DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20263104

·论著·

2000—2025 年中国健康人群血清破伤风 IgG 抗体阳性率和保护率的 Meta 分析

赵燕鸿[1,2]，李文娟[3]，李　冉[1]，赵冠花[4]，樊煜欣[4]，赵明玄[2]

[1.昆明医科大学药学院暨云南省天然药物药理重点实验室，云南 昆明　650500；2.昆明理工大学附属安宁市第一人民医院药物（疫苗）早期临床试验研究中心，云南 昆明　650302；3.云南中医药大学中药学院，云南 昆明　650500；4.云南省中医医院临床药理研究中心，云南 昆明　650103]

[**摘　要**] **目的**　探讨中国健康人群破伤风 IgG 抗体水平分布特征，为优化免疫策略提供参考。**方法**　检索中国知网、万方、PubMed、Web of Science 数据库，纳入符合要求的文献进行 Meta 分析，计算中国健康人群破伤风 IgG 抗体阳性率与保护率的合并效应值，并进行亚组分析。**结果**　共纳入 46 篇文献（总样本量 45 675 名）。中国健康人群破伤风 IgG 抗体阳性率 81.30%，但保护率仅 53.25%。保护率与年龄呈负相关，1～2 岁达 93.67%，15～19 岁下降至 43.03%，≥40 岁低至 11.06%；有免疫史者保护率（71.32%）高于无免疫史者（15.64%）；且末次接种间隔时间越长，保护率越低（<1 年为 77.16%，≥11 年为 30.71%）；不同地域中，华南保护率最高（71.94%），华东最低（24.81%）。城乡及性别组间保护率比较差异均无统计学意义（均 $P>0.05$）。**结论**　中国健康人群破伤风免疫保护存在明显不足，青少年及成人免疫缺口巨大，亟需加强免疫策略优化。

[**关　键　词**] 破伤风；抗体；阳性率；保护率；Meta 分析

[**中图分类号**] R181.2

Positive rate and protective rate of serum tetanus IgG antibody in the healthy populations of China: a Meta-analysis (2000－2025)

ZHAO Yanhong[1,2], *LI Wenjuan*[3], *LI Ran*[1], *ZHAO Guanhua*[4], *FAN Yuxin*[4], *ZHAO Mingxuan*[2] (1. *School of Pharmaceutical Sciences and Yunnan Key Laboratory of Pharmacology for Natural Products, Kunming Medical University, Kunming* 650500, *China*; 2. *Research Center for Early Clinical Trials of Drugs [Vaccines], Anning First People's Hospital, Kunming University of Science and Technology, Kunming* 650302, *China*; 3. *School of Chinese Materia Medica, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming* 650500, *China*; 4. *Clinical Pharmacology Research Center, Yunnan Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Kunming* 650103, *China*)

[**Abstract**] **Objective**　To evaluate the distribution characteristics of tetanus IgG antibody levels in healthy populations in China, and provide reference for optimizing immunization strategies. **Methods**　Literatures were retrieved from China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang Data, PubMed, and Web of Science databases, and eligible studies were included for Meta-analysis. The pooled effect values of the positive rate and protective rate of tetanus IgG antibody in healthy populations in China were calculated, subgroup analysis was conducted. **Results**　A total of 46 literatures (with an overall sample size of 45 675) were included in the analysis. The positive rate of tetanus IgG antibody in the healthy populations in China was 81.30%, but the protective rate was only 53.25%. The protective rate was negatively correlated with age, the 1－2-year-old was 93.67%, 15－19-year-old decreased to 43.03%, and ≥40 years old was as low as 11.06%. Individuals with a history of immunization had a higher

[收稿日期]　2025－10－14

[基金项目]　云南省科技厅重大科技专项计划－生物医药专项项目（202302AA310007）

[作者简介]　赵燕鸿（2000－），女（汉族），云南省大理州人，硕士研究生在读，主要从事临床药学相关研究。

[通信作者]　赵明玄　　E-mail：zmxcpre66@163.com

protective rate than those without immunization (71.32% vs 15.64%), and the longer the interval of the last vaccination, the lower the protection rate (<1 year: 77.16%, ≥11 years: 30.71%). Among different regions, protective rate was highest (71.94%) in South China and the lowest (24.81%) in East China. There was no statistically significant difference in the protective rate between urban and rural areas as well as between gender groups (both $P>0.05$). **Conclusion** There is a significant deficiency in tetanus immunity protection among healthy populations in China, with a substantial immunization insufficiency among adolescents and adults, necessitating urgent optimization of immunization strategies.

[**Key words**] tetanus; antibody; positive rate; protective rate; Meta-analysis

破伤风是由破伤风梭状芽孢杆菌(*Clostridium tetanus*)经皮肤或黏膜破损处侵入人体,在厌氧环境中生长繁殖并产生嗜神经外毒素所引起的急性感染性疾病[1],其典型临床表现为全身骨骼肌强直性痉挛,病死率高达 30%～50%[2]。各年龄段均可患病,新生儿及孕妇发病率更高、病情更重[3]。人类对破伤风毒素无天然免疫力,疫苗接种是目前公认最有效、最经济的预防策略[4]。我国自 1978 年将百白破联合疫苗(DTP)纳入国家免疫规划以来,儿童破伤风的发病率已显著下降[5]。然而,破伤风的免疫保护并非终身有效。疫苗接种后体内抗体水平会随时间自然衰减[6]。目前,我国免疫规划重点仍主要覆盖儿童人群,针对青少年及成人的破伤风加强免疫尚未形成常规化、制度化的管理策略,可能导致健康人群的免疫保护出现年龄断层,从而增加青少年及成人群体破伤风潜在发病风险。

尽管已有研究报道中国特定地区或特定人群的破伤风抗体水平,但结果存在较大异质性,尚未形成统一结论。陈娅妮等[7]通过 Meta 分析评估中国健康人群的破伤风抗体水平,并进行地域(东、中、西部)及年龄亚组分析,但纳入研究数量有限,且未充分考虑免疫史、末次接种时间等关键影响因素。为此,本研究在纳入最新原始研究的基础上开展 Meta 分析,旨在系统评估中国健康人群破伤风抗体的总阳性率与总保护率,并进一步通过亚组分析探讨年龄、免疫史、末次接种后间隔时间等潜在影响因素,以更全面地揭示当前中国健康人群的破伤风免疫现状,为优化国家免疫策略提供循证学依据。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略 本研究采用主题词与自由词相结合的检索策略,系统检索中国知网、万方数据知识服务平台、PubMed 及 Web of Science 数据库,收集关于中国健康人群破伤风 IgG 抗体阳性率及保护率的横断面研究。检索时间范围设定为 2000 年 1 月 1 日—2025 年 8 月 1 日,主要基于两点考虑:(1)我国 DTP 纳入国家规划后,免疫策略自 21 世纪后趋于稳定与成熟;(2)酶联免疫吸附试验(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)作为破伤风抗体检测的主要方法,也在该时期得到广泛应用,对应的研究数据相对更能反映当前政策下的抗体水平情况及检测方法的可比性。中文检索词为:“破伤风”“抗体”“免疫水平”。英文检索词为:“tetanus”“seroprevalence”“seroepidemiology”“immunoglobulin G”“vaccine”“immunity”“antibody”“China”“Chinese”。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:(1)研究对象为中国健康人群,定义为处于常规社区生活状态、无自身免疫性疾病或免疫缺陷病、且处于疾病非急性期的个体;(2)报道中国健康人群血清破伤风 IgG 抗体阳性率或保护率的观察性研究,包括队列研究及横断面研究等;(3)采用 ELISA 检测血清中破伤风 IgG 抗体水平;(4)报道破伤风 IgG 抗体阳性率和/或保护率结局指标,且数据完整可提取。排除标准:(1)数据缺失且通过联系原作者或其他途径仍无法获取原始数据的研究;(2)综述、重复发表文献、会议摘要及其他与本研究主题无关的研究;(3)无法获取全文的文献。

1.3 文献筛选与数据提取 由 2 名研究人员依据纳入与排除标准独立完成文献筛选和数据提取并交叉核对,若意见不同则与第 3 名研究人员讨论是否纳入。使用 Excel 制作数据提取表,提取的信息包括:第一作者、发表年份、研究年份、研究地区(省份/城市)、研究设计类型、样本量、年龄、性别构成、免疫史(是否接种过破伤风类毒素疫苗及接种时间)、抗体阳性和保护水平阈值等数据。对于仅以图形形式呈现数据的研究,使用图表数字化软件(GetData 2.26)进行数据提取。研究中以破伤风 IgG 抗体阳性率和破伤风 IgG 抗体保护率为结局指标。破伤风 IgG 抗体阳性率:血清破伤风 IgG 抗体浓度≥0.01 IU/mL 的个体占研究人群的比例;破伤风

IgG 抗体保护率：血清破伤风 IgG 抗体浓度≥0.1 IU/mL 的个体占研究人群的比例。

1.4　文献质量评价　由 2 名研究人员独立完成纳入研究的质量评价，若意见不统一时与第 3 名研究人员协商判定。根据纳入研究的设计类型，分别采用以下质量评价工具：(1)横断面研究。采用乔安娜布里格斯研究所(Joanna Briggs Institute，JBI)循证卫生保健中心(2016 年)发布的描述性研究质量评价标准[8]进行评估。JBI 评价标准由 9 项条目组成[9]，每项条目均采用“是”“否”“不清楚”和“不适用”的四级判断标准。评价为“是”计 1 分，其余判断(“否”“不清楚”“不适用”)均计 0 分。7～9 分为低偏倚风险，5～6 分为中偏倚风险，1～4 分为高偏倚风险。(2)队列研究。采用纽卡斯尔－渥太华质量评估量表(NOS)进行评价。该量表从研究对象选择、组间可比性、结局测量三个维度进行评估。1～3 分为低质量，4～6 分为中等质量，7～9 分为高质量。

1.5　统计学方法　应用 R4.4.2 软件进行统计学分析。使用 metaprop 函数对各研究报告的破伤风 IgG 抗体阳性率和保护率进行合并分析，计算合并率及其 95%置信区间(95%*CI*)，并绘制森林图。对所纳入研究的文献数据，采用 *Freeman-Tukey* 双重反正弦转换方法进行处理，使用 Q 检验和 I^2 进行异质性分析，如果 $I^2>50\%$，$P<0.05$ 认为存在异质性，采用随机效应模型，反之使用固定效应模型。通过敏感性分析和亚组分析评估异质性来源。通过 Egger's 检验分析研究间的发表偏倚。

为了评估不同样本特征与破伤风 IgG 抗体血清阳性率和保护率之间的关系，进行了 Meta 回归分析。通过 R 软件 metafor 包中的 rma 函数拟合模型，将经 logit 转换的抗体阳性率和保护率作为效应量，以单个样本特征(年龄和末剂接种间隔时间)为协变量，通过加权线性回归量化各特征对效应量的影响，从而探究其是否为研究间异质性的来源。使用回归系数(β)、95%*CI* 和 P 值进行 Meta 回归效应分析，如果 β 的 95%*CI* 不包含 0 且 $P<0.05$，认为该协变量与效应量存在显著关联；反之，若 95%*CI* 包含 0 或 $P\geq0.05$，则认为该协变量与效应量无显著关联。同时结合决定系数(R^2)判断，R^2 值越高(接近 1)，说明该协变量与研究异质性的关联越强。

2　结果

2.1　文献检索结果　初步检索共获得 1 879 篇相关文献，根据纳入和排除标准，最终纳入 46 篇文献，文献筛选流程见图 1。其中 45 篇横断面研究，1 篇队列研究；中文文献 35 篇，英文文献 11 篇；总样本量 45 675 名。根据 JBI 及 NOS 量表评分，纳入研究中低偏倚风险 15 篇，中等偏倚风险 21 篇，高偏倚风险 10 篇，见表 1。

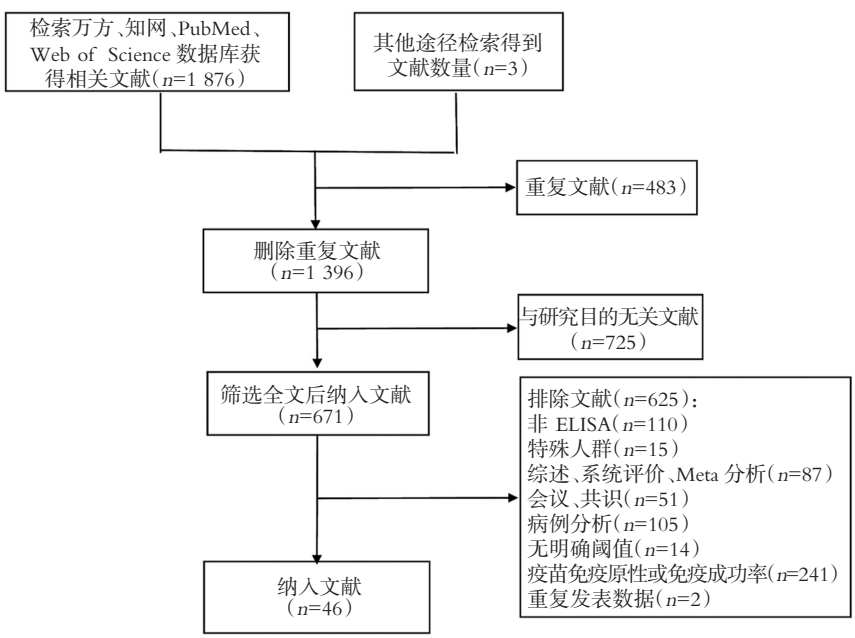


图 1　2000—2025 年中国健康人群血清破伤风 IgG 抗体阳性率与保护率 Meta 分析的文献筛选流程

Figure 1　Screening process of literatures for Meta-analysis on positive rate and protective rate of serum tetanus IgG antibody in healthy populations in China, 2000－2025

表 1　2000—2025 年中国健康人群血清破伤风 IgG 抗体阳性率与保护率 Meta 分析纳入研究的基本特征和方法学质量评价

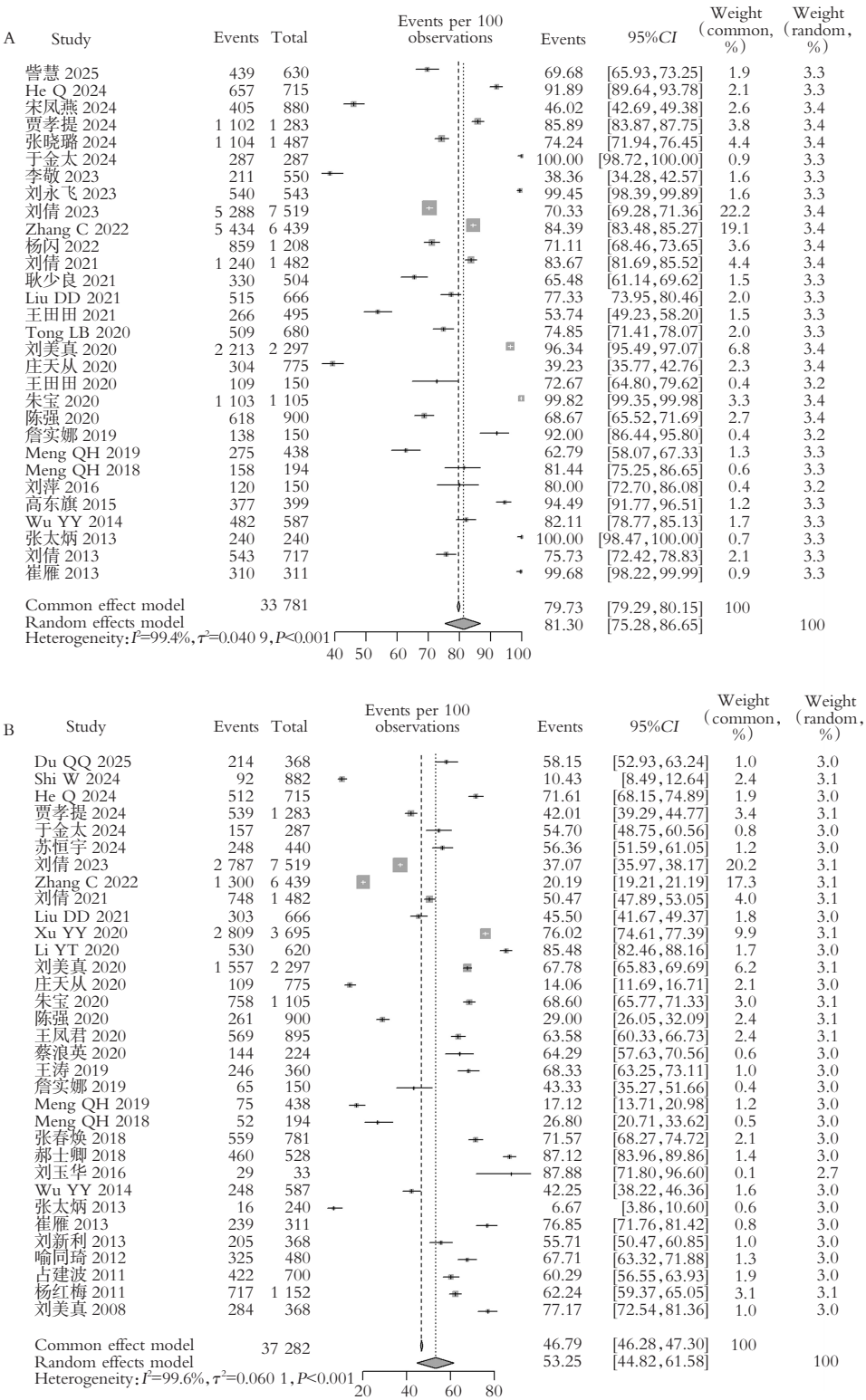
Table 1　Basic characteristics and methodological quality evaluation of included studies for Meta-analysis on positive rate and protective rate of serum tetanus IgG antibody in healthy populations in China, 2000－2025

纳入文献	发表年份（年）	研究年份（年）	研究地区	样本量（名）	研究类型	年龄（岁）	人群	质量评分（分）	亚组分析因素	
									阳性率	保护率
訾慧[10]	2025	2024	河南省驻马店市	630	横断面	1～79	一般人群	7	①③④⑤	/
Du[11]	2025	2005	贵州榕江县和雷山县	368	横断面	6～18	一般人群	6	/	①⑤
Shi[12]	2024	2021	安徽省芜湖市	882	横断面	21～60	医务人员	7	/	①④⑤
He[13]	2024	2018	广东省广州市	715	横断面	＞0	一般人群	7	①⑤	①②③④⑤⑥
宋凤燕[14]	2024	2021—2022	河南省安阳市	880	横断面	1～79	一般人群	6	①②③④⑤	/
贾孝提[15]	2024	2020—2023	河南省漯河市	1 283	横断面	1～79	一般人群	9	①②③④⑤	①②③④⑤
张晓璐[16]	2024	2020—2022	河南省许昌市	1 487	横断面	1～79	一般人群	7	①②④⑤	/
于金太[17]	2024	2021	广东省深圳市南山区	287	横断面	15～23	一般人群	9	⑤	④⑤
苏恒宇[18]	2024	2022	四川省	440	横断面	＞0	一般人群	4	/	①②④⑤⑥
李敬[19]	2023	2021	河南省驻马店市	550	横断面	1～79	一般人群	8	①②③④⑤	/
刘永飞[20]	2023	2021	贵州省盘州市	543	横断面	0～17	一般人群	5	④⑤	/
刘倩[21]	2023	2020—2021	河南省	7 519	横断面	＞0	一般人群	9	②③④⑤	②③④⑤
Zhang[22]	2022	2017	陕西省	6 439	横断面	1～59	一般人群	7	①②③⑤	①②③⑤
杨闪[23]	2022	2019—2020	河南省洛阳市	1 208	横断面	0～79	一般人群	7	①②④⑤	/
刘倩[24]	2021	2016—2018	河南省	1 482	横断面	＞0	一般人群	7	①②③④⑤	①②③④⑤
耿少良[25]	2021	2019	河南省许昌市	504	横断面	0～79	一般人群	7	①②③④⑤	/
Liu[26]	2021	2018—2019	重庆市尤阳县	666	横断面	＞0	一般人群	5	①⑤	①④⑤⑥
王田田[27]	2021	2019	广东省深圳市南山区	495	横断面	≥20	孕妇	4	①⑤	/
Tong[28]	2021	2016	来自各地的军人	680	横断面	≥20	军人	6	①②③⑤	/
Xu[29]	2020	2009—2018	浙江省杭州市	3 695	横断面	＞0	一般人群	7	/	①②④⑤⑥
Li[30]	2020	2017—2018	广东省广州市	620	横断面	28 d～15 岁	一般人群	7	/	①④⑤
刘美真[31]	2020	2018	广东省	2 297	横断面	＞0	一般人群	6	①④⑤	①④⑤
庄天从[32]	2020	2019	福建省晋江市	775	横断面	＞0	一般人群	4	①②⑤	①②⑤
王田田[33]	2020	2018	广东省深圳市南山区	150	横断面	＞0	一般人群	6	①④⑤	/
朱宝[34]	2020	2018	四川省成都市	1 105	横断面	≥1	一般人群	5	①④⑤	①④⑤
陈强[35]	2020	2018	江苏省	900	横断面	＞0	一般人群	5	①④⑤	①⑤
王凤君[36]	2020	2017	北京市通州区	895	横断面	＞0	一般人群	6	/	①④⑤
蔡浪英[37]	2020	2018	四川省都江堰市	224	横断面	≥1	一般人群	4	/	①⑤
王涛[38]	2019	2017	北京市昌平区	360	横断面	＞0	一般人群	6	/	①②③④⑤
詹实娜[39]	2019	2016	北京市顺义区	150	横断面	21～39	孕妇	4	⑤	⑤
Meng[40]	2019	2018	北京市顺义区和钱江市	438	横断面	1～28 d	新生儿	6	①⑤	①⑤
Meng[41]	2018	2016－2017	北京市顺义区	194	横断面	21～39	孕妇	3	⑤	⑤⑥
张春焕[42]	2018	2016	广东省广州市	781	横断面	＞0	一般人群	5	/	①④⑤
郝士卿[43]	2018	/	河北省辛集市	528	横断面	1～18	一般人群	5	/	①⑤
刘萍[44]	2016	/	青海省海北州	150	横断面	0～8	一般人群	4	⑤	/
高东旗[45]	2015	/	来自各地的军人	399	横断面	18～28	军人	5	①⑤	/
Wu[46]	2014	2012－2013	河北省保定市和高碑店市	587	横断面	2～17	一般人群	8	①⑤	①⑤
刘倩[47]	2013	2011－2012	河南省	717	横断面	≥2	一般人群	5	①⑤	/
崔雁[48]	2013	2011	山西省	311	横断面	＞0	一般人群	5	①⑤	①⑤
刘新利[49]	2013	2011	陕西省铜川市	368	横断面	＞0	一般人群	5	/	②④⑤
张太炳[50]	2013	2011	福建省闽清县	240	横断面	19～30	育龄期妇女	4	①⑤	①⑤
喻同琦[51]	2012	2011	湖北省麻城市	480	横断面	＞0	一般人群	5	/	①⑤
杨红梅[52]	2011	2009	湖北省	1 152	横断面	＞0	一般人群	4	/	①⑤
占建波[53]	2011	2010	湖北省	700	横断面	＞0	一般人群	4	/	①⑤
刘美真[54]	2008	/	广东省潮州市和汕尾市	368	横断面	2～15	一般人群	5	/	⑤
刘玉华[55]	2016	2015	新疆维吾尔自治区伊宁市	33	队列	3 个月	一般人群	6	/	①⑤

注：①年龄；②免疫史；③末剂接种间隔时间；④性别；⑤区域；⑥地区。/表示无相关内容。

2.2　Meta 分析结果

2.2.1　破伤风 IgG 抗体总阳性率与总保护率　纳入分析破伤风 IgG 抗体阳性率 30 篇文献(33 781 名)及保护率的 33 篇文献(37 282 名),均显示高度异质性(I^2 分别为 99.4%、99.6%,均 $P<0.001$),故采用随机效应模型。破伤风 IgG 抗体阳性率和保护率分别为 81.30%(95%*CI*:75.28%,86.65%)和 53.25%(95%*CI*:44.82%,61.58%)。见图 2。



注:A 为阳性率,B 为保护率。

图 2　中国健康人群血清破伤风 IgG 抗体阳性率与保护率的森林图

Figure 2　Forest plot of positive rate and protective rate of serum tetanus IgG antibody in healthy populations in China

2.2.2 亚组分析 按不同年龄、免疫史、末次接种间隔时间、地域、城乡、性别进行亚组分析，见表 2。

2.2.2.1 年龄 参照国家免疫规划程序，将研究对象划分为 8 个年龄段（<1、1～2、3～4、5～6、7～14、15～19、20～39、≥40 岁）。抗体阳性率各年龄段亚组分析分别纳入 10 篇[13, 23-26, 31, 33, 35, 40, 48]、13 篇[13-16, 19, 22-25, 31, 34, 46, 48]、10 篇[14, 19, 22-25, 31, 34, 46, 48]、11 篇[14, 19, 22-25, 31, 34, 46-48]、11 篇[13-14, 19, 23-25, 31, 34-35, 46, 48]、10 篇[10, 14, 19, 23-25, 34-35, 46, 48]、12 篇[22-25, 27-28, 31-32, 34-35, 45, 50]和 16 篇[10, 14-16, 19, 22-26, 28, 31-35]文献。抗体保护率亚组分析分别纳入 17 篇[13, 18, 24, 26, 29-31, 35-36, 38, 40, 42, 48, 51-53,55]、17 篇[13, 15, 18, 22, 24, 26, 29-31, 34, 37, 42, 46, 48, 51-53]、11 篇[22, 24, 29-31, 34, 37, 42, 46, 48, 53]、12 篇[22, 24, 29-31, 34, 37, 42, 46, 48, 52-53]、19 篇[11, 13, 22, 24, 29-31, 34-38, 42-43, 46, 48, 51-53]、17 篇[22, 24, 29-31, 34-38, 42-43, 46, 48, 51-53]、12 篇[12, 18, 22, 24, 29, 31, 32, 34, 36-38, 50]和 13 篇[12, 15, 18, 22, 24, 26, 29, 31-32, 34, 36-38]文献。其破伤风 IgG 抗体阳性率分别为 89.69%、99.57%、96.63%、94.40%、90.31%、74.29%、78.34%、50.50%（$\chi^2=85.90$，$P<0.001$），保护率分别为 77.21%、93.67%、87.31%、83.87%、69.22%、43.03%、21.30%、11.06%（$\chi^2=353.76$，$P<0.001$）。研究结果发现 1 岁以上人群破伤风 IgG 抗体阳性率和保护率随年龄的增大逐渐降低，且组间比较差异有统计学意义（$P<0.05$）。

2.2.2.2 免疫史 在 IgG 抗体阳性率方面，有、无、不详免疫史人群分别纳入 11 篇[14-16, 19, 21-25, 28, 32]、5 篇[19, 21-22, 25, 32]和 2 篇[21-22]文献，阳性率分别为 92.04%、47.27%、67.61%（$\chi^2=13.28$，$P=0.001$），抗体保护率亚组分析分别纳入 10 篇[13, 15, 18, 21-22, 24, 29, 32, 38, 49]、7 篇[13, 18, 21-22, 29, 32, 49]和 4 篇[18, 21-22, 29]文献，其抗体保护率分别为 71.32%、15.64%、24.36%（$\chi^2=31.37$，$P<0.001$）。有免疫史人群的抗体水平显著高于无免疫史人群，不详免疫史人群略高于无免疫史人群，且组间比较差异有统计学意义（$P<0.05$）。

2.2.2.3 末次接种间隔时间 根据末次接种间隔时间分为 4 个时间段（<1、1～5、6～10、≥11 年）。阳性率亚组分析分别纳入 8 篇[10, 14-15, 19, 21-22, 24-25]、9 篇[10, 14-15, 19, 21-22, 24-25, 28]、8 篇[14-15, 19, 21-22, 24-25, 28]和 5 篇[15, 21-22, 24, 28]文献，其抗体阳性率分别为 98.79%、94.98%、86.05%、83.14%（$\chi^2=47.62$，$P<0.001$），保护率亚组分析纳入的文献分别为 4 篇[15, 21-22, 24]、6 篇[13, 15, 21-22, 24, 38]、4 篇[15, 21-22, 24]和 3 篇[15, 21, 24]文献。抗体保护率分别为 77.16%、74.57%、48.46%、30.71%（$\chi^2=115.06$，$P<0.001$）。末次接种间隔时间越长，阳性率和保护率越低，且组间比较差异有统计学意义（$P<0.05$）。

2.2.2.4 地域 根据国家地理区域对除东北以外的 6 个区域进行分层研究，其中，2 篇[28, 45]文献对来自中国多个地区的军人进行研究，分别提取了对应地区（华中、华南、华东、华北、西南、西北）数据进行亚组分析，各区域阳性率亚组分析中分别纳入 12 篇[10, 14-16, 19, 21, 23-25, 28, 45, 47]、5 篇[13, 17, 27, 31, 33]、5 篇[28, 32, 35, 45, 50]、7 篇[28, 39-41, 45, 46, 48]、5 篇[20, 26, 28, 34, 45]和 2 篇[22, 44]文献，抗体阳性率分别为 71.65%、87.01%、83.82%、88.61%、93.93%、83.29%（$\chi^2=17.17$，$P=0.004$），在保护率亚组分析中分别纳入 6 篇[15, 21, 24, 51-53]、6 篇[13, 17, 30-31, 42, 54]、5 篇[12, 29, 32, 35, 50]、8 篇[36, 38-41, 43, 46, 48]、5 篇[11, 18, 26, 34, 37]和 3 篇[22, 49,55]文献，保护率分别为 53.27%、71.94%、24.81%、53.59%、58.64%、54.10%（$\chi^2=16.19$，$P=0.006$）。结果显示，西南地区抗体阳性率最高，华中最低，保护率分析显示华南最高，华东最低，且组间比较差异有统计学意义（$P<0.05$）。

2.2.2.5 城市与农村 城市和农村地区保护率亚组分析各纳入 5 篇[13, 18, 26, 29, 41]文献，抗体保护率分别为 68.15%、57.50%（$\chi^2=1.34$，$P=0.248$），城市生活人群的抗体保护率高于农村，但组间比较差异无统计学意义（$P>0.05$）。

2.2.2.6 性别 男性和女性阳性率分析各纳入 14 篇[10, 14-16, 19-21, 23-25, 31, 33-35]文献，抗体阳性率分别为 81.94%、74.30%（$\chi^2=1.26$，$P=0.262$）；抗体保护率亚组分析各纳入 16 篇[12-13, 15, 17-18, 21, 24, 26, 29-31, 34, 36, 38, 42, 49]文献，保护率分别为 63.02%、54.23%（$\chi^2=1.46$，$P=0.227$），男性抗体水平高于女性，但组间比较差异无统计学意义（$P>0.05$）。

2.3　发表偏倚和敏感性分析　采用逐一剔除单个研究的方法进行敏感性分析，结果显示合并破伤风 IgG 抗体阳性率及保护率无显著变化，提示研究结果较稳定。Egger's 检验结果显示，本研究无明显发表偏倚（破伤风 IgG 抗体阳性率：$t = 0.62$，$P = 0.541$；破伤风 IgG 抗体保护率：$t = 1.85$，$P = 0.074$）。

表 2　中国健康人群破伤风 IgG 抗体阳性率与保护率的亚组分析结果

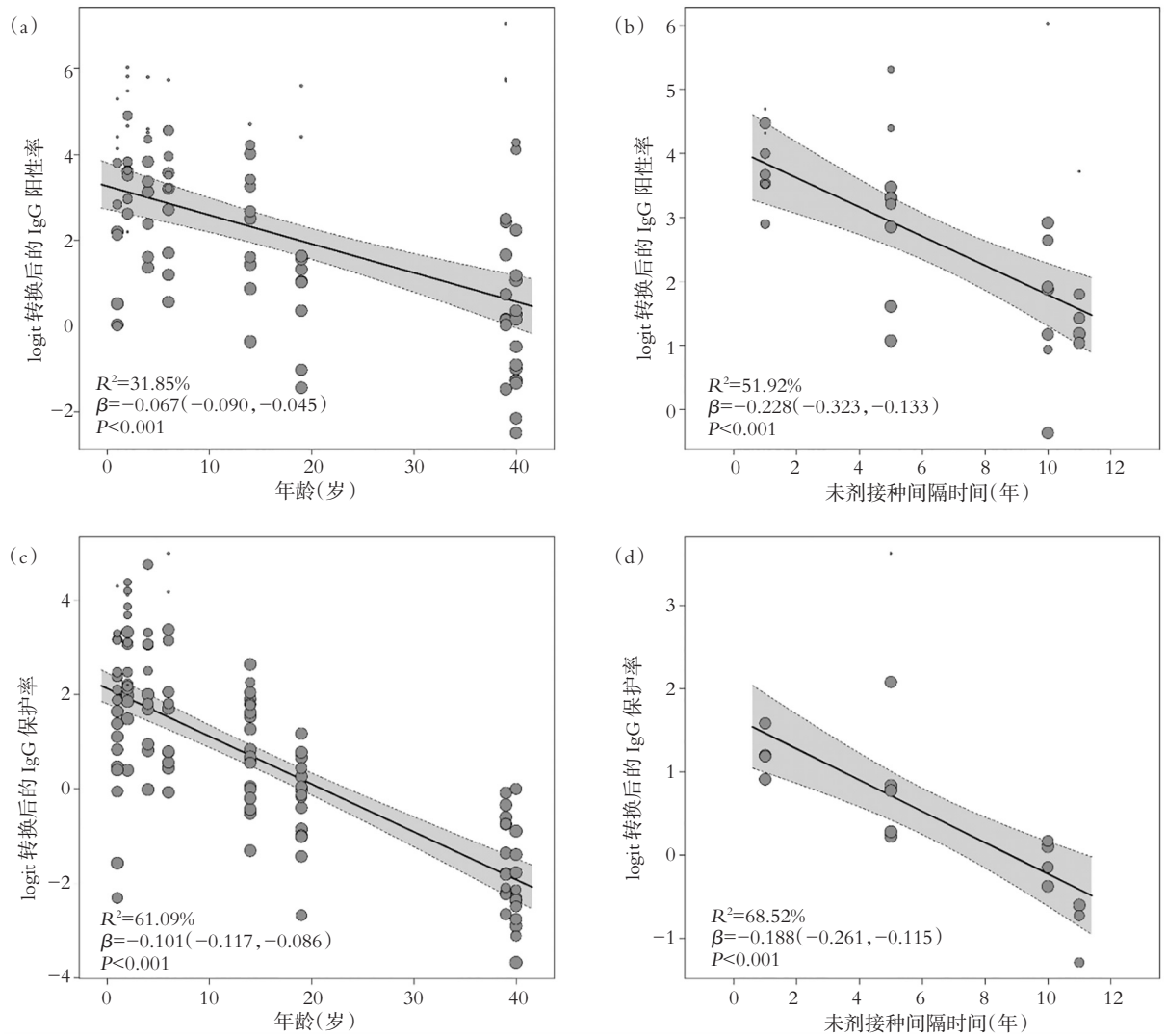
Table 2　Subgroup analysis results of positive rate and protective rate of tetanus IgG antibody in healthy populations in China

分组	抗体阳性率						
	纳入研究数量（篇）	样本量（例）	异质性检验		效应模型	合并效应值[%（95%*CI*）]	*P*
			P	I^2（%）			
总效应值	30	33 781	<0.001	99.4	随机	81.30（75.28，86.65）	
年龄（岁）							<0.001
<1	10	1 133	<0.001	96.8	随机	89.69（76.10，98.30）	
1～2	13	1 688	0.004	58.4	随机	99.57（98.56，100.00）	
3～4	10	1 438	<0.001	86.1	随机	96.63（93.29，98.95）	
5～6	11	1 634	<0.001	91.6	随机	94.40（89.55，97.89）	
7～14	11	1 962	<0.001	96.8	随机	90.31（81.30，96.67）	
15～19	10	876	<0.001	97.3	随机	74.29（54.48，90.04）	
20～39	12	4 606	<0.001	99.2	随机	78.34（61.94，91.12）	
≥40	16	4 435	<0.001	99.1	随机	50.50（33.62，67.31）	
免疫史							0.001
有	11	10 938	<0.001	98.3	随机	92.04（87.41，95.70）	
无	5	3 595	<0.001	99.4	随机	47.27（18.18，77.29）	
不详	2	5 027	<0.001	99.9	随机	67.61（29.05，95.69）	
末剂接种间隔时间（年）							<0.001
<1	8	1 904	0.266	20.6	固定	98.79（98.17，99.30）	
1～5	9	4 682	<0.001	93.3	随机	94.98（91.98，97.33）	
6～10	8	1 833	<0.001	96.5	随机	86.05（75.25，94.24）	
≥11	5	782	0.003	75.0	随机	83.14（75.21，89.87）	
性别							0.262
男	14	9 589	<0.001	98.9	随机	81.94（73.42，89.13）	
女	14	10 949	<0.001	99.4	随机	74.30（62.76，84.35）	
区域							0.004
华中	12	16 517	<0.001	98.3	随机	71.65（65.06，77.82）	
华南	5	3 944	<0.001	99.3	随机	87.01（69.10，97.89）	
华东	5	2 310	<0.001	98.7	随机	83.82（66.51，95.84）	
华北	7	1 912	<0.001	96.8	随机	88.61（78.01，96.26）	
西南	5	2 397	<0.001	98.7	随机	93.93（80.39，100.00）	
西北	2	6 589	0.146	52.6	随机	83.29（79.19，87.03）	

续表 2　（Table 2，Continued）

分组	抗体保护率						
	纳入研究数量（篇）	样本量（例）	异质性检验		效应模型	合并效应值[%（95%*CI*）]	*P*
			P	I^2（%）			
总效应值	33	37 282	＜0.001	99.6	随机	53.25（44.82，61.58）	
年龄（岁）							＜0.001
＜1	17	2 084	＜0.001	98.3	随机	77.21（61.40，89.91）	
1～2	17	2 474	＜0.001	93.1	随机	93.67（88.85，97.34）	
3～4	11	1 848	＜0.001	97.6	随机	87.31（75.48，95.75）	
5～6	12	1 997	＜0.001	97.0	随机	83.87（72.98，92.44）	
7～14	19	3 822	＜0.001	97.8	随机	69.22（58.75，78.79）	
15～19	17	2 919	＜0.001	96.3	随机	43.03（33.02，53.32）	
20～39	12	4 346	＜0.001	97.4	随机	21.30（13.31，30.55）	
≥40	13	3 856	＜0.001	95.5	随机	11.06（6.07，17.23）	
免疫史							＜0.001
有	10	11 423	＜0.001	99.4	随机	71.32（59.34，81.95）	
无	7	3 909	＜0.001	98.9	随机	15.64（4.08，32.07）	
不详	4	6 454	＜0.001	99.7	随机	24.36（7.88，46.19）	
末剂接种间隔时间（年）							＜0.001
＜1	4	1 661	0.019	70.0	随机	77.16（72.92，81.14）	
1～5	6	4 305	＜0.001	98.2	随机	74.57（63.58，84.18）	
6～10	4	1 150	0.005	76.9	随机	48.46（41.75，55.21）	
≥11	3	696	0.058	64.8	随机	30.71（22.89，39.12）	
性别							0.227
男	16	11 255	＜0.001	99.1	随机	63.02（53.14，72.38）	
女	16	12 140	＜0.001	99.2	随机	54.23（43.79，64.48）	
区域							0.006
华中	6	12 616	＜0.001	99.0	随机	53.27（42.85，63.54）	
华南	6	5 068	＜0.001	96.1	随机	71.94（64.93，78.46）	
华东	5	6 492	＜0.001	99.9	随机	24.81（2.44，59.85）	
华北	8	3 463	＜0.001	99.1	随机	53.59（35.52，71.19）	
西南	5	2 803	＜0.001	95.9	随机	58.64（49.17，67.81）	
西北	3	6 840	＜0.001	99.2	随机	54.10（21.69，84.71）	
地区							0.248
城市	5	2 233	＜0.001	86.4	随机	68.15（61.23，74.70）	
农村	5	3 477	＜0.001	98.6	随机	57.50（40.40，73.73）	

2.4　Meta 回归分析　本研究对不同年龄和末剂接种间隔时间的亚组进一步进行 Meta 回归分析，结果发现，年龄与血清破伤风 IgG 抗体阳性率[R^2 = 31.85%，P＜0.001，β = －0.067（－0.090，－0.045）]呈弱负相关关系，与破伤风 IgG 抗体保护率[R^2 = 61.09%，P＜0.001，β = －0.101（－0.117，－0.086）]呈强负相关关系。末剂接种间隔时间与破伤风抗体阳性率[R^2 = 51.92%，P＜0.001，β = －0.228（－0.323，－0.133）]呈强负相关关系，和破伤风 IgG 抗体保护率[R^2 = 68.52%，P＜0.001，β = －0.188（－0.261，－0.115）]呈强负相关关系。见图 3。



注：(a) 为年龄与阳性率；(b) 为末剂接种间隔时间与阳性率；(c)为年龄与保护率；(d)为末剂接种间隔时间与保护率。

图 3　中国健康人群血清破伤风 IgG 抗体阳性率及保护率与年龄、末剂接种间隔时间的线性模型 Meta 回归分析

Figure 3　Meta-regression analysis of the linear model for positive rate and protective rate of serum tetanus IgG antibody and age, as well as the interval of last vaccination in healthy populations in China

3　讨论

本研究通过 Meta 分析系统评估中国健康人群破伤风免疫状况，共纳入 46 篇文献(45 675 名)。结果显示，健康人群破伤风 IgG 抗体阳性率较高，达 81.30%，但保护率仅为 53.25%，提示整体免疫保护仍存在明显不足。

年龄亚组分析显示，1 岁后破伤风抗体阳性率及保护率随年龄增长呈负相关。1～2 岁组抗体阳性率及保护率分别高达 99.57%、93.67%，之后随着年龄增长而下降，尤其是保护率，与陈娅妮等[7]的研究结论一致。1～6 岁高阳性率(94.40%～99.57%)及高保护率(83.87%～93.67%)充分证明中国儿童规划免疫成效显著。7～14 岁保护率降至 69.22%，15～19 岁、20～39 岁和≥40 岁进一步降至 43.03%、21.30%、11.06%，与 6 岁接种 DTP 加强针[56]后长期免疫保护空窗期导致的抗体衰减一致，提示 15 岁以上群体存在巨大的破伤风免疫缺口。≥40 岁组因早年中国计划免疫体系尚未完善且覆盖范围有限，基础免疫可能不全且未补种，是破伤风发病的最高危人群。<1 岁年龄组抗体阳性率和保护率低于 1～2 岁年龄组，可能与其尚未完成基础免疫或新生儿未及时接种相关疫苗有关。

本研究结果显示，有破伤风免疫史人群抗体阳性率(92.04%)和保护率(71.32%)高于无免疫史人

群(分别为 47.27%、15.64%),证实了疫苗接种的基础性作用。无免疫史组虽阳性率、保护率较低,但并非完全为零,可能因记忆偏差或极少数人通过微小伤口接触破伤风杆菌或毒素产生低保护水平抗体所致。值得注意的是,免疫史不详组保护率仅 24.36%,更接近于无免疫史组,远低于有免疫史组,说明免疫史不详人群中绝大多数人实际未接种或未完成有效接种,凸显建立电子化、可追溯的终身免疫档案的重要性。临床实践中,免疫史不详者应按无免疫史人群规范处置以降低风险。研究还显示,抗体保护率随末次接种间隔时间延长显著下降:<1 年组阳性率和保护率分别为 98.79%、77.16%,而≥11 年组的阳性率虽达 83.14%,但保护率已下降至 30.71%。数据显示,疫苗接种后 5 年内抗体保护水平良好,但超过 6 年特别是 10 年后,保护效果急剧衰退,提示全程免疫保护期为 5～10 年。这与中国儿童免疫规划政策、抗体随时间衰减规律以及成人加强免疫缺失的现状高度吻合,更为中国支持国际公认的"每 10 年加强一次"的建议[57]提供了大规模人群研究数据。此外,末次接种间隔时间<1 年组的抗体阳性率(98.79%)与年龄 1～2 岁年龄组(99.57%)相当,但保护率(77.16%)明显低于后者(93.67%),可能因该组人群中包含未完成全程免疫者,进一步凸显了全程免疫及加强免疫的重要性。

本研究显示不同地理区域的保护率也存在显著差异,华南最高(71.94%),华东最低(24.81%),反映出各地区在经济发展、医疗资源可及性及免疫规划实施上的不均衡。提示中国需要加强对薄弱地区的支持与监督。而城乡之间(城市 68.15%,农村 57.50%)和性别之间(男性 63.02%,女性 54.23%)差异均无统计学意义,表明免疫服务的可及性在人口学层面较为公平。

尽管本研究通过严谨的 Meta 分析评估中国健康人群的破伤风免疫状况,但仍存在局限性:(1)纳入的原始研究存在异质性及质量差异,可能影响合并效应值的估算。(2)部分亚组分析样本量较小,可能影响该亚组结果估计的精确度和稳定性。(3)纳入研究时间段跨度较长,政策与接种实践的变化可能影响数据时效性,当前结果反映的是阶段性平均水平,需更新数据以持续监测趋势。

尽管存在上述局限性,但本研究通过大样本量汇总分析,仍然清晰阐明了中国健康人群破伤风免疫保护的核心问题与规律:总体阳性率尚可,但有效保护率严重不足;儿童阶段防控上成效显著,但在维持健康人群,尤其是青少年和成人的长期免疫保护方面存在明显不足。基于此,本研究建议:第一、在青少年时期(如初中阶段 12～15 岁)增加一剂加强免疫,以有效衔接儿童免疫与成人保护;第二、大力推动并确立成人"每 10 年一剂"的破伤风加强免疫策略,优先覆盖高风险人群;第三、临床实践中,对于成年外伤患者,尤其是 40 岁以上者,均应视为无保护状态,外伤后破伤风预防需严格按新版诊疗规范执行[56]。总之,应依据年龄、末次接种间隔时间和地域特征建立针对性加强免疫策略,构建坚实的健康人群免疫屏障。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 非新生儿破伤风诊疗规范(2024 年版)(一)[J]. 全科医学临床与教育, 2025, 23(1): 4-5, 9.
National Health Commission of the People's Republic of China. Regulation for diagnosis and treatment of non-neonatal tetanus (2024 edition) (part I)[J]. Clinical Education of General Practice, 2025, 23(1): 4-5, 9.

[2] 中华预防医学会. 外伤后破伤风预防处置和门诊建设专家共识[J]. 中国预防医学杂志, 2022, 23(6): 408-416.
Chinese Preventive Medicine Association. Expert consensus on preventive management of post-traumatic tetanus and establishment of vaccination clinic practice standards[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2022, 23(6): 408-416.

[3] World Health Organization. Tetanus[EB/OL]. (2024-07-12)[2025-10-07]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tetanus.

[4] Li X, Mukandavire C, Cucunubá ZM, et al. Estimating the health impact of vaccination against ten pathogens in 98 low-income and middle-income countries from 2000 to 2030: a modelling study[J]. Lancet, 2021, 397(10272): 398-408.

[5] 陈玉芬, 年素娟, 苏娟娟, 等. 10 岁及以下儿童破伤风抗毒素注射的规范化培训效果[J]. 健康研究, 2024, 44(1): 118-120.
Chen YF, Nian SJ, Su JJ, et al. Observation on the effect of standardized training for tetanus antitoxin injection in children aged 10 and below[J]. Health Research, 2024, 44(1): 118-120.

[6] World Health Organization. Protecting all against tetanus: guide to sustaining maternal and neonatal tetanus elimination (MNTE) and broadening tetanus protection for all[EB/OL]. (2019-12-18)[2025-10-14]. https://www.who.int/publications/i/item/9789241515610.

[7] 陈娅妮，胡莹雪，郑徽，等. 中国健康人群破伤风 IgG 抗体水平 Meta 分析[J]. 中国疫苗和免疫，2024，30(2)：231－236.
Chen YN，Hu YX，Zheng H，et al. A meta-analysis of tetanus antibody levels among healthy populations in China[J]. Chinese Journal of Vaccines and Immunization，2024，30(2)：231－236.

[8] Aromataris E，Lockwood C，Porritt K，et al. JBI manual for evidence synthesis[EB/OL]. [2025－09－10]. https://doi.org/10.46658/JBIMES－24－01.

[9] Munn Z，Moola S，Lisy K，et al. Chapter 5：systematic reviews of prevalence and incidence[M]//Aromataris E，Munn Z. JBI Manual for Evidence Synthesis，2020.

[10] 訾慧. 2024 年驻马店市 1～79 岁健康人群白喉、百日咳和破伤风抗体水平分析[J]. 微生物学免疫学进展，2025，53(4)：76－81.
Zi H. Analysis of antibody levels of diphtheria，pertussis and tetanus among healthy population aged 1－79 in Zhumadian City in 2024[J]. Progress in Microbiology and Immunology，2025，53(4)：76－81.

[11] Du QQ，Meng QH，Shi W，et al. Incidence of pertussis in older children underestimated in the whole-cell vaccine era：a cross-sectional seroprevalence study[J]. Vaccines (Basel)，2025，13(2)：200.

[12] Shi W，Wang BS，Meng QH，et al. Seroprevalence of tetanus and pertussis antibodies among health care workers in Wuhu，China[J]. Hum Vaccin Immunother，2024，20(1)：2318892.

[13] He Q，Wu YJ，Hou SP，et al. Seroprevalence of diphtheria and tetanus immunoglobulin G among the general health population in Guangzhou，China[J]. Vaccines (Basel)，2024，12(4)：381.

[14] 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.
Song FY，Li YY，Zhang SL，et al. Antibody levels of pertussis，diphtheria and tetanus among healthy people aged 1－79 years in Anyang City，2021－2022[J]. Practical Preventive Medicine，2024，31(10)：1204－1208.

[15] 贾孝提. 2020—2023 年漯河市健康人群破伤风抗体水平调查[J]. 微生物学免疫学进展，2024，52(5)：60－64.
Jia XT. Tetanus antibody levels in healthy people from 2020 to 2023 in Luohe City[J]. Progress in Microbiology and Immunology，2024，52(5)：60－64.

[16] 张晓璐，彭金华，马莹莹，等. 2020—2022 年许昌市 1～79 岁健康人群百日咳、白喉和破伤风 IgG 抗体水平的分析[J]. 微生物学免疫学进展，2024，52(2)：66－71.
Zhang XL，Peng JH，Ma YY，et al. Analysis of IgG antibody levels to pertussis，diphtheria and tetanus in healthy population aged 1－79 years in Xuchang City from 2020 to 2022[J]. Progress in Microbiology and Immunology，2024，52(2)：66－71.

[17] 于金太，段永翔，胡鹏威，等. 2021 年深圳市南山区 287 名大学新生百日咳和白喉及破伤风抗体水平调查[J]. 热带医学杂志，2024，24(2)：284－289.
Yu JT，Duan YX，Hu PW，et al. Survey of antibody levels of pertussis，diphtheria and tetanus in 287 college freshmen in Nanshan district，Shenzhen in 2021[J]. Journal of Tropical Medicine，2024，24(2)：284－289.

[18] 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.
Su HY，Du LM，Wu D，et al. Analysis on diphtheria and tetanus antibody levels and related distributions in healthy population in an area in Sichuan，2022[J]. Disease Surveillance，2024，39(7)：857－862.

[19] 李敬，刘莉莉. 2021 年河南省驻马店市某镇 1～79 岁健康人群百日咳、白喉和破伤风抗体水平分析[J]. 疾病预防控制通报，2023，38(1)：55－57，72.
Li J，Liu LL. Monitoring of antibody levels of pertussis，diphtheria and tetanus among healthy people aged 1－79 years in a town of Zhumadian city，Henan province，2021[J]. Bulletin of Disease Control & Prevention(China)，2023，38(1)：55－57，72.

[20] 刘永飞. 盘州市 2021 年健康人群 11 种抗体水平监测分析[J]. 微量元素与健康研究，2023，40(5)：48－49，52.
Liu YF. Analysis of 11 antibody levels in healthy individuals in Panzhou city，2021[J]. Studies of Trace Elements and Health，2023，40(5)：48－49，52.

[21] 刘倩，郭永豪，孔江南，等. 河南省 7 519 名健康人群破伤风抗体水平调查[J]. 中华微生物学和免疫学杂志，2023，43(9)：704－709.
Liu Q，Guo YH，Kong JN，et al. A survey of tetanus antibody levels in 7 519 healthy people in Henan Province[J]. Chinese Journal of Microbiology and Immunology，2023，43(9)：704－709.

[22] Zhang C，Hu WJ，Ma Y，et al. Seroepidemiology of tetanus among healthy people aged 1－59 years old in Shaanxi province，China[J]. Vaccines (Basel)，2022，10(11)：1806.

[23] 杨闪，刘建明，田鹏，等. 2019－2020 年河南省洛阳市健康人群白喉和破伤风抗体水平监测[J]. 河南预防医学杂志，2022，33(4)：294－296.
Yang S，Liu JM，Tian P，et al. Serological surveillance of diphtheria and tetanus antibody levels among healthy population in Luoyang city，Henan province，during 2019－2020[J]. Henan Journal of Preventive Medicine，2022，33(4)：294－296.

[24] 刘倩，豆巧华，王文慧，等. 2016—2018 年河南省健康人群破伤风抗体水平监测[J]. 中国疫苗和免疫，2021，27(4)：387－390，409.
Liu Q，Dou QH，Wang WH，et al. Tetanus antibody levels in healthy people in Henan province，2016－2018[J]. Chinese Journal of Vaccines and Immunization，2021，27(4)：387－390，409.

[25] 耿少良，张丹，赵鸣，等. 2019 年许昌市健康人群百日咳、白喉、破伤风抗体水平监测结果分析[J]. 华南预防医学，2021，

47(7)：933－936.
Geng SL，Zhang D，Zhao M，et al. Analysis of antibody levels against pertussis，diphtheria，and tetanus in healthy individuals in Xuchang city，2019[J]. South China Journal of Preventive Medicine，2021，47(7)：933－936.

[26] Liu DD，Cheng XP，Wei S，et al. Decline of serologic immunity to diphtheria，tetanus and pertussis with age suggested a full life vaccination in mainland China[J]. Hum Vaccin Immunother，2021，17(6)：1757－1762.

[27] 王田田，袁梦，高源，等. 2019 年深圳市南山区 495 名孕妇百日咳、白喉、破伤风抗体水平调查[J]. 中华预防医学杂志，2021，55(4)：521－527.
Wang TT，Yuan M，Gao Y，et al. Survey of antibody levels of pertussis，diphtheria and tetanus in 495 pregnant women in Nanshan District of 2019，Shenzhen[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine，2021，55(4)：521－527.

[28] Tong LB，Jia QS，Li B，et al. Investigation of the baseline tetanus antibody level and its persistence in a military unit[J]. Vaccine，2021，39(31)：4328－4334.

[29] Xu YY，Liu Y，Du J，et al. Seroepidemiology of tetanus in Hangzhou from 2009 to 2018[J]. Hum Vaccin Immunother，2020，16(11)：2670－2676.

[30] Li YT，Luo XQ，Zhong XB，et al. Seroprevalences of antibodies against pertussis，diphtheria，tetanus，measles，mumps and rubella：a cross-sectional study in children following vaccination procedure in Guangzhou，China[J]. Vaccine，2020，38(23)：3960－3967.

[31] 刘美真，彭晓放，曾灵风，等. 2018 年广东省医院就诊人群破伤风 IgG 抗体水平调查[J]. 中国疫苗和免疫，2020，26(5)：525－528.
Liu MZ，Peng XF，Zeng LF，et al. IgG antibody level against tetanus among medical-visiting population in Guangdong province in 2018[J]. Chinese Journal of Vaccines and Immunization，2020，26(5)：525－528.

[32] 庄天从，张华捷，李喆，等. 2019 年福建省晋江市健康人群破伤风抗体调查[J]. 疾病监测，2020，35(6)：523－526.
Zhuang TC，Zhang HJ，Li Z，et al. Investigation on tetanus antibody in healthy people in Jinjiang，Fujian province，2019[J]. Disease Surveillance，2020，35(6)：523－526.

[33] 王田田，高源，段永翔，等. 2018 年深圳市南山区健康人群百日咳白喉破伤风抗体水平调查[J]. 预防医学情报杂志，2020，36(3)：326－331.
Wang TT，Gao Y，Duan YX，et al. Investigation on antibody level of pertussis diphtheria tetanus in healthy population in Nanshan district in Shenzhen in 2018[J]. Journal of Preventive Medicine Information，2020，36(3)：326－331.

[34] 朱宝，郑珂，蔡军，等. 2018 年成都市健康人群破伤风抗体水平监测结果分析[J]. 预防医学情报杂志，2020，36(3)：337－340.
Zhu B，Zheng K，Cai J，et al. Serological surveillance of tetanus antibody level among healthy people of Chengdu in 2018[J]. Journal of Preventive Medicine Information，2020，36(3)：337－340.

[35] 陈强，戚宇华，吴昀，等. 江苏省 2018 年健康人群破伤风 IgG 抗体水平调查[J]. 中国疫苗和免疫，2020，26(1)：38－41.
Chen Q，Qi YH，Wu Y，et al. Tetanus IgG antibody levels among healthy people in Jiangsu province，2018[J]. Chinese Journal of Vaccines and Immunization，2020，26(1)：38－41.

[36] 王凤君，陈萌，赵春艳，等. 2017 年北京市通州区健康人群白喉、破伤风抗体水平监测[J]. 首都公共卫生，2020，14(2)：76－78.
Wang FJ，Chen M，Zhao CY，et al. Surveillance on antibody levels of diphtheria and tetanus among healthy population in Tongzhou district of Beijing，2017[J]. Capital Journal of Public Health，2020，14(2)：76－78.

[37] 蔡浪英，姚力，黄琪. 都江堰市健康人群乙肝、百日咳、白喉、破伤风抗体水平调查情况分析[J]. 世界最新医学信息文摘，2020，20(86)：221，223.
Cai LY，Yao L，Huang Q. Analysis of antibody levels against hepatitis B，pertussis，diphtheria，and tetanus in healthy individuals in Dujiangyan city[J]. World Latest Medicine Information，2020，20(86)：221，223.

[38] 王涛，王海红，易文娟，等. 2017 年北京市昌平区健康人群百日咳、白喉、破伤风抗体水平监测[J]. 实用预防医学，2019，26(5)：593－596.
Wang T，Wang HH，Yi WJ，et al. Monitoring of pertussis，diphtheria，and tetanus antibody levels in healthy individuals in Changping district，Beijing，2017[J]. Practical Preventive Medicine，2019，26(5)：593－596.

[39] 詹实娜，伊慧珍，李莉，等. 北京市顺义区健康孕妇百日咳、白喉和破伤风毒素血清抗体水平调查[J]. 北京医学，2019，41(11)：1046－1048.
Zhan SN，Yi HZ，Li L，et al. Survey of serum antibody levels against pertussis，diphtheria，and tetanus toxins in healthy pregnant women in Shunyi district，Beijing[J]. Beijing Medical Journal，2019，41(11)：1046－1048.

[40] Meng QH，Qian QH，Li L，et al. The maternal antibody against diphtheria，tetanus and pertussis showed distinct regional difference in China[J]. BMC Pediatr，2019，19(1)：480.

[41] Meng QH，Liu Y，Yu JQ，et al. Seroprevalence of maternal and cord antibodies specific for diphtheria，tetanus，pertussis，measles，mumps and rubella in Shunyi，Beijing[J]. Sci Rep，2018，8(1)：13021.

[42] 张春焕，伍业健，贺晴. 广州市 2016 年人群破伤风抗体水平监测结果分析[J]. 热带医学杂志，2018，18(9)：1242－1245.
Zhang CH，Wu YJ，He Q. The serological surveillance of tetanus antibodies among Guangzhou people in 2016[J]. Journal of Tropical Medicine，2018，18(9)：1242－1245.

[43] 郝士卿，尤雯雯，刘晴，等. 河北省辛集市未成年人百日咳、白喉和破伤风 IgG 抗体水平定量调查分析[J]. 医学动物防制，2018，34(3)：283－284，287.
Hao SQ，You WW，Liu Q，et al. Quantitative survey and

analysis of IgG antibody levels against pertussis, diphtheria, and tetanus among minors in Xinji city, Hebei province[J]. Journal of Medical Pest Control, 2018, 34(3): 283 - 284, 287.

[44] 刘萍，赵忠智. 海北州刚察县(0～8)岁儿童百白破免疫水平分析[J]. 青海医药杂志，2016，46(11)：69 - 70.
Liu P, Zhao ZZ. Analysis of DPT immunization levels among children aged 0 - 8 years in Gangcha county, Haibei prefecture [J]. Qinghai Medical Journal, 2016, 46(11): 69 - 70.

[45] 高东旗，史增生，宋文静，等. 某部队乙肝和破伤风疫苗免疫效果调查[J]. 灾害医学与救援(电子版)，2015，4(1)：13 - 16.
Gao DQ, Shi ZS, Song WJ, et al. Survey on hepatitis B and tetanus vaccine effect of an army[J]. Disaster Medicine and Rescue(Electronic Edition), 2015, 4(1): 13 - 16.

[46] Wu YY, Gao Y, Zhu BQ, et al. Antitoxins for diphtheria and tetanus decline more slowly after vaccination with DTwP than with DTaP: a study in a Chinese population[J]. Vaccine, 2014, 32(22): 2570 - 2573.

[47] 刘倩，丰达星，赵升，等. 河南省健康人群百日咳、白喉、破伤风抗体水平分析[J]. 当代医学，2013，19(31)：160 - 161.
Liu Q, Feng DX, Zhao S, et al. Analysis of pertussis, diphtheria, and tetanus antibody levels in healthy individuals in Henan province[J]. Contemporary Medicine, 2013, 19(31): 160 - 161.

[48] 崔雁，王海娇，姚素霞. 山西省 2011 年健康人群百日咳白喉破伤风免疫水平监测结果分析[J]. 山西医药杂志，2013，42(10)：1108 - 1110.
Cui Y, Wang HJ, Yao SX. Analysis of immunization coverage for pertussis, diphtheria, and tetanus among healthy populations in Shanxi province, 2011[J]. Shanxi Medical Journal, 2013, 42(10): 1108 - 1110.

[49] 刘新利，樊永军. 2012 年陕西省铜川市百白破疫苗免疫成功率监测分析[J]. 疾病监测，2013，28(2)：109 - 111.
Liu XL, Fan YJ. Evaluation of DPT vaccination in Tongchuan, Shaanxi, 2012[J]. Disease Surveillance, 2013, 28(2): 109 - 111.

[50] 张太炳，谢秀玲，邓邦昌，等. 福建省闽清县孕龄期妇女麻疹、风疹和破伤风抗体水平[J]. 职业与健康，2013，29(3)：345 - 346.
Zhang TB, Xie XL, Deng BC, et al. Antibody levels of measles, rubella and neonatal tetanus of gestational age women in Minqing County of Fujian Province[J]. Occupation and Health, 2013, 29(3): 345 - 346.

[51] 喻同琦，占建波，徐胜平，等. 2011 年湖北省麻城市健康人群百日咳、白喉、破伤风抗体水平调查[J]. 实用预防医学，2012，19(11)：1644 - 1645.
Yu TQ, Zhan JB, Xu SP, et al. Investigation on antibody levels against pertussis, diphtheria and tetanus among healthy population of Macheng city in Hubei province in 2011[J]. Practical Preventive Medicine, 2012, 19(11): 1644 - 1645.

[52] 杨红梅，吕静，霍细香，等. 湖北省 2009 年健康人群百日咳、白喉、破伤风抗体水平监测分析[J]. 中国卫生检验杂志，2011，21(9)：2271 - 2272.
Yang HM, Lv J, Huo XX, et al. Surveillance on antibody levels against pertussis, diphtheria and tetanus in healthy population in 2009 in Hubei province[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2011, 21(9): 2271 - 2272.

[53] 占建波，霍细香，扬北方，等. 2010 年湖北省部分地区健康人群百日咳、白喉、破伤风人群免疫水平分析[J]. 实用预防医学，2011，18(9)：1647 - 1649.
Zhan JB, Huo XX, Yang BF, et al. Surveiltance on immuning levels against pertussis, diphtheria and tetanus among healthy population in some areas of Hubei province in 2010[J]. Practical Preventive Medicine, 2011, 18(9): 1647 - 1649.

[54] 刘美真，谭海玲，柯昌文，等. 广东省部分地区人群百、白、破 IgG 抗体水平监测[J]. 中国热带医学，2008，8(4)：625 - 627.
Liu MZ, Tan HL, Ke CW, et al. Results of monitoring of antibody levels of pertussis dipheria and tetanusin healthy population in Guangdong Province[J]. China Tropical Medicine, 2008, 8(4): 625 - 627.

[55] 刘玉华，买迪娜·哈帕尔，叶尔扎提·吾瓦特. 伊宁市 2015 年适龄儿童百日咳、破伤风、甲肝免疫成功率监测结果分析[J]. 世界最新医学信息文摘，2016，16(72)：267，269.
Liu YH, Hapaer MDN, Wuwate YEZT. Analysis of immunisation coverage rates for pertussis, tetanus and hepatitis a among eligible children in Yining city in 2015[J]. World Latest Medicine Information, 2016, 16(72): 267, 269.

[56] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 非新生儿破伤风诊疗规范(2024 年版)(二)[J]. 全科医学临床与教育，2025，23(2)：101 - 104.
National Health Commission of the People's Republic of China. Regulation for diagnosis and treatment of non-neonatal tetanus (2024 edition) (part Ⅱ)[J]. Clinical Education of General Practice, 2025, 23(2): 101 - 104.

[57] Slifka AM, Park B, Gao LN, et al. Incidence of tetanus and diphtheria in relation to adult vaccination schedules[J]. Clin Infect Dis, 2021, 72(2): 285 - 292.

（本文编辑：陈玉华）

本文引用格式：赵燕鸿，李文娟，李冉，等. 2000—2025 年中国健康人群血清破伤风 IgG 抗体阳性率和保护率的 Meta 分析[J]. 中国感染控制杂志，2026，25(6)：828 - 840. DOI：10. 12138/j. issn. 1671 - 9638. 20263104.

Cite this article as: ZHAO Yanhong, LI Wenjuan, LI Ran, et al. Positive rate and protective rate of serum tetanus IgG antibody in the healthy populations of China: a Meta-analysis (2000 - 2025)[J]. Chin J Infect Control, 2026, 25(6): 828 - 840. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 - 9638. 20263104.