

论 著

颈动脉超声评估颈动脉硬化程度与MSCTA评估冠脉狭窄程度的相关性及其联合预测价值*

梁 耘* 莫健姣 杨静爱
吴英宁 李保生 黄昌辉

右江民族医学院附属医院 (广西百色 533000)

【摘要】目的 研究分析颈动脉超声评估颈动脉硬化程度与MSCTA评估冠脉狭窄程度的相关性及其联合预测价值。**方法** 选取我院心内科在2017年1月-2019年12月收治的确诊及疑似冠心病的300例患者, 所有患者均进行多层螺旋CT血管造影(MSCTA)、颈动脉彩超和冠状动脉造影(CAG)检查, 以CAG检查为金标准, 计算上述两种诊断方法对冠心病检出率、阳性率、敏感性、特异性、预测准确性等诊断学指标, 并研究分析超声评估与MSCTA评估之间的相关性。**结果** 超声与CAG检查结果一致性为Kappa=0.588, MSCTA与CAG检查结果一致性为Kappa=0.503($P<0.05$); 超声评估颈动脉硬化程度准确度、敏感度、特异度、阳性预测值及阴性预测值分别为80.33%、80.95%、79.28%、86.93%、70.97%; MSCTA评估冠脉狭窄程度的准确度为81.07%, 其中轻度狭窄的准确度、敏感度、特异度、阳性预测值及阴性预测值分别为83.54%、83.72%、83.33%、85.04%、81.90%; 中度狭窄的分别为84.36%、65.28%、92.40%、78.33%、86.34%; 重度狭窄的分别为86.83%、78.57%、88.56%、58.93%、95.19%; 颈动脉超声评估颈动脉硬化程度与MSCTA评估冠脉狭窄程度呈正相关性($r=0.852$, $P<0.05$)。**结论** 颈动脉超声评估与MSCTA评估在诊断冠心病冠脉硬化程度与狭窄程度时与CAG金标准有较好的一致性, 有助于提高冠心病的诊断价值, 且其具有无创、简单便捷、重复性高等优点, 值得临床推广使用。

【关键词】 冠心病; 冠脉狭窄; 颈动脉硬化;
颈动脉彩超; 多层螺旋CT血管造影;
冠状动脉造影

【中图分类号】R541.4

【文献标识码】A

【基金项目】广西壮族自治区卫生健康委员会
自筹经费科研课题(Z20200399)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.05.022

Correlation and Joint Predictive Value of Carotid Ultrasound in Evaluating the Degree of Carotid Atherosclerosis and MSCTA in Evaluating the Degree of Coronary Stenosis*

LIANG Yun*, MO Jian-Jiao, YANG Jing-ai, WU Ying-ning, LI Bao-Sheng, HUANG Chang-hui.

Affiliated Hospital of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To study and analyze the correlation and joint predictive value of carotid ultrasound in evaluating the degree of carotid atherosclerosis and MSCTA in evaluating the degree of coronary stenosis. **Methods** 300 patients with confirmed or suspected coronary heart disease admitted to the Department of Cardiology of our hospital from January 2017 to December 2019 were selected. All patients underwent multi-slice spiral CT angiography (MSCTA), carotid color Doppler ultrasound and coronary angiography (CAG). Taking CAG examination as the gold standard, the diagnostic indexes such as detection rate, positive rate, sensitivity, specificity and prediction accuracy of the above two diagnostic methods were calculated, and the ultrasound was studied and analyzed. **Results** The consistency between ultrasound and CAG was Kappa=0.588, and that between MSCTA and CAG was kappa = 0.503 ($P<0.05$). The accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of ultrasound in evaluating the degree of carotid atherosclerosis were 80.33%, 80.95%, 79.28%, 86.93% and 70.97% respectively. The accuracy of MSCTA in evaluating the degree of coronary artery stenosis was 81.07%, and the accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of mild stenosis were 83.54%, 83.72%, 83.33%, 85.04% and 81.90% respectively. Moderate stenosis was 84.36%, 65.28%, 92.40%, 78.33% and 86.34% respectively. Severe stenosis was 86.83%, 78.57%, 88.56%, 58.93% and 95.19% respectively. There was a positive correlation between carotid ultrasound and MSCTA in evaluating the degree of carotid atherosclerosis ($r=0.852$, $P<0.05$). **Conclusion** Carotid ultrasound evaluation and MSCTA evaluation are in good agreement with CAG gold standard in diagnosing the degree of coronary sclerosis and stenosis of coronary heart disease, which is helpful to improve the diagnostic value of coronary heart disease, and it has the advantages of non-invasive, simple and convenient, and high repeatability, and is worthy of clinical application.

Keywords: Coronary Heart Disease; Coronary Artery Stenosis; Carotid Atherosclerosis; Carotid Ultrasound; Multi-slice Spiral CT Angiography; Coronary Angiography

冠心病是一种常见的高发心血管疾病, 其病理生理主要是冠状动脉粥样硬化、斑块形成, 导致管腔狭窄, 进而导致心肌供血不足, 心肌细胞变性、坏死, 发病率居世界首位, 且发病率和死亡率呈逐年上升趋势^[1]。于是针对冠心病的早期诊断的研究越来越多, 其在冠心病治疗中占主要地位。临床上多使用冠状动脉造影(CAG)、冠状动脉CT血管成像(CTA)、超声检查、运动平板试验、动态心电图等方法来检测冠状动脉病变情况, 其中CAG仍旧是检查冠心病患者冠脉狭窄及硬化程度的首要方法, 但是由于其检查费用高、操作要求高, 且具有一定的创伤性及患者检查后存在一定的并发症, 在冠心病早期筛查中并不具有适用性^[2-3]。近年来, 多层螺旋CT血管造影(MSCTA)在心血管疾病的早期检查与诊断中使用的较为广泛, 主要因其具有无创性、费用低且操作性要求低等优点^[4]。有不少临床经验指出, 外周动脉粥样硬化的程度与冠脉的硬化程度具有密切联系, 主要呈正相关关系, 于是在冠心病早期筛查中可以利用对外周动脉硬化程度检查来判断冠脉的硬化程度, 而颈动脉就是典型的外周动脉, 在临床上一般采用彩色多普勒超声来判断其硬化程度^[5-6]。因此, 本文将重点研究超声评估颈动脉硬化程度与MSCTA评估冠脉狭窄程度之间的相关性, 现研究如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择 选取我院心内科在2017年1月至2019年12月收治的确诊及疑似冠心病的300例患者, 其中男163例, 女137例; 年龄38-70岁, 平均(61.25±6.47)岁; 病程2-7年, 平均(3.94±1.68)年; 其中患有合并高血压165例, 糖尿病52例, 高脂血症50例。

纳入标准: 所有患者均出现胸闷、胸痛等冠心病相关症状^[7]; 未接受过冠脉支架植入术治疗者; 进行MSCTA、颈动脉彩超和CAG检查者; 有完整病例资料可供查阅者; 患者及家属同意参与研究并签署知情同意书。排除标准: 严重肝肾疾病者; 先天性心脏病患者; 凝血功能障碍者; 精神疾病者; 对造影剂过敏者。

1.2 方法

1.2.1 CAG 检查 给与患者局部麻醉, 对患者股动脉进行穿刺, 采用Judkin 法进行检查,

【第一作者】梁 耘, 男, 副主任技师, 主要研究方向: 影像检查技术。E-mail: qzdh5807@21cn.com

【通讯作者】梁 耘

分别对左、右冠脉血管进行多体位投照，记录左、右冠脉影像，用造影检查辅助软件测量冠脉是否发生粥样硬化及狭窄程度。

1.2.2 MSCTA检查 采用256排螺旋CT扫描机(GE公司，美国)进行扫描，增强扫描参数设置:迭代权重因子ASIR-V:60%窗宽:WindowWidth:600，窗位:WindowLevel:200，噪声指数Noiseindex:15.6，扫描野SFOV:CardiacLarge，重建野DFOV:20.0cm，心电图和门控ECG&Gating:自动门控 Auto Gating:UnlinkPhase，相位类型Type:SmartPhase(快速冻结) Snap Shot Freeze:onkV:120kV，mA:AutomA200~600;扫描类型scan type:Cardiac Table Positions:one

探测器覆盖范围:160mm旋转时间:0.28s.总曝光时间:0.87s，使用双筒高压注射器，A管为非离子型造影剂碘普罗胺370mgI/mL，B管为生理盐水，加热至接近人体温度37℃，经肘静脉以4.5~5.5mL/s的流速分别注入造影剂和生理盐水。实施造影剂追踪法，将气管隆突水平降主动脉作为靶兴趣区。常规屏气扫描方法:在注入造影剂后8s后以1.3s/层的频率对靶兴趣主动脉进行连续扫描，当靶兴趣主动脉CT值高于150HU后，延迟5s设备自动启动曝光扫描(期间提示患者深吸气后屏气)。扫描完成之后，对图像进行重建和后处理。

1.2.3 超声检查 采用GE Vivid E9 彩色多普勒超声，指导患者以仰卧位卧于床上，操作者位于患者右侧，探头频率为10-12MHz，从锁骨内侧至颈动脉处不断查找并确定颈动脉是否发生粥样硬化斑块，并观察记录其数量及体积等。

1.2.4 判定标准 CAG 检查结果的判定:采用目测法^[8]对冠脉血管直径进行评估，观察冠脉血管直径，冠脉狭窄程度=[(狭窄部位血管直径-最狭窄管腔直径)/最狭窄管腔直径]×100%，结果为<50%为轻度狭窄，50%-75%为中度狭窄，>75%为重度狭窄。MSCTA 检查结果的判定^[8]:(1)狭窄程度评估:手工测量MSCTA检查图像中的管腔、斑块最明显部位，同时计算出狭窄处的管腔、血管、斑块的面积、直径等。血管狭窄程度=斑块面积/参考部位血管面积×100%，狭窄程度分级同CAG检查分级标准。(2)斑块稳定性:于原始横轴面图像上在斑块部位采集不同方向的5个感兴趣区，测量CT值后取平均值，测量时将感兴趣区置于区域中心且至少大于管腔面积90%(避开斑块)。CT值为(49±22)

HU时为软斑块;CT值为(91±22)HU时为混合斑块;CT值为(361±156)HU时为钙化斑块^[9]。

超声检查结果判定^[10]:粥样硬化斑块形成标准即颈动脉内中膜厚度(IMT)>12mm。

1.3 统计学方法 用SPSS 26.0统计软件进行数据处理，CAG检查结果与超声检查、MSCTA 检查一致性采用kappa检验，判断标准为:Kappa≥0.75时，两者一致性较好;0.4<Kappa<0.75时，一致性一般;Kappa<0.4时，两者一致性较差;采用双变量Pearson相关系数分析超声检查与MSCTA检查的相关性，P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 CAG检查结果 所有患者均进行CAG检查，冠脉粥样硬化有189例，占比为63.00%，冠脉正常有111例，占比37.00%;冠状发生狭窄有243例，无狭窄57例，其中轻度狭窄有129例，中度狭窄有72例，重度狭窄有42例。

2.2 颈动脉超声检查结果 以冠脉造影结果为金标准，颈动脉超声检查检测颈动脉粥样硬化斑块的结果如下，超声检查与CAG检查结果一致性为Kappa=0.588，P<0.05。见表1。

2.3 MSCTA检查结果 300例研究对象均经CAG检查和MSCTA检查，其中有狭窄的病例为243例，MSCT对于冠脉狭窄程度诊断的总准确度为(108+47+33)/243×100%=81.07%，MSCTA检查与CAG检查结果一致性为Kappa=0.503，P<0.05具体结果见表2。

2.4 超声诊断颈动脉硬化程度的效能评估 颈动脉粥样硬化的阳性预测值最高，阴性预测值最低，具体结果见表3。

2.5 MSCTA诊断冠脉狭窄程度的效能评估 MSCTA检查冠脉狭窄的各项效能评估，其中轻度狭窄的灵敏度、阳性预测值最高，中度狭窄的特异度最高，中度狭窄的准确度及阴性预测值最高，具体结果见表4。

2.6 颈动脉超声评估颈动脉硬化程度与MSCTA评估冠脉狭窄程度的相关性分析 经 Pearson 相关性分析显示，颈动脉超声评估颈动脉硬化程度与MSCTA评估冠脉狭窄程度呈正相关性(r=0.852，P<0.05)。

2.7 典型病例图片(见图)

表1 超声检查与CAG诊断颈动脉硬化程度结果比较

超声检查结果	CAG检查结果		合计
	粥样硬化斑块	无斑块	
颈动脉粥样硬化斑块	153	23	176
颈动脉无斑块	36	88	124
合计	189	111	300

表2 MSCTA与CAG诊断冠状动脉狭窄结果比较

MSCTA	CAG检查结果			合计
	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	
轻度狭窄	108	10	9	127
中度狭窄	13	47	33	60
重度狭窄	8	15	33	56
合计	129	72	42	243

表3 超声诊断颈动脉硬化程度的效能评估结果[n(%)]

硬化程度	准确度	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值
颈动脉粥样硬化	80.33(241/300)	80.95(153/189)	79.28(88/111)	86.93(153/176)	70.97(88/124)

表4 MSCTA诊断冠脉狭窄程度的效能评估结果[n(%)]

狭窄程度	准确度	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值
轻度狭窄	83.54(203/243)	83.72(108/129)	83.33(95/114)	85.04(108/127)	81.90(95/116)
中度狭窄	84.36(205/243)	65.28(47/72)	92.40(158/171)	78.33(47/60)	86.34(158/183)
重度狭窄	86.83(211/243)	78.57(33/42)	88.56(178/201)	58.93(33/56)	95.19(178/187)

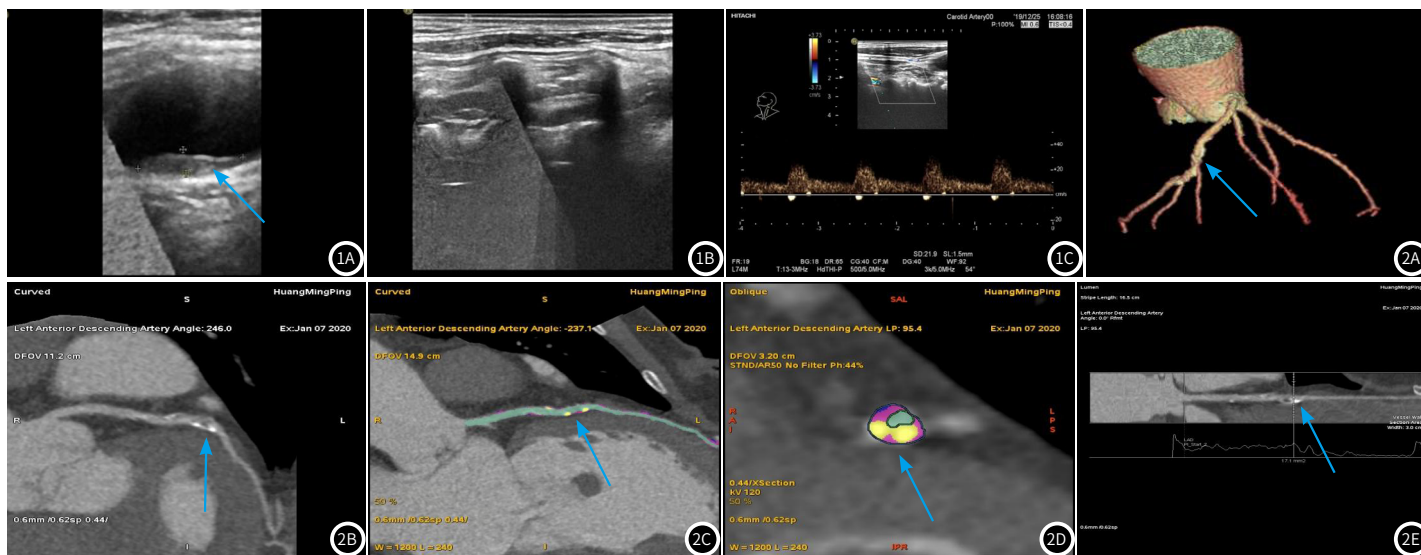


图1A-图1C 颈动脉超声评估颈动脉硬化; 图1A 颈动脉窦部后壁查见斑块; 图1B 左、右侧颈动脉窦部后壁查见范围分别约10.2x2.3mm、10.3x2.3mm高、低回声斑块附着, 相应部位管腔内径未见明显狭窄, 余上述动脉管壁未见明显斑块附着; 图1C PW: 右侧颈动脉频谱呈单峰, 峰值低矮、舒张期血流信号未探及。
图2A-图2E MSCTA评估冠脉狭窄; 图2A: 前降支中段混合斑块; 图2B: 前降支中段混合斑块; 图2C: 前降支中段混合斑块; 图2D: 管腔轻微一度狭窄; 图2E: 前降支中段混合斑块。

3 讨论

冠心病近年来发病率逐年上升, 且患病群体越来越年轻化, 因此冠心病的早期诊断、预防与治疗至关重要。CAG是临床上诊断冠心病的金标准, 但由于其操作要求及费用高, 且具有一定的创伤性, 在早期诊断中无法广泛使用^[11]。冠心病常见的病因是动脉粥样硬化, 而其是一种全身性疾病, 众多临床经验得出, 冠脉发生粥样硬化的同时动脉也会发生同样的变化, 因此可以通过对检查颈动脉的硬化程度来诊断冠心病早期症状^[12]。颈动脉硬化程度常采用超声检查, 因其具有无创、费用低及操作简单更利于冠心病的早期筛查, 并且其检查后有多项评估指标, 如IMT、颈动脉斑块性质、体积等; 还有不少研究指出, 颈动脉双侧均有粥样硬化斑块比单侧患有冠心病的概率要高, 并且冠脉的硬化程度更高且病变程度更严重, 由此可见, 颈动脉与冠脉硬化程度之间有较强的联系^[13-14]。

据一定的临床经验得出, 影响超声评估颈动脉硬化程度有两个主要因素, 分别是颈动脉粥样硬化斑块性质和动脉狭窄程度, 两者均是判断患者是否患有冠心病及预后的重要因素^[15]。而IMT和硬化斑块也是颈动脉超声检查最主要的两个指标, 其中, 可以反映粥样硬化程度的指标为IMT增厚, 同时增厚也代表斑块出现的概率增加, 而颈动脉是否有斑块也是一种可以反映冠脉是否发生病变的指标^[16]。而引起颈动脉狭窄的主要原因就是患者血管发生狭窄, 同时血管内的斑块脱落而引起血栓, 进而影响患者的身体健康, 因此在超声检查时不仅要查看是否有粥样硬化, 还要注意观察是否发生斑块, 并且评估其稳定性^[17]。

与此同时, MSCTA也是常见的一种心血管疾病检查方式, 近年来因其具有扫描速度快, 时间及空间分辨率高、清晰显示等优点被广泛使用^[18]。有研究表明, MSCTA有利于评估冠脉的狭窄程度, 主要因其可以清晰显示冠脉的主干、前降支、回旋支、右冠脉等情况, 而造成冠脉狭窄的主要因素是斑块病变, 而斑块性质同时也会影响冠心病患者的预后情况^[19]。一般来说, 钙化斑块的稳定性较好, 虽说其会导致冠脉狭窄, 但是很少会引起患者发生血管破裂、心肌梗死等症状; 但是非钙化的斑块稳定性不好, 不仅会导致冠脉狭窄, 同时也会导致患者发生血管破裂、心肌梗死等现象^[20]。有研究认为, 冠脉的斑块性质与血管狭窄程度及预后情况有密切联系, 主要由于钙化斑块是由冠脉内蛋白质变性分解形成的磷酸盐与钙结合形成磷酸钙, 而其经过长时间的沉积, 其稳定性较高, 不易发生破裂, 因此对冠脉病变影响较小; 而非钙化以及其他软斑块、混合斑块成分较钙化斑块复杂, 且稳定性差, 于是其局部剪切力、轴向应力增大, 因此极易碎裂而引

起血管阻塞, 预后相对较差^[21]。有大量研究也证实软斑块及混合斑块的稳定性极低, 易发生血管破裂的同时, 会造成心血管发生血栓, 导致血管狭窄, 最终形成冠心病^[22]。但从临床结果反馈来看, MSCTA虽说在心血管疾病检查有一定优势, 但也有其局限之处, 如伴随严重血管钙化、心动过速、心律不齐等情况时, 易造成图像伪影或图像质量不良, 不利于检查结果的提高^[23]。

本研究结果显示, 超声评估颈动脉硬化程度与MSCTA评估冠脉狭窄程度呈正相关, 因颈动脉与冠脉硬化程度变化情况有密切联系, 可以通过超声检查颈动脉硬化程度来评估冠脉的硬化程度, 而颈动脉硬化斑块性质与狭窄程度恰巧是影响超声评估颈动脉硬化程度有两个重要因素, 由此可知, 颈动脉硬化与冠脉狭窄之间有较强的相关性。且在以CAG为检查冠心病的金标准时, 超声检查颈动脉硬化程度与其一致性较高, 准确度高达80%以上, 同时MSCTA检查狭窄程度与CAG的检查冠脉狭窄程度的一致性也较高, 其中准确度为81.07%, 鉴于此, 临床上对冠心病早期筛查与诊断可以采取超声检查或是MSCTA检查, 尤其将二者联合起来, 其诊断价值更高。

综上所述, 在冠心病早期诊断与筛查中, 可以利用超声和MSCTA检查代替有创、费用高且有并发症发生的CAG检查, 这两种方式在诊断冠心病冠脉硬化程度与狭窄程度时有较好的一致性, 其有助于提高冠心病的诊断价值, 且具有无创、简单便捷、重复性高等优点, 值得临床推广使用。

参考文献

- [1] Vaccarino V, Badimon L, Bremner J D, et al. Depression and coronary heart disease: 2018 position paper of the ESC working group on coronary pathophysiology and microcirculation[J]. European Heart Journal, 2020, 41(17): 1687-1696.
- [2] Toh J Z K, Pan X H, Tay P W L, et al. A meta-analysis on the global prevalence, risk factors and screening of coronary heart disease in nonalcoholic fatty liver disease[J]. Clinical Gastroenterology and Hepatology, 2022, 20(11): 2462-2473.
- [3] Chen C, Zhao Y, Li W, et al. Relation of quantitative flow ratio with transit time coronary artery bypass graft flow measurement[J]. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 2022, 9: 975759.
- [4] 任雪会, 崔胜宏, 马秀梅, 等. 多层螺旋CT血管造影在评价冠状动脉粥样硬化性心脏病心肌缺血程度价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(4): 30-32.
- [5] 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.

(参考文献下转第73页)

- [17] 郑方静, 赖红华, 赖晓兰, 等. 微小RNA-216a调控JAK2/STAT3通路对鼻咽癌细胞增殖、侵袭、自噬及血管生成的影响[J]. 肿瘤学杂志, 2021, 27 (11): 905-914.
- [18] Song C, Cheng P, Cheng J, et al. Differential diagnosis of nasopharyngeal carcinoma and nasopharyngeal lymphoma based on DCE-MRI and RESOLVE-DWI[J]. Eur Radiol, 2020, 30 (1): 110-118.
- [19] Meyer HJ, Hamerla G, Leifels L, et al. Histogram analysis parameters derived from DCE-MRI in head and neck squamous cell cancer -associations with microvessel density[J]. Eur J Radiol, 2019, 39 (120): 108669.
- [20] Dong Ji X, Yan S, Xia S, et al. Quantitative parameters correlated well with differentiation of squamous cell carcinoma at head and neck: a study of dynamic contrast-enhanced MRI[J]. Acta Radiol, 2019, 60 (8): 962-968.
- [21] Cao C, Yang P, Xu Y, et al. Feasibility of multiparametric imaging with PET/MR in nasopharyngeal carcinoma: a pilot study[J]. Oral Oncol, 2019, 23 (93): 91-95.
- [22] Marino MJ, Hsieh MC, Wu EL, et al. Early versus late computed tomography and nasal endoscopy in the diagnosis of nasopharyngeal and paranasal sinus malignancy[J]. Am J Rhinol Allergy, 2019, 33 (4): 388-394.
- [23] Hemmi T, Suzuki J, Ishii R, et al. Effect of treatments for head and neck cancer on sinus shadow on computed tomography[J]. Auris Nasus Larynx, 2022, 49 (6): 1019-1026.
- [24] Gibelli D, Cellina M, Gibelli S, et al. Three-dimensional assessment of pharyngeal volume on computed tomography scans: applications to anesthesiology and endoscopy[J]. J Craniofac Surg, 2020, 31 (3): 755-758.

- [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.