

# 高疫苗覆盖率下扬州市百日咳病例激增的影响因素分析

唐诗静, 梁杰, 董玉颖, 徐娅雯

扬州市疾病预防控制中心, 江苏 扬州 225000

**摘要:**目的 分析 2022 年扬州市百日咳疫情流行特征和无细胞百日咳类疫苗(acellular pertussis vaccine, aPV)预防百日咳的保护效果(vaccine effectiveness),探讨在高疫苗覆盖率形势下病例激增的影响因素及应对策略。方法 对发病病例的临床数据进行统计分析,采用 1:2 匹配病例对照研究,分析 aPV 预防百日咳的保护效果。结果 发病率-年龄曲线呈“U”形,0~3 月龄婴幼儿发病率较高,为 127.8/10 万,第 2 个发病高峰发生在 5~7 岁儿童,发病率超过 60/10 万。发病病例中突破病例占 86.0%,突破病例在并发症等临床症状的情况好于未免疫病例。aPV 预防百日咳的总体保护效果为 86.10%(95%CI: 34.70%~97.04%),1~3 剂次 aPV 预防百日咳的保护效果为 85.35%(95%CI: 31.10%~96.89%),4 剂次 aPV 的保护效果达 98.20%(95%CI: 74.28%~99.88%),发病-接种间隔时间<1 年的保护效果为 85.72%(95%CI: 32.08%~97.00%),提示接种后时间增长为百日咳发病的危险因素。结论 目前百日咳免疫策略与流行特征不相匹配,0~3 月龄婴幼儿以及学龄儿童的百日咳风险颇高。aPV 的保护效果的时效性不佳,需进一步调整和完善百日咳免疫策略,尤其需要考虑百日咳加强免疫在学龄期儿童的应用。

**关键词:**百日咳;无细胞百日咳类疫苗;保护效果;流行特征;免疫策略

中图分类号:R516.6;R186 文献标志码:A 文章编号:1003-8507(2024)03-542-05

DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202307123

## Analysis of influencing factors of pertussis cases surge in Yangzhou city under high vaccine coverage

TANG Shi-jing, LIANG Jie, DONG Yu-ying, XU Ya-wen

Yangzhou Center for Disease Control and Prevention, Yangzhou, Jiangsu 225000, China

**Abstract: Objective** To analyze the epidemic characteristics of pertussis in Yangzhou City in 2022 and the vaccine effectiveness (VE) of acellular pertussis vaccine (aPV) against pertussis, and to explore the influencing factors of the case surge under the high vaccine coverage, as well as the responding strategies. **Methods** The clinical data of pertussis patients were analyzed using a matched case-control study with the ratio of 1:2 to investigate the vaccine effectiveness of aPV in preventing pertussis. **Results** The incidence-age curve showed the “U-shape”. The incidence of infants at the age of 3 months was higher, which was 127.8/100 000. The second peak occurred in children aged 5 to 7 years, with the incidence exceeding 60/100 000. Among the cases, the breakthrough cases accounted for 86.0%, and the clinical symptoms such as complications of the breakthrough cases were better than those of the unimmunized cases. The total VE of aPV in preventing pertussis was 86.10% (95%CI: 34.70%-97.04%), the VE of 1 dose of aPV in preventing pertussis was 85.35% (95%CI: 31.10%-96.89%), the VE of 4 doses of aPV was 98.20% (95%CI: 74.28%-99.88%), and the VE of onset-vaccination interval less than 1 year was 85.72% (95%CI: 32.8%-99.00%), indicating that the increased duration of time after vaccination was a risk factor for pertussis. **Conclusion** Currently, the immunization strategy of pertussis does not match the epidemic characteristics, and the risk of pertussis is high in infants at the age of 3 months and school-age children. The protective effect of aPV is not timely, so it is necessary to further modify and improve the pertussis immunization strategy, especially to consider the application of pertussis immunization in school-age children.

**Keywords:** Pertussis; Acellular pertussis vaccine; Protective effect; Case-control study; Epidemic characteristics; Immune strategy

基金项目:扬州市科技局 2022 年市级计划——政策引导计划(软科学研究)(YZ2022259)

作者简介:唐诗静(1996—),女,硕士,初级,研究方向:免疫规划

通信作者:董玉颖, E-mail: dongyuying2013@126.com

百日咳(pertussis)一般由百日咳鲍特杆菌(*Bordetella pertussis*, Bp)感染引起,是一种传染性极高的呼吸道疾病,通常表现为反复、持久的咳嗽。在疫苗尚未普及的时代,对全球的婴幼儿和儿童造成极大的疾病负担<sup>[1]</sup>。国家扩大免疫规划实施后,百日咳

类疫苗覆盖率不断提高,自 2000 年来,在目标人群中的接种率高于 95%<sup>[2]</sup>,百日咳发病率和死亡率也显著降低,2006—2010 年中国百日咳报告发病率约为 0.2/10 万<sup>[3]</sup>。期间,由于全细胞百日咳疫苗(whole-cell pertussis vaccine, wPV)的高不良反应,许多国家转而使用无细胞百日咳类疫苗(acellular pertussis vaccine, aPV),然而尽管在高疫苗覆盖率下,百日咳疫情近十多年来再次频繁发生,特别是在改用这种疫苗的国家<sup>[4]</sup>。百日咳发病率在国内外呈现明显增长,被称为百日咳重现(resurgence of pertussis),同时表现出青少年、成年百日咳病例增加的新流行特点<sup>[1,5]</sup>。2015—2019 年,中国百日咳报告病例数从 6 658 例增长至 30 027 例<sup>[6]</sup>,而这只是冰山一角,实际发病数可能达到医院监测报告的 16.22 倍<sup>[2]</sup>。扬州市 2005—2021 年的百日咳报告发病率一直维持在较低水平,年均报告发病率为 0.06/10 万。然而,在全市百白破类疫苗高覆盖率的背景下,2022 年百日咳病例激增至 200 例,全市年报告发病率达 4.38/10 万。本研究将分析 2022 年扬州市百日咳疫情的流行病学特征,利用病例对照的研究方法对 aPV 预防百日咳的保护效果(vaccine effectiveness)进行评价,并探讨在高疫苗覆盖率形势下百日咳疾病的防控策略。

## 1 数据与方法

**1.1 资料来源** 病例报卡、报告发病率等信息来源于中国疾病预防控制中心,由县(市、区)疾控中心进行电话访问并填写病例个案调查表,同时利用江苏省儿童预防接种管理信息系统获取完整 aPV 免疫史和疫苗接种覆盖率。

**1.2 研究对象** 2022 年 1 月 1 日—12 月 31 日以扬州市为现住址发病的百日咳报告病例,同时采用 1:2 匹配病例对照研究设计,以同年龄、同性别、同社区或村的条件筛选百日咳未发病的健康对照。未找到符合条件的对照时扩大所住地区范围,以邻近社区或村补齐。

**1.3 研究疫苗** 本研究涉及的疫苗包括无细胞百白破疫苗(DTaP)、无细胞百白破 b 型流感嗜血杆菌(结合)联合疫苗(DTaP-Hib)和五联疫苗(DTaP-IPV-Hib),均为含无细胞百日咳成分疫苗。其中无细胞百白破疫苗与四联 Hib 免疫程序为出生后 3、4 和 5 月龄分别接种 1 剂次,在 18 月龄进行加强接种。五联疫苗的接种程序为出生后 2、3、4 和 18 月龄分别接种 1 剂次。结合百日咳最长潜伏期以及疫苗的抗体产生时间,本次研究中发病前 21 d 内接种的疫苗剂次将不纳入统计范围。

**1.4 病例定义** 由医院被动监测,患者出现以下临

床症状将被纳入监测病例:(1)出现阵发性痉挛性咳嗽,咳嗽症状 $\geq 2$ 周,排除其他原因者;(2)咳嗽后出现呼吸暂停、窒息、青紫和心动过缓症状的婴儿。监测病例中出现外周血白细胞计数及淋巴细胞明显增高者被分类为临床诊断病例。疑似病例或临床诊断病例中,具有下列情况之一者分类为实验室确诊病例:(1)从痰、鼻咽分泌物分离到百日咳鲍特杆菌;(2)恢复期血清特异性抗体比急性期呈 $\geq 4$ 倍增长;(3)利用多聚酶链反应方法(PCR)检测阳性。

**1.5 统计分析** 应用 SPSS 26.0 对数据进行分析,使用 $\chi^2$ 检验比较突破病例与无免疫史病例的临床数据,并利用条件 logistic 回归模型计算优势比(OR)分析 aPV 的保护效果,保护效果计算公式为 $(1-OR) \times 100\%$ 。同时根据情况使用 $\chi^2$ 检验或 Fisher 确切概率法进行统计比较。检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 2022 年百日咳流行概况** 鉴于 2022 年百日咳发病率远高于近年流行水平,于是对所有的报告病例进行了流行病学特征分析。在 200 例报告病例中,实验室确诊病例 104 例(52.0%),临床诊断病例 96 例(48.0%),男性 101 例,女性 99 例,提示性别无显著性差异。关于职业分布,发病人群以学生为主,占 45.0%,其次为幼托儿童和散居儿童,分别占 31.0%和 24.0%。关于年龄分布,最小发病年龄和最大发病年龄分别为 29 d 和 13 岁,其中 0~3 月龄儿童占比较高,为 13.0%(26/200),发病率高达 127.8/10 万。婴幼儿免疫期开始后,发病率逐渐下降但在 3 岁以上的儿童中再次升高。此外,5~7 岁儿童发病率超过 60/10 万,提示疫苗保护效果的衰减,见图 1。发病病例涉及全市所有县(市、区),主要集中在人口密度较高的主城区,占比为 70.5%(141/200)。尽管每个月份均有病例报告,但季节分布在春夏季节(3~8 月)比例更高,占全年发病总数的 90.5%(181/200),见图 2。

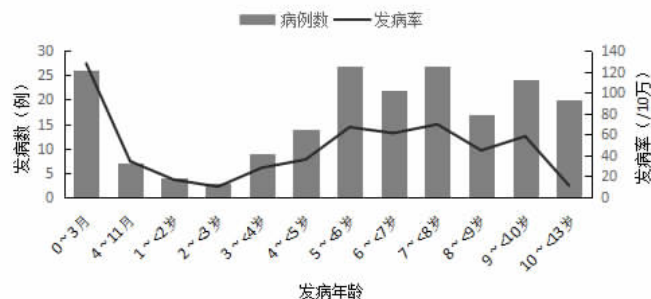


图 1 2022 年扬州市百日咳报告病例的年龄分布  
Figure 1 Age distribution of reported cases of pertussis in Yangzhou in 2022

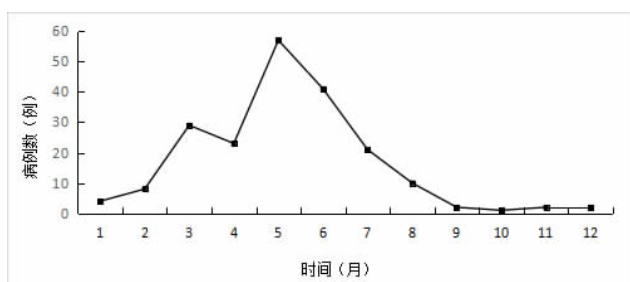


图 2 2022 年扬州市百日咳报告病例的发病时间分布

Figure 2 Seasonal distribution of reported cases of pertussis in Yangzhou in 2022

2.2 免疫史分析 2022 年全市百日咳疫苗基础免疫覆盖率为 99.50%, 全程免疫覆盖率为 97.97%。200 例报告病例中, 突破病例占 86.0% (172/200), 其中 0~3 月龄病例组因未达免疫年龄或接种后未 21 d 即发病, 未免疫比例最高, 为 96.2% (25/26)。而其他年龄组免疫率均处于较高水平, 其中 aPV 接种适龄儿童 (4 月龄及以上) 病例的 aPV 免疫率达 98.28% (171/174)。见图 3。

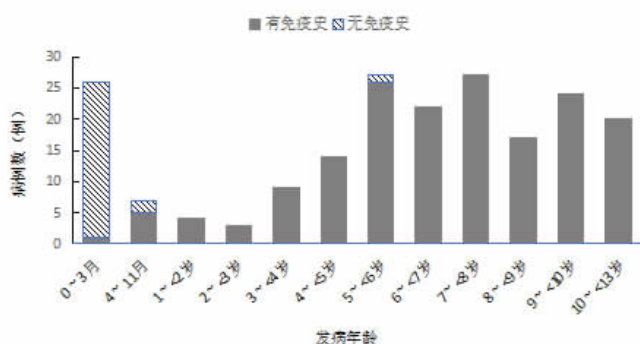


图 3 2022 年扬州市百日咳报告病例不同年龄组患者免疫史分布

Figure 3 Distribution of immune history of patients in different age groups of reported pertussis cases in Yangzhou in 2022

2.3 突破病例与无免疫史病例的临床数据分析 由于 2 例病例失访, 以下分析共纳入 198 例百日咳病例。与突破病例相比, 无百日咳接种史病例因百日咳住院的比例较高, 存在统计学差异 ( $\chi^2=15.787, P<0.001$ )。此外, 突破病例出现口唇青紫、并发症 (支气管肺炎、百日咳脑病等) 均较少 ( $\chi^2=20.969, P<0.001$ ;  $\chi^2=7.742, P=0.005$ ), 同时, 突破病例与无免疫史病例相比预后较好 ( $\chi^2=19.374, P<0.001$ )。见表 1。

2.4 aPV 预防百日咳的保护效果 病例组、对照组中 aPV 接种史的比例分别为 86.0% (172/200)、89.5% (358/400), OR 值为 0.139 (95%CI: 0.029 6~0.653 0), 总体保护效果为 86.10% (95%CI: 34.70%~97.04%)。其中, 1~3 剂次 aPV 的疫苗保护效果为 85.35% (95%CI: 31.10%~96.89%), 4 剂次的保护效果为 98.20% (95%CI: 74.28%~99.88%)。免疫后时

间 < 1 年的保护效果为 85.72% (95%CI: 32.08%~97.00%), 而接种年限为 1~3 年和  $\geq 4$  年与未免疫组无显著性差异。见表 2。

表 1 突破病例与未免疫病例的临床症状比较 [n(%)]

Table 1 Comparison of clinical symptoms between breakthrough cases and non-immune cases [n (%)]

临床特征	突破病例 (n=170)	未免疫病例 (n=28)	$\chi^2$ 值	P 值
住院情况			15.787	<0.001
是	90(52.9)	26(92.9)		
否	80(47.1)	2(7.1)		
发热			0.017	0.897 <sup>a</sup>
是	17(10.0)	2(7.1)		
否	153(90.0)	26(92.9)		
痉挛性咳嗽			0.8	0.371
是	113(66.5)	21(75.0)		
否	57(33.5)	7(25.0)		
吸气性呼吸音			0.146	0.703
是	37(21.8)	7(25.0)		
否	133(78.2)	21(75.0)		
呕吐			1.057	0.304
是	34(20.0)	8(28.6)		
否	136(80.0)	20(71.4)		
口唇青紫			20.969	<0.001 <sup>a</sup>
是	9(5.3)	9(32.1)		
否	161(94.7)	19(67.9)		
出现窒息			—	1.000 <sup>b</sup>
是	3(1.8)	0(0.0)		
否	167(98.2)	28(100.0)		
合并症 <sup>c</sup>			7.742	0.005 <sup>b</sup>
是	18(10.6)	9(32.1)		
否	152(89.4)	19(67.9)		
转归			19.374	<0.001 <sup>b</sup>
痊愈	59(34.7)	1(3.6)		
好转	111(65.3)	25(89.3)		
较差	0(0.0)	2(7.1)		

注:<sup>a</sup> 连续性校正; <sup>b</sup> Fisher 确切概率法; <sup>c</sup> 合并症包括支气管肺炎、百日咳脑病等疾病。

### 3 讨论

扬州市百日咳类疫苗覆盖率近年均维持在较高水平, 在 2022 年前, 百日咳报告发病率一直处于低位, 而 2022 全市的报告病例激增可能与新冠背景下第三方实验室检测可获得性的大幅提升有高度关联。近期, 由于百日咳在全国多地报告病例增加, 百日咳重现的话题度在全国范围持续上升。本研究通过对 2022 年扬州市的报告病例展开流行病学统计分析和 1:2 的病例对照研究, 对百日咳目前的流行特征、临床特征以及 aPV 预防百日咳的效果进行系统分析。

本次研究发现, 扬州市 2022 年百日咳报告病例中, 突破病例占 86.0%, 研究结果显示总体保护效果达 86.10%, 1~3 剂次 aPV 的保护效果为 85.35%, 4 剂次 aPV 预防 Bp 感染的保护效果达 98.20%, 与国

表 2 百日咳疫苗保护效果分析

Table 2 Analysis of protective effects of pertussis vaccine

免疫特征	病例组(n=200)		对照组(n=400)		OR 值(95%CI)	保护效果(%) <sup>a</sup> (95%CI)	P 值
	例数	构成比(%)	例数	构成比(%)			
总体疫苗保护效果							
有免疫史	172	86.0	358	89.5	0.139 0 (0.029 6 ~ 0.653 0)	86.10 (34.70 ~ 97.04)	0.012
无免疫史	28	14.0	42	10.5		Ref <sup>b</sup>	
不同免疫剂次(剂次)							
1~3	13	6.5	32	8.0	0.146 5 (0.031 1 ~ 0.689 0)	85.35 (31.10 ~ 96.89)	0.015
4	159	79.5	326	81.5	0.018 0 (0.001 2 ~ 0.257 2)	98.20 (74.28 ~ 99.88)	0.003
0	28	14.0	42	10.5		Ref <sup>b</sup>	
免疫后时间(年)							
<1	11	5.5	34	8.5	0.142 8 (0.030 0 ~ 0.679 2)	85.72 (32.08 ~ 97.00)	0.014
1~3	45	22.5	91	22.8	0.110 3 (0.009 2 ~ 1.315 0)	88.97 (-31.50 ~ 99.08)	0.081
≥4	116	58.0	233	58.3	0.107 4 (0.007 6 ~ 1.516 4)	89.26 (-51.64 ~ 99.24)	0.099
未免疫	28	14.0	42	10.5		Ref <sup>b</sup>	

注:<sup>a</sup> 保护效果=(1-OR)×100.0%;<sup>b</sup> Ref 为参照水平。

内同类研究结果基本一致。聊城市一项病例对照研究显示 aPV 的总体保护效果为 86.70%，全程免疫的保护效果为 88.70%，且高于部分免疫的保护效果<sup>[7]</sup>。深圳市一项 4 月龄~6 岁儿童的配对病例研究中显示，3 剂次 aPV 保护效果为 87.12%，而接种 4 剂次疫苗的保护效果为 91.45%<sup>[8]</sup>。以上结果均显示全程免疫的保护效果优于部分免疫，提示儿童及时完成全程免疫的重要性。本研究中虽突破病例占比较高，但与未免疫病例相比，在住院情况、并发症、预后等方面均有良好表现。

本研究同样提示，接种-发病间隔<1 年的保护效果为 85.72%，但免疫后时间超过 1 年保护效果无显著性差异，提示 aPV 能在短期内提供较好的保护效果。同时，发病病例的年龄构成中显示，0~3 月龄儿童感染风险较高，而在开始进行 aPV 免疫后风险降低。然而，发病率在学龄前儿童(5~7 岁)中再次升高，均提示 aPV 预防 Bp 感染的保护效果随时间增长而衰退。过去使用的 wPV 和自然免疫能够诱导 T 辅助细胞 1 型 (Helper T, TH)1 和 TH17 的强烈反应，aPV 主要诱导 TH2/TH17 的混合反应，而 TH1 在预防 Bp 感染中起重要作用，使得 aPV 与 wPV 相比无法提供长期保护<sup>[9-11]</sup>。但由于高不良反应率，wPV 在国内已被 aPV 全面取代。此外，Bp 是一种粘膜病原体，aPV 由于缺乏粘膜免疫反应使得 aPV 无法长期有效控制病原体的持续定植和传播，从而导致了 Bp 的无症状传播<sup>[11]</sup>。研究结果表明，婴幼儿期免疫 5 年后，受种人群中的百日咳毒素抗体 (IgG-Pertussis Toxin, IgG-PT) 将不足以抵抗 Bp 感染，而学龄前进行加强免疫能有效恢复该群体的免疫力<sup>[12]</sup>。以上证据也为近年百日咳聚集性疫情在小学低年级频发提供了合理解释<sup>[13-15]</sup>。目前中国免疫策略中 aPV 最后一剂次接种

时间为 18 月龄，因此将 6 周岁进行免疫的白破疫苗替换为百白破类疫苗可以为学龄儿童提供更加持久的保护<sup>[16]</sup>。

目前，百日咳病例的分布已显著向青少年和成年人倾斜<sup>[16]</sup>，但近年来，本市报告病例中青少年病例比例较低且无成年人病例，这极大可能与该人群中百日咳的漏报与误诊有关。国内外研究发现，百日咳疾病负担在全球范围内被严重低估，主动监测下百日咳发病率远超医院的报告发病率，此差异在青少年和成年人群中尤为明显，由于症状不典型，该人群的初次误诊率很高，易被误诊为支气管炎、感冒等<sup>[2,17]</sup>。此外，成年人群(父母、照看者等)出现的 Bp 隐性感染成为婴幼儿发病的重要传染源，而对该发病群体的忽视构成了家庭传播的有利条件<sup>[16]</sup>，这也进一步解释了本市 3 月龄内婴幼儿极高的发病风险。青少年和成人百白破疫苗 (Tetanus, diphtheria & acellular pertussis vaccine, for adult/adol, Tdap) 的加强免疫计划已在多个发达国家展开，该计划相对安全并且能够提供有效保护<sup>[18]</sup>。茧策略 (cocoon strategy) 对婴幼儿的密切接触者进行加强免疫能降低婴幼儿的发病率和病死率，以及在孕妇中接种 Tdap 能显著减少婴幼儿的百日咳负担<sup>[19-21]</sup>。浙江省关于 Tdap 加强免疫的综述表明在发病率较高地区尽早实施青少年免疫策略具有重要卫生经济学意义<sup>[22]</sup>。因此，探讨 Tdap 在中国推行的可能性具有重要意义，同时应加强青少年、成年人中类百日咳症状监测将有可能降低全人群的百日咳发病率。

本研究存在诸多不足，本次病例选择依赖于医院的被动监测，有大部分病例因未被监测而纳入研究，因而所得到的发病率以及描述性分析与真实情况存在差距。同时，在疫苗保护效果的研究中，由于利用江苏省预防接种管理平台选取对照，仅能筛选到在管

人员的免疫史档案,因而存在一定程度的选择偏倚。

综上,鉴于目前百日咳的主要传播形式,统一明确百日咳病例定义并加强类百日咳症状的主动监测,及时识别青少年、成年人人群中潜在传染源将在一定程度上有效阻断传播链。同时,由于目前 aPV 提供的保护时效性有限以及现行免疫策略与流行特征不匹配,建议对处于 Bp 感染高风险的学龄前儿童进行 aPV 的加强免疫以减少百日咳的疾病负担。现行 aPV 策略无法在人群中提供长期、有效的保护,在国内推行百日咳疫苗全生命周期使用的可能性以及新型百日咳类疫苗的研发是目前重要的研究方向。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

### 参考文献

- Nian XX, Liu HB, Cai MY, et al. Coping strategies for pertussis resurgence[J]. *Vaccines (Basel)*, 2023, 11(5): 889.
- Huang H, Zhu T, Gao C, et al. Epidemiological features of pertussis resurgence based on community populations with high vaccination coverage in China [J]. *Epidemiology and Infection*, 2015, 143(9): 1950-1956.
- 汪海波, 罗会明, 温宁, 等. 我国 2006~2010 年百日咳流行病学分析[J]. *中国疫苗和免疫*, 2012, 18(3): 207-210.  
Wang HB, Luo HM, Wen N, et al. Epidemiological analysis on pertussis in China during 2006-2010 [J]. *Chinese Journal of Vaccines and Immunization*, 2012, 18(3): 207-210.
- Kuehn BM. Resurgence of pertussis linked with Switch to acellular vaccine [J]. *JAMA: the Journal of the American Medical Association*, 2021, 326(4): 300.
- Macina D, Evans KE. Bordetella pertussis in School-Age Children, Adolescents and Adults: A Systematic Review of Epidemiology and Mortality in Europe[J]. *Infectious Diseases and Therapy*, 2021, 10(4): 2071-2118.
- Zhang JS, Deng JK, Yang YH. Pertussis vaccination in Chinese children with increasing reported pertussis cases [J]. *Lancet Infectious Diseases*, 2022, 22(1): 21-22.
- 李玉峰. 聊城市儿童百日咳疫苗保护效果的病例对照研究[D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2018.  
Li YF. A case-control study on the protective effect of pertussis vaccine in children in Liaocheng City, China[D]. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2018.
- 李文豪, 邱春红, 彭远舟, 等. 深圳市 4 月龄-6 岁儿童百日咳疫苗保护效果的配对病例对照研究 [J]. *中国疫苗和免疫*, 2022, 28(5): 525-528.  
Li WH, Qiu CH, Peng YZ, et al. Effectiveness of pertussis vaccine among children 4 months to 6 years of age in Shenzhen city: a matched case-control study[J]. *Chinese Journal of Vaccines and Immunization*, 2022, 28(5): 525-528.
- 张梦, 吴丹, 李艺星, 等. 国外百日咳疫苗免疫原性与保护效果的关系研究进展[J]. *中国疫苗和免疫*, 2022, 28(4): 481-485.  
Zhang M, Wu D, Li YX, et al. The association of immunogenicity with effectiveness of foreign pertussis vaccine: a literature review[J]. *Chinese Journal of Vaccines and Immunization*, 2022, 28(4): 481-485.
- Szwejsjer-Zawislak E, Wilk MM, Piszczek P, et al. Evaluation of whole-cell and acellular pertussis vaccines in the context of long-term herd immunity[J]. *Vaccines(Basel)*, 2022, 11(1): 1.
- Schmitt P, Borkner L, Jazayeri SD, et al. Nasal vaccines for pertussis [J]. *Current Opinion in Immunology*, 2023, 84: 102355.
- Carollo M, Pandolfi E, Tozzi AE, et al. Humoral and B-cell memory responses in children five years after pertussis acellular vaccine priming[J]. *Vaccine*, 2014, 32(18): 2093-2099.
- 李国华, 卜洁琼. 日照市某小学一起百日咳暴发疫情流行病学调查[J]. *中国学校卫生*, 2023, 44(7): 1088-1091.  
Li GH, Bu JQ. Epidemiological investigation of an outbreak of pertussis in a primary school in Rizhao [J]. *Chinese Journal of School Health*, 2023, 44(7): 1088-1091.
- 孙炜玮, 陶泽新, 张岩, 等. 2022 年山东省 1 起百日咳疫苗高覆盖率小学百日咳暴发调查 [J]. *中国疫苗和免疫*, 2022, 28(6): 644-649.  
Sun WW, Tao ZX, Zhang Y, et al. Investigation of a pertussis outbreak in a primary school that had high pertussis vaccination coverage, Shandong province, 2022 [J]. *Chinese Journal of Vaccines and Immunization*, 2022, 28(6): 644-649.
- 赵晓燕, 宋泰霞, 岳勇. 成都市某学校百日咳聚集性疫情流行病学调查[J]. *中国初级卫生保健*, 2022, 36(7): 95-97, 100.  
Zhao XY, Song TX, Yue Y. Epidemiological investigation and analysis of rare pertussis aggregation in a certain school in Chengdu[J]. *Chinese Primary Health Care*, 2022, 36(7): 95-97, 100.
- 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): 317-327.  
Chinese Preventive Medicine Association, Vaccine and Immunology Branch of the Chinese Preventive Medicine Association. Expert consensus on the China Pertussis Initiative [J]. *Chinese Journal of Vaccines and Immunization*, 2021, 27(3): 317-327.
- 张梦, 吴丹, 李艺星, 等. 全球百日咳防控面临的挑战[J]. *中华流行病学杂志*, 2023, 44(3): 6.  
Zhang M, Wu D, Li YX, et al. Challenges to global pertussis prevention and control[J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2023, 44(3): 6.
- Xu JW, Liu SD, Liu Q, et al. The effectiveness and safety of pertussis booster vaccination for adolescents and adults: A systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(16): e15281.
- Hutchinson AF, Smith SM. Effectiveness of strategies to increase uptake of pertussis vaccination by new parents and family caregivers: A systematic review[J]. *Midwifery*, 2020, 87: 102734.
- Juscamayta-López E, Valdivia F, Soto MP, et al. Case-control study to estimate the association between Tdap vaccination during pregnancy and reduced risk of pertussis in newborn infants in Peru, 2019-2021[J]. *Open Forum Infectious Diseases*, 2023, 10(7): ofad325.
- Skoff TH, Deng L, Bozio CH, et al. US infant pertussis incidence trends before and after implementation of the maternal tetanus, diphtheria, and pertussis vaccine [J]. *JAMA Pediatrics*, 2023, 177(4): 395-400.
- 何寒青, 邓璇, 唐学雯, 等. 青少年和成人百日咳疫苗加强免疫策略卫生经济学研究的系统评价 [J]. *中国疫苗和免疫*, 2020, 26(3): 296-300.  
He HQ, Deng X, Tang XW, et al. Health and economic evaluations of pertussis booster vaccination for adolescents and adults: a systematic literature review [J]. *Chinese Journal of Vaccines and Immunization*, 2020, 26(3): 296-300.