

## · 论著 ·

# 1990—2021 年中国高血压心脏病疾病负担及年龄-时期-队列研究

贾树伟 洪洋 张宾 袁桂莉 石金铮 张占帅

(河北北方学院附属第一医院心血管内科二病区, 河北 张家口 075000)

**【摘要】目的** 分析 1990—2021 年中国高血压心脏病疾病负担的长期趋势, 为科学防控提供依据。**方法** 基于全球疾病负担 2021 数据库, 使用年龄-时期-队列模型分析高血压心脏病死亡率和伤残调整生命年率的年龄、时期和队列独立影响, 并采用 Nordpred 模型预测 2022—2030 年趋势。**结果** 1990—2021 年, 高血压心脏病死亡和伤残调整生命年例数呈上升趋势, 然而标准化率呈下降趋势。根据年龄-时期-队列模型的结果显示, 年龄越大, 死亡率和伤残调整生命年率越高; 时期和队列效应均呈下降趋势。预计到 2030 年, 总人口死亡和伤残调整生命年例数可能继续上升, 标准化率将继续下降。**结论** 中国高血压心脏病的防控取得进展, 但因老龄化和人口增长, 负担仍然较重, 需重点干预 65 岁以上男性。

**【关键词】** 高血压心脏病; 年龄-时期-队列模型; Nordpred 预测

**【DOI】** 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2025.04.015

## Study on the Disease Burden and Age-Period-Cohort of Hypertensive Heart Disease in China from 1990 to 2021

JIA Shuwei, HONG Yang, ZHANG Bin, YUAN Guili, SHI Jinzheng, ZHANG Zhanshuai

(The Second Ward of the Department of Cardiovascular Medicine, The First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou 075000, Hebei, China)

**【Abstract】Objective** To analyze the secular trend of disease burden of hypertensive heart disease (HHD) in China from 1990 to 2021, and provide evidence for scientific prevention and control of HHD. **Methods** Based on the Global Burden of Disease 2021 database, the age-period-cohort model was used to analyze the independent effects of age, period and cohort on deaths and disability adjusted life year (DALY) of HHD, and the Nordpred model was used to predict the trend from 2022 to 2030. **Results** From 1990 to 2021, the number of deaths and DALY due to HHD increased, although age-standardized rates showed a downward trend. The age-period-cohort model analysis indicated that older age was associated with higher mortality and DALY rates, while both period and cohort effects demonstrated declining trends. Projections suggest that by 2030, the overall number of deaths and DALY may continue to rise, despite expected declines in age-standardized rates. **Conclusion** While substantial progress has been made in the prevention and control of HHD in China, population aging and growth continue to pose a significant challenge. Targeted interventions are essential, particularly for men aged 65 and above, to effectively reduce the burden of HHD.

**【Keywords】** Hypertensive heart disease; Age-period-cohort model; Nordpred prediction

高血压心脏病是由于高血压长期作用于心脏而导致的心脏结构和功能的病理改变<sup>[1]</sup>。高血压通过增加心脏的负荷, 特别是左心室的后负荷, 逐渐引发心肌肥厚、心肌纤维化和心脏电生理异常, 最终可导致心力衰竭、心律失常和其他心脏并发症<sup>[2]</sup>。高血压心脏病仅发生在患有高血压的患者<sup>[3]</sup>, 与单纯患有高血压的患者相比, 高血压心脏病患者发生心肌梗死、充血性心力衰竭、脑卒中和猝死等心血管事件的风险更高<sup>[4]</sup>。根据 2019 年全球疾病负担 (Global Burden of

Disease, GBD) 报告, 1990—2019 年, 全球高血压心脏病年龄标准化患病率增加了 137.9%<sup>[1]</sup>。本文采用年龄-时期-队列模型研究 1990—2021 年中国不同性别高血压心脏病死亡率和伤残调整生命年 (disability-adjusted life year, DALY) 率的年龄、时期和队列独立影响, 并预测至 2030 年其变化趋势。

### 1 资料与方法

#### 1.1 数据来源

本文的所有数据均来自 GBD 2021, 它评估了 204 个

基金项目: 河北省 2023 年度医学科学研究课题 (20231425)

通信作者: 石金铮, E-mail: shijinzheng214@163.com

国家和地区 371 种疾病和伤害<sup>[5]</sup>,其死亡和 DALY 指标使用疾病建模元回归(DisMod-MR)2.1 的贝叶斯元回归工具进行建模<sup>[6]</sup>。高血压心脏病定义为由高血压引起的心脏长期负荷增加,以及与高血压有关的儿茶酚胺、血管紧张素Ⅱ等因子过多综合作用下,所致的以左心室肥厚和扩张为主要特征的心脏病<sup>[7]</sup>,其国际疾病分类(international classification of disease, ICD)-9 代码 402.0~402.9 和 ICD-10 代码 I11.0~I11.9 定义<sup>[8]</sup>。

## 1.2 年龄-时期-队列模型

年龄-时期-队列模型是一种常用于分析疾病发生率、死亡率或其他流行病学指标的统计模型。该模型可以评估不同年龄组、时期和出生队列的独立影响,这种方法可以帮助更好地理解高血压心脏病负担变化的潜在驱动因素,超越了简单的时间趋势分析<sup>[9]</sup>。年龄效应指的是不同年龄阶段的风险差异,时期效应反映了在不同时间点上的外部环境变化,而队列效应则展示了不同出生群体在长期社会经济、环境或健康因素上的差异。模型中估计了以下函数:净漂移,按时期和出生队列划分的总体对数线性趋势,即总体年度百分比变化;局部漂移,每个年龄组的时期和出生队列的对数线性趋势,即每个年龄组的年度百分比变化;纵向(横向)年龄别率曲线,经过时期(队列)偏差调整后以选定队列(时期)为参照拟合的纵向(横向)曲线;队列(时期)率比(rate ratio,RR),是队列(时期)相对于参照队列(时期)经过年龄和时期(队列)效应

调整后的相对风险<sup>[10]</sup>。年龄-时期-队列模型时期必须是 5 年一组,所以本文选取 1992—2021 年进行分组,共分为 6 组;年龄限定在 15~94 岁。

## 1.3 Nordpred 模型

Nordpred 模型是一种广泛用于疾病发病率和死亡率预测的统计模型,主要应用于癌症流行病学的预测分析,但近年来也扩展至其他慢性疾病领域。该模型基于广义线性模型,结合年龄-时期-队列分析,用来预测未来时间段内疾病负担的趋势。模型的核心思想是通过分析历史数据中的年龄效应、时期效应和出生队列效应,推测未来的疾病负担趋势。Nordpred 模型的特点在于其针对时期效应的处理,允许未来时期效应的变化逐渐减弱,确保模型预测结果的稳定性和合理性<sup>[11]</sup>。本文使用 R 中的 BAPC 和 INLA 包进行分析,模型公式如下:

$$R_{ap} = (A_a + D \cdot p + P_p + C_c)^5$$

## 2 结果

### 2.1 1990—2021 年中国高血压心脏病死亡和 DALY 负担及变化情况

1990—2021 年,中国高血压心脏病的粗死亡率有所上升,但标准化死亡率和标准化 DALY 率均显著下降。总体而言,标准化死亡率下降了 45.92%,标准化 DALY 率下降了 59.14%。在性别方面,男性的标准化死亡率下降了 49.02%,女性下降了 60.93%;同时,男性的标准化 DALY 率下降了 53.50%,女性下降了 64.04%,见表 1。

表 1 1990—2021 年中国高血压心脏病死亡、DALY 负担及变化情况

指标(1/10 万)	总人口			男性			女性		
	1990 年	2021 年	变化率/%	1990 年	2021 年	变化率/%	1990 年	2021 年	变化率/%
粗死亡率	19.76	23.06	16.70	18.21	23.43	28.67	21.42	22.68	5.88
标准化死亡率	42.64	23.06	-45.92	47.14	24.03	-49.02	39.95	15.61	-60.93
粗 DALY 率	422.57	392.85	-7.03	414.25	420.56	1.52	431.42	363.81	-15.67
标准化 DALY 率	716.02	292.54	-59.14	782.28	363.78	-53.50	667.36	239.95	-64.04

注:变化率=(2021 年指标值-1990 年指标值)/1990 年指标值×100%

## 2.2 年龄-时期-队列模型

### 2.2.1 中国高血压心脏病死亡率和 DALY 率的净漂移和局部漂移

对于高血压心脏病的死亡率来说,总人口、男性、女性的净漂移分别为-3.30%、-2.76%、-4.12%,总人口、男性、女性 DALY 率的净漂移分别为-3.18%、-2.67%、-3.93%,在 55~59 岁年龄组局部漂移最大,见图 1。

### 2.2.2 中国高血压心脏病死亡率的年龄-时期-队列

### 模型

中国高血压心脏病的死亡率随年龄增加而增加,总人口从 0.49/10 万升至 413.60/10 万,男性从 0.48/10 万升至 976.75/10 万,女性从 0.55/10 万升至 413.60/10 万;死亡率的时期 RR 均随时期推移呈下降趋势,总人口从 1.88 降至 0.80,男性从 1.76 降至 0.86,女性从 2.04 降至 0.71;死亡率的队列 RR 也均呈下降趋势,总人口从 3.11 降至 0.13,男性从 2.59 降至 0.17,女性从 3.70 降至 0.08,见图 2。

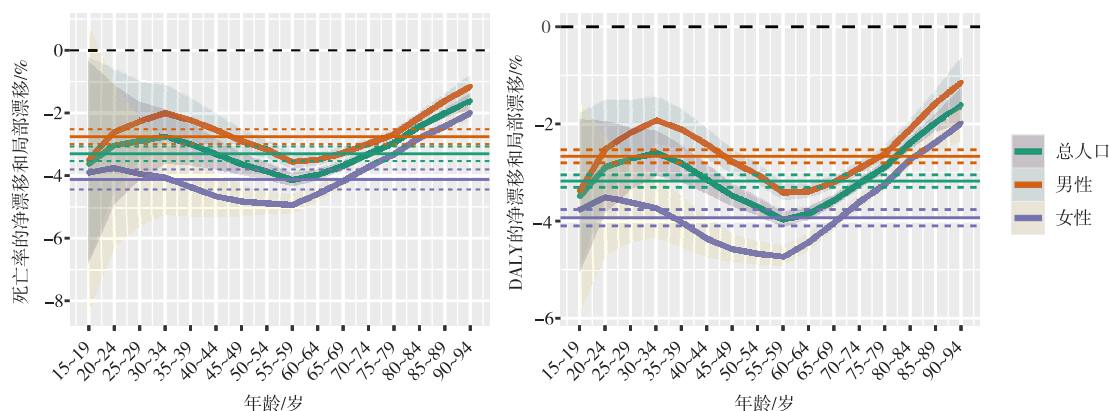


图 1 中国高血压心脏病死亡率和 DALY 率的净漂移和局部漂移

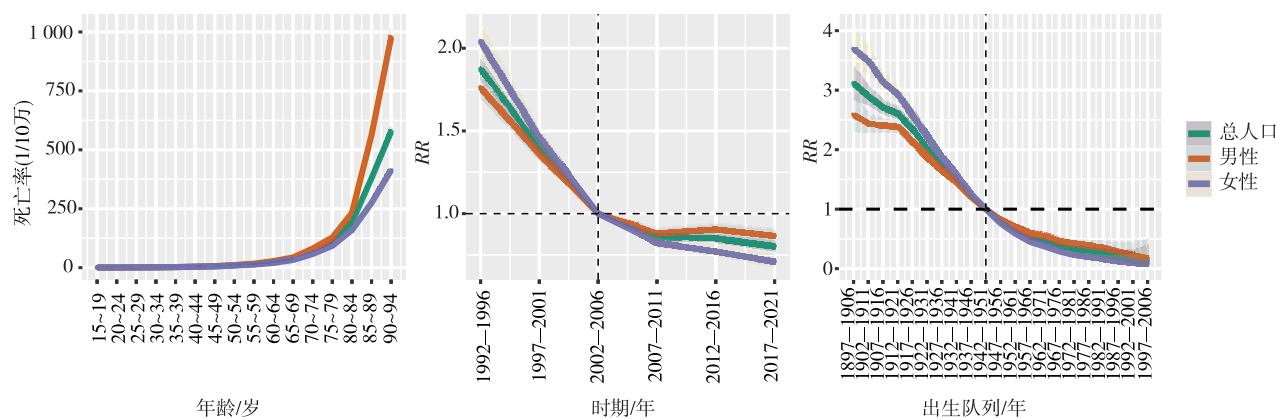


图 2 中国高血压心脏病死亡率的年龄-时期-队列模型

### 2.2.3 中国高血压心脏病 DALY 率的年龄-时期-队列模型

中国高血压心脏病 DALY 率的年龄、时期、队列效应变化趋势和死亡率相似。随年龄增加而增加,总人口从 34.73/10 万升至 5 221.60/10 万,男性从 34.26/10 万升至 8 744.68/10 万,女性从 37.39/10 万升至

3 776.03/10 万;DALY 率的时期 RR 均随时期推移呈下降趋势,总人口从 1.84 降至 0.82,男性从 1.74 降至 0.88,女性从 1.99 降至 0.73;死亡率的队列 RR 也均呈下降趋势,总人口从 3.04 降至 0.15,男性从 2.55 降至 0.19,女性从 3.59 降至 0.10,见图 3。

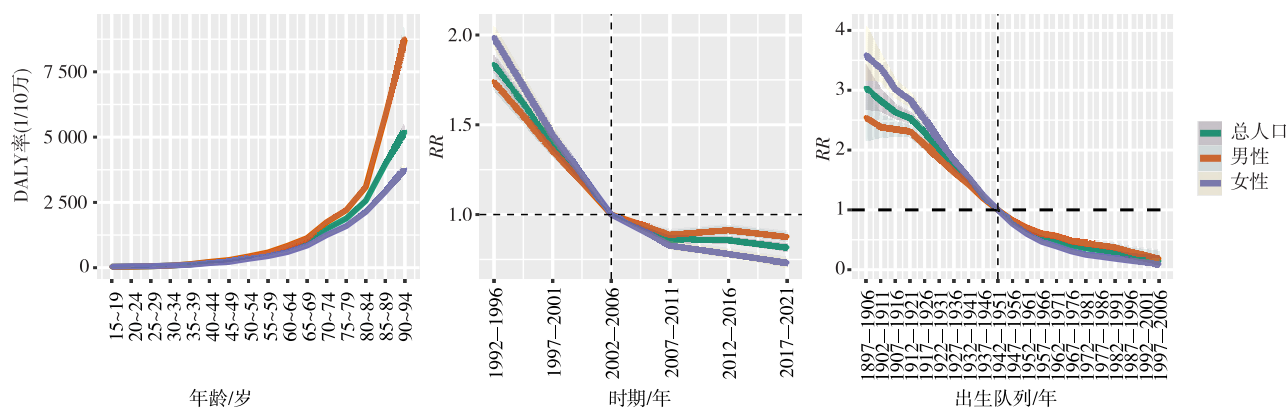


图 3 中国高血压心脏病 DALY 率的年龄-时期-队列模型

### 2.3 Nordpred 预测

对 2022—2030 年的预测显示,中国高血压心脏病的死亡和 DALY 病例数可能会继续上升,但标准化死亡率和标准化 DALY 率预计会继续下降。到 2030 年,

高血压心脏病死亡例数增至 427 905 例,其中男性增至 237 760 例,女性增至 190 145 例,总人口标准化死亡率降至 23.34/10 万,男性降至 30.15/10 万,女性降至 18.25/10 万。高血压心脏病 DALY 例数增至

6 934 463 例,其中男性增至 3 919 058 例,女性增至 3 015 405 例,总人口标准化 DALY 率降至 367.98/10 万,

男性降至 464.39/10 万,女性降至 288.92/10 万,见图 4。

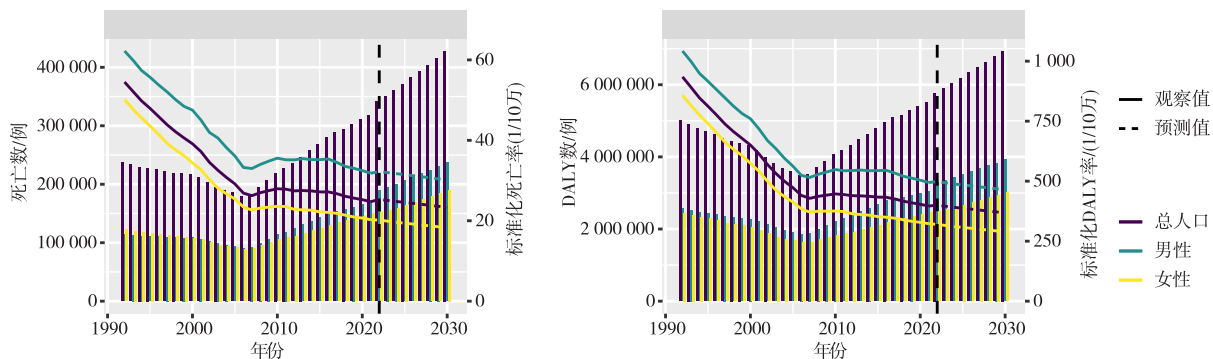


图 4 中国高血压心脏病死亡率和 DALY 率的预测趋势

### 3 讨论

本文结果显示 1990—2021 中国高血压心脏病标准化死亡率和标准化 DALY 率均呈下降趋势,这与以往研究一致<sup>[12]</sup>,证实了中国近 30 年来在高血压防治措施方面的成效。然而死亡和 DALY 例数均呈上升趋势,这可能是由于中国人口的老龄化,老年人更有可能出现其他健康问题或并发症,随着人口老龄化的持续,老年人已成为高血压心脏病的主要负担人群,预计 2022—2030 年中国高血压心脏病死亡和 DALY 例数将继续增加。

从性别看,男性的死亡和 DALY 负担大于女性,且无论是时期效应还是队列效应  $RR$  值,女性降幅均高于男性。男性比女性有着更高的心血管危险因素暴露率,包括吸烟、过量饮酒、不健康的饮食以及缺乏运动等<sup>[13]</sup>。此外,雌激素在女性中具有一定的保护作用,尤其在绝经前,雌激素能够调节血管功能并保护心脏,降低女性罹患心血管疾病的风险<sup>[14]</sup>。男性较女性更不重视高血压的早期干预和长期管理,导致高血压心脏病的负担更重。一些研究<sup>[15]</sup>表明,男性在健康筛查和医疗干预方面的依从性较差,往往不能早期发现和有效控制高血压,从而使得心脏病变的风险增加。

年龄越大,高血压心脏病的负担越高。随着年龄的增加,动脉壁的结构发生退行性改变,包括弹性纤维的丧失、平滑肌细胞的减少及胶原纤维的增多,最终导致动脉僵硬增加。动脉硬化是高血压的主要病理机制之一,随着年龄的增长,动脉壁的顺应性下降,血管阻力增大,进一步加重高血压疾病程度<sup>[16-17]</sup>。此外,动脉粥样硬化的形成也与年龄密切相关,年龄越大,心血管负担越严重,最终引发高血压心脏病的发生和进展<sup>[18]</sup>。此外,老年人群中常见多种慢性疾病共存的现象,包括糖尿病、肾脏疾病和代谢综合征等,这些疾病往往与高血压共同存在,形成相互作用,进一步加剧心血管负担。

高血压心脏病的时期  $RR$  随时间推移而下降,说明在过去几十年中,高血压心脏病的管理和预后有所改善。这一趋势可能与医疗技术的进步、治疗手段的优化、公共卫生政策的实施以及社会经济状况的改善有关。高血压心脏病表现为由于长期血压升高对心脏的直接影响而导致的左心室肥厚、心力衰竭和冠状动脉疾病等并发症,随着医学影像技术(如心脏超声、CT、MRI)和血液标志物检测的发展,医生能够更早期、更准确地识别高血压心脏病的发生,特别是对心脏肥厚和心功能的定量评估,使得高风险患者能够得到更有针对性的治疗<sup>[19-20]</sup>。近年来,指南建议对左心室肥厚、心力衰竭和其他并发症的早期干预,通过药物和生活方式干预相结合,减轻心脏的过度负荷<sup>[21-22]</sup>。

高血压心脏病死亡和 DALY 的队列  $RR$  也随时间推移而下降,新生代群体生活在医疗保健和社会经济条件显著改善的环境中,特别是在发展中国家和新兴经济体国家,这种趋势尤为明显<sup>[23-24]</sup>。现代医疗体系的建设、医保覆盖的扩大以及对高血压管理的强化,都提高了人群接受高血压治疗的可及性<sup>[25]</sup>。相比早期出生队列,晚期队列的群体更容易获得医疗服务和高质量的治疗,从而有效降低了高血压心脏病的负担。环境因素的变化也在高血压心脏病队列  $RR$  下降中发挥了作用,近年来,随着空气污染治理、工作环境改善以及食品安全的提高,新生代人群暴露于某些高血压和心血管疾病的危险因素逐渐减少<sup>[26]</sup>。此外,较晚的出生队列生活方式和健康意识相比早期队列有了明显提高,现代人群更注重健康饮食、戒烟限酒、体重管理和体育锻炼等健康行为,生活方式的改善与高血压及其并发症的风险显著降低密切相关<sup>[27]</sup>。

综上所述,1990—2021 年中国在高血压心脏病防治方面取得了很大进展,然而由于人口老龄化及人口增长原因,高血压心脏病的负担仍不容忽视,需重点



加强 65 岁以上男性的干预。

### 参 考 文 献

- [1] Lu Y, Lan T. Global, regional, and national burden of hypertensive heart disease during 1990-2019; an analysis of the global burden of disease study 2019[J]. BMC Public Health, 2022, 22(1):841.
- [2] Omisi N, Arabloo J, Rezapour A, et al. Burden of hypertensive heart disease in Iran during 1990-2017: findings from the Global Burden of Disease study 2017[J]. PLoS One, 2021, 16(9):e0257617.
- [3] Miazgowski T, Kopec J, Wideck K, et al. Epidemiology of hypertensive heart disease in Poland: findings from the Global Burden of Disease Study 2016[J]. Arch Med Sci, 2019, 17(4):874-880.
- [4] Diamond JA, Phillips RA. Hypertensive heart disease[J]. Hypertens Res, 2005, 28(3):191-202.
- [5] 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]. Lancet, 2024, 403(10440):2133-2161.
- [6] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global, regional, and national burden of disorders affecting the nervous system, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Lancet Neurol, 2024, 23(4):344-381.
- [7] Roth GA, Mensah GA, Johnson CO, et al. Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990-2019; update from the GBD 2019 study[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76(25):2982-3021.
- [8] Vos T, Lim SS, Abbafati C, et al. 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.
- [9] Chen YY, Yang CT, Pinkney E, et al. The Age-Period-Cohort trends of suicide in Hong Kong and Taiwan, 1979-2018[J]. J Affect Disord, 2021, 295:587-593.
- [10] Rosenberg PS, Check DP, Aanerston WF. A web tool for age-period-cohort analysis of cancer incidence and mortality rates[J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 2014, 23(11):2296-2302.
- [11] Hauser DN, Hastings TG. Mitochondrial dysfunction and oxidative stress in Parkinson's disease and monogenic parkinsonism[J]. Neurobiol Dis, 2013, 51:35-42.
- [12] 张记收, 王梦龙, 刘剑芳, 等. 基于 2019 年全球疾病负担研究数据分析 1990—2019 年中国高血压心脏病疾病负担变化趋势[J]. 中华高血压杂志, 2023, 31(2):141-149.
- [13] Domper Arnal MJ, Ferrández Arenas Á, Lanás Arbeloa Á. Esophageal cancer: risk factors, screening and endoscopic treatment in Western and Eastern countries[J]. World J Gastroenterol, 2015, 21(26):7933-7943.
- [14] Dubey RK, Oparil S, Inthurn B, et al. Sex hormones and hypertension[J]. Cardiovasc Res, 2002, 53(3):688-708.
- [15] Ma J, Ward EM, Siegel RL, et al. Temporal trends in mortality in the United States, 1969-2013[J]. JAMA, 2015, 314(16):1731-1739.
- [16] Stehbens WE. The epidemiological relationship of hypercholesterolemia, hypertension, diabetes mellitus and obesity to coronary heart disease and atherogenesis[J]. J Clin Epidemiol, 1990, 43(8):733-741.
- [17] Barton M, Husmann M, Meyer MR. Accelerated vascular aging as a paradigm for hypertensive vascular disease: prevention and therapy[J]. Can J Cardiol, 2016, 32(5):680-686. e4.
- [18] Aronow WS. Heart disease and aging[J]. Med Clin North Am, 2006, 90(5):849-862.
- [19] Cleland JG, Daubert JC, Erdmann E, et al. The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure[J]. N Engl J Med, 2005, 352(15):1539-1549.
- [20] Đorđević DB, Koračević GP, Đorđević AD, et al. Hypertension and left ventricular hypertrophy[J]. J Hypertens, 2024, 42(9):1505-1515.
- [21] Lauder L, Mahfoud F, Azizi M, et al. Hypertension management in patients with cardiovascular comorbidities[J]. Eur Heart J, 2023, 44(23):2066-2077.
- [22] 健康中国行动推进委员会. 健康中国行动(2019—2030 年): 总体要求、重大行动及主要指标[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(9):846-858.
- [23] Cutler DM, Long G, Bermdt ER, et al. The value of antihypertensive drugs: a perspective on medical innovation[J]. Health Aff (Millwood), 2007, 26(1):97-110.
- [24] 于洗河, 曹鹏, 贾欢欢, 等. 1990—2019 年我国及不同 SDI 水平国家和地区高血压性心脏病疾病负担比较分析[J]. 中国卫生经济, 2021, 40(6):54-57.
- [25] Ouedraogo M, Sanou D, Kere IWZ, et al. Sahel terrorist crisis and development priorities: case of financial allocations for the control of non-communicable diseases in Burkina Faso[J]. Front Public Health, 2023, 11:1253123.
- [26] Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2010, 121(21):2331-2378.
- [27] Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study[J]. Lancet, 2004, 364(9438):937-952.

收稿日期: 2024-09-13