·论著·

武汉市老年人内脏脂肪指数与全因死亡及死因别死亡关系的队列研究

赵原原，刘普林，代娟，张刚，张微，张晓霞，邓青，严亚琼*

430024 湖北省武汉市疾病预防控制中心慢非传与伤害防制所

*通信作者：严亚琼，主任医师；E-mail：89519752@qq.com

【摘要】 **背景** 内脏脂肪沉积与老年人群健康结局密切相关，但内脏脂肪指数（CVAI）作为中国人群特异性指标，其与老年人群死亡风险的关联尚需大样本队列研究进一步明确。**目的** 探究武汉市老年人群 CVAI 与全因死亡及死因别死亡的关系。**方法** 本研究资料来源于 2014 年武汉市基本公共卫生服务老年健康体检项目。遵循“知情同意、自愿参加”原则，2014 年 5 月—2015 年 2 月武汉市共有 332 389 名≥ 65 岁老年人参加该体检项目，剔除逻辑错误后，共纳入 330 474 名老年人资料分析。收集研究对象的基本资料，包括一般人口学信息、生活方式、既往病史、体格检查以及实验室检查等。根据基线 CVAI 四分位数将研究人群分为 4 组：Q1（<78.11）、Q2（78.11~108.44）、Q3（108.45~140.74）、Q4（>140.74）。以身份证号为唯一标识，将体检数据与中国疾控中心死因登记库匹配，追踪生存结局，终点定义为死亡或 2019-12-31。缺失值多重插补，采用对数 Logistic 加速失效时间模型及分层分析探究 CVAI 与全因死亡及死因别死亡关系，通过敏感性分析检验结果的稳健性。**结果** 330 474 名老年人基线年龄为（71.6 ± 5.8）岁，其中男 152 551 名（46.16%），女 177 923 名（53.84%）。本研究平均随访时间为（5.0 ± 1.0）年，截止随访终点，共记录 46 007 例死亡。对数 Logistic 加速失效时间模型结果显示，全因死亡风险中，以 CVAI<78.11 为参照，CVAI 为 78.11~108.44（*TR*=1.06，95%*CI*=1.04~1.09）、108.45~140.74（*TR*=1.13，95%*CI*=1.10~1.15）以及 >140.74（*TR*=1.14，95%*CI*=1.11~1.17）的老年人对应的生存时间增加；在疾病别死亡分析中，CVAI 同样对生存时间起保护作用：在恶性肿瘤死亡别中，CVAI 的保护性效应持续存在（*P*<0.05）；而在心脑血管疾病死亡别中，保护效应主要体现于较高的 2 个 CVAI 分组（Q3、Q4）中（*P*<0.05）。限制性立方样条结果显示，CVAI 与全因死亡存在显著的“倒 U 型”关系（P 整体 <0.001），当 CVAI 处于 110.3~195.0 时，生存时间维持在相对最佳的水平。分层分析结果显示，CVAI 指数的保护效应在 65~69 岁人群、女性人群中最为明显。剔除随访时间不足 1 年的个体并重新拟合模型，结果显示，较高的 CVAI 水平与更长生存时间之间的正相关关系依然存在（*P*<0.05）。**结论** 武汉市 65 岁以上老年人群较高的 CVAI 可能降低全死因死亡风险，当 CVAI 处于 110.3~195.0 时，生存时间维持在相对最佳的水平；CVAI 可作为老年人死亡风险预测的参考指标。

【关键词】 老年人；内脏脂肪指数；死亡；肿瘤；心血管疾病；对数 Logistic 加速失效时间模型

【中图分类号】 R 329.55 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2025.0367

Cohort Study on the Association Between Chinese Visceral Adiposity Index and All-cause and Cause-specific Mortality in the Elderly of Wuhan

*ZHAO Yuanyuan, LIU Pulin, DAI Juan, ZHANG Gang, ZHANG Wei, ZHANG Xiaoxia, DENG Qing, YAN Yaqiong**

Department of Chronic and Non-communicable Diseases and Injury Prevention and Control, Wuhan Center for Disease Control and Prevention, Wuhan 430024, China

**Corresponding author: YAN Yaqiong, Chief physician; E-mail: 89519752@qq.com*

【Abstract】 **Background** Visceral fat accumulation is closely associated with health outcomes in the elderly. As an indicator specific to the Chinese population, the Chinese Visceral Adiposity Index (CVAI) has not been fully validated in large

基金项目：中华预防医学会基金项目（JKCLPJ202501005）

引用本文：赵原原，刘普林，代娟，等. 武汉市老年人内脏脂肪指数与全因死亡及死因别死亡关系的队列研究 [J]. 中国全科医学，2026. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2025.0367. [Epub ahead of print][www.chinagp.net]

ZHAO Y Y, LIU P L, DAI J, et al. Cohort study on the association between Chinese visceral adiposity index and all-cause and cause-specific mortality in the elderly of Wuhan[J]. Chinese General Practice, 2026. [Epub ahead of print]

© Editorial Office of Chinese General Practice. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

ChinaXiv:202604.00285v1

This version posted 2026-04-20.

cohort studies regarding its association with mortality risk in the elderly. **Objective** To investigate the relationship between CVAI and all-cause and cause-specific mortality among the elderly population in Wuhan. **Methods** Data were obtained from the 2014 Wuhan Basic Public Health Service Elderly Health Examination Program. From May 2014 to February 2015, a total of 332 389 elderly people aged 65 years and older participated in the program under the principle of informed consent and voluntary participation. After excluding data with logical errors, 330 474 subjects were included in the analysis. Baseline information was collected, including demographic characteristics, lifestyle, medical history, physical examination and laboratory test results. Participants were divided into four groups according to quartiles of baseline CVAI: Q1 (<78.11), Q2 (78.11-108.44), Q3 (108.45-140.74), and Q4 (>140.74). Using the ID number as the unique identifier, physical examination data were linked to the China CDC Cause of Death Registration Database for survival follow-up. The endpoint was death or December 31, 2019. Missing data were handled by multiple imputation. Log-logistic accelerated failure time models and stratified analyses were performed to explore the associations of CVAI with all-cause and cause-specific mortality. Sensitivity analysis was conducted to test the robustness of the results. **Results** The mean baseline age of the 330 474 elderly participants was (71.6 ± 5.8) years, including 152 551 males (46.16%) and 177 923 females (53.84%). The mean follow up duration was (5.0 ± 1.0) years, and 46 007 deaths were documented by the end of follow up. Results from log-logistic accelerated failure time models showed that, compared with the Q1 group (CVAI<78.11), the Q2 (78.11-108.44, *TR*=1.06, 95%*CI*=1.04-1.09), Q3 (108.45-140.73, *TR*=1.13, 95%*CI*=1.10-1.15) and Q4 (>140.74, *TR*=1.14, 95%*CI*=1.11-1.17) groups had longer survival time for all cause mortality. In cause specific mortality analysis, CVAI also showed protective effects on survival time: a consistent protective effect was observed for cancer mortality (P<0.05); for cardiovascular and cerebrovascular disease mortality, significant protective effects were found in the Q3 and Q4 groups (P<0.05). Restricted cubic spline analysis revealed a significant inverted U shaped relationship between CVAI and all cause mortality (P overall<0.001), with the optimal survival time observed at CVAI ranging from 110.3 to 195.0. Stratified analyses indicated that the protective effect of CVAI was most prominent in participants aged 65-69 years and females. After excluding individuals with less than 1 year of follow up and refitting the model, the positive association between higher CVAI and longer survival time remained significant (P<0.05). **Conclusion** Among people aged 65 years and older in Wuhan, higher CVAI is associated with a lower risk of all cause mortality. The optimal survival time is achieved when CVAI ranges from 110.3 to 195.0. CVAI can be used as a reference indicator for predicting mortality risk in the elderly.

【Key words】 Aged; Chinese Visceral Adiposity Index; Death; Neoplasms; Cardiovascular diseases; Log-logistic accelerated failure time model

ChinaXiv:202604.00285v1

心血管疾病、糖尿病等常见慢性病已对中国居民生命健康构成重大公共卫生威胁。研究表明，内脏脂肪堆积在这些疾病的发生、发展中起着关键作用[1-2]。尽管传统测量指标（如腰围、BMI）虽能在一定程度上反映肥胖状况，但在评估老年人内脏脂肪分布及相关健康风险方面仍存在一定局限性[3-4]。近年来，有学者提出中国内脏脂肪指数（CVAI），该指标能准确的评估中国人群内脏脂肪分布特征[5]。已有研究证实，CVAI 可有效预测各类疾病的发生和死亡风险[6-9]，然而，由于老年人生理、代谢和生活方式的改变，CVAI 与老年人群全因死亡及死因别死亡风险的相关性研究尚有限。因此，深入探究老年人群 CVAI 与死亡风险的关系具有重要的现实意义。本研究基于武汉市 2014 年基本公共卫生服务项目中的老年人体检数据，探讨老年人群 CVAI 与全因死亡及死因别死亡风险的关系，以期为 CVAI 在老年健康评估中的应用提供科学支持。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究资料来源于 2014 年武汉市基本公共卫生服务老年健康体检项目。2014 年度体检由武汉市原卫生计生委统筹，市疾控中心制定技术方案、组织培训与质控，市临床检验中心负责实验室检查环节的质量管理；基层体检机构具体实施并录入数据[10-11]。遵循“知情同意、自愿参加”原则，2014 年 5 月—2015 年 2 月武汉市共有 332 389 名≥ 65 岁老年人参加体检项目，剔除逻辑错误后，330 474 人纳入本研究资料分析。本研究已获中国疾控中心慢病中心伦理委员会（202328）及武汉市疾控中心伦理委员会（批号：WHCDCIRB-K-2023049）批准，全部对象签署知情同意书[12]。

1.2 方法

2014 年武汉市老年人体检项目包括个人问卷、体格检查以及实验室检查。问卷由调查对象填写，后由工作人员查看其完整性与准确性。个人问卷包括一般人口学信息、生活方式以及既往病史；体格检查及实验室检查均由经标准化培训并持证的医务人员完成，现场采集身高、体重、腰围和血压四项体格指标，实验室测定空腹血糖、血脂谱［总胆固醇（TC）、甘油三酯（TG）、

高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）]。研究中涉及的温度指当日气温，相对湿度为当日环境相对湿度，相关数据来源于武汉市气象局。检测方法及现场流程见文献[11-13]详述。随后，以身份证号为唯一标识，将体检数据与中国疾控中心死因登记库匹配，追踪生存结局，随访自体检当日起，终点定义为死亡或 2019-12-31。

1.3 相关指标定义

（1）CVAI 计算方法[5]：CVAI（男性）=-267.93+0.03×BMI（kg/m^2）+0.68×年龄（岁）+4×WC（cm）+22×lgTG（mmol/L）-16.32×HDL-C（mmol/L）。CVAI（女性）=-187.32+4.23×BMI（kg/m^2）+1.71×年龄（岁）+1.12×WC（cm）+39.76×lgTG（mmol/L）-11.66×HDL-C（mmol/L）。（2）BMI=体质量（kg）/身高（m）^{2}。（3）慢性病及共病情况：结合自报病史、体格检查与实验室检查结果，将调查对象的慢性病共病状况分为未患病、患 1 种病和患 2 种及以上。（4）高血压：既往确诊或收缩压（SBP）≥ 140 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）和 / 或舒张压（DBP）≥ 90 mmHg；糖尿病：既往确诊或空腹血糖（FPG）≥ 7.0 mmol/L；高脂血症：既往确诊或 TG ≥ 2.3 mmol/L 或 TC ≥ 6.2 mmol/L[12]。

1.4 研究分组

本研究根据 CVAI 四分位数将研究人群分为 4 组：Q1（<78.11）、Q2（78.11~108.44）、Q3（108.45~140.74）、Q4（>140.74）。

1.5 统计学方法

本研究采用 SAS 9.4 与 R 4.4.3 软件进行数据清洗与统计分析。符合正态分布的计量资料以（$\bar{x} \pm s$）表示，组间差异比较采用 t 检验（两组比较）或单因素方差分析（多组比较）。计数资料以例数（百分比）表示，计数资料的组间差异比较采用 χ^2 检验。为处理缺失值，研究使用多重插补法（R 语言 mice 包）进行填补。在生存分析中，以随访时间为时间轴，运用对数 Logistic（Log-logistic）加速失效时间模型评估 CVAI 与全因死亡及死因别死亡的关系。该模型直接估计协变量对生存时间的影响，结果以时间比（TR）及其 95%*CI* 报告。为进一步探讨 CVAI 与结局之间的形态关系，采用限制性立方样条进行剂量 - 反应关系分析。模型按以下 3 步纳入协变量：模型 1 为未校正任何混杂因素；模型 2 为在模型 1 基础上校正性别与年龄；模型 3 为在模型 2 基础上进一步校正受教育程度、婚姻状况、慢性病共病、吸烟、锻炼、健康状况、家务劳动、生活起居自理能力及以体检日为中心 30 d 滑动平均温度、相对湿度。协变量均以分类或连续变量形式引入。为验证结论稳健性，另在模型 3 中剔除随访随访第 1 年内死亡个体进行敏感性分析。检验均为双侧，显著性水平 α=0.05。

2 结果

2.1 调查对象基线特征

330 474 名老年人基线年龄为（71.6 ± 5.8）岁，其中男 152 551 名（46.16%），女 177 923 名（53.84%）；其余基线资料详见表 1。

2.2 不同终点事件老年人基线资料比较

本研究平均随访时间为（5.0 ± 1.0）年，累计随访 1 656 439 人年。截止随访终点，共记录 46 007 例死亡。

不同终点事件老年人基线年龄、性别、年龄、受教育程度、婚姻状况、吸烟、锻炼、慢性病患病情况、健康满意状况人群、生活起居自理情况、家务劳动自理情况、BMI、温度、CVAI、CVAI 四分位情况比较，差异均有统计学意义（P<0.05），见表 2。

2.3 CVAI 与全因死亡风险之间的关联

本研究基于 Log-logistic 加速失效时间模型评估 CVAI 对生存时间的影响。模型 1 为未校正任何混杂因素；模型 2 为在模型 1 基础上校正性别与年龄；模型 3 为在模型 2 基础上进一步校正受教育程度、婚姻状况、慢性病共病、吸烟、锻炼、健康状况、家务劳动、生活起居自理能力及以体检日为中心 30d 滑动平均温度、相对湿度。结果显示：CVAI 与全因死亡风险之间存在关联，较高的 CVAI 对应更长的生存时间（P<0.05）；以最低 CVAI 四分位分组（Q1，<78.11）为参照，随着 CVAI 四分位分组的升高，生存 TR 呈逐步递增趋势（$P_{趋势}$<0.001）。在死因别死亡分析中，CVAI 同样表现出保护效应：在恶性肿瘤死亡别中，CVAI 的保护性效应持续存在（P<0.05），且整体趋势显著（$P_{趋势}$<0.001）；而在心脑血管疾病死亡别中，保护效应主要体现于较高的 2 个 CVAI 分组（Q3、Q4）中（P<0.05），整体趋势同样具有统计学意义（$P_{趋势}$<0.001），见表 3。

限制性立方样条分析显示，CVAI 与全因死亡存在显著的“倒 U 型”剂量 - 反应关系（P<0.001）。曲线与生存 TR=1 的参考线存在两个交点（CVAI=110.3 和 195.0）：当 CVAI<110.3，生存时间随 CVAI 降低而缩短；当 CVAI 处于 110.3~195.0，生存时间维持在相对最佳水平；当 CVAI>195.0，生存时间随 CVAI 进一步升高而缩短（图 1）。

2.4 CVAI 与全死因风险关联的分层分析

性别分层分析显示，CVAI 升高与生存时间延长相关，且该关联在女性中更显著（女性：与 Q1 相比，Q4 的 TR=1.23、95%CI=1.16~1.29；男性：与 Q1 相比，Q4 的 TR=1.16、95%CI=1.12~1.20；P<0.05）。

年龄分层分析表明，CVAI 的保护效应在 65~79 岁人群中显著，在 65~69 岁人群中，与 Q1 相比，Q3 的 TR=1.17，95%CI=1.11~1.23（P<0.05）。而在 ≥ 80 岁

ChinaXiv:202604.00285v1

人群中，与 Q1 相比，仅 Q3 有统计学意义（$P<0.05$），且 TR=1.08，95%CI=1.03~1.13）；提示 CVAI 对生存时

表 1 330 474 名老年人基线资料

Table 1 Baseline characteristics of 330 474 elderly individuals

项目	数据
年龄	
65~69 岁	146 896（44.45）
70~79 岁	147 026（44.49）
≥ 80 岁	36 552（11.06）
性别	
男	152 551（46.16）
女	177 923（53.84）
婚姻状况	
在婚	246 072（74.46）
非在婚	84 398（25.54）
受教育程度	
小学及以下 / 初中	266 287（80.58）
中专或高中 / 大专及以上	64 184（19.42）
吸烟情况	
吸烟	51 187（15.49）
不吸烟	279 287（84.51）
锻炼情况	
锻炼	195 934（59.29）
不锻炼	134 538（40.71）
慢性病患病情况	
未患病	88 194（26.69）
患 1 种病	155 518（47.06）
患 2 种及以上	86 762（26.25）
健康满意状况	
满意	273 278（82.70）
不清楚	21 159（6.40）
不满意	36 002（10.90）
生活起居自理情况	
能自理，无需帮助	318 791（96.47）
半自理 / 不能自理	11 671（3.53）
家务劳动自理情况	
能自理，无需帮助	309 406（93.63）
半自理 / 不能自理	21 056（6.37）
BMI	25.0 ± 5.0
温度	22.3 ± 6.3
相对湿度	56.5 ± 6.6
CVAI	109.6 ± 48.0
CVAI 四分位	
≤ 78.11	82 169（25.00）
78.11~108.45	82 169（25.00）
108.45~140.74	82 168（25.00）
>140.74	82 169（25.00）

注：温度、相对湿度以体检日为中心 30 d 滑动平均；CVAI= 内脏脂肪指数。

表 2 不同终点事件老年人基线资料比较

Table 2 Comparison of baseline characteristics of elderly participants by different endpoint events

变量	生存状态		χ^2（t）值	P 值
	存活	死亡		
年龄				
65~69 岁	136 704（48.06）	10 192（22.15）	21 903.214	<0.001
70~79 岁	124 594（43.80）	22 432（48.76）		
≥ 80 岁	23 169（8.14）	13 383（29.09）		
性别				
男	126 757（44.56）	25 794（56.07）	2 109.077	<0.001
女	157 710（55.44）	20 213（43.93）		
婚姻状况				
在婚	217 024（76.29）	29 048（63.14）	3 602.797	<0.001
非在婚	67 439（23.71）	16 959（36.86）		
受教育程度				
小学及以下 / 初中	225 557（79.29）	40730（88.53）	2 158.997	<0.001
中专或高中 / 大专及以上	58 907（20.71）	5 277（11.47）		
吸烟情况				
吸烟	42 585（14.97）	8 602（18.70）	419.971	<0.001
不吸烟	241 882（85.03）	37 405（81.30）		
锻炼情况				
锻炼	174 102（61.20）	21 832（47.45）	3 101.252	<0.001
不锻炼	110 363（38.80）	24 175（52.55）		
慢性病患病情况				
未患病	76 758（26.98）	11 436（24.86）	93.978	<0.001
患 1 种病	133 456（46.91）	22 062（47.95）		
患 2 种及以上	74 253（26.10）	12 509（27.19）		
健康满意状况				
满意	237 875（83.63）	35 403（76.97）	860.960	<0.001
不清楚	17 240（6.06）	3 919（8.52）		
不满意	29 326（10.31）	6 676（14.51）		
生活起居自理情况				
能自理，无需帮助	277 267（97.47）	41 524（90.26）	6 044.543	<0.001
半自理 / 不能自理	7 190（2.53）	4481（9.74）		
家务劳动自理情况				
能自理，无需帮助	270 037（94.93）	39 369（85.58）	5 808.026	<0.001
半自理 / 不能自理	14 420（5.07）	6 636（14.42）		
CVAI 四分位				
Q1	68 782（24.30）	13 387（29.36）	636.881	<0.001
Q2	70 645（24.96）	11 524（25.28）		
Q3	71 969（25.42）	10 199（22.37）		
Q4	71 689（25.32）	10 480（22.99）		
BMI	25.2 ± 5.0	24.3 ± 5.1	35.079[a]	<0.001
温度	22.3 ± 6.3	22.1 ± 6.4	7.384[a]	<0.001
相对湿度	56.5 ± 6.6	56.5 ± 6.7	0.4901[a]	0.622
CVAI	110.3 ± 47.6	105.3 ± 49.9	19.940[a]	<0.001

注：[a] 表示 t 值。

ChinaXiv:202604.00285v1

This version posted 2026-04-20.

ChinaXiv:202604.00285v1

表 3 CVAI 与全因死亡及死因别死亡 Log-logistic 加速失效时间模型分析［TR（95%*CI*）］

Table 3 Log-logistic survival model analysis of CVAI and all-cause and cause-specific mortality

死亡分类	CVAI 分组	模型 1	模型 2	模型 3
全因死亡	Q1	1.00	1.00	1.00
	Q2	1.14（1.11~1.16）[a]	1.08（1.05~1.10）[a]	1.06（1.04~1.09）[a]
	Q3	1.27（1.25~1.30）[a]	1.19（1.16~1.21）[a]	1.13（1.10~1.15）[a]
	Q4	1.26（1.23~1.28）[a]	1.25（1.22~1.28）[a]	1.14（1.11~1.17）[a]
	$P_{趋势}$值	<0.001	<0.001	<0.001
恶性肿瘤	Q1	1.00	1.00	1.00
	Q2	1.30（1.26~1.35）[a]	1.14（1.09~1.18）[a]	1.10（1.06~1.14）[a]
	Q3	1.52（1.46~1.58）[a]	1.23（1.18~1.28）[a]	1.13（1.08~1.17）[a]
	Q4	1.64（1.58~1.71）[a]	1.31（1.25~1.37）[a]	1.14（1.08~1.19）[a]
	$P_{趋势}$值	<0.001	<0.001	<0.001
心脑血管疾病	Q1	1.00	1.00	1.00
	Q2	1.01（0.98~1.05）	1.01（0.98~1.04）	1.01（0.98~1.04）
	Q3	1.11（1.07~1.14）[a]	1.12（1.08~1.15）[a]	1.09（1.06~1.13）[a]
	Q4	1.04（1.01~1.08）[a]	1.17（1.13~1.21）[a]	1.13（1.09~1.17）[a]
	$P_{趋势}$值	<0.001	<0.001	<0.001

注：模型 1 为未校正任何混杂因素；模型 2 为在模型 1 基础上校正性别与年龄；模型 3 为在模型 2 基础上进一步校正受教育程度、婚姻状况、慢性病共病、吸烟、锻炼、健康状况、家务、生活自理能力及以体检日为中心 30 d 滑动平均温度、相对湿度；[a] 表示 $P<0.05$。

表 4 CVAI 与各亚组人群全死因风险的关联分析

Table 4 Association between CVAI and all-cause mortality across subgroups

分类	*TR*（95%*CI*）	*P* 值
性别		
男		
Q1	1.00	
Q2	1.06（1.03~1.08）	<0.001
Q3	1.13（1.10~1.16）	<0.001
Q4	1.16（1.12~1.20）	<0.001
女		
Q1	1.00	
Q2	1.08（1.03~1.12）	0.001
Q3	1.16（1.11~1.21）	<0.001
Q4	1.23（1.16~1.29）	<0.001
年龄		
65~69 岁		
Q1	1.00	
Q2	1.08（1.04~1.13）	<0.001
Q3	1.17（1.11~1.23）	<0.001
Q4	1.13（1.06~1.19）	<0.001
70~79 岁		
Q1	1.00	
Q2	1.07（1.04~1.10）	<0.001
Q3	1.11（1.08~1.15）	<0.001
Q4	1.11（1.07~1.16）	<0.001
≥ 80 岁		
Q1	1.00	
Q2	1.00（0.96~1.05）	0.884
Q3	1.08（1.03~1.13）	0.002
Q4	1.05（0.99~1.10）	0.074

间的影响随年龄增长而减弱，见表 4。

2.5 敏感性分析

为验证研究结论的稳健性，进一步剔除随访时间不足 1 年的个体并重新拟合模型。结果显示，较高的 CVAI 水平与更长生存时间之间的正相关关系依然存在（$P<0.05$），见表 4。

3 讨论

本研究依托武汉市 65 岁及以上老年人基本公共卫生服务体检项目，系统探讨了 CVAI 与全因死亡及死因别死亡的关系。结果显示，在 65 岁及以上老年人群中，较高的 CVAI 与全因死亡及死因别风险降低存在显著关联，且这种关联在不同死因分析和敏感性检验中均

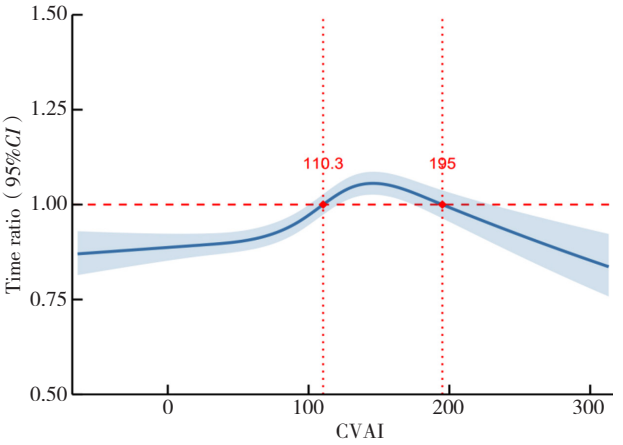

图 1 CVAI 与全因死亡及死因别死亡的剂量反应关系

Figure 1 Dose-response relationship between CVAI and all-cause mortality

表 4 敏感性分析［TR（95%*CI*）］

Table 4 Sensitivity analysis

CVAI 分组	模型 1	模型 2	模型 3
Q1	1.00	1.00	1.00
Q2	1.10（1.08~1.12）[a]	1.05（1.04~1.07）[a]	1.05（1.03~1.06）[a]
Q3	1.18（1.16~1.20）[a]	1.12（1.10~1.13）[a]	1.08（1.07~1.10）[a]
Q4	1.16（1.14~1.18）[a]	1.15（1.13~1.17）a	1.09（1.07~1.10）a

注：[a] 表示 $P<0.001$。

保持稳健。限制性立方样条分析进一步表明，CVAI 与全因死亡风险之间存在“倒 U 型”关系，当 CVAI 处于 110.3~195.0 时，生存时间维持在相对最佳的水平。

CVAI 是综合 BMI、腰围、TG、HDL-C 的指标，可定量评估中国人群内脏脂肪分布[5]。目前，CVAI 与死亡风险的关系尚未达成共识，且关于中国人群的内脏脂肪组织与死亡风险的研究仍较少。中国疾病预防控制中心开展的一项纵向研究显示，年龄≥ 80 岁的个体超重或者轻度肥胖可能有益于健康长寿[14]。心血管病高危人群早期筛查与综合干预项目（ChinaHEART 项目）[15]、中国健康长寿纵向调查（CLHLS）项目[6]及韩国一项涉及 1 000 名老年人队列[16]均发现，内脏脂肪含量较高与全因死亡率降低有关，本研究结果与之一致。相反，巴西的一项研究显示，老年人的全因死亡率随着内脏脂肪组织的增加而增加 40%[17]，英国的队列[18]同样表明内脏脂肪增加伴随全因死亡上升；另有研究亦发现高内脏脂肪与心脑血管死亡显著相关[19]，本研究结果与之存在差异。其可能原因是研究人群种族与年龄结构的异质性，英国、巴西研究以西方人群或全年龄段为主，而本研究聚焦中国≥ 65 岁老年人群；同时，双方内脏脂肪评估方法不同，也可能导致关联方向存在分歧。

本研究发现，在≥ 65 岁的老年人群中，CVAI 与全因死亡风险之间呈“倒 U 型”，较高 CVAI 水平体现为 1 种保护作用。该结果与王椿淇[15]基于 ChinaHEART 项目发现的“U 型”关系存在差异。造成差异的原因可能在于研究人群的性别与年龄结构不同：本研究限定年龄≥ 65 岁、平均年龄 71.6 岁，而前述研究人群相对年轻（平均 57 岁）。进一步分层分析可见，CVAI 的保护效应在 65~69 岁人群及女性中最为明显，提示在这些亚组中推行 CVAI 筛查可能具备更佳的成本效益。这一发现有助于公共卫生部门在资源有限条件下明确优先干预对象，从而提高防控策略的精准性与实施效率。该现象可能与年轻老年组生活方式更健康、治疗依从性更高有关[6]；此外，内脏脂肪组织受性别、年龄、饮食和激素等多重因素影响，女性通常以外周皮下脂肪占优，男性则以中心内脏脂肪为主[20]，这也可部分解释不同亚组中 CVAI 与死亡风险关系的异质性。

针对本研究中发现的“肥胖悖论”，其可能机制如下：首先，高水平内脏脂肪常伴随肥胖相关疾病，促使个体更容易接受频繁的医疗监测、药物预防和综合干预，间接降低了心血管事件风险[21]。其次，内脏脂肪作为“能量库”，在急性疾病、手术或创伤应激时提供营养支持，其保护效应可能抵消甚至超过代谢风险本身[22, 23]。再者，超重或轻度肥胖的老年人可能吃得更好，并表现出更好的整体健康状况[16]，低内脏脂肪则可能反映全身脂肪储备不足，提示营养不良或潜在消耗性疾病，进而增加死亡风险。最后，选择性生存效应—对肥胖代谢压力耐受性差的个体可能已提前离世，留存下来的超重老年人往往具备更强的生理韧性[24]。

基于上述发现，本研究建议对老年人健康管理中推广 CVAI 的常规评估，并将其作为 BMI 的有益补充。具体而言，对于 CVAI 较高的老年人，应关注其代谢异常风险，并提供包括饮食调整和体力活动在内的针对性干预；对于 CVAI 较低的老年人，则需重点评估其营养状况，预防营养不良及相关消耗性疾病的发生。

尽管本研究存在数据来源于单一城市、缺乏 CVAI 动态变化轨迹等局限，但这些局限也为未来研究指明了方向。后续工作将重点考虑 CVAI 的动态变化轨迹，通过长期随访研究其对健康的影响；进一步探讨 CVAI 与主要慢性病发病之间的联系，从而更系统、全面地评估 CVAI 在老年健康中的作用。

4 小结

本研究发现 CVAI 与全因死亡风险呈非线性负相关，提示在老年人群中，较高的 CVAI 可能具有一定生存优势。因此，建议在社区老年健康管理中，将 CVAI 作为 BMI 的重要补充指标，纳入常规评估体系，并结合年龄、性别与生活方式实施个性化干预，从而提升老年人群的整体健康水平和生活质量。

作者贡献：赵原原负责数据处理及统计分析、结果关键性解释及论文撰写；刘普林、代娟负责研究的设计、数据质量控制及论文修改；张刚、张薇、张晓霞、邓青负责资料的收集整理；严亚琼负责研究的设计与实施、论文的修改与最终版本修订、对文章整体负责。

本文无利益冲突。

参考文献

［1］刘银杏，徐珊，陈洪恩，等．老年人肥胖指标与慢性病共病的关系 [J]. 现代预防医学，2023, 50(10): 1754-1759. DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202210078.

［2］战博文，杨宏光，邓桂芳，等．基于 CHARLS 数据的中国人内脏脂肪指数与中国老年人糖尿病发病风险相关性分析 [J]. 现代预防医学，2024, 51(2): 216-220, 272. DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202308314.

［3］CHUA K Y, LIN X Y, WANG Y L, et al. Visceral fat area is the

ChinaXiv:202604.00285v1

measure of obesity best associated with mobility disability in community dwelling oldest-old Chinese adults[J]. BMC Geriatr, 2021, 21(1): 282. DOI: 10.1186/s12877-021-02226-6.

[4] DRAMÉ M, GODAERT L. The obesity paradox and mortality in older adults: a systematic review[J]. Nutrients, 2023, 15(7): 1780. DOI: 10.3390/nu15071780.

[5] XIA M F, CHEN Y, LIN H D, et al. A indicator of visceral adipose dysfunction to evaluate metabolic health in adult Chinese[J]. Sci Rep, 2016, 6: 38214. DOI: 10.1038/srep38214.

[6] ZHANG Y Y, SHI M Y, DONG Z, et al. Impact of Chinese visceral adiposity index on all-cause mortality risk in community-dwelling older adults: a prospective cohort study[J]. Aging Clin Exp Res, 2024, 36(1): 230. DOI: 10.1007/s40520-024-02891-8.

[7] WU X Y, WANG C Q, LV D L, et al. Associations between Chinese visceral adiposity index and risks of all-cause and cause-specific mortality: a population-based cohort study[J]. Diabetes Obes Metab, 2024, 26(4): 1264-1272. DOI: 10.1111/dom.15424.

[8] JUNG J Y, OH C M, JO H C, et al. Predictive ability of the Chinese visceral adiposity index for incident hypertension in working-aged Koreans[J]. Epidemiol Health, 2024, 46: e2024034. DOI: 10.4178/epih.e2024034.

[9] CHEN X Y, SHI F X, XIAO J, et al. Associations between abdominal obesity indices and nonalcoholic fatty liver disease: Chinese visceral adiposity index[J]. Front Endocrinol, 2022, 13: 831960. DOI: 10.3389/fendo.2022.831960.

[10] 郭燕, 李芳, 王亮, 等. 定期免费体检对武汉市老年人群糖尿病流行和控制作用分析[J]. 中国社会医学杂志, 2017, 34(1): 74-77. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5625.2017.01.023.

[11] 周小琦, 李芳, 郭燕, 等. 武汉市城乡≥65岁老年人群超重、肥胖和中心性肥胖流行情况[J]. 中国慢性病预防与控制, 2016, 24(11): 808-811.. DOI: 10.16386/j.cjpccd.issn.1004-6194.2016.11.003.

[12] 罗俊, 周梓芳, 朱朝阳, 等. 武汉市老年人腰围身高比与全因死亡及疾病别死亡关联的队列研究[J]. 中国慢性病预防与控制, 2024, 32(12): 921-926. DOI: 10.16386/j.cjpccd.issn.1004-6194.2024.12.008.

[13] 郭燕, 李芳, 王亮, 等. 武汉市≥65岁城乡老年人糖尿病患病及控制现状分析[J]. 中国公共卫生, 2014, 30(6): 729-731.

[14] LV Y B, MAO C, GAO X, et al. The obesity paradox is mostly driven by decreased noncardiovascular disease mortality in the oldest old in China: a 20-year prospective cohort study[J]. Nat Aging, 2022, 2(5): 389-396. DOI: 10.1038/s43587-022-00201-3.

[15] 王椿淇. 中国内脏脂肪指数与全因死亡和死因别死亡风险之间的关系研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2024.

[16] SHIL HONG E, KHANG A R, ROH E, et al. Counterintuitive relationship between visceral fat and all-cause mortality in an elderly Asian population[J]. Obesity, 2015, 23(1): 220-227. DOI: 10.1002/oby.20914.

[17] DE SANTANA F M, DOMICIANO D S, GONÇALVES M A, et al. Association of appendicular lean mass, and subcutaneous and visceral adipose tissue with mortality in older brazilians: the São Paulo ageing & health study[J]. J Bone Miner Res, 2019, 34(7): 1264-1274. DOI: 10.1002/jbmr.3710.

[18] HE Q D, LIU S Y, FENG Z L, et al. Association between the visceral adiposity index and risks of all-cause and cause-specific mortalities in a large cohort: Findings from the UK biobank[J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2022, 32(9): 2204-2215. DOI: 10.1016/j.numecd.2022.05.020.

[19] BROWN J C, HARHAY M O, HARHAY M N. Visceral adipose tissue dysfunction and mortality among a population-based sample of males and females[J]. Diabetes Metab, 2016, 42(5): 382-385. DOI: 10.1016/j.diabet.2016.05.001.

[20] NEDUNGADI T P, CLEGG D J. Sexual dimorphism in body fat distribution and risk for cardiovascular diseases[J]. J Cardiovasc Transl Res, 2009, 2(3): 321-327. DOI: 10.1007/s12265-009-9101-1.

[21] BAYS H E. Adiposopathy is "sick fat" a cardiovascular disease?[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 57(25): 2461-2473. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.02.038.

[22] HEDLUND J. Community-acquired pneumonia requiring hospitalisation. Factors of importance for the short-and long term prognosis[J]. Scand J Infect Dis Suppl, 1995, 97: 1-60.

[23] POTTER J, KLIPSTEIN K, REILLY J J, et al. The nutritional status and clinical course of acute admissions to a geriatric unit[J]. Age Ageing, 1995, 24(2): 131-136. DOI: 10.1093/ageing/24.2.131.

[24] RUSS T C, STAMATAKIS E, HAMER M, et al. Association between psychological distress and mortality: individual participant pooled analysis of 10 prospective cohort studies[J]. BMJ, 2012, 345: e4933. DOI: 10.1136/bmj.e4933.

（收稿日期：2025-10-10；修回日期：2026-03-20）
（本文编辑：毛亚敏）

ChinaXiv:202604.00285v1

This version posted 2026-04-20.