DOI:10.16016/j.2097-0927.202403037

主动脉瓣环内径诊断2型糖尿病合并冠心病的效能研究

李佳芮[1],刘 璇[2],徐海凤[2] 221000 江苏 徐州,徐州医科大学:第一临床医学院[1],附属医院内分泌科[2]

[摘要] **目的** 探讨超声心动图(ultrasound cardiogram,UCG)常见指标主动脉瓣环内径诊断2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus,T2DM)合并冠心病(coronary heart disease,CHD)的效能。**方法** 采用病例-对照研究设计方案,纳入2022年10月1日至2023年10月31日徐州医科大学附属医院心血管内科收治入院并行冠状动脉造影的患者。训练集440例,其中确诊T2DM合并CHD(T2DM-CHD)患者217例,单纯T2DM患者223例。验证集按照7∶3比例抽取187例,其中T2DM-CHD患者91例,单纯T2DM患者96例。同步采集患者一般临床资料和UCG各项指标,统计分析各项UCG指标与T2DM合并CHD的相关性,根据受试者操作曲线下面积(area under the subject curve,AUC)大小选择最佳预测指标,并进一步确定用于诊断的切点并验证诊断的准确性。**结果** 所有UCG指标中只有主动脉窦内径和主动脉瓣环内径两项指标组间具有显著性差异($P<0.05$)。同时,此两项指标与两组的诊断分型显著相关($P<0.05$)。主动脉瓣环内径对诊断分型的AUC最大为0.920($P<0.01$),敏感性(0.819)和特异性(0.843)最佳,切点为23.00 mm,此切点验证诊断的准确率为90.37%。**结论** 主动脉瓣环内径可作为一个识别T2DM-CHD患者的关键预测指标,当T2DM患者心脏主动脉瓣环内径<23.00 mm时合并CHD的可能性大。

[关键词] 2型糖尿病;冠状动脉粥样硬化性心脏病;心脏超声;主动脉瓣环
[中图法分类号] R540.45;R541.4;R587.1 [文献标志码] A

Performance of aortic annulus diameter in diagnosis of T2DM with concomitant coronary heart disease

LI Jiarui[1], LIU Xuan[2], XU Haifeng[2] [1]First Clinical Medical College, [2]Department of Endocrinology of Affiliated Hospital, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu Province, 221000, China

[**Abstract**] **Objective** To investigate the performance of a common echocardiographic (ECG) indicator, aortic annulus diameter, in the diagnosis of type 2 diabetes mellitus (T2DM) complicated with coronary heart disease (CHD). **Methods** A cross-sectional study was conducted on the patients undergoing coronary angiography in Department of Cardiovascular Medicine of Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University from October 1, 2022 to October 31, 2023. A total of 440 patients were included into a training set, including 217 with confirmed T2DM combined with CHD (T2DM-CHD group) and 223 patients with simple T2DM (control group). In a ratio of 7∶3, another 187 patients were selected and assigned into a validation group, including 91 T2DM-CHD patients and 96 T2DM patients. Their general clinical data and ECG indicators were collected, and the relationships of ECG indicators and coexistence of T2DM-CHD were analyzed. Receiver operating characteristic curve (ROC) was plotted to identify the best predictor for the coexistence with area under the curve (AUC), and the cutoff values and their accuracies in diagnosis were further determined and verified. **Results** Among all ECG indicators, only aortic sinus and aortic annulus diameter showed statistical differences between the T2DM-CHD group and the control group ($P<0.05$). Significant correlations were observed between the above 2 indicators and the diagnostic types of the 2 groups

[基金项目] 国家卫健委科技中心项目(WKZX2022JG0111)
[通信作者] 徐海凤,E-mail:245365923@qq.com

2097-0927/Copyright © 2024, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议( )

($P<0.05$). The AUC value of aortic annulus diameter in predicting diagnostic types was 0.920 ($P<0.01$), with a sensitivity of 0.819 and a specificity of 0.843, and the cutoff value was 23.00 mm, which had an accuracy of 90.37%. **Conclusion** Aortic annulus diameter is a pivotal predictor for identifying T2DM-CHD patients. The T2DM patients with aortic ring diameter <23.00 mm are more common with concomitant CHD.

[**Key words**] type 2 diabetes mellitus; coronary heart disease; echocardiography; aortic annulus

Supported by the Central Project of Science and Technology of National Health Commission (WKZX2022JG0111). Corresponding author: Xu Haifeng, E-mail: 1245365923@qq.com

最新数据显示我国糖尿病患病率已达12.8%,患病总数约1.3亿人,其中95%以上是2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus,T2DM)[1]。在T2DM的并发症中,心血管疾病是其主要的致死原因[2]。冠状动脉血管造影(coronary arteriography,CAG)是诊断冠心病(coronary heart disease,CHD)的金标准,但因其有创性、花费大、存在诱发心律失常和冠脉夹层等风险[3-4],故在基层医院难以普及。

超声心动图(ultrasound cardiogram,UCG)是临床上常用的心脏检查手段之一,其对心脏的解剖、生理、病理及血流动力学等方面均可做出准确的定量指标,且UCG有无辐射、经济、重复性高等优点[5]。所以,如果能够在UCG检查指标中找到一种对T2DM合并CHD患者的强预测指标,对于发现此类疾病的高危人群,并有选择性地进行冠脉造影检查确诊有着重大的意义。

本研究拟通过比较UCG相关指标在2型糖尿病合并冠心病(T2DM-CHD)和单纯2型糖尿病(T2DM)两组患者中的差异,从而探索与T2DM-CHD相关性显著的指标,进一步评估它们在预测T2DM-CHD时的效能。

1 资料与方法

1.1 研究方案与对象

本研究采用病例-对照研究设计方案。以2022年10月1日至2023年10月31日徐州医科大学附属医院心血管内科收治入院并行冠状动脉造影的患者为研究对象。T2DM-CHD组纳入标准:入院后经CAG术诊断为CHD;且符合《中国2型糖尿病防治指南(2020年版)》对T2DM明确诊断或既往明确诊断为T2DM的患者[6],根据电子病历系统中患者CAG手术记录,左主干、前降支、回旋支或者右冠脉中1支或1支以上的冠状动脉及其主要分支血管狭窄≥50%诊断为CHD。单纯T2DM组纳入标准:入院后CAG术阴性的T2DM患者。

验证集按照上述标准和7∶3的配比,抽取2023年11月1日至2024年2月1日同为我院心血管内科住院患者病例资料。

排除标准:①肥厚型或酒精性心肌病和/或长期大量饮酒者;②风湿性心脏病、肺动脉高压;③常见的结缔组织疾病;④严重肝肾功能损害;⑤恶性肿瘤患者;⑥正使用特殊药物患者如抗甲亢药物、抗心律失常药物、三环类抗抑郁药物。本研究受徐州医科大学附属医院医学伦理委员会审核批准(批件号:XYFY-2022-0539号)。

1.2 指标选取

UCG采用Philips-EPIQ-7C。从电子病历记录中抽取患者人口、病史资料和UCG指标:升主动脉内径、主动脉窦内径、主动脉瓣环内径、左房左右径、左房上下径、左室前后径、左房前后径厚度、室间隔厚度(interventricular septal end-diastolic,IVSd)、左室后壁厚度(left ventricular posterior wall end-diastolic,LVPWd)、右心室输出道(right ventricuter autflavtract,RVOT)前后径、右室左右径、右房左右径、主肺动脉、射血分数、主动脉瓣流速、三尖瓣压差、二尖瓣E峰、二尖瓣A峰、二尖瓣环侧壁舒张早期峰值速度(e′)、二尖瓣环间壁舒张早期峰值速度(e′)。

1.3 UCG测量指标

左室长轴切面M型测(mm):升主动脉内径、主动脉窦内径、主动脉瓣环内径、左室前后径、左前后径、室间隔厚度、左室后壁厚度、RVOT前后径。心尖四腔心切面二维测量:右室左右径、右房左右径。心尖五腔心切面PW测量(m/s):主动脉瓣流速。心尖四腔心切面TDI测量(cm/s):二尖瓣环侧壁e′、二尖瓣环间隔e′等。见图1。

1.4 统计学方法

采用SPSS 26统计软件对相关数据进行统计分析,正态分布的计量资料以$\bar{x}\pm s$表示,组间比较采用方差分析;偏态分布的计量资料用$M(P_{25},P_{75})$表示,组间比较采用非参数方法进行统计;计数资料采用例数(%)表示;相关分析采用Spearman非参数相关性分析。为了明确区分T2DM-CHD患者与T2DM患者在UCG指标中的差异,以便筛选出具有诊断价值的指标,并应用于临床分型诊断,采用受试者操作曲线下面积(area under the subject curve,AUC)评估UCG相关指标的诊断准确性。

2　结果

2.1　一般资料

训练集纳入患者病例 440 例,其中确诊 T2DM 合并 CHD(T2DM-CHD)患者 217 例,单纯 T2DM 患者 223 例。两组病例基线资料如年龄、性别、心率、收缩压、舒张压、高血压病史、吸烟史、饮酒史结果如表 1 所示。

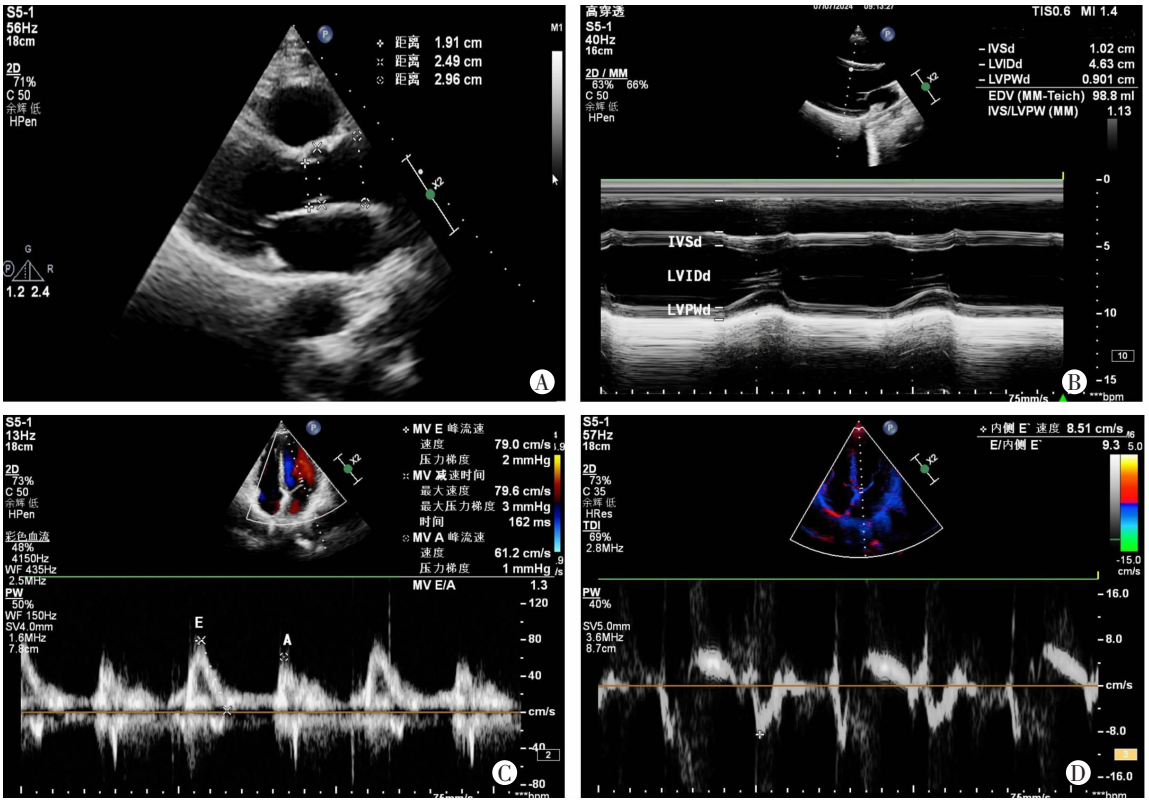
2.2　各项 UCG 检查指标的比较

Mann-Whitney U 检验对 UCG 各项测量指标进行检验,筛选组间具有显著性差异的指标(图 1)。结果显示:除升主动脉内径、左室前后径、左房前后径、左室后壁厚度、RVOT 前后径和右室左右径外,其余 7 项指标差异均有统计学意义($P<0.05$,表 2)。

采用二元 Logistic 回归模型对组间对显著差异的 UCG 检查指标进行多因素分析。在此过程中,纳入了表 1 中一般资料组间差异具有统计学意义的混杂因素,如年龄、性别、心率等,以对模型进行校正,从而得到调整后的效应估计。校正后的多因素分析结果详见表 3。其中主动脉窦内径、主动脉瓣环内径两项指标组间具有显著性差异($P<0.05$),一般资料中的混杂因素对研究结果无影响($P>0.05$)。

表 1　两组患者一般资料的组间比较[M(P_{25},P_{75}),例(%)]

指标	T2DM-CHD(n=217)	单纯 T2DM(n=223)	P
年龄/岁	63.68(56.00,69.00)	54.68(48.25,62.00)	<0.001
男性	135(61.99)	105(46.90)	0.002
心率/(次/分)	75.20(67.00,84.00)	72.03(65.25,78.00)	0.013
收缩压/mmHg	141.00(120.00,162.00)	133.99(120.00,144.00)	0.100
舒张压/mmHg	78.00(70,92)	80.16(72.00,87.75)	0.602
高血压病史	57(26.70)	103(46.50)	<0.001
吸烟史	22(10.30)	46(20.50)	<0.001
饮酒史	27(13.15)	32(14.50)	<0.001



RV:右心室,IVS:室间隔,LVPW:左室后壁

A:左室长轴切面测量 +:示主动脉瓣环内径,×:主动脉窦内径,★:示升主动脉内径;B:左室长轴切面测量 IVSd 为室间隔厚度(interventricular septal end-diastolic),LVIDd 为左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic diameter),LVPWd 为左心室后壁厚度(left ventricular posterior wall end-diastolic);C:心尖四腔心切面脉冲多普勒测量 e 峰为舒张早期,A 峰为晚期二尖瓣前向峰值流速;D:心尖四腔心切面组织多普勒测量 e′为二尖瓣环室间隔处舒张早期峰值速度,计算 e/e′

图 1　UCG 左室长轴切面 M 型超声测量及心尖四腔心切面测量图示

表 2 两组患者心脏超声检查指标的组间比较[M(P_{25},P_{75})]

指标	T2DM-CHD(n=217)	单纯 T2DM(n=223)	P
升主动脉内径/mm	33.83(31.00,36.00)	32.17(30.00,35.00)	0.341
主动脉窦内径/mm	32.41(30.00,35.00)	21.69(21.60,22.00)	<0.001
主动脉瓣环内径/mm	20.72(20.00,22.00)	32.06(30.00,34.00)	<0.001
左室前后径/mm	46.85(43.00,52.00)	45.69(43.00,48.00)	0.210
左房前后径/mm	37.28(35.00,40.00)	35.01(32.00,37.00)	0.135
室间隔厚度/mm	9.68(8.75,10.35)	8.90(8.00,9.70)	<0.001
左室后壁/mm	9.12(8.00,10.00)	8.74(8.00,9.50)	0.573
RVOT 前后径/mm	26.79(23.00,28.00)	26.76(26.00,27.00)	0.614
右室左右径/mm	34.07(32.00,36.00)	33.26(31.25,35.00)	0.063
右房左右径/mm	36.54(34.00,39.00)	34.07(33.00,37.00)	<0.001
主动脉瓣流速/(m/s)	1.51(1.22,1.61)	1.34(1.29,1.37)	0.003
二尖瓣环侧壁 e′/(cm/s)	6.60(5.55,7.30)	9.47(9.00,9.50)	<0.001
二尖瓣环间隔 e′/(cm/s)	4.99(4.40,5.20)	6.53(6.00,6.54)	<0.001

表 3 二元 Logistic 回归分析

指标	B	$Wald$	P	OR(95CI)
年龄	0.322	3.495	0.062	1.380(0.985~1.933)
性别	0.136	0.143	0.705	1.146(0.566~2.320)
心率	0.005	0.151	0.697	1.005(0.979~1.032)
高血压史	−0.002	0.032	0.858	0.998(0.981~1.016)
吸烟史	0.024	2.215	0.137	1.024(0.992~1.057)
饮酒史	−0.030	0.198	0.656	0.971(0.851~1.107)
主动脉窦内径	−0.092	3.999	0.046	0.912(0.833~0.998)
主动脉瓣环内径	−1.121	62.916	<0.001	0.326(0.247~0.430)
室间隔厚度	0.182	1.328	0.249	1.200(0.880~1.636)
右房左右径	0.037	1.101	0.294	1.037(0.969~1.111)
主动脉瓣流速	0.289	0.529	0.585	1.335(0.473~3.764)
二尖瓣环侧壁 e′	−0.068	0.038	0.537	0.934(0.753~1.160)
二尖瓣环间隔 e′	−0.194	2.437	0.118	0.823(0.645~1.051)

2.3 主动脉窦、主动脉瓣环内径与两种疾病确诊的相关性分析

Spearman 非参数相关性分析显示:UCG 中主动脉窦内径(r=−0.201,P<0.001)、主动脉瓣环内径(r=−0.735,P<0.001)两项指标均与两种疾病确诊显著相关。

2.4 主动脉窦和主动脉瓣环对 T2DM-CHD 与单纯 T2DM 的诊断效能

分别用上述两项相关指标绘制 ROC 曲线,比较它们对 T2DM-CHD 与单纯 T2DM 诊断的准确性。结果显示:主动脉窦的诊断敏感性为 0.297,特异性为 0.326,AUC 为 0.615(95%CI:0.562~0.668);主动脉瓣环内径 AUC 最大(0.920),敏感性(0.819)和特异性(0.843)最佳,见图 2。

根据主动脉瓣环 ROC 曲线对应的敏感性和特异性计算约登指数,进而得出用于诊断 T2DM-CHD 与单纯 T2DM 的切点值。通过约登指数的最大值对应的主动脉瓣环内径为 23.00 mm,且多因素分析中主动脉瓣环对应的回归系数 B<0,则可得出当主动脉瓣环内径<23.00 mm 时,诊断为 T2DM-CHD 的可能性大。通过对 440 例患者应用确定的切点进行诊断分类,准确率为 88.41%,阳性预测值为 83.57%,阴性预测值为 82.82%。

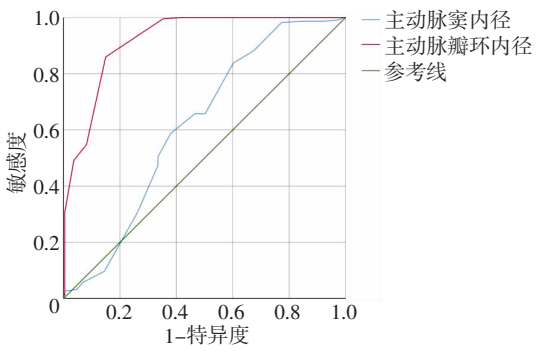


图 2 主动脉窦内径和主动脉瓣环内径用于 T2DM-CHD 与单纯 T2DM 诊断的 ROC 曲线

2.5 诊断切点的准确性验证结果

在验证集中根据 23.00 mm 的切点判断疾病类别,结果显示:在包含 187 个 T2DM 的病例样本中,有 169 个病例能够通过测量主动脉瓣环内径准确判断其是否患有 CHD。其中,在 91 例 T2DM-DHD 病例中,正确诊断 82 例,错误诊断 9 例;在 96 例 T2DM 病例中,正确诊断 87 例,错误诊断 9 例。由此可见在验证集中。准确率为 90.37%、阳性预测值为 90.11%、阴性预测值为 90.63%、敏感性为 90.11%、特异性为 90.63%。

3 讨论

糖尿病是 CHD 的独立危险因素之一,与没有糖尿病的成人相比,患有糖尿病的成年人的心血管风险增加 2~4 倍[7]。此外,受年龄、高血压、血脂异常、炎症等多种危险因素的影响,在已经存在 CHD 的人群中,同时合并有 T2DM 时,其预后也比单纯 CHD 更差[8]。糖尿病患者人群庞大,由于对疾病认识的不同及地区医疗水平的差异,糖尿病患者接受 CHD 筛查普遍存在“不充分”或“过度检查”,即使筛查也多数采用冠状动脉造影或冠状动脉 CTA 等较为复杂且昂贵的方法。如果能够在临床上普遍使用的检查方法和指标中,找到一种可以有效用于 T2DM-CHD 的筛查指标,对 T2DM 并发症的防治必将具有十分重要的意义。

UCG 检查是将超声探头置于胸壁、食管内,对立体的心脏进行无数切面扫描、综合分析心脏各结构的位置、形态、活动与血流特点,从而获得心血管疾病的解剖、生理、病理及血流动力学诊断资料。且 UCG 有信号无辐射性、经济、重复性高等优点,是多数医疗机构都普遍开展且成熟的检查项目。所以,以此为基础探讨 T2DM-CHD 患者的筛查方法具有现实意义,并且研究结果便于大范围推广。

本研究以常规检查 UCG 作为研究基础,深入分析了检查指标在 T2DM-CHD 和 T2DM 两组患者中的相关性。通过比较两组患者的诊断指标数据,我们发现了与 T2DM-CHD 相关性显著的指标,并进一步评估了它们在预测 T2DM-CHD 时的效能。在这些显著相关的指标中,主动脉瓣环内径的 ROC 曲线下面积最大,敏感性和特异性表现最佳。这表明主动脉瓣环内径可能成为筛查 T2DM-CHD 的有力指标。本研究进一步确定了主动脉瓣环内径 < 23.00 mm 时作为筛查 T2DM-CHD 的切点值,且此切点验证诊断的准确率为 90.37%。这一发现为临床实践提供了重要的参考,可以帮助医生更早地识别 T2DM-CHD 患者,从而采取及时的治疗和管理措施。然而,我们也意识到,这一切点值的确定仍需在更大样本中进行进一步验证和调整,以确保其在临床中的准确性和可靠性。因此,我们呼吁进行更广泛的研究来验证这一发现,并为 T2DM-CHD 的早期筛查和管理提供更精准的指导。由于本研究的目的仅限于如何通过超声筛查 T2DM 患者中 CHD 的高危人群,所以该研究结果是否也适用于单纯 CHD 患者还需进一步研究。

过去对于 T2DM-CHD 的研究较少采用机器学习方法,而更多地聚焦于单一模态数据或疾病危险因素的研究。例如,JIANG 等[9]采用基于冠状动脉计算机断层造影临床信息的无监督聚类分析方法,评估并计算冠状动脉斑块类型和狭窄程度、受累血管数、段受累评分(SIS)和段狭窄评分(SSS),以识别不同冠状动脉斑块类型和狭窄程度的人群。这种方法具有患者分层的潜力,对于 T2DM 合并冠状动脉粥样硬化患者的临床管理具有重要意义。另一方面,GONZÁLEZ-JUANATEY 等[10]采用自然语言处理和机器学习技术,对电子病历中的非结构化数据进行提取和分析,发现与主要不良心血管事件(MACE)发生相关的 6 个危险因素与 T2DM 患者心血管疾病严重程度相关,并确定他汀类药物治疗是 MACE 发生的保护因素。此外,FAN 等[11]构建了基于人工智能的 T1DM 患者冠心病风险预测模型,模型在训练数据集上的 AUC 为 0.77,在测试数据集上达到 0.80,在完全独立的测试数据集上的 AUC 为 0.71。然而,上述模型的预测效能较本研究的 0.920 略低。值得注意的是,文献检索并未发现单独使用 UCG 指标预测 T2DM-CHD 的相关研究,本研究填补了这一空白,并证明了主动脉瓣环内径是筛查 T2DM-CHD 的有力指标。关于 T2DM-CHD 患者主动脉瓣环内径缩小的现象未见文献报道,据 T2DM 及 CHD 发生发展的病理机制推测,二者合并意味着更加严重的血管病变和心脏缺血,从而导致更明显的心脏能量代谢障碍,进而导致组织缺血、钙化、硬化、挛缩等有关,而主动脉瓣环是心脏受到血流冲击力较大的位置故更容易发生病变。

本研究尚存在以下不足:①本研究纳入的样本量相对于其它医疗大数据分析和深度学习方法而言尚属于小样本,结果的可信度不高,其更精确的诊断切点还有待于更大样本的研究和外部验证;②本文数据集来源于单中心医疗机构的电子病历记录,可能会产生选择偏倚,并且记录时发生的错误或遗漏将直接影响到最终结果的可靠性与准确度;③本文使用的内部数据,可能会过度适应到该特定样本上并且失去泛化能力,后续可进行多中心外部数据验证。

参考文献:

[1] LI Y Z, TENG D, SHI X G, *et al*. Prevalence of diabetes recorded in using 2018 diagnostic criteria from the American Diabetes Association: national cross sectional study[J]. BMJ, 2020, 369: m997. DOI: 10.1136/bmj.m997.

[2] ROTH G A, MENSAH G A, JOHNSON C O, *et al*. Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990-2019: update from the GBD 2019 study[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76(25): 2982-3021. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.11.010.

[3] 王娟, 许浩博, 张海鹏, 等. 合并2型糖尿病对冠心病患者冠状动脉非靶病变进展和血运重建的影响[J]. 中华心血管病杂志, 2020, 48(05): 393-400. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20190425-00204.
WANG J, XU H B, ZHANG H P, *et al*. Impact of type 2 diabetes mellitus on the progression and revascularization of coronary non-target lesions in patients with coronary heart disease[J]. Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi, 2020, 48(5): 393-400. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20190425-00204.

[4] SIMSEK B, KOSTANTINIS S, KARACSONYI J, *et al*. International percutaneous coronary intervention complication survey[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2022, 99(6): 1733-1740. DOI: 10.1002/ccd.30173.

[5] 薛丽丽, 何水清, 陆硕, 等. 超声心动图对糖尿病性心脏病的诊断效果研究[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(6): 203-204.
XUE L L, HE S Q, LU S, *et al*. Study on the diagnostic effect of echocardiography on diabetic heart disease[J]. J Imag Res Med Appl, 2020, 4(6): 203-204.

[6] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)(上)[J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(8): 668-695. DOI: 10.19538/j.nk2021080106.
Diabetes Society of Chinese Medical Association. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China(2020 edition)(Part 1)[J]. Chin J Pract Intern Med, 2021, 41(8): 668-695. DOI: 10.19538/j.nk2021080106.

[7] WONG N D, CORDOLA HSU A R, ROZANSKI A, *et al*. Sex differences in coronary artery calcium and mortality from coronary heart disease, cardiovascular disease, and all causes in adults with diabetes: the coronary calcium consortium[J]. Diabetes Care, 2020, 43(10): 2597-2606. DOI: 10.2337/dc20-0166.

[8] HOU X G, WU T T, ZHENG Y Y, *et al*. The fibrinogen-to-albumin ratio is associated with poor prognosis in patients with coronary artery disease: findings from a large cohort[J]. J Cardiovasc Transl Res. 2023 16(5):1177-1183.

[9] JIANG Y, YANG Z G, WANG J, *et al*. Unsupervised machine learning based on clinical factors for the detection of coronary artery atherosclerosis in type 2 diabetes mellitus[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1): 259. DOI: 10.1186/s12933-022-01700-8.

[10] GONZÁLEZ-JUANATEY C, ANGUITA-SANCHEZ M, BARRIOS V, *et al*. Major adverse cardiovascular events in coronary type 2 diabetic patients: identification of associated factors using electronic health records and natural language processing[J]. J Clin Med, 2022, 11(20): 6004. DOI: 10.3390/jcm11206004.

[11] FAN R, ZHANG N, YANG L Y, *et al*. AI-based prediction for the risk of coronary heart disease among patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 14457. DOI: 10.1038/s41598-020-71321-2.

(收稿:2024-03-10;修回:2024-04-07)
(编辑 邓强庭)