·调查报告与分析·

2023 年新疆维吾尔自治区克拉玛依市健康人群白喉抗体水平状况：一项横断面调查

王峰[1]，左羚[1]，李霞[1]，吴美丽[1]，常冰洁[1]，郭卫平[2]

1. 克拉玛依市疾病预防控制中心(克拉玛依市卫生监督所)，克拉玛依 834000；
2. 克拉玛依市中心医院，克拉玛依 834000
通信作者：郭卫平，E-mail：2104154218@qq.com

【摘　要】目的　了解和掌握新疆维吾尔自治区克拉玛依市健康人群白喉免疫水平。**方法**　采用方便抽样方法抽取克拉玛依市 4 个辖区居住时间≥6 个月的健康人群作为调查对象进行问卷调查。采集静脉血，采用酶联免疫吸附试验方法(ELISA)检测血清中的白喉 IgG 抗体，采用秩和检验和 χ^2 检验进行统计分析。**结果**　共纳入调查对象 3 508 人，白喉 IgG 抗体浓度中位数、阳性率及保护率分别为 0.13 IU/mL、99.97% 和 58.07%；不同性别、辖区、年龄组及含白喉成分疫苗接种史人群的白喉 IgG 抗体浓度中位数差异均有统计学意义(H 值分别为 149.55、21.29、1 199.38、1 105.23，P 均<0.01)，抗体保护率差异均有统计学意义(χ^2 值分别为 113.19、19.15、1 002.40、967.08，P 均<0.01)。在 2 155 名完成≥4 剂次含白喉成分疫苗接种的儿童和青少年中，接种时长为 6～23 个月、2～4 年、5～7 年、8～10 年、11～16 年者的白喉 IgG 抗体中位数浓度分别为 0.28、0.17、0.24、0.18 和 0.21 IU/mL(H=96.68，P<0.01)，抗体保护率分别为 91.76%、67.77%、79.84%、72.73%、77.68%(χ^2=67.50，P<0.01)。**结论**　克拉玛依市健康人群白喉抗体总体水平较高，<18 岁人群远高于≥18 岁人群。国家对适龄儿童免疫规划政策的实施，对预防儿童白喉作用显著，下一步需考虑成人含白喉成分疫苗的加强免疫。

【关键词】　健康人群；白喉 IgG 抗体；平均浓度；阳性率；保护率；克拉玛依市

Status of diphtheria antibody levels in healthy populations in Karamay city, Xinjiang in 2023: a cross-sectional survey

WANG Feng[1], ZUO Ling[1], LI Xia[1], WU Meili[1], CHANG Bingjie[1], GUO Weiping[2] (*1. Karamay Center for Disease Control and Prevention/Karamay Municipal Health Supervision Institute*, *Karamay* 834000, *China*; *2. Karamay Central Hospital of Xinjiang*, *Karamay* 834000, *China*)
Corresponding author: GUO Weiping, E-mail: 2104154218@qq.com

【Abstract】 Objective　To understand the diphtheria antibody levels in the healthy population in Karamay city, Xinjiang Uygur Autonomous Region. **Methods**　A questionnaire survey was conducted among healthy individuals who had lived for more than 6 months in four districts of Karamay city by the convenience sampling method. Venous blood was collected, and the diphtheria immunoglobulin G (IgG) antibody level in the serum was measured by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Statistical analysis was conducted by rank sum test and χ^2 test. **Results**　A total of 3 508 participants were included in the study. The median concentration, positive rate, and protection rate of diphtheria IgG antibodies were 0.13 IU/mL, 99.97% and 58.07%, respectively. Differences in gender, district, age interval, and history of diphtheria vaccination caused differences in median concentration of diphtheria IgG antibodies (H values were 149.55, 21.29, 1 199.38, and 1 105.23, respectively, all P < 0.01) and protection rates (χ^2 values were 113.19, 19.15, 1 002.40, and 967.08, respectively, all P < 0.01). Among the 2 155 children and adolescents who had received ≥ 4 doses of a vaccine containing diphtheria components, the median concentrations of diphtheria IgG antibodies were 0.28, 0.17, 0.24, 0.18, and 0.21 IU/mL for those with vaccination durations of 6–23 months, 2–4 years, 5–7 years, 8–10 years, and 11–16 years respectively (H = 96.68, P < 0.01), and the antibody protection rates were 91.76%, 67.77%, 79.84%, 72.73%, and 77.68% respectively (χ^2 = 67.50, P < 0.01). **Conclusions**　The overall diphtheria antibody level is high in the healthy population of Karamay city, and the level in the age group of < 18 years old is much higher than that in the age group of ≥ 18 years old. The implementation of the national immunization program for children of the appropriate age has a significant effect of preventing diphtheria in children. In the future, booster immunization with diphtheria-containing vaccines for adults should be considered.

【Keywords】 healthy population; diphtheria IgG antibody; average concentration; positive rate; protection rate; Karamay city

开放获取：CC BY-NC-ND 4.0　DOI：10.11847/zgggws1148800
基金项目：克拉玛依市创新环境建设计划(软科学)项目(20232023hjrkx0041)
第一作者：王峰(1972—)，主任医师，本科，研究方向：传染病防控与免疫规划管理。
收稿日期：2025-09-02　修回日期：2025-12-22　录用日期：2026-03-11
利益冲突：不存在　伦理审查：已获取　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

白喉是由白喉棒状杆菌引起的急性呼吸道传染病，临床表现为发热、气憋、声音嘶哑以及咽、喉、鼻黏膜充血和肿胀，伴有灰白色假膜形成，严重者出现全身中毒症状，病死率可达 10%[1−3]，为我国法定的乙类传染病。我国自 1978 年开始实施儿童计划免疫[4]，随着百白破联合疫苗（diphtheria, tetanus and pertussiscombined vaccine, DTP）接种率的不断提高，白喉发病率逐年下降[1, 5]。中国疾病预防控制信息系统传染病监测系统数据显示，截至 2023 年底，克拉玛依市已连续 37 年无白喉病例报告[6]。为了解当前克拉玛依市人群白喉免疫水平，评价疫苗免疫效果，科学指导预防接种工作，本研究于 2023 年在新疆维吾尔自治区克拉玛依市 4 个辖区抽取在当地居住≥6 个月的 3 508 名健康居民，进行白喉抗体水平调查。结果报告如下。

1 对象与方法

1.1 对象 在克拉玛依市 4 个辖区抽取在当地居住≥6 个月、近 2 周内无急性呼吸道疾患的人群作为调查对象，分 0～3、4～6、7～9、10～12、13～15、16～18、19～59 和≥60 岁 8 个年龄组。根据横断面调查样本量公式 $n=(\mu_{\alpha/2})^2\times P(1-P)/\delta^2$ 计算调查所需样本量，取预期白喉的 IgG 抗体阳性率为 91.16%[7]，检验水准 α=0.05（$\mu_{\alpha/2}$=1.96），容许误差 δ=1%，计算所需样本量为 3 096 人，考虑到失访因素，最终确定总样本量为 3 300 人。根据各区人口基数和工作基础，各区样本量介于 200～1 500 人，每个年龄组调查对象 350～450 人。本研究方案经过了克拉玛依市疾病预防控制中心（克拉玛依市卫生监督所）伦理委员会审核（编号：KLMYCDCLL-202301）。所有调查对象签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 现场调查和样本采集 自行设计调查问卷，由经过统一培训的社区卫生服务中心免疫规划专干在对调查对象或其监护人知情、同意和自愿的前提下进行调查，收集调查对象居住地区、性别、年龄等基本信息，并通过新疆免疫规划信息管理系统查询或调查对象回忆方式收集含白喉成分疫苗接种史信息，收集到有明确≥4 剂次疫苗免疫史信息的儿童和青少年 2 155 人，计算其疫苗接种时长（疫苗接种时长=采样时间−第 4 剂次疫苗接种时间），将接种时长分为 6～23 个月、2～4 年、5～7 年、8～10 年、11～16 年 5 个时间段。采集调查对象静脉血 5 mL，分离血清后于−20 ℃条件下保存，血清样本在冷藏条件下送克拉玛依市疾病预防控制中心实验室，保存在−20 ℃冰箱待检。

1.2.2 IgG 抗体水平检测及判断标准 采用酶联免疫吸附试验方法（ELISA）检测调查对象血清样本白喉抗毒素 IgG 抗体水平。检测试剂盒由维润赛润生物技术（深圳）有限公司生产（批号为 EO0027），有效期至 2025 年 1 月 31 日，检测步骤按试剂盒说明书严格操作。判定标准：参考白喉疫苗 WHO 立场文件[8] 及其他文献资料[1−2, 5, 9]，将白喉 IgG 抗体浓度<0.01 IU/mL 判定为阴性，表示无保护；≥0.01 IU/mL 判定为阳性，其中，≥0.1 IU/mL 表示具有保护作用[2, 5]。

1.3 统计分析 采用 Epi Data 3.1 软件建立数据库，应用 SPSS 26.0 软件统计分析调查对象白喉 IgG 抗体阳性率、保护率及白喉 IgG 平均浓度等指标。白喉 IgG 抗体阳性率=抗体浓度≥0.01 IU/mL 人数/调查人数×100%，保护率=抗体浓度≥0.1 IU/mL 人数/调查人数×100%，其组间比较均采用 χ^2 检验；白喉 IgG 抗体浓度不呈正态分布，平均浓度采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述，其组间比较采用 Kruskal-Wallis H 秩和检验；检验水准为 $\alpha_{双侧}$=0.05。

2 结 果

2.1 基本情况（表 1） 本研究共调查 3 508 人。其中，男性 1 409 人，占 40.17%；女性 2 099 人，占 59.83%；性别比为 1:1.49。克拉玛依区 1 800 人，占 51.31%；独山子区 772 人，占 22.01%；白碱滩区 711 人，占 20.27%；乌尔禾区 225 人，占 6.41%。年龄在 8 月龄～87 岁，平均年龄为（23.00±20.57）岁；0～3、4～6、7～9、10～12、13～15、16～18、19～59 和≥60 岁年龄组占比分别为 10.78%、11.23%、10.89%、10.97%、10.09%、10.43%、28.45%、7.16%。含白喉成分疫苗免疫史有、无和不详者分别为 2 435、805 和 268 人，占比分别为 69.41%、22.95% 和 7.64%。

表 1 调查对象人口学特征及构成情况
Table 1 Demographic characteristics and composition of the surveyed subjects

特征	分类	调查人数	构成比/%
性别	男性	1 409	40.17
	女性	2 099	59.83
地区	克拉玛依区	1 800	51.31
	独山子区	772	22.01
	白碱滩区	711	20.27
	乌尔禾区	225	6.41

续表 1
Table 1 Continued

特征	分类	调查人数	构成比/%
年龄/岁	0～3	378	10.78
	4～6	394	11.23
	7～9	382	10.89
	10～12	385	10.97
	13～15	354	10.09
	16～18	366	10.43
	19～59	998	28.45
	≥60	251	7.16
疫苗免疫史	有	2 435	69.41
	无	805	22.95
	不详	268	7.64

2.2　白喉 IgG 抗体水平（表 2）

2.2.1　抗体中位数浓度　调查对象的白喉 IgG 抗体中位数浓度为 0.13 IU/mL，男、女性人群分别为 0.19、0.10 IU/mL（H=149.55，P<0.01），不同地区人群在 0.11～0.15 IU/mL（H=21.29，P<0.01），各年龄组人群在 0.05～0.28 IU/mL（H=1 199.38，P<0.01），含白喉成分疫苗免疫史有、无、不详人群分别为 0.21、0.04、0.06 IU/mL（H=1 105.23，P<0.01）。

表 2　调查对象白喉 IgG 抗体中位数浓度、阳性率及保护率情况
Table 2　Median concentration, positive rate, and protection rate of diphtheria IgG antibodies in the surveyed subjects

人口学特征	调查人数	中位数浓度/(IU/mL)	H值	P值	阳性检出		χ^2值	P值	保护效果		χ^2值	P值
					人数	阳性率/%			人数	保护率/%		
性别												
男性	1 408	0.19(0.08，0.29)	149.55	<0.01	1 408	100.00	0.671	1.000	970	68.89	113.19	<0.01
女性	2 100	0.10(0.05，0.24)			2 099	99.95			1 067	50.81		
地区												
克拉玛依区	1 800	0.15(0.06，0.28)	21.29	<0.01	1 800	100.00	3.55	0.487	1 096	60.89	19.15	<0.01
独山子区	772	0.13(0.05，0.27)			771	99.87			452	58.55		
白碱滩区	711	0.11(0.05，0.24)			711	100.00			374	52.60		
乌尔禾区	225	0.11(0.04，0.23)			225	100.00			115	51.11		
年龄/岁												
0～3	378	0.28(0.19，0.33)	1 199.38	<0.01	378	100.00	8.11	0.603	339	89.68	1 002.40	<0.01
4～6	394	0.17(0.08，0.30)			394	100.00			267	67.77		
7～9	382	0.24(0.13，0.31)			382	100.00			305	79.84		
10～12	385	0.18(0.09，0.27)			384	99.74			280	72.73		
13～15	354	0.22(0.12，0.30)			354	100.00			279	78.81		
16～18	366	0.20(0.10，0.28)			366	100.00			275	75.14		
19～59	998	0.05(0.03，0.09)			998	100.00			232	23.25		
≥60	251	0.05(0.03，0.09)			251	100.00			60	23.90		
疫苗免疫史												
有	2 435	0.21(0.10，0.30)	1 105.23	<0.01	2 434	99.96	0.44	1.000	1 832	75.24	967.08	<0.01
无	805	0.04(0.03，0.07)			805	100.00			141	17.52		
不详	268	0.06(0.04，0.10)			268	100.00			64	23.88		
合计	3 508	0.13(0.05，0.27)			3 508	99.97			2037	58.07		

2.2.2 抗体阳性率 调查对象的白喉 IgG 抗体阳性率为 99.97%，男、女性分别为 100%、99.95%（χ^2=0.671，P=1.000）。不同地区人群分别为 100%、99.87%、100%、100%（χ^2=3.55，P=0.487）。各年龄组人群分别为 100%、100%、100%、99.74%、100%、100%、100%、100%（χ^2=8.11，P=0.603）。含白喉成分疫苗免疫史有、无、不详人群分别为 99.96%、100%、100%（χ^2=0.44，P=1.000）。

2.2.3 抗体保护率 调查对象的白喉 IgG 抗体保护率为 58.07%，男、女性分别为 68.89%、50.81%（χ^2=113.19，P<0.01）。不同地区人群分别为 60.89%、58.55%、52.60%、51.11%（χ^2=19.15，P<0.01）。各年龄组人群分别为 89.68%、67.77%、79.84%、72.73%、78.81%、75.14%、23.25%、23.90%（χ^2=1 002.40，P<0.01）；含白喉成分疫苗免疫史有、无、不详人群分别为 75.24%、17.52%、23.88%（χ^2=967.08，P<0.01）。

2.3 抗体水平随接种后时间变化（表 3） 在 2 155 名完成≥4 剂次含白喉成分疫苗接种的儿童和青少年中，接种时长为 6～23 个月、2～4 年、5～7 年、8～10 年、11～16 年者的白喉 IgG 抗体中位数浓度分别为 0.28、0.17、0.24、0.18 和 0.21 IU/mL（H=96.68，P<0.01），抗体保护率分别为 91.76%、67.77%、79.84%、72.73%、77.68%（χ^2=67.50，P<0.01）。

表 3 不同接种时长人群的白喉 IgG 抗体中位数浓度和保护率分布情况

Table 3 Distribution of median concentration and protection rate of diphtheria IgG antibody in people with different vaccination duration after vaccination

接种时长	调查人数	中位数浓度/(IU/mL)	H值	P值	保护效果		χ^2值	P值
					人数	保护率/%		
6～23个月	340	0.28(0.19，0.33)	96.68	<0.01	312	91.76	67.50	<0.01
2～4年	394	0.17(0.08，0.30)			267	67.77		
5～7年	382	0.24(0.13，0.31)			305	79.84		
8～10年	385	0.18(0.09，0.27)			280	72.73		
11～16年	654	0.21(0.11，0.29)			508	77.68		
合计	2 155	0.22(0.11，0.30)			1 672	77.59		

3 讨 论

接种疫苗不仅能够保护个体健康，还能阻断传染病的传播和流行，是预防控制传染病最有效、最经济的措施[10]。据中国疾病预防控制信息系统统计，我国于 2006 年报告了 1 例白喉病例，2007 年至今无白喉病例报告[2, 11－13]。对适龄儿童持续、高覆盖率的含白喉成分疫苗接种卓有成效，表明我国目前的免疫规划策略对白喉的防控工作效果显著。尽管白喉可通过接种疫苗而得到有效控制，但近几年部分国家特别是发展中国家仍有白喉暴发，2015 年南非两个社区出现了白喉暴发疫情[14－15]，2017 年孟加拉国、也门、印度尼西亚等国家暴发白喉疫情，并出现大量死亡病例[11, 16]，与中国接壤的越南、印度每年均有白喉确诊病例报告[15]，提示我国对于白喉的防控仍不能掉以轻心，应继续推进免疫规划工作，持续做好白喉疫情监测和人群抗体水平监测。

血清学调查是衡量人群免疫力水平的科学方法之一，白喉 IgG 抗体水平可以评估儿童免疫规划工作质量和人群免疫力水平[17]，可为免疫策略修订以及相关疾病的防控提供科学依据。本调查结果显示，研究人群中白喉 IgG 抗体浓度≥0.01 IU/mL 者的比例（抗体阳性率）为 99.97%，高于近年来国内多数省份及地区的调查结果[5, 9, 18－20]，与福建省[1]（99.96%）基本相当。白喉 IgG 抗体浓度≥0.1 IU/mL 者的比例（抗体保护率）为 58.07%，低于安庆市[18]、杭州市[21]，高于河南省[19]、阜阳市[18] 及许昌市[5] 的调查结果，与福建省[1]、马鞍山市[18]、四川省某地区[22] 基本相当，提示不同地区儿童含白喉成分疫苗的接种覆盖率可能存在一定差异。世界卫生组织认为，人群中 70% 的白喉抗体浓度≥0.01 IU/mL 可控制白喉疫情暴发或流行，人群中 90% 的白喉抗体浓度≥0.01 IU/mL 可控制白喉发病[1]，克拉玛依市人群白喉抗体浓度≥0.01 IU/mL 的比例已达到 99% 以上，表明已建立起有效的人群免疫屏障，当前及今后一段时间内发生白喉传播流行的风险较低。

国内外研究证实，人群中白喉抗毒素抗体阳性率无性别差异[1, 23－25]。本调查结果中，男性的白喉 IgG 抗体平均浓度及抗体保护率均高于女性，与福建省[1]、许昌市[5]、安徽省[18] 的调查结果一致。调查对象的年龄构成会对此结果产生一定影响，但是女性的特殊生理期是否会导致体内抗体浓度下降，有待进一步研究。<18 岁人群及疫苗接种人群的抗体平均浓度及保护率远高于≥18 岁人群和未接种疫苗人群，表明当前的疫苗接种策略对于<18 岁人群保持良好抗体水平作用显

著。结果还显示，未接种疫苗人群的抗体阳性率为 100%，有近 20% 的人达到保护性抗体水平，提示本地人群白喉的既往感染率较高，尽管已 30 余年无白喉病例报告，但仍有部分人可能发生过白喉的轻症感染或无症状感染，应当引起当地卫生行政部门的重视。目前克拉玛依市成年人和老年人的白喉 IgG 抗体浓度及保护率均较低，存在发生成年人感染并传播给家庭内老年人或抗体保护水平不足的儿童，导致出现病例的可能性，应考虑对成年人群和老年人，尤其是重点部门或行业人群以及出国务工人群进行含白喉成分疫苗的强化免疫措施。

2024 年前中国含白喉成分疫苗的免疫程序为儿童在 3、4、5 月龄时各接种 1 剂百白破联合疫苗（DTP）为基础免疫，18～24 月龄接种 1 剂 DTP 为加强免疫，6 周岁时再接种 1 剂白喉破伤风联合疫苗（DT）[26]。本研究发现，全程接种过含白喉成分疫苗的儿童和青少年，抗体浓度在接种 4 剂次后的 2 年内仍保持较高水平，>2～4 年内出现一定程度的降低，可能与婴幼儿的免疫系统及功能发育不完善有一定关系，提示第 4 剂次的强化免疫还不能很好地保持儿童保护性抗体水平；在强化接种第 5 剂次后，抗体水平小幅升高，并在其后的 10 年左右维持在一个相对稳定的水平，表明第 5 剂次的强化免疫对儿童在一段较长时间内保持相对较高的抗体水平起到非常重要的作用。由于使用的第 5 剂次疫苗与前 4 剂次疫苗种类不同，可能会对受种儿童抗体水平的提升产生一定影响。研究结果还提示，如果对完成含白喉成分疫苗全程接种的儿童，隔 10 年左右再进行 1 剂次强化免疫可能有助于其成人期持续保持保护性抗体水平，使用同种类型的疫苗效果可能会更好。

综上所述，克拉玛依市健康人群白喉抗体水平总体较高，对儿童和青少年形成了较好的保护作用。成年人仍然存在白喉感染的潜在威胁，且随着老年人寿命的延长，易形成易感人群蓄积。建议从政府层面专门制定针对成年人的白喉强化免疫策略。同时，卫生行政部门应定期开展人群白喉抗体水平监测和疫苗接种率调查工作，及时评估人群的白喉抗体水平和疫苗接种状况，及时发现高风险人群，及时调整白喉疫苗免疫策略和防控措施。

数据可用性声明　在进行研究之前，研究团队已按照国际伦理准则和国家相关法律法规的要求，向克拉玛依市疾病预防控制中心（克拉玛依市卫生监督所）伦理委员会提交了详细的研究方案并获批准。由于数据的敏感性以及保护参与者隐私的需要，无法公开提供原始数据。

参考文献

[1] 陈致飞, 张海荣, 王琴, 等. 福建省 2018 年 0～61 岁社区人群白喉抗体水平调查 [J]. 中国疫苗和免疫, 2020, 26(5): 521-524.

[2] 王海, 黄丰光, 龚丽芬, 等. 2018 年河源市 0～78 岁人群麻疹及白喉抗体水平分析 [J]. 热带医学杂志, 2021, 21(8): 1083-1086, 1090.

[3] 宁桂军, 吴丹, 李军宏, 等. 全球 2010—2014 年白喉、破伤风和百日咳免疫预防和发病水平现况分析 [J]. 中国疫苗和免疫, 2016, 22(2): 159-164.

[4] 梁晓峰, 乌正赉. 免疫规划 30 年 保障健康亿万人 [J]. 中华预防医学杂志, 2008, 42(增刊): 4-6.

[5] 耿少良, 赵鸣, 郭沙沙, 等. 2020 年许昌市健康人群白喉抗体水平调查 [J]. 中国疫苗和免疫, 2021, 27(5): 537-539.

[6] 王静, 李霞, 玛依沙·达肯, 等. 新疆维吾尔自治区克拉玛依市免疫规划疫苗针对传染病流行及时间序列预测研究 [J]. 疾病预防控制通报, 2025, 40(01): 39-42+54.

[7] 黄玉莲, 李霞, 蔺洁, 等. 克拉玛依市 3～14 岁儿童麻疹、腮腺炎、白喉、乙肝、甲肝抗体水平分析 [J]. 现代预防医学, 2017, 44(13): 2368-2371.

[8] World Health Organization. Diphtheria vaccine: WHO position paper, August 2017– Recommendations. 2018[J]. Vaccine, 2018, 36(2): 199-201.

[9] 漆琪, 刘丽珺, 杨庆, 等. 四川省 2012—2018 年健康人群白喉抗体水平监测 [J]. 中国疫苗和免疫, 2019, 25(6): 643-645.

[10] 中华人民共和国国家卫生健康委员会宣传司. 中国公民健康素养--基本知识与技能释义 (2024 年)[EB/OL]. [2024-05-30][2024-08-14]. http://www.nhc.gov.cn/xcs/s3582/202405/8ac849b54c0f4b5a8320ce1f2a0eb160.shtml.

[11] 李曲文, 梁雪晨, 高亚东, 等. 福建省 3 例输入性白喉棒状杆菌感染病例流行病学和病原学分析 [J]. 中国人兽共患病学报, 2024, 40(6): 590-594, 598.

[12] FitzGerald R P, Rosser A J, Perera D N. Non-toxigenic penicil-lin-resistant cutaneous C. iphtheriae infection: a case report and review of the literature[J]. J Infect Public Health, 2015, 8(1): 98-100.

[13] Edwards B, Hunt A C, Hoskisson P A. Recent cases of non-toxigenic Corynebacterium diphtheriae in Scotland: justifica-tion for continued surveillance[J]. J Med Microbiol, 2011, 60(Pt4): 561-562.

[14] Mahomed S, Archary M, Mutevedzi P, et al. An Isolated Outbreakof Diphtheria in South Africa, 2015[J]. Epidemiol Infect, 2017, 145(10): 2100-2108.

[15] 何思然, 丁峥嵘. 中国白喉的预防控制效果与免疫策略综述 [J]. 中国疫苗和免疫, 2017, 23(6): 711-715.

[16] 向媛媛, 张伟娜, 王心怡, 等. 1 例住院患者非产毒白喉棒状杆菌感染的调查 [J]. 中国疫苗和免疫, 2019, 25(5): 532-535.

[17] 彭远舟, 哈永婷, 李文豪, 等. 深圳市学龄前儿童不同免疫接种方式对白喉抗体水平的影响 [J]. 中国学校卫生, 2023, 44(3): 415-418.

[18] 陈霞, 唐继海, 毛雷婧, 等. 2016 年安徽省部分地区健康人群白喉抗体水平监测 [J]. 中国疫苗和免疫, 2018, 24(2): 207-210.

[19] 孔江南, 刘倩, 丰达星, 等. 2020 年河南省 0～79 岁健康人群白喉抗体水平调查 [J]. 中国疫苗和免疫, 2022, 28(5): 521-524.

[20] 宋凤燕, 李园园, 张帅琳, 等. 2021—2022 年安阳市 1～79 岁健康人群百日咳、白喉和破伤风抗体水平分析 [J]. 实用预防医学, 2024, 31(10): 1204-1208.

[21] 许玉洋, 刘艳, 杜渐, 等. 2018—2021 年杭州市健康人群白喉 IgG 抗体水平调查 [J]. 中国疫苗和免疫, 2024, 30(1): 39-43.

[22] 苏恒宇, 杜李梅, 武迪, 等. 2022 年四川省某地区健康人群白喉、破伤风抗体水平及聚集性分析 [J]. 疾病监测, 2024, 39(7): 857-862.

[23] Li Y T, Luo X Q, Zhong X B, et al. Seroprevalences of antibodies against pertussis, diphtheria, tetanus, measles, mumps and rubella: a cross-sectional study in children following accination procedure in Guangzhou, China[J]. Vaccine, 2020, 38(23): 3960-3967.

[24] Weinberger B, Keller M, Putzer C, et al. Protection against tetanus and diphtheria in Europe: the impact of age, gender and country of origin based on data from the mark-age study[J]. Experimental Gerontology, 2018, 105: 109-112.

[25] Ng Y, Chua L A V, Cui L, et al. Seroprevalence of vaccine-preventable diseases among children and adolescents in Singapore: results from the national paediatric seroprevalence survey 2018[J]. International Journal of Infectious Diseases, 2020, 92: 234-240.

[26] 马超, 安志杰, 曾玫, 等.《国家免疫规划疫苗儿童免疫程序及说明 (2021 年版)》要点解析 [J]. 中国疫苗和免疫, 2021, 27(3): 235-241.