

论 著

基于人工智能技术的非门控钙化积分在健康体检中的应用价值*

刘淑香^{1,*} 董大伟¹ 田春艳²
1.北京小汤山医院放射科
2.北京小汤山医院康复科 (北京 102211)

【摘要】目的 探讨胸部低剂量CT(LDCT)筛查结合基于人工智能技术(AI)的非门控钙化积分在健康体检中的应用价值。方法 对我院2023年1月至11月进行的胸部低剂量CT联合AI技术应用的非门控钙化积分检查中的276名体检者进行回顾性分析,评估其冠状动脉钙化积分情况。结果 18至39岁年龄组共72例,无钙化66例,极少量钙化2例,轻度钙化3例,中度钙化1例;40至59岁年龄组共189例,无钙化91例,极少量钙化38例,轻度钙化33例,中度钙化13例,重度钙化14例;60岁以上年龄组共15例,无钙化1例,轻度钙化5例,中度钙化4例,重度钙化5例。不同年龄组间两两比较均显示统计学差异($P<0.05$)。结论 LDCT联合AI的非门控钙化积分可有效筛查体检者的钙化情况,建议40岁及以上年龄组在体检时进行该项检查,有助于早期筛查冠心病风险。

【关键词】胸部低剂量CT; 冠状动脉钙化积分; 非门控钙化积分; 人工智能
【中图分类号】R814
【文献标识码】A
【基金项目】北京市医院管理中心青年人才培养“青苗”计划(QML20232201)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.035

The Application Value of Non-gated Calcification Integral Based on Artificial Intelligence Technology in Health Examination*

LIU Shu-xiang^{1,*}, DONG Da-wei¹, TIAN Chun-Yan².
1.Department of Radiology, Beijing Xiaotangshan Hospital, Beijing 102211, China
2.Department of Rehabilitation, Beijing Xiaotangshan Hospital, Beijing 102211, China

ABSTRACT
Objective To explore the application value of non-gated calcification score by low-dose chest CT (LDCT) screening trial combined with artificial intelligence (AI) in health examination. **Methods** A total of 276 cases of patients with low-dose chest CT using artificial intelligence in our hospital from January to November in 2023 were analyzed retrospectively. The coronary artery calcification score was recorded by artificial intelligence analysis software. **Results** There were 72 cases of patients among 18-39 year-olds, 66 cases without calcification, 2 cases with minimal calcification, 3 cases with mild calcification and 1 case with moderate calcification; 189 cases among 40-59 year-olds, 91 cases without calcification and 38 cases with minimal calcification, 33 cases of mild calcification, 13 cases of moderate calcification, 14 cases of severe calcification; 15 cases over 60 years old, 1 case without calcification, 5 cases of mild calcification, 4 cases of moderate calcification and 5 cases of severe calcification. There were statistically significant differences ($P<0.05$) between different groups. **Conclusion** Non-gated calcification score by LDCT combined with AI can effectively screen the calcification score in physical examination population. This examination should be carried out in the population aged ≥ 40 year old, which is helpful for early screening of the risk of coronary heart diseases.
Keywords: Low-dose Chest CT; Coronary Artery Calcification Score; Non-gated Calcification Score; Artificial Intelligence

《中国心血管健康与疾病报告2020概要》报告指出,中国心血管病现患病人数量约3.3亿,其中冠心病(coronary artery disease, CAD)病人约1139万。CAD是心血管疾病死亡的主要原因^[1],在中国发病率居全球第二,对其进行及早的预警和干预能够有效地避免其发生,能够减少人群的发病率和死亡率。冠状动脉钙化(coronary artery calcification, CAC)是CAD的一个重要特征^[2],其定量评估可能对CAD患者的不良心血管事件有重要意义。最近几年,非门控胸部低剂量CT(LDCT)已被广泛用于不同层次的健康人群筛查,是否可以通过非门控CT扫描来评价CAC成为研究重点。近年来,基于深度学习的人工智能(artificial intelligence, AI)技术逐渐受到广泛关注,并在疾病诊断领域展现出显著的优势。众多研究表明,AI技术能够提供高效、准确的诊断支持,特别是在处理大量医疗数据和复杂图像分析方面展现出卓越的能力^[3-5]。本次研究旨在通过分析基于AI技术的非门控钙化积分(coronary artery calcification score, CACS)在健康体检中的应用情况,来评价其在心血管事件风险筛查中的实际效果和性能,以及其在心血管健康管理中的潜在价值和影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象 收集2023年在我院接受多层螺旋CT进行非门控CACS评估的人群,共计276人,其中男性184人,占66.7%,女性92人,占33.3%,平均年龄45岁。18~39岁年龄组72人;40~59岁年龄组189人;60岁以上年龄组15人。冠状动脉支架植入术后、冠状动脉旁路移植术后、人工瓣膜植入术后或因运动伪影而无法获得合格图像质量的群体纳入排除标准。
1.2 检查方法 采用GE Revolution 256排螺旋CT进行胸部低剂量CT扫描,扫描条件:120KV,自动管电流,5mm层厚,患者仰卧在检查床上,头先进,扫描范围包括胸廓入口到膈肌。所有图像均常规重建为薄层1.25mm图像,并将该薄层影像传送至数坤医疗公司人工智能(artificial intelligence, AI)平台上的钙化积分分析软件,进行非门控CACS分析。
1.3 观察指标 本研究以CT值130为临界阈值的病变作为钙化灶,对各支冠脉及分支的各个钙化区进行精确的划分,根据不同的病变范围,分别计算冠脉各个分支的密度积分、体积积分和质量积分,并计算出冠脉各支积分及总积分,得到CACS。观察指标包括左主干LM、左前降支LAD(含对角支)、左回旋支LCX(含钝缘支)和右冠状动脉RCA。以CACS为依据,评价患者的心血管事件风险程度。重度钙化,为总钙化积分 ≥ 400 分;如果钙化积分达到100-399,属于中度钙化;轻度钙化则是指累计的钙化积分小于99分;当所有的钙化值都为0的时候,表示没有钙化^[6],在此基础上,我们将钙化积分 >0 而 ≤ 10 分定义为极少钙化。

【第一作者】刘淑香,女,副主任医师,主要研究方向:影像医学与核医学。E-mail: dreamer0625@163.com
【通讯作者】刘淑香

1.4 统计学方法 应用SPSS22.0进行数据处理，计量资料以中位数四分位间距M(P₂₅、P₇₅)表示，应用秩和检验对数据进行统计学处理；单有序资料采用频数的形式表示，采用秩和检验进行统计分析；检验水准 $\alpha=0.05$ ，以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

各年龄段患者的冠脉钙化值(LAD, LCX, RCA, 总钙化值)均存在显著性差异($P<0.05$)，不同年龄组间LM钙化积分比较无统计学显著差异($P>0.05$)，见表1。不同年龄组间钙化危险度分级比较差异有统计学意义($P<0.05$)，见表2。人工智能自动标注的冠脉钙化及钙化积分计算显示，见图1-3。

表1 不同年龄段钙化积分比较

类别	18-39岁	40-59岁	60岁以上	H	P
总钙化积分	0(0,0)	1.7(0,29.86)	126.38(63.08,671.80)	49.13	<0.001
LAD	0(0,0)	0(0,15.51)	129.76(129.76,355.48)	42.027	<0.001
LCX	0(0,0)	0(0,0)	2.71(0,222.56)	20.059	<0.001
RCA	0(0,0)	0(0,0)	5.89(0.835,151.195)	27.251	<0.001
LM	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	3.434	0.180

表2 不同年龄段钙化程度

钙化程度	无钙化	极少	轻度	中度	重度	H	P
18-39岁	66	2	3	1	0	98.817	<0.001
40-59岁	91	38	33	13	14		
60岁以上	1	0	5	4	5		

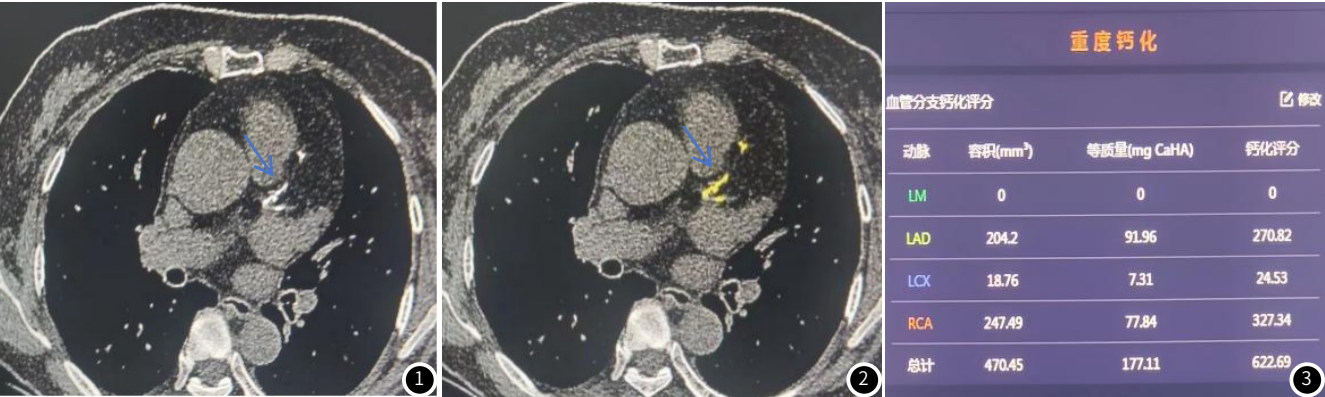


图1-图3 男，69岁，健康体检，人工智能软件自动标注的冠脉钙化(箭头)及钙化积分计算结果。

3 讨 论

我们常说的CAD是一种缺血性心脏病，是冠状动脉粥样硬化性心脏病的简称，它是冠状动脉血管发生粥样硬化病变导致冠状动脉狭窄或阻塞所致，在临床上，当狭窄达到一定程度时就会造成心肌缺氧、缺血，引起心肌梗死，严重的话可能会有生命危险^[7]。一般认为冠状动脉狭窄超过50%以上才有临床意义，就可能提示CAD的诊断，冠状动脉狭窄程度的判断通常是由医生肉眼估测，缺乏标准，而且不同的医生对此判断也会存在一定程度的偏差。人工智能相比较而言，它所提炼的信息或许会更为准确和稳定，从而使CAD诊断标准能更为精确了。闫玉辰等^[8]研究表明冠脉钙化软件在测量各个分支及总的CACS时，所得到的数值与人工测量的结果表现出了较高的一致性，为冠脉钙化的自动检测和量化提供了一种有效且可靠的方法。CACS是一种定量评价冠脉钙化的定量指标，它的积分值高反映了冠脉钙化的严重程度^[9]。在临床上，测量CACS的金标准仍然是心电图控的计算机断层扫描血管成像(computed tomography angiography, CTA)，冠状动脉CTA作为一种无创性检查方法，在CAD的诊断中占据了举足轻重的地位，不仅能够精确识别冠状动脉的狭窄程度，为医生提供关于血管阻塞程度的重要信息，而且还具备对冠状动脉斑块进行定性分析的能力^[10]。然而，非门控胸部CT平扫作为一种非专用的CACS扫描方法，已有研究证实其在评估CACS方面是可行的。这种非门控的扫描方法提供了一种更为简便且成本效益较高的选择，特别是在资源有限或患者不适于进行心电图控CTA扫描的情况下，非门控胸部CT平扫在CACS评估中仍具有一定的临床应用价值。在2016年，一篇关于非门控胸部CT扫描检查冠脉钙化的指导方针在国际心血管CT协会上发表^[11]，该方针指出，CACS可以用于无症状人群心血管疾病的危险分层，这有利于CAD的早期诊断和预防。

本研究结果显示，不同年龄组冠状动脉CACS(RCA、LAD、

LCX、及总钙化积分)比较差异有统计学意义($P<0.05$)，这证实了钙化积分与年龄之间存在明显的相关性。具体而言，随着年龄的增长，冠状动脉发生钙化的几率也随之增加，且高年龄组的钙化程度普遍高于低年龄组。进一步分析发现，不同年龄组之间两两比较，均显示出统计学上的差异($P<0.05$)。在研究的276例研究对象中，男性患者占据了66.7%的比例(共184人)，这一性别分布可能与冠状动脉钙化在男性中更为常见有关。已有研究指出，冠状动脉钙化随着年龄的增长在男性中更为普遍^[12]。这可能与男性中吸烟者比例较高有关，因为香烟中的尼古丁能够破坏血管内皮完整性，促进脂质物质在血管壁沉积，进而导致血管壁增厚和斑块形成。此外，酗酒、长期高脂饮食等不良饮食习惯，以及缺乏运动等生活方式因素，也可能增加冠状动脉钙化发生的风险。综上所述，本研究结果提示了冠状动脉钙化与年龄和性别之间的关联，并强调了预防冠状动脉钙化需要关注年龄增长和生活方式调整的重要性。

有前期研究证实，非门控胸部CT可以用于CACS的评估，但其与门控扫描下评价动脉钙化程度无明显差别^[13-15]，人工智能非门控冠状动脉钙化积分软件在获取Agatston评分方面展现出了显著的优势，其评分结果与常规门控CT相比，在量化和危险度评估方面均呈现出良好的一致性，有望实现对冠心病事件的早期预警^[16-17]。随着人民生活水平的不断提高，人们对健康体检的重视程度也越来越高，非门控胸部LDCT扫描是目前肺癌等肺疾病的一种主要筛查手段，在身体检查过程中，患者可以通过LDCT平扫筛查肺癌的同时，实现CACS评估和心血管病变风险等级的评估，通过CACS分级，对中高风险分级的患者开展针对性的干预，会使冠心病危险事件的发生的几率显著降低或减少。

本研究表明，低剂量胸部CT平扫联合AI非门控钙化积分可有效评价健康体检人群钙化积分情况，可以独立预测冠心病的风险

性,推荐年龄≥40岁人群体检时进行此项检查,有助于冠心病风险的早期筛查。

参考文献

[1] Carr JJ, Jacobs DJ, Terry JG, et al. Association of coronary artery calcium in adults aged 32 to 46 years with incident coronary heart disease and death[J]. JAMA Cardiol, 2017, 2(4): 391-399.

[2] 樊荣荣,施晓蕾,钱懿,等.应用全模型迭代重组技术的非门控胸部低剂量CT平扫一站式筛查对冠状动脉钙化积分危险度分层的准确性评价[J].临床放射学杂志,2019,38(3):547-551.

[3] 周小君,马玲,盛林丽,等.人工智能量化参数预测磨玻璃结节早期肺癌浸润性的临床初探[J].实用放射学杂志,2021,37(3):388-391.

[4] 李浚利,黄益龙,韩丹,等.冠状动脉CT血管成像中人工智能诊断冠心病的准确性[J].中国医学影像技术,2021,37(1),59-62.

[5] 赵明娟,单春辉,黄晓颖,等.人工智能结构化报告评价冠状动脉狭窄的应用研究[J].实用放射学杂志,2021,37(5):758-762.

[6] 于宏,李云,杨强,等.双源CT冠状动脉钙化积分评级与狭窄程度对照[J].当代医学,2019,25(7):178-180.

[7] 黄占红,张斌,张敏.冠状动脉钙化积分对经皮冠状动脉介入治疗心肌梗死合并心力衰竭患者预后的预测价值[J].中国实用医刊,2020,47(1):40-43.

[8] 闫玉辰,胡磊,王焰,等.基于深度学习技术的非门控胸部CT冠脉钙化积分系统的准确性评价[J].放射学实践,2023,38(3):273-277.

[9] 刘钦裕.64排双源螺旋CT血管成像对心血管急危重症的诊断价值[J].吉林医学,2017,38(11):2028-2031.

[10] 高扬,王成英,周艳丽,等.负荷动态CT心肌灌注结合冠状动脉CT血管成像对冠心病心肌缺血的诊断价值[J].中华放射学杂志,2017,51(4):246-250.

[11] Hecht HS, Cronin P, Blaha MJ, et al. 2016 SCCT/STR guidelines for coronary artery calcium scoring of noncontrast noncardiac chest CT scans: a report of the society of cardiovascular computed tomography and society of thoracic radiology[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2017, 11(1): 74-84.

[12] Madhavan MV, Tarigopula M, Mintz GS, et al. Coronary artery calcification: pathogenesis and prognostic implications[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2014, 63(17): 1703-1714.

[13] Chiles C, Duan F, Gladish GW, et al. Association of coronary artery calcification and mortality in the national lung screening trial: a comparison of three scoring methods[J]. Radiology, 2015, 276(1): 82-90.

[14] Huang YL, Wu FZ, Wang YC, et al. Reliable categorisation of visual scoring for coronary artery calcification on low-dose CT for lung cancer screening: validation with the standard agatston score[J]. Eur Radiol, 2013, 23(5): 1226-1233.

[15] Chen Y, Hu Z, Li M, et al. Comparison of Nongated chest CT and dedicated calcium scoring CT for coronary calcium quantification using a 256-detector CT scanner[J]. Acad Radiol, 2019, 26(10): e267-e274.

[16] 孙会利,陈杰,张焱,等.基于人工智能技术的非门控胸部CT平扫对冠状动脉钙化积分的准确性评价[J].CT理论与应用研究,2021,30(1):106-113.

[17] Azour L, Kadoch MA, Ward TJ, et al. Estimation of cardiovascular risk on routine chest CT: ordinal coronary artery calcium scoring as an accurate predictor of Agatston score ranges[J]. Journal Cardiovascular Tomography, 2017, 11(1): 8-15.

(收稿日期: 2024-08-21)
(校对编辑: 韩敏求)

(上接第106页)

[3] Lee Y, Naruse Y, Tanaka K. Surgical treatment of coronary to pulmonary artery fistulas in adults[J]. Int Heart J, 2017, 58(6): 1012-1016.

[4] Hang K, Zhao G, Su W, et al. Coronary artery-to-pulmonary artery fistula in adults: evaluation with 320-row detector computed tomography coronary angiography[J]. Ann Transl Med, 2021, 9(18): 1434.

[5] 吴瑶,宋云龙,李相生,等.双源CT冠状动脉血管成像对先天性冠状动脉-肺动脉瘘的诊断价值[J].中国CT和MRI杂志,2018,16(5):60-62.

[6] Schicchi N, Fogante M, Oliva M, et al. Bilateral coronary-to-pulmonary artery fistulas associated with giant aneurysm in an elderly woman: case report and literature review[J]. Radiol Case Rep, 2019, 14(8): 911-916.

[7] 叶维韬,李景雷,朱伟,等.成人冠状动脉-肺动脉瘘CT冠状动脉造影征象分析:与冠状动脉导管造影、经胸超声心动图对比[J].影像诊断与介入放射学,2019,28(1):11-15.

[8] Murakami H, Nakanishi S, Hirofujii A, et al. Rupture of aneurysmal coronary-to-pulmonary artery fistula in a 96-year-old female; report of a case[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 69(3): 601-604.

[9] Karazisi C, Eriksson P, Dellborg M. Coronary artery fistulas: case series and literature review[J]. Cardiology, 2017, 136(2): 93-101.

[10] Tekeli Sengul S, Karasu BB. Prevalence and characteristics of coronary artery fistula in adults: coronary angiographic analysis of 18,106 patients[J]. Kardiológia, 2022, 62(5): 62-66.

[11] 马亚南,侯志辉,安云强,等.基于大样本冠状动脉CT血管成像的单纯先天性冠状动脉异常研究[J].中华放射学杂志,2021,55(9):955-960.

[12] Kim H, Beck KS, Choe YH, et al. Coronary-to-pulmonary artery fistula in adults: natural history and management strategies[J]. Korean J Radiol, 2019, 20(11): 1491-1497.

[13] 刘月,李奋,傅立军,等.儿童先天性冠状动脉瘘71例临床分析[J].中华实用儿科临床杂志,2022,37(2):94-97.

[14] Czekajska-Chehab E, Skoczyński M, Przybylski P, et al. Coronary artery fistulas morphology in coronary computed tomography angiography[J]. Folia Morphol (Warsz), 2020, 79(4): 777-785.

[15] 望云,萧毅,范丽,等.三维可视化重建技术在诊断成人冠状动脉瘘中应用价值[J].中华实用诊断与治疗杂志,2019,33(6):591-594.

[16] Zhou K, Kong L, Wang Y, et al. Coronary artery fistula in adults: evaluation with dual-source CT coronary angiography[J]. Br J Radiol, 2015, 88(1049): 20140754.

[17] Podolec J, Wiewiórka Ł, Siudak Z, et al. Presence and characteristics of coronary artery fistulas among patients undergoing coronary angiography[J]. Kardiol Pol, 2019, 77(11): 1034-1039.

[18] Ouchi K, Sakuma T, Ojiri H. Coronary artery fistula in adults: Incidence and appearance on cardiac computed tomography and comparison of detectability and hemodynamic effects with those on transthoracic echocardiography[J]. J Cardiol, 2020, 76(6): 593-600.

[19] 李炜,袁明远,朱徐清,等.有手术指征的冠状动脉瘘多层螺旋CT表现及其临床应用价值[J].实用放射学杂志,2019,35(3):367-370.

(收稿日期: 2024-02-22)
(校对编辑: 韩敏求)