

· 论著 ·

1990—2021 年中国与全球老年 1 型糖尿病的疾病负担分析与未来趋势预测

赵晓晓^{1, 2}, 丁韵涵³, 陈嘉慧⁴, 王海博⁵, 柯立鑫⁶, 王子怡⁷, 高武霖¹, 卢笑晖¹, 武继彪², 卢存存^{8, 9*}



扫描二维码
查看原文

1.250014 山东省济南市, 山东中医药大学附属医院
2.250399 山东省济南市, 山东中医药大学
3.067000 河北省承德市, 承德医学院附属医院南院区检验科
4.730000 甘肃省兰州市, 兰州大学第一医院临床技能培训中心
5.730000 甘肃省兰州市, 甘肃中医药大学附属医院重症医学科
6.9713GZ 荷兰格罗宁根, 格罗宁根大学医学中心儿科学实验室
7.730000 甘肃省兰州市, 兰州大学公共卫生学院循证社会科学研究中心
8.730101 甘肃省兰州市, 甘肃中医药大学中西医结合研究所
9.100700 北京市, 中国中医科学院中医临床基础医学研究所
*通信作者: 卢存存, 副教授; E-mail: lu17metrics@163.com
赵晓晓、丁韵涵为共同第一作者

【摘要】 背景 1型糖尿病(T1DM)好发于青少年群体,这使得研究重点多集中于此,对老年T1DM的关注与研究相对不足,导致这一群体的疾病负担数据存在一定空白,亟待填补。**目的** 分析1990—2021年老年1型糖尿病的疾病负担和未来趋势,为公共卫生决策提供参考。**方法** 提取全球疾病负担(GBD)2021数据库中1990—2021年全球、中国及5个社会人口学指数(SDI)地区老年(年龄≥60岁)T1DM的发病和伤残调整生命年(DALYs)数据。以GBD 2021标准人口为参照,采用直接标准化法计算老年T1DM人群的年龄标准化发病率和年龄标准化DALYs率。疾病负担的趋势改变采用Joinpoint回归进行分析,结果以平均年度变化百分比(AAPC)表示。基于患者年龄和性别进行疾病负担的亚组分析,采用三因素分解方法分析老龄化、人口增长和流行病学改变3个因素对疾病负担变化的相对影响。使用贝叶斯模型预测2022—2040年老年T1DM的疾病负担趋势。**结果** 2021年全球、中国老年T1DM总体发病数分别为42 330人和3 049人,较1990年分别增加了199.47%和427.50%。2021年全球、中国老年T1DM总体DALYs分别为659 117人年和57 663人年,较1990年分别增加了91.80%和78.25%。全球、中国老年T1DM患者年龄标准化DALYs率均呈下降趋势,差异有统计学意义($P<0.001$)。1990—2021年全球、中国、5个SDI分层地区老年T1DM患者发病数占比最高的是60~64岁组。中国60~64岁组患者的发病数占比(27.91%)介于高-中SDI区(26.01%)和中SDI地区(30.26%)之间,但中国60~64岁T1DM患者的DALYs占比(24.06%)却低于其他所有地区。此外,中国60~69岁患者发病数占其全部老年患者的53.51%,DALYs占其全部老年患者的55.25%。导致中国老年T1DM发病数增加的主要影响因素是人口增长,贡献度为58.34%。人口增长也是中国老年T1DM患者DALYs增加的决定性因素,贡献度高达178.96%。预计2022—2040年全球与中国老年T1DM患者总体、男性和女性的发病数和DALYs将呈上升趋势,且中国女性T1DM患者的DALYs改变趋势较男性更加平缓。**结论** 全球和中国老年T1DM的发病和DALYs负担仍然沉重,迫切需要进一步制定和实施更加科学、有效的公共卫生政策和临床干预策略,以积极应对这一严重的健康挑战。

【关键词】 糖尿病, 1型; 老年人; 疾病负担; 流行病学研究; 预测分析

【中图分类号】 R 587.1 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0572

基金项目: 山东省自然科学基金青年项目(NO.ZR2022QH123)

引用本文: 赵晓晓, 丁韵涵, 陈嘉慧, 等. 1990—2021年中国与全球老年1型糖尿病的疾病负担分析与未来趋势预测[J]. 中国全科医学, 2026, 29(1): 67-75, 90. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0572. [www.chinagp.net]

ZHAO X X, DING Y H, CHEN J H, et al. Analysis and future trend prediction of disease burden of elderly type 1 diabetes mellitus in China and globally from 1990 to 2021[J]. Chinese General Practice, 2026, 29(1): 67-75, 90.

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

Analysis and Future Trend Prediction of Disease Burden of Elderly Type 1 Diabetes Mellitus in China and Globally from 1990 to 2021

ZHAO Xiaoxiao^{1,2}, DING Yunhan³, CHEN Jiahui⁴, WANG Haibo⁵, KE Lixin⁶, WANG Ziyi⁷, GAO Wulin¹, LU Xiaohui¹, WU Jibiao², LU Cuncun^{8, 9*}

1.Affiliated Hospital of Shandong University of TCM, Jinan 250014, China

2.Shandong University of TCM, Jinan 250399, China

3.Department of Clinical Laboratory, Affiliated Hospital of Chengde Medical University(Nanyuan District), Chengde 067000, China

4.Clinical Skills Training Center, the First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

5.Department of Critical Care Medicine, Affiliated Hospital of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China

6.Department of Pediatrics, University of Groningen, University Medical Center Groningen, Groningen 9713GZ, Netherlands

7.Evidence-Based Social Science Research Center, School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

8.Institute of Traditional Chinese and Western Medicine, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730101, China

9.Institute of Basic Research in Clinical Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

*Corresponding author: LU Cuncun, Associate professor; E-mail: lu17metrics@163.com

ZHAO Xiaoxiao and DING Yunhan are the co-first authors

[Abstract] **Background** Type 1 diabetes mellitus (T1DM) predominantly affects adolescents, drawing substantial research focus. Conversely, older adults with T1DM receive relatively little attention and research. Consequently, disease burden data for this population are scarce and urgently require filling. **Objective** To assess the disease burden and projected trends of T1DM among the elderly (age ≥ 60 years) from 1990 to 2021, thereby providing essential evidence for public health decision-making. **Methods** Data on the incidence and disability-adjusted life years (DALYs) associated with T1DM in the elderly were extracted from the Global Burden of Disease (GBD) 2021 database from 1990 to 2021, focusing on globally, China, and five sociodemographic index (SDI) regions. Taking the GBD 2021 standard population as the reference, age-standardized incidence and DALY rates for elderly individuals with T1DM were calculated based on the direct standardization method. The trend of disease burden was analyzed via Joinpoint regression, with results reported as average annual percent change (AAPC). Subgroup analyses stratified the disease burden by age and sex, respectively. Additionally, a three-factor decomposition method was employed to dissect the relative influences of aging, population growth, and epidemiological change on the shifts in disease burden. Finally, a Bayesian model was utilized to forecast the disease burden of elderly T1DM from 2022 to 2040. **Results** In 2021, the global and Chinese incidence of T1DM stood at 42 330 and 3 049 cases, respectively, representing increases of 199.47% and 427.50% compared to 1990. The total DALYs of the elderly T1DM reached 659 117 person-years globally and 57 663 person-years in China in 2021, marking increases of 91.80% and 78.25%, respectively, since 1990. Age-standardized DALYs rate exhibited a downward trend globally and within China from 1990 to 2021, with statistically significant differences ($P < 0.001$). The proportion of T1DM incidence cases was highest in the 60–64 age group globally, in China, and across the five SDI stratified regions. The proportion of incidence cases in Chinese 60–64 age group (27.91%) fell between the high-middle SDI region (26.01%) and the middle SDI region (30.26%), but the proportion of DALYs among Chinese T1DM patients in the 60–64 age group (24.06%) was lower than that of all other regions. Notably, individuals aged 60–69 years constituted 53.51% of all elderly T1DM patients in China, and accounting for 55.25% of total DALYs. Population growth emerged as the primary contributing factor, responsible for 58.34% of the increase in T1DM incidence among the elderly in China. Furthermore, it was identified as the decisive factor driving DALYs increases, contributing to 178.96%. Projections indicate a continued rise in both incidence and DALYs for elderly T1DM patients globally and in China from 2022 to 2040, with a more gradual change in DALYs observed among Chinese women compared to men. **Conclusion** The incidence of T1DM and the associated DALYs burden in the elderly remain substantially high both globally and in China. This underscores the urgent need for the formulation and implementation of more scientifically informed and effective public health policies and clinical intervention strategies to address this pressing health challenge.

[Key words] Diabetes mellitus, type 1; Older adults; Disease burden; Epidemiological study; Predictive analysis

1 型糖尿病 (type 1 diabetes mellitus, T1DM) 是一种由于胰腺 β 细胞被自身免疫系统破坏, 导致终生胰岛素缺乏的慢性疾病^[1]。T1DM 发病是一个从自身免疫抗体生成, 到胰腺 β 细胞被破坏, 导致患者血糖异常, 最后出现高血糖相关的症状及并发症的连续性过程^[2]。

伴随 T1DM 可发生多种急、慢性疾病, 急性的包括糖尿病酮症酸中毒、药物性低血糖等, 慢性的包括糖尿病肾病、糖尿病视网膜病变、糖尿病足、糖尿病神经病变等; 此外还可导致冠心病、自身免疫性疾病、内分泌代谢疾病、神经损伤性疾病^[1]。伴随 T1DM 发生的自身

免疫性疾病中最常见的是自身免疫性甲状腺疾病^[3]，此外还包括自身免疫导致的乳糜泻^[4]、恶性贫血^[5]等。另有研究表明 T1DM 与多动症、抽动症^[6]、癫痫^[7]、阿尔茨海默病^[8]等神经系统疾病有一定的相关性。与 T1DM 相关的并发症及早期死亡率均处于较高水平，患者的预期寿命比常人减少约 10 年^[1, 7]。为维持血糖稳定，避免并发症的出现，患者需要接受终生持续性干预^[1]，研究发现 160 万余例 T1DM 患者和同等数量的非 T1DM 患者相比，终身治疗成本高出约 8 130 亿美元^[9]。我国 T1DM 发病率居全球第 4，仅次于美国、印度和巴西，该疾病高发于青少年，但仍有约 19% 的患者为 60 岁以上的老年患者^[10]。老年 T1DM 的疾病负担受到多种因素的影响，且会因其免疫力下降、护理难度增加、收入减低等导致更加严峻的状况^[11]。

全球疾病负担 (Global Burden of Disease, GBD) 研究是一项由全球多个国家和地区共同参与开展的综合性流行病学研究项目。其由美国华盛顿大学健康指标与评估研究所牵头，并与全球各国公共卫生机构和研究人员共享，2024 年 GBD 数据库进行了更新，目前可获得的数据截至 2021 年^[12-13]。GBD 数据涵盖各类疾病、损伤、危险因素对人类健康影响的相关指标，已被广泛应用于评估疾病负担、支持卫生政策制定、指导公共健康策略^[14]。此前，有研究者发现不同社会人口学指数 (sociodemographic index, SDI) 地区同一疾病患者的疾病负担有所不同^[15]。SDI 是 GBD 协作组推荐的社会人口学发展水平评价指标，根据该指标将全球 204 个国家/地区分为 5 个 SDI 地区：低 (<0.466)，低-中 (0.466~0.619)，中 (0.620~0.712)，高-中 (0.713~0.810) 和高 (>0.810)。其中，中国 2021 年的 SDI 为 0.722，属于高-中 SDI 地区^[12, 16]。T1DM 好发于青少年群体，这使得既往研究重点多集中于此，对老年 T1DM 的关注与研究相对不足，导致这一群体的疾病负担数据存在一定空白，亟待填补^[17]。因此，本研究旨在利用 GBD 2021 数据对 1990—2021 年老年 T1DM 的疾病负担进行系统分析，并对未来老年 T1DM 的发病和伤残调整生命年 (disability-adjusted life years, DALYs) 负担进行预测，以期卫生资源配置决策提供数据支撑。

1 资料与方法

1.1 数据来源

本研究数据来源于 2024 年 5 月发布的 GBD 2021 数据库^[12-13]，网址为 <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>。本研究提取了该数据库中 1990—2021 年中国、全球以及 5 个社会人口学指数 (sociodemographic index, SDI) 分层地区年龄 60 岁及以上 (定义为“老年人群”) T1DM 的发病和 DALYs 数据。具体操作为^[14]：在“GBD Results Tool”界面，依次在“GBD Estimate”下选择“Cause

of death or injury”，“Measure”下选择“Incidence”和“DALYs (Disability-Adjusted Life Years)”，“Metric”下选择“Number”和“Rate”，“Cause”下选择“Diabetes mellitus type 1”，“Location”下选择“Global”“China”及 5 个 SDI 地区，“Age”下选择“60-64 years”至“95+years”以每 5 年为 1 组的各年龄组数据，“Sex”下选择“Female”“Male”和“Both”，“Year”下选择“1990”至“2021”的所有年份，最后点击“Download”下载数据。

1.2 统计学分析

统计分析和绘图采用 R 4.4.0 和 Excel 2021 软件完成。首先，以 GBD 2021 标准人口^[18]为参照，采用直接标准化法计算老年 T1DM 人群的年龄标准化发病率和年龄标准化 DALYs 率及其 95%CI。其次，使用 Joinpoint 回归分析，设置最大联结点数为 5，计算老年 T1DM 年龄标准化发病率和年龄标准化 DALYs 率的年度变化百分比 (annual percent change, APC) 和平均年度变化百分比 (average annual percentage change, AAPC) 及其 95%CI，以评估其流行病学特征随时间改变的趋势^[15]。其中，APC 反映了某个时间区段内疾病标准化率的变化趋势，AAPC 则反映了整个分析时期内疾病标准化率的整体变化趋势。若 APC 或 AAPC 的 95%CI 上限在 0 以下，则为下降趋势；若 APC 或 AAPC 的 95%CI 下限在 0 以上，则为上升趋势；当 APC 或 AAPC 的 95%CI 包括 0，则表明趋势相对平稳。此外，基于性别 (男性和女性) 和 8 个年龄组 (60~64、65~69、70~74、75~79、80~84、85~89、90~94、≥95 岁) 进行亚组分析以进一步描述老年 T1DM 患者的疾病负担。

此外，利用 GUPTA 提出的三因素分解方法分析老龄化、人口增长和流行病学改变 3 个因素对老年 T1DM 疾病负担变化的相对影响^[19]。该方法旨在将一个总体改变分解为由不同因素引起的贡献，在同一地区内三者各自影响的贡献占比之和为 100%。最后，基于贝叶斯年龄-时期-队列模型^[20-21]对 2022—2040 年老年 T1DM 的发病数和 DALYs 进行预测以判断未来老年 T1DM 负担的变化趋势。贝叶斯年龄-时期-队列模型是一种用于分析和预测人口统计数据变化的统计模型，目前已被广泛用于各种疾病的流行病学负担时间趋势预测分析^[20-21]。统计分析均以双侧检验的形式进行，95%CI 不包括 0 或者 $P < 0.05$ 视为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 中国与全球老年 T1DM 的发病负担改变趋势

2021 年全球老年 T1DM 总体、女性和男性的发病数分别为 42 330 人、24 929 人和 17 401 人，与 1990 年相比，分别增加了 199.47%、183.48% 和 225.80%。1990—2021 年年年龄标准化发病率均呈上升趋势，平均

每年分别增长 0.84% (95%CI=0.80%~0.88%)、0.75% (95%CI=0.72%~0.78%) 和 1.02% (95%CI=0.99%~1.05%)，差异有统计学意义 ($P<0.001$)。1990 年和 2021 年全球老年 T1DM 女性的发病数、年龄标准化发病率均高于男性，见表 1 和图 1A。2021 年中国老年 T1DM 总体、女性和男性的发病数分别为 3 049 人、1 559 人和 1 490 人，与 1990 年相比，分别增加了 427.50%、432.08% 和 422.81%。1990—2021 年年龄标准化发病率均呈增加趋势，平均每年分别增长 2.21% (95%CI=2.05%~2.38%)、2.21% (95%CI=2.04%~2.37%) 和 2.19% (95%CI=2.06%~2.32%)，差异有统计学意义 ($P<0.001$)，见表 1 和图 1B。1990—2021 年不同 SDI 地区的年龄标准化发病率整体上也呈增加趋势，其中高 SDI 地区年龄标准化发病率的增长尤为显著，1990—2021 年平均每年增长 1.35% (95%CI=1.29%~1.41%， $P<0.001$)。

2.2 中国与全球老年 T1DM 的 DALYs 负担改变趋势

2021 年全球老年 T1DM 总体、女性和男性的 DALYs 分别为 659 117 人年、350 303 人年和 308 814 人年，较 1990 年分别增加 91.80%、76.40%、112.88%。然而 1990—2021 年全球老年 T1DM 总体、女性和男性的年龄标准化 DALYs 率整体上呈下降趋势，年龄标准化 DALYs 率的 AAPC 分别为 -0.49% (95%CI=-0.53%~-0.44%)、-0.68% (95%CI=-0.74%~-0.62%)、-0.24% (95%CI=-0.35%~-0.13%)，差异有统计学意义 ($P<0.001$)，且女性年龄标准化 DALYs 率下降较男性更为明显，见表 2 和图 1C。同时，2021

年中国老年 T1DM 总体、女性和男性的 DALYs 分别为 57 663 人年、30 776 人年和 26 887 人年，较 1990 年分别增长 78.25%、39.69% 和 160.58%。中国 1990—2021 年总体、女性的年龄标准化 DALYs 率呈现下降趋势，年龄标准化 DALYs 率的 AAPC 分别为 -1.28% (95%CI=-1.54%~-1.01%)、-2.01% (95%CI=-2.27%~-1.76%)，差异有统计学意义 ($P<0.001$)，但男性人群年龄标准化 DALYs 率的趋势却相对平稳，见表 2 和图 1D。不同 SDI 地区分析结果表明，1990—2021 年除中 - 低 SDI 地区外，其他 4 个 SDI 地区的年龄标准化 DALYs 率均呈下降趋势，差异有统计学意义 ($P<0.001$)，中 SDI 地区年龄标准化 DALYs 率下降趋势较为明显，年龄标准化 DALYs 率的 AAPC 为 -0.50% (95%CI=-0.59%~-0.42%)，见表 2。

2.3 中国与全球老年 T1DM 疾病负担的不同年龄组分析

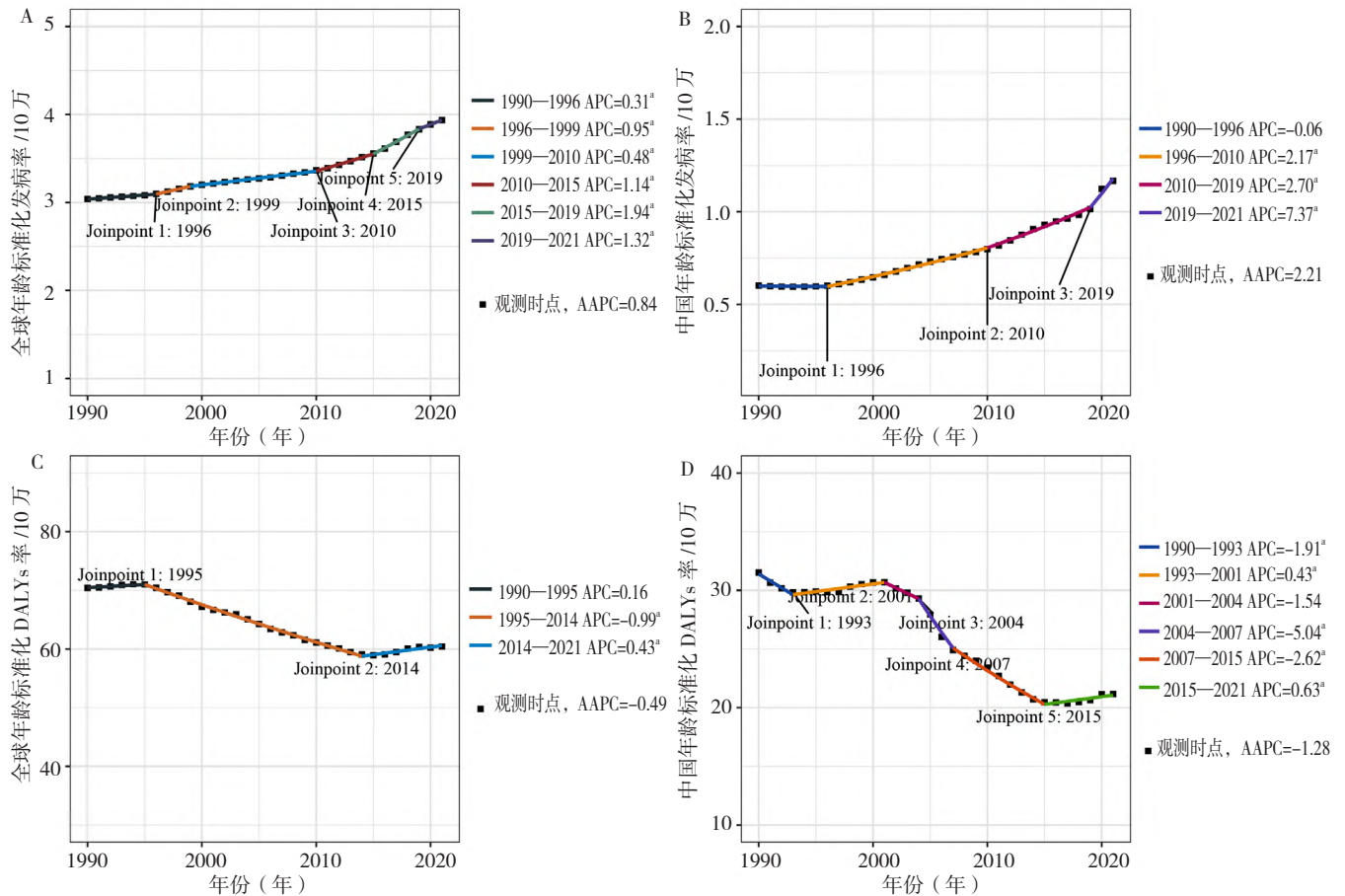
将 2021 年老年 T1DM 患者按年龄分组，以 5 年为 1 组进行亚组分析，结果见图 2。由图可知，全球、中国以及 5 个 SDI 地区老年 T1DM 患者发病数占比最高的均为 60~64 岁组，且在低 SDI 地区该年龄组的占比高达 36.11%。在 DALYs 方面，中国和高 - 中 SDI 地区 65~69 岁组占比最高，其他地区则为 60~64 岁组占比最高，且在低 SDI 地区该年龄组的占比高达 34.57%。此外，还可发现中国 60~64 岁 T1DM 患者发病数占比 (27.91%) 介于高 - 中 SDI 地区 (26.01%) 和中 SDI 地区 (30.26%) 之间，但中国 60~64 岁 T1DM 的 DALYs 占比 (24.06%) 低于其他所有地区；同时，中国 60~69 岁 T1DM 患者的发病数占中国老年 T1DM 患者的 53.51%，其 DALYs 占中国老年 T1DM 患者的 55.25%。

表 1 1990 与 2021 年全球和中国老年 T1DM 的发病负担及 1990—2021 年变化趋势

Table 1 Incidence burden of T1DM among the elderly population globally and in China in 1990 and 2021, and the temporal trend from 1990 to 2021

项目	1990 年		2021 年		1990—2021 年	
	发病例数 (95%CI)	年龄标准化发病率 /10 ⁵ (95%CI)	发病例数 (95%CI)	年龄标准化发病率 /10 ⁵ (95%CI)	年龄标准化发病率的 AAPC (95%CI)	P 值
全球						
总体	14 135 (6 294~26 723)	3.04 (1.38~5.71)	42 330 (17 432~82 471)	3.94 (1.63~7.66)	0.84 (0.80~0.88)	<0.001
女性	8 794 (4 002~16 402)	3.37 (1.55~6.26)	24 929 (10 566~47 906)	4.25 (1.80~8.18)	0.75 (0.72~0.78)	<0.001
男性	5 341 (2 284~10 306)	2.59 (1.13~4.97)	17 401 (6 891~34 426)	3.55 (1.42~7.00)	1.02 (0.99~1.05)	<0.001
中国						
总体	578 (195~1 208)	0.60 (0.21~1.26)	3 049 (905~6 933)	1.17 (0.35~2.68)	2.21 (2.05~2.38)	<0.001
女性	293 (102~604)	0.58 (0.20~1.21)	1 559 (463~3 605)	1.13 (0.34~2.64)	2.21 (2.04~2.37)	<0.001
男性	285 (92~601)	0.62 (0.20~1.31)	1 490 (441~3 347)	1.20 (0.36~2.72)	2.19 (2.06~2.32)	<0.001
SDI 地区						
高	5 551 (2 620~10 287)	3.88 (1.83~7.18)	16 115 (7 049~30 628)	5.86 (2.54~11.19)	1.35 (1.29~1.41)	<0.001
高 - 中	3 576 (1 574~6 767)	2.96 (1.32~5.58)	9 981 (3 946~19 363)	3.94 (1.56~7.64)	0.92 (0.86~0.99)	<0.001
中	2 524 (1 077~4 785)	2.39 (1.11~4.37)	9 302 (3 762~18 180)	2.91 (1.21~5.65)	0.64 (0.62~0.67)	<0.001
低 - 中	1 850 (724~3 638)	2.81 (1.14~5.48)	5 362 (2 047~10 697)	3.25 (1.27~6.44)	0.46 (0.43~0.49)	<0.001
低	617 (227~1 227)	2.56 (0.96~5.08)	1 524 (560~3 034)	2.79 (1.04~5.57)	0.27 (0.23~0.32)	<0.001

注：T1DM=1 型糖尿病，AAPC=平均年度变化百分比，SDI=社会人口学指数。



注：图 A 为全球年龄标准化发病率，图 B 为中国年龄标准化发病率，图 C 为全球年龄标准化 DALYs 率，图 D 为中国年龄标准化 DALYs 率；T1DM=1 型糖尿病，APC= 年度变化百分比，AAPC= 平均年度变化百分比，DALYs= 伤残调整生命年；^{*} 表示 $P<0.05$ 。

图 1 1990—2021 年老年 T1DM 年龄标准化发病率与 DALYs 率的 Joinpoint 回归分析

Figure 1 Joinpoint regression of age-standardized incidence and DALYs rates among the elderly T1DM from 1990 to 2021

表 2 1990 与 2021 年全球和中国老年 T1DM 的 DALYs 负担及 1990—2021 年变化趋势

Table 2 DALYs burden of T1DM among the elderly population globally and in China in 1990 and 2021, and the temporal trend from 1990 to 2021

项目	1990 年		2021 年		1990—2021 年	
	DALYs (95%CI, 人年)	年龄标准化 DALYs 率 /10 ⁵ (95%CI)	DALYs (95%CI, 人年)	年龄标准化 DALYs 率 /10 ⁵ (95%CI)	年龄标准化 DALYs 率 AAPC (95%CI)	P 值
全球						
总体	343 654 (285 875~407 401)	70.43 (58.55~83.53)	659 117 (521 877~820 175)	60.42 (47.83~75.24)	-0.49 (-0.53~-0.44)	<0.001
女性	198 588 (163 689~242 936)	73.92 (60.91~90.41)	350 303 (276 526~437 270)	59.78 (47.18~74.63)	-0.68 (-0.74~-0.62)	<0.001
男性	145 066 (117 026~176 456)	66.16 (53.35~80.50)	308 814 (239 512~387 594)	61.34 (47.59~77.09)	-0.24 (-0.35~-0.13)	<0.001
中国						
总体	32 349 (21 953~45 602)	31.52 (21.25~44.28)	57 663 (44 792~73 646)	21.16 (16.44~27.04)	-1.28 (-1.54~-1.01)	<0.001
女性	22 031 (13 631~34 079)	40.61 (25.04~62.60)	30 776 (23 021~41 257)	21.63 (16.16~28.95)	-2.01 (-2.27~-1.76)	<0.001
男性	10 318 (6 976~14 085)	21.96 (14.67~30.25)	26 887 (19 931~35 460)	20.97 (15.57~27.63)	-0.15 (-0.39~0.09)	0.230
SDI 地区						
高	133 670 (114 944~156 980)	92.48 (79.45~108.69)	219 997 (168 381~284 953)	80.77 (61.81~104.64)	-0.44 (-0.51~-0.38)	<0.001
高-中	74 355 (61 701~89 221)	58.62 (48.57~70.47)	136 064 (104 149~175 783)	53.13 (40.63~68.70)	-0.33 (-0.45~-0.22)	<0.001
中	64 323 (50 678~80 408)	52.04 (40.90~65.19)	148 511 (119 548~183 101)	44.14 (35.51~54.44)	-0.50 (-0.59~-0.42)	<0.001
低-中	51 535 (36 402~67 720)	72.03 (50.49~94.90)	117 278 (91 357~145 273)	67.59 (52.56~83.83)	-0.21 (-0.44~0.02)	0.080
低	19 020 (13 049~25 222)	71.25 (48.30~95.08)	36 418 (27 293~46 496)	62.59 (46.71~80.08)	-0.38 (-0.53~-0.24)	<0.001

注：DALYs= 伤残调整生命年。

2.4 中国与全球老年 T1DM 疾病负担改变的分解分析

通过分解分析探讨老龄化、人口增长、流行病学改变三种因素对老年 T1DM 疾病负担改变的相对影响程度,结果见图 3。由图可知,全球、中国和 5 个 SDI 地区老年 T1DM 发病数增加的主要影响因素是人口增长,其中对低 SDI 地区的贡献最高,占比为 87.43%,对中国的贡献最低,占比为 58.34%。其次是流行病学改变,其对中国的贡献最高,占比达到 40.56%,对低 SDI 地区的贡献最低,占比为 11.63%。导致各地区 DALYs 增加的主要因素也是人口增长,对中国的贡献最高,占比达到了 178.96%,对低-中 SDI 地区的贡献最低,占比为 110.20%。与此同时,流行病学的改变对各地区 DALYs 增加均呈现负面影响,且对中国的影响最高(-78.98%),对低-中 SDI 地区影响最低(-9.69%)。此外,还发现老龄化对老年 T1DM 发病数和 DALYs 增加的影响较小,这可能与该病的自身临床特点及本研究纳入分析人群为老年患者有关。

2.5 中国与全球老年 T1DM 未来疾病负担的预测分析

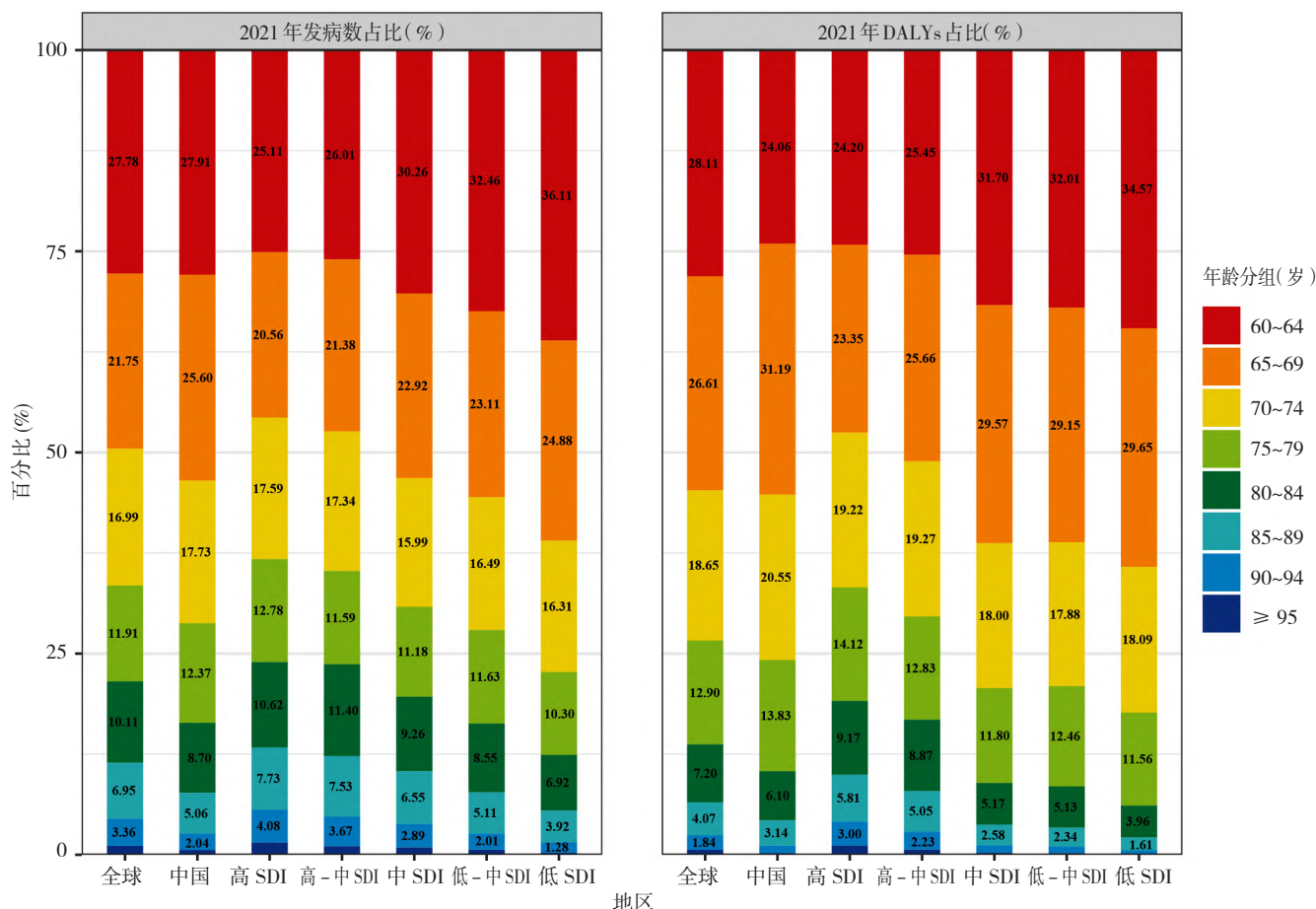
基于贝叶斯年龄-时期-队列模型对 2022—2040

年全球和中国老年 T1DM 发病数和 DALYs 进行预测,结果分别见图 4A 与 4B。由图可知,预计 2022—2040 年全球与中国老年 T1DM 患者总体、男性和女性的发病数和 DALYs 将呈上升趋势,但 2022—2040 年中国女性 T1DM 患者 DALYs 的整体趋势较男性更为平缓。

3 讨论

本研究发现,2021 年全球和中国老年 T1DM 发病数较 1990 年明显增加,且 1990—2021 年其年龄标准化发病率整体上呈上升趋势。此外,还发现人口增长是老年 T1DM 发病数增加的重要影响因素。老年 T1DM 的疾病负担形势依然严峻,且随着全球老龄化进程的加速和发病数的不断上升,未来这一挑战将愈发凸显。面对这一现状,迫切需要制定更加科学、全面、有效的医疗管理策略,以有效应对日益增加的流行病学负担和经济负担。

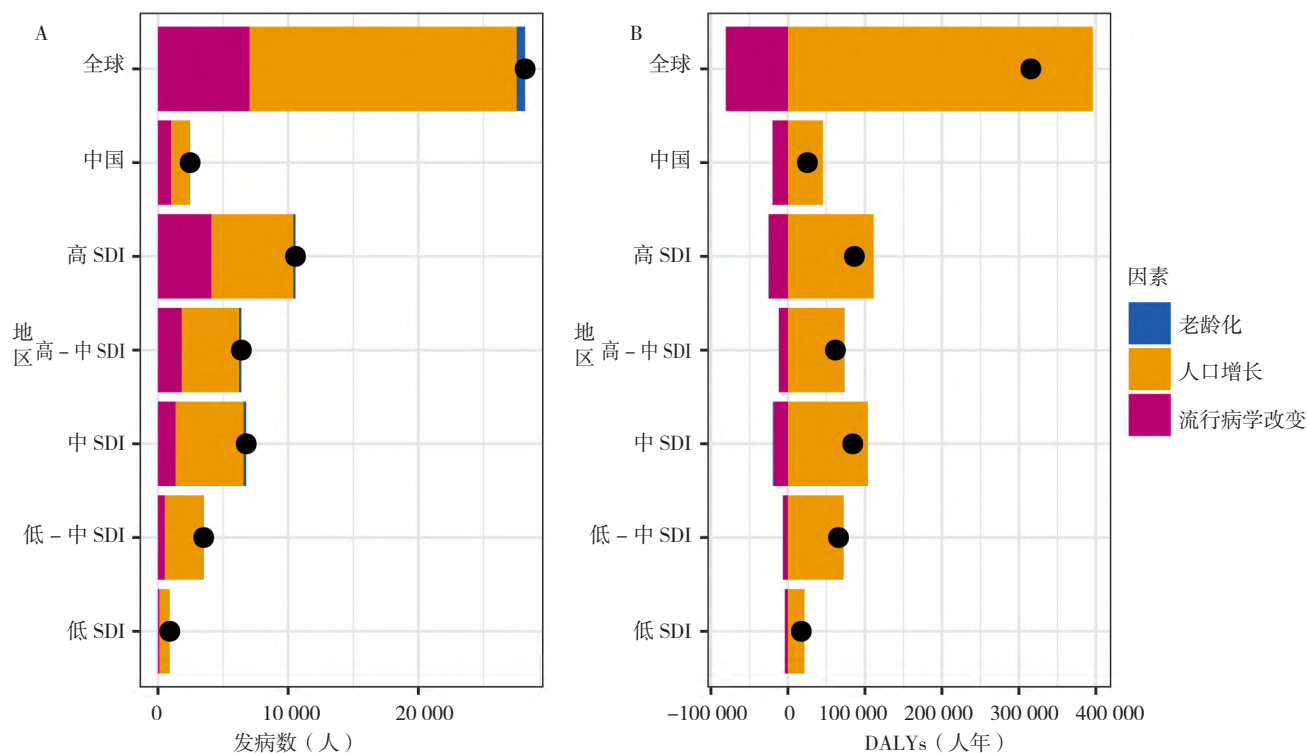
1990 年和 2021 年全球老年 T1DM 男性的发病数和年龄标准化发病率均低于女性。在中国,老年 T1DM 男性发病数低于女性,但年龄标准化发病率高于女性。一



注: SDI= 社会人口学指数。

图 2 2021 年老年 T1DM 疾病负担的各年龄组占比

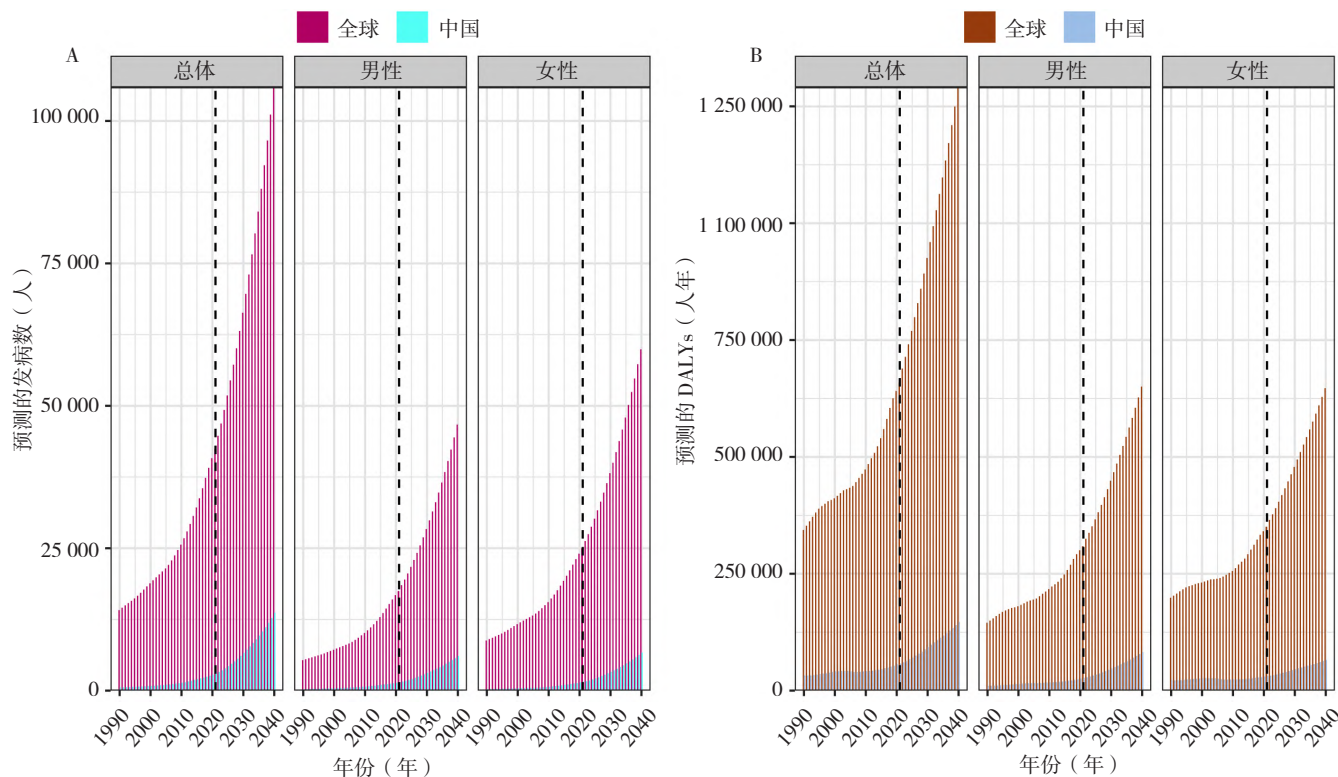
Figure 2 Percentage of each age group of disease burden in the elderly T1DM in 2021



注：图 A 为发病数分解分析，图 B 为 DALYs 分解分析。

图 3 1990—2021 年中国与全球老年 T1DM 发病数和 DALYs 的分解分析

Figure 3 Decomposition analysis of number of incidence and DALYs among the elderly T1DM from 1990 to 2021



注：图 A 为发病数预测，图 B 为 DALYs 预测。

图 4 2022—2040 年中国与全球老年 T1DM 发病数与 DALYs 预测

Figure 4 Predicted number of incidence and DALYs among the elderly T1DM from 2022 to 2040

项Meta分析发现,年轻男性T1DM的发病率高于女性^[17],但老年人群中这一差异尚无确凿证据。另有研究表明,女性绝经后激素水平的变化一定程度上会影响其血糖波动^[22]。因此推测男性和女性内分泌激素的差异可能是导致T1DM的发病及疾病进展存在性别差异的重要原因之一。此外,一项调查性研究发现,内脏脂肪指数与糖尿病发病风险呈显著正相关性^[23],且男性生活方式的改善则可显著降低糖尿病的风险,差异有统计学意义^[24]。这些研究结果强调了性别因素在疾病负担中的作用,因此未来在制定卫生政策时,应该考虑性别差异对T1DM患者的潜在影响。

尽管中国老年T1DM人群中60~64岁组发病数占比最高,但其DALYs占比却低于其他所有地区。DALYs是指因病过早死亡导致的寿命减少和因病伤残引起的健康寿命减少的总和,较低的DALYs表明该人群的整体健康负担较轻^[25]。近年来,中国在糖尿病管理领域取得了显著进展,尤其是在药物治疗、胰岛素管理和患者教育方面,这些改进可能有效降低了糖尿病并发症的发生率和严重程度,从而使DALYs比例下降^[26-28]。此外,“健康中国2030”规划纲要也对医疗体系的进一步优化提出了要求,特别是在老年患者的医疗保险覆盖和慢性病管理项目的扩展方面,使得更多患者能够及时获得治疗和照护,这在一定程度上减轻了糖尿病的疾病负担^[29]。

目前,T1DM的治疗主要依赖胰岛素治疗、血糖监测和生活方式干预等方法^[30]。此外,胰岛移植、干细胞疗法和免疫调节疗法等新兴技术也在逐步发展。例如,国内研究团队基于化学诱导多能干细胞源性胰岛移植方法,实现了T1DM患者的临床功能性治愈,该项成果最近发表于*Cell*杂志^[31]。也有学者提出探索生成可补充 β 细胞、细胞递送技术和局部靶向免疫调节的最新策略用于治疗T1DM^[32]。有研究发现抗白介素21(interleukin-21, IL-21)抗体和利拉鲁肽组合疗法可以保护新近诊断的T1DM患者的 β 细胞功能^[33]。同时有学者发现基质金属蛋白酶(matrix metalloproteinase, MMP),如MMP-1、MMP-2、MMP-3与T1DM患者动脉硬化标志物独立相关,并可能成为潜在的治疗靶标^[34]。此外,中医药干预在T1DM及其并发症的研究中也展现了一定潜力。例如,实验研究发现青蒿琥酯可能通过抑制PI3K/GSK3 β 信号通路传导显著降低T1DM模型小鼠的胰岛素抵抗^[35]。山柰酚可能通过HO-1/p38通路发挥炎症抑制作用,从而减轻T1DM模型小鼠的肾脏损伤^[36]。

中国老年T1DM人群中60~69岁组发病数和DALYs均占其全部数量的过半比例,且近年来其发病数和DALYs均呈上升趋势,同时预测结果表明2022—2040

年我国及全球老年T1DM发病数与DALYs仍将继续增加。未来的政策应侧重于提高针对老年T1DM患者的早期筛查和诊断能力,减少误诊,并提高整体健康管理水平。有证据表明通过远程医疗、互联网医院等方式对T1DM患者进行健康管理,可对其血糖控制提供一定帮助^[37]。除了传统的胰岛素治疗,应加强对新兴治疗手段(如干细胞疗法、免疫调节治疗等)的研究与应用,进一步支持和加强中医药干预的临床研究和实践应用,积极探索有效的多元化治疗手段。随着诊疗技术的进步,青少年时期发病且随时间推移步入老年阶段的人群数量可能会逐渐增多。因此,还应推广健康生活方式干预和心理健康支持,建立完善的慢性病管理体系,提升医疗服务的可及性和整体质量。

4 小结

本研究基于GBD 2021数据库对1990—2021年全球和中国老年T1DM发病和DALYs负担进行了系统分析,相关结果能为全球和中国老年T1DM的防控和卫生资源分配决策提供证据参考。然而,本研究存在一定的局限性,GBD数据是通过综合不同来源的流行病学数据利用统计模型估算得到,其可靠性高度依赖于原始数据的准确性,且近期有研究提示,GBD估计结果相较于真实世界流行病学数据常存在高估情况^[38],因此,基于GBD数据二次分析结果的解释和应用需要谨慎。为了更全面地了解我国老年T1DM的疾病负担,未来需要开展更多关于不同省市的区域性调查,以明确各地区的疾病负担趋势和差异。

作者贡献:赵晓晓负责数据收集、图表制作、初稿撰写、经费支持;丁韵涵负责数据收集、图表制作、初稿撰写;陈嘉慧、王海博负责数据整理、论文修订;柯立鑫、王子怡、高武霖、卢笑晖、武继彪负责数据核查、论文修订;卢存存负责研究选题、研究指导、统计分析、图表制作、论文修订。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] SUBRAMANIAN S, KHAN F, HIRSCH I B. New advances in type 1 diabetes[J]. *BMJ*, 2024, 384: e075681. DOI: 10.1136/bmj-2023-075681.
- [2] INSEL R A, DUNNE J L, ATKINSON M A, et al. Staging presymptomatic type 1 diabetes: a scientific statement of JDRF, the endocrine society, and the American diabetes association[J]. *Diabetes Care*, 2015, 38(10): 1964-1974. DOI: 10.2337/dc15-1419.
- [3] WANG J, WAN K, CHANG X, et al. Association of autoimmune thyroid disease with type 1 diabetes mellitus and its ultrasonic diagnosis and management[J]. *World J Diabetes*, 2024, 15(3): 348-360. DOI: 10.4239/wjd.v15.i3.348.

- [4] ZINGONE F, BAI J C, CELLIER C, et al. Celiac disease-related conditions: who to test?[J]. *Gastroenterology*, 2024, 167(1): 64–78. DOI: 10.1053/j.gastro.2024.02.044.
- [5] TOH B H. Pathophysiology and laboratory diagnosis of pernicious Anemia[J]. *Immunol Res*, 2017, 65(1): 326–330. DOI: 10.1007/s12026-016-8841-7.
- [6] ZARE DEHNAVI A, ELMITWALLI I, ALSHARIF H O H, et al. Effects of ADHD and ADHD treatment on glycemic management in type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis of observational studies[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2024, 209: 111566. DOI: 10.1016/j.diabres.2024.111566.
- [7] WU S H, DING Y N. Type 1 diabetes and the risk of epilepsy: a meta-analysis[J]. *J Diabetes Investig*, 2024, 15(3): 364–373. DOI: 10.1111/jdi.14126.
- [8] GENG C F, MENG K, ZHAO B, et al. Causal relationships between type 1 diabetes mellitus and Alzheimer's disease and Parkinson's disease: a bidirectional two-sample Mendelian randomization study[J]. *Eur J Med Res*, 2024, 29(1): 53. DOI: 10.1186/s40001-023-01628-z.
- [9] SUSSMAN M, BENNER J, HALLER M J, et al. Estimated lifetime economic burden of type 1 diabetes[J]. *Diabetes Technol Ther*, 2020, 22(2): 121–130. DOI: 10.1089/dia.2019.0398.
- [10] GREGORY G A, ROBINSON T I G, LINKLATER S E, et al. Global incidence, prevalence, and mortality of type 1 diabetes in 2021 with projection to 2040: a modelling study[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2022, 10(10): 741–760. DOI: 10.1016/S2213-8587(22)00218-2.
- [11] 杨建江. 基于 Cox 模型和深度生存神经网络对高龄老人余寿的影响因素分析及预测 [D]. 上海: 上海师范大学, 2023.
- [12] COLLABORATORS G 2 D A I. 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. DOI: 10.1016/S0140-6736(24)00757-8.
- [13] COLLABORATORS G 2 C O D. 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.
- [14] 陈嘉慧, 王海博, 柯立鑫, 等. 1990 年—2021 年中国因非酒精性脂肪性肝炎所致肝癌的疾病负担分析与未来趋势预测研究 [J]. *华西医学*, 2025, 40(4): 546–553. DOI: 10.7507/1002-0179.202408168.
- [15] 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.
- [16] 赵晓晓, 柯立鑫, 荀杨芹, 等. 1990—2021 年全球与中国老年 2 型糖尿病的疾病负担调查与未来趋势预测 [J]. *中国全科医学*, 2025, 28(16): 2050–2058. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0497.
- [17] HARDING J L, WANDER P L, ZHANG X G, et al. The incidence of adult-onset type 1 diabetes: a systematic review from 32 countries and regions[J]. *Diabetes Care*, 2022, 45(4): 994–1006. DOI: 10.2337/dc21-1752.
- [18] SUN P, YU C, YIN L M, et al. Global, regional, and national burden of female cancers in women of child-bearing age, 1990–2021: analysis of data from the global burden of disease study 2021[J]. *EclinicalMedicine*, 2024, 74: 102713. DOI: 10.1016/j.eclinm.2024.102713.
- [19] 赵晓晓, 卢笑晖, 柯立鑫, 等. 1990—2021 年全球与中国老年人群高血压疾病负担分析及未来趋势预测 [J]. *协和医学杂志*, 2025, 16(3): 647–658.
- [20] CHEN J Y, CUI Y Y, DENG Y, et al. Global, regional, and national burden of cancers attributable to particulate matter pollution from 1990 to 2019 and projection to 2050: worsening or improving?[J]. *J Hazard Mater*, 2024, 477: 135319. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.135319.
- [21] YANG X S, LIU C, LIU Y B, et al. The global burden, trends, and inequalities of individuals with developmental and intellectual disabilities attributable to iodine deficiency from 1990 to 2019 and its prediction up to 2030[J]. *Front Nutr*, 2024, 11: 1366525. DOI: 10.3389/fnut.2024.1366525.
- [22] SPEKSNIJDER E M, TEN NOEVER DE BRAUW G V, MALEKZADEH A, et al. Effect of postmenopausal hormone therapy on glucose regulation in women with type 1 or type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis[J]. *Diabetes Care*, 2023, 46(10): 1866–1875. DOI: 10.2337/dc23-0451.
- [23] 战博文, 杨宏光, 邓桂芳, 等. 基于 CHARLS 数据的中国人内脏脂肪指数与中国老年人糖尿病发病风险相关性分析 [J]. *现代预防医学*, 2024, 51(2): 216–220, 272. DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202308314.
- [24] 邢浩然, 张茹钰, 邢若斌, 等. 老年人健康生活方式与心脏病、糖尿病及共病的关联性研究 [J]. *中国慢性病预防与控制*, 2024, 32(2): 152–156. DOI: 10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2024.02.016.
- [25] 张强, 赵文霞, 丁韵涵, 等. 疾病负担研究的报告标准 (STROBOD 声明) 解读 [J]. *中国循证医学杂志*, 2025, 25(4): 467–474.
- [26] 陈娅锋. 糖尿病门诊用药保障政策实施现状研究: 以山东省三市为例 [D]. 济南: 山东大学, 2022.
- [27] 王芳旭, 陶立波. 医保续约后德谷门冬双胰岛素对比甘精胰岛素治疗口服降糖药控制不佳中国 2 型糖尿病患者的成本-效果 [J]. *中国药物经济学*, 2023, 18(7): 5–10. DOI: 10.12010/j.issn.1673-5846.2020.07.004.
- [28] 王昕宁. 胰岛素专项集采陆续落地或推动配套耗材纳入医保 [J]. *经济观察报*, 2022: 21. DOI: 10.28421/n.cnki.njjgc.2022.000928.
- [29] 中共中央 国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》[A/OL]. (2016–10–25)[2024–08–20]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s3586s/201610/21d120c917284007ad9c7aa8e9634bb4.shtml>.
- [30] 中国医师协会中西医结合医师分会内分泌与代谢病专业委员会, 《老年糖尿病中医诊疗指南》编写组, 倪青. 老年糖尿病中医诊疗指南 [J]. *中华全科医学*, 2024, 22(8): 1272–1278. DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.003615.

- risk in patients with type 2 diabetes mellitus—a multicenter study in China[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 137.
- [12] 倪青. 高尿酸血症和痛风病证结合诊疗指南 (2021-01-20)[J]. *世界中医药*, 2021, 16(2): 183-189.
- [13] 方宁远, 吕力为, 吕晓希, 等. 中国高尿酸血症相关疾病诊疗多学科专家共识 (2023 年版) [J]. *中国实用内科杂志*, 2023, 43(6): 461-480. DOI: 10.19538/j.nk2023060106.
- [14] PETRESKI T, EKART R, HOJS R, et al. Hyperuricemia, the heart, and the kidneys – to treat or not to treat?[J]. *Ren Fail*, 2020, 42(1): 978-986.
- [15] ZHENG Y, CHEN Z R, YANG J Y, et al. The role of hyperuricemia in cardiac diseases: evidence, controversies, and therapeutic strategies[J]. *Biomolecules*, 2024, 14(7): 753.
- [16] MAIUOLO J, OPPEDISANO F, GRATTERI S, et al. Regulation of uric acid metabolism and excretion[J]. *Int J Cardiol*, 2016, 213: 8-14. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.08.109.
- [17] CHEN L Y, WU L, LI Q, et al. Hyperuricemia associated with low skeletal muscle in the middle-aged and elderly population in China[J]. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*, 2022, 130(8): 546-553. DOI: 10.1055/a-1785-3729.
- [18] LI Z Y, GAO L J, ZHONG X Q, et al. Association of visceral fat area and hyperuricemia in non-obese US adults: a cross-sectional study[J]. *Nutrients*, 2022, 14(19): 3992.
- [19] HE H J, PAN L, WANG D M, et al. Fat-to-muscle ratio is independently associated with hyperuricemia and a reduced estimated glomerular filtration rate in Chinese adults: the China national health survey[J]. *Nutrients*, 2022, 14(19): 4193.
- [20] BAI R X, YING X Q, SHEN J Q, et al. The visceral and liver fat are significantly associated with the prevalence of hyperuricemia among middle age and elderly people: a cross-sectional study in Chongqing, China[J]. *Front Nutr*, 2022, 9: 961792.
- [21] LIU X Z, LI X M, MIAO J L, et al. Metabolic score for visceral fat and the risk of hyperuricemia in Chinese men[J]. *Minerva Endocrinol*, 2021, 46(4): 486-487.
- [22] MATSUURA F, YAMASHITA S, NAKAMURA T, et al. Effect of visceral fat accumulation on uric acid metabolism in male obese subjects: visceral fat obesity is linked more closely to overproduction of uric acid than subcutaneous fat obesity[J]. *Metabolism*, 1998, 47(8): 929-933. DOI: 10.1016/s0026-0495(98)90346-8.
- [23] 李纪新, 邱林杰, 任燕, 等. 肥胖慢性炎症中医药治疗的潜在靶点: 巨噬细胞极化 [J]. *中国中药杂志*, 2023, 48(19): 5113-5121. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20230619.602.
- [24] NISHIZAWA H, MAEDA N, SHIMOMURA I. Impact of hyperuricemia on chronic kidney disease and atherosclerotic cardiovascular disease[J]. *Hypertens Res*, 2022, 45(4): 635-640. DOI: 10.1038/s41440-021-00840-w.
- [25] XU C F, WAN X Y, XU L, et al. Xanthine oxidase in non-alcoholic fatty liver disease and hyperuricemia: one stone hits two birds[J]. *J Hepatol*, 2015, 62(6): 1412-1419. DOI: 10.1016/j.jhep.2015.01.019.

(收稿日期: 2025-03-09; 修回日期: 2025-07-13)
(本文编辑: 贾萌萌)

(上接第 75 页)

- [31] WANG S S, DU Y Y, ZHANG B Y, et al. Transplantation of chemically induced pluripotent stem-cell-derived islets under abdominal anterior rectus sheath in a type 1 diabetes patient[J]. *Cell*, 2024, 187(22): 6152-6164.e18. DOI: 10.1016/j.cell.2024.09.004.
- [32] GRATTONI A, KORBUTT G, TOMEI A A, et al. Harnessing cellular therapeutics for type 1 diabetes mellitus: progress, challenges, and the road ahead[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2025, 21: 14-30. DOI: 10.1038/s41574-024-01029-0.
- [33] VON HERRATH M, BAIN S C, BODE B, et al. Anti-interleukin-21 antibody and liraglutide for the preservation of β -cell function in adults with recent-onset type 1 diabetes: a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 2 trial[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9(4): 212-224. DOI: 10.1016/S2213-8587(21)00019-X.
- [34] PEETERS S A, ENGELEN L, BUIJS J, et al. Circulating matrix metalloproteinases are associated with arterial stiffness in patients with type 1 diabetes: pooled analysis of three cohort studies[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2017, 16(1): 139. DOI: 10.1186/s12933-017-0620-9.
- [35] 许艳玲, 赵玉珠, 付裕, 等. 青蒿琥酯通过 PI3K/GSK-3 β 通路对 1 型糖尿病小鼠胰岛素抵抗的改善作用研究 [J]. *天津中医药*, 2022, 39(8): 1077-1081. DOI: 10.11656/j.issn.1672-1519.2022.08.23.
- [36] 王超, 魏翠婷, 李润, 等. 山柰酚通过改善肾小管上皮细胞的氧化应激与炎症反应减轻 1 型糖尿病小鼠肾损伤 [J]. *解放军医学院学报*, 2024, 45(3): 261-269.
- [37] ZHANG K, HUANG Q Y, WANG Q S, et al. Telemedicine in improving glycemic control among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis[J]. *J Med Internet Res*, 2024, 26: e51538. DOI: 10.2196/51538.
- [38] YANG G J, OUYANG H Q, ZHAO Z Y, et al. Discrepancies in neglected tropical diseases burden estimates in China: comparative study of real-world data and Global Burden of Disease 2021 data(2004-2020)[J]. *BMJ*, 2025, 388: e080969. DOI: 10.1136/bmj-2024-080969.

(收稿日期: 2024-09-23; 修回日期: 2025-03-21)
(本文编辑: 王世越)