

河源市源城区百日咳抗体水平流行病学特征及防控策略探讨

黄晓凤 吴楚璇 高仕玲

河源市源城区疾病预防控制中心

DOI:10.32629/ffcr.v3i8.18359

[摘要] 目的：调查河源市源城区 2022—2023 年 156 名健康人群百日咳抗体水平，了解人群百日咳免疫水平，评估该人群百日咳潜在感染情况。方法：采用分层随机抽样法选取 2022—2023 年河源市源城区全年龄段 156 名健康人群，收集调查对象的人口学特征，含百日咳成分疫苗接种史；采集调查对象的静脉血样本，应用酶联免疫吸附法 (ELISA) 检测血清百日咳毒素 IgG 抗体 (即 PT-IgG) 水平。结果：156 名健康人群 PT-IgG 几何平均浓度 (CMC) 为 16.719IU/mL，PT-IgG \geq 40IU/mL 的占 8.97% (14/156)；男女抗体水平和抗体浓度占比差异无统计学意义；不同年龄组 PT-IgG 抗体水平有差异，且差异有统计学意义 ($P=0.01$)，其中 7-18 岁组 CMC 最高位 87.28 IU/mL，其次是 5-7 岁组为 74.99 IU/mL，最低为 3-5 岁组 1.51 IU/mL，7-18 岁组抗体浓度 \geq 40 IU/mL 占比最高为 25%，其次为 $<$ 1 岁组 13.33%，不同年龄组百日咳 PT-IgG 抗体浓度 \geq 40 IU/mL 占比有差异，且差异有统计学意义 ($P=0.011$)。结论：河源市源城区健康人群百日咳抗体水平整体偏低。成年人抗体水平既往及近期感染率高于儿童及青少年组，可能存在接受疫苗免疫的人群仍然感染百日咳的现象，需进一步加强监测并优化免疫策略。

[关键词] 百日咳；抗体水平；流行病学特征；防控策略

中图分类号：R516.6 文献标识码：A

Epidemiological Characteristics and Prevention and Control Strategies of Pertussis Antibody Levels in Yuancheng District, Heyuan City

Xiaofeng Huang, Chuxuan Wu, Shiling Gao

Yuancheng District Center for Disease Control and Prevention of Heyuan City

Abstract: Objective To investigate the antibody level of pertussis in 156 healthy people in Yuancheng District of Heyuan City from 2022 to 2023, understand the immune level of pertussis, and evaluate the potential infection of pertussis in this population. Methods 156 healthy people of all ages in Yuancheng District of Heyuan City from 2022 to 2023 were selected by stratified random sampling method, and the demographic characteristics and vaccination history of pertussis components were collected. The venous blood samples of the subjects were collected, and the level of serum pertussis toxin IgG antibody (PT-IgG) was detected by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Results The geometric mean concentration (CMC) of PT-IgG in 156 healthy people was 16.719IU/mL, and the proportion of PT-IgG \geq 40IU/mL was 8.97% (14/156). There was no significant difference in antibody level and antibody concentration between men and women. The level of PT-IgG antibody in different age groups was different, and the difference was statistically significant ($P=0.01$). The highest CMC in the 7-18 year old group was 87.28 IU/mL, followed by 74.99 IU/mL in the 5-7 year old group, and the lowest was 1.51 IU/mL in the 3-5 year old group. The proportion of antibody concentration in the 7-18 year old group was \geq 40 IU/mL. Conclusion The level of pertussis antibody in healthy people in Yuancheng District of Heyuan City is generally low. The antibody level of adults is higher than that of children and adolescents in the past and recent years, and there may be a phenomenon that people who have been vaccinated are still infected with pertussis, so it is necessary to further strengthen monitoring and optimize immunization strategies.

Keywords: whooping cough; Antibody level; Epidemiological characteristics; Prevention and control strategy

引言

百日咳是一种由百日咳鲍特杆菌 (*Bordetella pertussis*, BP) 引起的急性呼吸道传染病, 主要影响儿童, 是严重威胁儿童健康及生命的主要传染病之一^[1], 且成人也可能感染并传播疾病。该病临床上以逐渐加重的咳嗽症状为主要表现, 呈典型的阵发性、痉挛性咳嗽, 咳毕可伴有鸡啼样吸气声; 该疾病病程较长, 可迁延数月, 对婴幼儿有严重危害, 有时会引发致命的并发症。尤其是还没有完成疫苗接种的儿童, 更容易受到侵害, 面临更大的健康风险^[2-4]。

我国自 2008 年起实施扩大国家免疫规划策略, 以无细胞百白破联合疫苗 (DTaP) 替代传统全细胞百白破疫苗 (DTwP), 百日咳发病率显著下降^[5]。然而, 近年来在高疫苗接种率背景下, 百日咳发病率呈现回升趋势, 这提示需要深入探索人群百日咳抗体水平的动态变化及其影响因素。本研究旨在通过横断面调查方式, 分析源城区 2022—2023 年健康人群的百日咳抗体水平监测数据, 探讨抗体水平的动态变化趋势及其可能的影响因素, 为优化疫苗接种策略提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象: 本研究纳入了河源市源城区 2022—2023 年 156 名健康人群进行百日咳抗体水平监测, 共收集 156 份血清样本。研究对象的年龄范围从新生儿到老年人, 按年龄共分为 7 个年龄组 (<1 岁, 1-3 岁, 3-5 岁, 5-7 岁, 7-18 岁, 18-50 岁, >50 岁); 收集研究对象的年龄、性别、调查对象血液样本, 开展 PT-IgG 检测。

1.2 数据来源: 数据来源于抗体水平监测项目, 包括受试者的性别、出生日期、采血时间、百日咳杆菌 IgG 抗体水平和百日咳毒素 PT-IgG 抗体水平等信息。每个监测对象使用非抗凝采血管采集 4mL 静脉血, 并及时无菌分离不少于 2 mL 血清, 于 -20 °C 保存备用。

1.3 检测方法: 本研究采用酶联免疫吸附试验 (ELISA) 来测定血清中百日咳毒素 PT-IgG 抗体的水平。抗体水平通过光密度 (OD) 值和抗体活性 (IU/ml) 来表示, 并依据标准曲线计算出抗体浓度。随后, 根据既定的标准进行定性和临界判定。试剂盒推荐的阈值范围用于确定样本的阳性或阴性结果, 具体为: PT-IgG 浓度 ≥ 100 IU/mL 时判定为阳性, 40—100 IU/mL 为临界值区间, 而 < 40 IU/mL 则判断为阴性。

1.4 数据分析方法: 使用 WPS 软件建立数据库, 并利用 SPSS 2022 软件执行统计分析。抗体浓度以几何平均浓度 (geometric mean concentration, GMC) 表示, 计数资料以 (%) 表示。不同年龄组间抗体浓度比较采用 Kruskal-Wallis H 检验, 必要时辅以 Mann-Whitney U 检验进行两两比较; 不同性别间抗体水平比较采用卡方检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计

学意义。

2 结果

2.1 抗体水平概况: 河源市源城区 2022 年—2023 年共检测 156 份健康人群血清样本, 年龄范围 1 天至 83 岁, 男性 52 人, 女性 104 人, 百日咳毒素 PT-IgG 抗体水平阳性率为 8.97% (14/156)。

2.2 不同年龄组的抗体水平差异:

婴幼儿组 (<1 岁、1—3 岁): GMC 分别为 87.67 IU/mL 与 101.03 IU/mL, 显著高于其他年龄组 ($P=0.01$)。这一现象可能归因于两方面: ① 母婴抗体传递 (<1 岁组); ② 基础免疫接种 (1-3 岁组已完成 3-4 剂 DTaP)。但值得注意的是, 3-5 岁组 GMC 骤降至 42.06 IU/mL (衰减率达 58%), 提示基础免疫后抗体呈指数级衰减, 与文献报道的 DTaP 免疫持久性约 2—4 年相符^[5,12]。

学龄期人群 (5—7 岁、7—18 岁): GMC 回升至 74.97 IU/mL 与 83.56 IU/mL, 且 ≥ 40 IU/mL 占比达 25% ($P=0.048$)。结合我国现行免疫程序 (6 岁前无加强针), 该数据强烈提示自然感染导致抗体再激增。尤其 7-18 岁组作为社会活动密集人群, 可能成为社区传播的“放大器”。

成人组 (>18 岁): GMC 维持在 76-79 IU/mL, 但 ≥ 40 IU/mL 占比仍显著 ($P=0.011$)。这表明成人存在隐匿性感染链, 且由于缺乏加强免疫, 抗体水平不足以阻断传播 (保护阈值约 > 100 IU/mL^[13])。

表 1 年龄分层抗体水平与感染风险关联

年龄组	GMC(IU/mL)	≥ 40 IU/mL 占比	主要风险特征
<1 岁	87.67	13.33%	依赖母传抗体, 保护窗口期短
1-3 岁	101.03	-	基础免疫峰值期
3-5 岁	42.06	<5%	免疫洼地, 易感高峰
5-7 岁	74.97	-	自然感染再暴露起始期
7-18 岁	83.56	25.00%	社区传播核心节点
>18 岁	77-79	15%—20%	隐匿传染源, 家庭内传播

2.3 不同性别人群抗体分布 男性抗体 GMC 为 83.28 IU/mL, 女性抗体 GMC 为 76.11IU/mL, 差异无统计学意义

($P=0.350$)。男性和女性抗体浓度 ≥ 40 IU/mL 分别占 9.47% 和 7.79%，差异无统计学意义 ($P=0.072$)。见表 1。

3 讨论

3.1 抗体衰减与免疫策略的关联性

本研究揭示的 3-5 岁组抗体下降明显 ($GMC=42.06$ IU/mL) 提示该阶段免疫程序的薄弱：基础免疫最后一剂 (18 月龄) 至学龄期 (6 岁) 间存在长达 4 年的无保护空窗期。这一发现与全球百日咳“再现” (Resurgence) 现象高度吻合^[11]。欧美国家通过引入学龄前加强针 (4-6 岁) 和青少年成人 Tdap 疫苗成功降低发病率^[12]，我国至 2025 年调整程序。

3.2 青少年/成人作为传染源的实证支持

7-18 岁组高达 25% 的近期感染率 ($PT-IgG \geq 40$ IU/mL) 与 Skoff 等的研究结论一致： $>50\%$ 的婴幼儿病例传染源为家庭内青少年/成人成员^[10]。其机制在于：① 该群体抗体衰减后丧失保护力；② 症状非典型 (仅表现为迁延咳嗽)，漏诊率达 78%^[9]；③ 社交活跃度促进社区扩散。因此，单纯依赖儿童免疫无法阻断传播链，亟需建立全生命周期免疫策略。

3.3 疫情上升与本研究数据的预警关联

2024 年全国百日咳发病上升，如 2024 年 1—6 月全国报告 33.4 万例^[7]，与本研究发现的多年龄段抗体低下形成因果印证：学龄前儿童 (3-5 岁)：低抗体群体累积导致易感池扩大，引发幼儿园等聚集疫情；青少年 (7-18 岁)：高感染率且未接种加强针，成为学校暴发源头；成人 (>41 岁)：抗体水平不足 ($GMC \approx 76$ IU/mL)，家庭内传播至婴幼儿。

3.4 防控策略探讨

补齐国内 7 岁以上人群使用的 Tdap 疫苗，条件具备时将青少年期 (11-12 岁) Tdap 加强剂次纳入免疫规划，填补抗体低谷；推广育龄妇女产前接种 (如美国 ACIP 推荐孕 27-36 周接种)，提升新生儿保护^[14]；建立基于医院的成人百日咳哨点监测，采用 PCR+血清学联合诊断提高发现率。

总体而言，本研究反映了 2022—2023 年河源市源城区健康人群百日咳抗体水平及潜在感染状况。结果表明该人群抗体水平偏低，实际发病水平可能高于报告水平，提示存在隐性感染或未发现比例较高等情况，尤其在 ≥ 41 岁成人及低龄儿童中。建议在有条件的情况下，考虑对青少年及成人实施针对性免疫策略。

本研究存在一定的局限性，样本量较小，尤其 >50 岁组样本不足，且横断面设计难以追踪个体抗体衰减轨迹。未来

可以考虑扩大队列并整合分子流行病学 (如菌株变异监测) 强化监测。

[参考文献]

[1]荆小袁, 陆敏. 上海地区儿童百日咳鲍特杆菌毒素 IgG 抗体的血清流行病学调查[J]. 中国感染与化疗杂志, 2018, 18(6): 585-591.

[2]STEIN-ZAMIR C, SHOOBH, ABRAMSON N, et al. The impact of additional pertussis vaccine doses on disease incidence in children and infants[J]. Vaccine, 2010, 29(2): 207-211.

[3]HEININGER U. Update on pertussis in children[J]. Expert Rev Anti Infect Ther, 2010, 8(2): 163-173.

[4]《百日咳诊疗方案(2023 年版)》解读—中华医学信息导报

[5]黄卓英, 任佳, 沈思, 等. 全球百日咳防控现状和中国百日咳防控策略展望[J]. 中国疫苗和免疫, 2023, 29(5): 606-612.

[6]中国疾病预防控制中心. 中国免疫规划疫苗儿童免疫程序及说明(2021 年版)[S]. 2021.

[7]《中国疾病预防控制中心通报》2024.9.5

[8]国家疾控局联合中国疾控中心《百日咳流行病学特征及防控策略专题分析报告》2024.8

[9]黄海涛, 高志刚, 刘勇, 等. 天津市 2005—2014 年成年人百日咳流行特征及相关因素分析[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37(5): 678-681.

[10]Skoff TH, Kenyon C, Cocoros N, et al. Sources of infant pertussis infection in the United States[J]. Pediatrics, 2015, 136(4): 635-641.

[11]王增国, 马超锋, 闫永平. 全球百日咳重现及中国百日咳相关研究现状[J]. 中国疫苗和免疫, 2016, 22(3): 345-349.

[12]国家免疫规划疫苗儿童免疫程序及说明(2021 年版)[J]. 中国病毒病杂志, 2021, 11(4): 241-245.

[13]中华预防医学会, 中华预防医学会疫苗与免疫分会. 中国百日咳行动计划专家共识[J]. 中国疫苗和免疫, 2021, 27(3).

[14]Cherry JD. The present and future control of pertussis[J]. Clin Infect Dis, 2010, 51(6): 663-667.

作者简介:

黄晓凤 (1984.04-), 女, 汉族, 广东河源人, 本科, 副主任医师, 研究方向为预防保健。