



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250283
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250283
China Journal of General Surgery, 2025, 34(6):1157-1170.

· 专题研究 ·

基于GBD数据的中国高体质量指数相关主动脉瘤疾病负担变化趋势分析

张元元, 王雅文, 代阳阳, 杨柳

(中国医科大学附属盛京医院 肿瘤中心, 辽宁 沈阳 110001)

摘要

背景与目的: 主动脉瘤作为一种高致死率和高致残率的重度心血管疾病, 已成为全球公共卫生的重要挑战。体质量指数 (BMI) 升高被证实是其独立危险因素之一, 但高 BMI 所致主动脉瘤疾病负担在中国的长期趋势及其性别、年龄和区域异质性尚缺乏系统研究。本研究基于全球疾病负担 (GBD) 数据库, 探讨 1990—2021 年中国高 BMI 相关主动脉瘤的疾病负担变化趋势, 并与全球及不同社会人口指数 (SDI) 水平地区进行比较分析。

方法: 利用 GBD 2021 数据, 提取 1990—2021 年间中国高 BMI 导致的主动脉瘤病死率和失能调整生命年 (DALY) 等指标, 计算其年龄标准化病死率 (ASMR) 和年龄标准化失能调整生命年率 (ASDR)。采用扩展年均变化百分比 (EAPC) 和 Joinpoint 回归模型评估长期趋势, 并基于自回归积分滑动平均模型预测 2022—2036 年疾病负担的未来趋势。

结果: 研究期内, 中国高 BMI 相关主动脉瘤死亡数和 DALY 分别增长近 7 倍。ASMR 由 1/10 万上升至 3/10 万 (EAPC=3.91), ASDR 由 23/10 万升至 74/10 万 (EAPC=4.11), 增长趋势显著。男性在各年龄段均承受更高负担, 65 岁以上人群尤为突出。分解分析显示, 男性负担上升更多受益于流行病学改善, 女性负担则主要由人口老龄化驱动。与美国和全球趋势相比, 中国高 BMI 相关主动脉瘤负担增长速度更快, 且未来 15 年仍将维持高位。

结论: 中国高 BMI 相关主动脉瘤疾病负担持续攀升, 呈现显著的性别与年龄差异。应加强对高危人群的体质量管理、健康干预与早期筛查, 以遏制疾病持续上升趋势, 优化公共卫生资源配置。

关键词

主动脉瘤; 人体质量指数; 全球疾病负担; 伤残调整寿命年
中图分类号: R654.3

Trends in disease burden of aortic aneurysm attributable to high body mass index in China based on GBD data

ZHANG Yuanyuan, WANG Yawen, DAI Yangyang, YANG Liu

(Department of Oncology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, China)

Abstract

Background and Aims: Aortic aneurysm, a major cardiovascular disease with high mortality and disability rates, has emerged as a critical global public health challenge. Elevated body mass index

收稿日期: 2025-05-22; 修订日期: 2025-07-07。

作者简介: 张元元, 中国医科大学附属盛京医院健康管理师, 主要从事普通外科疾病管理方面的研究。

通信作者: 杨柳, Email: yangliu_sj@163.com

(BMI) has been confirmed as an independent risk factor for aortic aneurysm. However, the long-term trends and heterogeneity of the disease burden attributable to high BMI in China—across sex, age, and region—remain insufficiently studied. This study, based on the Global Burden of Disease (GBD) database, aimed to analyze the changes in the disease burden of high BMI-related aortic aneurysm in China from 1990 to 2021 and compare these trends with those in global and socio-demographic index (SDI)-stratified regions.

Methods: Data from GBD 2021 were used to extract mortality rates and disability-adjusted life years (DALY) due to aortic aneurysm attributable to high BMI in China from 1990 to 2021. Age-standardized mortality rate (ASMR) and age-standardized DALY rate (ASDR) were calculated. Long-term trends were assessed using the estimated annual percentage change (EAPC) and Joinpoint regression models. An autoregressive integrated moving average model was applied to project trends from 2022 to 2036.

Results: During the study period, deaths and DALY from aortic aneurysms attributable to high BMI in China increased nearly sevenfold. ASMR rose from 1 to 3 per 100 000 population (EAPC=3.91), and ASDR increased from 23 to 74 per 100 000 (EAPC=4.11), both showing a marked upward trend. Males consistently bore a higher burden across all age groups, particularly among those aged ≥ 65 years. Decomposition analysis revealed that the increased burden in males was mainly driven by epidemiological improvements, while that in females was primarily attributable to population aging. Compared with the United States and global trends, China exhibited a faster increase in high BMI-related aortic aneurysm burden, which is projected to remain elevated over the next 15 years.

Conclusion: The disease burden of aortic aneurysm attributable to high BMI continues to rise in China, with pronounced differences across sex and age. Targeted weight management, health interventions, and early screening strategies are urgently needed for high-risk populations to curb the upward trend and optimize public health resource allocation.

Key words

Aortic Aneurysm; Body Mass Index; Global Burden of Disease; Disability-Adjusted Life Years

CLC number: R654.3

主动脉瘤是主动脉的病理性扩张，未经治疗可导致主动脉夹层或破裂等致命并发症^[1-2]。尽管其在普通人群中的年发病率仅为5~10例/10万人^[3]，但已成为全球心血管疾病死亡的重要诱因。该疾病不仅严重威胁个体健康，其导致的住院治疗、手术干预和长期护理费用也给医疗系统带来沉重负担^[4]。

目前尚无有效药物可阻止其进展，这凸显了深入理解其流行病学特征及制定精准防控策略的迫切性。作为超重/肥胖的核心指标，体质量指数 (body mass index, BMI) 已被证实与多种心血管疾病密切相关^[5-6]。其致病机制涉及高血压、系统性炎症及血管壁机械应力增加等病理过程^[7-8]。然而，BMI与主动脉瘤负担的关系存在争议^[9]：部分研究支持BMI升高增加主动脉瘤风险^[10]，亦有研究未发

现显著关联^[11]。最新剂量反应Meta分析揭示BMI与腹主动脉瘤发病风险呈非线性正相关，且与术后病死率呈“U”形关系^[12]，提示BMI的影响可能具有人群异质性和临床阶段性特征^[13-14]。

过去30年中国肥胖率随经济发展和生活方式改变急剧攀升，高BMI相关疾病负担持续加重。然而，目前尚缺乏针对中国高BMI相关主动脉瘤负担的系统评估。本研究利用全球疾病负担 (Global Burden of Disease, GBD) 数据，分析1990—2021年中国高BMI相关主动脉瘤的病死率与失能调整生命年 (disability-adjusted life year, DALY) 变化趋势，并与全球及不同社会人口指数 (socio-demographic index, SDI) 地区进行对比，以期制定差异化的公共卫生干预措施提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 数据来源

本研究利用了2021年GBD提供的数据,该研究对1990—2021年间204个国家和地区的297种疾病和87种风险因素进行了全面评估^[15-16]。该数据库由IHME团队整合各类高质量数据源(包括国家死亡登记、医院记录、疾病监测系统等),通过统一建模方法估算每个地区、年龄和性别的疾病指标。GBD 2021采用标准化的方法论,以确保疾病负担估计的一致性和可比性。中国特定的数据主要来源于中国疾病预防控制中心维护的中国疾病监测点系统和人口动态登记系统,确保数据的可靠性和一致性。本研究所使用的数据集可通过全球健康数据交换平台(<http://ghdx.healthdata.org>)获取。

1.2 研究设计

本研究是一项基于人群的横断面研究,重点关注1990—2021年间高BMI导致的主动脉瘤负担在中国的情况。高BMI被定义为年龄 ≥ 20 岁个体的BMI超过 25 kg/m^2 。研究还将中国的趋势与美国及全球的趋势进行比较^[17]。主要的疾病负担指标包括死亡人数、DALY、年龄标准化病死率(age-standardized mortality rate, ASMR)和年龄标准化失能调整生命年率(age-standardized disability-adjusted life years rate, ASDR)。这些指标以绝对值和比率的形式呈现。GBD使用CODEm、DisMod-MR等建模工具对不同来源间的偏倚与缺失进行调整与插补,因此本研究使用的ASMR和ASDR均为完整数据,无缺失值。地区估计误差已在GBD建模框架中充分考虑,并通过不确定区间(uncertainty interval, UI)表示推断范围。

1.3 主动脉瘤的ICD分类

主动脉瘤的识别采用国际疾病分类(ICD)编码。使用的ICD-10代码为I71-I71.9,涵盖所有形式的主动脉瘤,包括胸主动脉瘤和腹主动脉瘤^[15]。对于ICD-9,相关代码为441-441.9,同样涵盖主动脉瘤及其夹层。这些代码用于从GBD数据库中提取特定疾病的数据。

1.4 数据提取

数据通过GBD结果工具进行检索,搜索配置如下:(1)GBD估计:选择“风险因素”,因为本研究关注高BMI所致的负担。(2)指标:包括死亡人

数和DALY,以绝对数字和比率呈现。(3)风险因素:选择“高BMI”。(4)疾病:“主动脉瘤”。(5)地理区域:“中国”“美国”和全球以及各种SDI区域。(6)年份:1990—2021年。(7)年龄组:“所有年龄”“年龄标准化”以及特定的5岁年龄组,范围从“25~29”“30~34”“35~39”“40~44”“45~49”“50~54”“55~59”“60~64”“65~69”“70~74”“75~79”“80~84”“85~89”“90~94”和“95+”岁。(8)性别:包括男性和女性,并进行了性别特异性分析。数据以逗号分隔值格式下载以供进一步分析。

1.5 数据处理与分析

原始数据使用R软件(版本4.3.3)进行处理。数据按年份、性别和年龄组进行整理以便进一步分析。对于趋势分析,计算高BMI导致的疾病负担的百分比变化,公式如下:变化率 = $\frac{2021\text{年值}-1990\text{年值}}{1990\text{年值}}$ 。生成线图以展示由于高BMI

导致的病死率和ASDR的时间趋势。其次,为了进行年龄标准化,计算了ASMR和ASDR,使用GBD 2021世界标准人口以确保不同年龄组之间的可比性。同时,分析了1990年和2021年性别间的疾病负担差异,重点关注病死率和ASDR的趋势。为探讨疾病负担随时间变化的驱动因素,本研究采用分解分析方法,将总变化分为三类:人口增长、人口老龄化和流行病学变化具体应用了Das Gupta标准分解法,以定量评估上述三类因素对疾病负担变化的相对贡献。

1.6 统计学处理

计算不同年份、性别和年龄组的疾病负担指标(如ASMR和ASDR)的均值和标准差。使用Joinpoint回归模型分析时间趋势。报告平均年百分比变化(average annual percentage change, AAPC)和年度百分比变化(annual percentage change, APC)及其95% UI。Joinpoint回归分析使用美国国家癌症研究所开发的Joinpoint回归程序(版本4.9.0.0)进行。为预测2022—2036年间主动脉瘤负担变化趋势,基于1990—2021年ASMR与ASDR时间序列数据构建了自回归积分滑动平均(autoregressive integrated moving average, ARIMA)模型。在模型设定中,采用Akaike信息准则(Akaike information criterion, AIC)与Bayesian信息准则(Bayesian information criterion, BIC)进行模型优选,最终选择ARIMA(1, 1, 1)为最佳拟合方案。模

型残差通过 Shapiro-Wilk 检验 ($P=0.07$) 验证其正态性, 且 Ljung-Box 检验无显著自相关 ($P=0.18$), 表明残差独立性良好, 以预测 2022 年—2036 年间由于高 BMI 导致的主动脉瘤负担, 预测结果通过曲线图进行可视化。此外, 为对比不同亚组中主动脉瘤负担的长期整体变化趋势 (1990—2021 年), 我们也报告了扩展平均年百分比变化 (estimated annual percentage change, EAPC), EAPC 基于线性回归模型计算: $\ln[R]=\beta_0+\beta_1\cdot T$ 。其中: R 为特定年份的年龄标准化率, T 为年份 (例如, $T=0$ 表示 1990 年), β_1 为回归系数。EAPC 的计算为: $EAPC=(e^{\beta_1}-1)\times 100\%$, 若 EAPC 或 AAPC 的 95% UI 完全为正 (或负), 则趋势被视为显著增加 (或减少); 若包含 0, 则趋势不显著。

1.7 亚组分析

进行亚组分析, 以比较不同性别的 ASMR 和 ASDR 的 EAPC 值。评估趋势差异, 以突出由于高 BMI 导致的主动脉瘤负担的变化。通过采用这些综合方法, 本研究旨在提供有关 1990—2021 年间高

BMI 导致的主动脉瘤负担的趋势、决定因素和未来预测的有力见解。

2 结果

2.1 1990 年和 2021 年中国高 BMI 导致的主动脉瘤负担

1990—2021 年间, 高 BMI 相关主动脉瘤的病死率和疾病负担显著上升: ASMR 由 1.0/10 万增至 3.0/10 万 (EAPC=3.91, 95% UI=3.73~4.08), ASDR 由 23/10 万增至 74/10 万 (EAPC=4.11, 95% UI=3.92~4.31)。在 1990 年, 男性的高 BMI 导致的死亡人数高于女性, 但 ASMR 在性别间相似。男性的 ASMR 的 EAPC 也高于女性。到 2021 年, 男性在死亡人数、ASMR 和 EAPC 上均超过了女性。同样, 在 1990 年, 男性的 DALY、ASDR 和 EAPC 显著高于女性 (表 1)。这些性别特异性差异在 2021 年依然存在, 男性承受的高 BMI 导致的主动脉瘤负担持续较重。

表 1 1990 年与 2021 年中国归因于高 BMI 的主动脉瘤疾病负担: 死亡数、DALY 及其 ASMR 和 ASDR

Table 1 Burden of aortic aneurysm attributable to high BMI in China in 1990 and 2021: number of deaths, DALYs, ASMR, and ASDR

性别	死亡				
	例数(95% UI)		ASMR(95% UI)		EAPC(95% UI)
	1990	2021	1990	2021	
全部	69.65(34.48~125.06)	530.8(269.78~961.71)	0.01(0~0.02)	0.03(0.01~0.05)	3.91(3.73~4.08)
男性	40.29(18.59~77.72)	357.87(183.95~635.78)	0.01(0~0.02)	0.04(0.02~0.07)	4.82(4.58~5.06)
女性	29.36(12.9~61.42)	172.93(80.24~314.97)	0.01(0~0.02)	0.02(0.01~0.03)	2.51(2.44~2.59)

表 1 1990 年与 2021 年中国归因于高 BMI 的主动脉瘤疾病负担: 死亡数、DALY 及其 ASMR 和 ASDR (续)

Table 1 Burden of aortic aneurysm attributable to high BMI in China in 1990 and 2021: number of deaths, DALYs, ASMR, and ASDR (continued)

性别	DALY				
	例数(95% UI)		ASDR(95% UI)		EAPC(95% UI)
	1990	2021	1990	2021	
全部	2 183.24(1 073.8~3 984.95)	14 984.83(7 677.08~27 247.13)	0.23(0.12~0.42)	0.74(0.38~1.35)	4.11(3.92~4.31)
男性	1 359.23(619.09~2 633.17)	10 781.76(5 524.61~19 864.65)	0.28(0.13~0.54)	1.1(0.56~2.02)	4.95(4.7~5.2)
女性	824.01(354.65~1 749.49)	4 203.07(1 940.79~7 697.24)	0.18(0.08~0.38)	0.39(0.18~0.71)	2.49(2.41~2.57)

2.2 1990—2021 年高 BMI 导致的主动脉瘤负担的性别特异性趋势

1990 年, 男性的病死率随年龄的增长急剧上升, 尤其是在 65~69 岁组, 90 岁时达到高峰。女性的病死率也呈现类似的年龄相关趋势, 但与男性相比, 增加的幅度较小。2021 年, 男性和女性因

高 BMI 导致的病死率在所有年龄组中均较 1990 年有所上升, 尤其是在男性和 80 岁以上的高龄人群中。男性在所有年龄组中持续表现出较高的病死率, 65 岁及以上的差异尤为明显。1990 年, DALY 的趋势与病死率相似。男性的 DALY 随着年龄的增长而增加, 90 岁时达到高峰, 而女性的 DALY 总体

较低,但在65~69岁组出现显著增加。到2021年,男女的DALY较1990年显著增加,但男性在所有年龄组中的DALY持续较高。这些发现表明,随着时间的推移,高BMI导致的主动脉瘤负担在不断上

升,男性,特别是年长男性,承担了较为沉重的负担。这凸显了需要针对老年男性群体实施更有针对性的风险管理策略(图1)。

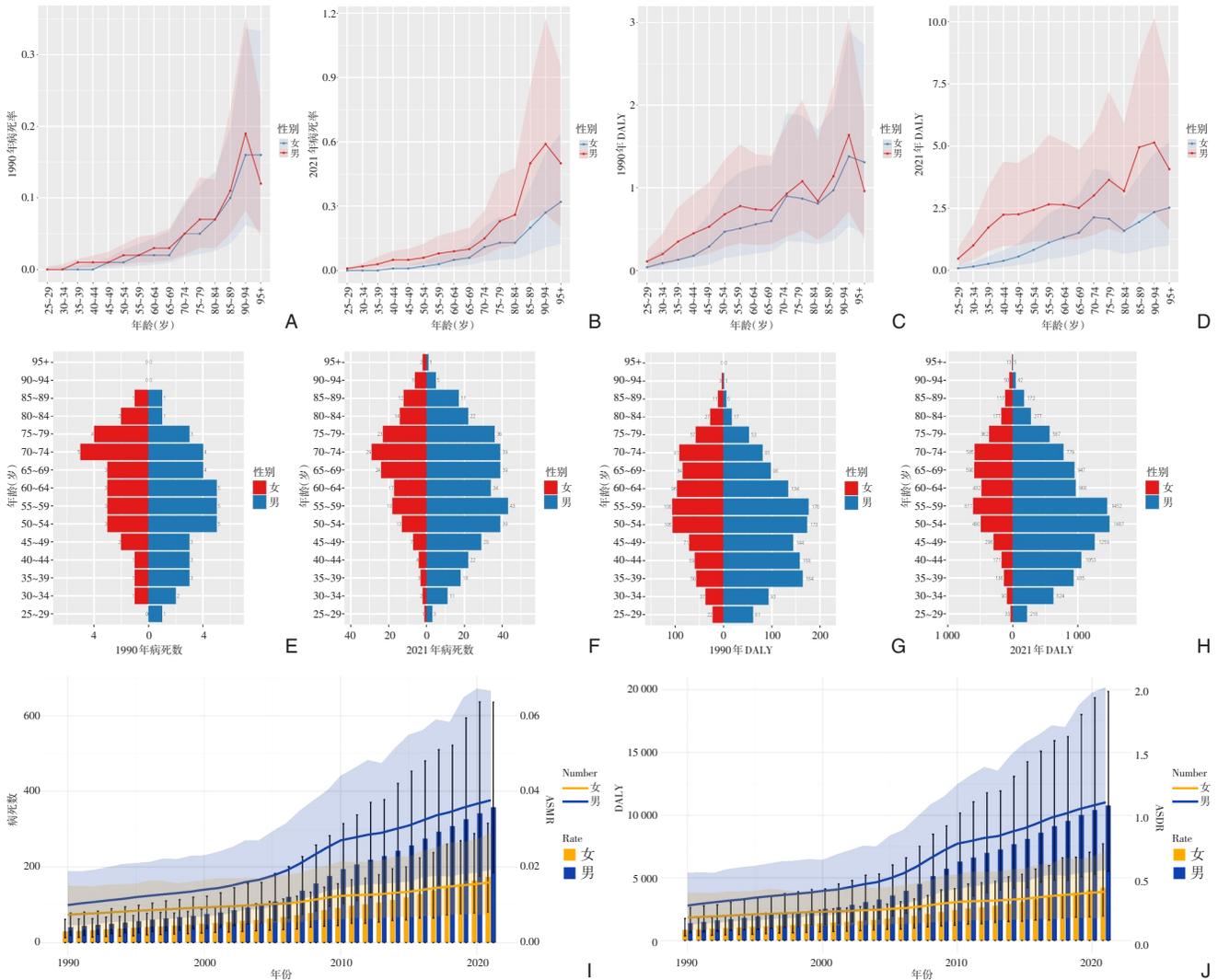


图1 高BMI所致主动脉瘤病死率与DALY趋势(1990年与2021年) A: 1990年年龄别病死率; B: 2021年年龄别病死率; C: 1990年年龄别DALY; D: 2021年年龄别DALY; E: 1990年分性别死亡年龄分布; F: 2021年分性别死亡年龄分布; G: 1990年分性别DALY年龄分布; H: 2021年分性别DALY年龄分布; I: 1990—2021年高BMI所致主动脉瘤疾病负担时间趋势(死亡数及ASMR); J: 1990—2021年高BMI所致主动脉瘤疾病负担时间趋势(DALY及ASDR)

Figure 1 Trends in mortality rate and DALYs of aortic aneurysm attributable to high BMI (1990 and 2021) A: Age-specific mortality rate in 1990; B: Age-specific mortality rate in 2021; C: Age-specific DALYs in 1990; D: Age-specific DALYs in 2021; E: Age distribution of deaths by sex in 1990; F: Age distribution of deaths by sex in 2021; G: Age distribution of DALYs by sex in 1990; H: Age distribution of DALYs by sex in 2021; I: Time trends of deaths and ASMR from high BMI-related aortic aneurysm (1990–2021); J: Time trends of DALYs and ASDR from high BMI-related aortic aneurysm (1990–2021)

2.3 1990—2021年高BMI导致的主动脉瘤负担的解构分析

1990—2021年,高BMI导致的病死率变化主要受流行病学变化驱动,表明疾病管理的进展在减少病死率方面起到了重要作用。然而,男性的

死亡负担明显高于女性,流行病学变化对男性病死率的减少贡献更大。这种差异可能反映了男性在疾病易感性或暴露风险方面的较高水平。对于女性来说,人口增长和人口老龄化的影响更为明显,特别是人口老龄化对病死率的贡献。DALY的

趋势呈现类似的模式，流行病学变化是DALY减少的主要推动因素。这突出了BMI干预在减少残疾负担方面的关键作用。与病死率类似，男性的

DALY负担高于女性，但流行病学变化在男性DALY减少中的贡献更大。相比之下，女性的DALY则更多受到人口老龄化的影响（图2）。

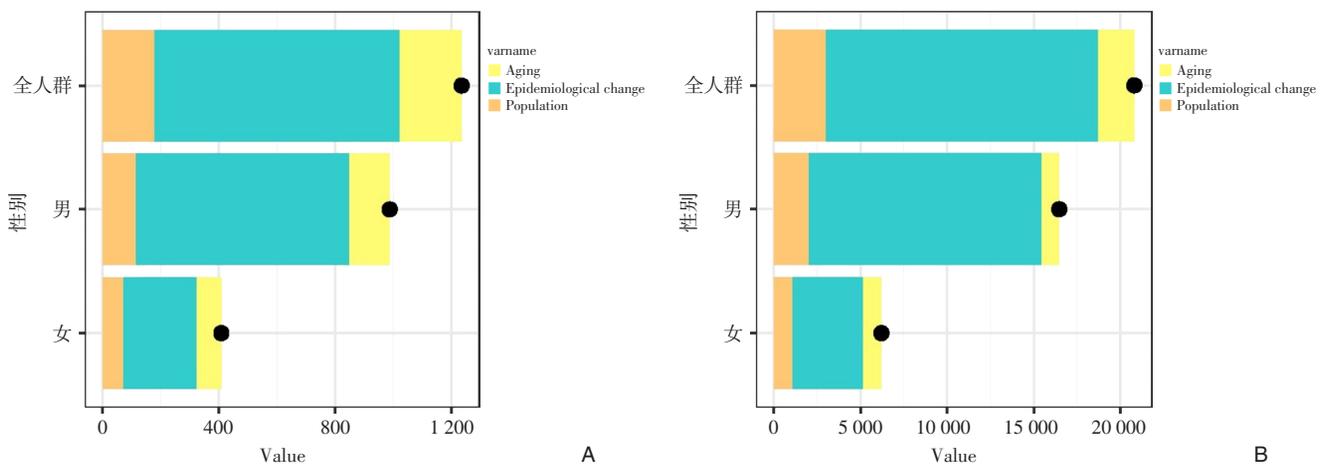


图2 1990—2021年高BMI所致主动脉瘤病死率与DALY变化的归因分解分析（按性别分层；人口增长、人口老龄化及流行病学变化对疾病负担的贡献度） A：病死率变化的驱动因素分解；B：DALY变化的驱动因素分解

Figure 2 Decomposition analysis of changes in mortality rate and DALYs of aortic aneurysm attributable to high BMI from 1990 to 2021 (stratified by sex; contributions from population growth, population aging, and epidemiological changes) A: Decomposition of driving factors for changes in mortality rate; B: Decomposition of driving factors for changes in DALYs

2.4 1990—2021年中国、美国及全球高BMI导致的主动脉瘤负担趋势

中国因高BMI导致的主动脉瘤负担相较于全球及美国的趋势呈现“年轻化”特点。这一趋势在死亡人数和DALY的分布中尤为明显，负担的显著部分出现在中年人群，而不是像全球和美国那样主要集中在老年群体。无论在任何地区和年份，男性始终承受较女性更高的死亡和DALY负担，突显了高BMI相关主动脉瘤负担中的性别差异；中国因高BMI导致的主动脉瘤负担呈现向中年人群集中的趋势，表现为50~59岁组的负担增长幅度最大，而高龄群体负担相对平稳（图3）。1990—2021年，中国因高BMI导致的年龄ASMR和年龄标标准化ASDR的AAPC分别为3.67%（95% UI=3.48~

3.86）和3.86%（95% UI=3.64~4.08）。在男性中，这一上升趋势更为明显（男性ASMR的AAPC=4.41%，男性ASDR的AAPC=4.56%，均 $P<0.05$ ），而女性则较为平缓（女性ASMR的AAPC=2.53%，女性ASDR的AAPC=2.49%，均 $P<0.05$ ）。相比之下，美国在同一时期经历了因高BMI导致的ASMR和ASDR下降，AAPC分别为-2.29%和-1.91%（ $P<0.05$ ）。全球范围内，负担也有所减少，ASMR的AAPC为-0.90%，ASDR的AAPC为-0.68%（ $P<0.05$ ）。这些发现凸显了中国负担增加与美国和全球下降趋势之间的显著对比（表2）（图4）。

2.5 1990—2021年高BMI导致的主动脉瘤负担在SDI地区的趋势

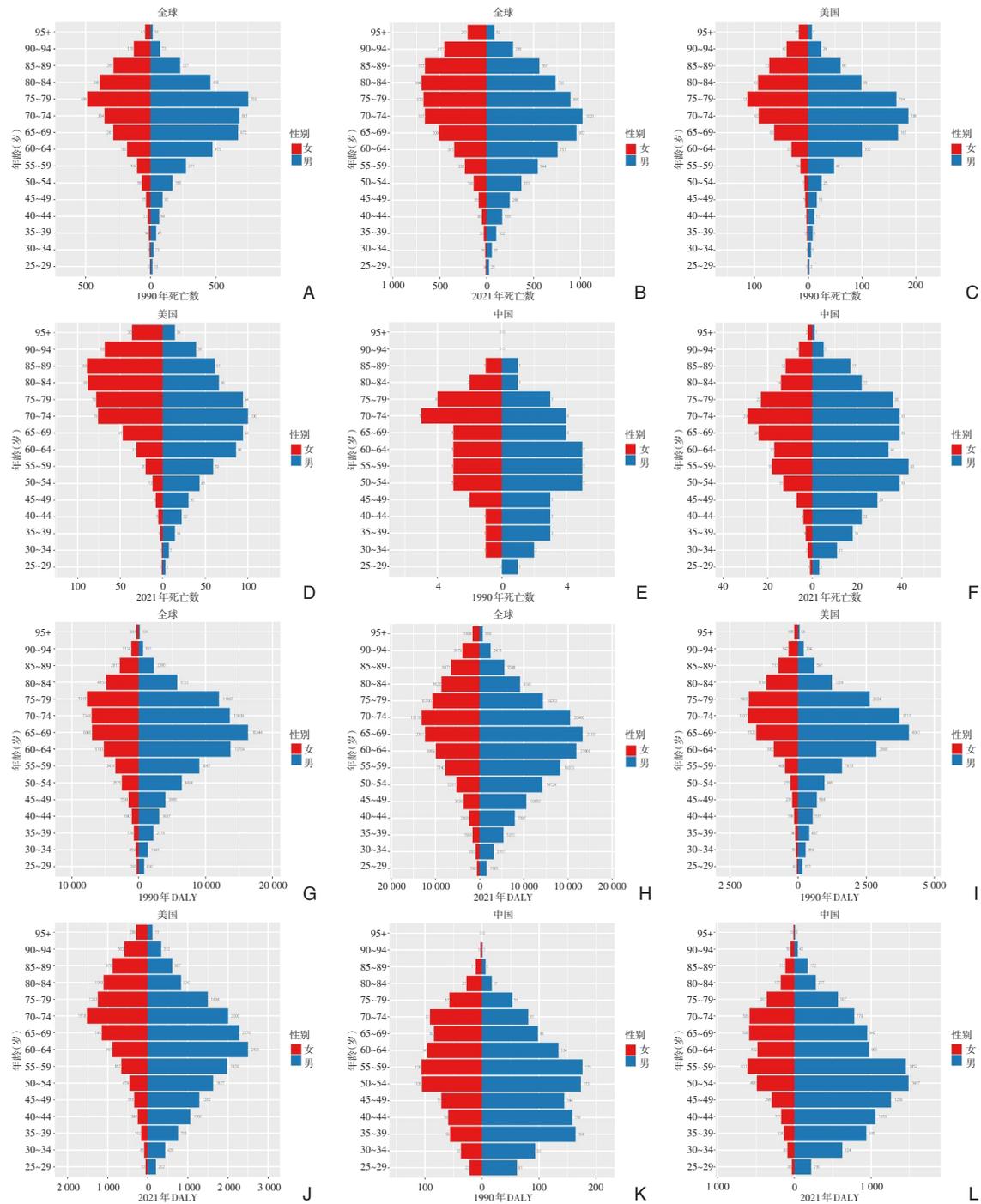


图3 高BMI相关主动脉瘤死亡与DALY的全球及中美年龄-性别分布对比(1990年与2021年) A: 1990年全球死亡年龄-性别分布; B: 2021年全球死亡年龄-性别分布; C: 1990年美国死亡对应趋势; D: 2021年美国死亡对应趋势; E: 1990年中国死亡分布; F: 2021年中国死亡分布; G: 1990年全球DALY年龄-性别分布; H: 2021年全球DALY年龄-性别分布; I: 1990年美国DALY对应趋势; J: 2021年美国DALY对应趋势; K: 1990年中国DALY分布; L: 2021年中国DALY分布

Figure 3 Comparison of age- and sex-specific distributions of deaths and DALYs from aortic aneurysm attributable to high BMI in the world, the United States, and China (1990 and 2021) A: Age- and sex-specific distribution of deaths globally in 1990; B: Age- and sex-specific distribution of deaths globally in 2021; C: Corresponding distribution of deaths in the United States in 1990; D: Corresponding distribution of deaths in the United States in 2021; E: Distribution of deaths in China in 1990; F: Distribution of deaths in China in 2021; G: Age- and sex-specific distribution of DALYs globally in 1990; H: Age- and sex-specific distribution of DALYs globally in 2021; I: Corresponding DALY distribution in the United States in 1990; J: Corresponding DALY distribution in the United States in 2021; K: DALY distribution in China in 1990; L: DALY distribution in China in 2021

表2 1990—2021年高BMI所致主动脉瘤ASMR与ASDR的中美及全球变化趋势

Table 2 Global trends in ASMR and ASDR of aortic aneurysm attributable to high BMI in China, the United States, and worldwide from 1990 to 2021

地理	ASMR			ASDR		
	年份	APC(95% UI)	AAPC(95% UI)	年份	APC(95% UI)	AAPC(95% UI)
中国						
全人群	1990—1995	3.26(2.90~3.62)	3.67(3.48~3.86)	1990—1995	3.50(3.08~3.91)	3.86(3.64~4.08)
	1995—2002	2.58(2.32~2.84)	—	1995—2001	2.44(2.05~2.83)	—
	2002—2006	4.26(3.53~4.99)	—	2001—2005	3.70(2.88~4.53)	—
	2006—2010	7.79(7.07~8.51)	—	2005—2010	7.91(7.38~8.44)	—
	2010—2013	1.88(0.48~3.30)	—	2010—2013	2.08(0.47~3.72)	—
	2013—2021	3.25(3.09~3.42)	—	2013—2021	3.43(3.24~3.62)	—
女性	1990—1996	2.63(2.37~2.88)	2.53(2.39~2.68)	1990—1995	2.68(2.35~3.02)	2.49(2.34~2.63)
	1996—2006	1.85(1.74~1.97)	—	1995—2006	1.86(1.77~1.96)	—
	2006—2010	4.55(3.93~5.18)	—	2006—2010	4.83(4.23~5.44)	—
	2010—2013	1.22(0.04~2.42)	—	2010—2013	1.02(-0.16~2.21)	—
	2013—2021	2.81(2.67~2.95)	—	2013—2021	2.62(2.48~2.76)	—
男性	1990—1995	3.79(3.35~4.23)	4.41(4.19~4.63)	1990—1995	4.00(3.45~4.55)	4.56(4.29~4.83)
	1995—2001	3.04(2.66~3.43)	—	1995—2001	2.87(2.40~3.34)	—
	2001—2005	5.13(4.31~5.96)	—	2001—2005	5.01(4.00~6.03)	—
	2005—2010	9.16(8.64~9.69)	—	2005—2010	9.62(8.98~10.27)	—
	2010—2013	2.27(0.66~3.90)	—	2010—2013	2.41(0.43~4.42)	—
	2013—2021	3.38(3.19~3.58)	—	2013—2021	3.70(3.46~3.94)	—
美国						
	1990—1999	-0.34(-0.59~-0.09)	-2.29(-2.65~-1.92)	1990—1999	-0.53(-0.77~-0.28)	-1.91(-2.26~-1.55)
	1999—2006	-4.25(-4.69~-3.80)	—	1999—2006	-3.84(-4.28~-3.39)	—
	2006—2009	-8.03(-10.51~-5.48)	—	2006—2009	-7.60(-10.05~-5.08)	—
	2009—2012	-3.71(-6.26~-1.09)	—	2009—2012	-2.71(-5.25~-0.10)	—
	2012—2021	-0.21(-0.45~0.03)	—	2012—2021	0.49(0.25~0.73)	—
全球						
	1990—1994	1.43(1.06~1.81)	-0.90(-0.98~-0.81)	1990—1994	1.80(1.41~2.20)	-0.68(-0.76~-0.59)
	1994—1999	-0.68(-1.05~-0.31)	—	1994—1999	-0.88(-1.27~-0.50)	—
	1999—2012	-2.30(-2.37~-2.23)	—	1999—2012	-1.94(-2.01~-1.87)	—
	2012—2021	0.01(-0.09~0.12)	—	2012—2021	0.18(0.07~0.29)	—

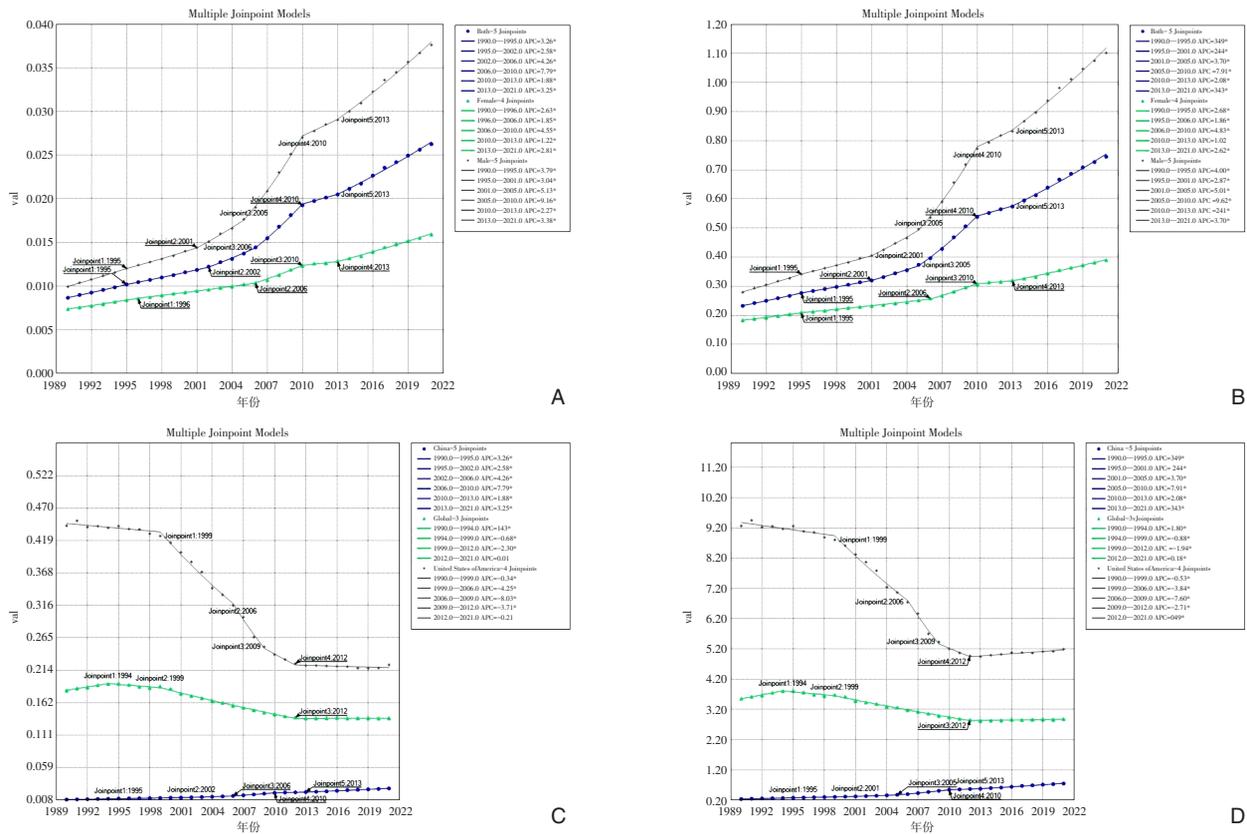


图4 高BMI所致主动脉瘤 ASMR与DALY的中美全球趋势对比(1990年与2021年) A: 1990年ASMR; B: 2021年ASMR; C: 1990年DALY; D: 2021年DALY

Figure 4 Comparison of trends in ASMR and DALYs of aortic aneurysm attributable to high BMI in China, the United States, and Globally (1990 and 2021) A: ASMR in 1990; B: ASMR in 2021; C: DALYs in 1990; D: DALYs in 2021

全球范围内, SDI水平较高的地区表现出较低的年龄ASMR和年龄标准化ASDR。高SDI地区的ASMR和ASDR水平最低, 2021年的AAPC分别为-1.82% (95% UI=-1.99~-1.65)和-1.66% (95% UI=-1.87~-1.46)。相反, 中低SDI地区从1990年至2021年表现出ASMR和ASDR的上升趋势。中等

SDI地区的增长最为显著, 其次是低SDI地区(图5)(表3)。在所有SDI地区中, 中国因高BMI导致的疾病负担呈现出最显著的上升趋势(表2)。这些发现突显了不同SDI地区间疾病负担差异的加剧, 特别是中国, 强调了在中低SDI地区, 实施针对性干预措施的迫切性。

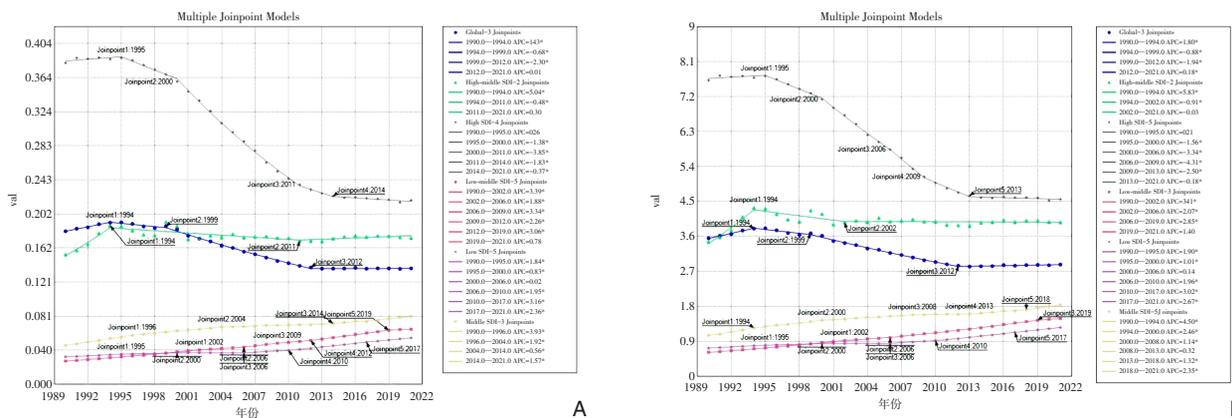


图5 1990—2021年高所致主动脉瘤病死率与DALY趋势的中国、全球及SDI分层对比 A: 病死率趋势; B: DALY趋势
Figure 5 Comparison of trends in mortality and DALYs of aortic aneurysm attributable to high BMI in China, Globally, and by SDI stratification from 1990 to 2021 A: Mortality trend; B: DALYs trend

表3 1990—2021年全球及不同SDI地区高BMI所致主动脉瘤年龄ASMR与ASDR趋势的Joinpoint回归分析

Table 3 Joinpoint regression analysis of age-specific ASMR and ASDR trends for aortic aneurysm attributable to high BMI globally, and across different SDI regions from 1990 to 2021

项目	ASMR			ASDR		
	年份	APC(95% UI)	AAPC(95% UI)	年份	APC(95% UI)	AAPC(95% UI)
地理						
全球	1990—1994	1.43(1.06~1.81)	-0.90(-0.98~-0.81)	1990—1994	1.80(1.41~2.20)	-0.68(-0.76~-0.59)
全球	1994—1999	-0.68(-1.05~-0.31)	—	1994—1999	-0.88(-1.27~-0.50)	—
全球	1999—2012	-2.30(-2.37~-2.23)	—	1999—2012	-1.94(-2.01~-1.87)	—
全球	2012—2021	0.01(-0.09~0.12)	—	2012—2021	0.18(0.07~0.29)	—
SDI						
高-中	1990—1994	5.04(2.88~7.25)	0.47(0.14~0.80)	1990—1994	5.83(3.89~7.80)	0.48(0.17~0.80)
高-中	1994—2011	-0.48(-0.73~-0.23)	—	1994—2002	-0.91(-1.68~-0.13)	—
高-中	2011—2021	0.30(-0.21~0.82)	—	2002—2021	-0.03(-0.20~0.15)	—
高	1990—1995	0.26(-0.09~0.60)	-1.82(-1.99~-1.65)	1990—1995	0.21(-0.15~0.57)	-1.66(-1.87~-1.46)
高	1995—2000	-1.38(-1.86~-0.89)	—	1995—2000	-1.56(-2.06~-1.05)	—
高	2000—2011	-3.85(-3.96~-3.73)	—	2000—2006	-3.34(-3.69~-2.98)	—
高	2011—2014	-1.83(-3.35~-0.29)	—	2006—2009	-4.31(-5.85~-2.74)	—
高	2014—2021	-0.37(-0.58~-0.16)	—	2009—2013	-2.50(-3.29~-1.71)	—
高	—	—	—	2013—2021	-0.18(-0.36~-0.01)	—
低-中	1990—2002	3.39(3.30~3.48)	2.83(2.61~3.06)	1990—2002	3.41(3.31~3.51)	2.87(2.73~3.02)
低-中	2002—2006	1.88(1.14~2.63)	—	2002—2006	2.07(1.27~2.88)	—
低-中	2006—2009	3.34(1.89~4.82)	—	2006—2019	2.85(2.76~2.95)	—
低-中	2009—2012	2.26(0.84~3.71)	—	2019—2021	1.40(-0.09~2.92)	—
低-中	2012—2019	3.06(2.82~3.30)	—	—	—	—
低-中	2019—2021	0.78(-0.61~2.18)	—	—	—	—
低	1990—1995	1.84(1.65~2.04)	1.70(1.61~1.79)	1990—1995	1.90(1.74~2.06)	1.77(1.70~1.84)
低	1995—2000	0.83(0.57~1.10)	—	1995—2000	1.01(0.80~1.23)	—
低	2000—2006	0.02(-0.18~0.21)	—	2000—2006	0.14(-0.02~0.30)	—
低	2006—2010	1.95(1.52~2.38)	—	2006—2010	1.96(1.61~2.31)	—
低	2010—2017	3.16(3.01~3.31)	—	2010—2017	3.02(2.90~3.14)	—
低	2017—2021	2.36(2.09~2.63)	—	2017—2021	2.67(2.45~2.89)	—
中	1990—1996	3.93(3.57~4.28)	1.78(1.66~1.91)	1990—1994	4.50(3.96~5.03)	1.83(1.67~2.00)
中	1996—2004	1.92(1.64~2.20)	—	1994—2000	2.46(2.08~2.83)	—
中	2004—2014	0.56(0.37~0.74)	—	2000—2008	1.14(0.92~1.36)	—
中	2014—2021	1.57(1.30~1.85)	—	2008—2013	0.32(-0.20~0.84)	—
中	—	—	—	2013—2018	1.32(0.81~1.84)	—
中	—	—	—	2018—2021	2.35(1.53~3.18)	—

2.6 2021—2036年中国高BMI导致的年龄ASMR和ASDR预测

从1990—2021年，中国因高BMI导致的ASMR呈稳步上升趋势，表明高BMI对主动脉瘤负担的影响逐渐加剧。2021—2036年的预测显示，ASMR将继续上升，尽管增速较慢（图6A）。男性预计在整个观察期内持续保持较高的ASMR，并且预计男性的增长将保持快速（图6B）。女性的ASMR预计将以较为平稳的速度增长，但长期来看仍会保持

较高水平（图6C）。类似地，ASDR从1990—2021年稳步上升，反映了由于高BMI带来的残疾负担显著增加。预测显示，ASDR将在未来维持在高水平（图6D）。男性的ASDR始终高于女性，预计男性的增长将继续保持快速（图6E）。女性的ASDR预计将以更温和的速度增长，但仍会保持较高水平（图6F）。这些预测强调了在中国，特别是男性群体中，采取积极干预措施以减轻未来高BMI对主动脉瘤负担影响的迫切性。

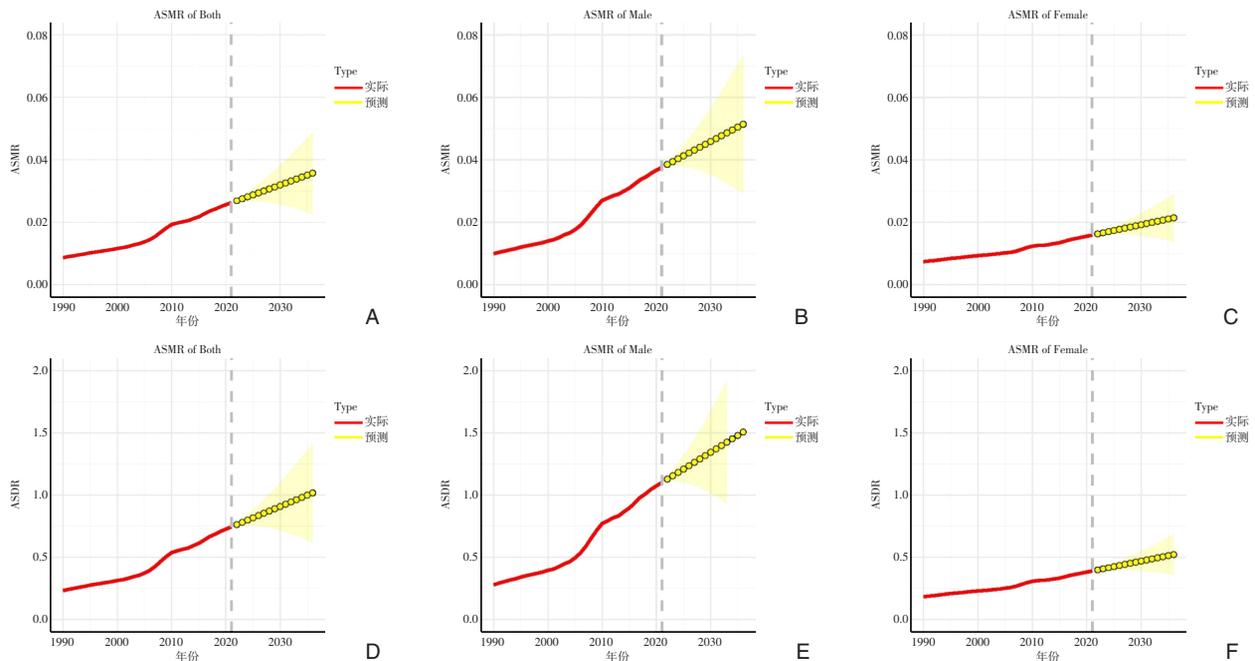


图6 中国高BMI所致主动脉瘤疾病负担实际(1990—2021年)与预测趋势(2021—2036年) A: 全人群ASMR; B: 男性ASMR; C: 女性ASMR; D: 全人群ASDR; E: 男性ASDR; F: 女性ASDR 红色实线为实际趋势(1990—2021年),黄色区域为预测趋势(2021—2036年,阴影表示95% UI)

Figure 6 Actual (1990–2021) and predicted (2021–2036) trends of disease burden of aortic aneurysm attributable to high BMI in China A: ASMR in the total population; B: ASMR in males; C: ASMR in females; D: ASDR in the total population; E: ASDR in males; F: ASDR in females The red solid line represents the actual trend (1990–2021), and the yellow shaded area represents the predicted trend (2022–2036, with shading indicating the 95% UI)

3 讨论

本研究强调了1990—2021年间,由于高BMI导致的主动脉瘤负担在中国显著增加,体现为年龄ASMR和DALY的上升。该负担在男性和老年群体中尤为突出。与全球趋势及高SDI地区相比,中国的疾病负担增加尤为显著。这一趋势可能受到多个因素的驱动,包括中国BMI水平的迅速上升,尤其是在男性和中老年群体中的增长^[18],与西方饮食和减少身体活动相关的生活方式变化、人口老龄化及流行病学过渡。尽管医学技术和疾病管理的进步在一定程度上缓解了一些风险,但高BMI的流行及其他心血管风险因素的增加可能抵消了这些进展。与全球和美国的趋势相比,中国呈现出独特的流行病学特征。高BMI导致的主动脉瘤负担在中国的增长速度显著高于全球,反映出过去30年中国迅速的社会经济变化^[19],包括城市化进程、身体活动减少以及高热量、低营养的饮食转变。人口老龄化对中国的主动脉瘤负担也产生了不成比例的影响,因为老年群体在总人口中所

占比例日益增加,且更易受到主动脉瘤相关死亡和发病的影响^[20]。此外,虽然美国等高SDI地区已有长期的公共卫生策略应对肥胖及相关疾病,但中国的类似干预措施相对较新,这可能也是观察到的趋势差异的原因之一^[21]。

高BMI与主动脉瘤负担之间的关联可通过多个机制来解释。首先,BMI升高导致血压升高,增加了主动脉壁的机械压力,加速了血管的扩张和壁的弱化^[22-23]。其次,BMI较高人群的脂肪组织分泌促炎细胞因子,如白介素-6和肿瘤坏死因子 α ,这些细胞因子促进血管的炎症和重塑^[24-25],从而增加主动脉瘤的风险。同时,高BMI与增加的氧化应激相关,这可能导致主动脉壁的结构损伤^[26-27]、基质金属蛋白酶的激活以及细胞外基质成分的降解,最终导致血管壁的弱化^[28]。第三,围血管脂肪组织(perivascular adipose tissue, PVAT)在血管健康中起着关键作用,能够调节炎症和氧化应激^[29-30]。在肥胖状态下,PVAT发生病理性变化,从抗炎型转变为促炎型^[31-32]。这一转变促进了主动脉壁的损伤,推动了主动脉瘤的发生和发展。围

绕主动脉壁的PVAT在主动脉瘤进展中起着至关重要的作用^[33]，通过在病理条件下驱动血管炎症和基质重塑^[34]。研究^[35]证明，PVAT体积与主动脉尺寸之间存在正相关关系，且BMI与主动脉PVAT体积直接相关。过度的PVAT密度可能导致主动脉壁的弱化^[36]，从而将高BMI与主动脉瘤的发生和死亡风险联系起来。这些发现强调了在预防和管理与高BMI相关的主动脉瘤时持续努力的重要性，尤其是在病例数量不断上升的背景下。最后，高BMI通常伴随着胰岛素抵抗、糖尿病和血脂异常^[37]，这些因素通过内皮功能障碍和动脉壁脂质沉积等机制，对血管健康产生额外的不良影响^[38]。

本研究结果还揭示了与高BMI相关的主动脉瘤负担的性别差异。男性的ASMR和DALY均高于女性，这可能与以下因素有关。首先，男性往往积累更多的内脏脂肪^[39]，内脏脂肪的代谢活性较高，与高血压和动脉粥样硬化等心血管风险密切相关。而女性一般储存的是皮下脂肪，其代谢活性较低，对血管健康的直接影响较小。其次，男性更容易从事吸烟、过量饮酒和不良饮食习惯等不健康行为，这些行为加剧了主动脉瘤的风险。此外，男性可能不太倾向于及时寻求医疗护理或遵循健康管理措施。第三，女性通常更积极地利用医疗服务，这可能导致更早的诊断和更好的风险因素管理，从而降低了其主动脉瘤负担。

本研究结果强调了将高BMI作为可改变的主动脉瘤风险因素进行干预的关键性。有效的体质管理策略，包括饮食调整、增加身体活动和公共卫生宣传，可能显著减少主动脉瘤的负担，尤其是对于中年和老年男性等高风险群体。针对特定人群的干预措施也至关重要。例如，健康教育和生活方式干预应优先关注高BMI的男性群体^[40]，而人口老龄化对女性主动脉瘤负担的影响也应得到更密切的关注。除了个体层面的干预，广泛的公共卫生策略同样是必要的^[41]。这些策略包括将BMI管理纳入慢性疾病预防计划、增强主动脉瘤和心血管疾病的监测，并在医疗资源分配中优先考虑高BMI人群。我们的预测表明，未来几十年，由高BMI导致的主动脉瘤负担将继续保持在较高水平，因此需要持续努力以应对这一公共卫生挑战。

尽管本研究使用了高质量的GBD数据和稳健的统计方法，但仍存在一些局限性。首先，依赖

GBD估计可能会引入不确定性，特别是在中国一些数据较为薄弱的地区，如农村和偏远地区。其次，高BMI与主动脉瘤之间的关联涉及多个交互因素，本研究未能完全考虑潜在的混杂因素，如高血压、吸烟和遗传易感性等。另外，由于GBD数据为建模后的国家/地区层级估计结果，未提供原始个体水平数据，因此无法纳入个体危险因素（如吸烟史、高血压等）作为协变量进行调整分析。

综上所述，1990—2021年间，中国归因于高BMI的主动脉瘤疾病负担显著增加，男性及老年人群承担了最主要的疾病负担。与全球水平及高SDI地区相比，中国主动脉瘤负担的增幅尤为突出，反映了特有的流行病学与人口学转变。该负担的上升由高BMI快速增长、人口老龄化及肥胖防控公共卫生干预不足等多因素共同驱动。尽管未来增速可能趋缓，但高BMI所致主动脉瘤负担预计在未来十年仍将持续处于高位。后续研究应优先开展高BMI与主动脉瘤因果关联的机制探索，并通过长期前瞻性研究评估干预措施的有效性。本研究凸显了制定有效控制BMI策略、降低主动脉瘤疾病负担的紧迫性，为完善我国慢性病防控政策、制定针对性干预措施提供了重要依据。

作者贡献声明：张元元负责数据采集、可视化处理、初稿撰写和统计；王雅文负责数据采集和整理；代阳阳负责数据采集和整理；杨柳负责修订及审阅。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] Golledge J. Abdominal aortic aneurysm: update on pathogenesis and medical treatments[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2019, 16(4):225-242. doi:10.1038/s41569-018-0114-9.
- [2] Liu B, Granville DJ, Golledge J, et al. Pathogenic mechanisms and the potential of drug therapies for aortic aneurysm[J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2020, 318(3): H652-H670. doi: 10.1152/ajpheart.00621.2019.
- [3] Mehrabi Nasab E, Athari SS. The prevalence of thoracic aorta aneurysm as an important cardiovascular disease in the general population[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2022, 17(1): 51. doi: 10.1186/s13019-022-01767-0.
- [4] Jana S, Hu M, Shen M, et al. Extracellular matrix, regional

- heterogeneity of the aorta, and aortic aneurysm[J]. *Exp Mol Med*, 2019, 51(12):1–15. doi:10.1038/s12276-019-0286-3.
- [5] Khan SS, Ning H, Wilkins JT, et al. Association of body mass index with lifetime risk of cardiovascular disease and compression of morbidity[J]. *JAMA Cardiol*, 2018, 3(4): 280–287. doi: 10.1001/jamacardio.2018.0022.
- [6] Held C, Hadziosmanovic N, Aylward PE, et al. Body Mass Index and Association with Cardiovascular Outcomes in Patients With Stable Coronary Heart Disease - A STABILITY Substudy[J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(3):e023667. doi:10.1161/JAHA.121.023667.
- [7] Khafagy R, Dash S. Obesity and cardiovascular disease: the emerging role of inflammation[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8: 768119. doi:10.3389/fcvm.2021.768119.
- [8] Almuwaqqat Z, Hui Q, Liu C, et al. Long-term body mass index variability and adverse cardiovascular outcomes[J]. *JAMA Netw Open*, 2024, 7(3): e243062. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2024.3062.
- [9] Takada M, Yamagishi K, Tamakoshi A, et al. Body mass index and mortality from aortic aneurysm and dissection[J]. *J Atheroscler Thromb*, 2021, 28(4):338–348. doi:10.5551/jat.57232.
- [10] Takagi H, Umemoto T. The association between body mass index and abdominal aortic aneurysm growth: a systematic review[J]. *Vasa*, 2016, 45(2):119–124. doi:10.1024/0301-1526/a000505.
- [11] Larsson SC, Bäck M, Rees JMB, et al. Body mass index and body composition in relation to 14 cardiovascular conditions in UK Biobank: a Mendelian randomization study[J]. *Eur Heart J*, 2020, 41(2):221–226. doi:10.1093/eurheartj/ehz388.
- [12] Wu Y, Zhang H, Jiang D, et al. Body mass index and the risk of abdominal aortic aneurysm presence and postoperative mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis[J]. *Int J Surg*, 2024, 110(4):2396–2410. doi:10.1097/JS9.0000000000001125.
- [13] Chen Y, Ma L, Han Z, et al. The global burden of disease attributable to high body mass index in 204 countries and territories: Findings from 1990 to 2019 and predictions to 2035[J]. *Diabetes Obes Metab*, 2024, 26(9): 3998–4010. doi: 10.1111/dom.15748.
- [14] Zhou XD, Chen QF, Yang W, et al. Burden of disease attributable to high body mass index: an analysis of data from the Global Burden of Disease Study 2021[J]. *EclinicalMedicine*, 2024, 76: 102848. doi:10.1016/j.eclinm.2024.102848.
- [15] GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet*, 2020, 396(10258): 1204–1222. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30925-9.
- [16] GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet*, 2020, 396(10258): 1223–1249. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2.
- [17] GBD 2021 Causes of Death Collaborators. Global burden of 288 causes of death and life expectancy decomposition in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. *Lancet*, 2024, 403(10440): 2100–2132. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00367-2.
- [18] Dai H, Alsalhe TA, Chalghaf N, et al. The global burden of disease attributable to high body mass index in 195 countries and territories, 1990–2017: an analysis of the Global Burden of Disease Study[J]. *PLoS Med*, 2020, 17(7):e1003198. doi:10.1371/journal.pmed.1003198.
- [19] Chen X, Giles J, Yao Y, et al. The path to healthy ageing in China: a Peking University-lancet commission[J]. *Lancet*, 2022, 400(10367): 1967–2006. doi:10.1016/S0140-6736(22)01546-X.
- [20] Fu L, Fang Y, Dong Y. The healthcare inequality among middle-aged and older adults in China: a comparative analysis between the full samples and the homogeneous population[J]. *Health Econ Rev*, 2022, 12(1):34. doi:10.1186/s13561-022-00383-x.
- [21] Temple NJ. A proposed strategy against obesity: how government policy can counter the obesogenic environment[J]. *Nutrients*, 2023, 15(13):2910. doi:10.3390/nu15132910.
- [22] Liu Y, Yan Y, Yang X, et al. Long-term burden of higher body mass index and adult arterial stiffness are linked predominantly through elevated blood pressure[J]. *Hypertension*, 2019, 73(1): 229–234. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.12106.
- [23] Ren J, Wu NN, Wang S, et al. Obesity cardiomyopathy: evidence, mechanisms, and therapeutic implications[J]. *Physiol Rev*, 2021, 101(4):1745–1807. doi:10.1152/physrev.00030.2020.
- [24] Zatterale F, Longo M, Naderi J, et al. Chronic adipose tissue inflammation linking obesity to insulin resistance and type 2 diabetes[J]. *Front Physiol*, 2020, 10: 1607. doi: 10.3389/fphys.2019.01607.
- [25] Kawai T, Autieri MV, Scalia R. Adipose tissue inflammation and metabolic dysfunction in obesity[J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2021, 320(3):C375–C391. doi:10.1152/ajpcell.00379.2020.
- [26] Martínez-Martínez E, Souza-Neto FV, Jiménez-González S, et al. Oxidative stress and vascular damage in the context of obesity: the hidden guest[J]. *Antioxidants (Basel)*, 2021, 10(3): 406. doi: 10.3390/antiox10030406.
- [27] Piko N, Bevc S, Hojs R, et al. Higher Body Mass Index is associated with increased arterial stiffness prior to target organ damage: a cross-sectional cohort study[J]. *BMC Cardiovasc*

- Disord, 2023, 23(1):460. doi:10.1186/s12872-023-03503-5.
- [28] Sidloff D, Choke E, Stather P, et al. Mortality from thoracic aortic diseases and associations with cardiovascular risk factors[J]. *Circulation*, 2014, 130(25): 2287-2294. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.010890.
- [29] Queiroz M, Sena CM. Perivascular adipose tissue: a central player in the triad of diabetes, obesity, and cardiovascular health[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23(1): 455. doi: 10.1186/s12933-024-02549-9.
- [30] Nosalski R, Guzik TJ. Perivascular adipose tissue inflammation in vascular disease[J]. *Br J Pharmacol*, 2017, 174(20):3496-3513. doi: 10.1111/bph.13705.
- [31] Omar A, Chatterjee TK, Tang Y, et al. Proinflammatory phenotype of perivascular adipocytes[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2014, 34(8):1631-1636. doi:10.1161/ATVBAHA.114.303030.
- [32] Adachi Y, Ueda K, Nomura S, et al. Beiging of perivascular adipose tissue regulates its inflammation and vascular remodeling[J]. *Nat Commun*, 2022, 13(1): 5117. doi: 10.1038/s41467-022-32658-6.
- [33] Zhang S, Gu H, Chang N, et al. Assessing abdominal aortic aneurysm progression by using perivascular adipose tissue attenuation on computed tomography angiography[J]. *Korean J Radiol*, 2023, 24(10):974-982. doi:10.3348/kjr.2023.0339.
- [34] Zhang ZB, Ruan CC, Lin JR, et al. Perivascular adipose tissue-derived PDGF-D contributes to aortic aneurysm formation during obesity[J]. *Diabetes*, 2018, 67(8): 1549-1560. doi: 10.2337/db18-0098.
- [35] Ye T, Zhang G, Liu H, et al. Relationships between perivascular adipose tissue and abdominal aortic aneurysms[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021, 12: 704845. doi: 10.3389/fendo.2021.704845.
- [36] Dias-Neto M, Meekel JP, van Schaik TG, et al. High density of periaortic adipose tissue in abdominal aortic aneurysm[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2018, 56(5): 663-671. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.07.008.
- [37] Klop B, Elte JW, Cabezas MC. Dyslipidemia in obesity: mechanisms and potential targets[J]. *Nutrients*, 2013, 5(4): 1218-1240. doi:10.3390/nu5041218.
- [38] Kajikawa M, Higashi Y. Obesity and endothelial function[J]. *Biomedicines*, 2022, 10(7): 1745. doi: 10.3390/biomedicines10071745.
- [39] Nauli AM, Matin S. Why do men accumulate abdominal visceral fat? [J]. *Front Physiol*, 2019, 10: 1486. doi: 10.3389/fphys.2019.01486.
- [40] Walsh K, Grech C, Hill K. Health advice and education given to overweight patients by primary care doctors and nurses: a scoping literature review[J]. *Prev Med Rep*, 2019, 14:100812. doi:10.1016/j.pmedr.2019.01.016.
- [41] Sunol R, González-González AI, Valli C, et al. Self-management interventions for adults living with obesity to improve patient-relevant outcomes: an evidence map[J]. *Patient Educ Couns*, 2023, 110:107647. doi:10.1016/j.pec.2023.107647.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式: 张元元, 王雅文, 代阳阳, 等. 基于GBD数据的中国高体质量指数相关主动脉瘤疾病负担变化趋势分析[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(6): 1157-1170. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250283

Cite this article as: Zhang YY, Wang YW, Dai YY, et al. Trends in disease burden of aortic aneurysm attributable to high body mass index in China based on GBD data[J]. *Chin J Gen Surg*, 2025, 34(6): 1157-1170. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250283