

CT 重建算法对基于深度学习非门控冠脉钙化积分模型评价心血管风险分层的影响

孙安, 朱一白, 史亮, 萧毅, 刘士远

【摘要】 目的:以门控 CT 为标准,探讨基于深度学习的非门控冠状动脉钙化积分(DL-CACS)模型在不同 CT 重建算法下对心血管风险分类效能。**方法:**回顾性将在本院同时接受门控心脏 CT 和非门控低剂量胸部 CT(LDCT)检查的 549 例患者纳入本研究。根据扫描方式(心电门控和非门控),将所有患者的图像资料分为 A、B 两组。对 B 组图像数据分别使用 smooth、standard 及 sharp 算法进行重建(作为 B1、B2 和 B3 组),并导入 DL-CACS 模型进行分析,获得 CACS 及心血管风险分类结果。以医师基于 A 组图像手工测量的 CACS 为标准,采用符合率、Bland-Altman 法及组内相关系数(ICC)对 3 种 CT 重建算法下获得的 DL-CACS 进行分析。依据 CACS(0、1~99、100~400 和 >400)将患者的心血管风险分为 4 个标准类别(1~4 类,分别对应无、低、中和高风险),利用 Kappa 检验、受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)比较不同重建算法下 DL-CACS 与标准 CACS 对患者心血管风险分层的差异。**结果:**B1、B2 和 B3 组的 DL-CACS 与 A 组之间的一致性均较好,其中以 B1 组最好[ICC=0.955(95%CI:0.947~0.962)]。B1、B2 和 B3 组中模型所获得的心血管风险分层与 A 组之间的一致性均较好,Kappa 值分别为 0.839、0.827 和 0.770(P 均 < 0.001),其中 B1 组评估高危患者的 AUC 最高(AUC=0.995, P < 0.001)。Bland-Altman 图(A 组分别与 B1、B2 和 B3 组的 CACS 进行配对比较)显示,B1 组与 A 组之间 CACS 平均差值为 -0.173(95%CI: -1.748~1.402),B1 组 CACS 超出 95% 一致性界限的患者数最少。**结论:**非门控 DL-CACS 模型在不同 CT 重建算法下均能准确地评估 CACS 及风险分层,而在 LDCT 时选择 smooth 重建算法,能最大程度地提高对冠脉钙化程度的评估准确性。

【关键词】 冠状动脉钙化; 体层摄影术, X 线计算机; 深度学习; 心血管风险分层

【中图分类号】 R814.42; R543.3; R541.4 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2023)04-0419-07

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.04.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Influence of CT reconstruction kernel on the deep learning-based non-gated coronary calcium scoring model in diagnosing cardiovascular risk classification

SUN An, ZHU Yi-bai, SHI Liang, et al. Department of Radiology, Changzheng Hospital, Naval Medical University, Shanghai 200003, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to investigate the cardiovascular risk classification performance of the deep learning-based non-gated coronary artery calcium scoring (DL-CACS) model under different CT reconstruction kernels using ECG-gated CT as the standard. **Methods:** 549 patients who received both ECG-gated CT and non-gated low-dose chest CT (LDCT) in our hospital were retrospectively collected. All subjects were divided into two groups: group A was with ECG-gated trigger scan, and group B was with non-gated. The images in group B were reconstructed using smooth, standard and sharp kernel (named as B1, B2 and B3 sub-groups), and imported into the DL-CACS model for analysis, and the results of CACS and cardiovascular risk classification were recorded. Taking the CACS of group A measured manually as the standard, DL-CACS obtained from different CT reconstructed kernels were analyzed using coincidence rate, ICC and Bland-Altman map. According

作者单位: 200003 上海, 海军军医大学长征医院影像科(孙安, 萧毅, 刘士远); 200438 上海, 海军军医大学东方肝胆医院医疗保障中心医学工程科(朱一白); 100102 北京, 数坤(北京)网络科技有限公司(史亮)

作者简介: 孙安(1993-), 女, 重庆人, 硕士, 住院医师, 主要从事心血管影像诊断。

通讯作者: 萧毅, E-mail: cz-xiaoyi@smmu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(82271994); 申康能力提升项目(SHDC22022310-B); 军委面上项目(22BJZ07); 国家卫生健康委放射影像数据库建设项目(YXFSC2022JJSJ010); 国家自然科学基金面上项目(81871405); 上海长征医院青年启动基金(2022QN091)

to CACS (0, 1~99, 100~400, and >400), the patients' cardiovascular risk was divided into four standard categories (1~4 grade, corresponding to none, low, moderate and high risk). Kappa test and area under receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) were used to compare the difference between DL-CACS and standard CACS in cardiovascular risk stratification of the patients under different reconstruction algorithms. **Results:** DL-CACS in groups B1, B2 and B3 were consistent with those in group A, among which group B1 was the best (ICC=0.955, 95% CI: 0.947~0.962). The cardiovascular risk classification obtained by the model in groups B1, B2 and B3 showed great consistency with that in group A, with Kappa values of 0.839, 0.827 and 0.770 (all $P < 0.001$), among which the AUC of high-risk patients assessed in group B1 was the highest (AUC=0.995, $P < 0.001$). Meanwhile, Bland-Altman plot (comparison of CACS in group A with those in groups B1, B2 and B3, respectively) showed that the mean difference of CACS between group B1 and group A was -0.173 (95% CI: -1.748~1.402), and the number of patients with CACS exceeding the 95% congenial boundary was the least in this group. **Conclusion:** The DL-CACS model can accurately assess CACS under different CT reconstruction kernels, and has good clinical versatility. The smooth kernel in LDCT can maximize the accuracy of coronary calcification assessment.

【Key words】 Coronary artery calcification; Tomography, X-ray computed; Deep learning; Cardiovascular risk classification

冠状动脉粥样硬化性心脏病是导致人类死亡的首要原因,而冠状动脉钙化(coronary artery calcification, CAC)是预测心血管事件的独立因素,早期准确评估 CAC 是避免进一步增加风险的关键^[1-2]。随着肺癌低剂量胸部 CT(low-dose chest CT, LDCT)检查的广泛开展,已有研究证明,它同样可以获得与金标准心电图门控 CT 相当的结果^[3]。但基于 LDCT 的冠脉钙化评估需要医师使用后处理软件进行半自动测量,临床推广存在一定困难。近年来,随着人工智能技术的进步,已经成功开发了基于深度学习的 CACS 智能模型(deep learning based coronary artery calcification score system, DL-CACS),使得在短时间内评估大量患者的 CACS 成为可能^[4-6]。CT 重建参数是影响 CT 图像质量的关键因素之一^[7-8],然而目前鲜有关于不同重建算法对 DL-CACS 模型心血管风险诊断效能影响的研究。以门控 CACS 为参考标准,本研究通过对比分析 DL-CACS 在不同 CT 重建算法下对心血管风险的分类效能,并探寻最优成像参数,旨在为今后 CACS 智能模型的优化提供参考依据。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性分析 2018 年 8 月—2019 年 12 月在本院参与三大疾病筛查项目(属于 Netherlands-China Big-3 diseases screening 项目的一部分^[9])的 610 例患者的病例资料。排除既往有心脏外科治疗史合并严重心率不齐者($n=10$)、原始 DICOM 数据不完整($n=15$)、图像伪影重使得模型无法识别冠状动脉钙化者($n=$

20)以及 DL-CACS 智能模型计算失败病例($n=6$),最终有 549 例患者符合研究要求而被纳入本研究。每例受试者签署了知情同意书。

2. 检查方法

使用 Philips iCT 256 层 CT 机进行 CT 扫描。患者取仰卧位,扫描范围自气管隆突下至心脏膈面下方水平,A 组在 65% R-R 周期采用心电图前瞻性触发扫描,管电流 40 mAs;随后行 B 组非门控 LDCT 扫描,采用自动管电流调制技术(参考管电流 19 mAs),并分别采用 smooth、standard、sharp 三种算法进行图像重建。A、B 组其它扫描参数相同:120 kVp, 0.330 s/r, 层厚 3.0 mm, 间隔 0.7 mm, 重建矩阵 512×512, 视野 350 mm×350 mm, 准直器宽度 128×0.625 mm, 均采用滤波反投影重建。

3. CACS 的手动测量

将门控 CT 图像导入 Philips Heart-Beat CS Agatston V10.1(Philips Intellispace portal)软件进行后处理,由两位放射科医师独立在纵隔窗图像上手动标记各支冠状动脉的钙化区域(定义:CT 值 ≥ 130 HU、面积 ≥ 0.5 mm²),即可获得 CACS(图 1)。按 CACS(Agatston 评分)0、1~100、101~400 和 >400 对患者进行心血管风险分类,依次记为 0、1、2 和 3 类,并以此分类结果作为参照标准。

4. CACS 的自动测量

所使用的 CACS 深度学习辅助诊断模型(CAC-ScoreDoc, ShuKun Technology, Beijing)包括 3 个主要步骤,即心脏分割、冠脉分割和 CACS 计算。具体来说,首先输入非门控 LDCT 图像进行归一化和下采

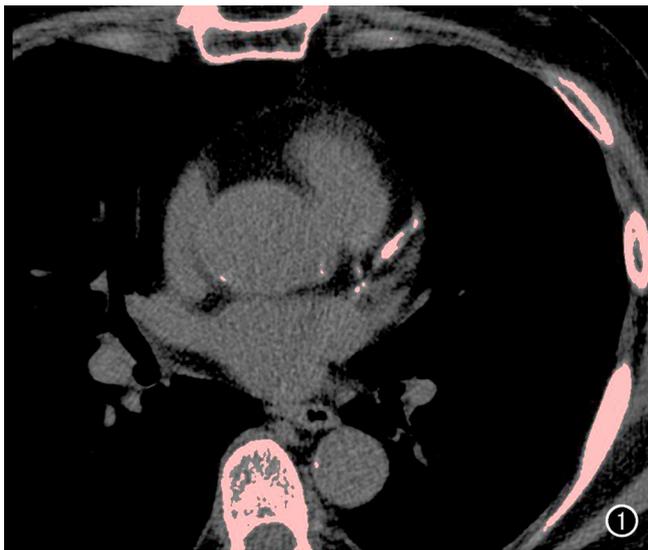


图1 手工半自动方法测量 CACS。门控 CT 图像显示左前降支和左回旋支有钙化斑块,手动勾画 ROI 后,软件自动计算出此例患者的 CACS 为 126.05。

样,然后将其导入 3D U-Net 网络进行心脏区域的粗分割并作为下一个模型的输入;随后,将所有 CT 值 > 130 HU 且面积 $\geq 0.5 \text{ mm}^2$ 的体素点输入到 ResU-Net 网络中进行细分割,并依据钙化斑块区域的分割结果,自动计算 CACS;最后,自动输出 DL-CACS 的结构化报告(图 2)。

5. 统计学分析

使用 SPSS 26.0 和 R Studio 软件进行统计分析。对于患者年龄、BMI、CACS 等计量资料先采用 Shapiro-Wilk 检验进行正态分布检验,符合正态分布者以

均数士标准差表示,组间比较采用独立样本或配对 t 检验;非正态分布者以中位数(P25,P75),并采用 Wilcoxon 符号秩检验进行组间比较。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。使用组内相关系数(ICC)评估两位医师手工测量的 CACS 的一致性。将 DL-CACS 和门控 CT 图像上手工测量的 CACS 进行对数变换,以门控 CTA 图像上手工测量的 CACS 为金标准,使用 Bland-Altman 法评估 A 组手工测量 CACS 与 DL-CACS 的一致性,并采用加权 Kappa 检验评价 B 组中在不同重建算法下心血管风险分类的差异。以门控 CT 手工测量的 CACS 评估的心血管危险分类作为金标准,采用受试者工作特征曲线(ROC)分析基于 DL-CACS 的心血管危险分类的效能,计算 AUC、符合率、敏感度、特异度、阴性预测值和阳性预测值。ICC 或 Kappa 值 < 0.20 、 $0.21 \sim 0.40$ 、 $0.41 \sim 0.60$ 、 $0.61 \sim 0.79$ 和 $0.80 \sim 1.00$ 分别表示一致性较小、一般、中等、较高和极高。

结果

1. 临床资料

共有 549 例患者纳入分析,有 336 例男性(平均年龄, 58.5 ± 6.8),213 例女性(平均年龄, 55.1 ± 6.2);其中 67.4% 患者(370/549)有吸烟史,44.1% 患者(242/549)合并有高血压病。所有患者平均心率为 79.8 ± 8.1 次/分。

2. B 组 DL-CACS 与 A 组手工测量的 CACS 的定量分析结果

两位医师使用半自动方法获得的 CACS 具有极高的一致性(ICC = 0.947)。因此,后续的研究过程中

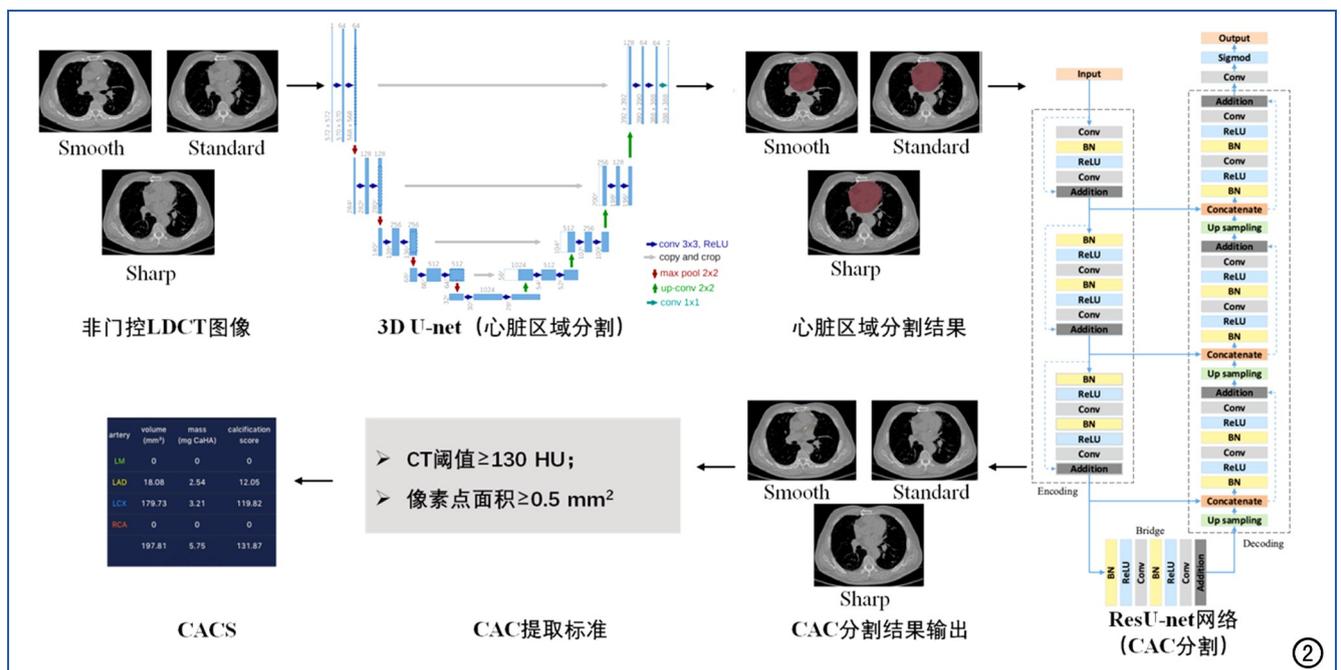


图2 DL-CACS 模型工作流程。

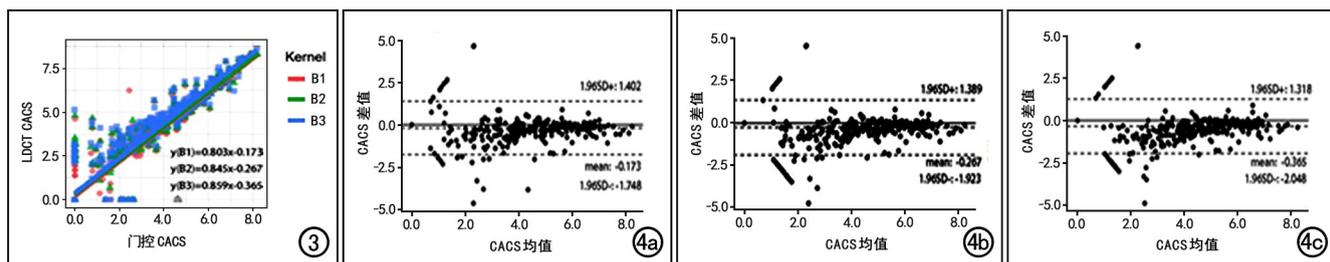


图3 相关性分析散点图,显示门控CT半自动方法与DL-CACS模型测量的CACS呈正相关关系。

图4 不同重建算法(B1~B3组)下DL-CACS模型测量的CACS与门控CT标准CACS之间的Bland-Altman散点图,显示2种方法获得的CACS测量值具有较好的一致性。a)B1组;b)B2组;c)B3组。

取两位医师测量值的平均值进行分析。A组中两位医师手工测量的CACS的中位数为123.89(36.04, 329.76);B1~B3组DL-CACS的中位数依次为157.18(65.17, 249.12)、161.71(44.31, 252.74)、180.30(64.30, 350.74),且B1~B3组DL-CACS与A组手工测量的CACS一致性均较好,ICC分别为0.955(95%CI:0.947~0.962)、0.953(95%CI:0.944~0.960)和0.937(95%CI:0.925~0.947)。

将B组DL-CACS和A组手工测量的CACS进行对数变换后,以A组手工测量的CACS为金标准,Bland-Altman一致性分析结果显示B1~B3组DL-CACS与A组标准CACS的平均差值分别为-17.3%、-26.7%和-36.5%,其中B1组中CACS超出95%一致性界限(-1.748,1.402)的例数最少,

仅20例(20/549),详见图4。

3. DL-CACS模型的心血管风险分类性能

分别基于A组半自动方法CACS和B1~B3组DL-CACS对患者心血管危险进行分类,结果见表1~4。加权Kappa分析结果显示,A组与B1~B3组的心血管危险分类结果的一致性均较好(Kappa值分别为0.827、0.839和0.770, P 均 <0.001)。以A组基于半自动方法测量的CACS的分类结果为金标准,B1~B3组中基于DL-CACS模型的心血管危险分类符合率分别为96.1%、96.3%和96.6%,敏感度分别为97.4%、95.6%和95.0%。大多数被低估的病例属于1类(CACS为0~100),而被高估的病例主要分布在2类(CACS 101~400)。其中,B1组DL-CACS有最少的患者(10.7%,59/549)被错误分类:有13例被低估,其

表1 A组DL-CACS模型(B1组)与A组门控CT半自动法对患者心血管危险分类结果的对比 /例

A组分类	B1组(smooth算法)分类				合计
	0类	1类	2类	3类	
0类	245	20	1	0	266
1类	8	126	16	2	152
2类	2	2	69	7	80
3类	0	0	1	50	51
合计					
总数	255	148	87	59	549
低估	10(3.9%)	2(1.4%)	1(1.1%)	0	13(2.4%)
高估	0	20(13.5%)	17(19.5%)	9(15.3%)	46(8.4%)
一致	245(96.1%)	126(85.1%)	69(79.3%)	50(84.7%)	490(89.3%)

注:括号内为组内占比。

表2 DL-CACS模型(B2组)与A组门控CT半自动法对患者心血管危险分类结果的对比 /例

A组分类	B2组(smooth算法)分类				合计
	0类	1类	2类	3类	
0类	247	19	0	0	266
1类	10	124	15	3	152
2类	3	4	65	8	80
3类	0	0	1	50	51
合计					
总数	260	147	81	61	549
低估	13(5.0%)	4(2.7%)	1(1.2%)	0	18(3.3%)
高估	0	19(12.9%)	15(18.5%)	11(18.0%)	45(8.2%)
一致	247(95.0%)	124(84.4%)	65(80.2%)	50(82.0%)	486(88.5%)

注:括号内为组内占比。

表3 DL-CACS模型(B3组)与A组门控CT半自动法对患者心血管危险分类结果的对比 /例

A组分类	B3组(smooth算法)分类				
	0类	1类	2类	3类	合计
0类	242	23	1	0	266
1类	10	111	29	2	152
2类	1	2	61	16	80
3类	0	0	1	50	51
合计					
总数	253	136	92	68	549
低估	11(4.3%)	2(1.5%)	1(1.1%)	0	14(2.6%)
高估	0	23(16.9%)	30(32.6%)	18(26.5%)	71(12.9%)
一致	242(95.7%)	111(81.6%)	61(66.3%)	50(73.5%)	464(84.5%)

注:括号内为组内占比。

表4 在不同重建方法非门控组中DL-CACS模型对不同风险患者的评估结果和预测效能

指标	B1组(smooth)			B2组(standard)			B3组(sharp)		
	0~100	101~400	>400	0~100	101~400	>400	0~100	101~400	>400
TN/例	245	127	50	247	124	50	242	128	50
TP/例	273	399	489	270	400	487	272	386	480
FN/例	10	19	9	13	18	11	11	32	18
FP/例	21	4	1	19	7	1	24	3	1
Se	96.5%	97.7%	98.0%	91.2%	97.7%	98.0%	89.4%	97.7%	98.0%
Sp	92.1%	95.2%	98.2%	98.9%	95.0%	98.4%	98.9%	94.5%	98.0%
NPV	96.1%	99.3%	99.8%	91.3%	99.3%	99.8%	89.8%	99.2%	99.8%
PPV	92.9%	86.2%	84.7%	98.9%	85.9%	86.2%	98.8%	84.8%	83.3%
符合率	94.4%	95.8%	98.2%	94.9%	95.6%	98.4%	94.0%	98.0%	98.0%

注:TN为true negative(真阴性);TP为true positive(真阳性);FP为false positive(假阳性);FN: false negative(假阴性);Se为sensitivity(敏感度);Sp为specificity(特异度);NPV为negative predictive value(阴性预测值);PPV为positive predictive value(阳性预测值)。

中8例1类患者被误认为无CAC,有46例被高估。

以A组半自动方法CACS对患者心血管危险的分类结果作为金标准,在阈值分别为0、100和400时,B1~B3组中DL-CACS模型对不同风险患者的评估结果和预测效能指标见表4,ROC曲线见图5。以B1组中预测高危患者的AUC最高,为0.995(95%CI: 0.989~1.000, $P < 0.001$)。

讨论

LDCT是目前肺癌筛查的主要方法,一次胸部CT平扫获得的图像可以在纵隔窗上实现冠状动脉钙化的评估^[3],但基于LDCT的冠脉钙化评估需要医师

使用后处理软件进行半自动测量,临床推广存在一定困难。近年来,得益于人工智能技术的飞速发展,已经成功开发了一系列CACS智能评估模型。已有研究证明,在不增加患者辐射剂量和经济负担的情况下,可以基于LDCT图像使用DL软件高效、准确地自动获取与标准门控CT图像相当的CACS及危险分层结果^[10]。基于此,本研究中以放射科医师基于门控CT采用手动勾画的半自动方法测量的CACS为金标准,对比分析DL-CACS模型在不同重建算法下CACS对风险分类的诊断效能,以优化LDCT重建方案,为CACS智能模型的优化提供参考依据。

1. DL-CACS模型的CACS结果准确性分析

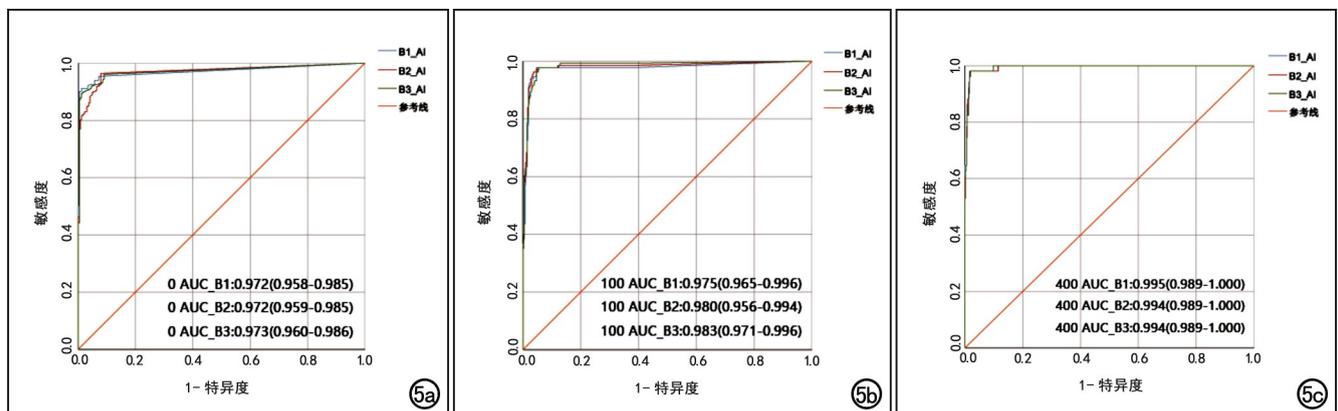


图5 DL-CACS模型评估不同心血管风险分类的ROC曲线。a)CACS>0;b)CACS>100;c)CACS>400。

本研究结果显示,DL-CACS 模型获得的 CACS 结果,不论是采用哪种重建方法(B1~B3 组),与门控 CT 测量结果之间的一致性均很高(ICC 值为 0.927~0.955),与 David 等^[11]的研究结果基本一致。其中 smooth 重建算法的 DL-CACS 值准确性最高,原因可能是,不同的 CT 重建算法的空间频率不同,对于 CAC 的征象提取也有差异,而越平滑的算法往往图像噪声更低,可以一定程度上减少噪声对图像识别的影响^[12]。同时,我们研究中所使用的 LDCT 缺少心电图门控,如果受检者心率过快,势必会造成图像噪声的增加。尽管 DL 模型具有一定去除伪影的能力,但也很难完全克服呼吸运动对 CAC 识别的干扰。

此外,考虑到 CACS 的临床意义,本研究中依据 2019 年 ACC/AHA 所提出的以 CACS 值 0、100 及 400 作为二分类界值^[1],验证发现在不同重建算法下 DL-CACS 模型对不同危险分类的准确性均较好,其中 smooth 算法的心血管危险分类符合率高达 89.3%。因此,我们认为,利用 DL-CACS 模型基于 LDCT 来评估 CACS,可以作为一种有效识别心血管风险类别的诊断策略。

2. DL-CACS 模型的心血管危险分层分析

由于研究设计、对象选取、图像重建、评价方法和阈值选取等差异,不同 DL 模型研究结果之间难以对比,如 Roman 等^[5]的研究中的分类符合率为 80.6%,尽管与本研究中 DL-CACS 模型的符合率(89.3%)接近,但他们的研究中是按照 CACS 为 0、1~100、101~300 和 >300 来对患者进行风险分类的,与本研究中各风险分级的界值存在一定差异。同时本研究结果表明,使用 DL-CACS 模型,在不同 CT 重建算法下均可准确预测心血管风险,敏感度为 97.4%,诊断符合率最高达 96.6%。

与门控 CT 半自动法相比,基于不同重建算法的 LDCT,DL-CACS 模型对 59~85 例患者的风险分类是错误的,其中大多数病例(71.4%~83.5%)被高估,这些结果与以前的研究结果基本一致,表明基于 LDCT 获得的 DL-CACS 模型结果仍存在一定偏差^[13-14]。而导致高估的主要原因可能是,DL-CACS 模型在计算过程中,在进行冠脉分割时可能将心脏邻近结构(如心包、瓣膜)的钙化误判为 CAC,尽管该类错误容易被医师所修正,但提示仍需提高 DL 模型冠脉分割的精度。

另外,B 组中有 13~18 例患者的 CACS 被模型低估,其中 smooth 算法最少,尤其是 CACS 介于 101~400 时,smooth 算法错误分类的例数最少。而导致这种低估的原因主要是心脏的搏动伪影,在 LDCT 检查过程中,因未使用心电图门控,心脏的快速运动可能改变

图像上 CAC 的位置、形状和大小^[15-16],导致模型在降噪处理的过程中丢失 CAC 信息。需要警惕的是,在这些被低估的患者中,误判率最高的是 CACS 为 0~100 时,其中有 10~13 例患者被错误归类为 0。这与 Assen 等^[4]和 Roman 等^[5]研究中出现的情况相似,表明 DL 软件会丢失微小钙化,导致假阴性。提示在今后的软件开发中需要进一步优化对微小钙化的识别能力,提高计算的准确性,避免因低估 CACA 而导致患者错过最佳临床干预期。

3. 本研究的局限性

本研究存在一定的局限性:①研究中主要基于每例患者的整体 CAC 情况,未具体讨论单个 CAC 的位置、体积和覆盖率对测量结果的影响。②为回顾性研究,病例资料来源于本院“三大疾病筛查”病例库,纳入的患者年龄较大,可能导致样本选择偏倚。

综上所述,与门控 CT 半自动法相比,基于非门控 LDCT 图像的 DL-CACS 模型在不同 CT 重建算法下均能较准确地测量 CACS。选择 smooth 算法进行 LDCT 图像重建,可以最大程度地保证对心血管风险分类的准确性。同时,smooth 算法作为一种基础的原始滤过算法,具有图像质量好、噪声低、易获得等优点^[12],更有利于促进 CACS 智能模型的优化和心血管自动化筛查在基层医院的推广应用。

参考文献:

- [1] Arnett DK, Blumenthal RS, Albert MA, et al. 2019 ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 74(10): 1376-1414.
- [2] 王大博, 郑敏文. 冠状动脉钙化: CT 定量评估的方法, 临床意义及方向[J]. 放射学实践, 2018, 33(7): 767-769.
- [3] Rumberger JA, Sheedy PF, Breen JF, et al. Electron beam computed tomographic coronary calcium score cutpoints and severity of associated angiographic lumen stenosis[J]. J Am Coll Cardiol, 1997, 29(7): 1542-1548.
- [4] van Assen M, Martin SS, Varga-Szemes A, et al. Automatic coronary calcium scoring in chest CT using a deep neural network in direct comparison with non-contrast cardiac CT: a validation study[J]. Eur J Radiol, 2021, 134: e109428. Epub 2020 Nov 21. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109428.
- [5] Zeleznik R, Foldyna B, Eslami P, et al. Deep convolutional neural networks to predict cardiovascular risk from computed tomography[J/OL]. Nat Commun, 2021, 12(1): e715. DOI: 10.1038/s41467-021-20966-2.
- [6] Xia C, Vonder M, Pelgrim GJ, et al. High-pitch dual-source CT for coronary artery calcium scoring: a head-to-head comparison of non-triggered chest versus triggered cardiac acquisition[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2021, 15(1): 65-72.
- [7] 顾海峰, 鲍雪琴, 王清清, 等. 高级建模迭代重建对冠状动脉钙化积分的影响[J]. 放射学实践, 2022, 37(8): 1028-1034.

- [8] An S, Fan R, Zhao B, et al. Evaluating coronary artery calcification with low-dose chest CT reconstructed by different kernels[J]. Clin Imaging, 2022, 83: e166-e171. Epub 2022 Jan 19. DOI: 10.1016/j.clinimag.2021.12.024.
- [9] Du Y, Li Q, Sidorenkov G, et al. Computed tomography screening for early lung cancer, COPD and cardiovascular disease in Shanghai: rationale and design of a population-based comparative study [J]. Acad Radiol, 2021, 28(1): 36-45.
- [10] Wolterink JM, Leiner T, de Vos BD, et al. Automatic coronary artery calcium scoring in cardiac CT angiography using paired convolutional neural networks[J/OL]. Med Image Anal, 2016, 34: e123-e136. Epub 2016 Apr 21. DOI: 10.1016/j.media.2016.04.004.
- [11] David E, Christopher C, Nishith K, et al. Automated coronary calcium scoring using deep learning with multicenter external validation[J/OL]. NPJ Digit Med, 2021, 4(1): e88. DOI: 10.1038/s41746-021-00460-1.
- [12] 孙安, 樊荣荣, 孙瑶, 等. 探讨低剂量胸部 CT 扫描中冠状动脉钙化评估的最佳重组滤波算法[J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(7): 1316-1320.
- [13] Fan R, Shi X, Qian Y, et al. Optimized categorization algorithm of coronary artery calcification score on non-gated chest low-dose CT screening using iterative model reconstruction technique[J/OL]. Clin Imaging, 2018, 52: e287-e291. Epub 2018 Aug 29. DOI: 10.1016/j.clinimag.
- [14] Hughes-Austin JM, Dominguez A, Allison MA, et al. Relationship of coronary calcium on standard chest CT scans with mortality[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2016, 9(2): 152-159.
- [15] Ding X, Slomka PJ, Diaz-Zamudio M, et al. Automated coronary artery calcium scoring from non-contrast CT using a patient-specific algorithm[C]. Medical Imaging 2015: Image Processing. International Society for Optics and Photonics, 2015. https://doi.org/10.1117/12.2081633.
- [16] Isgum I, Prokop M, Niemeijer M, et al. Automatic coronary calcium scoring in low-dose chest computed tomography[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2012, 31(12): 2322-2334.

(收稿日期: 2022-07-31 修回日期: 2023-01-17)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于2008年3月1日正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页 → 点击“作者投稿” → 按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度) → 用新注册的用户名和密码登录 → 点击“作者投稿”进入稿件管理页面 → 点击“我要投稿” → 浏览文件 → 上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中) → 录入稿件标题、关键词等 → 最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录 → 点击“作者查稿”进入稿件管理页面 → 点击左侧导航栏“我的稿件库” → “稿件状态”显示稿件处理进度 → 点击“查看” → 选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-69378385 15926283035