·科研论著·

1990—2019 年中国儿童青少年 1 型糖尿病负担分析与模型预测

陈顺[1]，林雪梅[2]，袁乔英[1]，刘芳[1]，肖曙芳[2]，乐小婧[1]，张曼[1]，李仙[1]

1. 云南省滇南中心医院(红河州第一人民医院)内分泌科，云南 红河 651400；2. 云南省儿童医院感染科

摘 要：目的 分析 1990—2019 年中国儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担并对其未来的变化趋势进行预测，为预防和控制儿童青少年因 1 型糖尿病所致的疾病负担提供参考依据。**方法** 利用 2019 年全球疾病负担(GBD)数据库提取 1990—2019 年 20 岁以下儿童青少年归因于 1 型糖尿病的发病率、患病率、死亡率及伤残调整寿命年(DALYs)率，采用 Joinpoint 回归模型分析其变化趋势，通过灰色预测模型 GM(1,1)预测未来 20 年的疾病负担。**结果** 2019 年，中国儿童青少年 1 型糖尿病发病率 5.22/10^5，患病率 49.17/10^5，死亡率 0.07/10^5，DALY 率 7.82/10^5，均低于全球平均水平。2019 年，中国男性儿童青少年 1 型糖尿病疾病发病率、死亡率均高于女性，而 DALY 率低于女性，其中 5～9 岁年龄组儿童青少年 1 型糖尿病疾病发病率最高，为 7.30/10^5，<1 岁年龄组死亡率最高，为 0.33/10^5。Joinpoint 回归模型结果显示，1990—2019 年发病率、患病率呈现上升趋势，平均年度变化百分比(AAPC)分别为 1.44%、1.05%，而死亡率和 DALY 率呈现降低趋势，AAPC 分别为－4.30%和－3.45%，差异均有统计学意义($P<0.05$)。预测结果表明，2020—2039 年中国儿童青少年 1 型糖尿病发病率和患病率均呈显著上升趋势。**结论** 1990—2019 年中国儿童青少年 1 型糖尿病发病率和患病率呈上升趋势，应继续采取积极的预防措施以减轻疾病负担。

关键词： 1 型糖尿病；疾病负担；模型预测；儿童青少年

中图分类号：R725.8 **文献标识码：**A **文章编号：**1008-6579(2024)07-0746-06 doi:10.11852/zgetbjzz2023-1027

Burden analysis and model prediction of type 1 diabetes mellitus in Chinese children and adolescents from 1990 to 2019

CHEN Shun[1], LIN Xuemei[2], YUAN Qiaoying[1], LIU Fang[1], XIAO Shufang[2], LE Xiaojing[1], ZHANG Man[1], LI Xian[1]

1. Department of Endocrinology, Diannan Central Hospital of Yunnan Province (Honghe First People's Hospital), Honghe, Yunnan 651400, China;

2. Department of Infectious Diseases, Children's Hospital of Yunnan Province

Corresponding author: LI Xian, E-mail: diannanlixian@163.com

Abstract: Objective To analyze the disease burden of type 1 diabetes (T1DM) among Chinese children and adolescents from 1990 to 2019, and to predict its future trend, so as to provide reference for the prevention and control of disease burden caused by T1DM in children and adolescents. **Methods** Data on the incidence rate, prevalence rate, mortality rate, and disability-adjusted life years (DALYs) attributed to T1DM among individuals aged under 20 years from 1990 to 2019 were retrieved from the 2019 Global Burden of Disease (GBD) database. Joinpoint regression analysis was used to examine the trends in these parameters. Furthermore, Grey Prediction Model GM(1,1) was utilized to forecast the disease burden for the upcoming 20 years. **Results** In 2019, the incidence rate, the prevalence rate and the mortality rate of T1DM among children and adolescents in China was 5.22/10^5, 49.17/10^5, and 0.07/10^5, respectively, and the DALY rate was 7.82/10^5, which were all lower than the global average. In 2019, the incidence and mortality rates of T1DM among male children and adolescents in China were higher than those of females, while the DALYs rate was lower than that of females. Notably, within the age group of 5 - 9 years old, the incidence rate for T1DM was the highest at 7.30/10^5, and the mortality rate was highest among children under 1 year old, reaching 0.33/10^5. The Joinpoint regression model revealed an upward trend in the incidence and prevalence rates of T1DM among children and adolescents in China from 1990 to 2019, with average annual percentage changes (AAPC) of 1.44% and 1.05%, respectively. Conversely, the mortality rate and DALY rate exhibited a significantly decreasing trend ($P<0.05$), with AAPCs of －4.30% and －3.45%, respectively. The forecasted outcomes indicated a notable increase in the incidence and prevalence rates of T1DM among

基金项目：国家自然科学基金(82160367)

作者简介：陈顺(1993-)，男，住院医师，硕士研究生学历，主要研究方向为内分泌及代谢性疾病。

通信作者：李仙，E-mail：diannanlixian@163.com

Chinese children and adolescents from 2020 to 2039. **Conclusions** The incidence and prevalence rates of T1DM among children and adolescents in China have shown an upward trend from 1990 to 2019. It is essential to continue implementing proactive preventive measures to alleviate the disease burden.

Keywords: type 1 diabetes mellitus; disease burden; predictive model; children and adolescents

1 型糖尿病(type 1 diabetes mellitus, T1DM)是一种以胰岛素缺乏和高血糖为特征的慢性自身免疫性疾病,占儿童糖尿病 90%以上。T1DM 发病机制复杂,涉及遗传和环境等多种因素的相互作用,最终导致自身免疫系统攻击胰岛 β 细胞,使胰岛素分泌量严重减少或完全中断[1-2]。据最新的流行病学调查显示,全球约有 840 万 T1DM 患者,其中小于 20 岁占 18%,20～59 岁占 64%,60 岁或以上占 19%,超过 20%的 T1DM 患者生活在低收入和中低收入国家,预计到 2040 年 T1DM 患病人数将增至 1 350～1 740 万,其中低收入和中低收入国家的相对增幅最大[3]。此外,研究表明,T1DM 的发病率在全球范围内呈上升趋势,年均增幅为 3%～4%[4]。尽管我国儿童青少年 T1DM 发病率低于全球水平,但研究显示,15 岁以下儿童的发病率从 1985—1994 年的 $0.51/10^5$ 增至 2010—2013 年的 $1.93/10^5$[5]。另一项研究表明,我国儿童 T1DM 的年发病率约为 2.02～5.3 例/10 万人年,且随着城市化进程的加快,儿童和青少年 T1DM 发病率急剧上升[6]。罗飞宏等[7]的一项针对上海 T1DM 儿童的研究表明,10 年间儿童 T1DM 年平均发病率为 3.1/10 万人年,年平均增速达 14.2%。

除此之外,T1DM 的发病还存在显著的遗传易感性[8]。T1DM 患者的一级亲属罹患 T1DM 的风险较一般人群高出 15～20 倍。在同卵双胞胎、异卵双胞胎以及兄弟姐妹中,T1DM 的发生率分别为 25%～50%和 6%～7%[9-10]。此外,尽管人类白细胞抗原(human leukocyte antigen, HLA)基因型被认为是 T1DM 的主要遗传因素,但遗传因素并不能完全解释 T1DM 的快速增长和相似遗传背景下的地区差异[11]。近年来,国内外大量研究已经证实,儿童及青少年是 T1DM 的高发群体,但关于儿童及青少年 T1DM 疾病负担的研究,特别是从不同时间、不同年龄和性别等角度探究二者之间的关系,仍然缺乏。迄今为止,仅有少数研究对 1994 年后中国人群的 T1DM 发病率进行了研究,且均局限于病例报告的回顾性分析[12-13]。本文基于 GBD 2019 数据库,采用发病率、患病率、死亡率、伤残调整寿命年(disability adjusted of life years, DALY)、计算年度变化百分比(annual percent change, APC)和平均年度百分比变化率(annual average percentage change, AAPC)等指标,分析 1990—2019 年中国不同性别、年龄的儿童及青少年 T1DM 疾病负担,并预测未来 20 年 T1DM 疾病负担。本研究通过评估我国儿童及青少年 T1DM 疾病负担趋势,深化了 T1DM 控制策略和措施的认识,提高控制的科学性和有效性,这对于保障公众健康,降低 T1DM 疾病的发生率和病死率,减轻社会经济负担,提高人民健康水平和生活质量具有重要的公共卫生意义。研究结果为制定科学的控制策略提供了科学依据和指导建议,可进一步推进中国儿童及青少年 T1DM 的防控工作。

1　资料与方法

1.1　*数据来源*　本研究所分析的数据来源于全球疾病负担(global burden of disease, GBD)2019 数据库,该数据库汇总了 204 个国家 369 种疾病,87 种危险因素所致的疾病负担,并细化了年龄、性别、年份以及地区等多方面信息。GBD 2019 数据库评估儿童青少年 T1DM 疾病的数据主要来自死因监测、生命监测系统以及中国疾病预防控制中心等。

1.2　*疾病负担评估方法*　发病率表示一定期间内,一定人群中某病新病例出现的频率。采用 DisMod-MR 2.1 软件对疾病的患病率进行计算,患病率是指一定的时间段内,整个总人口中某种疾病新旧病例之和所占的百分率。死亡率表示某一地区一段时间内死亡人数与该时期平均总人数之比。伤残调整寿命年(disability adjusted life years, DALYs)率则是通过早死亡损失寿命年和伤残损失寿命年来计算得出。变化率=(2019 年数值－1990 年数值)/1990 年数值×100%。

1.3　*统计学方法*　Joinpoint 5.0 软件对儿童青少年 T1DM 疾病的死亡率、DALY 率等数据进行分析,选择对数线性模型,分别计算各指标的 APC、AAPC。通过置换检验方法确定连接点个数,位置及 P 值。当 APC、AAPC＞0 表示该区段呈上升趋势,反之,代表下降趋势。检验水准 $\alpha=0.05$,差异有统计学意义。以 1990—2019 年儿童青少年 T1DM 的疾病负担数据,利用灰色预测模型建模。GM(1,1)灰色模型是一种能够利用有限且不完整的信息建立数学模型并进行预测的方法[14]。在进行灰色模型 GM(1,1)的建模过程中,首要步骤是计算数列的

级比，其定义为 (k)＝x0(k) / x0(k－1)，其中 k＝2，3，…，n。当所有级比均位于可接受范围 X＝(e^{-2}，e) 内时，方可考虑应用灰色模型 GM(1,1)进行数据预测。在对模型的精度进行检验时，采用后验差检验法，并将检验水准 α 设定为 0.05。根据后验差 C 的值来评估模型的精度，具体判定如下：C＜0.35 表示精度优秀，0.35≤C＜0.5 表示精度合格，0.5≤C≤0.65 表示精度基本合格，而 C＞0.65 表示精度不符合要求。

2 结 果

2.1 中国儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担 2019 年，中国儿童青少年 T1DM 疾病死亡数是 0.02 万例，死亡率是 0.07/10^5，患病数 14.75 万例，患病率 49.17/10^5，发病数 1.57 万例，发病率 5.22/10^5，DALY 是 2.35 万人年，DALY 率为 7.82/10^5。1990—2019 年，中国儿童及青少年 T1DM 的发病率和患病率随时间的变化呈上升趋势，死亡率、DALY 率随时间的变化呈下降趋势。因此，未来中国儿童青少年 T1DM 疾病负担仍不容忽视。见表 1、图 1。

2.2 全球儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担 1990 年，全球儿童青少年 T1DM 疾病死亡人数、死亡率、患病人数、患病率、发病人数、发病率、DALY、DALY 率分别为 0.85 万例、0.37/10^5，184.62 万例、81.20/10^5、19.77 万例、8.69/10^5、78.25 万人年及 34.42/10^5。2019 年死亡人数、死亡率、DALY、DALY 率均降至 0.72 万人、0.28/10^5、70.93 万人年、27.50/10^5，而发病人数、发病率、患病人数、患病率升至 28.83 万例、11.18/10^5、269.38 万例、104.44/10^5。1990—2019 年，中国儿童青少年 T1DM 疾病发病率、死亡率、患病率、DALY 率均低于全球水平。见表 1，图 1。

2.3 不同性别儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担 2019 年，中国儿童青少年 T1DM 疾病的发病人数中，男性 0.88 万例，女性 0.68 万例，患病人数中，男性 8.08 万例，女性 6.67 万例，死亡人数中，男性 0.01 万例，女性 0.01 万例，DALY 男性 1.23 万人年，女性 1.12 万人年，发病人数和患病人数男性和女性的指标高于 1990 年，而死亡人数和 DALY 低于 1990 年。见表 1。1990—2019 年，中国儿童青少年 1 型糖尿病发病率、患病率均随年份变化呈上升趋势，各年份女性发病率均高于男性，其 AAPC 为 1.40%(t＝－38.84，P＜0.001)。中国儿童青少年 T1DM 死亡率、DALY 率均随年份变化呈下降趋势，且女性下降趋势更为明显，AAPC 分别为－4.75%(t＝－32.02，P＜0.001)、－3.85%(t＝－19.30，P＜0.001)；男性死亡率、DALY 率下降趋势平缓，AAPC 分别为－3.77%(t＝－32.02，P＜0.001)、－2.97%(t＝－33.24，P＜0.001)。见表 2、图 2。

表 1 1990 年和 2019 年中国和全球儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担

Tab. 1 Burden of type 1 diabetes in Chinese and global children and adolescents from 1990 to 2019

地区	指标	1990 年			2019 年		
		女性	男性	总计	女性	男性	总计
中国	发病数(万人)	0.71	0.84	1.55	0.68	0.88	1.57
	发病率(/10^5)	3.29	3.60	3.45	4.94	5.46	5.22
	患病数(万人)	7.99	8.29	16.28	6.67	8.08	14.75
	患病率(/10^5)	36.97	35.47	36.19	48.22	49.99	49.17
	死亡数(万人)	0.06	0.05	0.11	0.01	0.01	0.02
	死亡率(/10^5)	0.29	0.20	0.24	0.07	0.06	0.07
	DALY(万人年)	5.53	4.25	9.78	1.12	1.23	2.35
	DALY 率(/10^5)	25.57	18.20	21.74	8.07	7.61	7.82
全球	发病数(万人)	9.61	10.16	19.77	13.85	14.97	28.83
	发病率(/10^5)	8.66	8.72	8.69	11.08	11.26	11.18
	患病数(万人)	91.61	93.01	184.62	131.66	137.73	269.38
	患病率(/10^5)	82.62	79.85	81.20	105.34	103.60	104.44
	死亡数(万人)	0.45	0.4	0.85	0.35	0.36	0.72
	死亡率(/10^5)	0.41	0.34	0.37	0.28	0.27	0.28
	DALY(万人年)	41.16	37.09	78.25	34.71	36.22	70.93
	DALY 率(/10^5)	37.12	31.84	34.42	27.77	27.25	27.50

2.4 不同年龄中国儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担 1990 年和 2019 年，中国儿童青少年 1 型糖尿病发病率在 5～9 岁这一年龄段最高，患病率均随着年龄的增长呈上升趋势，而死亡率、DALY 率在＜1 岁的群体中最高。见图 3。相比于 1990 年，2019 中国儿童青少年 1 型糖尿病疾病发病率和患病率在各

年龄段均呈现明显上升趋势，而死亡率和 DALY 率在各年龄段均明显下降。见图 2。

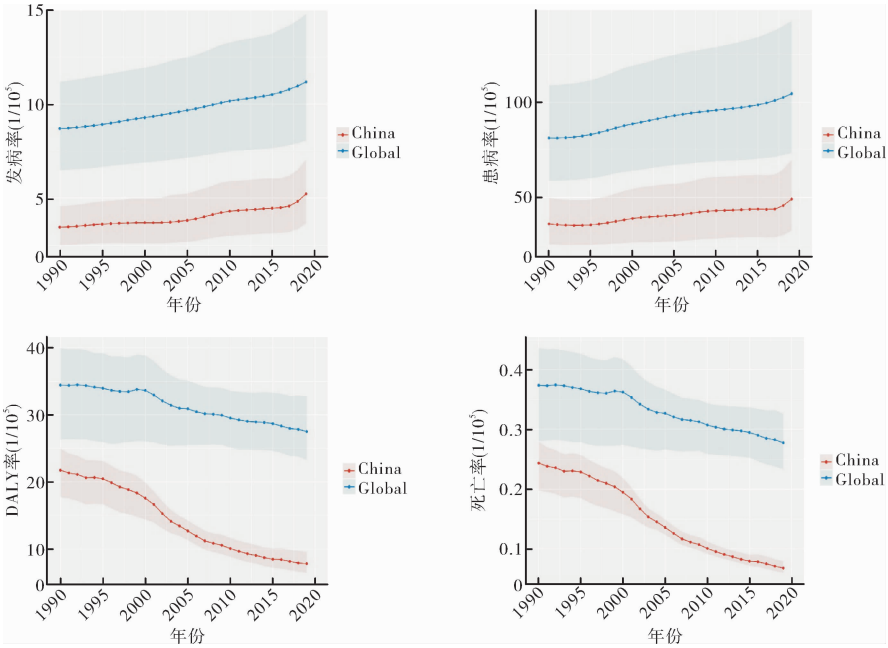


图 1　1990—2019 年中国和全球儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担

Fig. 1　Burden of type 1 diabetes in Chinese and global children and adolescents from 1990 to 2019

表 2　1990—2019 年中国儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担的 Joinpoint 分析结果

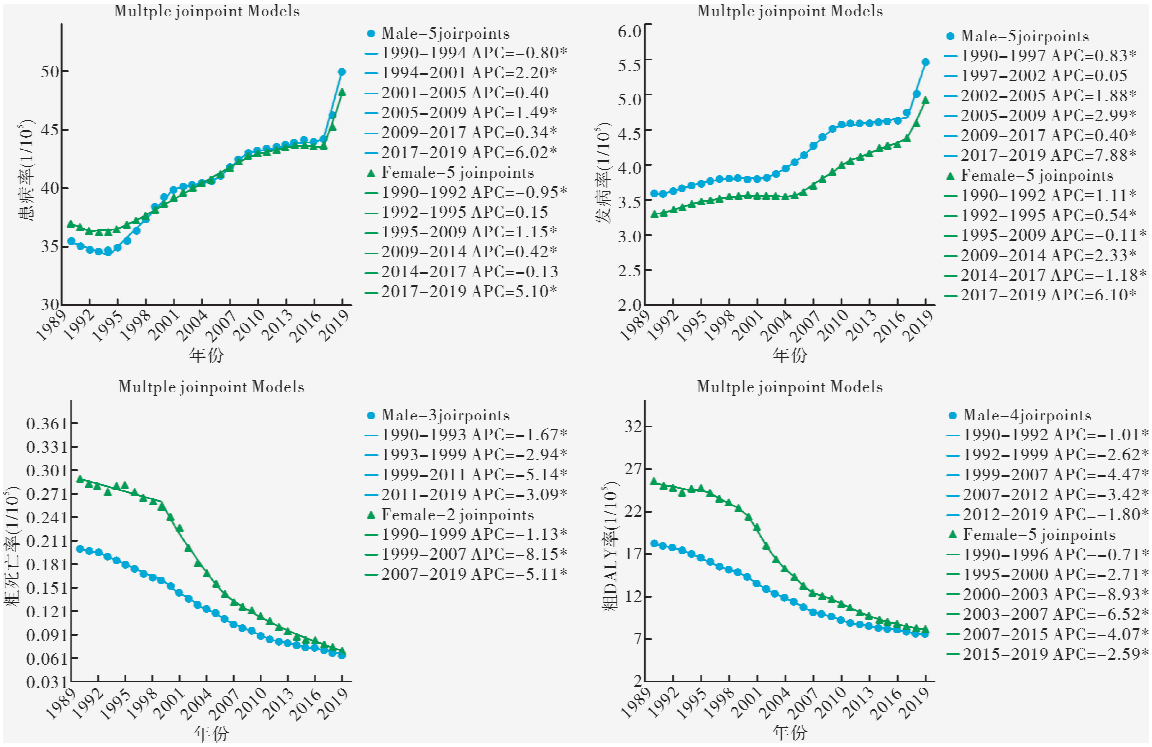
Tab. 2　Methods of the Joinpoint analysis of the burden of disease for type 1 diabetes mellitus in Chinese children and adolescents from 1990 to 2019

指标	AAPC(95%*CI*)	*t* 值	*P* 值
发病率			
男性	1.45(1.36～1.55)	29.44	<0.001
女性	1.40(1.33～1.47)	38.84	<0.001
总体	1.44(1.38～1.50)	47.92	<0.001
患病率			
男性	1.18(1.07～1.29)	21.08	<0.001
女性	0.90(0.77～1.04)	13.30	<0.001
总体	1.05(0.94～1.16)	18.74	<0.001
死亡率			
男性	−3.77(−3.99～−3.54)	−32.02	<0.001
女性	−4.75(−5.00～−4.50)	−36.27	<0.001
总体	−4.30(−4.50～−4.10)	−40.70	<0.001
DALY 率			
男性	−2.97(−3.14～−2.79)	−33.24	<0.001
女性	−3.85(−4.25～−3.48)	−19.30	<0.001
总体	−3.45(−3.66～−3.24)	−31.07	<0.001

2.5　*模型构建与预测*　中国儿童青少年 T1DM 的发病率、标化发病率、患病率和标化患病率的原序列的所有级比值都位于区间 0.938～1.067 内，说明数据适合模型构建。此外，发病率、标化发病率、患病率和标化患病率的后验差比值分别为 0.091，0.045，0.048，0.040，说明模型精度高。灰色模型拟合结果显示，发病率、标化发病率、患病率和标化患病率的模型平均相对误差分别为 2.468%、3.083%、1.387%、和 2.718%，提示模型拟合效果良好。灰色预测模型 GM(1,1)预测数据表明，2039 年的中国儿童青少年 1 型糖尿病发病率、标化发病率患病率和标化患病率均呈上升趋势，到 2039 年发病率和标化发病率升至 5.877/10^5、4.220/10^5，患病率和标化患病率升至 55.690/10^5、148.955/10^5。见图 4、图 5。

3　讨　论

本研究基于 GBD2019 数据库，系统分析了 1990—2019 年我国儿童及青少年 T1DM 的疾病负担情况，同时预测其在未来 20 年的发展趋势，结果表明，1990—2019 年，中国儿童及青少年 T1DM 疾病负担低于全球水平，但疾病发病率和患病率呈明显上升趋势，且预测在未来二十年将会持续增长。此外，在 1990—2019 年里我国儿童及青少年 T1DM 疾病死亡率和 DALY 率呈现出下降趋势，这说明在过去几十年里采取的一系列措施有效，降低了 T1DM 的疾病负担。同时，随着我国经济快速发展，医疗条件的不断改善以及人们的健康意识的不断提高，这也在一定程度降低了儿童及青少年 T1DM 疾病的死亡率和 DALY 率。



注：* $P<0.001$。

图 2　1990—2019 年中国儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担的 Joinpoint 分析结果

Fig. 2　Methods of the Joinpoint analysis of the burden of disease for type 1 diabetes mellitus in Chinese children and adolescents from 1990 to 2019

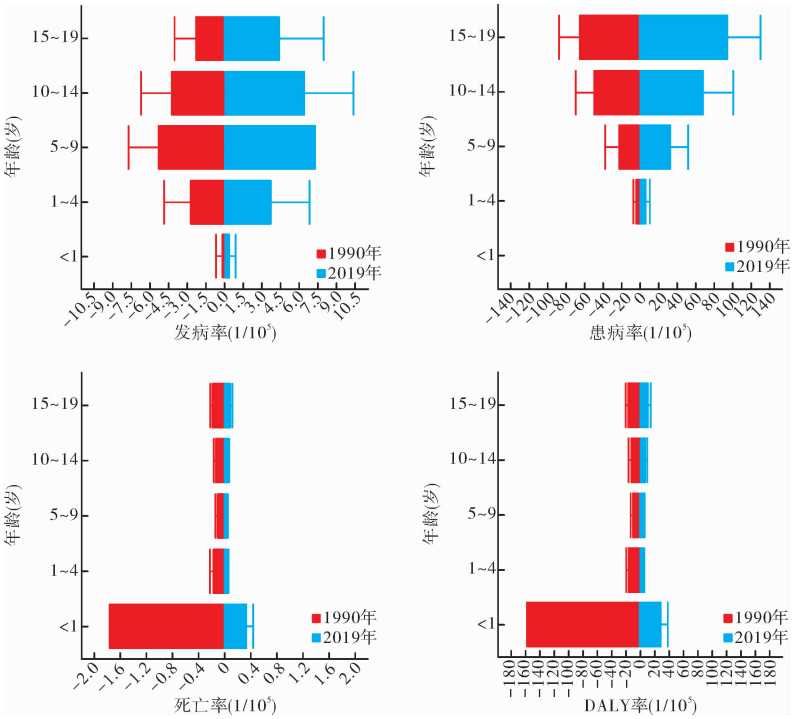


图 3　不同年龄中国儿童青少年 1 型糖尿病疾病负担

Fig. 3　Disease burden of type 1 diabetes among Chinese children and adolescents of different ages

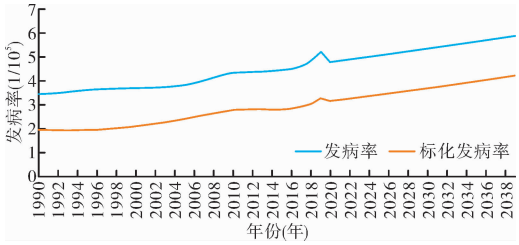


图 4　预测 2020—2039 年 1 型糖尿病发病率和标化发病率

Fig. 4　Prediction of T1DM prevalence rate and standardized prevalence rate from 2020 to 2039

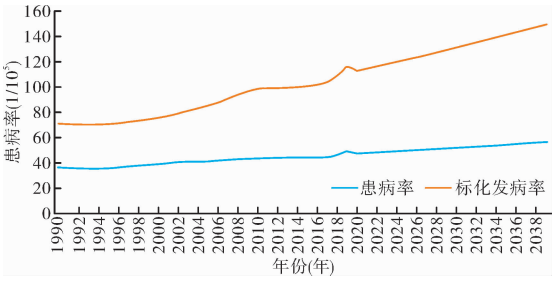


图 5　预测 2020—2039 年 1 型糖尿病患病率和标化患病率

Fig. 5　Prediction of T1DM prevalence rate and standardized prevalence rate from 2020 to 2039

3.1　不同性别儿童青少年 T1DM 疾病负担差异分析　与既往的研究不同，本文研究发现，1990—2019 年我国儿童青少年 T1DM 的发病率在男性中高于女性，这一现象可能与男女性儿童青少年之间存在的生理差异相关[15-16]。首先，男性在婴幼儿期免疫系统相较于女性较差，更易遭受疾病的影响。其次，男女童性激素不同，如睾酮、促黄体生成素、卵泡刺激素等水平差异使得对疾病易感性不同，可能影响男女性儿童青少年 T1DM 发病率[17-19]。此外，与既往研究结果相似，女性儿童及青少年 T1DM 疾病的预后往往更差相似，本研究发现女性儿童及青少年 T1DM 的死亡率、DALY 率上明显高于男性，这可能与女性在青春期体重指数增加、生活质量、血糖控制、糖尿病酮症酸中毒方面控制得更差相关[17,20-21]。

3.2　不同年龄段儿童青少年 T1DM 疾病负担分析　本研究发现，中国儿童青少年 T1DM 疾病负担与年龄密切关联。对比分析 1990 和 2019 年 20 岁以下儿童青少年不同年龄段 T1DM 的疾病负担，结果表明，<1 岁年龄组死亡率、DALY 率最高，这可能与<1 岁幼儿认知和语言不成熟，更容易出现包括低血糖症在内的血糖变异性，导致死亡风险增加。此外，由于免疫系统发育不完全，易受到危险因素的侵犯，以及由于胰岛素的绝对缺乏，T1DM 患者经常出现危及生命的急性并发症，如糖尿病酮症酸中毒和高血糖高渗透的发生[22]。此外，与既往研究结果相似，5～9 岁年龄组发病率最高，患病率在 15～19 岁群体达到最大[23]。以上研究结果提示年龄、性别与 T1DM 疾病的预后及负担明显相关。

本研究的局限性：1）数据缺乏，没有对中国各个省份儿童青少年 T1DM 疾病负担进行分析；2）只是单纯分析了中国儿童青少年 T1DM 疾病负担的影响，然而，T1DM 疾病的发生发展是多种危险因素作用，如遗传、吸烟，肥胖、环境等。3）年龄是 T1DM 疾病负担的一个重要影响因素，然而，由于年龄估计数的限制，仅使用年龄组绝对数字的百分比变化来显示趋势。

综上所述，1990—2019 年，中国儿童青少年 T1DM 疾病负担低于全球平均水平，但疾病的发病率和患病率呈上升趋势。对此，应该采取更为积极的应对措施。首先，国家应当建立全面的糖尿病管理政策，包括预防、早期诊断、治疗和长期护理，这些政策应基于最新的科学证据，并与国际标准保持一致，以确保一致的诊断和治疗标准。同时要加强公共卫生教育，提高公众对 T1DM 风险因素和症状的认识，这包括生活方式因素、遗传风险和早期症状的教育，以便个体能够采取预防措施或寻求及早治疗。此外，还应提供定期的健康检查和筛查服务，以识别高风险人群。最后，鉴于 T1DM 发病年龄多为儿童及青少年这一特殊群体，提供患者支持和心理健康服务至关重要，患者教育、康复和心理健康支持可以帮助患者更好地管理疾病，并提高其生活质量。总之，1 型糖尿病的防控需要国家和社会层面的协同努力，涵盖政策、教育、医疗服务和研究等多个方面，以减少发病率、提高患者生活质量及降低社会负担，进而改善整个社会的健康水平。

参考文献

[1] Syed FZ. Type 1 diabetes mellitus[J]. Ann Intern Med, 2022, 175(3): ITC33-ITC48.

[2] Lloyd RE, Tamhankar M, Lernmark Å. Enteroviruses and type 1 diabetes: Multiple mechanisms and factors? [J]. Annu Rev Med, 2022, 73: 483-499.

[3] Gregory GA, Robinson TIG, Linklater SE, 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.

[4] Norris JM, Johnson RK, Stene LC. Type 1 diabetes-early life origins and changing epidemiology[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2020, 8(3): 226-238.

[5] Weng J, Zhou Z, Guo L, et al. Incidence of type 1 diabetes in China, 2010-13: Population based study[J]. BMJ, 2018, 360: j5295.

（下转第 784 页）

ly attuned Internet-based depression prevention program for Chinese adolescents: A randomized controlled trial[J]. Depress Anxiety, 2016,33(12):1123-1131.

[22] Smith P, Scott R, Eshkevari E, et al. Computerised CBT for depressed adolescents: Randomised controlled trial[J]. Behav Res Ther, 2015,73:104-110.

[23] Kindt KC, Kleinjan M, Janssens J M, et al. Evaluation of a school-based depression prevention program among adolescents from low-income areas: A randomized controlled effectiveness trial[J]. Int J Environ Res Public Health, 2014,11(5):5273-5293.

[24] Stasiak K, Hatcher S, Frampton C, et al. A pilot double blind randomized placebo controlled trial of a prototype computer-based cognitive behavioural therapy program for adolescents with symptoms of depression[J]. Behav Cogn Psychother, 2014,42(4):385-401.

[25] Fleming T, Dixon R, Frampton C, et al. A pragmatic randomized controlled trial of computerized CBT(SPARX) for symptoms of depression among adolescents excluded from mainstream education[J]. Behav Cogn Psychother, 2012, 40(5):529-541.

[26] Merry SN, Stasiak K, Shepherd M, et al. The effectiveness of SPARX, a computerised self help intervention for adolescents seeking help for depression: Randomised controlled non-inferiority trial[J]. BMJ, 2012,344:e2598.

收稿日期:2023-08-29 **修回日期**:2023-12-16 **本文编辑**:王悦

(上接第 751 页)

[6] Wang J, Wu W, Dong G, et al. Pediatric diabetes in China: Challenges and actions[J]. Pediatr Diabetes, 2022, 23(5): 545-550.

[7] 罗飞宏. 儿童 1 型糖尿病的诊治与展望[J]. 临床儿科杂志, 2022, 40(5):321-327.
Luo FH. Type 1 diabetes mellitus in children[J]. J Clin Pediatr, 2022, 40(5):321-327. (in Chinese)

[8] Redondo MJ, Gignoux CR, Dabelea D, et al. Type 1 diabetes in diverse ancestries and the use of genetic risk scores [J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2022, 10(8):597-608.

[9] Redondo MJ, Steck AK, Pugliese A. Genetics of type 1 diabetes[J]. Pediatr Diabetes, 2018, 19(3):346-353.

[10] Cerolsaletti K, Hao W, Greenbaum CJ. Genetics coming of age in type 1 diabetes[J]. Diabetes Care, 2019, 42(2):189-191.

[11] Svärd AA, Benatti E, Lundgren M, et al. Possible relationship between the HLA-DRA1 intron haplotype of three single-nucleotide polymorphisms in intron 1 of the HLA-DRA1 gene and autoantibodies in children at increased genetic risk for autoimmune type 1 diabetes[J]. Immunohorizons, 2022, 6(8):614-629.

[12] Gong C, Meng X, Jiang Y, et al. Trends in childhood type 1 diabetes mellitus incidence in Beijing from 1995 to 2010: A retrospective multicenter study based on hospitalization data[J]. Diabetes Technol Ther, 2015, 17(3):159-165.

[13] Wu HB, Zhong JM, Hu RY, et al. Rapidly rising incidence of type 1 diabetes in children and adolescents aged 0 - 19 years in Zhejiang, China, 2007 to 2013[J]. Diabet Med, 2016, 33(10):1339-1346.

[14] Wang YW, Shen ZZ, Jiang Y. Comparison of ARIMA and GM(1,1) models for prediction of hepatitis B in China[J]. PLoS One, 2018, 13(9):e0201987.

[15] Maffeis C, Olivieri F, Peverelli P, et al. Sex differences in cardiovascular risk factors of children and adolescents with type 1 diabetes mellitus: A role for diet? [J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2022, 32(4):1045-1054.

[16] Graziano PA, Geffken GR, Williams LB, et al. Gender differences in the relationship between parental report of self-regulation skills and adolescents' management of type 1 diabetes[J]. Pediatr Diabetes, 2011, 12(4 Pt 2):410-418.

[17] de Vries S AG, Verheugt CL, Mul D, et al. Do sex differences in paediatric type 1 diabetes care exist? A systematic review[J]. Diabetologia, 2023, 66(4):618-630.

[18] Kelsey MM, Bjornstad P, McFann K, et al. Testosterone concentration and insulin sensitivity in young men with type 1 and type 2 diabetes[J]. Pediatr Diabetes, 2016, 17(3): 184-190.

[19] Ansari MA, Dhar M, Spieker S, et al. Modulation of diabetes with gonadotropin-releasing hormone antagonists in the nonobese mouse model of autoimmune diabetes[J]. Endocrinology, 2004, 145(1):337-342.

[20] De Keukelaere M, Fieuws S, Reynaert N, et al. Evolution of body mass index in children with type 1 diabetes mellitus [J]. Eur J Pediatr, 2018, 177(11):1661-1666.

[21] Jeffery SC, Hosking J, Jeffery AN, et al. Insulin resistance is higher in prepubertal girls but switches to become higher in boys at age 16: A cohort study (Early Bird 57)[J]. Pediatr Diabetes, 2018, 19(2):223-230.

[22] Liu C, Yuan YC, Guo MN, et al. Incidence of type 1 diabetes may be underestimated in the Chinese population: Evidence from 21.7 million people between 2007 and 2017[J]. Diabetes Care, 2021, 44(11):2503-2509.

[23] Li Y, Guo C, Cao Y. Secular incidence trends and effect of population aging on mortality due to type 1 and type 2 diabetes mellitus in China from 1990 to 2019: Findings from the global burden of disease study 2019[J]. BMJ Open Diabetes Res Care, 2021, 9(2):e002529.

收稿日期:2023-10-10 **修回日期**:2023-12-07 **本文编辑**:杨媛媛