

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.05.017

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240229.1542.011\(2024-03-02\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240229.1542.011(2024-03-02))

冠状动脉 AI 诊断系统在高海拔地区 CHD 患者 评估中的应用价值*

王雪燕, 鲍海华[△], 温生宝, 曹云太, 李伟霞, 颜梅
(青海大学附属医院医学影像中心, 西宁 810000)

[摘要] **目的** 探讨冠状动脉人工智能(AI)诊断系统在高海拔地区冠状动脉粥样硬化性心脏病(CHD)患者评估中的应用价值。**方法** 前瞻性收集 2022 年 1—12 月在该院接受冠状动脉 CT 血管造影(CTA)检查的患者 318 例。按患者来源地区海拔梯度,分为 2 000~3 000 m 组、>3 000 m 组。以冠状动脉造影(CAG)为金标准,验证 AI 诊断系统的诊断性能;并应用冠状动脉 AI 诊断及 CT 无创血流储备分数(CT-FFR)测量系统,对两组患者的斑块结构特征及血流动力学改变进行评价。**结果** >3 000 m 组钙化斑块、易损斑块数量多于 2 000~3 000 m 组($\chi^2=3.976, 6.482, P=0.046, 0.011$)。>3 000 m 组冠状动脉多支病变、中度狭窄、重度狭窄、完全闭塞发生率均高于 2 000~3 000 m 组,2 000~3 000 m 组冠状动脉单支病变、轻度狭窄发生率高于>3 000 m 组($P<0.05$)。>3 000 m 组血管节段 CT-FFR 值 ≤ 0.80 、 <0.70 的比例均高于 2 000~3 000 m 组($\chi^2=4.782, 28.118, P=0.029, <0.001$)。以金标准对该系统进行诊断效能评价,显示其对诊断冠脉斑块及狭窄具有较好灵敏度及特异性,诊断一致性高($P<0.001$)。**结论** 冠状动脉 AI 诊断系统对系统评估高海拔地区 CHD 患者的冠状动脉特征及血流动力学改变有一定的价值。

[关键词] 人工智能;高海拔;冠状动脉;CT 血管成像;血流动力学

[中图法分类号] R540.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2024)05-0733-05

Application of AI diagnostic system in the evaluation of CHD patients in high-altitude areas*

WANG Xueyan, BAO Haihua[△], WEN Shengbao, CAO Yuntai, LI Weixia, YAN Mei
(Medical Imaging Center, the Affiliated Hospital of Qinghai University,
Xining, Qinghai 810000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the application of diagnostic system with artificial intelligence (AI) in the evaluation of patients with coronary heart disease (CHD) at high altitude. **Methods** A total of 318 patients underwent coronary CT angiography (CTA) at the hospital from January to December 2022 were prospectively collected. According to the altitude gradient, the patients were divided into the 2 000—3 000 m group and > 3 000 m group. Coronary angiography (CAG) was used as the gold standard to verify the diagnostic performance of AI diagnostic system. Coronary artery diagnosis system with AI technology and CT derived fractional flow reserve (CT-FFR) measurement system were used to evaluate the plaque structure characteristics and hemodynamic changes in the two groups of patients. **Results** Calcified plaques and vulnerable plaques in the >3 000 m group were more than those in the 2 000—3 000 m group ($\chi^2=3.976, 6.482, P=0.046, 0.011$). The incidence of multi-vessel coronary artery disease, moderate stenosis, severe stenosis and complete occlusion in the >3 000 m group was higher than that in the 2 000—3 000 m group, and the incidence of single-vessel coronary artery disease and mild stenosis in the 2 000—3 000 m group was higher than that in the >3 000 m group ($P<0.05$). The incidence of CT-FFR ≤ 0.80 and <0.70 in the >3 000 m group was higher than that in the 2 000—3 000 m group ($\chi^2=4.782, 28.118, P=0.029, <0.001$). The comparison with the gold standard showed that this method has high sensitivity, specificity, and diagnostic consistency ($P<0.001$). **Conclusion** The coronary diagnosis system with AI technology has certain value in the systematic evaluation of coronary artery characteristics and hemodynamic changes in CHD patients at high altitude.

[Key words] artificial intelligence; high altitude; coronary artery; CT angiography; hemodynamics

冠状动脉粥样硬化性心脏病(coronary heart disease, CHD)已成为威胁人类健康的主要疾病之一^[1]。高海拔地区独特的低氧、低压、高寒、强辐射的自然环境,对机体产生非常复杂的生理或病理影响,均直接或间接地影响冠心病的发生、发展^[2-3]。基于人工智能(AI)的冠状动脉 AI 诊断及 CT 无创血流储备分数(CT-FFR)测量系统可实现仅一次 CT 血管造影(CTA)检查就完成对冠状动脉狭窄程度及斑块性质的评估,同时获取无创血流储备分数(FFR)值^[4-7]。本研究拟通过冠状动脉 AI 诊断及 CT-FFR 来研究不同海拔下冠心病患者病变结构及功能性特征。

1 资料与方法

1.1 一般资料

前瞻性收集 2022 年 1—12 月于本院接受冠状动脉 CTA 并于 3 个月内行冠状动脉造影(CAG)检查的 318 例 CHD 患者。按照患者来源地区海拔梯度分为 2 000~3 000 m 组、>3 000 m 组。两组患者一般资料对比,差异无统计学意义($P>0.05$)。本研究经医院伦理委员会审核通过。纳入标准:(1)有完整临床资料,满足 CHD 诊断标准;(2)当地居住时间 10 年以上,性别不限;(3)所有患者均使用 Revolution CT 行冠状动脉 CTA 检查,CTA 影像质量符合诊断要求;(4)自愿配合研究且签署知情同意书。排除标准:(1)严重肝肾脑肾病变、妊娠期或哺乳期、恶性肿瘤、碘过敏、先天性心脏病,以及精神疾病或意识障碍;(2)对碘造影剂过敏;(3)冠状动脉搭桥、支架术后及冠状动脉旁路移植术后。

1.2 方法

1.2.1 冠状动脉 CTA 扫描

使用美国 GE 公司 256 层 GE Revolution CT 机进行检查,行心脏前瞻性心电门控螺旋扫描。扫描过程中嘱患者自由呼吸;所有患者进行胸前 4 导联心电图监测,取仰卧、足先进位,扫描时嘱患者双手上举,水平定位腋前线,扫描范围从气管分叉至膈肌下 1 cm 左右,覆盖整个心脏;先行平扫,确定扫描覆盖范围,探测器宽为 14 cm,当部分患者的心脏明显增大时,探测器宽度可调节为 16 cm,视野为 25 cm,心脏扫描前行 Auto-gating 监测,管电压 120 kV,由系统推荐恰当自适应管电流(Smart MA),旋转时间为 0.28 s/转,扫描自动触发感兴趣区(ROI)置于降主动脉处,采用对比剂自动跟踪阈值触发技术,触发阈值 280 Hu,触发后延迟 2 s 开始扫描,采用迭代重建(ASiR-V)技术进行重建;准直器宽度 256 mm×0.625 mm,扫描层厚 0.625 mm,重建层厚 0.625 mm,重建间隔 0.450 mm。所有患者均使用 350 mgI/mL 碘对比剂,采用 20 G 静脉留置套管针经右肘前静脉以双筒高压注射器注射,注射时间 12 s,以 0.9 mL/kg 剂量注入,总量=体质量(kg)×0.9 mL/kg,注入速率(mL/s)=总量/12,对比剂注射结束后,以相同速率

加注 30 mL 生理盐水。

1.2.2 图像处理

使用冠状动脉运动追踪最佳期相选择技术(Smart Phase)扫描原始数据,选取血管显示较好的一组期相进行追踪冻结(SSF)算法重建,分别将 SSF 重建图像上传至冠状动脉 AI 诊断及 CT-FFR 测量系统(北京数坤科技股份有限公司)。冠状动脉 AI 诊断系统可快速完成对 CTA 图像的自动重建和冠状动脉命名、狭窄与斑块分析等后处理计算;CT-FFR 测量系统可在短时间内精确获取冠状动脉树所有位置的 FFR 值。

1.3 诊断标准

冠状动脉狭窄程度按照美国心血管 CT 学会(SCCT)分级方法分为:无狭窄(0)、轻微狭窄(<25%)、轻度狭窄(25%~<50%)、中度狭窄(50%~<70%)、重度狭窄(70%~<100%)和闭塞(100%)^[9]。

冠状动脉斑块分为稳定斑块和易损斑块。稳定斑块根据斑块中钙化成分的存在与否,分为非钙化斑块(整个斑块无钙化密度)、钙化斑块(整个斑块均呈现为钙化密度)及混合斑块(斑块中同时存在钙化与非钙化密度)^[10]。易损斑块(高危斑块)特征:(1)低密度斑块,CT 值<30 Hu;(2)点状钙化斑块,最大直径<3 mm;(3)重构指数,冠状动脉最狭窄处的管腔面积/近远端参考血管面积的平均值 ≥ 1.1 ;(4)“餐巾环”征,即冠状动脉非钙化斑块周围的环状高密度影。

以 CAG 检查结果为金标准,灵敏度=真阳性/(真阳性+假阴性);特异度=真阴性/(假阳性+真阴性);准确度=(真阳性+真阴性)/总例数;阳性预测值=真阳性/(真阳性+假阳性);阴性预测值=真阴性/(假阴性+真阴性);诊断一致率=(真阳性+真阴性)/血管节段总数。利用 Kappa 值判断: ≥ 0.8 为一致性良好,0.4~<0.8 为一致性一般,<0.4 为一致性较差。冠状动脉狭窄功能学意义的 CT-FFR 值>0.80,通常认为不会诱发心肌缺血;<0.70 通常提示可能诱发心肌缺血;位于“灰区”CT-FFR 值 $\geq 0.70 \sim \leq 0.80$ 应综合考虑临床和其他功能影像学信息。

1.4 统计学处理

采用 SPSS20.0 统计软件进行数据的录入和统计,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 t 检验;计数资料采用例数和百分率表示,比较采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 冠状动脉 AI 诊断系统诊断高海拔地区 CHD 患者冠状动脉斑块性质的性能评价

2 000~3 000 m 组血管节段 779 个,>3 000 m 组血管节段 756 个,>3 000 m 组钙化斑块、易损斑块的数量高于 2 000~3 000 m 组($P<0.05$),见表 1。以 CAG 结果为金标准,对两组共 1 535 个血管节段进行诊断效果评价,显示冠状动脉 AI 诊断系统诊断钙

化斑块、混合斑块、非钙化斑块及易损斑块具有较好的灵敏度及特异度,见表 2。

2.2 冠状动脉 AI 诊断系统诊断高海拔地区 CHD 患者冠状动脉狭窄情况的评价

2 000~3 000 m 组狭窄血管共 356 条,>3 000 m 组狭窄血管共 370 条。>3 000 m 组冠状动脉多支病变、中度狭窄、重度狭窄、完全闭塞发生率均高于 2 000~3 000 m 组,2 000~3 000 m 组冠状动脉单支病变、轻度狭窄发生率高于>3 000 m 组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。以 CAG 结果为金标准,冠状动脉 AI 诊断系统诊断冠状动脉狭窄具有较好的灵敏度及特异度,见表 4。

表 1 不同海拔 CHD 患者冠状动脉斑块性质的结果比较[n(%)]

项目	2 000~3 000 m 组 (n=779)	>3 000 m 组 (n=756)	χ^2	P
钙化斑块	64(8.2)	86(11.4)	3.976	0.046
混合斑块	105(13.5)	89(11.8)	1.012	0.314
非钙化斑块	70(9.0)	59(7.8)	0.696	0.404
易损斑块	80(10.3)	110(14.6)	6.482	0.011

表 2 冠状动脉 AI 诊断系统诊断高海拔地区 CHD 患者冠状动脉斑块性质的性能评价

项目	灵敏度 (%)	特异度 (%)	阳性 预测值 (%)	阴性 预测值 (%)	诊断 一致率 (%)	Kappa 值	P
钙化斑块	90.42	90.50	93.17	93.22	90.45	0.806	<0.001
混合斑块	97.80	96.95	90.63	90.45	98.07	0.883	<0.001
非钙化斑块	97.34	97.28	95.08	95.05	97.50	0.873	<0.001
易损斑块	85.50	84.47	98.15	98.00	82.68	0.826	<0.001

表 3 冠状动脉 AI 诊断系统诊断高海拔地区 CHD 患者冠状动脉狭窄情况的评价[n(%)]

项目	2 000~3 000 m 组 (n=356)	>3 000 m 组 (n=370)	χ^2	P
左主干	40(11.24)	42(11.35)	0.001	0.972
左前降支	150(42.13)	158(42.70)	0.012	0.913
右回旋支	60(16.85)	78(21.08)	1.053	0.305
右冠状动脉	106(29.78)	92(24.86)	1.103	0.294
单支病变	158(44.38)	90(24.32)	16.227	<0.001
双支病变	94(26.40)	100(27.03)	0.018	0.893
多支病变	104(29.21)	180(48.65)	14.388	<0.001
轻度狭窄	188(52.81)	66(17.84)	48.776	<0.001
中度狭窄	110(30.90)	166(44.86)	5.509	0.006
重度狭窄	50(14.04)	112(30.27)	13.777	<0.001
完全闭塞	8(2.25)	26(7.03)	4.643	0.031

2.3 冠状动脉 AI 诊断系统诊断高海拔地区 CHD 患者冠状动脉血流情况的评价

>3 000 m 组血管节段 CT-FFR 值(0.74 ± 0.03)明显低于 2 000~3 000 m 组(0.86 ± 0.04),>3 000 m 组血管节段 CT-FFR 值 ≤ 0.80 、 < 0.70 的比例均高于 2 000~3 000 m 组($P<0.05$),见表 5。

表 4 冠状动脉 AI 诊断系统诊断高海拔地区 CHD 患者冠状动脉狭窄情况的效能评价

	灵敏度 (%)	特异度 (%)	阳性 预测值 (%)	阴性 预测值 (%)	诊断 一致率 (%)	Kappa 值	P
左主干	90.25	92.85	77.55	96.55	93.74	0.805	<0.001
左前降支	98.00	95.50	94.30	97.35	90.50	0.887	<0.001
右回旋支	97.55	95.65	90.00	98.75	95.00	0.894	<0.001
右冠状动脉	82.58	96.42	93.42	96.85	98.62	0.899	<0.001
单支病变	94.75	97.34	97.00	97.50	98.50	0.921	<0.001
双支病变	91.50	97.43	96.53	97.47	98.05	0.946	<0.001
多支病变	94.65	94.50	73.35	97.63	95.71	0.802	<0.001
轻度狭窄	97.78	98.55	92.05	98.40	93.68	0.911	<0.001
中度狭窄	95.06	95.18	92.87	96.75	95.52	0.890	<0.001
重度狭窄	96.60	96.42	90.46	98.09	95.63	0.916	<0.001

表 5 冠状动脉 AI 诊断系统诊断高海拔地区 CHD 患者冠状动脉血流情况的评价[n(%)]

CT-FFR 值	2 000~3 000 m 组 (n=779)	>3 000 m 组 (n=756)	χ^2	P
0.70~0.80	167(21.44)	198(26.19)	4.782	0.029
>0.80	317(40.69)	170(22.49)	58.712	<0.001
<0.70	295(37.87)	388(51.32)	28.118	<0.001

3 讨 论

随着疾病辅助诊疗和防治的信息化和便捷化需求发展,AI 技术逐渐应用于医疗领域,且以多种方式应用于心血管疾病^[11-12]。有文献指出 AI 诊断系统可作为冠状动脉病变筛查、评价病变狭窄程度的有效方法^[13],因此 AI 诊断系统逐渐成为国内外心血管疾病临床研究方面的热点。

冠状动脉 CTA 经过多年的快速发展和临床实践,已成为我国冠状动脉疾病诊断的基础性检查技术。但经长期临床观察发现,单纯依靠冠状动脉 CTA 评价 CHD 结构对需要血运重建患者的检出存在较高的假阳性,且冠状动脉的结构性狭窄与其功能性缺血匹配度较差,因此对 CHD 的评估必须结合其结构和功能双重信息^[14-15]。以往普遍认为,传统 FFR 是冠状动脉狭窄病变心肌缺血功能性评估的主要检查方法,但 FFR 是一种有创的侵入式检查,操作需要一定的技术水准且费用较高,在临床的接受度不高^[16-18]。而通过上述 AI 诊断系统中的 CT-FFR 评价

冠状动脉 FFR 值无创、无需负荷药物^[19]。有报道,CT-FFR 测得的 FFR 值与传统有创的 FFR 值一致性较高^[20-21],且 CT-FFR 对缺血性冠状动脉狭窄的诊断、对高危斑块的预后评估均具有较高的应用价值^[22-23],因此 CT-FFR 已逐渐开始应用于临床。另外有报道提出对于 CHD 患者,冠状动脉狭窄程度在中、重度时,冠状动脉有创或无创造影的狭窄程度结果较易出现与 FFR 功能性缺血不匹配的情况,从而导致漏诊或患者需再次进行侵入性检查^[24],为此,CT-FFR 在此类病例中的应用更为关键。

目前国内外学者针对 CHD 结构性特点的研究已经很成熟,但对功能性的研究相对较少,并且无地域性区分,尤其对高海拔地区冠心病心肌缺血情况的风险评估报道甚少。本研究发现,>3 000 m 组钙化斑块、易损斑块的数量多于 2 000~3 000 m 组,>3 000 m 组冠状动脉多支病变、中度狭窄、重度狭窄、完全闭塞发生率均高于 2 000~3 000 m 组,2 000~3 000 m 组冠状动脉单支病变、轻度狭窄发生率高于>3 000 m 组。表明 3 000 m 以上地区冠心病患者其冠状结构特征以钙化斑块、多支病变、中重度狭窄及完全闭塞为主要特征,这与以往报道结果一致^[25]。且 3 000 m 以上地区患者易损斑块的发生率更高,其患 CHD 的比例可能更高,但尚需进行更加深入的研究。本研究还发现,>3 000 m 组 CT-FFR 值(0.74 ± 0.03)明显低于 2 000~3 000 m 组(0.86 ± 0.04);>3 000 m 组 CT-FFR 值 ≤ 0.80 、 < 0.70 的比例均高于 2 000~3 000 m 组,表明 3 000 m 以上地区 CHD 患者存在更显著的血流动力学改变。以 CAG 为金标准,对两组 1 535 个血管节段进行诊断效能评价,显示冠状动脉 AI 诊断系统对诊断冠状动脉斑块及狭窄具有较好的灵敏度及特异度。

综上所述,3 000 m 以上地区 CHD 患者主要以钙化斑块、多支病变、中重度狭窄及完全闭塞为主要特征,血流动力学改变更加明显。冠状动脉 AI 诊断系统对评估不同海拔地区 CHD 患者的冠状动脉特征及血流动力学改变具有一定的临床价值,能够避免多次检查,降低检查成本,具有一定的社会效益及经济效益。但 AI 技术及 CT-FFR 技术是基于冠状动脉 CTA 图像数据的一种新方法,因此对冠状动脉 CTA 图像质量要求较高,这可能影响病例收集进程,同时本研究样本量偏少,且未进行检查次数及成本比较,存在一定的局限性。今后考虑进行前瞻性、多中心、大样本研究来进一步评估冠状动脉 AI 诊断系统诊断效能。

参考文献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2020 概要[J]. 中国循环杂志, 2021,36(6):521-545.
- [2] 牛小虎,杨增志,杨良瑞. 心房颤动导管消融手术对于高原地区老年人群的治疗评价[J]. 中国老年学杂志,2021,41(2):231-233.
- [3] 侯海文,陈田风,郗汇聪,等. 高海拔地区冠状动脉粥样硬化性心脏病患者冠状动脉病变的相关因素[J]. 岭南心血管病杂志,2021,27(5):520-525.
- [4] AHMED A I, HAN Y, AI RIFA M, et al. Prognostic value of computed tomography-derived fractional flow reserve comparison with myocardial perfusion imaging[J]. JACC Cardiovasc Imaging,2022,15(2):284-295.
- [5] DESEIVE S, KUPKE M, STRAUB R, et al. Quantified coronary total plaque volume from computed tomography angiography provides superior 10-year risk stratification[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging,2021,22(3):314-321.
- [6] LIAO J, HUANG L, QU M, et al. Artificial intelligence in coronary CT angiography: current status and future prospects[J]. Front Cardiovasc Med,2022,9:896366.
- [7] 杨阳,刁楠,黄增发,等. CAD-RADS 在冠心病诊断中的应用:人工智能与人工方法的对照研究[J]. 放射学实践,2022,37(4):413-418.
- [8] HARDY M, HARVEY H. Artificial intelligence in diagnostic imaging: impact on the radiography profession[J]. Br J Radiol,2020,93(1108):20190840.
- [9] CURY R C, ABBARA S, ACHENBACH S, et al. Coronary Artery Disease Reporting and Data System (CAD-RADS): an expert consensus document of SCCT, ACR and NASCI; endorsed by the ACC [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2016,9(9):1099-1113.
- [10] 王蕊. 冠状动脉疾病报告和数据库系统: CAD-RADS™ 简介[J]. 中国医学影像技术,2016,32(12):1827-1832.
- [11] XU B, KOCYIGIT D, GRIMM R, et al. Applications of artificial intelligence. In multimodality cardiovascular imaging: a state-of-the-art review[J]. Prog Cardiovasc Dis,2020,63(3):367-376.
- [12] OIKONMOU E K, SIDDIQUE M, ANTONIADES C. Artificial intelligence in medical imaging: a radiomic guide to precision phenotyping of cardiovascular disease [J]. Cardiovasc Res, 2020,116(13):2040-2054.
- [13] 王亚娟,辛娟,刘文亚,等. 人工智能辅助诊断系统对冠状动脉狭窄的诊断价值[J]. 中华实用诊

- 断与治疗杂志,2021,35(4):408-411.
- [14] 彭超,刘羽,黄英,等. 冠心病患者脂代谢生化参数及斑块特征与冠状动脉 CTA 血流储备分数的相关性[J]. 西部医学,2023,35(3):449-452,458.
- [15] 高亚婷,王丽娟,王晋,等. 冠状动脉 CTA 腔内密度校正差诊断冠状动脉支架后再狭窄的价值[J]. 放射学实践,2023,38(3):263-266.
- [16] 王大震,朱胜松,丁晓彤,等. 现场血流储备分数诊断性能对比验证与临床应用研究进展[J]. 中国心血管病研究,2022,20(10):954-960.
- [17] 朱通建,王猛,江洪. 定量血流分数在冠心病中的临床应用进展[J]. 心血管病学进展,2021,42(7):605-609.
- [18] 周沛,崔鸣,刘健. 无创血流储备分数的研究进展[J]. 中华老年多器官疾病杂志,2022,21(4):300-304.
- [19] TAKAGI H,LEIPSIC J A,MCNAMARA N,et al. Trans-lesional fractional flow reserve gradient as derived from coronary CT improves patient management:ADVANCE registry[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr,2022,16(1):19-26.
- [20] 中华医学会放射学分会质量控制与安全管理专业委员会,江苏省医学会放射学分会智能影像与质量安全学组. 冠状动脉 CT 血流储备分数应用中国专家建议[J]. 中华放射学杂志,2020,54(10):925-933.
- [21] 陈玉环,尹游兵,侯江涛,等. 基于人工智能的无创血流储备分数(CT-FFR)的临床应用[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版),2022,43(3):293-301.
- [22] PAN Y,ZHU T,WANG Y,et al. Impact of coronary computed tomography angiography-derived fractional flow reserve based on deep learning on clinical management[J]. Front Cardiovasc Med,2023,10:1036682.
- [23] LEE J M,CHOI G,KOO B K,et al. Identification of high-risk plaques destined to cause acute coronary syndrome using coronary computed tomographic angiography and computational fluid dynamics[J]. JACC Cardiovasc Imaging,2019,12(6):1032-1043.
- [24] DE CAMPOS D,TEIXEIRA R,SALEIRO C,et al. Computed tomography coronary angiography as the noninvasive in stable coronary artery disease? long-term outcomes meta-analysis[J]. Future Cardiol,2022,18(5):407-416.
- [25] 赵一,鲍海华. 不同海拔地区冠心病患者 CT 血管造影的冠状动脉病变特点和冠心病危险因素比较[J]. 心脏杂志,2020,32(6):603-606.

(收稿日期:2023-09-26 修回日期:2023-12-22)

(编辑:成卓)

(上接第 732 页)

- [19] CITTERIO C E,TARGOVNIK H M,ARVAN P. The role of thyroglobulin in thyroid hormoneogenesis[J]. Nat Rev Endocrinol,2019,15(6):323-338.
- [20] ERNAGA-LOREA A,HERNÁNDEZ-MORHA-IN M C,ANDA-APIÑÁNIZ E,et al. Prognostic value of change in anti-thyroglobulin antibodies after thyroidectomy in patients with papillary thyroid carcinoma[J]. Clin Transl Oncol,2018,20(6):740-744.
- [21] TRIMBOLI P,ZILIOLI V,IMPERIALI M,et al. Thyroglobulin autoantibodies before radioiodine ablation predict differentiated thyroid cancer outcome[J]. Clin Chem Lab Med,2017,55(12):1995-2001.
- [22] AMUI I O,TAGLIARINI J V,CASTILHO E C,et al. The first postoperative-stimulated serum thyroglobulin is a prognostic factor for thyroid microcarcinomas[J]. Braz J Otorhinolar-yngol,2019,85(1):37-42.
- [23] CHOU R,DANA T,BRENT G A,et al. Serum thyroglobulin measurement following surgery without radioactive iodine for differentiated thyroid cancer: a systematic review[J]. Thyroid,2022,32(6):613-639.
- [24] SONG E,OH H S,JEON M J,et al. The value of preoperative antithyroidperoxidase antibody as a novel predictor of recurrence in papillary thyroid carcinoma[J]. Int J Cancer,2019,144(6):1414-1420.
- [25] TURANLI S,MERSIN H H. Serum antithyroglobulin antibody levels are not a good predictive factor on detection of disease activity in patients with papillary thyroid carcinoma[J]. J Cancer Res Ther,2020,16(3):624-629.

(收稿日期:2023-09-18 修回日期:2023-12-29)

(编辑:唐璞)