·专题报道——疾病负担研究·

1990—2021 年中国居民脑膜炎发病和死亡趋势年龄–时期–队列分析

蒋露[1]，张志东[1]，吴建军[1]，刘璐[1]，商珑健[1]，魏兴民[1,2]

1. 甘肃中医药大学公共卫生学院，兰州 730000；
2. 西北环境与营养相关疾病中医药防治协同创新中心，兰州 730000
通信作者：魏兴民，E-mail：weixm2004@126.com；吴建军，E-mail：wjj@gszy.edu.cn

【摘　要】目的 了解 1990—2021 年中国居民脑膜炎发病和死亡趋势，为我国制定脑膜炎的相关防治政策和措施提供参考依据。**方法** 收集 2021 年全球疾病负担研究（GBD 2021）数据库中 1990—2021 年中国居民脑膜炎发病和死亡相关数据，采用发病数、发病率、年龄标化发病率（ASIR）、死亡数、死亡率和年龄标化死亡率（ASDR）等指标进行描述性分析，采用 Joinpoint 回归模型分析中国居民脑膜炎发病率和死亡率的变化趋势并计算平均年度变化百分比（AAPC），应用年龄–时期–队列（APC）模型拟合并估计中国居民脑膜炎发病及死亡风险中的年龄效应、时期效应和出生队列效应。**结果** 中国总体居民、男性居民和女性居民脑膜炎发病率分别从 1990 年的 28.34/10 万、31.66/10 万和 24.81/10 万下降至 2021 年的 4.82/10 万、5.84/10 万和 3.75/10 万，ASIR 分别从 1990 年的 30.83/10 万、34.48/10 万和 27.20/10 万下降至 2021 年的 5.79/10 万、7.16/10 万和 4.42/10 万，ASIR 的 AAPC 值分别为–5.30%、–4.96% 和–5.71%（均 P<0.001）；中国总体居民、男性居民和女性居民脑膜炎死亡率分别从 1990 年的 3.17/10 万、3.60/10 万和 2.71/10 万下降至 2021 年的 0.43/10 万、0.50/10 万和 0.36/10 万，ASDR 分别从 1990 年的 3.54/10 万、4.02/10 万和 3.06/10 万下降至 2021 年的 0.48/10 万、0.58/10 万和 0.38/10 万，ASDR 的 AAPC 值分别为–6.31%、–6.11% 和–6.56%（均 P<0.001）。APC 模型分析结果显示，脑膜炎发病率和死亡率的年龄效应均随着年龄增长呈先下降而后上升趋势，中国总体居民、男性居民和女性居民脑膜炎发病率的年龄效应系数分别从 0～4 岁的 1.945、1.857 和 2.065 下降至 45～49 岁的–1.194、–1.112 和–1.381，而后上升至 90～94 岁的 1.874、2.087 和 1.905，总体居民和男性居民脑膜炎死亡率的年龄效应系数分别从 0～4 岁的 2.425 和 2.386 下降至 25～29 岁的–1.279 和–1.381，而后上升至 90～94 岁的 2.116 和 2.371，女性居民脑膜炎死亡率的年龄效应系数从 0～4 岁的 2.466 下降至 30～34 岁的–1.329，而后上升至 90～94 岁的 2.086；脑膜炎发病率和死亡率的时期效应均呈下降趋势，中国总体居民、男性居民、女性居民脑膜炎发病率和死亡率的时期效应系数分别从 1992—1996 年的 0.583 和 0.671、0.555 和 0.652、0.612 和 0.686 下降至 2017—2021 年的–0.362 和–0.368、–0.291 和–0.339、–0.463 和–0.404；脑膜炎发病率和死亡率的队列效应均随出生队列的延伸呈波动下降趋势，中国总体居民、男性居民、女性居民脑膜炎发病率和死亡率的出生队列效应系数分别从 1902—1906 年的 0.094 和 0.150、0.207 和 0.214、–0.025 和 0.115 下降至 2017—2021 年的–1.037 和–1.461、–1.097 和–1.537、–1.002 和–1.401。**结论** 1990—2021 年中国居民脑膜炎发病率和死亡率总体均呈下降趋势，但仍应加强对低年龄组和高年龄组居民脑膜炎的防控工作。

【关键词】 脑膜炎；发病；死亡；趋势；年龄–时期–队列（APC）模型；中国居民

Age-period-cohort analysis of meningitis incidence and mortality trends among Chinese residents from 1990 to 2021

JIANG Lu[1], ZHANG Zhidong[1], WU Jianjun[1], LIU Lu[1], SHANG Longjian[1], WEI Xingmin[1,2] (*1. School of Public Health, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou* 730000, *China*; *2. Northwest Collaborative Innovation Center for Prevention and Treatment of Environmental and Nutrition-related Diseases in Traditional Chinese Medicine, Lanzhou* 730000, *China*)
Corresponding authors: WEI Xingmin, E-mail: weixm2004@126.com; WU Jianjun, E-mail: wjj@gszy.edu.cn

【Abstract】 Objective To understand the trends in meningitis incidence and mortality among Chinese residents from 1990 to 2021, and to provide a reference for the development of relevant prevention and control policies and measures for meningitis in China. **Methods** Data on meningitis incidence and mortality among Chinese residents from 1990 to 2021 were collected from the Global Burden of Disease Study 2021 (GBD 2021) database. Descriptive analyses were conducted using indicators such as the number of cases, incidence rate, age-standardized incidence rate (ASIR), number of deaths, mortality rate, and age-standardized mortality rate (ASDR). Joinpoint regression models were used to analyze the trends in incidence and mortality rates of meningitis among Chinese residents and to calculate the average annual percentage change (AAPC). Age-period-cohort (APC) models were used to fit and estimate the age, period, and cohort effects on the

开放获取：CC BY-NC-ND 4.0 DOI：10.11847/zgggws1145342
第一作者：蒋露（2002—），硕士在读，研究方向：流行病与卫生统计。
收稿日期：2024-07-01 修回日期：2024-09-30 录用日期：2024-11-11
利益冲突：不存在 伦理审查：免除审查 出版授权：全体作者已与编辑部签署作者贡献声明及版权转让协议

risk of meningitis incidence and mortality among Chinese residents. **Results** The incidence rate of meningitis among the total population, male residents, and female residents in China decreased from 28.34/100 000, 31.66/100 000, and 24.81/100 000 in 1990 to 4.82/100 000, 5.84/100 000, and 3.75/100 000 in 2021,respectively. The ASIR decreased from 30.83/100 000, 34.48/100 000, and 27.20/100 000 in 1990 to 5.79/100 000, 7.16/100 000, and 4.42/100 000 in 2021, respectively. The AAPC values for ASIR were –5.30%, –4.96%, and –5.71% (all P<0.001), respectively. The mortality rate of meningitis among the total population, male residents, and female residents in China decreased from 3.17/100 000, 3.60/100 000, and 2.71/100 000 in 1990 to 0.43/100 000, 0.50/100 000, and 0.36/100 000 in 2021, respectively. The ASDR decreased from 3.54/100 000, 4.02/100 000, and 3.06/100 000 in 1990 to 0.48/100 000, 0.58/100 000, and 0.38/100 000 in 2021, respectively. The AAPC values for ASDR were –6.31%, –6.11%, and –6.56% (all P<0.001), respectively. The APC model analysis showed that the age effects of both meningitis incidence and mortality initially decreased and then increased with age. The age effect coefficients for meningitis incidence among the total population, male residents, and female residents in China decreased from 1.945, 1.857, and 2.065 for ages 0–4 to –1.194, –1.112, and –1.381 for ages 45–49, and then increased to 1.874, 2.087, and 1.905 for ages 90–94, respectively. The age effect coefficients for meningitis mortality among the total population and male residents decreased from 2.425 and 2.386 for ages 0–4 to –1.279 and –1.381 for ages 25–29, and then increased to 2.116 and 2.371 for ages 90–94, respectively. The age effect coefficients for meningitis mortality among female residents decreased from 2.466 for ages 0–4 to –1.329 for ages 30–34, and then increased to 2.086 for ages 90–94. Both the period effects of meningitis incidence and mortality showed a decreasing trend. The period effect coefficients for meningitis incidence and mortality among the total population, male residents, and female residents in China decreased from 0.583 and 0.671, 0.555 and 0.652, and 0.612 and 0.686 for the period 1992–1996 to –0.362 and –0.368, –0.291 and –0.339, and –0.463 and –0.404 for the period 2017–2021, respectively. Both the cohort effects of meningitis incidence and mortality showed a fluctuating downward trend. The cohort effect coefficients for meningitis incidence and mortality among the total population, male residents, and female residents in China decreased from 0.094 and 0.150, 0.207 and 0.214, and –0.025 and 0.115 for the cohort 1902–1906 to –1.037 and –1.461, –1.097 and –1.537, and –1.002 and –1.401 for the cohort 2017–2021, respectively. **Conclusion** The incidence and mortality rates of meningitis among Chinese residents showed an overall downward trend from 1990 to 2021. However, it is still necessary to strengthen the prevention and control of meningitis among residents in younger and older age groups.

【Keywords】 meningitis; incidence; mortality; trend; age-period-cohort (APC) model; Chinese residents

脑膜炎是一组主要由各种病原体感染引起的脑脊髓膜急性炎症性疾病，临床以发热、头痛、呕吐和脖颈僵硬等为主要表现，为全球居民的主要卫生问题之一[1]。研究表明，脑膜炎可由细菌、病毒、真菌和寄生虫引起，其中细菌性脑膜炎具有毁灭性的后果[2]。据报道，2019 年全球估计有 251 万脑膜炎病例和 23.6 万脑膜炎死亡病例[3]，近年来虽然中国采取了一系列有效的脑膜炎防控措施，但由于人口基数较大，我国仍然是全球脑膜炎最严重的国家之一[4]，因此，分析我国居民脑膜炎发病率和死亡率的变化趋势对制定相关卫生决策至关重要。为了解1990—2021 年中国居民脑膜炎发病和死亡趋势，为制定脑膜炎的相关防治政策和措施提供参考依据，本研究收集 2021 年全球疾病负担研究（Global Burden of Disease Study 2021，GBD 2021）数据库中 1990—2021 年中国居民脑膜炎发病和死亡相关数据，采用发病数、发病率、年龄标化发病率（age-standardized incidence rate，ASIR）、死亡数、死亡率和年龄标化死亡率（age-standardized death rate，ASDR）等指标进行描述性分析，采用 Joinpoint 回归模型分析中国居民脑膜炎发病率和死亡率的变化趋势并计算平均年度变化百分比（average annual percentage change，AAPC），应用年龄–时期–队列（age-period-cohort，APC）模型拟合并估计中国居民脑膜炎发病及死亡风险中的年龄效应、时期效应和出生队列效应。结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 资料来源　资料来源于 GBD 2021 数据库，该数据库中所有数据向全球用户开放，具体数据可在 GBD 2021 官网（http://ghdx.healthdata.org/gbd-2021）中获取。GBD 数据库是一个综合性的、国际性的疾病和健康情况数据库，采用标准的、可复制的方法估算了全球 204 个国家和地区的 369 种疾病和伤害所造成的疾病负担情况[5]。本研究收集其中 1990—2021 年中国脑膜炎发病数、发病率、ASIR、死亡数、死亡率和 ASDR 等相关数据进行分析，其中 ASIR 和 ASDR 均通过 2021 年全球标准人口年龄构成[5] 进行标化。本研究中脑膜炎按《国际疾病与相关健康问题统计分类第十版（The International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision，ICD-10）》[6] 编码进行分类和编码，编码为 036～036·9/A39～A39·9（脑膜炎–戈球菌性脑膜炎）、320·0/G00·0（乙型流感病毒性脑膜炎）、320·1/G00·1（肺炎球菌性脑膜炎）和 047～049/320.2～322.9（其他脑膜炎）。

1.2 统计分析　采用 Excel 2019 统计软件进行一般描述性分析；应用 Joinpoint 4.9.0 软件进行 Joinpoint 回归分析，采用对数线性回归模型计算 AAPC 值分别对中国居民脑膜炎发病和死亡的变化趋势进行分析；应用 Stata 11.0 软件构建 APC 模

型拟合并估计中国居民脑膜炎发病及死亡风险中的年龄效应、时期效应和出生队列效应，其中年龄以 5 年为间隔分为 19 组（0～4 岁、5～9 岁，…，90～94 岁），时期以 5 年为间隔分为 6 段（1992—1996 年，1997—2001 年，…，2017—2021 年），出生队列由时期减去年龄得到，划分为 24 个出生队列（1902—1906 年，1907—1911 年，…，2017—2021 年）。检验水准为双侧检验 α=0.05。

2 结 果

2.1 1990—2021 年中国居民脑膜炎发病和死亡趋势

2.1.1 发病趋势（表 1） 中国总体居民脑膜炎发病率从 1990 年的 28.34/10 万下降至 2021 年的 4.82/10 万，ASIR 从 1990 年的 30.83/10 万下降至 2021 年的 5.79/10 万，平均每年降低 5.30%（AAPC=–5.30%，t=–27.30，P<0.001）；中国男性居民脑膜炎发病率从 1990 年的 31.66/10 万下降至 2021 年的 5.84/10 万，ASIR 从 1990 年的 34.48/10 万下降至 2021 年的 7.16/10 万，平均每年降低 4.96%（AAPC=–4.96%，t=–28.02，P<0.001）；中国女性居民脑膜炎发病率从 1990 年的 24.81/10 万下降至 2021 年的 3.75/10 万，ASIR 从 1990 年的 27.20/10 万下降至 2021 年的 4.42/10 万，平均每年降低 5.71%（AAPC=–5.71%，t=–34.54，P<0.001）。

表 1 1990—2021 年中国居民脑膜炎发病情况
Table 1 Incidence of meningitis in Chinese residents from 1990 to 2021

年份	总体			男性			女性		
	发病例数	发病率/（1/10万）	ASIR/（1/10万）	发病例数	发病率/（1/10万）	ASIR/（1/10万）	发病例数	发病率/（1/10万）	ASIR/（1/10万）
1990	333 405.50	28.34	30.83	192 102.52	31.66	34.48	141 302.97	24.81	27.20
1991	328 068.35	27.50	30.39	189 087.90	30.70	33.96	138 980.45	24.09	26.82
1992	315 970.60	26.19	29.58	181 957.87	29.20	32.99	134 012.72	22.99	26.17
1993	302 298.38	24.83	28.71	174 644.79	27.76	32.12	127 653.59	21.71	25.30
1994	287 435.69	23.44	27.74	166 235.53	26.22	31.06	121 200.16	20.46	24.41
1995	268 900.32	21.80	26.33	156 449.68	24.53	29.69	112 450.64	18.87	22.96
1996	250 752.42	20.22	24.95	146 237.94	22.82	28.22	104 514.48	17.45	21.65
1997	231 942.14	18.63	23.43	135 363.27	21.05	26.56	96 578.87	16.04	20.27
1998	214 196.83	17.14	21.92	125 037.65	19.39	24.92	89 159.18	14.74	18.89
1999	199 258.32	15.89	20.62	115 804.91	17.91	23.37	83 453.40	13.74	17.86
2000	177 527.33	14.10	18.35	101 483.09	15.65	20.42	76 044.24	12.46	16.27
2001	162 953.59	12.88	16.86	92 838.61	14.26	18.68	70 114.98	11.42	15.01
2002	150 946.16	11.87	15.64	85 632.98	13.10	17.23	65 313.18	10.58	14.02
2003	140 980.90	11.03	14.69	80 077.08	12.19	16.24	60 903.82	9.80	13.15
2004	131 643.95	10.24	13.79	74 924.49	11.36	15.26	56 719.46	9.07	12.32
2005	122 867.35	9.50	12.88	70 247.85	10.59	14.34	52 619.50	8.36	11.45
2006	112 729.14	8.66	11.77	65 164.44	9.77	13.21	47 564.70	7.50	10.33
2007	102 086.81	7.79	10.57	60 095.66	8.95	12.09	41 991.15	6.57	9.06
2008	93 082.80	7.05	9.54	55 958.46	8.28	11.15	37 124.34	5.76	7.95
2009	86 134.25	6.48	8.74	52 710.80	7.76	10.42	33 423.45	5.15	7.09
2010	81 818.64	6.12	8.24	50 452.60	7.38	9.92	31 366.04	4.80	6.59
2011	78 736.57	5.86	7.87	48 575.31	7.08	9.49	30 161.26	4.59	6.27
2012	76 614.36	5.67	7.50	47 419.14	6.87	9.09	29 195.22	4.42	5.95
2013	75 548.12	5.56	7.21	46 729.37	6.73	8.75	28 818.74	4.33	5.70
2014	74 392.29	5.44	6.92	45 898.20	6.57	8.40	28 494.09	4.26	5.47
2015	73 897.34	5.37	6.67	45 643.05	6.49	8.13	28 254.29	4.19	5.25
2016	74 131.73	5.34	6.49	45 776.67	6.46	7.93	28 355.06	4.18	5.07
2017	73 287.64	5.24	6.27	45 225.45	6.33	7.68	28 062.18	4.10	4.88
2018	71 929.07	5.11	6.08	44 420.82	6.17	7.46	27 508.26	4.00	4.70
2019	70 536.63	4.99	5.92	43 636.60	6.03	7.29	26 900.03	3.89	4.56
2020	70 068.07	4.94	5.93	43 449.50	5.98	7.33	26 618.58	3.84	4.53
2021	68 618.89	4.82	5.79	42 536.65	5.84	7.16	26 082.24	3.75	4.42

2.1.2 死亡趋势（表 2） 中国总体居民脑膜炎死亡率从 1990 年的 3.17/10 万下降至 2021 年的 0.43/10 万，ASDR 从 1990 年的 3.54/10 万下降至 2021 年的 0.48/10 万，平均每年降低 6.31%（AAPC=–6.31%，t= –59.32，P<0.001）；中国男性居民脑膜炎死亡率从 1990 年的 3.60/10 万下降至 2021 年的 0.50/10 万，ASDR 从 1990 年的 4.02/10 万下降至 2021 年的 0.58/10 万，平均每年降低 6.11%（AAPC=–6.11%，t= –42.42，P<0.001）；中国女性居民脑膜炎死亡率从 1990 年的 2.71/10 万下降至 2021 年的 0.36/10 万，ASDR 从 1990 年的 3.06/10 万下降至 2021 年的 0.38/10 万，平均每年降低 6.56%（AAPC=–6.56%，t= –50.62，P<0.001）。

表 2 1990—2021 年中国居民脑膜炎死亡情况
Table 2 Meningitis mortality in Chinese residents from 1990 to 2021

年份	总体			男性			女性		
	死亡例数	死亡率/（1/10万）	ASDR/（1/10万）	死亡例数	死亡率/（1/10万）	ASDR/（1/10万）	死亡例数	死亡率/（1/10万）	ASDR/（1/10万）
1990	37 282.71	3.17	3.54	21 855.16	3.60	4.02	15 427.55	2.71	3.06
1991	37 078.84	3.11	3.52	21 766.67	3.53	4.00	15 312.17	2.65	3.05
1992	35 716.93	2.96	3.44	20 915.80	3.36	3.89	14 801.13	2.54	2.99
1993	34 191.51	2.81	3.35	20 130.27	3.20	3.81	14 061.24	2.39	2.89
1994	32 400.05	2.64	3.24	19 085.68	3.01	3.69	13 314.37	2.25	2.80
1995	29 837.15	2.42	3.05	17 804.47	2.79	3.51	12 032.68	2.02	2.58
1996	27 344.94	2.21	2.85	16 458.64	2.57	3.31	10 886.30	1.82	2.39
1997	24 637.87	1.98	2.63	14 937.32	2.32	3.07	9 700.54	1.61	2.18
1998	22 192.68	1.78	2.41	13 530.12	2.10	2.84	8 662.57	1.43	1.97
1999	20 227.38	1.61	2.23	12 305.29	1.90	2.62	7 922.09	1.30	1.83
2000	16 299.35	1.29	1.81	9 680.33	1.49	2.08	6 619.02	1.08	1.54
2001	13 832.28	1.09	1.54	8 226.55	1.26	1.78	5 605.72	0.91	1.30
2002	12 033.37	0.95	1.34	7 081.38	1.08	1.53	4 951.98	0.80	1.14
2003	10 913.36	0.85	1.20	6 457.47	0.98	1.40	4 455.89	0.72	1.01
2004	10 077.43	0.78	1.11	5 937.13	0.90	1.28	4 140.30	0.66	0.94
2005	9 378.75	0.73	1.02	5 534.10	0.83	1.18	3 844.65	0.61	0.87
2006	8 727.93	0.67	0.94	5 168.09	0.77	1.09	3 559.85	0.56	0.79
2007	8 421.27	0.64	0.88	4 999.97	0.75	1.03	3 421.30	0.54	0.75
2008	8 496.35	0.64	0.88	5 033.37	0.75	1.02	3 462.98	0.54	0.74
2009	8 539.83	0.64	0.87	5 044.95	0.74	1.01	3 494.88	0.54	0.74
2010	8 389.29	0.63	0.84	4 949.09	0.72	0.98	3 440.20	0.53	0.71
2011	8 073.16	0.60	0.80	4 756.47	0.69	0.93	3 316.69	0.50	0.68
2012	7 827.91	0.58	0.75	4 652.94	0.67	0.89	3 174.98	0.48	0.63
2013	7 740.59	0.57	0.72	4 615.10	0.67	0.85	3 125.50	0.47	0.60
2014	7 612.68	0.56	0.68	4 545.41	0.65	0.81	3 067.27	0.46	0.56
2015	7 511.94	0.55	0.64	4 501.64	0.64	0.77	3 010.30	0.45	0.53
2016	7 513.32	0.54	0.628	4 494.17	0.63	0.74	3 019.15	0.44	0.50
2017	7 324.44	0.52	0.58	4 358.76	0.61	0.70	2 965.68	0.43	0.48
2018	7 045.34	0.50	0.55	4 177.11	0.58	0.66	2 868.23	0.42	0.45
2019	6 734.73	0.48	0.52	3 988.22	0.55	0.63	2 746.51	0.40	0.42
2020	6 442.96	0.45	0.50	3 824.59	0.53	0.61	2 618.38	0.38	0.40
2021	6 176.46	0.43	0.48	3 660.23	0.50	0.58	2 516.23	0.36	0.38

2.2 1990—2021 年中国居民脑膜炎发病率和死亡率 APC 模型分析

2.2.1 发病率 APC 模型分析（表 3） APC 模型分析结果显示，1990—2021 年中国居民脑膜炎发病率的年龄效应随年龄增长呈先下降而后上升趋势，总体居民、男性居民和女性居民脑膜炎发病率的年龄效应系数分别从 0～4 岁的 1.945、1.857 和 2.065 下降至 45～49 岁的–1.194、–1.112 和–1.381，而后上升至 90～94 岁的 1.874、2.087 和 1.905；1990—2021 年中国居民脑膜炎发病率

的时期效应呈下降趋势，总体居民、男性居民和女性居民脑膜炎发病率的时期效应系数分别从 1992—1996 年的 0.583、0.555 和 0.612 下降至 2017—2021 年的–0.362、–0.291 和–0.463；1990—2021 年中国居民脑膜炎发病率的队列效应随呈波动下降趋势，总体居民、男性居民和女性居民脑膜炎发病率的队列效应系数分别从 1902—1906 年的 0.094、0.207 和–0.025 下降至 2017—2021 年的–1.037、–1.097 和–1.002。

表 3 1990—2021 年中国居民脑膜炎发病率的 APC 模型分析
Table 3 APC model analysis of meningitis incidence among Chinese residents from 1990 to 2021

项目	分类	总体		男性		女性	
		效应系数	95%*CI*	效应系数	95%*CI*	效应系数	95%*CI*
年龄效应/岁	0～4	1.945	1.929～1.961	1.857	1.827～1.887	2.065	2.044～2.086
	5～9	0.649	0.634～0.664	0.552	0.525～0.579	0.774	0.754～0.793
	10～14	0.108	0.094～0.122	0.021	–0.004～0.046	0.210	0.191～0.229
	15～19	–0.297	–0.310～–0.283	–0.369	–0.392～–0.346	–0.220	–0.239～–0.201
	20～24	–0.666	–0.680～–0.653	–0.714	–0.735～–0.692	–0.626	–0.646～–0.607
	25～29	–0.828	–0.841～–0.814	–0.863	–0.883～–0.842	–0.814	–0.834～–0.794
	30～34	–0.957	–0.971～–0.943	–0.966	–0.986～–0.946	–0.991	–1.012～–0.969
	35～39	–1.098	–1.113～–1.083	–1.067	–1.087～–1.047	–1.198	–1.222～–1.175
	40～44	–1.178	–1.194～–1.163	–1.111	–1.131～–1.090	–1.340	–1.365～–1.315
	45～49	–1.194	–1.210～–1.177	–1.112	–1.133～–1.091	–1.381	–1.408～–1.355
	50～54	–1.129	–1.146～–1.113	–1.061	–1.083～–1.039	–1.298	–1.325～–1.271
	55～59	–0.954	–0.971～–0.937	–0.913	–0.935～–0.890	–1.082	–1.109～–1.055
	60～64	–0.692	–0.708～–0.675	–0.658	–0.681～–0.635	–0.807	–0.833～–0.781
	65～69	–0.400	–0.417～–0.384	–0.428	–0.452～–0.404	–0.416	–0.440～–0.391
	70～74	–0.050	–0.067～–0.033	–0.051	–0.076～–0.026	–0.093	–0.118～–0.069
	75～79	0.321	0.304～0.339	0.243	0.215～0.270	0.401	0.377～0.425
	80～84	0.827	0.808～0.846	0.730	0.699～0.761	0.954	0.929～0.979
	85～89	1.375	1.354～1.397	1.480	1.444～1.516	1.371	1.341～1.401
	90～94	1.874	1.845～1.904	2.087	2.040～2.135	1.905	1.866～1.944
时期效应/年份	1992—1996	0.583	0.577～0.590	0.555	0.544～0.565	0.612	0.603～0.622
	1997—2001	0.343	0.337～0.348	0.296	0.288～0.304	0.405	0.396～0.413
	2002—2006	0.068	0.063～0.074	0.006	–0.001～0.014	0.160	0.151～0.169
	2007—2011	–0.263	–0.270～–0.257	–0.249	–0.258～–0.240	–0.276	–0.286～–0.265
	2012—2016	–0.369	–0.376～–0.361	–0.317	–0.327～–0.307	–0.438	–0.427～–0.426
	2017—2021	–0.362	–0.371～–0.354	–0.291	–0.303～–0.279	–0.463	–0.476～–0.450
出生队列效应/年份	1902—1906	0.094	0.019～0.169	0.207	0.085～0.330	–0.025	–0.121～0.071
	1907—1911	0.179	0.135～0.223	0.259	0.186～0.333	0.111	0.054～0.167
	1912—1916	0.227	0.194～0.261	0.319	0.260～0.378	0.155	0.113～0.198
	1917—1921	0.244	0.216～0.273	0.328	0.277～0.380	0.179	0.143～0.216
	1922—1926	0.206	0.180～0.231	0.281	0.235～0.327	0.143	0.110～0.176
	1927—1931	0.196	0.172～0.220	0.241	0.199～0.284	0.164	0.133～0.196
	1932—1936	0.187	0.165～0.210	0.199	0.159～0.238	0.194	0.164～0.224
	1937—1941	0.198	0.176～0.220	0.188	0.151～0.225	0.233	0.203～0.262
	1942—1946	0.182	0.160～0.204	0.150	0.115～0.186	0.246	0.216～0.277
	1947—1951	0.134	0.113～0.155	0.076	0.044～0.109	0.240	0.210～0.271
	1952—1956	0.095	0.076～0.115	0.024	–0.007～0.054	0.227	0.198～0.256
	1957—1961	0.078	0.059～0.096	–0.001	–0.030～0.027	0.214	0.185～0.242
	1962—1966	0.033	0.015～0.050	–0.051	–0.076～–0.025	0.169	0.142～0.195
	1967—1971	0.041	0.026～0.056	–0.031	–0.053～–0.009	0.149	0.126～0.172
	1972—1976	0.043	0.029～0.057	–0.013	–0.032～0.006	0.117	0.095～0.138

续表 3
Table 3 Continued

项目	分类	总体		男性		女性	
		效应系数	95%*CI*	效应系数	95%*CI*	效应系数	95%*CI*
	1977—1981	0.020	0.008～0.033	–0.008	–0.026～0.009	0.052	0.032～0.072
	1982—1986	–0.023	–0.034～–0.012	–0.033	–0.048～–0.019	–0.022	–0.039～–0.006
	1987—1991	–0.024	–0.032～–0.015	–0.026	–0.037～–0.015	–0.041	–0.055～–0.028
	1992—1996	0.117	0.110～0.124	0.127	0.118～0.136	0.068	0.058～0.079
	1997—2001	0.037	–0.009～0.009	0.040	0.028～0.053	–0.104	–0.118～–0.090
	2002—2006	–0.197	–0.208～–0.186	–0.155	–0.171～–0.139	–0.314	–0.331～–0.296
	2007—2011	–0.376	–0.389～–0.362	–0.378	–0.397～–0.358	–0.431	–0.452～–0.411
	2012—2016	–0.627	–0.643～–0.362	–0.661	–0.685～–0.637	–0.631	–0.655～–0.607
	2017—2021	–1.037	–1.058～–1.016	–1.097	–1.127～–1.066	–1.002	–1.035～–0.970

2.2.2 死亡率 APC 模型分析（表 4） APC 模型分析结果显示，1990—2021 年中国居民脑膜炎死亡率的年龄效应随年龄增长呈先下降而后上升趋势，总体居民和男性居民脑膜炎死亡率的年龄效应系数分别从 0～4 岁的 2.425 和 2.386 下降至 25～29 岁的 –1.279 和 –1.381，而后上升至 90～94 岁的 2.116 和 2.371，女性居民脑膜炎死亡率的年龄效应系数从 0～4 岁的 2.466 下降至 30～34 岁的 –1.329，而后上升至 90～94 岁的 2.086；1990—2021 年中国居民脑膜炎死亡率的时期效应呈下降趋势，总体居民、男性居民和女性居民脑膜炎死亡率的时期效应系数分别从 1992—1996 年的 0.671、0.652 和 0.686 下降至 2017—2021 年的 –0.368、–0.339 和 –0.404；1990—2021 年中国居民脑膜炎死亡率的出生队列效应随出生队列的延伸均呈波动下降趋势，中国总体居民、男性居民和女性居民脑膜炎死亡率的出生队列效应系数分别从 1902—1906 年的 0.150、0.214 和 0.115 下降至 2017—2021 年的 –1.461、–1.537 和 –1.401。

表 4 1990—2021 年中国居民脑膜炎死亡率的 APC 模型分析
Table 4 APC model analysis of meningitis mortality among Chinese residents from 1990 to 2021

项目	分类	总体		男性		女性	
		效应系数	95%*CI*	效应系数	95%*CI*	效应系数	95%*CI*
年龄效应/岁	0～4	2.425	2.378～2.471	2.386	2.303～2.469	2.466	2.405～2.528
	5～9	0.279	0.232～0.325	0.222	0.143～0.300	0.343	0.279～0.407
	10～14	–0.542	–0.590～–0.494	–0.637	–0.714～–0.559	–0.429	–0.497～–0.360
	15～19	–0.751	–0.799～–0.704	–0.768	–0.840～–0.696	–0.752	–0.823～–0.681
	20～24	–1.061	–1.109～–1.013	–1.086	–1.156～–1.016	–1.045	–1.119～–0.971
	25～29	–1.279	–1.328～–1.230	–1.381	–1.450～–1.311	–1.159	–1.233～–1.086
	30～34	–1.257	–1.305～–1.230	–1.239	–1.303～–1.174	–1.329	–1.407～–1.250
	35～39	–1.178	–1.226～–1.131	–1.154	–1.216～–1.092	–1.271	–1.345～–1.192
	40～44	–1.144	–1.191～–1.096	–1.108	–1.168～–1.047	–1.266	–1.345～–1.187
	45～49	–1.137	–1.186～–1.089	–1.089	–1.149～–1.026	–1.288	–1.370～–1.207
	50～54	–0.947	–0.995～–0.900	–0.939	–1.001～–0.878	–1.019	–1.096～–0.942
	55～59	–0.780	–0.828～–0.733	–0.788	–0.851～–0.725	–0.831	–0.906～–0.755
	60～64	–0.509	–0.555～–0.463	–0.509	–0.572～–0.447	–0.569	–0.641～–0.496
	65～69	–0.196	–0.241～–0.151	–0.252	–0.317～–0.187	–0.169	–0.236～–0.102
	70～74	0.168	0.122～0.213	0.158	0.089～0.226	0.141	0.074～0.208
	75～79	0.545	0.497～0.592	0.471	0.396～0.546	0.620	0.554～0.687
	80～84	1.055	1.003～1.106	0.975	0.891～1.059	1.161	1.092～1.230
	85～89	1.613	1.553～1.672	1.748	1.652～1.845	1.565	1.484～1.647
	90～94	2.116	2.036～2.197	2.371	2.242～2.501	2.086	1.980～2.192
时期效应/年份	1992—1996	0.671	0.651～0.690	0.652	0.623～0.681	0.686	0.658～0.715
	1997—2001	0.361	0.342～0.380	0.361	0.335～0.387	0.356	0.327～0.385

续表 4
Table 4 Continued

项目	分类	总体		男性		女性	
		效应系数	95%*CI*	效应系数	95%*CI*	效应系数	95%*CI*
	2002—2006	–0.136	–0.158～–0.114	–0.166	–0.195～–0.138	–0.092	–0.125～–0.058
	2007—2011	–0.254	–0.276～–0.231	–0.259	–0.289～–0.229	–0.240	–0.276～–0.204
	2012—2016	–0.274	–0.298～–0.251	–0.249	–0.281～–0.217	–0.307	–0.343～–0.270
	2017—2021	–0.368	–0.394～–0.342	–0.339	–0.376～–0.302	–0.404	–0.444～–0.364
出生队列效应/年份	1902—1906	0.150	–0.052～0.352	0.214	–0.114～0.542	0.115	–0.145～0.375
	1907—1911	0.253	0.134～0.372	0.274	0.076～0.471	0.269	0.114～0.424
	1912—1916	0.331	0.240～0.422	0.371	0.213～0.529	0.321	0.205～0.437
	1917—1921	0.373	0.295～0.450	0.419	0.282～0.556	0.359	0.261～0.458
	1922—1926	0.344	0.275～0.413	0.391	0.268～0.513	0.321	0.232～0.410
	1927—1931	0.339	0.274～0.404	0.374	0.261～0.488	0.318	0.234～0.402
	1932—1936	0.334	0.273～0.395	0.355	0.249～0.488	0.324	0.243～0.406
	1937—1941	0.345	0.286～0.404	0.356	0.256～0.455	0.344	0.263～0.425
	1942—1946	0.321	0.262～0.379	0.325	0.231～0.420	0.327	0.243～0.411
	1947—1951	0.283	0.226～0.340	0.275	0.186～0.364	0.311	0.226～0.395
	1952—1956	0.239	0.184～0.294	0.231	0.148～0.314	0.271	0.188～0.354
	1957—1961	0.200	0.145～0.255	0.195	0.116～0.274	0.216	0.130～0.302
	1962—1966	0.120	0.066～0.174	0.119	0.044～0.194	0.133	0.047～0.218
	1967—1971	0.117	0.067～0.166	0.127	0.059～0.195	0.102	0.023～0.180
	1972—1976	0.067	0.019～0.116	0.085	0.021～0.149	0.030	–0.047～0.107
	1977—1981	0.069	0.022～0.115	0.100	0.040～0.160	0.007	–0.069～0.082
	1982—1986	0.032	–0.010～0.075	0.053	–0.003～0.108	–0.011	–0.079～0.057
	1987—1991	–0.031	–0.065～0.003	–0.031	–0.075～0.013	–0.051	–0.104～0.002
	1992—1996	–0.092	–0.117～–0.066	–0.137	–0.171～–0.104	–0.057	–0.097～–0.018
	1997—2001	–0.222	–0.254～–0.190	–0.262	–0.305～–0.219	–0.205	–0.255～–0.155
	2002—2006	–0.430	–0.469～–0.390	–0.444	–0.498～–0.390	–0.457	–0.519～–0.396
	2007—2011	–0.701	–0.746～–0.656	–0.755	–0.818～–0.691	–0.673	–0.741～–0.605
	2012—2016	–1.062	–1.113～–1.012	–1.150	–1.223～–1.078	–0.982	–1.058～–0.905
	2017—2021	–1.461	–1.525～–1.396	–1.537	–1.629～–1.446	–1.401	–1.500～–1.303

3 讨 论

本研究结果显示，1990—2021 年中国居民脑膜炎的发病率和死亡率总体均呈下降趋势，总体居民、男性居民、女性居民脑膜炎 ASIR 和 ASDR 分别从 1990 年的 30.83/10 万和 3.54/10 万、34.48/10 万和 4.02/10 万、27.20/10 万和 3.06/10 万下降至 2021 年的 5.79/10 万和 0.48/10 万、7.16/10 万和 0.58/10 万、4.42/10 万和 0.38/10 万，ASIR 和 ASDR 的 AAPC 值分别为–5.30% 和–6.31%、–4.96% 和–6.11%、–5.71% 和–6.56%（均 $P<0.001$），与国家卫生健康委员会管理的脑膜炎死亡登记系统得出的结果一致[7]，这可能与我国居民广泛接种脑膜炎疫苗进行脑膜炎预防有关[8]。1984 年中国出台了一项综合预防策略，主要涉及广泛使用 A 组脑膜炎球菌多糖疫苗作为预防流行性脑脊髓膜炎的手段[9]；2007 年 A 群和 C 群脑膜炎球菌多糖疫苗也被纳入我国免疫规划并广泛使用[10]。与此同时，我国还建立了脑膜炎症候群等五大类症候群的细菌性传染病监测技术平台，细菌性脑膜炎病例的及时发现有助于进行早期隔离[11]。抗生素的广泛治疗是脑膜炎死亡率持续下降的原因之一，20 世纪 30 年代磺胺药物的出现为脑膜炎的治疗提供了重要的手段，明显降低了脑膜炎的死亡率和并发症的发生率[12]；氯霉素在 20 世纪 60 年代初期被用于治疗流感嗜血杆菌性脑膜炎，亦进一步降低了脑膜炎的死亡率[13]。此外，我国公共卫生投入的增加也是脑膜炎死亡率下降的另一重要原因。脑膜炎的疾病负担在不同性别间存在差异，1990—2021 年中国男性居民脑膜炎的发病率和死亡率均高于女性居民，这可能是因为女性居民更倾向于寻求医疗照顾，个人卫生标准也更高，因此感染脑膜炎的机会较少且在感染后

得到的护理也更及时[14]。

本研究 APC 模型分析结果显示，年龄为中国居民脑膜炎发病和死亡的重要影响因素。其中，0～14 岁低年龄组和 85～94 岁高年龄组人群脑膜炎的发病和死亡风险均高于其他年龄组人群，以 0～4 岁年龄组人群发病和死亡风险为最大，年龄效应系数分别为 1.945 和 2.425，与李秀芝等[15]和刘民等[16]研究结果一致。脑膜炎在婴幼儿期高发，可能是因为该年龄组人群的免疫系统发育不成熟，血脑屏障功能不完善，因此更容易感染脑膜炎球菌和肺炎球菌[17]。而脑膜炎在婴幼儿中具有较高的死亡率则可能是因为该年龄组人群在发病早期没有脑膜炎的典型症状和体征，与感冒和发热等常见症状相似[18]，因此容易导致延误诊断，而脑膜炎起病急、发展迅速和致死率高的特点可使病情迅速恶化[19]。老年人脑膜炎发病明显增加的原因可能是老年人身体机能下降、免疫力降低，这使得他们更容易受到细菌性脑膜炎的侵袭[20]；且老年人本身患有的一些基础疾病（如慢性心肺疾病、糖尿病和恶性肿瘤等）也会引起机体的代谢紊乱，从而增加隐球菌脑膜炎的发病风险[21]。脑膜炎在老年人中的死亡率较高则可能是由于老年人在治疗过程中会出现各种并发症，如脑积水、脑疝和休克等，这些并发症的出现会进一步增加治疗的难度和死亡率[22]。

时期效应分析结果显示，1990—2021 年中国居民脑膜炎发病和死亡风险均随时期的推移呈下降趋势，这与 Wang LP 等[4]的研究结果一致。近年来，我国政府积极开展脑膜炎相关健康教育宣传活动，是我国居民脑膜炎发病风险下降的重要原因之一。此外，我国的“两管五改”等措施明显改善了农村环境卫生状况，进一步降低了农村地区的脑膜炎发病率[23]。近年来，脑膜炎检测技术的创新（靶向基因测序、反转录–聚合酶链式反应和脑脊液检查等现代诊断技术）已被证实可以提升脑膜炎的早期诊断[24]，因此我国居民脑膜炎的死亡风险有所降低。与此同时，医疗救治水平的提高也是脑膜炎死亡风险下降的重要原因，研究表明，免疫治疗、脱水治疗和手术治疗均能使脑膜炎患者得到更加及时、有效的治疗[25]。还有研究表明神经康复训练、针灸和高压氧等康复治疗方法均能帮助脑膜炎患者恢复身体功能、提高生存率[26]。在过去 30 年，我国康复医疗机构数量快速增长[27]，亦使脑膜炎患者能够获得更专业的康复医疗服务。

出生队列效应分析结果显示，1990—2021 年中国居民脑膜炎的发病和死亡风险均随出生队列的延伸呈波动下降趋势，以 2017—2021 年出生队列人群的发病率和死亡率效应系数为最小，分别为–1.037 和–1.461。我国居民脑膜炎发病风险的下降可能与近年来我国脑膜炎疫苗的普遍接种、孕妇营养状况的不断改善以及孕妇接受更多的产前检查和健康教育有关[8]，而我国居民脑膜炎死亡风险的下降则可能与我国医疗技术的进步、医疗保健服务的改善和公众健康意识的提升有关[28]。

综上所述，1990—2021 年中国居民脑膜炎发病率和死亡率总体均呈下降趋势，但仍需加强对低年龄组和高年龄组居民脑膜炎的防控工作。总体来看，当前国内外对脑膜炎的研究主要侧重于临床与治疗，其对脑膜炎疾病负担方面的研究数量较少。同时，对我国脑膜炎的研究整体偏向于流行趋势与疾病负担的描述分析，缺少纵向视角的趋势分析，因此，本研究利用 GBD 2021 中数据对中国居民脑膜炎发病和死亡情况进行分析，采用 Joinpoint 回归模型分析脑膜炎发病率和死亡率的时间趋势以探讨重点时期，并采用 APC 模型分析脑膜炎发病和死亡的因素，挖掘脑膜炎疾病负担的年龄、时期、队列效应。但本研究仍存在一定的局限性，如因缺少省级数据不能确定不同省份脑膜炎发病率是否存在地区差异和未按发病原因将脑膜炎发病情况进行分类讨论等，今后可将 GBD 数据与国家卫生健康委员会和中国疾病预防控制中心等官方机构发布的脑膜炎各省份公开数据结合，在地区层面进行比较以及按脑膜炎发病情况进行分类讨论。

参考文献

[1] Wright C, Blake N, Glennie L, et al. The global burden of meningitis in children: challenges with interpreting global health estimates[J]. Microorganisms, 2021, 9(2): 377.

[2] GBD 2016 Neurology Collaborators. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990–2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016[J]. The Lancet Neurology, 2019, 18(5): 459-480.

[3] GBD 2019 Meningitis Antimicrobial Resistance Collaborators. Global, regional, and national burden of meningitis and its aetiologies, 1990–2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. The Lancet Neurology, 2023, 22(8): 685-711.

[4] Wang L P, Yuan Y, Liu Y L, et al. Etiological and epidemiological features of acute meningitis or encephalitis in China: a nationwide active surveillance study[J]. The Lancet Regional Health-Western Pacific, 2022, 20: 100361.

[5] GBD 2019 Demographics Collaborators. Global age-sex-specific fertility, mortality, healthy life expectancy (HALE), and population estimates in 204 countries and territories, 1950–2019: a comprehensive demographic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. The Lancet, 2020, 396(10258): 1160-1203.

[6] 北京协和医院世界卫生组织国际分类家族合作中心. 疾病和有关健康问题的国际统计分类第十次修订本 (ICD-10)[M]. 董景五, 译. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 603-668.

[7] Wu Y, Fan H Y, Su B B, et al. Long-term patterns of meningitis mortality: a continual downward trend and a vulnerable infant population–China, 1987–2021[J]. China CDC Weekly, 2023, 5(34): 745-750.

[8] 徐颖华, 李亚南, 叶强. 中国脑膜炎球菌疫苗发展现状与挑战 [J]. 中国公共卫生, 2022, 38(7): 948-951.

[9] 中华预防医学会. 中国脑膜炎球菌疫苗预防接种专家共识 (2023 年版)[J]. 中国疫苗和免疫, 2023, 29(1): 90-101.

[10] Pan J H, Wang Y S, Cao L S, et al. Impact of immunization programs on 11 childhood vaccine-preventable diseases in China: 1950–2018[J]. The Innovation, 2021, 2(2): 100113.

[11] 张晓宇, 杜红忠, 张进保, 等. 急性脑炎脑膜炎症候群监测在流行性乙型脑炎监测中的应用 [J]. 中国人兽共患病学报, 2023, 39(11): 1112-1116.

[12] 陈金波. 略谈流脑治疗中的磺胺耐药问题 [J]. 河南赤脚医生, 1978(3): 28-29.

[13] Whitby M, Finch R. 细菌性脑膜炎——抗菌药物的合理选择和使用 [J]. 郑玲霞, 译. 临床荟萃, 1987, 2(2): 51-54.

[14] 许加明. 江苏省居民健康意识现状及影响因素分析 [J]. 健康教育与健康促进, 2023, 18(4): 352-356.

[15] 李秀芝, 卢俊荣, 王春东, 等. 2011—2021 年沧州市健康人群脑膜炎奈瑟氏菌监测结果分析 [J]. 职业卫生与病伤, 2022, 37(2): 97-99.

[16] 刘民, 马秋月. 肺炎链球菌相关疾病流行病学研究进展 [J]. 中国公共卫生, 2018, 34(11): 1449-1452.

[17] Huang S H, Stins M F, Kim K S. Bacterial penetration across the blood-brain barrier during the development of neonatal meningitis[J]. Microbes and Infection, 2000, 2(10): 1237-1244.

[18] Skar G, Flannigan L, Latch R, et al. Meningitis in children: still a can't-miss diagnosis[J]. Pediatrics in Review, 2024, 45(6): 305-315.

[19] Stevens J P, Eames M, Kent A, et al. Long term outcome of neonatal meningitis[J]. Archives of Disease in Childhood Fetal and Neonatal Edition, 2003, 88(3): F179-F184.

[20] Fulop T, Larbi A, Hirokawa K, et al. Immunosenescence is both functional/adaptive and dysfunctional/maladaptive[J]. Seminars in Immunopathology, 2020, 42(5): 521-536.

[21] 王思广, 戴恺, 苏芷惠, 等. 恶性肿瘤相关隐球菌病的研究进展 [J]. 中国真菌学杂志, 2024, 19(3): 316-319.

[22] 钟小芳, 向本友, 胡美姣, 等. 糖尿病合并李斯特菌脑膜炎并发脑积水一例 [J]. 中国临床新医学, 2022, 15(7): 651-653.

[23] 付彦芬. 中国农村厕所革命的历史实践 [J]. 环境卫生学杂志, 2019, 9(5): 415-417.

[24] Feuerriegel S, Kohl T A, Utpatel C, et al. Rapid genomic first- and second-line drug resistance prediction from clinical Mycobacterium tuberculosis specimens using Deeplex-MycTB[J]. European Respiratory Journal, 2021, 57(1): 2001796.

[25] Zhao J, Zhao X, Yang S B, et al. Surgical treatment and operation time in human immunodeficiency virus-negative cryptococcal meningitis[J]. Medicine, 2020, 99(42): e22546.

[26] 郭改艳, 刘胜武. 高压氧配合康复训练对病毒性脑膜炎后遗症治疗的影响 [J]. 脑与神经疾病杂志, 2016, 24(9): 553-555.

[27] 唐立健, 王长青. 我国康复医院卫生资源配置现状和利用效率分析 [J]. 中国卫生事业管理, 2024, 41(5): 535-538, 600.

[28] 陈育德, 杨辉. 贯彻“十四五”国民健康规划, 确保实现健康预期寿命目标 [J]. 中国全科医学, 2023, 26(4): 391-394, 408.