

基于NHANES数据库2型糖尿病患者圆锥度指数与心力衰竭关联性的的大样本横断面分析

龚 勇 热甫开提·阿不都哈力克 段东琴 木亚沙尔·阿布都热西提 艾力曼·马合木提
新疆医科大学第一附属医院心力衰竭科,新疆乌鲁木齐 830054

[摘要] 目的 探讨2型糖尿病患者人群中圆锥度指数(C-index)与心力衰竭(HF)的关联性。方法 本研究基于美国国家健康与营养调查2001—2018年的数据进行横断面分析,根据纳入及排除标准,最终共纳入10 972例参与者,按照是否患有HF将参与者分为两组,比较两组一般资料。按照C-index四分位数分组,采用多因素加权logistic回归探究C-index与HF间的关系;将C-index按照四分位法分为 $Q_1 \sim Q_4$ 四组进行加权趋势性分析,构建限制性立方样条(RCS)模型分析其与HF的潜在非线性关系,采用受试者操作特征(ROC)曲线分析评估C-index对HF风险的预测价值,并进行亚组分析。结果 HF组C-index与BMI高于非HF组($P < 0.05$);C-index与HF风险呈正相关。多因素logistic回归分析显示,在完全调整协变量模型后,2型糖尿病人群中C-index每增加1个标准差, HF发病风险增加41%,与 Q_1 组比较, Q_4 组的HF风险显著增高,调整后($OR=2.44, 95\%CI: 1.57 \sim 3.80$);趋势性分析显示,与 Q_1 组比较, Q_4 组的各个模型均显示C-index升高会导致HF风险显著升高($P_{趋势} < 0.001$);RCS分析发现,C-index与HF风险存在线性关联;ROC分析显示,C-index在预测2型糖尿病人群HF风险方面具有较强性能,其曲线下面积为0.708;亚组分析显示,C-index与HF相关效应受性别和年龄影响($P_{交互作用} < 0.001$)。结论 2型糖尿病人群中,C-index是HF的独立危险因素,对HF发生风险有较高预测价值,C-index水平越高,其HF发病风险越高,呈现线性关系,且在男性、 ≤ 60 岁人群中C-index与HF相关性更为显著。

[关键词] 圆锥度指数;心力衰竭;美国国家健康与营养调查;横断面分析

[中图分类号] R541 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-7210(2026)03(c)-0062-08

DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.25091403

A large-sample cross-sectional analysis of the association between the conicity index and heart failure in patients with type 2 diabetes based on the NHANES database

GONG Yong Refukaiti Abuduhaliqe DUAN Dongqin Muyashaer Abudurexiti Ailiman Mahemuti

Department of Heart Failure, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830054, China

[Abstract] Objective To investigate the association between the conicity index (C-index) and heart failure (HF) in a population with type 2 diabetes mellitus. **Methods** This cross-sectional study utilized data from the National Health and Nutrition Examination Survey spanning from 2001 to 2018. A total of 10 972 participants were included based on predefined inclusion and exclusion criteria. Participants were divided into two groups according to the presence of HF. Baseline characteristics were compared between the two groups. Grouped according to the quartiles of the C-index. A multivariate weighted logistic regression was employed to explore the relationship between C-index and HF; the C-

[基金项目] 新疆维吾尔自治区重点研发任务专项(子课题)(2022B030234)。

[通讯作者] 艾力曼·马合木提(1968.11-),女,博士,教授,博士生导师;研究方向:心血管疾病的基础与临床。

index was divided into Q_1 to Q_4 four groups based on the quartile method for weighted trend analysis. A restricted cubic spline (RCS) model was constructed to analyze its potential nonlinear relationship with HF. The receiver

operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the predictive value of the C-index for the risk of HF, and subgroup analysis was conducted. **Results** The C-index in the HF group was higher than that in the non-HF group ($P < 0.05$); the C-index was positively correlated with the risk of HF. Multivariate logistic regression analysis showed that after fully adjusting for covariates, for every one standard deviation increase in the C-index in the type 2 diabetes population, the risk of HF increased by 41%. Compared with the Q_1 group, the risk of HF in the Q_4 group was significantly higher (adjusted OR=2.44, 95%CI: 1.57-3.80). The trend analysis revealed that compared with the Q_1 group, all models in the Q_4 group showed that an increase in C-index would lead to a significant increase in the risk of HF ($P_{\text{trend}} < 0.001$); the RCS analysis found that there was a linear correlation between C-index and the risk of HF; the ROC analysis indicated that C-index had strong performance in predicting the risk of HF in the type 2 diabetes population, with an area under the curve of 0.708; the subgroup analysis showed that the effect of C-index on HF was influenced by gender and age ($P_{\text{interaction}} < 0.001$). **Conclusion** In the population with type 2 diabetes mellitus, C-index is identified as an independent risk factor for HF and demonstrated considerable predictive value for the risk of HF onset. Higher C-index levels are significantly associated with an increased risk of developing HF, exhibiting a clear linear dose-response relationship. Furthermore, this association is more pronounced in males and in individuals aged ≤ 60 years.

[Key words] Conicity index; Heart failure; National Health and Nutrition Examination Survey; Cross-sectional study

心力衰竭(heart failure, HF)是各种心脏结构或功能性疾病导致心室充盈和/或射血功能受损,心排量不能满足机体代谢需要的一种综合征。作为各种心血管疾病的严重和终末阶段,其发病率和死亡率一直居高不下,严重损害了患者的生活质量,并给医疗系统带来了巨大的负担^[1-2]。全球范围内成人 HF 患病率为 1%~2%,随着人口老龄化加重,高血压、高脂血症、糖尿病及肥胖等各种心血管危险因素流行,以及基于指南的治疗药物及观念的不断改进,预计 2012—2030 年, HF 患病率预计将增加 46%^[3-4]。

肥胖是 HF 的一个重要可调节危险因素,它不仅增加 HF 的发病率,同时加速疾病进程,肥胖通过增加心肌耗氧量和升高血压,促进左室肥厚,最终导致以舒张松弛功能受损和收缩射血能力下降为特征的双心室功能减退^[5-6]。肥胖引发慢性低度炎症、胰岛素抵抗及脂质代谢紊乱,从而导致心肌功能障碍和心室重构^[7]。目前,常以体质量指数(body mass index, BMI)达到 30 kg/m²或更高被判为肥胖,然而, BMI 不能全面准确反映肥胖患者的脂肪分布状况^[8-9],因此也无法将其作为 HF 风险分层及预后指标来指导疾病管理及精准干预^[10-11]。

圆锥度指数(conicity index, C-index)通过对腰围、身高和体质量 3 个人体测量数据计算得出,更精确反映总体脂肪百分比的新型肥胖指标,其在肥胖程度评估中被认为比 BMI 更具效度^[12-14]。本研究利用

2001—2018 年美国国家健康与营养检查调查(National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES)的数据,探讨 C-index 与 2 型糖尿病人群 HF 之间的关系,及其预测优势和潜在的疾病风险分层的指导作用。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究为二次分析,使用 NHANES 公开数据,原始 NHANES 是美国国家卫生统计中心的全国代表性项目,该数据库通过复杂的分层多阶段概率抽样方法系统收集美国常住人口健康相关数据信息,包括人口统计学资料、病史信息、体格检查及由实验室检测结果,旨在评估人群的健康状况。该研究经美国国家卫生统计中心伦理审查委员会批准,所有参与者在数据收集前均已签署书面知情同意书,本研究仅使用完全去标识化的公共数据集,不涉及对受试者的直接干预或身份识别,符合《赫尔辛基宣言》原则。数据获取自 NHANES 官网(<https://www.cdc.gov/nchs/nhanes/>),经注册后下载 2001—2018 年的问卷、体检及实验室数据文件,按研究目的提取相关变量并进行合并与清理。

本研究选取 2001—2018 年参与者 91 351 例,纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②符合 2 型糖尿病诊断标准;③具备完整 HF 诊断信息及人体测量数据。排除标准:①腰围、身高、体质量或 C-index 数据异常或缺失;

②高血压、高脂血症等关键协变量缺失。最终纳入分析10 972例。

1.2 HF 评估

HF的诊断通过标准化疾病问卷中患者自我报告确立,并由专业医疗人员采用医疗状况评估方案进行交叉验证,以确保数据准确性。具体操作为询问参与者:是否医生或其他健康专业人员曾告知您患有充血性心力衰竭?若回答“是”,则该参与者归类为HF患者,若回答“否”,则被归类为非HF患者,排除“拒绝回答”“不清楚”及“缺失值”的参与者。2型糖尿病诊断符合以下任一标准:①自我报告的既往糖尿病诊断;②糖化血红蛋白 $\geq 6.5\%$;③空腹血糖 ≥ 7.0 mmol/L;④随机血糖 ≥ 11.1 mmol/L或口服葡萄糖耐量试验2小时血糖 ≥ 11.1 mmol/L;⑤当前使用降糖药或胰岛素。

1.3 C-index 计算

从NHANES数据库的人体测量部分提取腰围、体重和身高的数据,采用以下公式计算C-index^[15],其中,腰围和身高以米为单位,体质量以千克为单位,根据C-index的四分位数,参与者分为四组(Q_1 、 Q_2 、 Q_3 和 Q_4),其中 Q_1 作为参照组。

$$C\text{-index}=0.109^{(-1)}\times\text{腰围}\times(\text{体重}/\text{身高})^{(-1/2)}。$$

1.4 协变量的选择与设置

参考既往研究,为保证本研究结果真实可靠,控制潜在混杂因素,本研究中的所有协变量均基于先前证据和NHANES方案进行筛选^[16-18]。协变量包括①人口统计学信息:性别(男/女)、年龄(≤ 60 岁或 > 60 岁)、种族(墨西哥裔人、非西班牙裔白人、非西班牙裔黑人及其他种族)、教育水平(高中以下、高中、高中以上)及贫困程度(采用家庭收入与贫困线比率PIR计算, ≥ 1 为非贫困, < 1 为贫困);②通过自我报告获取生活习惯数据:吸烟状态分为从不吸烟(终生吸烟 < 100 支)、既往吸烟(终生吸烟 ≥ 100 支但已戒烟)和当前吸烟(吸烟 ≥ 100 支且目前仍在吸烟);饮酒状态分为饮酒者(> 12 杯/年)与非饮酒者(≤ 12 杯/年)。慢性合并症包括高血压(是/否)和高脂血症(是/否)。高血压诊断符合以下任一条件:①医师或其他医疗专业人员诊断的高血压病史;②收缩压 ≥ 140 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)或舒张压 ≥ 90 mmHg;③自我报告高血压或使用降压药物(血压值取多次测量平均值);高脂血症依据国家胆固醇教育计划成人治疗组Ⅲ(NCEP-ATPIII)指南定义:总胆固醇 ≥ 200 mg/dl,高密度脂蛋

白胆固醇 < 40 mg/dl(男性)或 < 50 mg/dl(女性),甘油三酯 ≥ 150 mg/dl或低密度脂蛋白胆固醇 ≥ 130 mg/dl^[19],此外,自我报告使用降胆固醇药物者亦被归类为高脂血症患者。对于协变量中缺失的数据,采用多重插补法进行补充。以上所有数据及其采集过程在NHANES数据库上均有详细描述。

1.5 统计学方法

所有分析通过R软件(4.4.3版本)完成。本研究根据NHANES数据库权重分析指南,所有分析均纳入样本权重以满足数据分析的必要条件,基于NHANES最小亚组权重使用原则,由于数据集包含空腹血糖,选择空腹子样本权重以应对复杂抽样设计。符合正态分布的计量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,比较采用 t 检验;不符合正态分布的计量资料采用中位数(四分位数) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,比较采用Mann-Whitney U 检验。计数资料采用例数和百分率[例(%)]表示,比较采用 χ^2 检验。此外,为最小化协变量数据缺失导致的样本量减少,使用“missForest”包通过随机森林插补法填充缺失协变量。根据是否患HF将研究人群分为两组并进行基线特征比较。为探讨C-index与HF风险的关联性,采用多因素加权logistic回归分析,通过方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)检验协变量间多重共线性,所有变量VIF均 < 5 ,表明不存在显著共线性,建立3个逐步调整协变量模型;以C-index各四分位数中位数作为连续变量进行趋势检验;为探究完全调整协变量模型中,C-index是否与HF存在潜在非线性关系,采用4个节点(位于10、30、70和90百分位数)的限制性立方条样(restricted cubic spline, RCS)分析,通过似然比检验进行非线性检验。采用受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线进行诊断性能分析,记录曲线下面积(area under the curve, AUC)值,应用DeLong检验比较诊断性能差异。为评估不同亚组中是否有潜在交互作用,按协变量进行亚组分析,似然比检验评估亚组间交互作用;为减少C-index极端值对分析结果的影响,排除超出($\bar{x}\pm 3s$)的参与者。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较

本研究共纳入10 972名参与者,根据是否患HF将参与者分为两组,与非HF组比较,HF组的参与者年龄更大,受教育程度更低,已婚者占比低,贫困率更

高,以前吸烟比例更高,高血压及高脂血症占比更高,BMI:更高,C-index水平更高($P<0.05$);两组性别与饮酒史比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。四分位分组显示,较高C-index水平参与者表现出更高的HF患病率($P<0.001$)。见图1。

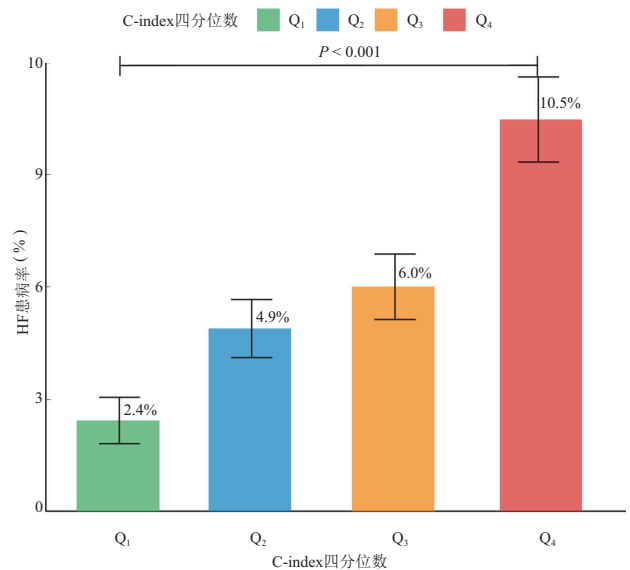
表1 两组一般资料比较

项目	非HF组 (10 307例)	HF组 (665例)	χ^2/t 值	P值
性别[例(%)]			18.202	0.070
男	5 297(51.31)	399(55.75)		
女	5 010(48.69)	266(44.25)		
年龄[例(%)]			255.609	<0.001
≤60岁	5 580(64.90)	147(24.53)		
>60岁	4 727(35.10)	518(75.47)		
受教育程度[例(%)]			37.523	<0.001
高中以下	3 155(19.63)	266(31.36)		
高中	2 390(23.97)	169(27.99)		
大学及以上	4 762(56.40)	230(40.65)		
婚姻状态[例(%)]			23.081	<0.001
已婚	6 293(64.58)	343(55.62)		
其他	4 014(35.42)	322(44.38)		
贫困程度[例(%)]			2.428	0.021
贫困	2 000(13.54)	146(16.43)		
非贫困	8 307(86.46)	519(83.57)		
种族[例(%)]			54.504	0.002
墨西哥裔	1 910(8.78)	75(5.08)		
非西班牙裔白种	4 064(65.01)	323(69.82)		
非西班牙裔黑种	2 323(12.32)	184(15.60)		
其他	2 009(13.89)	83(9.50)		
饮酒史[例(%)]			0.017	0.385
有	7 385(28.67)	478(26.68)		
无	2 922(71.33)	187(73.32)		
吸烟史[例(%)]			64.809	<0.001
从不吸烟	5 408(52.66)	267(39.80)		
以前吸烟	2 988(28.16)	290(44.69)		
目前吸烟	1 911(19.18)	108(15.51)		
高血压史[例(%)]			240.131	<0.001
有	5 972(52.32)	588(87.72)		
无	4 335(47.68)	77(12.28)		
高脂血症[例(%)]			16.647	<0.001
有	7 747(74.71)	547(83.88)		
无	2 560(25.29)	118(16.12)		
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	30.66 ± 7.28	33.53 ± 7.93	7.174	<0.001
C-index($\bar{x} \pm s$)	1.34 ± 0.09	1.40 ± 0.08	14.587	<0.001

注 HF:心力衰竭;BMI:体质量指数;C-index:圆锥度指数。

2.2 C-index与2型糖尿病人群HF的关系

采用3个逐步调整混杂因素的模型对C-index和



C-index:圆锥度指数;HF:心力衰竭。

图1 C-index与HF患病率的关系

HF进行了logistic回归分析,结果显示C-index与HF具有相关性。当C-index为连续变量时,在未进行任何协变量调整时,C-index每增加1个标准差,HF的患病风险增加96%,即使在完全调整协变量模型3中,C-index与HF的关联依然保持显著。当C-index为分类变量时,在完全调整协变量的模型3中,Q₄组HF风险比Q₁组增加了144%(OR=2.44,95%CI:1.57~3.80)。趋势性检验显示,随着C-index等级升高,HF风险逐渐增加($P_{趋势}<0.001$)。见表2。提示C-index升高是2型糖尿病人群发生HF的潜在危险因素。

2.3 RCS分析

采用RCS模型评估C-index与HF风险之间的剂量反应曲线(图2),纳入模型3中的全部协变量构建RCS模型。结果显示,在全剂量范围内,随着C-index水平的升高,HF患病风险逐渐升高,总体呈现正相关。

2.4 ROC分析

ROC曲线分析结果显示,C-index预测HF的AUC为0.708,大于BMI的AUC,提示C-index在2型糖尿病人群中具有更好的HF风险预测能力。见图3。

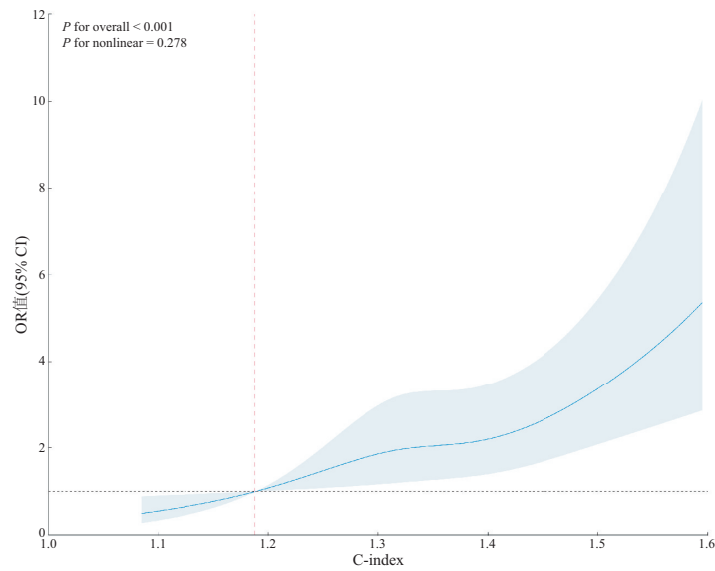
2.5 亚组分析

亚组分析结果显示,C-index与HF的关联在多数亚组中表现一致,未受教育、婚姻、贫困、种族、吸烟史、高血压及高脂血症等因素影响($P_{交互}>0.001$),但在年龄≤60岁和男性人群中该关联尤为显著($P_{交互}<0.001$)。见图4。

表2 C-index与心力衰竭关系的多因素加权logistic回归分析

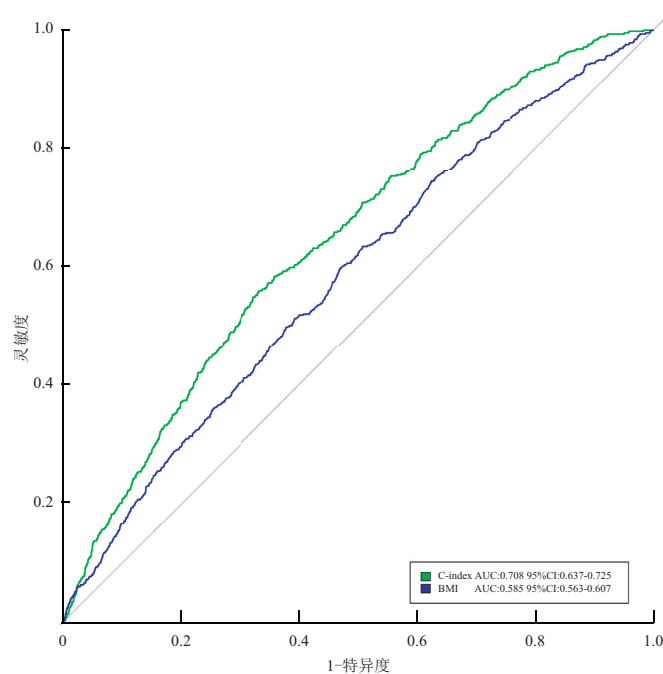
项目	模型1		模型2		模型3	
	OR值(95%CI)	P值	OR值(95%CI)	P值	OR值(95%CI)	P值
C-index 1个标准差	1.96(1.76 ~ 2.18)	<0.001	1.55(1.36 ~ 1.77)	<0.001	1.41(1.23 ~ 1.62)	<0.001
C-index 四分位数						
Q ₁ (<1.24)	1.00		1.00		1.00	
Q ₂ (1.24 ~ <1.30)	2.87(1.88 ~ 4.37)	<0.001	1.99(1.30 ~ 3.05)	<0.001	1.60(1.03 ~ 2.50)	<0.001
Q ₃ (1.30 ~ <1.36)	3.63(2.40 ~ 5.50)	<0.001	2.06(1.32 ~ 3.21)	<0.001	1.54(1.12 ~ 2.44)	<0.001
Q ₄ (≥1.36)	7.25(4.89 ~ 10.70)	<0.001	3.41(2.23 ~ 5.21)	<0.001	2.44(1.57 ~ 3.80)	<0.001
P _{趋势性检验}		<0.001		<0.001		<0.001

注 模型1:未调整;模型2:调整了年龄、性别、种族、受教育程度、婚姻状况、贫困程度、吸烟史;模型3:调整了年龄、性别、种族、受教育程度、婚姻状况、贫困程度、吸烟史、高脂血症、高血压史。



RCS:限制性立方样条;C-index:圆锥度指数。

图2 RCS分析



ROC:受试者操作特征;C-index:圆锥度指数;BMI:体质量指数。

图3 ROC分析

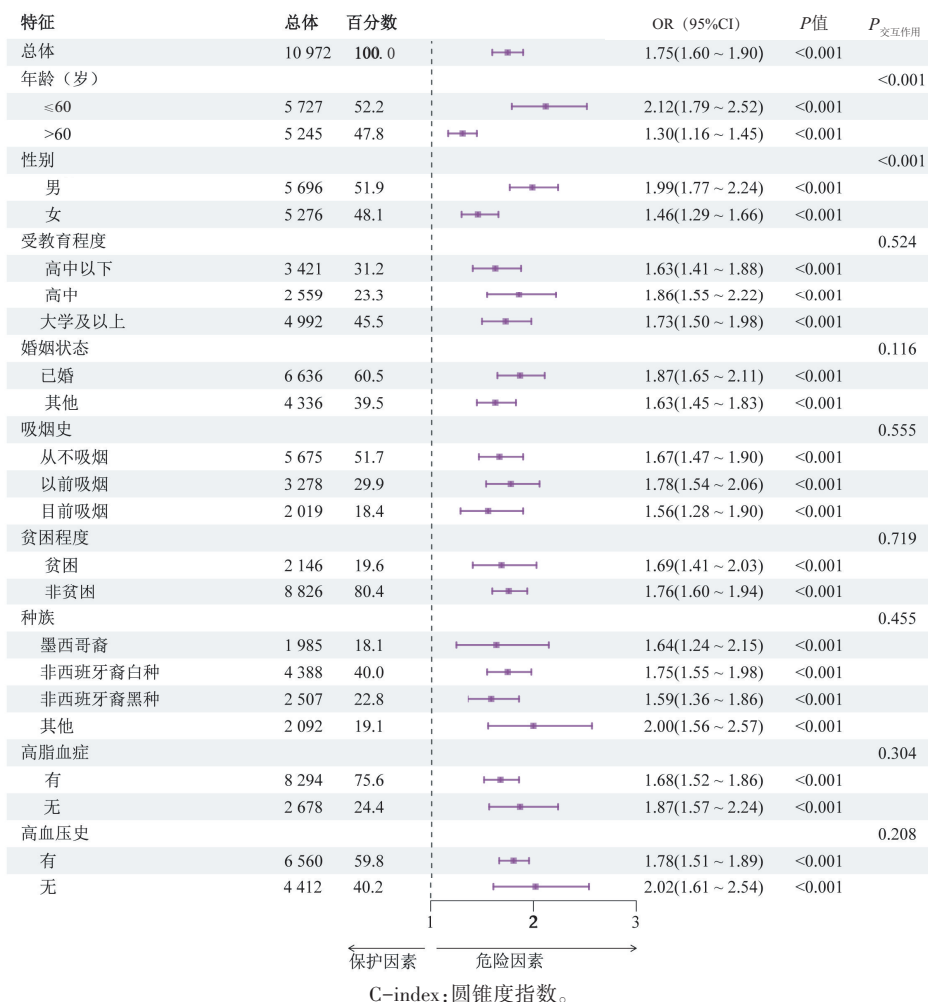


图4 C-index与心力衰竭风险的亚组分析

3 讨论

本研究利用美国NHANES数据库中2001—2018年的参与者作为研究对象,探讨了2型糖尿病人群中C-index与HF的关联性,研究结果显示,2型糖尿病人群中,在调整多种混杂因素后,C-index均与HF风险的增加正相关,呈现明显剂量-反应关系,C-index对HF发生风险有较强预测性能,亚组分析显示,在年龄<60岁和男性中C-index与HF风险的关系更为显著。

HF患者大多数存在不同程度的超重或肥胖^[20-21]。肥胖是导致HF发病率和死亡率增高的重要危险因素,研究表明,针对体重实施干预措施可减轻充血症状、提升生活质量,并可能改善临床结局^[22]。2型糖尿病是最常见的代谢性疾病之一,其会显著增高罹患HF的风险,且独立于冠心病、高血压和心脏瓣膜疾病等传统危险因素^[23]。研究发现,在糖尿病初期,积极通过饮食和生活方式干预减重,近半数患者可实现糖尿病的临床缓解,明显延缓HF发生^[24]。

肥胖显著增加血流动力学负荷,交感神经系统和

肾素-血管紧张素-醛固酮系统持续激活,从而刺激心脏发生代偿性结构适应^[25-26]。在心肌细胞水平,肥胖导致胰岛素介导的葡萄糖转运蛋白4从细胞内向细胞膜转运受损,最终发生胰岛素抵抗^[27]。同时,肥胖引发机体慢性低度炎症反应,大量沉积的内脏脂肪分泌促炎性细胞因子。证据表明,肥胖可进一步促进心肌细胞免疫代谢重编程,包括心肌细胞碎片、内皮功能障碍和组织缺氧,从而加剧HF进程^[28]。

目前传统肥胖测量指标如BMI和腰围,但不能准确反映体脂分布特征,限制了其在HF风险分层中的应用,并且在HF患者中观察到肥胖悖论的存在^[29]。作为新兴的肥胖衡量指标,C-index通过简单、无创的体测参数来估测肥胖程度,与BMI和腰围相比,C-index能更精确地评估全身肥胖状况。一项纳入7 694例糖尿病患者的横断面研究显示,C-index与全因死亡风险之间存在非线性的正相关,当C-index超过1.40时更为明显,亚组分析表明,C-index与全因死亡率之间的关系在男性中更为显著^[14]。巴西一项基于6 111例成年人群的研究显示,当C-index女性超

过1.285,男性超过1.344时,未来10年心血管事件风险显著增高^[30]。然而,有关C-index与HF关联性的研究尚未得到探究,本研究针对美国成年人2型糖尿病患者研究中,发现C-index与HF发病风险呈正相关,C-index升高作为HF风险的独立危险因素,因此C-index有望成为2型糖尿病心力衰竭风险的早期预警指标。此外,亚组分析显示在≤60岁和男性中更为显著,这可能与年轻男性更容易内脏脂肪堆积,而女性绝经前,由于雌激素保护作用,更多表现为皮下脂肪堆积;另外,年轻人群基础代谢旺盛,更容易产生代谢应激反应,而老年人群代谢相对缓慢,导致HF的基础疾病众多,因此稀释了肥胖的独立效应。

本研究存在以下几个优势,首先,在2型糖尿病患者中探讨和建立C-index与HF关系的研究,突显了新颖性;其次,C-index为简单易获取的体测指标,具有广泛的实用性;最后,本研究分析的样本量较大,同时调整潜在混杂因素,从而增强了统计效能,结果更稳健。但本研究也存在一定局限性,首先,本研究的数据主要反映的是美国人群的特征,由于种族遗传背景差异,本研究中C-index与HF的关联性可能无法直接外推至其他种族,这在一定程度上限制了本研究结论的普适性,未来有必要在不同种族、地区开展前瞻性队列研究;其次,尽管已调整多个协变量,但未知协变量可能导致残余混杂仍然存在且无法完全排除,有必要对潜在的隐性混杂进行深入探究;最后,HF状态是通过自我报告,缺乏客观衡量指标,这种方法易受潜在错误分类的影响,可能限制对所观察到关联的解读。此外,由于缺乏HF病因、严重程度及药物使用信息等数据,无法全面分析C-index与特定HF亚型之间的关联。同时,受限于数据发布与更新周期,随着人群生活方式、疾病管理策略的演变,二者关联的强度可能存在动态变化,未来需在数据更新后进行验证。

综上所述,本研究发现C-index是2型糖尿患者HF的独立危险因素,其水平与HF风险呈正相关,且预测价值优于BMI。该关联在≤60岁及男性人群中更为显著。C-index可作为识别2型糖尿病高危个体的潜在生物标志物,有助于早期预警和个性化干预。

作者贡献声明:龚勇负责文章撰写;木亚沙尔·阿布都热西提负责数据整理;热甫开提·阿不都哈力克、段东琴负责数据统计分析、作图;艾力曼·马合木提负责研究指导、论文审阅、经费支持。

利益冲突声明:本文所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] RAN J, ZHOU P, WANG J, *et al.* Global, regional, and national burden of heart failure and its underlying causes, 1990–2021: results from the global burden of disease study 2021 [J]. *Biomark Res*, 2025, 13(1):16.
- [2] LIU Z, LI Z, LI X, *et al.* Global trends in heart failure from 1990 to 2019: an age-period-cohort analysis from the global burden of disease study [J]. *ESC Heart Failure*, 2024, 11(5):3264–3278.
- [3] YAN T, ZHU S, YIN X, *et al.* Burden, trends, and inequalities of heart failure globally, 1990 to 2019: a secondary analysis based on the global burden of disease 2019 study [J]. *J Am Heart Assoc*, 2023, 12(6):e027852.
- [4] 张健, 张宇辉, 周蕾. 国家心力衰竭指南2023(精简版)[J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(12):1207–1238.
- [5] National Clinical Practice Guideline on Obesity Management Editorial C. 肥胖症诊疗指南(2024年版)[J]. *中国循环杂志*, 2025, 40(1):6–30.
- [6] NG M, GAKIDOU E, LO J, *et al.* Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990–2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021 [J]. *Lancet*, 2025, 405(10481):813–838.
- [7] BRAUER M, ROTH G A, ARAVKIN A Y, *et al.* Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021 [J]. *Lancet*, 2024, 403(10440):2162–2203.
- [8] KOSKINAS K C, VAN CRAENENBROECK E M, ANTONIADES C, *et al.* Obesity and cardiovascular disease: an ESC clinical consensus statement [J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2025, 32(3):184–220.
- [9] CSIGE I, UJVAROSY D, SZABO Z, *et al.* The impact of obesity on the cardiovascular system [J]. *J Diabetes Res*, 2018, 2018:3407306.
- [10] SIBAL R, BALAMURUGAN G, GRAHAM Y, *et al.* Moving away from BMI: a new era of diagnostic criteria in obesity [J]. *Expert Rev Endocrinol Metab*, 2025, 20(5):403–413.
- [11] HUMPHREYS S. The unethical use of BMI in contemporary general practice [J]. *Br J Gen Pract*, 2010, 60(578):696–697.
- [12] DE SCHUTTER A, LAVIE C J, MILANI R V. The impact of obesity on risk factors and prevalence and prognosis of coronary heart disease—the obesity paradox [J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2014, 56(4):401–408.
- [13] VERDOIA M, NARDIN M, ROGNONI A. Obesity and heart failure: overcoming the paradox [J]. *Int J Cardiol*, 2025, 433:133304.
- [14] NING P, HUANG J, OUYUANG H, *et al.* Value of the co-

- nicity index as an indicator of abdominal obesity in predicting cardiovascular disease and all-cause mortality risk in patients with diabetes based on NHANES data from 1999–2018 [J]. *Am J Med Sci*, 2025, 370 (1) : 74–82.
- [15] YEO Y H, ZHU Y, GAO J, *et al.* Anthropometric measures and mortality risk in individuals with metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD): a population-based cohort study [J]. *Aliment Pharmacol Ther*, 2025, 62(2): 168–179.
- [16] YANG X, LIU L, WANG X, *et al.* Neutrophil–mean hemoglobin concentration ratio (NMHR) index and its association with heart failure morbidity and mortality [J]. *BMC Public Health*, 2025, 26(1): 97.
- [17] HE Y, WU H, LUO Y, *et al.* Association between blood cadmium levels and heart failure risk: insights from NHANES 2009–2014 [J]. *Cardiovasc Ther*, 2025, 2025: 3656561.
- [18] FANG Z, JIANG Z, WANG X, *et al.* The association between serum uric acid to high-density lipoprotein cholesterol ratio and heart failure: a cross-sectional study [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2025, 25(1): 641.
- [19] DJALALINIA S, KHOSRAVI S, YOOSEFI M, *et al.* Evaluation of the hypercholesterolemia care cascade and compliance with NCEP–ATP III guidelines in Iran based on the WHO STEPS survey [J]. *Lipids Health Dis*, 2025, 24(1): 99.
- [20] PEIKERT A, VADUGANATHAN M, CLAGGRTT B L, *et al.* Near-universal prevalence of central adiposity in heart failure with preserved ejection fraction: the PARAGON–HF trial [J]. *Eur Heart J*, 2025, 46 (25) : 2372–2390.
- [21] KOSIBOROD M N, VERMA S, BORLAUG B A, *et al.* Effects of semaglutide on symptoms, function, and quality of life in patients with heart failure with preserved ejection fraction and obesity: a prespecified analysis of the STEP–HFpEF trial [J]. *Circulation*, 2024, 149 (3) : 204–216.
- [22] LEE T L, LIN F J, YEH C F, *et al.* Evaluating the potential of waist-to-BMI ratio, a body shape index, and other anthropometric parameters in predicting cardiovascular disease mortality: evidence from NHANES III [J]. *BMC Public Health*, 2025, 25(1): 1828.
- [23] SUN H, SAEEDI P, KARURANGA S, *et al.* IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045 [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2022, 183: 109119.
- [24] LEAN M E J, LESLIE W S, BARNES A C, *et al.* Durability of a primary care-led weight-management intervention for remission of type 2 diabetes: 2-year results of the DiRECT open-label, cluster-randomised trial [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2019, 7(5): 344–355.
- [25] ZHU L, GU S, WANG Q, *et al.* Left ventricular myocardial deformation: a study on diastolic function in the Chinese male population and its relationship with fat distribution [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2020, 10 (3) : 634–645.
- [26] HALL J E, DO CARMO J M, DA SILVA A A, *et al.* Obesity-induced hypertension: interaction of neurohumoral and renal mechanisms [J]. *Circ Res*, 2015, 116(6) : 991–1006.
- [27] KESSLER A, TOMAS E, IMMLER D, *et al.* Rab11 is associated with GLUT4-containing vesicles and redistributes in response to insulin [J]. *Diabetologia*, 2000, 43 (12): 1518–1527.
- [28] MOUTON A J, LI X, HALL M E, *et al.* Obesity, hypertension, and cardiac dysfunction [J]. *Circulation Research*, 2020, 126(6): 789–806.
- [29] MAHAJAN R, STOKES M, ELLIOTT A, *et al.* Complex interaction of obesity, intentional weight loss and heart failure: a systematic review and meta-analysis [J]. *Heart*, 2020, 106(1): 58–68.
- [30] SILVA Y F R, MARTINS C A, CATTAFESTA M, *et al.* Cut-off values of the conicity index for cardiovascular risk assessment and abdominal obesity in the Brazilian population [J]. *Nutrition*, 2025, 139: 112853.

(收稿日期: 2025–09–17)

(修回日期: 2025–12–22)