· 疾病预防控制 ·

1990—2021 年 15 至 49 岁中青年心肌炎的全球、区域及国家负担及其至 2050 年趋势预测

燕驰[1,3],李雪芳[1],臧夏炎[1],林飞[1,2],鲁广建[3]

1. 河南医药大学第一附属医院生命科学研究中心,河南 新乡 453100;2. 河南医药大学第一附属医院中医科;
3. 河南医药大学第一附属医院检验科

摘要:目的　评估 1990—2021 年全球 15 ~ 49 岁中青年心肌炎的负担,并预测到 2050 年的疾病趋势,为防控提供依据。**方法**　基于 2021 年全球疾病负担(GBD)数据库,采用年龄标准化率、连接点回归、社会经济指标(SDI)相关性分析及贝叶斯预测框架进行评估。**结果**　2021 年,全球 15 ~ 49 岁中青年心肌炎的年龄标准化患病率呈上升趋势,但年龄标准化发病率、年龄标准化死亡率和年龄标准化伤残调整寿命年率却出现了显著下降。男性负担更重。高 SDI 地区患病率最高,中高 SDI 地区死亡风险最显著。预测至 2050 年病例数可能增加,但标准化率将继续下降。**结论**　需针对高危人群和地区制定干预策略,提升低 SDI 地区医疗水平,并通过全球合作减少健康不平等。

关键词:心肌炎;中青年;疾病负担

中图分类号:R542.2　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1003 - 8507(2026)08 - 1501 - 07

DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202511224

Global, regional and national burden of myocarditis in young and middle - aged people aged 15 - 49 years from 1990 to 2021 and trend prediction by 2050

YAN Chi*, LI Xue - fang, ZANG Xia - yan, LIN Fei, LU Guang - jian

The Life Science Research Center of the First Affiliated Hospital of Henan Medical University, Xinxiang, Henan 453100, *China*

Abstract: Objective　To assess the global burden of myocarditis among individuals aged 15 - 49 years from 1990 to 2021 and to project disease trends up to 2050, providing a basis for prevention and control. **Methods**　Based on the Global Burden of Disease (GBD) 2021 database, the assessment employed age - standardized rates, joinpoint regression, correlation analysis with the Socio - demographic Index (SDI), and a Bayesian prediction framework. **Results**　In 2021, the global age - standardized prevalence rate (ASPR) of myocarditis in this population showed an upward trend, while the age - standardized incidence rate (ASIR), age - standardized mortality rate (ASMR), and age - standardized disability - adjusted life years (DALYs) rate decreased significantly. The burden was higher among males. The highest ASPR was observed in high - SDI regions, and the most significant mortality risk was found in middle - high SDI regions. The number of cases is projected to potentially increase by 2050, although the standardized rates are expected to continue declining. **Conclusion**　Targeted intervention strategies for high - risk populations and regions are necessary, along with improving medical standards in low - SDI areas and reducing health inequalities through global cooperation.

Keywords: Myocarditis; Young and middle - aged people; Disease burden

心肌炎是全球性的健康挑战,是中青年猝死和严重心脏疾病的主要原因之一[1],心肌炎还会引发心律失常和心力衰竭等严重的心脏疾病[2-3]。其病因除病毒、自身免疫等传统因素外[2],社会经济发展水平作为潜在的影响因素日益受到关注。一项前瞻性队列研究表明与高社会经济地位的人群相比,低经济社会地位的人群患心血管疾病的风险更高[4],同时,社会经济发展水平较高的地区心肌炎病因以病毒感染为主,而在社会经济发展水平较低的地区,心肌炎的病因可能更复杂,并且除病毒外,风湿性心脏病、克氏锥虫感染等病因占据相当比例[5]。这种差异提示社会经济因素可能通过影响医疗可及性及病因暴露在

基金项目:河南省科技攻关项目(252102311285);河南省高等学校重点科研项目计划(25B360015);河南省重点研发与推广专项(232102310425)

作者简介:燕驰(2000—),男,硕士在读,研究方向:心脏电生理、心律失常发病机制

通信作者:林飞与鲁广建为共同通信作者。林飞,E - mail:linfeixixi@aliyun.com;鲁广建,E - mail:luguangjian2013@163.com

心肌炎的流行病学特征中扮演着重要角色。此外,在接种新型冠状病毒肺炎疫苗后,与接种疫苗相关的中青年心肌炎病例数量有所增加[6]进一步凸显了针对该人群研究的紧迫性。

最近研究显示,2021 年全球心肌炎发病率和死亡率较 1990 年下降[7]。虽然已有研究对全人群心肌炎负担进行了分析,但针对 15 ~ 49 岁中青年这一特定群体的系统性评估仍较为缺乏。该年龄段不仅是社会经济发展的中坚力量,也是心肌炎导致猝死和长期残疾的高风险人群。因此,本研究基于全球疾病负担(GBD) 2021 数据,旨在系统评估 1990 年至 2021 年期间 15 至 49 岁中青年的心肌炎负担,并预测至 2050 年的趋势,为针对中青年人群实施预防措施和及时临床干预提供基于证据的策略指导。

1 资料与方法

1.1 *资料来源* 数据来源于 GBD 2021 数据库,涵盖 1990 至 2021 年全球 204 个国家和地区 371 种疾病的流行病学资料[8]。提取 15 ~ 49 岁人群心肌炎数据,病例定义基于临床诊断综合判断[9]。同时纳入社会人口指数(SDI)以分析疾病负担差异。SDI 根据人均收入、教育水平和生育率计算,SDI 的排名范围从 0(最低发展水平)到 1(最高发展水平),并根据其五等分被分为低 SDI(< 0.466)、低中 SDI(≥0.466 且 < 0.619)、中 SDI(≥0.619 且 < 0.720)、高中 SDI(≥ 0.720 且 <0.810)和高 SDI(≥0.810)。

1.2 *评价指标* 研究采用年龄标准化患病率(Age - Standardized Prevalence Rate, ASPR)、年龄标准化发病率(Age - Standardized Incidence Rate, ASIR)、年龄标准化死亡率(Age - Standardized Mortality Rate, ASMR)、以及年龄标准化伤残调整寿命年率(Disability - Adjusted Life Years, DALYs)四大核心年龄标准化指标系统评估疾病心肌炎的疾病负担。所有输出值均带有 95% 的不确定性区间(Uncertainty Interval, UI)

1.3 *统计学方法* 采用估计年度百分比变化(Annual Percent Change Estimation, EAPC)通过对数线性回归计算出带有 95% 置信区间(Confidence Interval, *CI*)的 EAPC, EAPC 的计算公式为 EAPC = [exp(β) - 1] ×100%, EAPC 及其 95% *CI* 上限为负,表明呈下降趋势;EAPC 及其 95% *CI* 下限为正,表明呈上升趋势;若 95% *CI* 包含 0,则视为趋势稳定,即变化不显著。采用 Joinpoint 回归模型计算年度百分比变化(Annual Percentage Change, APC)、平均年度百分比变化(Average Annual Percentage Change, AAPC)以及相应的置信区间,该分析使用美国国家癌症研究所提供的 Joinpoint Regression Program (版本 4.9.1.0)完成,且趋势的统计学意义判断标准与 EAPC 相同。模型选择基于网格搜索法,并通过贝叶斯信息准则(BIC) 确定最佳连接点数量及位置,最终选择具有最小 BIC 值的模型。使用斜率不平等指数(Slope Index of Inequality, SII)和集中度指数(Concentration Index of Inequality, CII)分析健康不平等。基于贝叶斯年龄—时期—队列(BAPC)框架预测 2022—2050 年的发病趋势,所有分析均使用 R 软件完成,检验水准 α =0.05。

2 结 果

2.1 *1990—2021 年全球的中青年心肌炎负担* 2021 年,全球 15 ~ 49 岁人群心肌炎的 ASPR、ASIR、ASMR 和 DALYs 见表 1。1990—2021 年间,全球的 ASPR 呈上升趋势(EAPC = 0.15),而 ASIR(EAPC = -0.18)、ASMR(EAPC = -0.86)和 DALYs(EAPC = -0.86)均下降;男性的 ASPR、ASIR、ASMR 和 DALYs 均高于女性。

表 1 全球和不同 SDI 区域 15 至 49 岁中青年人群心肌炎的负担

Table 1 The burden of myocarditis among the young and middle - aged population aged 15 to 49 in global and different SDI regions

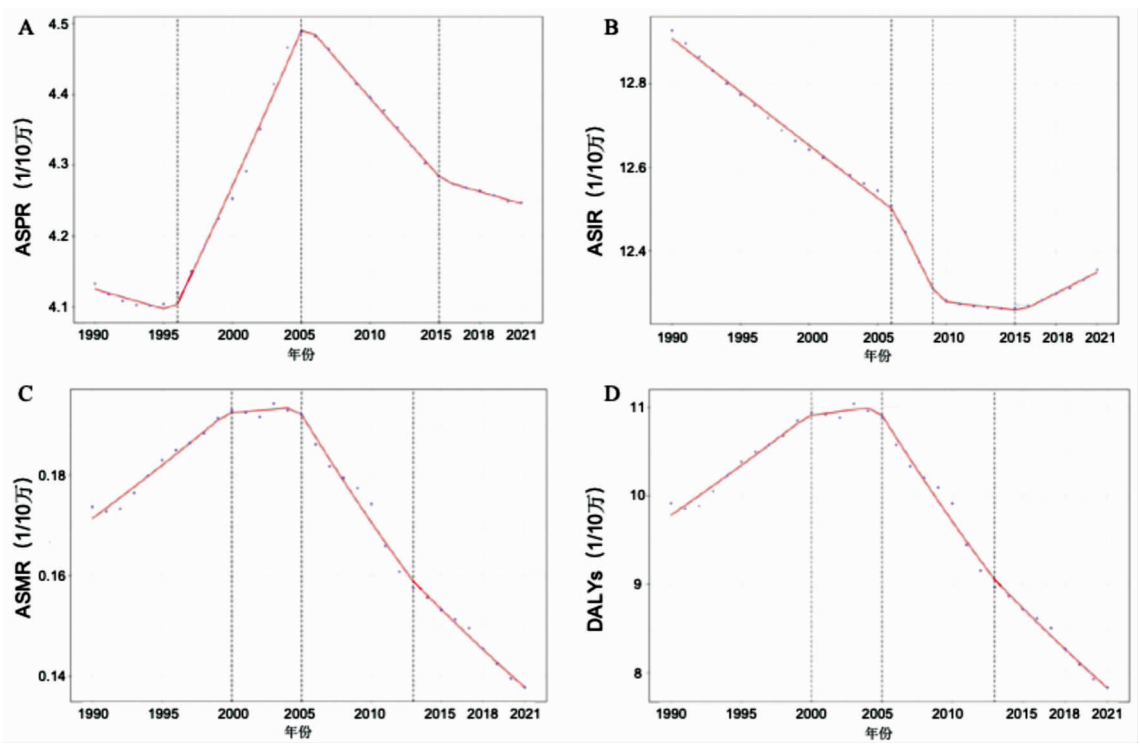
分类	ASPR		ASIR	
	2021 年(1/10 万, 95% *UI*)	EAPC (%/年, 95% *CI*)	2021 年(1/10 万, 95% *UI*)	EAPC (%/年, 95% *CI*)
全球	4.25(2.79 ~ 6.31)	0.15(0.05 ~ 0.25)	12.35(6.88 ~ 19.94)	-0.18(-0.20 ~ -0.16)
性别				
男	4.76(3.06 ~ 7.18)	0.073(-0.010 ~ 0.157)	14.97(8.48 ~ 24.14)	-0.209(-0.229 ~ -0.189)
女	3.73(2.46 ~ 5.44)	0.263(0.138 ~ 0.389)	9.67(5.23 ~ 15.68)	-0.132(-0.158 ~ -0.106)
SDI				
高 SDI	6.97(4.99 ~ 9.51)	0.58(0.35 ~ 0.81)	14.13(8.36 ~ 22.05)	-0.19(-0.26 ~ -0.11)
中高 SDI	4.75(3.16 ~ 6.89)	0.48(0.33 ~ 0.63)	12.41(6.96 ~ 19.89)	-0.20(-0.22 ~ -0.17)
中 SDI	4.15(2.67 ~ 6.21)	0.34(0.26 ~ 0.41)	12.28(6.79 ~ 19.91)	-0.17(-0.20 ~ -0.15)
中低 SDI	3.46(2.07 ~ 5.46)	0.07(0.07 ~ 0.08)	12.05(6.57 ~ 19.78)	-0.02(-0.02 ~ -0.02)
低 SDI	3.34(1.98 ~ 5.28)	-0.09(-0.10 ~ -0.08)	11.70(6.34 ~ 19.23)	-0.02(-0.02 ~ -0.02)

（续表）

分类	ASMR		DALYs	
	2021 年(1/10 万，95% *UI*)	EAPC（%/年，95% *CI*）	2021 年(1/10 万，95% *UI*)	EAPC（%/年，95% *CI*）
全球	0.14(0.11～0.18)	−0.86(−1.13～−0.58)	7.83(6.13～10.30)	−0.86(−1.13～−0.58)
性别				
男	0.18(0.13～0.26)	−0.778(−1.033～−0.523)	10.00(7.18～14.45)	−0.806(−1.060～−0.552)
女	0.10(0.07～0.13)	−0.976(−1.316～−0.634)	5.61(4.24～7.28)	−0.934(−1.266～−0.601)
SDI				
高 SDI	0.14(0.13～0.15)	−0.81(−1.32～−0.30)	8.12(7.52～8.80)	−0.76(−1.26～−0.25)
中高 SDI	0.19(0.14～0.22)	−0.03(−0.34～0.29)	10.42(8.04～12.50)	−0.07(−0.39～0.25)
中 SDI	0.14(0.10～0.18)	−1.17(−1.44～−0.89)	8.22(5.70～10.41)	−1.15(−1.41～−0.88)
中低 SDI	0.12(0.07～0.20)	−0.73(−0.84～−0.61)	6.50(4.06～10.89)	−0.66(−0.78～−0.54)
低 SDI	0.11(0.05～0.24)	−1.25(−1.34～−1.15)	6.29(3.17～13.23)	−1.18(−1.28～−1.09)

2.2　1990—2021 年各地区的中青年心肌炎负担　在 5 个 SDI 区域中，2021 年高 SDI 区域的 ASPR(6.9／10 万)和 ASIR(14.13/10 万)最高，而中高 SDI 区域的 ASMR(0.19/10 万)和 DALYs(10.42/10 万)最高。低 SDI 区域的各项指标均为最低。在时间趋势上，除低 SDI 区域的 ASPR 有所下降(EAPC = −0.09)外，多数 SDI 区域 ASPR 呈上升趋势，以高 SDI 区域增最大(EAPC = 0.58)。所有区域的 ASIR 均下降，中高 SDI 区域降幅较显著(EAPC = −0.20)。除中高 SDI 区域的 ASMR 与 DALYs 变化不显著外，其他区域均呈下降趋势，其中低 SDI 区域降幅最大(ASMR EAPC = −1.25，DALYs EAPC = −1.18)(表 1)。

2.3　心肌炎负担的 Joinpoint 回归分析　Joinpoint 回归分析发现，ASPR 呈上升趋势(AAPC = 0.004)，而 ASIR(AAPC = −0.018)、ASMR(AAPC = −0.001)和 DALYs(AAPC = −0.063)均呈下降趋势(图 1，表 2)。ASPR 在 1996、2005 和 2015 年出现显著转折点，于 2005 年达峰值后转为下降(图 1A)。ASIR 在 2006、2009 和 2015 年出现转折点，自 1990 年起总体下降，其中 2009—2015 年下降趋缓，但该趋势在统计学上不显著(*CI* 包含 0)，2015 年后略有回升(图 1B)。ASMR 与 DALYs 变化趋势相似，转折点出现在 2000、2005 和 2013 年，2000—2005 年间波动无统计学意义(*CI* 包含 0)，2005 年后持续下降(图 1C、D)。各曲线斜率详见表 2。



注：A、B、C、D 分别为 ASPR、ASIR、ASMR、DALYs。

图 1　Joinpoint 回归分析

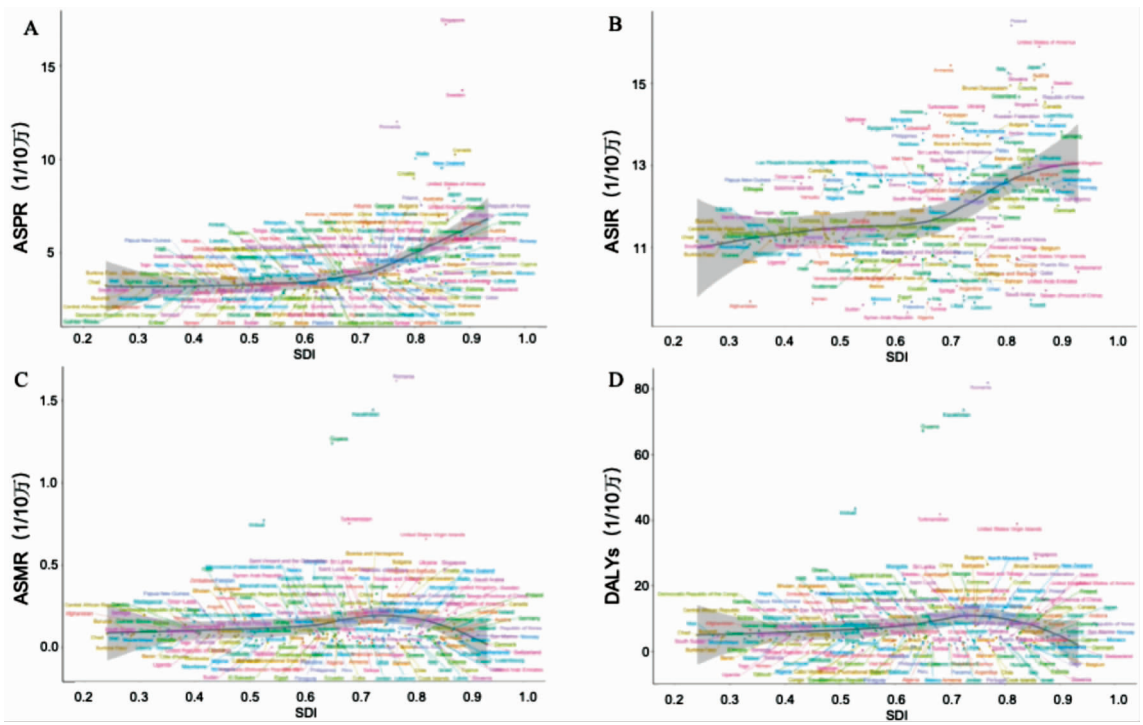
Fig. 1　Jointpoint regression analysis

表 2 Joinpoint 回归分析各曲线斜率

Table 2 Joinpoint regression analysis of the slopes of each curve and the *P* – values

指标	分段	APC (%/年,95% *CI*)	AAPC (%/年,95% *CI*)
ASPR	分段 1	−0.136(−0.236 ~ −0.035)	0.004 (0.003 ~ 0.005)
	分段 2	1.004(0.957 ~ 1.050)	
	分段 3	−0.506(−0.552 ~ −0.460)	
	分段 4	−0.132(−0.232 ~ −0.031)	
ASIR	分段 1	−0.200(−0.207 ~ −0.193)	−0.018 (−0.019 ~ −0.018)
	分段 2	−0.534(−0.633 ~ −0.434)	
	分段 3	−0.032(−0.065 ~ 0.002)	
	分段 4	0.137(0.103 ~ 0.171)	
ASMR	分段 1	1.205(1.018 ~ 1.393)	−0.001 (−0.001 ~ −0.001)
	分段 2	0.114(−0.416 ~ 0.648)	
	分段 3	−2.336(−2.589 ~ −2.083)	
	分段 4	−1.764(−1.977 ~ −1.550)	
DALYs	分段 1	1.129(0.942 ~ 1.317)	−0.063 (−0.067 ~ −0.059)
	分段 2	0.181(−0.351 ~ 0.716)	
	分段 3	−2.304(−2.558 ~ −2.050)	
	分段 4	−1.800(−2.013 ~ −1.586)	

2.4 心肌炎负担与 SDI 之间的相关性 在全球 204 个国家和地区中，ASPR 与 ASIR 随 SDI 升高而逐渐上升(图 2A，B)。ASMR 与 DALYs 随 SDI 升高呈现先升后降的趋势，在 SDI 约 0.75 时达到峰值，随后转为下降(图 2C，D)。



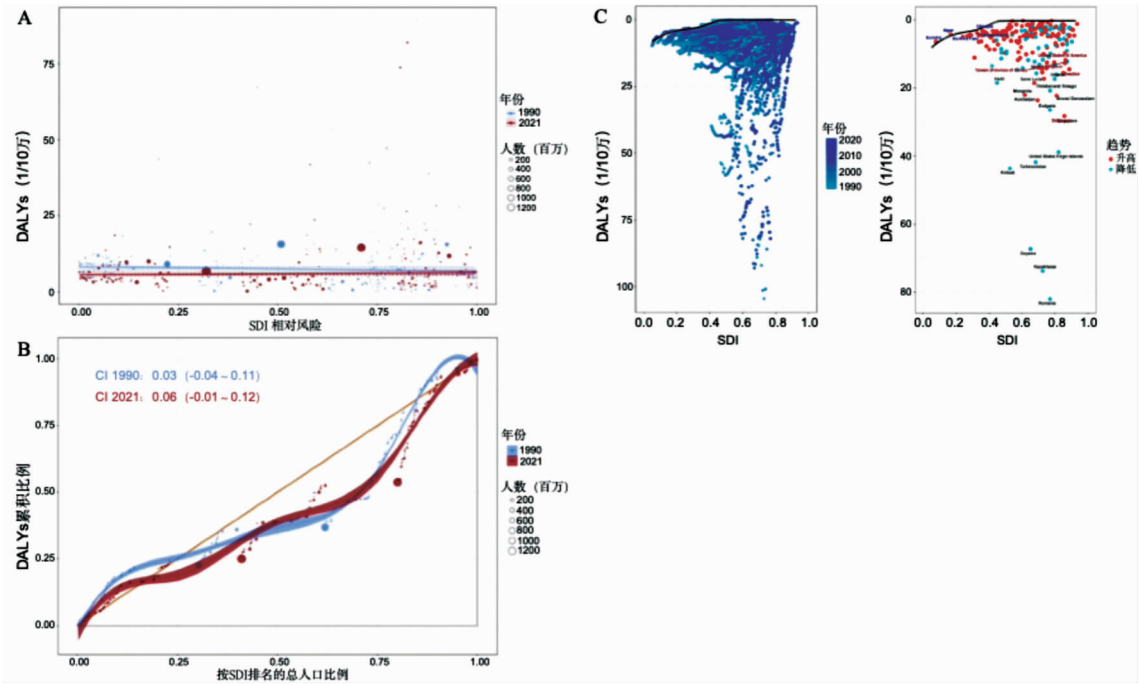
注：A、B、C、D 分别为 ASPR、ASIR、ASMR、DALYs。

图 2 心肌炎负担与 SDI 之间的相关性

Fig. 2 The correlation between myocarditis burden and SDI

2.5 心肌炎负担的健康不平等分析和前沿分析 健康不平等分析显示，DALYs 与 SDI 之间存在绝对与相对不平等，但均不显著。1990 至 2021 年间，最高与最低 SDI 国家间的 DALYs 绝对差异由 −1.41(95% *UI*：−3.52 ~ 0.70)/10 万增至 0.73(95% *UI*：−1.14 ~ 2.59)/10 万(图 3A)。相对不平等指数显示 DALYs 由 1990 年的 0.03(95% *CI*：−0.04 ~ 0.11)升至 2021 年的 0.06(95% *CI*：−0.01 ~ 0.12)(图 3B)。前沿分析表明

15 个国家的现状距最佳疾病负担前沿差距最大，其潜在改善幅度在 17.12 至 81.70 之间（图 3 C）。



注：A 和 B 分别为 DALYs 健康不平等分析的 SII 和 CII；C 为 DALYs 的前沿分析。

图 3　DALYs 的健康不平等分析和前沿分析

Fig. 3　Analysis of health inequality and frontier analysis of DALYs

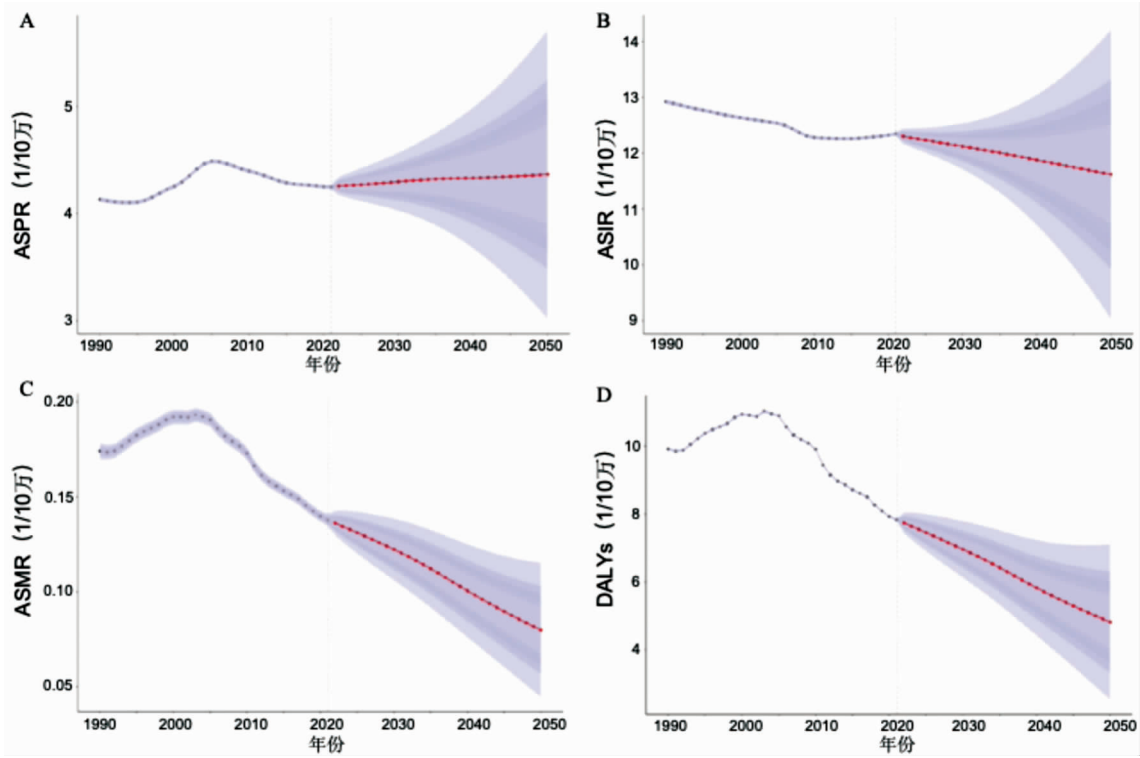
2.6　*心肌炎负担的未来预测*　预计 2022 至 2050 年间，ASPR 预计呈上升趋势，ASIR、ASMR、DALYs 均预计下降。具体而言，预计至 2025 年，ASPR 将升至 4.37/10 万，ASIR、ASMR 与 DALYs 则分别降至 11.62/10 万、0.08/10 万和 4.81/10 万。至 2050 年，预计患者将达 194 774.24 例，新发病例 518 582.42 例，死亡 3 561.19 例，DALYs 将达 214 752.92 年（图 4）。

3　讨　论

本研究基于 GBD 2021 数据，首次系统评估了全球 15 ~ 49 岁中青年心肌炎的疾病负担。结果显示，1990 至 2021 年间，该人群 ASPR 上升，而 ASIR、ASMR 和 DALYs 下降。负担分布存在显著不平等，男性及 45 ~ 49 岁人群负担更重；高 SDI 地区患病率最高，而中高 SDI 地区死亡风险最突出。连接点回归分析进一步揭示了各项指标在不同时期的具体转折变化。其中 ASPR 的上升归因于诊断技术的进步和主动监测加强，使以往难以确诊的心肌炎病例得以发现[10]，这在医疗发达国家的表现尤为明显[11]。此外，新型冠状病毒疫苗接种后相关心肌炎报告病例的增加也是极其重要的影响因素[12]。而 ASIR、ASMR 与 DALYs 的下降正是反映了全球在心肌炎防控方面取得的成效[13]。值得注意的是，低 SDI 地区的“低负担”可能受限于诊断能力和监测体系，存在漏报[14]。

疾病负担存在显著的性别差异，男性负担普遍高于女性。这种性别差异与生理（睾酮可能通过增强促炎因子表达而加重心肌损伤[15]，而雌激素具有抗炎保护作用[16]）、职业暴露以及生活方式等因素密切相关[17]，强调了针对特定人口学特征群体制定精准预防策略的必要性。此外，本研究发现 ASMR 与 DALYs 在中高 SDI 区域（SDI 约 0.75）达到峰值，这揭示了一个关键防控窗口期，在这些地区，诊断能力已有相当提升，能够发现更多病例，但治疗体系与长期随访管理可能尚未完善，导致病例发现增加但预后改善不足，从而出现较高的死亡率负担。相比之下，高 SDI 地区尽管患病率最高，但由于更完善的医疗体系，死亡率负担相对较低。

健康不平等分析显示，1990 至 2021 年间，不同 SDI 水平国家间的 DALYs 绝对差异和相对不平等均有所增加，尽管未达到统计学显著水平。这一趋势提示全球范围内心肌炎疾病负担的分布不均问题仍需关注。前沿分析进一步识别出疾病负担与最优水平差距最大的国家和地区，为资源优先配置提供了科学依据。基于贝叶斯年龄 - 时期 - 队列框架的预测显示，至 2050 年，中青年心肌炎患者绝对数量预计将继



注：A、B、C、D 分别为 ASPR、ASIR、ASMR、DALYs。

图 4 心肌炎负担的未来预测

Fig. 4 Future prediction of myocarditis burden

续增长，但各项年龄标准化率预计保持下降趋势。这一方面反映了人口增长和结构变化对疾病绝对负担的影响，肯定了当前防控措施的方向有效性，为未来防控策略的制定提供了信心。

基于 1990—2021 年的 GBD 数据及至 2050 年的预测，本研究系统揭示了全球 15 ~ 49 岁中青年人群心肌炎的疾病负担，其呈现患病率上升，而发病率、死亡率及健康损失率下降的总体趋势，存在显著的性别和地区差异。基于以上发现，未来应实施差异化精准防控。针对疾病负担更重的男性人群，需加强筛查与健康教育，且研究表明系统的指导教育能显著提高依从性[18-19]。其次，在区域策略上，中高 SDI 地区重点是建设诊疗中心以改善临床预后；而高 SDI 地区应优化长期管理；低 SDI 地区则需提升基层诊断能力。未来的研究应着重提高数据质量，构建更全面的预测模型，为心肌炎的精准防控提供更有力的科学依据。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Golpour A, Patriki D, Hanson PJ, et al. Epidemiological impact of myocarditis[J]. J Clin Med, 2021, 10(4): 603.

[2] Zafeiri M, Knott K, Lampejo T. Acute myocarditis: an overview of pathogenesis, diagnosis and management[J]. Panminerva Medica, 2024, 66(2): 174-187.

[3] Sozzi FB, Gherbesi E, Faggiano A, et al. Viral myocarditis: classification, diagnosis, and clinical implications[J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9: 908663.

[4] Zhang YB, Chen C, Pan XF, et al. Associations of healthy lifestyle and socioeconomic status with mortality and incident cardiovascular disease: two prospective cohort studies[J]. BMJ (Clinical Research ed.), 2021, 373: n604.

[5] Szabo S, Oikonomopoulos T, Hoffmeister HM. Myocarditis[J]. New England Journal of Medicine, 2009, 361(4): 423-424.

[6] Truong DT, Dionne A, Muniz JC, et al. Clinically suspected myocarditis temporally related to COVID-19 vaccination in adolescents and young adults: suspected myocarditis after COVID-19 vaccination[J]. Circulation, 2022, 145(5): 345-356.

[7] Li JH, Fan HX, Yang YF, et al. Global burden of myocarditis from 1990 to 2021: findings from the Global Burden of Disease Study 2021[J]. BMC Cardiovascular Disorders, 2024, 24(1): 720.

[8] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. The Lancet, 2024, 403(10440): 2133-2161.

[9] Tschöpe C, Ammirati E, Bozkurt B, et al. Myocarditis and inflammatory cardiomyopathy: current evidence and future directions[J]. Nature Reviews Cardiology, 2021, 18(3): 169-193.

[10] Eichhorn C, Greulich S, Bucciarelli-Ducci C, et al. Multiparametric cardiovascular magnetic resonance approach in diagnosing, monitoring, and prognostication of myocarditis[J].

JACC. Cardiovascular Imaging, 2022, 15(7): 1325 – 1338.
[11] De gaspari M, Larsen BT, d' Amati G, et al. Diagnosing myocarditis in endomyocardial biopsies: survey of current practice [J]. Cardiovascular Pathology, 2023, 64: 107494.
[12] Patone M, Mei XW, Handunnetthi L, et al. Risks of myocarditis, pericarditis, and cardiac arrhythmias associated with COVID – 19 vaccination or SARS – CoV – 2 infection [J]. Nature Medicine, 2022, 28(2): 410 – 422.
[13] Ammirati E, Moslehi JJ. Diagnosis and treatment of acute myocarditis: a review [J]. JAMA: the Journal of the American Medical Association, 2023, 329(13): 1098 – 1113.
[14] Sahal N, Reintjes R, Aro AR. Review article: communicable diseases surveillance lessons learned from developed and developing countries: literature review [J]. Scandinavian Journal of Public Health, 2009, 37(2): 187 – 200.
[15] Svedlund eriksson E, Lantero Rodriguez M, Halvorsen B, et al. Testosterone exacerbates neutrophilia and cardiac injury in myocardial infarction via actions in bone marrow [J]. Nature Communications, 2025, 16(1): 1142.
[16] Gersh F, O' Keefe JH, Elagizi A, et al. Estrogen and cardiovascular disease [J]. Progress in Cardiovascular Diseases, 2024, 84: 60 – 67.
[17] Teixeira LR, Pega F, Dzhambov AM, et al. The effect of occupational exposure to noise on ischaemic heart disease, stroke and hypertension: A systematic review and meta – analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work – Related Burden of Disease and Injury [J]. Environment International, 2021, 154: 106387.
[18] Shi W, Ghisi GLM, Zhang L, et al. Systematic review, meta – analysis and meta – regression to determine the effects of patient education on health behaviour change in adults diagnosed with coronary heart disease [J]. J Clin Nurs, 2023, 32(15/16): 5300 – 5327.
[19] Xu MQ, Lo SHS, Miu EYN, et al. Educational programmes for improving medication adherence among older adults with coronary artery disease: A systematic review and meta – analysis [J]. International Journal of Nursing Studies, 2025, 161: 104924.

收稿日期:2025-11-14

(上接第 1397 页)

[17] 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)[J]. 中华糖尿病杂志,2021,13(4):315 – 409.
Chinese Diabetes Society. Chinese Guidelines for the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes (2020 Edition) [J]. Chinese Journal of Diabetes, 2021, 13(4): 315 – 409.
[18] Herascu A, Avram VF, Gaita L, et al. Interventions targeting insulin resistance in patients with type 1 diabetes: a narrative review [J]. Medicina (Kaunas, Lithuania), 2024, 60(12): 2067.
[19] Li R, Li WC, Lun ZJ, et al. Prevalence of metabolic syndrome in Mainland China: a meta – analysis of published studies [J]. BMC Public Health, 2016, 16: 296.
[20] 夏舟容,付林,蔡鹏,等. 成都市社区老年人代谢综合征现状及影响因素的性别差异研究[J]. 现代预防医学,2024,51(2):279 – 284.
Xia ZR, Fu L, Cai P, et al. Gender differences of metabolic syndrome and influencing factors among elderly People in urban communities [J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(2): 279 – 284. (In Chinese)
[21] De siqueira valadares LT, de Souza LSB, Salgado Júnior VA, et al. Prevalence of metabolic syndrome in Brazilian adults in the last 10 years: a systematic review and meta – analysis [J]. BMC Public Health, 2022, 22(1): 327.
[22] Hirode G, Wong RJ. Trends in the prevalence of metabolic syndrome in the United States, 2011 – 2016 [J]. JAMA: the Journal of the American Medical Association, 2020, 323(24): 2526 – 2528.
[23] Strauss M, Lavie CJ, Lippi G, et al. A systematic review of prevalence of metabolic syndrome in occupational groups – Does occupation matter in the global epidemic of metabolic syndrome? [J]. Progress in Cardiovascular Diseases, 2022, 75: 69 – 77.
[24] Steinbrink GM, Martinez J, Swartz AM, et al. Is all physical activity equal? Investigating the total and domain – specific relationships between physical activity and cardiometabolic health in U.S. adults (NHANES 2013 – 2018) [J]. BMC Public Health, 2024, 24(1): 3363.
[25] 李庆林,王涵,张晓红,等. 倒班和睡眠时间对钢铁工人肝功能异常的影响[J]. 中华疾病控制杂志,2021,25(11):1347 – 1353.
Li QL, Wang H, Zhang XH, et al. Effects of rotating night shift work and sleep duration on liver dysfunction among steelworkers [J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention, 2021, 25(11): 1347 – 1353. (In Chinese)
[26] Wang F, Zhang L, Zhang Y, et al. Meta – analysis on night shift work and risk of metabolic syndrome [J]. Obesity Reviews, 2014, 15(9): 709 – 720.
[27] Steinberg GR, Valvano CM, De NW, et al. Integrative metabolism in MASLD and MASH: Pathophysiology and emerging mechanisms [J]. Journal of Hepatology, 2025, 83(2): 584 – 595.
[28] Apostolopoulou M, Lambadiari V, Roden M, et al. Insulin resistance in type 1 diabetes: pathophysiological, clinical, and therapeutic relevance [J]. Endocrine Reviews, 2025, 46(3): 317 – 348.
[29] Hill MA, Yang Y, Zhang LP, et al. Insulin resistance, cardiovascular stiffening and cardiovascular disease [J]. Metabolism, 2021, 119: 154766.
[30] Tripathy D, Mohanty P, Dhindsa S, et al. Elevation of free fatty acids induces inflammation and impairs vascular reactivity in healthy subjects [J]. Diabetes, 2003, 52(12): 2882 – 2887.
[31] Pedersen M, Halldorsson TI, Ketzel M, et al. Associations between ambient air pollution and noise from road traffic with blood pressure and insulin resistance in children from Denmark [J]. Environment Epidemiology, 2019, 3(5): e069.
[32] 陈楠,宋琳,王心巧,等. 职业慢性心理应激与转氨酶、HSP70 基因家族及其蛋白交互作用与代谢综合征的关联[J]. 卫生研究,2024,53(4):561 – 568.
Chen N, Song L, Wang XQ, et al. Occupational chronic psychological stress and transaminase, HSP70 gene family and its proteins association of the interaction with metabolic syndrome [J]. Journal of Hygiene Research, 2024, 53(4): 561 – 568. (In Chinese)
[33] Sampath kumar A, Maiya AG, Shastry BA, et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta – analysis [J]. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 2019, 62(2): 98 – 103.
[34] Brown DM, Picciotto S, Costello S, et al. The healthy worker survivor effect: target parameters and target populations [J]. Curr Environ Health Rep, 2017, 4(3): 364 – 372.

收稿日期:2025-11-03