3.唐山市人民医院放疗中心
(河北 唐山 063000)
4.唐山市妇幼保健院超声科
(河北 唐山 063000)

【摘要】目的 分析多模态磁共振(MRI)+CT在鼻咽癌术前分期诊断中的应用价值。方法 回顾性分析2021年1月-2023年1月医院经病理检查确诊的86例鼻咽癌患者临床资料,所有患者入院时均接受多模态MRI成像检查及CT扫描检查。以病理检查结果为金标准,分析CT检查对鼻咽癌术前临床分期的诊断效能,对比不同临床分期的鼻咽癌患者多模态MRI参数,绘制ROC分析多模态MRI联合CT诊断鼻咽癌临床分期的价值。结果 86例鼻咽癌患者经病理检查结果显示,I期6例(6.98%),II期24例(27.91%),III期39例(45.35%),IV期17例(19.77%);以病理检查结果为“金标准”,多模态MRI成像诊断鼻咽癌术前临床分期与病理检查结果一致性极好(Kappa=0.810, P<0.05);CT检查诊断鼻咽癌术前临床分期与病理检查结果一致性理想(Kappa=0.709, P<0.05);中晚期组细胞外间隙体积百分数(V_e)、速率常数(K_{ep})、运转常数(K^{trans})值高于早期组,表观扩散系数(ADC)值低于早期组(P<0.05);绘制受试者工作特征(ROC)曲线,结果显示, V_e 、 K_{ep} 、 K^{trans} 、ADC、CT检查对鼻咽癌临床分期具有一定诊断价值(AUC=0.714、0.757、0.880、0.731、0.774),联合诊断价值更高(AUC=0.910)。结论 多模态MRI、CT对鼻咽癌术前临床分期均具有一定诊断价值,两种检查方式联合应用诊断价值更高。

【关键词】鼻咽癌;多模态磁共振;CT;临床分期

【中图分类号】R739.6

【文献标识码】A

【基金项目】河北省医学科学研究

重点课题计划(20231809)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.05.023

Analysis of Multimodal Magnetic
Resonance Imaging Combined with CT
in Preoperative Staging Diagnosis of
Nasopharyngeal Carcinoma*WANG Long¹, ZHENG Shu-cheng², ZHANG De-jiang², CHEN Di³, CHEN Xing^{4,*}.

1.CT Room, Tangshan People's Hospital, Tangshan 063000, Hebei Province, China

2.Department of Radiology, Tangshan People's Hospital, Tangshan 063000, Hebei Province, China

3.Radiotherapy Center, Tangshan People's Hospital, Tangshan 063000, Hebei Province, China

4.Department of Ultrasound, Tangshan Maternal and Child Health Hospital, Tangshan 063000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the application value of multimodal magnetic resonance (MRI) + CT in preoperative staging diagnosis of nasopharyngeal carcinoma. **Methods** To retrospectively analyze the clinical data of 86 patients with nasopharyngeal carcinoma diagnosed by pathological examination in the hospital from January 2021 to January 2023, all of whom received multimodal MRI imaging examination and CT scanning examination at the time of admission. The diagnostic efficacy of CT examination for preoperative clinical staging of nasopharyngeal cancer was analyzed using the pathological examination results as the gold standard, comparing the multimodal MRI parameters of nasopharyngeal cancer patients with different clinical stages, and drawing ROC to analyze the value of multimodal MRI combined with CT in diagnosing the clinical staging of nasopharyngeal cancer. **Results** The results of 86 nasopharyngeal cancer patients by pathological examination showed that 6 cases (6.98%) were in stage I, 24 cases (27.91%) were in stage II, 39 cases (45.35%) were in stage III, and 17 cases (19.77%) were in stage IV; using the pathological examination results as the gold standard, the consistency between the preoperative clinical staging of nasopharyngeal carcinoma diagnosed by multimodal MRI imaging and the results of pathological examination was excellent (Kappa=0.810, P<0.05); CT examination for diagnosing preoperative clinical staging of nasopharyngeal carcinoma was in ideal agreement with pathological examination results (Kappa = 0.709, P<0.05); the values of extracellular interstitial volume percentage (V_e), rate constants (K_{ep}), and running constants (K^{trans}) were higher than those of the early group in the middle and late stage group, and the values of apparent diffusion coefficients (ADCs) were lower than those of the early group (P<0.05); The working characteristics (ROC) curves of the subjects were plotted, and the results showed that V_e , K_{ep} , K^{trans} , ADC, and CT examination had some diagnostic value for the clinical staging of nasopharyngeal carcinoma (AUC = 0.714, 0.757, 0.880, 0.731, 0.774), and the combined diagnostic value was higher (AUC = 0.910). **Conclusion** Multimodal MRI and CT have certain diagnostic value for preoperative clinical staging of nasopharyngeal carcinoma, and the diagnostic value of the two modalities in combination is higher.

Keywords: Nasopharyngeal Cancer; Multimodal Magnetic Resonance; CT; Clinical Staging

鼻咽癌是一种临床常见的头颈部恶性肿瘤,起病隐匿,早期多无明显症状,且位置隐蔽,早期诊断率低。当前,外科手术、放射治疗、化学治疗等是临床治疗鼻咽癌患者的重要方式,术前肿瘤分期直接决定治疗方案的选择,并可对患者预后产生重要影响^[1]。因此,准确评估鼻咽癌患者临床分期十分必要。CT是临床诊断鼻咽癌的常用影像学检查方法之一,具有容积扫描无创伤、薄层、扫描速度快等优点,多平面重建技术能够增强轴位图像立体感,清晰显示病变所致的骨质侵犯,提高诊断准确性^[2-3]。多模态磁共振(MRI)包括常规MRI成像、弥散加权成像(DWI)、动态增强磁共振成像(DCE-MRI)等,该检查方式具有高软组织分辨率、可多参数/多方位成像等特点,不仅可清晰显示病灶大小、形态等信息,还能够提供局部代谢、功能等微观信息,有助于更加准确的评估病灶分期^[4-5]。本研究回顾性分析2021年1月至2023年1月医院86例鼻咽癌患者多模态MRI成像和CT扫描诊断临床资料,观察两种检查方式对鼻咽癌术前分期的诊断效能。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2021年1月至2023年1月医院经病理检查确诊的86例鼻咽癌患者临床资料,患者中男47例,女39例;年龄53-72岁,平均年龄(64.35±4.68)岁;体重指数20-28kg/m²,平均体重指数(24.15±2.06)kg/m²。

纳入标准:因鼻塞、鼻出血、头痛、耳鸣等症状就诊,经鼻咽镜检查见病变处肉芽样或结节状隆起,表面粗糙不平,易出血;鼻咽癌符合《WHO(2017)头颈部肿瘤分类》^[6]中相关诊断标准,且经病理检查确诊;接受多模态MRI检查及CT扫描检查;临床资料及影像学资料完整。排除标准:检查前接受放射治疗、化学治疗等;安装人工金属心脏瓣膜、心脏起搏器或存在其他MRI检查禁忌;对MRI造影剂或CT造影剂过敏;在外院接受鼻咽癌手术治疗后转入我院继续治疗者;合并其他头颈部恶性肿瘤,对本次研究产生干扰;存在运动伪影或其他因素导致图像质量不佳。

【第一作者】王 龙,男,主治医师,主要研究方向:头颈部肿瘤诊断。E-mail: hicb8204@21cn.com

【通讯作者】陈 星,女,主治医师,主要研究方向:常见病超声诊断。E-mail: 15373588068@163.com

1.2 方法

1.2.1 MRI多模态成像 采用西门子TrioTim 3.0 T型MRI扫描仪, 头颈联合线圈, 先行常规MRI平扫, 横轴面T₁加权像(T₁WI), 重复时间(TR)=1000ms, 回波时间(TE)=10ms, 层间距=0.8mm, 层厚=4.0mm; 脂肪抑制横轴面T₂加权像(T₂WI), TR=4000ms, TE=95ms, 层间距=0.8mm, 层厚=4.0mm; 脂肪抑制矢状面T₂WI, TR=4200ms, TE=79ms; 脂肪抑制冠状面T₂WI, TR=4500ms, TE=79ms。DWI横轴位扫描, 采用自旋回波扩散加权平面回波成像, b值=0和800s/mm², TR=2900ms, TE=83ms, 层厚=5.0mm, 视野=2200mm, 随后行多翻转角扫描, T₁WI Vibe序列横断位扫描, 翻转角=5°、10°、15°, TR=3.42ms, TE=1.25ms, 层厚=5.0mm, 视野=270mm×270mm, 每个角度扫描1个时相, 26层图像, 时间分辨率=6s。DCE序列扫描, T₁WI Vibe序列, 横断位扫描, 翻转角=10°, 其余扫描参数与多翻转角扫描参数一致, 进行25期不间断扫描, 第2期结束时采用高压注射器经肘静脉团注0.1mmol/kg钆双胺注射液[通用电气药业(上海)有限公司, 国药准字J20140163, 规格: 15mL/瓶], 注射流率=2.5mL/kg, 结束后立即注射20ml生理盐水, 横断面扫描范围: 额窦上方至胸廓入口。

1.2.2 CT 采用GE(美国)Light Speed 64层螺旋CT机, 行吸气末屏

气扫描, 电流=100mAs, 电压=120kV, 层间距=5.0mm, 层厚=5.0mm, 视野=400×400mm, 矩阵=512×512, 扫描范围: 额窦上方至胸廓入口, 先行常规平扫, 再行增强扫描, 使用双筒高压注射器经肘静脉注射100ml对比剂碘海醇(浙江天瑞药业, 国药准字H20103186, 规格: 100mL), 注射速度=3mL/s, 结束后30s进行扫描。

1.2.3 图像分析 使用Omni Kinetics后处理软件(通用电气医疗集团)处理所得图像资料, 导入多翻转角、多期动态增强序列图像, 取颈内动脉颅内段, 勾画半径约为1.5mm的圆作为动脉输入函数(AIF)感兴趣区(ROI), 获得其时间浓度曲线, 作为AIF曲线用于病灶部位血管渗透性定量分析。选择病灶所有层面, 利用Extended Tofts Linear血流动力学双室模型, 结合AIF曲线拟合计算所选层面血管渗透性参数细胞外间隙体积百分数(V_e)、运转常数(K^{trans})、速率常数(K_{ep})及各个参数功能性伪彩图。选择病灶横截面最大层面勾画ROI, 参照T₁WI图像, 避开出血、囊变、坏死区域。在对侧翼外肌勾画40-60mm²的圆, 参照动态增强图像勾画ROI, 在西门子工作站获得表观扩散系数(ADC)。MRI图像、CT图像均由2名资深影像科医师各自勾画ROI, 取平均值作为最终诊断结果, 参照《中国鼻咽癌分期2017版》^[7]中相关标准确定鼻咽癌分期。

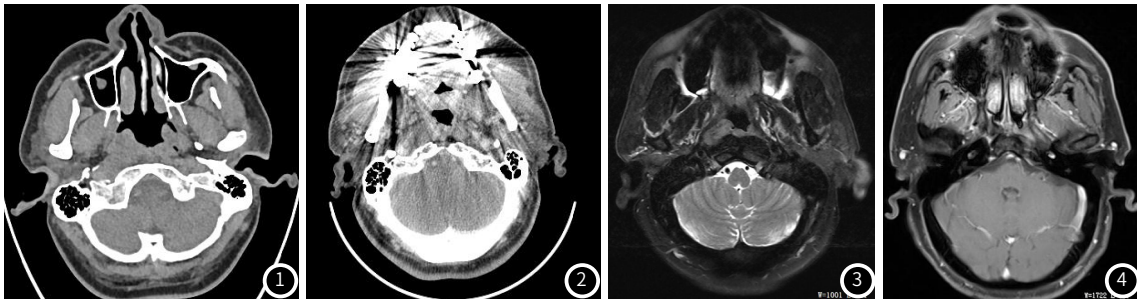


图1 CT平扫; 图2 CT增强静脉期; 图3 MIR平扫; 图4 MIR增强

1.3 观察指标 (1)统计病理检查结果, 并将其作为金标准, 分析MRI多模态成像、CT检查对鼻咽癌术前临床分期的诊断效能。(2)将I期、II期的鼻咽癌患者纳入早期组, 将III期、IV期的鼻咽癌患者纳入中晚期组, 对比两组MRI多模态成像(V_e、K_{ep}、K^{trans}、ADC)。

1.4 统计学方法 数据处理采用SPSS 23.0软件, 计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 以t检验; 计数资料用n(%)表示, 以 χ^2 检验, MRI多模态成像、CT检查对鼻咽癌术前临床分期的诊断效能, 采用Kappa一致性检验, Kappa>0.75视为一致性极好, 0.4-0.75视为一致性较为理想, <0.4视为一致性差; 绘制受试者工作特征曲线(ROC)分析诊断价值, P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病理检查结果 86例鼻咽癌患者经病理检查结果显示, I期6例(6.98%), II期24例(27.91%), III期39例(45.35%), IV期17例(19.77%)。

2.2 MRI多模态成像、CT检查对鼻咽癌术前临床分期的诊断效能 以病理检查结果为金标准, MRI多模态成像诊断鼻咽癌术前临床分期与病理检查结果一致性极好(Kappa=0.810, P<0.05); CT检查诊断鼻咽癌术前临床分期与病理检查结果一致性理想(Kappa=0.709, P<0.05)。见表1、表2。

2.3 鼻咽癌早期组、中晚期组MRI多模态成像参数比较 中晚期组V_e、K_{ep}、K^{trans}值高于早期组, ADC值低于早期组(P<0.05)。见表3。

2.4 多模态MRI联合CT诊断鼻咽癌临床分期的价值 将V_e、K_{ep}、K^{trans}、ADC、CT检查作为检验变量, 将鼻咽癌临床分期作为状态变量(1=中晚期, 0=早期), 绘制ROC曲线(见图6), 结果显示, V_e、K_{ep}、K^{trans}、ADC、CT检查对鼻咽癌临床分期具有一定诊断价值(AUC=0.714、0.757、0.880、0.731、0.774), 联合诊断价值更高(AUC=0.910)。见表4。

表1 MRI多模态成像对鼻咽癌术前临床分期的诊断效能(n)

MRI多模态成像	病理检查结果				合计
	I 期	II 期	III 期	IV 期	
I 期	5	1	1	0	7
II 期	1	20	2	1	24
III 期	0	3	35	1	39
IV 期	0	0	1	15	16
合计	6	24	39	17	86

表2 CT检查对鼻咽癌术前临床分期的诊断效能(n)

CT检查	病理检查结果				合计
	I 期	II 期	III 期	IV 期	
I 期	5	2	1	0	8
II 期	1	18	4	1	24
III 期	0	4	32	2	38
IV 期	0	0	2	14	16
合计	6	24	39	17	86

表3 鼻咽癌早期组、中晚期组MRI多模态成像参数比较

组别	V _e	K _{ep}	K ^{trans}	ADC
早期组(n=30)	0.72±0.19	4.52±1.13	1.96±0.32	0.79±0.20
中晚期组(n=56)	0.89±0.23	5.68±1.34	2.63±0.49	0.63±0.18
t	3.462	4.033	6.748	3.779
P	0.001	0.000	0.000	0.000

表4 多模态MRI联合CT诊断鼻咽癌临床分期的价值

检验变量	AUC	标准误	P	95%CI	cut-off值	敏感度	特异度	约登指数
V _e	0.714	0.055	0.001	0.606-0.822	0.805	0.696	0.667	0.363
K _{ep}	0.757	0.055	0.000	0.650-0.864	4.795	0.804	0.633	0.437
K ^{trens}	0.880	0.038	0.000	0.806-0.955	2.040	0.929	0.633	0.562
ADC	0.731	0.061	0.000	0.612-0.850	0.745	0.732	0.633	0.365
CT检查	0.774	0.053	0.000	0.669-0.879	-	0.714	0.833	0.547
联合	0.910	0.030	0.000	0.851-0.970	-	0.946	0.533	0.479

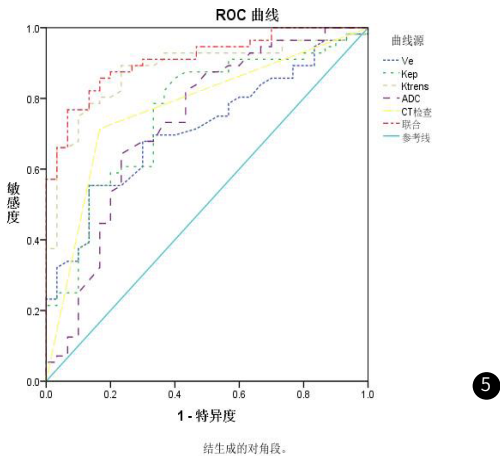


图5 多模态MRI联合CT诊断鼻咽癌临床分期的ROC图

3 讨论

鼻咽癌的发生与人类疱疹病毒4型病毒感染、接触化学致癌物质、遗传等因素有关^[8]。鼻咽癌中Ⅰ期、Ⅱ期视为早期鼻咽癌，此阶段患者大都无明显症状，不易被发现，Ⅲ期、Ⅳ期为中晚期鼻咽癌，此阶段肿瘤浸润深度逐渐加深，会侵袭邻近组织或发生转移，致使患者出现明显的临床症状(包括鼻塞、流鼻血、视力下降、听力减退等)^[9-10]。而淋巴结转移、远处转移是导致鼻咽癌患者预后不良的重要因素，故早期判断鼻咽癌临床分期对治疗方案的制定具有重要指导意义^[11]。MRI是鼻咽癌重要检查方法，常规平扫能够清晰显示鼻咽癌患者鼻咽部黏膜层、黏膜下病变、咽旁间隙、颅底浸润性病变情况，及其与周围软组织对比结果，能够准确判断肿瘤浸润深度，但其在评估肿瘤临床分期方面效能较低^[12]。

DWI可在分子水平上对病变组织进行定量、定性分析，该技术主要基于水分子布朗运动测定活体组织中水分子扩散状态，以ADC值来量化水分子运动，可间接反应肿瘤核浆比例、细胞密度及周围组织侵犯情况等^[13-14]。本研究结果显示，中晚期组ADC值低于早期组，表明肿瘤分期越高ADC值越低。ADC值是反应水分子扩散、毛细血管微循环的人工参数，在人体健康组织及早期鼻咽癌组织中，水分子扩散运动大都不受限制，在DWI图像上ADC值通常处于较高水平^[15]。随肿瘤临床分期增加肿瘤血管内皮生长因子不断分泌，促进肿瘤细胞增殖，增加细胞密度，极易向周围侵犯，逐渐增大肿瘤细胞体积，减少细胞外容积，致使肿瘤内水分子自由扩散受到限制，从而降低ADC值^[16]。但由于肿瘤进展过程中会大量生成不成熟血管，此类血管通透性较高，会不同程度影响水分子扩散，加之肿瘤组织中坏死及囊变区域细胞密度较低，水分子弥散受限程度也随之降低，影响ADC值测量，故而单纯使用ADC值判断鼻咽癌术前临床分期敏感性仍较低。

鼻咽癌是一种血管依赖性肿瘤，易发生淋巴结转移、临近组织浸润，肿瘤血管生成对肿瘤的发生、进展、浸润、远处转移等具有重要影响，观察新血管生成情况称为评估鼻咽癌临床分期的重要方法之一^[17]。DCE-MRI能够定量评估肿瘤微循环情况，该技

术是通过灌注内源性或外源对比剂，准确反映肿瘤组织血流灌注、血管渗透性、空间分布及血管大小等信息。肿瘤发生后其微血管变化较大，由于血管内皮通透性、血流量、血容量不同，造成肿瘤DCE-MRI结果参数存在一定差异，从而为肿瘤分期判断提供依据^[18-19]。本研究对比不同临床分期鼻咽癌患者DCE-MRI参数，结果显示，中晚期组V_e、K_{ep}、K^{trens}值高于早期组，提示随肿瘤分期升高V_e、K_{ep}、K^{trens}值也随之增加，其原因可能与肿瘤的不成熟血管形成有关。K_{ep}、K^{trens}是反映局部血流量和血液渗透至血管外细胞外间隙速率的指标。肿瘤发生后患者机体血管内皮生长因子水平出现不同程度升高，诱导血管内皮细胞增殖与迁移，增加微血管渗透性，且随肿瘤恶性程度升高，新血管不断增加，血流越丰富，微循环通透性也随之增快，加快单位时间内对比剂转换速度，升高K_{ep}、K^{trens}值^[20-21]。

CT也是鼻咽癌重要检查手段之一，具有扫描时间短、扫描覆盖范围大、Z轴分辨率高等特点，能够不间断采集数据，获取多个层面图像资料，为肿瘤临床分期的判断提供重要信息^[22]。本研究结果显示，CT检查诊断鼻咽癌术前临床分期与病理检查结果一致性理想，可见CT检查对鼻咽癌术前临床分期具有一定诊断价值。究其原因在于，CT检查通过三维重建技术对容积扫描得到的横断面、冠状位、矢状位图像进行重组，并根据具体需求调整投射角度、层次，有效减少周围血管重叠，降低背景干扰，获得高质量三维图像，便于医者观察肿瘤侵犯区域、咽旁间隙受累情况、骨质破坏情况等，进而判断肿瘤临床分期^[23-24]。进一步绘制ROC曲线，结果显示，V_e、K_{ep}、K^{trens}、ADC、CT检查对鼻咽癌临床分期具有一定诊断价值(AUC=0.714、0.757、0.880、0.731、0.774)，联合诊断价值更高(AUC=0.910)。多模态MRI不仅能够显示病灶组织形态变化，还可进行生化代谢分析与功能成像，但其对骨质显示不如CT检查；CT检查成像速度较快，对骨质显示较好，但空间分辨率、软组织分辨率较多模态MRI更低，两种检查方式联合应用可弥补单一检查方式的不足，提高临床诊断价值。

综上所述，多模态MRI、CT对鼻咽癌术前临床分期均具有一定诊断价值，两种检查方式联合应用诊断价值更高，有助于准确评估临床分期，进而为治疗方案的制定提供参考。

参考文献

[1]Park YM,Cha D,Koh YW,et al.Transoral robotic surgery with transoral retropharyngeal lymph node dissection in patients with tonsillar cancer:anatomical points,surgical techniques,and clinical usefulness[J].J Craniofac Surg,2019,30(1):145-148.

[2]Fujikura M,Nakamura S,Asai S,et al.Diagnostic ability of [18F]-fluorodeoxyglucose-positron emission tomography/computed tomography for retropharyngeal lymph node in patients with oral cancer[J].Nucl Med Commun,2019,40(10):1036-1042.

[3]Thakar A,Sakthivel P,Arunraj ST,et al.Clinical utility of Ga68 DOTANOC PET/CT imaging in juvenile nasal angiofibroma and the PARIS protocol:a preliminary report[J].Nucl Med Commun,2021,42(5):517-522.

[4]Li W,Xiao H,Li T,et al.Virtual contrast-enhanced magnetic resonance images synthesis for patients with nasopharyngeal carcinoma using multimodality-guided synergistic neural network[J].Int J Radiat Oncol Biol Phys,2022,112(4):1033-1044.

[5]Meng T,He H,Liu H,et al.Investigation of the feasibility of synthetic MRI in the differential diagnosis of non-keratinising nasopharyngeal carcinoma and benign hyperplasia using different contoured methods for delineation of the region of interest[J].Clin Radiol,2021,76(3):238.e9-238.e15.

(上接第69页)

- [6] D' Andrea A, Sperlongano S, Pacileo M, et al. New ultrasound technologies for ischemic heart disease assessment and monitoring in cardiac rehabilitation[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2020, 9(10): 3131.
- [7] 郭宏洲, 黄榕翀. 2019 ESC慢性冠状动脉综合征指南解读[J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(S01): 18-23.
- [8] 黎家荣, 王任国, 何志伟, 等. MSCTA和CAG评价冠心病患者冠脉狭窄程度及斑块稳定性价值分析[J]. *现代医学影像学*, 2022, 31(4): 687-690.
- [9] 赵娜, 高扬, 徐波, 等. 基于冠状动脉CT血管成像的狭窄率与斑块特征联合分析对提高CT诊断心肌缺血效能的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2021, 55(1): 40-47.
- [10] 王海璇, 陈恩炎, 张丹霓. 超声与CTA对脑梗死患者颈动脉粥样硬化斑块的诊断价值观察[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20(11): 42-43.
- [11] Jiao X, Zhang Q, Peng P, et al. HbA1c is a predictive factor of severe coronary stenosis and major adverse cardiovascular events in patients with both type 2 diabetes and coronary heart disease[J]. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 2023, 15(1): 50.
- [12] Cheng X, Li Z, Yang M, et al. Association of HbA1c with carotid artery plaques in patients with coronary heart disease: a retrospective clinical study[J]. *Acta Cardiologica*, 2023, 78(4): 442-450.
- [13] Liu Y, Li Z, Yang T, et al. Impaired sensitivity to thyroid hormones and carotid plaque in patients with coronary heart disease: A RCSCD-TCM study in China[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2022, 13: 940633.
- [14] Song Q, Guo Y, Pei F, et al. The relationship between the carotid atherosclerosis ultrasound parameters and the cardiac and endothelial functions of coronary heart disease patients[J]. *American Journal of Translational Research*, 2021, 13(5): 5498.
- [15] He Y, Li Z, Yu L, et al. Association between the atherogenic index of plasma and carotid artery plaques in patients with coronary heart disease in different glucose metabolism states: an RCSCD-TCM study in Tianjin, China[J]. *Endocrine*. 2023: 1-10.

- [16] Bos D, Arshi B, van den Bouwhuijsen Q J A, et al. Atherosclerotic carotid plaque composition and incident stroke and coronary events[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2021, 77 (11): 1426-1435.
- [17] Zhang P, Li H, Wang R, et al. IVUS plus multivariate analysis for evaluating the stability of coronary artery plaque in coronary heart disease[J]. American Journal of Translational Research, 2021, 13 (8): 9168.
- [18] Hesterberg K, Rawal A, Khan S, et al. A meta-analysis comparing aspirin alone versus dual antiplatelet therapy for the prevention of venous graft failure following coronary artery bypass surgery[J]. Cardiovascular Revascularization Medicine, 2020, 21 (6): 792-796.
- [19] Noda M, Takami Y, Amano K, et al. Relation of fractional flow reserve with transit time coronary artery bypass graft flow measurement[J]. The Annals of Thoracic Surgery, 2021, 111 (1): 134-140.
- [20] Gaba P, Gersh B J, Muller J, et al. Evolving concepts of the vulnerable atherosclerotic plaque and the vulnerable patient: implications for patient care and future research[J]. Nature Reviews Cardiology, 2023, 20 (3): 181-196.
- [21] Zhang J, Jiang S, Xu H, et al. Diagnosis of Coronary Heart Disease by Optical Coherence Tomography Using Random Walk Algorithm[J]. Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 2021, 11 (1): 127-132.
- [22] Christiansen M K, Nissen L, Winther S, et al. Genetic risk of coronary artery disease, features of atherosclerosis, and coronary plaque burden[J]. Journal of the American Heart Association, 2020, 9 (3): e014795.
- [23] Jukic M, Pavic L, Medakovic P, et al. Which Test To Choose[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2023, 17 (1): S15-S16.

• 73