doi：10.7499/j.issn.1008-8830.2507141

论著·临床研究

1990—2021 年中国 0~19 岁儿童青少年心肌炎疾病负担和风险因素及疾病负担趋势预测

赵陆华[1]　张景秀[1]　赵真真[1]　武伟[2]

（1. 临沂市中心医院儿内科，山东临沂　276400；2. 临沂市中心医院科教科，山东临沂　276400）

［摘要］**目的**　基于全球疾病负担研究（Global Burden of Disease Study, GBD）2021 数据，分析 1990—2021 年中国 0~19 岁儿童青少年心肌炎的变化趋势，并预测 2025—2050 年疾病负担趋势。**方法**　提取 GBD 2021 数据库中国 0~19 岁人群心肌炎发病率、患病率、死亡率及伤残调整生命年（disability-adjusted life year, DALY）数据，采用 Joinpoint 回归模型分析年度变化百分比，利用 GBD 比较风险评估框架量化 4 类危险因素（环境/职业风险、非最佳温度、高温、低温），使用 ARIMA 模型预测 2025—2050 年疾病负担趋势。**结果**　1990—2021 年中国 0~19 岁儿童青少年心肌炎年龄标准化患病率上升，年龄标准化发病率、年龄标准化 DALY 率与年龄标准化死亡率均有所下降，中国总体疾病负担高于全球及中等社会人口学指数地区平均水平，男性疾病负担高于女性。2021 年中国非最佳温度与环境/职业风险合计贡献 66.4% 的疾病负担，高温导致的 DALY 及死亡率均上升。ARIMA 模型预测显示，2025—2050 年中国儿童青少年心肌炎的总发病率将保持稳定，但 5~9 岁年龄组的 DALY 和死亡率预计呈上升趋势。**结论**　1990—2021 年中国 0~19 岁儿童青少年心肌炎的年龄标准化患病率持续上升，男性各项负担指标均高于女性；预测 2025—2050 年心肌炎的总发病率将保持稳定，但 5~9 岁年龄组的伤残及死亡负担将上升。需构建基于年龄-性别分级的防控体系，并将极端温度防护纳入国家儿童心血管健康战略。

［中国当代儿科杂志，2026，28（8）：998-1007］

［关键词］心肌炎；全球疾病负担研究；风险因素；儿童

Disease burden and risk factors of myocarditis among children and adolescents aged 0-19 years in China from 1990 to 2021 and projection of future disease burden trends

ZHAO Lu-Hua, ZHANG Jing-Xiu, ZHAO Zhen-Zhen, WU Wei. Department of Research and Education, Linyi Central Hospital, Linyi, Shandong 276400, China (Wu W, Email: beech@126.com)

Abstract: Objective　Based on data from the Global Burden of Disease Study (GBD) 2021, this study aims to analyze trends in myocarditis among children and adolescents aged 0-19 years in China from 1990 to 2021 and predicts the disease burden trends from 2025 to 2050. **Methods**　Data on incidence, prevalence, mortality, and disability-adjusted life year (DALY) of myocarditis in the Chinese population aged 0-19 years were extracted from the GBD 2021 database. Joinpoint regression was used to estimate annual percent change. The GBD comparative risk assessment framework was used to quantify four categories of risk factors: environmental/occupational risks, non-optimal temperature, high temperature, and low temperature. The ARIMA model was applied to forecast the disease burden trends from 2025 to 2050. **Results**　From 1990 to 2021, the age-standardized prevalence rate of myocarditis in Chinese children and adolescents aged 0-19 years increased, while the age-standardized incidence rate, age-standardized DALY rate, and age-standardized mortality rate decreased. The overall disease burden in China exceeded the global average and that of regions with a middle socio-demographic index. Males had a higher disease burden than females. In 2021, non-optimal temperature and environmental/occupational risks collectively accounted for 66.4% of the disease burden, and DALYs and mortality attributable to high temperature showed an increasing trend. ARIMA model projections indicate

［收稿日期］2025-07-23；［接受日期］2026-03-05

［基金项目］临沂市医药卫生科技项目（202532）；临沂市中心医院院级科研基金项目（2025YJKY014）。

［作者简介］赵陆华，女，硕士，副主任医师。

［通信作者］武伟，男，正高级工程师。Email：beech@126.com。

that by 2050, the overall incidence of myocarditis will remain stable, whereas DALYs and mortality in the 5-9-year age group are expected to increase among Chinese children and adolescents aged 0-19 years. **Conclusions** In China, the age-standardized prevalence of myocarditis among children and adolescents aged 0-19 years increased continuously from 1990 to 2021, and males had higher values across all burden metrics than females. Projections for 2025-2050 suggest that the overall incidence of myocarditis will remain stable, whereas the disability and mortality burden in the 5-9-year age group will rise. An age- and sex-stratified prevention and control system should be established, and protection against extreme temperatures should be incorporated into the national strategy for children's cardiovascular health.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2026, 28(8): 998-1007]

Key words: Myocarditis; Global Burden of Disease Study; Risk factor; Child

心肌炎是心肌的一种炎症性疾病，其特征是炎性细胞浸润和非缺血性肌细胞坏死导致的心肌局灶性或弥漫性炎性病变[1]，其病理生理机制可能涉及感染介导的直接损伤和自身免疫介导的间接损伤[2]。心肌炎重症患者可伴有急性心功能不全、严重心律失常、扩张型心肌病、心源性休克，甚至猝死等，预后取决于心肌和心包受累程度[3]，儿童患者病情通常比成人更严重[4]，约2%的婴儿、5%的儿童与5%~12%的年轻运动员猝死是由心肌病引起[5]。全球疾病负担研究（Global Burden of Disease Study, GBD）数据显示，1990—2021年全球10~24岁青少年心力衰竭负担持续上升，其中心肌炎和心肌病占比高达32.7%，成为该人群心力衰竭的首要病因[6]。2021年美国心脏协会科学声明指出，心肌炎仍然是儿科的一个临床挑战[1]，对儿童青少年心肌炎的流行现状进行准确评估对该病的防治至关重要。目前多数研究[7-10]数据截至2019年，且多聚焦全球或全年龄段人群，尚缺乏对中国0~19岁儿童青少年群体的独立评估及归因负担数据。随着诊疗技术的进步及环境风险因素的影响，亟须建立兼具时效性与地域特异性的心肌炎负担预测体系以指导防控策略的制订。

本研究基于GBD 2021数据，聚焦中国0~19岁儿童青少年，分析1990—2021年该人群心肌炎的疾病负担变化趋势，并对未来心肌炎疾病负担进行预测，以期进一步了解中国儿童青少年心肌炎的发生和流行趋势，为分级诊疗和早期干预提供相关数据支持。

1 资料与方法

1.1 数据来源

GBD 2021数据库[11]整合全球21个区域及204个国家的371种疾病及伤害的数据集，使用贝叶斯混合效应元回归工具疾病建模元回归2.1（DisMod-MR 2.1）模型对1990—2021年期间各种疾病的发病率、伤害和归因风险进行估计，涵盖发病率、患病率、伤残调整生命年（disability-adjusted life year, DALY）和死亡率等核心指标，并按地区、年份、性别、年龄进行分组。在GBD 2021数据中，中国数据主要来源于卫生统计报告以及中国疾病预防控制中心[12]。

1.2 观察指标

观察指标包括发病率、患病率、DALY、死亡率等。DALY是指从心肌炎发病到死亡导致的残疾寿命年数与因过早死亡而损失的寿命年数之和[13]。社会人口学指数（socio-demographic index, SDI）[14]由健康指标与评估研究所（Institute for Health Metrics and Evaluation）2015年提出，是用于衡量一个国家社会和经济发展的概括指标，其测量结果与健康结果密切相关。根据SDI分数，各国家/地区被分类为5个类别：低、低-中、中、高-中、高。中国被归类为中SDI地区。

1.3 研究方法

本研究选取1990—2021年中国、全球及中SDI地区0~19岁儿童青少年心肌炎数据进行分析。为确保数据在不同地区/国家、时间段和人群之间的可比性，使用年龄标准化率进行调整。年龄标准化率包括年龄标准化发病率（age-standardized incidence rate, ASIR）、年龄标准化患病率（age-standardized prevalence rate, ASPR）、年龄标准化DALY率（age-standardized DALY rate, ASDR）及年龄标准化死亡率（age-standardized mortality rate, ASMR），用以评估儿童青少年的心肌炎负担及1990—2021年的变化趋势，各项指标的年龄标准化率均通过2021年全球人口进行标化，每100 000人报告每个比率以及使用GBD方法计算95%不确定性区间（uncertainty interval, *UI*）[15]。选择4个年龄组（<5岁、5~9岁、10~14岁、15~19岁），按照地区（中国、全球、中SDI地区）、性别（男、女）进一步分析。

采用Joinpoint回归模型[16]根据心肌炎分布的时间特征构建分段回归并识别相应趋势的显著变

化，通过位移分析描述年度变化百分比（annual percentage change, APC）、平均年度变化百分比（average annual percentage change, AAPC），以评估分段函数独立区间的趋势及整个研究区间的平均趋势。APC反映某个时间区段内心肌炎标准化率的变化趋势，AAPC反映整个分析时期内心肌炎标准变化率的整体变化趋势。在该模型中，当APC或AAPC双侧*P*值<0.05时具有统计学意义，若APC、AAPC>0，则趋势被描述为增加；若APC、AAPC<0，则趋势被描述为减少；否则保持稳定。

基于GBD 2021比较风险评估框架，本研究分析了4个与心肌炎相关的危险因素：环境/职业风险、非最佳温度、高温及低温对心肌炎疾病负担的影响。其中，“环境/职业风险”为1级风险类别，其下属的“非最佳温度”为2级风险类别，该类别进一步划分为“高温”和“低温”两个3级风险因素。在0~19岁儿童青少年中，环境/职业风险主要指环境暴露，如空气污染、非最佳温度等[17]。“非最佳温度”为每日暴露温度偏离理论最小风险暴露水平（theoretical minimum risk exposure level, TMREL）。TMREL指某地区特定年份中与最低死亡率对应的温度，依据该地域年均温度和死亡率数据动态估算得出。高温指高于TMREL的温度暴露，低温指低于TMREL的温度暴露[18]。

采用ARIMA模型拟合1990—2021年0~19岁心肌炎患者4个年龄标准化指标，并预测2025—2050年心肌炎相应指标的变化趋势。该模型通过集成自回归、差分和移动平均3个关键组件，能够有效捕获时间序列数据中的模式和季节性波动[19]，使用Augmented Dickey-Fuller（ADF）检验评估平稳性，使用Akaike信息标准和贝叶斯信息标准选择最优ARIMA模型[20]。

1.4 统计学分析

本研究的数据整理、计算和绘图均由Excel 2019软件及R软件（版本4.5.1）执行，*P*<0.05为差异具有统计学意义。使用ggplot2包进行数据可视化，在Excel 2019中完成数据的最终整理，并在Adobe Photoshop CS6中进行图片编辑。

2 结果

2.1 1990—2021年儿童青少年心肌炎在中国和全球的流行情况分析

2.1.1 1990—2021年中国和全球儿童青少年心肌炎的发病负担情况 中国儿童青少年心肌炎发病人数从1990年的49 461例降至2021年的30 262例，ASIR由11.00/10万降至9.11/10万。全球发病人数从1990年的201 340例增至2021年的220 480例，ASIR由8.96/10万降至8.36/10万。中SDI地区发病人数从1990年的72 608例降至2021年的65 829例，ASIR由9.49/10万降至8.76/10万。见表1。

表1 1990年与2021年中国和全球儿童青少年心肌炎的发病负担比较

地区	1990年		2021年	
	发病人数 (例，95%*UI*)	ASIR (95%*UI*) (/10万)	发病人数 (例, 95%*UI*)	ASIR (95%*UI*) (/10万)
中国	49 461(32 537~69 854)	11.00(6.33~17.82)	30 262(20 260~42 959)	9.11(5.41~14.40)
全球	201 340(131 953~286 766)	8.96(5.19~14.57)	220 480(145 024~316 991)	8.36(4.89~13.54)
中SDI地区	72 608(47 295~103 493)	9.49(5.49~15.43)	65 829(43 073~94 578)	8.76(5.12~14.19)

注：[ASIR]年龄标准化发病率；[*UI*]不确定性区间；[SDI]社会人口学指数。

2.1.2 1990—2021年中国和全球儿童青少年心肌炎的患病负担情况 中国儿童青少年心肌炎患病人数从1990年的33 739例降至2021年的32 714例。但由于同期儿童人口规模显著缩小，ASPR由7.63/10万升至9.82/10万。全球患病人数从1990年的148 477例增至2021年的164 388例，ASPR由6.43/10万降至6.24/10万。中SDI地区患病人数从1990年的44 791例降至2021年的44 567例，ASPR由5.81/10万升至5.99/10万。见表2。

2.1.3 1990—2021年中国和全球儿童青少年心肌炎的DALY负担情况 中国儿童青少年心肌炎DALY从1990年的316 744人年降至2021年的67 807人年，ASDR由71.00/10万降至20.88/10万。全球DALY从1990年的609 955人年降至2021年的269 767人年，ASDR由25.26/10万降至10.24/10万。中SDI地区DALY从1990年的288 826人年下降至2021年的83 559人年，ASDR由36.47/10万降至11.44/10万。见表3。

表2　1990年与2021年中国和全球儿童青少年心肌炎的患病负担比较

地区	1990年		2021年	
	患病人数 (例, 95%*UI*)	ASPR (95%*UI*) (/10万)	患病人数 (例, 95%*UI*)	ASPR (95%*UI*) (/10万)
中国	33 739(26 082~42 018)	7.63(5.39~10.64)	32 714(23 981~43 406)	9.82(6.75~14.01)
全球	148 477(115 917~183 944)	6.43(4.65~8.81)	164 388(125 350~206 569)	6.24(4.46~8.60)
中SDI地区	44 791(34 706~55 076)	5.81(4.16~8.05)	44 567(33 962~56 031)	5.99(4.24~8.34)

注：［ASPR］年龄标准化患病率；［*UI*］不确定性区间；［SDI］社会人口学指数。

表3　1990年与2021年中国和全球儿童青少年心肌炎的DALY负担

地区	1990年		2021年	
	DALY (人年, 95%*UI*)	ASDR (95%*UI*) (/10万)	DALY (人年, 95%*UI*)	ASDR (95%*UI*) (/10万)
中国	316 744(221 783~437 810)	71.00(47.81~100.11)	67 807(48 358~85 522)	20.88(14.64~27.09)
全球	609 955(429 419~849 349)	25.26(17.30~35.12)	269 767(222 926~337 623)	10.24(8.12~13.38)
中SDI地区	288 826(198 718~389 711)	36.47(24.33~49.60)	83 559(65 113~101 880)	11.44(8.65~14.36)

注：［DALY］伤残调整生命年；［ASDR］年龄标准化伤残调整生命年；［*UI*］不确定性区间；［SDI］社会人口学指数。

2.1.4　1990—2021年中国和全球儿童青少年心肌炎的死亡负担情况　中国儿童青少年因心肌炎死亡人数从1990年的3 639例降至2021年的782例，ASMR由0.82/10万降至0.24/10万。全球死亡人数从1990年的6 925例降至3 031例，ASMR由0.28/10万降至0.11/10万。中SDI地区死亡人数从1990年的3 306例降至2021年的957例，ASMR由0.42/10万降至0.13/10万。见表4。

表4　1990年与2021年中国和全球儿童青少年心肌炎的死亡负担

地区	1990年		2021年	
	死亡人数 (例, 95%*UI*)	ASMR (95%*UI*) (/10万)	死亡人数 (例, 95%*UI*)	ASMR (95%*UI*) (/10万)
中国	3 639(2 561~5 035)	0.82(0.55~1.15)	782(559~990)	0.24(0.17~0.32)
全球	6 925(4 903~9 721)	0.28(0.20~0.40)	3 031(2 471~3 808)	0.11(0.09~0.15)
中SDI地区	3 306(2 281~4 463)	0.42(0.28~0.57)	957(741~1 172)	0.13(0.10~0.16)

注：［ASMR］年龄标准化死亡率；［*UI*］不确定性区间；［SDI］社会人口学指数。

2.2　中国与全球儿童青少年心肌炎负担的年度变化趋势分析与比较

中国儿童青少年心肌炎ASIR整体呈下降趋势（AAPC=−0.60%，*P*<0.001），其中2006—2008年下降幅度最为显著（APC=−4.80%，*P*=0.032）；ASPR上升较为明显（AAPC=0.83%，*P*<0.001），其中2000—2004年上升幅度较大（APC=3.44%，*P*<0.001），2014—2021年有轻微下降（APC=−0.30%，*P*=0.004）；ASDR整体呈下降趋势（AAPC=−3.87%，*P*<0.001）；ASMR自1999年起整体呈下降趋势（AAPC=−3.87%，*P*<0.001）。

全球范围内，儿童青少年心肌炎的ASIR整体呈下降趋势（AAPC=−0.22%，*P*<0.001），其中2006—2008年下降幅度较大（APC=−0.93%，*P*<0.001）；ASPR呈先上升后下降趋势（AAPC=−0.09%，*P*<0.001），1995—1999年及2000—2004年明显上升（分别APC=1.64%和0.74%，均*P*<0.05），2005年起开始下降（APC=−1.10%，*P*=0.024）；ASDR和ASMR整体均呈下降趋势（分别AAPC=−2.88%、−2.96%，均*P*<0.001）。

中SDI地区儿童青少年心肌炎的ASIR整体呈下降趋势（AAPC=−0.26%，*P*<0.001），其中2006—2008年下降幅度较大（APC=−1.44%，*P*<0.001）；ASPR整体小幅上升，态势相对平稳（AAPC=0.10%，*P*<0.001），ASDR整体呈下降趋势（AAPC=−3.67%，*P*<0.001），其中1998—2005年及2017—2021年下降幅度较大（分别APC=−5.11%和−6.09%，均*P*<0.001）；ASMR整体呈下降趋势（AAPC=−3.73%，*P*<0.001），2018—2021年下降幅度较大（APC=−6.72%，*P*<0.001）。

1990—2021年间，中国儿童青少年心肌炎的ASIR、ASPR、ASDR、ASMR每年均高于全球及中SDI地区。见图1。

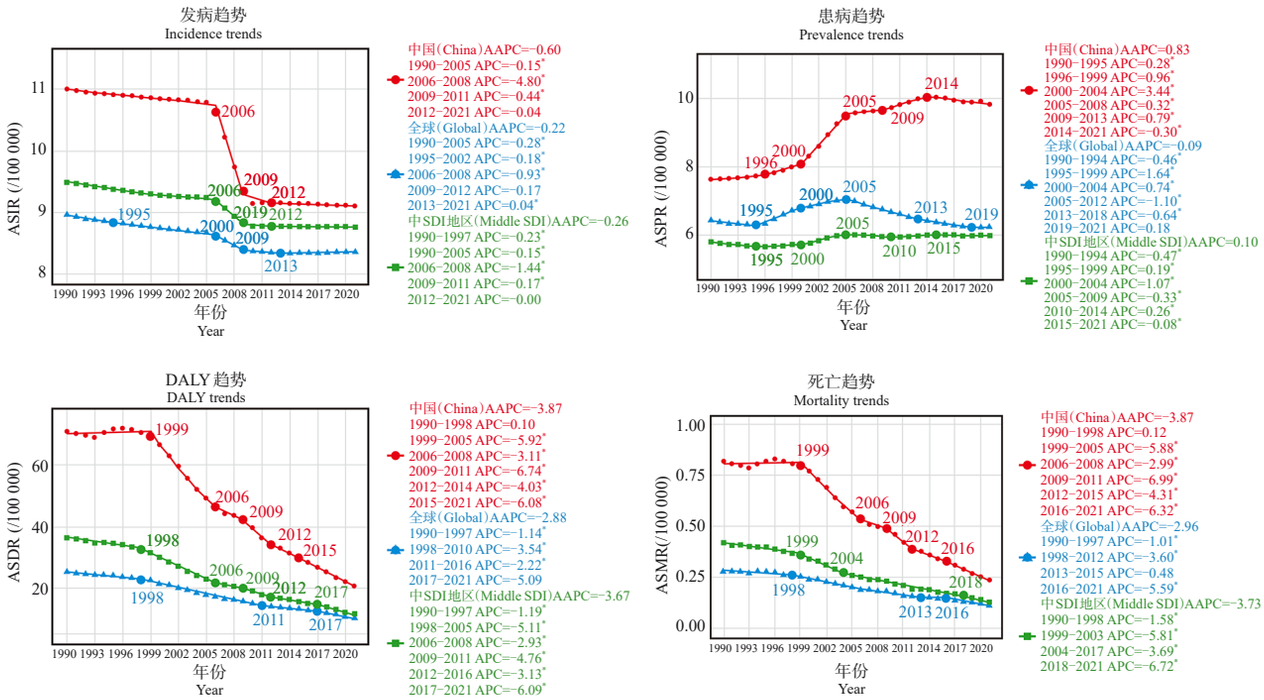


图 1　1990—2021 年中国、全球及中 SDI 地区儿童青少年心肌炎负担年度变化趋势　［ASIR］年龄标准化发病率；［ASPR］年龄标准化患病率；［ASDR］年龄标准化伤残调整生命年；［ASMR］年龄标准化死亡率；［SDI］社会人口学指数；［AAPC］平均年度变化百分比，图中其数据单位为%；［APC］年度变化百分比，图中其数据单位为%；*代表转折点有统计学意义，P<0.05。1990—2021 年间，中国儿童青少年心肌炎的 ASIR、ASPR、ASDR、ASMR 每年均高于全球及中 SDI 地区。

2.3　1990—2021 年中国儿童青少年心肌炎分性别负担比较

1990—2021 年中国男女儿童青少年心肌炎的 ASIR（分别 AAPC=–0.59%、–0.67%，均 P<0.001）、ASDR（分别 AAPC=–3.59%、–4.15%，均 P<0.001）、ASMR（分别 AAPC=–3.59%、–4.17%，均 P<0.001）整体均呈下降趋势，ASIR 自 2009 年之后下降速率放缓，男性 ASDR、ASMR 自 1997 年之后出现陡降，女性 ASDR、ASMR 分别自 2000 年、1999 年之后出现陡降。而男性、女性 ASPR 整体均呈上升趋势（分别 AAPC=0.87%、0.76%，均 P<0.001），直至 2014 年起才开始下降（分别 APC=–0.32%、–0.22%，均 P<0.001）。历年男性的 ASIR、ASPR、ASDR、ASMR 均高于女性，且男性 ASPR 的整体上升幅度大于女性。见图 2。

2.4　1990—2021 年中国与全球儿童青少年心肌炎负担风险因素分析

环境/职业风险和非最佳温度对全球、中国、中 SDI 地区儿童青少年心肌炎 DALY 和死亡的影响均较大，相较于全球和中 SDI 地区，环境/职业风险和非最佳温度在中国造成的心肌炎死亡负担比在全球及中 SDI 地区更为显著，2021 年中国非最佳温度、环境/职业风险造成心肌炎 DALY、死亡的归因占比均分别为 33.2%。中国高温导致的 DALY 百分比由 1990 年的 6.7% 上升至 2021 年的 9.1%，死亡百分比由 1990 年的 6.7% 上升至 2021 年的 9.2%。同期全球及中 SDI 地区高温导致的 DALY 和死亡百分比均有所上升。见图 3。

2.5　2025—2050 年中国儿童青少年心肌炎 ASIR、ASPR、ASDR、ASMR 预测

中国儿童青少年心肌炎总体 ASIR、ASPR、ASDR、ASMR 的预测模型分别为 ARIMA（2，1，1）、ARIMA（1，1，2）、ARIMA（2，0，2）、ARIMA（2，0，0），AIC 值分别为 –92.72、–112.98、89.02、–182.24，模型拟合结果均较好。2025—2050 年间，ASIR 整体将维持稳定。预计 ASPR 从 2025 年的 9.19/10 万降至 2050 年的 8.93/10 万。其中，10~14 岁年龄组的下降更为显著，将从 5.77/10 万降至 4.42/10 万。ASDR 的变化存在明显年龄分层特征：<5 岁年龄组预计由 2025 年的 32.34/10 万降至 2050 年的 5.74/10 万；5~9 岁年龄组呈上升趋势，由 2025 年的 13.76/10 万升至 2050 年的 18.40/10 万；10~14 岁和 15~19 岁两个年龄组整体保持稳定。ASMR 整体预计呈下降趋势，但 5~9 岁年龄组预计由 2025 年的 0.16/10 万升至 2050 年的 0.21/10 万。见图 4。

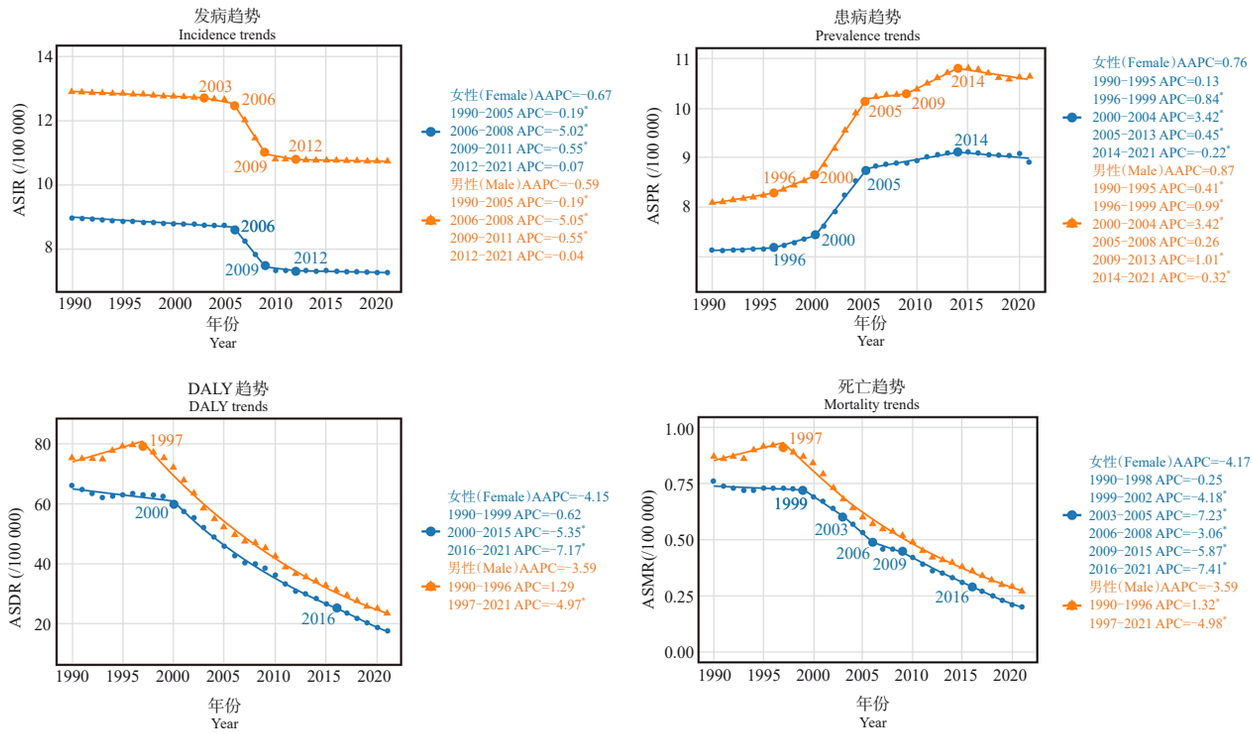


图 2　1990—2021 年中国儿童青少年心肌炎性别负担变化趋势　［ASIR］年龄标准化发病率；［ASPR］年龄标准化患病率；［ASDR］年龄标准化伤残调整生命年；［ASMR］年龄标准化死亡率；［AAPC］平均年度变化百分比，图中其数据单位为%；［APC］年度变化百分比，图中其数据单位为%；*代表转折点有统计学意义，$P<0.05$ 。男性的 ASIR、ASPR、ASDR、ASMR 均高于女性，且男性 ASPR 的整体上升幅度大于女性。

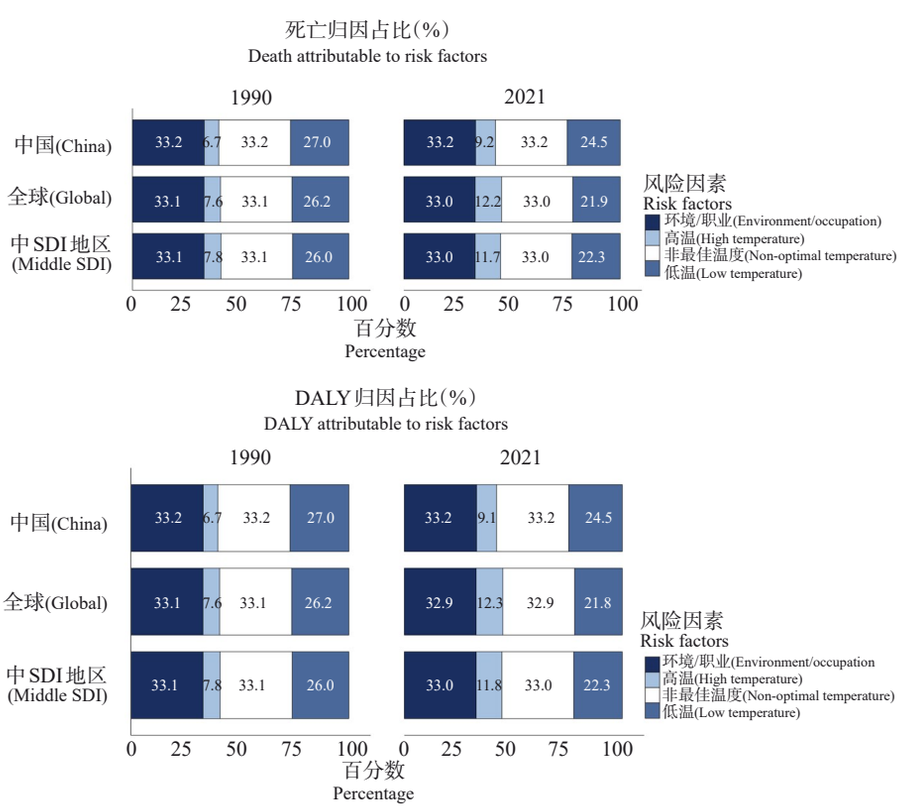


图 3　1990 年和 2021 年中国、全球及中 SDI 地区儿童青少年心肌炎风险因素　［DALY］伤残调整生命年；［SDI］社会人口学指数。环境/职业风险和非最佳温度对全球、中国和中 SDI 地区儿童青少年心肌炎的 DALY 和死亡的影响均较大。

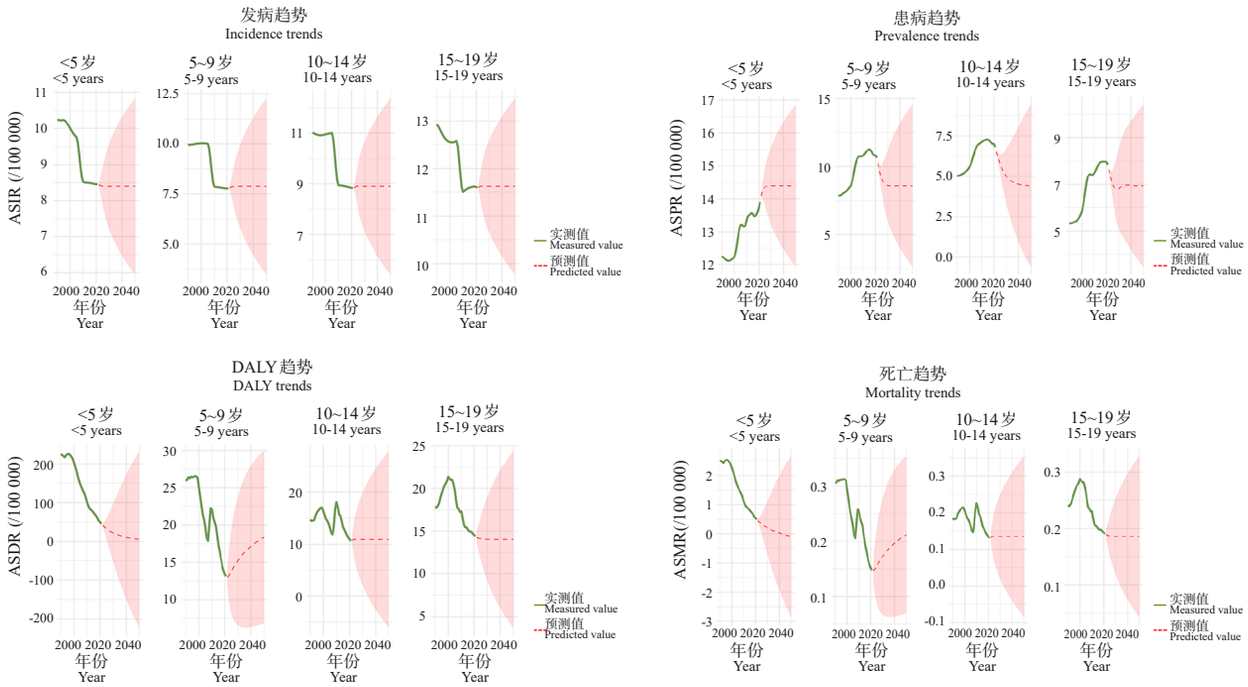


图 4　2025—2050 年中国儿童青少年不同年龄段心肌炎流行情况与疾病负担预测　［ASIR］年龄标准化发病率；［ASPR］年龄标准化患病率；［ASDR］年龄标准化伤残调整生命年；［ASMR］年龄标准化死亡率；［DALY］伤残调整生命年。粉色区域为置信区间。模型预测显示，至 2050 年中国儿童青少年心肌炎总发病率将保持稳定，但 5~9 岁年龄组的 DALY 和死亡率预计呈上升趋势。

3　讨论

急性心肌炎影响全球数百万人，尤其是儿童和青少年。在全球范围内，心肌炎的患病率为每 10 万人 10.2~105.6 例，然而，由于心肌炎症状的非特异性以及部分轻症病例不需要医疗护理，因此，儿科人群的准确发病率和患病率可能被严重低估[21]。近年来，中国医务工作者在心肌炎的诊治方面取得了重要进展，将心肌炎急性期患者的病死率从过去的 50% 以上降低到不到 5%，但远期预后仍不理想[22]，心肌炎仍是威胁儿童健康的重要疾病。

本研究基于 GBD 数据库 2021 年数据，对中国儿童青少年心肌炎 2021 年的现状、过去 30 年的趋势，以及 2025—2050 年的负担预测进行了全面评估。本研究表明，1990—2021 年间，中国心肌炎 ASIR、ASMR 与 ASDR 均呈现大幅度持续下降，而 ASPR 却逆势上升，2021 年达 9.82/10 万，显著高于全球平均水平（6.24/10 万）及中 SDI 地区水平（5.99/10 万）。ASMR（0.24/10 万）是全球均值（0.11/10 万）的 2.2 倍。中国 0~19 岁年龄段人群的心肌炎疾病负担存在显著性别差异，男性 ASIR、ASPR、ASDR、ASMR 始终高于女性，且男性 ASPR 增幅显著高于女性。ARIMA 预测模型显示，5~9 岁年龄组为核心风险人群，其 ASDR 与 ASMR 均呈上升趋势。

ASIR、ASMR 与 ASDR 的持续下降反映了我国在疾病防控领域取得的实质性进步，主要得益于心脏超声、高敏肌钙蛋白检测及心脏磁共振等诊断技术的普及[23]，使得心肌炎诊断技术提高，临床医生对不典型心肌炎的识别能力提升，以及黄金救治时间窗缩短等。然而，ASPR 呈现逆势上升趋势，考虑可能与高敏肌钙蛋白检测的普及率上升提高了轻症病例的识别率[1, 24]，以及区域性心血管诊疗中心覆盖范围扩大有关。然而，我国 ASPR 显著高于全球及中 SDI 地区水平，反映了疾病的真实负担增加。这种“死亡率下降而患病率上升”的现象凸显了我国在一级预防体系的构建，尤其是环境风险干预方面仍存在短板。

本研究的风险归因分析表明，环境/职业风险、非最佳温度、低温及高温构成主要危险因素，其中高温暴露在全球范围内呈现上升趋势，凸显了气候因素在心肌炎疾病负担演变中的关键作用。

温度可直接影响心血管功能，在极端温度下，任何心血管疾病的死亡风险均显著增加[25]。全球变暖形势日益严峻，高温诱发的循环性休克是最

严重，甚至致命的并发症之一。在高温条件下，血管内皮完整性遭到破坏，生成大量干扰细胞因子及一氧化氮[26]，机体内环境稳态受到影响，最终出现心血管功能障碍。其潜在机制可能涉及过度炎症反应、高凝状态、微血栓形成，以及细胞凋亡与坏死等过程[27]。心血管系统对热应激的敏感性尤为显著[28]。Nakagawa等[29]的研究指出，机体在高温暴露后短时间内即可发生心肌损伤，且心室损伤的程度较心房更为显著。Roths等[30]的研究表明，在中等热环境下，急性热暴露会引起大鼠心肌细胞水肿，并出现心脏重量及长度减少、心脏含水量下降、左心室室壁厚度增加等结构变化。当暴露于高温环境时，机体通过增加心输出量以提升皮肤血流量，促进散热[31-32]。这种代偿反应会显著增加心脏负荷和耗氧量，伴随心率与血压升高，可观察到心肌肌钙蛋白Ⅰ及B型利钠肽水平上升[33-34]，且随着温度和暴露时间的增加，心肌纤维逐渐变窄、排列紊乱，甚至出现心肌细胞核分裂、丢失，最终引发严重局灶性心肌损伤[28]。

低温暴露也已被充分证实是诱发心血管疾病的重要危险因素[35]。低温暴露会激活皮肤及气道中的冷感受器，诱导儿茶酚胺水平升高[36]，进而引发心外膜血管与微循环动脉痉挛，增加外周血管阻力及心室后负荷，最终导致血压与心肌耗氧量升高[37]。Liang等[38]的实验发现，低温暴露可通过诱导小鼠心肌细胞凋亡促进心肌肥大和纤维化，进一步通过电镜观察到心肌细胞中肌丝断裂、线粒体肿胀及线粒体自噬。低温暴露时吸入冷空气及冷应激反应（核心体温降低）导致呼吸道黏膜血管收缩与局部免疫抑制[39]，使机体对与心肌炎相关的特定病毒（柯萨奇病毒、腺病毒、肠道病毒等）的易感性增加。另外，低温时室内人员密集的环境进一步促进呼吸道病原体传播，加剧慢性支气管炎、哮喘等呼吸道疾病症状，进而对心血管系统产生不良影响。

从性别方面来看，男性儿童青少年的心肌炎负担历年整体均高于女性。既往多项研究显示男性为心肌炎的高发人群[21，40]。对比全球男女发病水平可见，男性发病风险约为女性的1.45倍[41]，其机制可能与性激素调节的炎症反应相关：睾酮可通过激活γδT细胞增强Th1反应和心肌炎的严重程度[42]，而雌二醇可通过调节性T细胞减轻柯萨奇病毒B3心肌炎的严重程度[43]。雌激素能够促进免疫球蛋白的产生并抑制B细胞凋亡，使女性抗体和自身抗体水平处于较高水平，从而使她们能够更有效地对抗病毒感染[41]。性别差异提示需关注不同性别的健康需求。

本研究基于ARIMA模型对中国0~19岁人群心肌炎疾病负担进行了预测，结果显示，<5岁低龄组的DALY率及死亡率将显著下降，反映出我国围产期医疗水平的提升及疫苗接种策略对相关病毒性心肌炎的防控成效。然而，5~9岁儿童的DALY和死亡负担呈上升趋势，可能与学龄期活动范围扩大、病原体暴露机会增多相关，提示该年龄组在心肌炎的转归方面处于不利地位。亟须进一步研究是否存在特定病原体毒力增强、诊疗延迟以及合并症等因素的影响。

本研究有一定的局限性。首先，我们只使用了GBD 2021的数据，数据的准确性和稳定性可能受限；其次，不同地区心肌炎的诊断标准和实践可能存在差异，影响数据的一致性和可比性。此外，GBD 2021比较风险评估框架并未将病毒感染等个体层面因素纳入可量化风险因素，因此本研究未对该类因素进行独立评估。必须强调的是，病毒感染是心肌炎重要的致病因素，在研究心肌炎的风险因素时不可忽视其核心作用。未来需进一步开展多中心临床研究，深入结合病原学检测以探索儿童青少年心肌炎的潜在风险因素。最后，应将预测工具作为参考工具，而不是未来趋势的准确反映。因此，本研究提出的相关结论尚需在进一步的研究中进行论证。

综上所述，本研究系统评估了中国0~19岁人群心肌炎的疾病负担现状与演变趋势。数据显示，尽管我国在降低儿童青少年心肌炎负担方面已取得进展，但部分群体负担仍居高不下，其中5~9岁年龄组的伤残及死亡负担尤为突出。环境/职业风险和非最佳温度是心肌炎的主要风险因素。未来亟须构建基于精准年龄–性别分层的防控体系，通过针对高危人群的定向干预策略将流行病学预测成果转化为临床实践，降低心肌炎对儿童青少年健康的长期威胁。

作者贡献声明：赵陆华负责论文构思、数据分析、论文撰写；张景秀、赵真真负责数据收集、整理和分析；武伟负责论文的审阅与修改。

利益冲突声明：所有作者均声明无利益冲突。

［参 考 文 献］

[1] Law YM, Lal AK, Chen S, et al. Diagnosis and management of myocarditis in children: a scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2021, 144(6): e123-e135. PMID: 34229446. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001001.

[2] 丛超, 郭义山, 王东. 病毒性心肌炎发病机制的研究进展[J]. 医学综述, 2017, 23(15): 2948-2953. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2017.15. 008.

[3] Alkan F, Bircan O, Can F, et al. Comparison of cardiac magnetic resonance and speckle tracking echocardiography in cardiac evaluation of children with acute myocarditis with preserved left ventricular function[J]. BMC Med Imaging, 2025, 25(1): 243. PMID: 40597834. PMCID: PMC12219550. DOI: 10.1186/s12880-025-01772-4.

[4] Messroghli DR, Pickardt T, Fischer M, et al. Toward evidence-based diagnosis of myocarditis in children and adolescents: rationale, design, and first baseline data of MYKKE, a multicenter registry and study platform[J]. Am Heart J, 2017, 187: 133-144. PMID: 28454797. DOI: 10.1016/j.ahj.2017.02.027.

[5] Maron BJ, Udelson JE, Bonow RO, et al. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: task force 3: hypertrophic cardiomyopathy, arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and other cardiomyopathies, and myocarditis: a scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology[J]. J Am Coll Cardiol, 2015, 66(21): 2362-2371. PMID: 26542657. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.09.035.

[6] Yang C, Jia Y, Zhang C, et al. Global, regional, and national burdens of heart failure in adolescents and young adults aged 10-24 years from 1990 to 2021: an analysis of data from the Global Burden of Disease Study 2021[J]. EClinicalMedicine, 2025, 79: 102998. PMID: 39737218. PMCID: PMC11683260. DOI: 10.1016/j.eclinm.2024.102998.

[7] Zhang YD, Chen N, Wang QY, et al. Global, regional, and national burden of myocarditis in children aged 0-14 years, 1990-2021: analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Front Public Health, 2024, 12: 1504586. PMID: 39758202. PMCID: PMC11695415. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1504586.

[8] 于君平, 王梦龙, 徐瑶, 等. 1990年和2019年中国人群心肌炎疾病负担研究[J]. 中华内科杂志, 2022, 61(11): 1247-1252. PMID: 36323567. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20211115-00812.

[9] Bao C, Shi L, Wen Y, et al. Trends in the incidence and mortality rates of myocarditis in the Chinese population during 1990-2019: joinpoint regression and age-period-cohort analysis[J]. Anatol J Cardiol, 2024, 28(3): 165-172. PMID: 38327190. PMCID: PMC10918279. DOI: 10.14744/AnatolJCardiol.2023.3569.

[10] Zhang Y, Feng L, Zhu Z, et al. Global burden of myocarditis in youth and middle age (1990-2019): a systematic analysis of the disease burden and thirty-year forecast[J]. Curr Probl Cardiol, 2024, 49(9): 102735. PMID: 38950720. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2024.102735.

[11] GBD 2021 Global AMD Collaborators. Global burden of vision impairment due to age-related macular degeneration, 1990-2021, with forecasts to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Lancet Glob Health, 2025, 13 (7): e1175-e1190. PMID: 40580986. PMCID: PMC12208786. DOI: 10.1016/S2214-109X(25)00143-3.

[12] Chen C, You Y, Du Y, et al. Global epidemiological trends in the incidence and deaths of acute respiratory infections from 1990 to 2021[J]. Heliyon, 2024, 10(16): e35841. PMID: 39224281. PMCID: PMC11367038. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e35841.

[13] Wu G, Xu W, Wu S, et al. Global burden and attributable risk factors of inflammatory cardiomyopathy and myocarditis from 1990 to 2019[J]. Archives of Public Health, 2025, 83(1): 11. PMID: 39806418. PMCID: PMC11726952. DOI: 10.1186/s13690-024-01473-4.

[14] Jiang B, Lin K, Buys N, et al. Trend and burden of suboptimal breastfeeding in children under five years of age in 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021 [J]. Nutrients, 2025, 17(7): 1134. PMID: 40218892. PMCID: PMC11990223. DOI: 10.3390/nu17071134.

[15] GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 [J]. Lancet, 2015, 385(9963): 117-171. PMID: 25530442. PMCID: PMC4340604. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61682-2.

[16] 林德荣, 李悦, 叶小琳, 等. 1990—2021年中国和全球脑出血疾病负担变化趋势与发病预测分析[J/OL]. 中国全科医学. (2025-04-17) [2025-07-22]. https://link. cnki. net/urlid/13.1222. R.20250416.1454.006.

[17] GBD 2021 Risk Factors Collaborators. 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. PMID: 38762324. PMCID: PMC11120204. DOI: 10.1016/S0140-6736(24)00933-4.

[18] Burkart KG, Brauer M, Aravkin AY, et al. Estimating the cause-specific relative risks of non-optimal temperature on daily mortality: a two-part modelling approach applied to the Global Burden of Disease Study[J]. Lancet, 2021, 398(10301): 685-697. PMID: 34419204. PMCID: PMC8387975. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)01700-1.

[19] Wu Y, Xia F, Chen M, et al. Disease burden and attributable risk factors of neonatal disorders and their specific causes in China from 1990 to 2019 and its prediction to 2024[J]. BMC Public Health, 2023, 23(1): 122. PMID: 36650483. PMCID: PMC9845098. DOI: 10.1186/s12889-023-15050-x.

[20] Xu M, Tang C, Shen Y, et al. Analysis of the burden of intracerebral hemorrhage in the Asian population aged 45 and older and ARIMA model prediction trends: a systematic study based on the GBD 2021[J]. Front Neurol, 2025, 16: 1526524.

PMID: 40027166. PMCID: PMC11869383.
DOI: 10.3389/fneur.2025.1526524.

[21] Popa A, Lazea C, Agoston-Coldea L. Novel insights on acute myocarditis in pediatric patients[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2023, 27(23): 11479-11495. PMID: 38095396.
DOI: 10.26355/eurrev_202312_34587.

[22] Kang Z, Zhang L, Yang Z. Role of non-coding RNAs in the pathogenesis of viral myocarditis[J]. Virulence, 2025, 16(1): 2466480. PMID: 39950847. PMCID: PMC11849450.
DOI: 10.1080/21505594.2025.2466480.

[23] Goldberg JF, Spinner JA, Soslow JH. Myocarditis in children 2024, new themes and continued questions [J]. Curr Opin Cardiol, 2024, 39(4): 315-322. PMID: 38661130.
DOI: 10.1097/HCO.0000000000001151.

[24] Pasławska M, Grodzka A, Peczyńska J, et al. Role of miRNA in cardiovascular diseases in children-systematic review[J]. Int J Mol Sci, 2024, 25(2): 956. PMID: 38256030. PMCID: PMC10816020. DOI: 10.3390/ijms25020956.

[25] Alahmad B, Khraishah H, Royé D, et al. Associations between extreme temperatures and cardiovascular cause-specific mortality: results from 27 countries[J]. Circulation, 2023, 147 (1): 35-46. PMID: 36503273. PMCID: PMC9794133.
DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.122.061832.

[26] Gostimirovic M, Novakovic R, Rajkovic J, et al. The influence of climate change on human cardiovascular function[J]. Arch Environ Occup Health, 2020, 75(7): 406-414. PMID: 32200732.
DOI: 10.1080/19338244.2020.1742079.

[27] Iba T, Helms J, Levi M, et al. Inflammation, coagulation, and cellular injury in heat-induced shock[J]. Inflamm Res, 2023, 72 (3): 463-473. PMID: 36609608.
DOI: 10.1007/s00011-022-01687-8.

[28] 李国雨, 郭峰, 汪琢, 等. 热习服对心血管系统的保护作用及其机制研究进展[J]. 生理学报, 2025, 77(5): 820-838. PMID: 41170542. DOI: 10.13294/j.aps.2025.0050.

[29] Nakagawa Y, Inoue H, Shinone K, et al. Molecular biological analysis of cardiac effect of high temperature in rats[J]. Leg Med (Tokyo), 2012, 14(2): 63-68. PMID: 22285644.
DOI: 10.1016/j.legalmed.2011.12.001.

[30] Roths M, Freestone AD, Rudolph TE, et al. Environment-induced heat stress causes structural and biochemical changes in the heart[J]. J Therm Biol, 2023, 113: 103492. PMID: 37055111.
DOI: 10.1016/j.jtherbio.2023.103492.

[31] Zhou J, Lu X, Xie Y, et al. Clusterin activates the heat shock response via the PI3K/Akt pathway to protect cardiomyocytes from high-temperature-induced apoptosis[J]. Open Life Sci, 2025, 20(1): 20251082. PMID: 40177418. PMCID: PMC11964181. DOI: 10.1515/biol-2025-1082.

[32] Sankoff J. Heat illnesses: a hot topic in the setting of global climate change[J]. Aust Fam Physician, 2015, 44(1-2): 22-26. PMID: 25688955.

[33] Quinn CM, Duran RM, Audet GN, et al. Cardiovascular and thermoregulatory biomarkers of heat stroke severity in a conscious rat model[J]. J Appl Physiol (1985), 2014, 117(9): 971-978. PMID: 25123200. DOI: 10.1152/japplphysiol.00365.2014.

[34] Kang R, Nagoshi T, Kimura H, et al. Possible association between body temperature and B-type natriuretic peptide in patients with cardiovascular diseases[J]. J Card Fail, 2021, 27 (1): 75-82. PMID: 32871239.
DOI: 10.1016/j.cardfail.2020.08.012.

[35] Bäck M, Hofmann R. Myocardial infarction and low ambient temperature: does presence or absence of stenoses make a difference? [J]. Eur Heart J, 2025, 46(5): 451-453. PMID: 39607783. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae820.

[36] Huang J, He Q, Jiang Y, et al. Low ambient temperature and incident myocardial infarction with or without obstructive coronary arteries: a Chinese nationwide study[J]. Eur Heart J, 2025, 46(5): 439-450. PMID: 39468415.
DOI: 10.1093/eurheartj/ehae711.

[37] Achebak H, Rey G, Lloyd SJ, et al. Ambient temperature and risk of cardiovascular and respiratory adverse health outcomes: a nationwide cross-sectional study from Spain[J]. Eur J Prev Cardiol, 2024, 31(9): 1080-1089. PMID: 38364198.
DOI: 10.1093/eurjpc/zwae021.

[38] Liang J, Yin K, Cao X, et al. Attenuation of low ambient Temperature-induced myocardial hypertrophy by atorvastatin via promoting BCL-2 expression[J]. Cell Physiol Biochem, 2017, 41 (1): 286-295. PMID: 28214881. DOI: 10.1159/000456111.

[39] D'Amato M, Molino A, Calabrese G, et al. The impact of cold on the respiratory tract and its consequences to respiratory health[J]. Clin Transl Allergy, 2018, 8: 20. PMID: 29997887. PMCID: PMC6031196. DOI: 10.1186/s13601-018-0208-9.

[40] Williams JL, Jacobs HM, Lee S. Pediatric myocarditis[J]. Cardiol Ther, 2023, 12(2): 243-260. PMID: 36906691. PMCID: PMC10008072. DOI: 10.1007/s40119-023-00309-6.

[41] Li J, Fan H, Yang Y, et al. Global burden of myocarditis from 1990 to 2021: findings from the Global Burden of Disease Study 2021[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2024, 24(1): 720. PMID: 39702078. PMCID: PMC11660449.
DOI: 10.1186/s12872-024-04402-z.

[42] Huber SA, Kupperman J, Newell MK. Hormonal regulation of $CD4^+$ T-cell responses in coxsackievirus B3-induced myocarditis in mice[J]. J Virol, 1999, 73(6): 4689-4695. PMID: 10233928. PMCID: PMC112510.
DOI: 10.1128/JVI.73.6.4689-4695.1999.

[43] Huber SA. Coxsackievirus B3-induced myocarditis: infection of females during the estrus phase of the ovarian cycle leads to activation of T regulatory cells[J]. Virology, 2008, 378(2): 292-298. PMID: 18586295. PMCID: PMC2596296.
DOI: 10.1016/j.virol.2008.05.015.

（本文编辑：邓芳明）

（©《中国当代儿科杂志》编辑部，开放获取CC BY-NC-ND 4.0协议）
（© Editorial Office of *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*. OA under CC BY-NC-ND 4.0 license）