

带状疱疹疫苗研发进展



邓颖^{1#}, 尹佳焜^{2#}, 童叶青³

1. 武汉儿童医院公共卫生科 (武汉 430015)
2. 湖北医药学院公共卫生与健康学院 (湖北十堰 442000)
3. 湖北省疾病预防控制中心传染病防治研究所 (武汉 430070)

【摘要】带状疱疹是由潜伏于神经节中的水痘-带状疱疹病毒再激活引发的簇集性水疱性皮肤病,常伴有严重的后遗症与并发症,不仅会显著降低患者的生活质量,还易引发心理负担。接种疫苗是预防带状疱疹最有效且经济的方案。带状疱疹重组蛋白疫苗是当前带状疱疹疫苗接种的主流选择。随着带状疱疹发病率的增高,国内外各生物制品企业积极研发信使 RNA (mRNA) 及各类型的带状疱疹疫苗,有效填补了我国相关领域的研发空白。本文系统综述带状疱疹的临床表现、流行病学特征,并对带状疱疹减毒活疫苗、重组蛋白带状疱疹疫苗、mRNA 带状疱疹疫苗、腺病毒载体带状疱疹疫苗和病毒样颗粒带状疱疹疫苗等当前上市及在研带状疱疹疫苗的研发进展进行梳理与分析,为该领域的研究和应用提供参考。

【关键词】带状疱疹; 带状疱疹疫苗; 带状疱疹减毒活疫苗; 重组蛋白带状疱疹疫苗; 免疫应答

【中图分类号】 R752.12; R956 **【文献标识码】** A

Research and development progress on herpes zoster vaccine

DENG Ying^{1#}, YIN Jiakun^{2#}, TONG Yeqing³

1. Department of Public Health, Wuhan Children's Hospital, Wuhan 430015, China
2. School of Public Health, Hubei University of Medicine, Shiyan 442000, Hubei Province, China
3. Institute of Infectious Disease Prevention and Control, Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention, Wuhan 430070, China

[#]Co-first authors: DENG Ying and YIN Jiakun

Corresponding author: TONG Yeqing, Email: t_yeqing@163.com

【Abstract】 Herpes zoster is a clustered blistering skin disease caused by the reactivation of the varicella-zoster virus latent in the ganglia, often accompanied by severe sequelae and complications, significantly reducing patients' quality of life and imposing psychological burdens. Vaccination is the most effective and economical option for preventing herpes zoster. At present, the herpes zoster recombinant protein vaccine is still the mainstream choice for current vaccination. With the increasing in the incidence of herpes zoster, domestic and foreign biological products companies have actively developed messenger RNA (mRNA) and various types of herpes zoster vaccines, effectively filling the gap in related fields in our country. This article systematically reviews

DOI: 10.12173/j.issn.1005-0698.202510051

[#] 共同第一作者

基金项目: 国家公共卫生领军人才项目 (20250113); 国家科技重大专项青年科学家项目 (2024ZD0529205)

通信作者: 童叶青, 博士, 主任医师, 博士研究生导师, Email: t_yeqing@163.com

the clinical manifestations and epidemiological characteristics of herpes zoster, and analyzes the research progress of currently marketed and pipeline herpes zoster vaccines, including live attenuated herpes zoster vaccine, recombinant protein herpes zoster vaccine, mRNA herpes zoster vaccine, adenovirus vector herpes zoster vaccine and virus-like particles herpes zoster vaccine, to provide reference for research and application in this field.

【Keywords】 Herpes zoster; Herpes zoster vaccine; Live attenuated herpes zoster vaccine; Recombinant protein herpes zoster vaccine; Immune response

带状疱疹 (herpes zoster), 俗称“缠腰丹”, 是由水痘-带状疱疹病毒 (varicella-zoster virus, VZV) 引发的感染性皮肤病, 其传染性相对较弱^[1]。该病好发于老年人及免疫力低下人群, 因皮疹呈沿神经分布的带状排列而得名。带状疱疹的病理特征为背根神经节或髓外颅神经节发生炎症反应, 常伴有受累神经支配区域皮肤黏膜出现簇集性水疱样皮疹^[2]。VZV 属于疱疹病毒科 α 疱疹病毒亚科, 为双链脱氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid, DNA) 病毒, 其结构由核衣壳蛋白与脂蛋白包膜组成, 核衣壳的包膜表面覆盖多种糖蛋白, 这些糖蛋白在病毒生命周期中发挥着重要作用, 同时还参与病毒与宿主免疫系统的相互作用^[3]。VZV 具有传染性, 可通过呼吸道飞沫传播或直接接触感染者的水疱性皮损传播。初次感染 VZV 多发生于儿童群体中, 临床表现为水痘, 典型症状有发热、乏力及剧烈瘙痒的水疱状皮疹, 且发病常呈季节性特征^[2]。初次感染后, VZV 常潜伏于脊髓后根神经节内。带状疱疹的发病率随着年龄增长、生活环境改变等因素的影响而升高。此外, 免疫功能低下的群体, 包括癌症患者、器官移植受者及人类免疫缺陷病毒 (human immunodeficiency virus, HIV) 感染者, 由于其对 VZV 的免疫应答功能受损, 不仅带状疱疹发病风险显著增加, 其接种水痘疫苗和带状疱疹疫苗后的效果与安全性方面也面临挑战^[2,4]。目前, 全球已上市的带状疱疹疫苗共 4 种, 其中带状疱疹减毒活疫苗和重组蛋白带状疱疹疫苗在我国获批上市^[4]。研究^[2]表明, 未接种疫苗的成年人或未曾感染过水痘的人群仍易感染 VZV。随着全球人口老龄化进程加快, 带状疱疹的发病率预计将持续上升。带状疱疹的高发病率不仅会加重患者的健康负担, 也将给医疗系统带来日益增长的经济负担。然而, 当前带状疱疹疫苗的生产设计以及特殊人群适配性存在不足, 给带状疱疹的防控带来严峻挑战。现对带状

疱疹疫苗的研发进展进行综述, 旨在为未来带状疱疹疫苗的研发和应用提供参考。

1 带状疱疹的临床表现

带状疱疹是一种以皮肤损害为主要特征, 同时伴有发热、乏力、神经痛等症状的常见疾病, 并且具有自限性。带状疱疹病情加重的情况下, 最常见的后遗症是带状疱疹后神经痛 (post-herpetic neuralgia, PHN)^[5], 此外, 还常伴有脑膜炎、脊髓根炎、小脑炎、血管病变和眼部并发症等。带状疱疹的皮损特点主要表现在簇集性水疱、丘疹、皮肤发红等皮肤性损害, 常分布于身体或腰部一侧, 呈带状。带状疱疹一般会出现前驱症状, 如发热、倦怠乏力及食欲不振, 约 1~3 d 后会在感觉不适的皮肤上出现水疱, 病情严重者的疱疹可融合成大片, 数日后结痂。带状疱疹患者中, PHN 的发生率为 9%~34%, 眼部并发症的发生率为 5%~20%, 血管病变的发生率为 0.3%~1%, 脊髓根炎的发生率为 0.2%~0.5%^[3]。带状疱疹的并发症不仅给患者带来身体和心理上的伤害, 而且严重影响患者的生活质量。

2 带状疱疹的流行病学特征

2.1 带状疱疹发病率的影响因素分析

年龄是影响带状疱疹发病率的关键因素之一。随着年龄增长, 人体免疫细胞功能呈进行性减退, 对潜伏于神经节内 VZV 的抑制能力随之减弱, 导致病毒更易被再次激活。带状疱疹的整体发病率为 3%~5%, 且随年龄增长呈显著上升趋势; 50 岁后带状疱疹发病率明显增长, 80 岁以上高龄老年人群带状疱疹的发病率可高达 10% 以上^[6]。由此可见, 带状疱疹的发病率与年龄呈正相关关系。

人体免疫力水平同样是影响带状疱疹发病的关键因素。当人体免疫力处于正常状态时, 感染水痘痊愈后潜伏于神经节内的 VZV 可被免疫系统

持续抑制，处于休眠状态，一般不会引发带状疱疹。当人体免疫力低下时，免疫系统对 VZV 的抑制作用会逐渐减弱，甚至完全丧失，此时潜伏的 VZV 会被重新激活并大量复制，沿神经纤维向皮肤扩散，引起局部急性炎症反应，最终发展为带状疱疹^[7]。不同人群因机体对潜伏 VZV 的免疫应答存在差异，导致带状疱疹的发病风险也各有不同。老年人群高发带状疱疹的原因在于年龄增长导致的免疫功能退化，使得特异性细胞免疫（cell-mediated immunity, CMI）水平降至维持病毒潜伏状态的临床阈值以下，进而大幅提升发病率^[8]。此外，慢性病人因长期免疫功能紊乱，导致免疫功能障碍，带状疱疹发病风险也显著增高，如糖尿病患者常伴有免疫缺陷，恶性肿瘤患者存在 CMI 水平下降的问题，均会导致带状疱疹的发病率增高^[9]。

性别也是影响带状疱疹发病率差异的重要因素。通常，女性带状疱疹发病率略高于男性，这可能与女性体内雌激素水平下降对免疫系统产生的不利影响有关，雌激素水平降低会削弱机体对 VZV 的免疫监视能力，从而增加带状疱疹的发病风险^[5]。全球范围内女性带状疱疹的发病率为 0.61%~1.28%，男性则为 0.43%~0.85%，不过这种性别差异在老年群体中会有所缩小^[10]。

2.2 带状疱疹传染性特征分析

带状疱疹患者是导致 VZV 蔓延的主要传染源，直接接触带状疱疹患者皮肤表面的水疱液是最主要的传播途径，水疱未结痂时具有传染性^[11]，一旦水疱充分干燥并结痂，便不再具有传染性。被水疱液污染的物品也可能造成 VZV 的间接传播，但概率相对较低。理论上，VZV 可能通过呼吸道飞沫传播，但这种情况非常少见，并非其主要传播途径^[12]。

人群中带状疱疹易感者比例越大，则人群中带状疱疹发病风险越高。有研究^[13]表明，未接种带状疱疹疫苗的人群在一定程度上属于患带状疱疹的易感人群，尤其是免疫力低下的人群。易感人群接种带状疱疹疫苗可降低其发病风险，减轻患病严重程度。

3 带状疱疹疫苗研发进展

3.1 带状疱疹减毒活疫苗

带状疱疹减毒活疫苗 Zostavax 由美国默沙东

公司研发，于 2005 年 12 月获美国食品药品监督管理局（Food and Drug Administration, FDA）批准上市^[14]。该疫苗与水痘减毒活疫苗的研发均基于 VZV 的 Oka 株，二者的区别在于病毒噬斑形成单位（plaque forming unit, PFU）的数目及临床给药剂量^[15]。临床研究^[16]表明，Zostavax 疫苗在日本、美国的健康人群和免疫功能低下的儿童及成人中，均展现出良好的安全性、免疫原性和临床保护效果。该疫苗只需要接种 1 剂，接种后 5 年内的保护效力约为 50%，且保护效力在接种后的 5~8 年呈逐步衰减趋势；其中，在 50~60 岁接种人群中，接种后第 8 年的保护效力下降至 32%，而在 60 岁以上接种人群中，接种 8 年后的保护效力已无统计学意义^[17]。当第 2 次免疫应答时，Zostavax 诱导的 CMI 应答在 3 年内呈明显下降趋势，相较于初次免疫应答人群，仅记忆性免疫反应略占优势^[17-18]。Zostavax 的作用机制是当减毒活疫苗进入人体后，可增强针对病毒的特异性 T 细胞 CMI 应答，进而有效预防带状疱疹及 PHN 的发生^[19]。临床试验^[20]结果显示，Zostavax 接种后 5 d 内，注射部位反应的发生率为 63.6%。其中，发生率 $\geq 1\%$ 的不良反应包括疼痛（53.9%）、红斑（48.1%）、肿胀（40.4%）、瘙痒（11.3%）、局部发热（3.7%）、血肿（1.6%）和硬结（1.1%）^[21]。另外两款带状疱疹减毒活疫苗 SkyZoster 和 Canvar 的研发工作已在国内外取得突破性进展。其中，SkyZoster 于 2017 年 9 月率先获得韩国食品药品安全处（Ministry of Food and Drug Safety, MFDS）批准上市，之后又于 2023 年 1 月 9 日获马来西亚国家药品监督管理局（National Pharmaceutical Regulatory Agency, NPRA）正式授权^[22]。一项 III 期临床试验^[23]结果显示，SkyZoster 具有良好的免疫原性和安全性，在入组的 824 例年龄 ≥ 50 岁接种人群中，其抗 VZV 抗体滴度显著提升，增幅达 2.75 倍。此外，SkyZoster 在诱导 CMI 方面的表现与 Zostavax 相当，且两者接种后 6 周内的不良反应发生率无显著差异，经长达 26 周的随访观察，未报告任何与疫苗相关的严重不良反应。与此同时，由长春百克生物科技有限公司自主研发的单剂量带状疱疹减毒活疫苗 Canvar，已于 2023 年 6 月 3 日在我国获批上市，该疫苗专为年龄 ≥ 40 岁人群设计，填补了 40~50 岁年龄段带状疱疹疫苗接种的市场空白^[24]。临床

研究^[25]的数据显示, Canvar 对 ≥ 40 岁人群的整体保护率达 57.6%。此外, 韩国 SK 生物制药公司研发的新型带状疱疹减毒活疫苗 NBP608, 采用了与 Zostavax 相同的 MRC-5 细胞株及 Oka 病毒株进行制备, 研发目标是实现与 Zostavax 相当的防护效果^[26]。临床研究^[27]表明, NBP608 具有良好的安全性与耐受性, 免疫原性与 Zostavax 相比并无显著差异, 且能够有效诱导老年人群产生较强的免疫应答。不过, 由于带状疱疹减毒活疫苗的研发周期相对较短, NBP608 在安全性与免疫原性方面与其他同类疫苗的对比性数据尚不明确^[28]。因此, 研发安全性更高、保护效力更持久的带状疱疹疫苗, 具有十分重要的现实意义与迫切需求。

3.2 重组蛋白带状疱疹疫苗

由英国葛兰素史克公司研发的重组蛋白带状疱疹疫苗欣安立适 (Shingrix), 于 2017 年 10 月在美国和加拿大获批上市, 用于预防 50 岁及以上成年人带状疱疹的发生^[29]。2020 年, Shingrix 获批进入中国市场, 成为当时国内唯一一款针对预防带状疱疹的疫苗。该疫苗包含重组水痘-带状疱疹病毒糖蛋白 E (glycoprotein E, VZVgE) 抗原, 搭配 AS01B 佐剂系统; 其中, VZVgE 抗原也是诱发机体产生 VZV 特异性 CD4⁺ T 细胞应答的关键靶标^[30]。多项 I 期、I/II 期及 II 期研究^[31]表明, ≥ 50 岁人群间隔 1~2 个月接种 2 剂重组蛋白带状疱疹疫苗 Shingrix 后, 耐受性良好, 且能有效诱导机体产生 VZV 特异性及 VZVgE 特异性 CD4⁺ T 细胞应答和抗体应答。一项针对 ≥ 60 岁成年人的长期随访研究^[32], 在 II 期剂量范围探索性试验中, 对受试者接种 Shingrix 1 剂或安慰剂后 10 年内的体液免疫水平及 CMI 应答进行了评估, 结果显示 shingrix 能激发强烈且持久的免疫应答, 其保护作用在接种后至少 10 年内依然显著。目前, Shingrix 已成为带状疱疹疫苗领域的主流产品, 同类疫苗或处于研发阶段, 或面临被替代的局面。该疫苗基于 VZVgE 蛋白改造研发而成, 该蛋白具备很高的糖蛋白特性和优异的免疫原性^[33]。III 期临床试验^[33]结果显示 Shingrix 的整体保护率达 97.2%, 其中, 对 50~59 岁人群的保护率为 96.6%, 60~69 岁的人群为 97.4%, ≥ 70 岁人群可达 97.9%, 且保护率可持续 3 年而不上降。上市后临床研究数据显示, 接种第 1 剂 Shingrix 的

保护率为 56.9%, 接种第 2 剂后保护率可提升至 70.1%^[34]。在预防 PHN 方面, 完成两剂 Shingrix 接种后的保护率为 76.0%, 该数值明显低于临床试验的评估结果^[35]。由于 Shingrix 作为重组蛋白带状疱疹疫苗, 不存在病毒复制风险, 因此可用于免疫功能低下人群的接种, 但临床数据^[36]显示, 约 10% 的接种者在接种后会出现持续 1~2 d 的全身反应。研究^[34-36]还发现, 80 岁及以上老年人群, 或在第 1 剂接种后 ≥ 180 d 才接种第 2 剂的重组蛋白带状疱疹疫苗受种者, 其双剂保护效力相近。此外, 接种 2 剂重组蛋白带状疱疹疫苗后, 对 PHN 的预防效果显著, 尤其对累及眼部的带状疱疹 PHN 预防效果显著。

国内多家企业的带状疱疹疫苗研发也已推进至不同阶段。2025 年 6 月 18 日, 上海立维斯德生物公司研发的重组蛋白带状疱疹疫苗, 其新药临床试验申请已获国家药品监督管理局 (National Medical Products Administration, NMPA) 正式受理, 该疫苗安全性良好、不良反应发生率低, 适用于 40 岁及以上人群^[37]。北京华诺泰生物医药科技有限公司研发的重组蛋白带状疱疹疫苗, 已于 2025 年上半年完成 II 期临床试验, 并在同年 9 月正式启动 III 期临床试验^[38]。成都迈科康生物科技有限公司研发的重组蛋白带状疱疹疫苗, 则早在 2023 年 5 月就已进入 III 期临床试验阶段^[39]。

美国免疫实践咨询委员会 (Advisory Committee on Immunization Practices, ACIP) 建议, 50 岁及以上健康成人优先接种重组亚单位带状疱疹疫苗。针对特殊人群接种重组亚单位的带状疱疹疫苗建议包括: 带状疱疹复发率较高, 有该疾病病史的成年人应接种; 患有多种慢性疾病的成年人也推荐接种。由于免疫功能受损人群的重组亚单位带状疱疹疫苗接种研究尚不充分, ACIP 目前尚未对这一特定人群的接种给出明确建议^[40]。

3.3 信使 RNA 带状疱疹疫苗

由嘉晨西海生物技术公司研发的信使 RNA (messenger RNA, mRNA) 带状疱疹疫苗于 2022 年 12 月在美国首次公示相关信息, 目前已进入 II 期临床试验阶段, 用于 40 岁以上的受试人群^[41]。该款 mRNA 带状疱疹疫苗利用编码 VZV 抗原的核酸片段, 引导宿主细胞生成特定的抗原蛋白, 这一机制可有效激发机体产生强烈的免疫反应, 并诱导持久的体液免疫与 CMI 应答^[42]。mRNA 带

带状疱疹疫苗独特的抗原表达模式及表达部位,有助于激发强烈的CMI,为带状疱疹疫苗的研发提供了广阔的应用潜力^[43]。此外,该类疫苗去除了活病毒成分,显著提升了安全性,从而降低了感染风险,并大幅缩短了疫苗研发与生产的时间周期。目前,全球多家企业的mRNA带状疱疹疫苗研发已进入临床试验阶段,但目前尚未有相关产品获批上市^[44]。武汉瑞吉生物公司研发的mRNA带状疱疹疫苗于2024年10月获得NMPA临床试验许可,并于2025年4月正式启动I期临床试验^[45]。Moderna公司的带状疱疹疫苗候选产品mRNA-1468已进行I/II期临床试验,受试者接种第2剂后1个月内诱导出强烈的抗原特异性T细胞应答,且耐受性良好,为其后续的临床研究奠定了坚实基础^[46]。辉瑞与德国BioNTech公司也已于2023年2月启动了其基于mRNA技术的带状疱疹疫苗候选产品的II期临床试验^[47]。此外,深圳深信生物公司研发的mRNA带状疱疹疫苗IN001,于2023年9月获美国FDA批准进入临床试验,并于2024年7月顺利通过中国NMPA审评,获准开展I期临床试验^[48]。2024年12月25日,NMPA批准北京科兴生物技术公司冻干mRNA带状疱疹疫苗临床试验申请,该疫苗拟用于为≥40岁人群诱导针对VZV的保护性免疫^[49]。中国生物上海生物制品研究所与荣灿生物医药技术有限公司联合研发的mRNA带状疱疹疫苗于2025年4月11日获得NMPA临床试验批准,临床数据^[50]显示,该疫苗具有较好的免疫原性,可在多种动物模型中诱导产生高水平的抗体反应及CMI应答。mRNA带状疱疹疫苗的研发技术可以调整疫苗的抗原设计,达到灵活应对病毒变异的效果,但该类疫苗的安全性现阶段仍需更多临床数据予以验证和支持^[51]。同时,mRNA疫苗对冷藏运输条件的严苛要求,也在一定程度上增加了疫苗的区域流通难度,限制了其在偏远地区的普及应用^[52]。

3.4 腺病毒载体带状疱疹疫苗

腺病毒载体带状疱疹疫苗是一类新型带状疱疹疫苗,首款相关产品已于2023年11月在加拿大启动I期临床试验^[53]。此类疫苗所采用的腺病毒、痘苗病毒等载体,均经过基因工程改造,以最大限度保障人体接种安全性,同时确保高效抗原表达和强大的免疫激活效果。其中,由康希诺

生物公司与Vaccitech Limited合作研发的腺病毒载体带状疱疹疫苗,拟用于50岁以上人群的带状疱疹预防^[54]。该疫苗的作用机制在于,借助载体病毒天然的细胞感染能力,实现VZV抗原(以糖蛋白E为主)的高效递送与呈递,进而有效激活宿主的特异性免疫应答^[55]。此外,病毒载体具有高度的灵活性,可通过基因工程手段优化其免疫原性和稳定性,进一步提升其治疗潜力^[56]。腺病毒载体带状疱疹疫苗旨在结合减毒活疫苗的强免疫原性与亚单位疫苗的安全性优势,为不同人群提供更安全、高效的免疫接种选择。相关临床研究^[57]显示,该疫苗诱导的体液免疫水平与Shingrix无显著差异,而系统性CMI水平则明显高于Shingrix,据此推测其保护效力或更具优势。尽管腺病毒载体带状疱疹疫苗目前仍处于临床试验阶段,但已有初步研究^[58]显示,其有望诱导机体产生强效的保护性免疫应答。在小鼠模型中一款重组杆状病毒载体疫苗AcHERVgE-gB诱导产生的总免疫球蛋白G(immunoglobulin G, IgG)、IgG2a及中和抗体水平,与基于Oka病毒株研发的疫苗相当甚至更优,同时还能显著激发针对VZV的特异性细胞介导免疫反应^[59]。未来,腺病毒载体带状疱疹疫苗的研究方向应聚焦于开发兼具安全性和高效性的病毒载体,优化抗原递送途径与免疫应答调控机制,并评估该类疫苗与现有疫苗的兼容性。

3.5 病毒样颗粒带状疱疹疫苗

病毒样颗粒(virus-like particles, VLP)带状疱疹疫苗是一类新型的带状疱疹疫苗。该类疫苗采用VLP技术研发,能够模拟病毒的结构和形态,但不包含病毒的遗传物质,因此兼具较好的安全性和免疫原性^[60]。2024年3月,广州派诺生物宣布其研发的VLP带状疱疹疫苗正式启动I期临床试验,该疫苗也成为全球首款进入临床阶段的采用VLP技术路线的带状疱疹疫苗。目前,重组VLP带状疱疹疫苗LYB004的研发进展也比较快,其国内临床试验申请已于2024年7月19日获NMPA正式受理^[61]。各类带状疱疹疫苗研发进展见表1。

4 挑战与展望

近年来,疫苗研发技术的不断进步推动了重组亚单位带状疱疹疫苗的快速的发展,这一进展主

表1 各类带状疱疹疫苗研发进展

Table 1. Progress in the research and development of various herpes zoster vaccines

疫苗名称	公司名称	研发进展	公示或启动时间
带状疱疹减毒活疫苗 Zostavax	美国默沙东公司	获 FDA 批准	2005年12月
带状疱疹减毒活疫苗 SkyZoster	韩国 SK 生物制药公司	获 MFDS 批准	2017年9月
带状疱疹减毒活疫苗 Canvar	长春百克生物科技有限公司	获 NMPA 批准	2023年6月
NBP608 带状疱疹减毒活疫苗	韩国 SK 生物制药公司	获 MFDS 批准	2017年10月
重组蛋白带状疱疹疫苗 Shingrix	英国葛兰素史克公司	获 FDA 批准	2017年10月
重组蛋白带状疱疹疫苗	北京华诺泰公司	III期临床试验	2025年9月
重组蛋白带状疱疹疫苗	上海立维斯德公司	NMPA 受理其新药临床试验申请	2025年6月
重组蛋白带状疱疹疫苗	成都迈科康生物科技有限公司	III期临床试验	2023年5月
mRNA 带状疱疹疫苗	嘉晨西海生物技术公司	II期临床试验	2022年12月
mRNA 带状疱疹疫苗	武汉瑞吉生物公司	I期临床试验	2025年4月
mRNA 带状疱疹疫苗	辉瑞公司与德国 BioNTech 公司	II期临床试验	2023年2月
mRNA 带状疱疹疫苗 IN001	深圳深信生物公司	获 NMPA 批准进行I期临床试验	2024年7月
mRNA 带状疱疹疫苗	北京科兴生物技术公司	获 NMPA 批准进行临床试验	2024年12月
mRNA 带状疱疹疫苗	中国生物上海生物制品研究所	获 NMPA 批准进行临床试验	2025年4月
腺病毒载体带状疱疹疫苗	康希诺生物公司	I期临床试验	2023年11月
VLP 带状疱疹疫苗	广州派诺生物公司	I期临床试验	2024年3月

要得益于免疫原设计、佐剂系统及递送平台等领域的创新，这些创新显著提升了疫苗的免疫原性^[62]。当前，纳米技术已成为带状疱疹疫苗研发的主流方向之一，此技术主要包括脂质纳米粒递送技术与通用型类病毒纳米颗粒技术两项^[63]。其中，脂质纳米粒递送技术主要应用于 mRNA 带状疱疹疫苗的研发，其核心是通过脂质纳米粒包裹编码 VZVgE 的 mRNA；而通用型类病毒纳米颗粒技术则是派诺生物公司自主研发的重组纳米颗粒疫苗技术，该技术不仅可降低疫苗对强佐剂的依赖，还能诱导产生比上市带状疱疹疫苗更高水平、更持久的 CD4⁺ 与 CD8⁺ T 细胞应答，同时不良反应发生率更低^[64]。尽管带状疱疹减毒活疫苗存在一定潜在风险，但其已证实的保护作用及相对可控的安全性特征，使其仍可纳入常规免疫接种计划。因此，疫苗接种策略的制定需充分考量这些免疫学因素。在高风险人群中开展疫苗接种前的免疫功能评估，并强化接种后的随访监测，这对于降低不良反应发生风险、防控病毒传播至关重要^[65]。此外，VZV 具备外源基因表达能力，使其成为疫苗设计中用途广泛的病毒载体，有望应用于多种病毒感染性疾病的防控^[66]。目前，基于 VZV 的疫苗研发技术已被用于 HIV 疫苗的研发，相关研究^[67]显示其具有增强全身及生殖道黏膜免疫应答的潜力。总体而言，带状疱疹疫苗的研究需聚焦新型佐剂系统的开发或新型载体的应用，以实现更高的保护效力和更优的安全

性^[68]。未来，随着临床试验的不断深入与技术的持续更新，带状疱疹疫苗有望进一步降低带状疱疹发病率、减少并发症发生，从而为全球公共卫生领域减轻负担。

5 结语

带状疱疹不仅会引发皮肤感染，还可能导致多种并发症，同时给患者带来沉重的身体与精神负担。现阶段针对带状疱疹尚无特效治疗药物，因此接种带状疱疹疫苗是预防该疾病的重要手段。带状疱疹疫苗主要面向的接种人群为老年人及免疫力低下者，其预防效果直接取决于疫苗的保护效力。在各类带状疱疹疫苗中，重组蛋白带状疱疹疫苗是目前应用最广泛、接受度最高的品类。以 Shingrix 为代表的重组蛋白疫苗虽具备优异的保护效果，但由于其配方复杂，导致产能与供应受限。因此，研发安全高效的新型带状疱疹疫苗具有重要现实意义。随着全球老龄化进程加快，老年人群占比持续上升，带状疱疹易感性人群规模扩大，疫苗的市场接种前景十分广阔。当前，已上市的带状疱疹减毒活疫苗不能用于免疫力低下的患者，而重组蛋白带状疱疹疫苗虽适用于该类人群，但可能引发不良反应。mRNA 疫苗展现出激发免疫应答的独特潜力，为带状疱疹预防提供了多元化选择。腺病毒载体带状疱疹疫苗则凭借其独特的传递机制，在激活 CMI 方面表现出显著优势。

综上，随着中国乃至全球老龄化趋势的加剧，

带状疱疹疫苗的相关研究仍需进一步推进,以应对老年人口增长带来的健康挑战。带状疱疹的疫苗接种作为一项关键的公共卫生策略,能够有效预防重症病例发生、显著降低死亡率,对保障公众健康具有重要意义。

利益冲突声明: 作者声明本研究不存在任何经济或非经济利益冲突。

参考文献

- Aksu SB, Öztürk GZ. A rare case of shingles after COVID-19 vaccine: is it a possible adverse effect?[J]. *Clin Exp Vaccine Res*, 2021, 10(2): 198–201. DOI: [10.7774/cevr.2021.10.2.198](https://doi.org/10.7774/cevr.2021.10.2.198).
- Liu H, Cui L, Zhang S, et al. Research progress on varicella-zoster virus vaccines[J]. *Vaccines (Basel)*, 2025, 13(7): 730. DOI: [10.3390/vaccines13070730](https://doi.org/10.3390/vaccines13070730).
- 胡帅鹏, 张静静, 王朋超, 等. 带状疱疹疫苗研究进展 [J]. *中国病毒病杂志*, 2022, 12(5): 390–395. [Hu SP, Zhang JJ, Wang PC, et al. Research progress of herpes zoster vaccine[J]. *Chinese Journal of Viral Diseases*, 2022, 12(5): 390–395.] DOI: [10.16505/j.2095-0136.2022.0076](https://doi.org/10.16505/j.2095-0136.2022.0076).
- Jin H, Ji Y, An J, et al. Engineering Escherichia coli for constitutive production of monophosphoryl lipid A vaccine adjuvant[J]. *Biotechnol Bioeng*, 2024, 121(3): 1144–1162. DOI: [10.1002/bit.28638](https://doi.org/10.1002/bit.28638).
- 陈静, 张强春, 张长国, 等. 普瑞巴林治疗疱疹后神经痛 31 例 [J]. *药物流行病学杂志*, 2013, 22(3): 121–122, 138. [Chen J, Zhang QC, Zhang CG, et al. Pregabalin in the treatment of postherpetic neuralgia in 31 cases[J]. *Chinese Journal of Pharmacoepidemiology*, 2013, 22(3): 121–122, 138.] DOI: [10.19960/j.cnki.issn1005-0698.2013.03.005](https://doi.org/10.19960/j.cnki.issn1005-0698.2013.03.005).
- 张月, 毛子安. 带状疱疹疫苗的研究现状及临床评价 [J]. *微生物学免疫学进展*, 2025, 53(5): 88–94. [Zhang Y, Mao ZA. Research status and clinical evaluation of herpes zoster vaccine[J]. *Microbiology and Immunology Exhibition*, 2025, 53(5): 88–94.] DOI: [10.13309/j.cnki.pmi.2025.05.013](https://doi.org/10.13309/j.cnki.pmi.2025.05.013).
- Rouse BT, Schmid DS. Fraternal twins: the enigmatic role of the immune system in alphaherpesvirus pathogenesis and latency and its impacts on vaccine efficacy[J]. *Viruses*, 2022, 14(5): 862. DOI: [10.3390/v14050862](https://doi.org/10.3390/v14050862).
- 张雪. 18 岁及以上人群带状疱疹发病时间趋势及发病影响因素研究 [D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2024. DOI: [10.27465/d.cnki.gzzyc.2024.000070](https://doi.org/10.27465/d.cnki.gzzyc.2024.000070).
- Gao C, Gao S, Zhao R, et al. Association between systemic immune-inflammation index and cardiovascular-kidney-metabolic syndrome[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 19151. DOI: [10.1038/s41598-024-69819-0](https://doi.org/10.1038/s41598-024-69819-0).
- 熊梅, 骆志成. 带状疱疹流行病学研究进展 [J]. *实用临床医药杂志*, 2022, 26(7): 144–148. [Xiong M, Luo ZC. Research progress on epidemiology of herpes zoster[J]. *Journal of Practical Clinical Medicine*, 2022, 26(7): 144–148.] DOI: [10.7619/jcmp.20214502](https://doi.org/10.7619/jcmp.20214502).
- Pan CX, Lee MS, Nambudiri VE. Global herpes zoster incidence, burden of disease, and vaccine availability: a narrative review[J]. *Ther Adv Vaccines Immunother*, 2022, 10: 25151355221084535. DOI: [10.1177/25151355221084535](https://doi.org/10.1177/25151355221084535).
- Schmader K. Herpes zoster[J]. *Ann Intern Med*, 2018, 169(3): ITC19–ITC31. DOI: [10.7326/AITC201808070](https://doi.org/10.7326/AITC201808070).
- 李娟, 吴疆. 带状疱疹的流行病学和疫苗免疫策略 [J]. *慢性病学杂志*, 2021, 22(8): 1145–1151. [Li J, Wu J. Epidemiology and vaccine immunization strategies of herpes zoster[J]. *Journal of Chronic Diseases*, 2021, 22(8): 1145–1151.] DOI: [10.16440/J.CNKI.1674-8166.2021.08.01](https://doi.org/10.16440/J.CNKI.1674-8166.2021.08.01).
- Bloch KC, Johnson JG. Varicella zoster virus transmission in the vaccine era: unmasking the role of herpes zoster[J]. *J Infect Dis*, 2012, 205(9): 1331–1333. DOI: [10.1093/infdis/jis214](https://doi.org/10.1093/infdis/jis214).
- Tommasi C, Drousioti A, Breuer J. The live attenuated varicella-zoster virus vaccine vOka: Molecular and cellular biology of its skin attenuation[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2025, 21(1): 2482286. DOI: [10.1080/21645515.2025.2482286](https://doi.org/10.1080/21645515.2025.2482286).
- Parikh R, Widenmaier R, Lecrenier N. A practitioner's guide to the recombinant zoster vaccine: review of national vaccination recommendations[J]. *Expert Rev Vaccines*, 2021, 20(9): 1065–1075. DOI: [10.1080/14760584.2021.1956906](https://doi.org/10.1080/14760584.2021.1956906).
- Harbecke R, Cohen JL, Oxman MN. Herpes zoster vaccines[J]. *J Infect Dis*, 2021, 224(12 Suppl 2): S429–S442. DOI: [10.1093/infdis/jiab387](https://doi.org/10.1093/infdis/jiab387).
- Dagnew AF, Ilhan O, Lee WS, et al. Immunogenicity and safety of the adjuvanted recombinant zoster vaccine in adults with haematological malignancies: a phase 3, randomised, clinical trial and post-hoc efficacy analysis[J]. *Lancet Infect Dis*, 2019, 19: 988–1000. DOI: [10.1016/S1473-3099\(19\)30163-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30163-X).
- Litt J, Cunningham AL, Arnalich-Montiel F, et al. Herpes zoster ophthalmicus: presentation, complications, treatment, and prevention[J]. *Infect Dis Ther*, 2024, 13(7): 1439–1459. DOI: [10.1007/s40121-024-00990-7](https://doi.org/10.1007/s40121-024-00990-7).
- 李娟, 李靖欣, 金鹏飞, 等. 带状疱疹疫苗临床研究进展 [J]. *中华疾病控制杂志*, 2019, 23(11): 1409–1414. [Li J, Li JX, Jin PF, et al. Progress in research of clinical trials of herpes zoster vaccines[J]. *Chinese Journal of Disease Control and Prevention*, 2019, 23(11): 1409–1414.] DOI: [10.16462/j.cnki.zhjbkz.2019.11.022](https://doi.org/10.16462/j.cnki.zhjbkz.2019.11.022).
- FDA. Shingrix (zoster vaccine recombinant, adjuvanted), suspension for intramuscular injection) package insert[EB/OL]. (2019-06-06) [2025-07-01]. <https://www.fda.gov/media/108597/download>.
- Yaegashi M, Matsui H, Yoshida A, et al. A retrospective cohort study evaluating the incidence of herpes zoster and postherpetic neuralgia after a live attenuated Oka-strain herpes zoster vaccine in a real-world setting in Japan[J]. *Vaccine*, 2024, 42(3): 464–470. DOI: [10.1016/j.vaccine.2023.12.082](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.12.082).
- Alexandra Echeverria Proano D, Zhu F, Sun X, et al. Efficacy,

- reactogenicity, and safety of the adjuvanted recombinant zoster vaccine for the prevention of herpes zoster in Chinese adults ≥ 50 years: a randomized, placebo-controlled trial[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2024, 20(1): 2351584. DOI: 10.1080/21645515.2024.2351584.
- 24 Pan HX, Qiu LX, Liang Q, et al. Immunogenicity and safety of an ORF7-deficient skin-attenuated and neuro-attenuated live vaccine for varicella: a randomised, double-blind, controlled, phase 2a trial[J]. *Lancet Infect Dis*, 2024, 24(8): 922-934. DOI: 10.1016/S1473-3099(24)00159-2.
- 25 Boutry C, Hastie A, Diez-Domingo J, et al. The adjuvanted recombinant zoster vaccine confers long-term protection against herpes zoster: interim results of an extension study of the pivotal phase 3 clinical trials ZOE-50 and ZOE-70[J]. *Clin Infect Dis*, 2022, 74(8): 1459-1467. DOI: 10.1093/cid/ciab629.
- 26 Choi WS, Choi JH, Jung DS, et al. Immunogenicity and safety of a new live attenuated herpes zoster vaccine (NBP608) compared to Zostavax (R) in healthy adults aged 50 years and older[J]. *Vaccine*, 2019, 37(27): 3605-3610. DOI: 10.1016/j.vaccine.2019.04.046.
- 27 Newswire P. SK bioscience's zoster vaccine receives biologics license application approval in Malaysia[EB/OL]. (2023-01-09) [2025-07-01]. <https://en.prnasia.com/releases/global/sk-bioscience-s-zoster-vaccine-receives-biologics-license-application-approval-in-malaysia-389846.shtml>.
- 28 BCHT. Live attenuated herpes zoster vaccine: Canvar[®][EB/OL]. (2023-04-13) [2025-07-01]. <http://www.bchtpharm.com/Home/Article/detail/id/905.html>.
- 29 RxList. Zostavax[DB/OL]. (2024-09-26) [2025-07-01]. https://www.rxlist.com/zostavax-drug.htm#side_effects.
- 30 段立津, 高辉, 毛倩, 等. 水痘带状疱疹疫苗研发进展 [J]. *中国预防医学杂志*, 2023, 24(11): 1258-1264. DOI: 10.16506/j.1009-6639.2023.11.021.
- 31 Dooling KL, Guo A, Patel M, et al. Recommendations of the advisory committee on immunization practices for use of herpes zoster vaccines[J]. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 2018, 67(3): 103-108. DOI: 10.15585/mmwr.mm6703a5.
- 32 Hastie A, Catteau G, Enemu A, et al. Immunogenicity of the adjuvanted recombinant zoster vaccine: persistence and anamnestic response to additional doses administered 10 years after primary vaccination[J]. *J Infect Dis*, 2021, 224(12): 2025-2034. DOI: 10.1093/infdis/jiaa300.
- 33 Miller ER, Lewis P, Shimabukuro TT, et al. Post-licensure safety surveillance of zoster vaccine live (Zostavax[®]) in the United States, Vaccine Adverse Event Reporting System (VAERS), 2006-2015[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2018, 14(8): 1963-1969. DOI: 10.1080/21645515.2018.1456598.
- 34 Lang PO, Aspinall R. Vaccination for quality of life: herpes-zoster vaccines[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2021, 33(4): 1113-1122. DOI: 10.1007/s40520-019-01374-5.
- 35 Tang E, Ray I, Arnold BF, et al. Recombinant zoster vaccine and the risk of dementia[J]. *Vaccine*, 2025, 46: 126673. DOI: 10.1016/j.vaccine.2024.126673.
- 36 Mollo A, Peri M, Lodi L, et al. Considering recombinant herpes zoster vaccine for fragile pediatric patients: a new opportunity[J]. *Vaccine*, 2025, 53: 127072. DOI: 10.1016/j.vaccine.2025.127072.
- 37 Rayens E, Sy LS, Qian L, et al. Effectiveness and safety of the recombinant zoster vaccine in individuals ≥ 50 years of age with rheumatoid arthritis: a matched cohort and self-controlled case series study[J]. *Ann Rheum Dis*, 2025, 84(6): 960-969. DOI: 10.1016/j.ard.2025.01.045.
- 38 Stempniewicz N, Davenport E, Wang J, et al. Herpes zoster vaccination: primary care provider knowledge, attitudes, and practices[J]. *Hum Vaccin Immunother*. 2025, 21(1): 2488093. DOI: 10.1080/21645515.2025.2488093.
- 39 Huang L, Zhao T, Zhao W, et al. Herpes zoster mRNA vaccine induces superior vaccine immunity over licensed vaccine in mice and rhesus macaques[J]. *Emerg Microbes Infect*, 2024, 13(1): 2309985. DOI: 10.1080/22221751.2024.2309985.
- 40 Chaudhary N, Weissman D, Whitehead KA. mRNA vaccines for infectious diseases: principles, delivery and clinical translation[J]. *Nat Rev Drug Discov*, 2021, 20: 817-838. DOI: 10.1038/s41573-021-00283-5.
- 41 Moderna. Moderna advances multiple vaccine programs to late-stage clinical trials[EB/OL]. (2024-03-27) [2025-07-01]. <https://news.modernatx.com/news/news-details/2024/Moderna-Advances-Multiple-Vaccine-Programs-to-Late-Stage-Clinical-Trials/default.aspx>.
- 42 Izurieta HS, Wu X, Forshee R, et al. Recombinant zoster vaccine (Shingrix): real-world effectiveness in the first 2 years post-licensure[J]. *Clin Infect Dis*, 2021, 73(6): 941-948. DOI: 10.1093/cid/ciab125.
- 43 丁惠如. 表达水痘-带状疱疹病毒 gE 蛋白的重组腺病毒载体疫苗不同免疫途径效果研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2023. DOI: 10.26944/d.cnki.gbjfu.2023.001019.
- 44 Dynavax. Advancing a broad pipeline of vaccines to prevent infectious diseases[EB/OL]. (2022-10-01) [2025-07-01]. <https://www.dynavax.com/pipeline/#trials>.
- 45 Pfizer. Pfizer and BioNTech initiate phase 1/2 study of first mRNA-based shingles vaccine program[EB/OL]. (2023-02-10) [2025-07-01]. <https://www.pfizer.com/news/announcements/pfizer-and-biontech-initiate-phase-1-2-study-first-mrna-based-shingles-vaccine>.
- 46 Innorna. Innorna shingles mRNA vaccine IN001 has been approved for clinical trials in China[EB/OL]. (2024-07-23) [2025-07-01]. <https://www.innorna.com/cn/news/314.html>.
- 47 Ulaszewska M, Merelie S, Sebastian S, et al. Preclinical immunogenicity of an adenovirus-vectored vaccine for herpes zoster[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2023, 19(1): 2175558. DOI: 10.1080/21645515.2023.2175558.
- 48 张雅丽, 苏文哲, 马超锋, 等. 抗水痘-带状疱疹病毒药物的耐药研究进展 [J]. *中华预防医学杂志*, 2023, 57(2): 259-267. [Zhang YL, Su WZ, Ma CF, et al. Research progress on drug resistance of anti-varicella-zoster virus drugs[J]. *Chinese Journal*

- of Preventive Medicine, 2023, 57(2): 259–267.] DOI: [10.3760/cma.j.cn112150-20220825-00839](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112150-20220825-00839).
- 49 SINOVA. SINOVA freeze-dried herpes zoster virus mRNA vaccine approved for clinical use[EB/OL]. (2024-12-26) [2025-07-01]. <https://www.sinovac.com/zh-cn/news/id-3385>.
- 50 Shah R, Amador C, Tormanen K, et al. Systemic diseases and the cornea[J]. *Exp Eye Res*, 2021, 204: 108455. DOI: [10.1016/j.exer.2021.108455](https://doi.org/10.1016/j.exer.2021.108455).
- 51 Walewangko OC, Purnomo JS, Jo PA, et al. Prophylactic vaccination strategies for adult patients with diabetes: a narrative review of safety profiles and clinical effectiveness[J]. *Clin Exp Vaccine Res*, 2025, 14(2): 101–115. DOI: [10.7774/cevr.2025.14.e11](https://doi.org/10.7774/cevr.2025.14.e11).
- 52 García A, Vallejo-Aparicio LA, Cambronero Martínez R. The public health impact of recombinant herpes zoster vaccination in adults over 50 years in Spain[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2024, 20(1): 2366353. DOI: [10.1080/21645515.2024.2366353](https://doi.org/10.1080/21645515.2024.2366353).
- 53 Marra Y, Lalji F. Prevention of herpes zoster: a focus on the effectiveness and safety of herpes zoster vaccines[J]. *Viruses*, 2022, 14(12): 2667. DOI: [10.3390/v14122667](https://doi.org/10.3390/v14122667).
- 54 Wollina U, Chiriac A, Kocic H, et al. Cutaneous and hypersensitivity reactions associated with COVID-19 vaccination—a narrative review[J]. *Wien Med Wochenschr*, 2022, 172(3–4): 63–69. DOI: [10.1007/s10354-021-00876-0](https://doi.org/10.1007/s10354-021-00876-0).
- 55 高睿迪, 王伟. 水痘-带状疱疹疫苗的应用及研究进展[J]. *临床皮肤科杂志*, 2021, 50(1): 62–64. [Gao RD, Wang W. Application and research progress of varicella-zoster vaccine[J]. *Journal of Clinical Dermatology*, 2021, 50(1): 62–64.] DOI: [10.16761/j.cnki.1000-4963.2021.01.020](https://doi.org/10.16761/j.cnki.1000-4963.2021.01.020).
- 56 Petherbridge L, Davis C, Robinson A, et al. Pre-clinical development of an adenovirus vector based RSV and shingles vaccine candidate[J]. *Vaccines (Basel)*, 2023, 11(11): 1679. DOI: [10.3390/vaccines11111679](https://doi.org/10.3390/vaccines11111679).
- 57 Nie J, Sun Y, Feng K, et al. The efficient development of a novel recombinant adenovirus zoster vaccine perfusion production process[J]. *Vaccine*, 2022, 40(13): 2036–2043. DOI: [10.1016/j.vaccine.2022.02.024](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.02.024).
- 58 Choi WS, Choi JH, Jung DS, et al. Immunogenicity and safety of a new live attenuated herpes zoster vaccine (NBP608) compared to Zostavax® in healthy adults aged 50 years and older[J]. *Vaccine*, 2019, 37(27): 3605–3610. DOI: [10.1016/j.vaccine.2019.04.046](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.04.046).
- 59 CanSinoBio. CanSinoBio recombinant herpes zoster vaccine launches phase I clinical trial in Canada and completes first subject enrollment[EB/OL]. (2023-11-09) [2025-07-01]. <https://www.cansinotech.com.cn/detail-4188>.
- 60 Sun Y, Huang L, Nie J, et al. Development of a perfusion process for serum-free adenovirus vector herpes zoster vaccine production[J]. *AMB Express*, 2022, 12(1): 58. DOI: [10.1186/s13568-022-01398-7](https://doi.org/10.1186/s13568-022-01398-7).
- 61 Lape M, Schnell D, Parameswaran S, et al. A survey of pathogenic involvement in non-communicable human diseases[J]. *Commun Med (Lond)*, 2025, 5(1): 242. DOI: [10.1038/s43856-025-00956-x](https://doi.org/10.1038/s43856-025-00956-x).
- 62 Tommasi C, Drousioti A, Breuer J. The live attenuated varicella-zoster virus vaccine vOka: molecular and cellular biology of its skin attenuation[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2025, 21(1): 2482286. DOI: [10.1080/21645515.2025.2482286](https://doi.org/10.1080/21645515.2025.2482286).
- 63 Lee C, Kim M, Chun J, et al. Baculovirus vector-based varicella-zoster virus vaccine as a promising alternative with enhanced safety and therapeutic functions[J]. *Vaccines*, 2024, 12: 333. DOI: [10.3390/vaccines12030333](https://doi.org/10.3390/vaccines12030333).
- 64 Munoz-Moreno R, Allaj V, Gadee E, et al. A highly stable lyophilized mRNA vaccine for Herpes Zoster provides potent cellular and humoral responses[J]. *NPJ Vaccines*, 2025, 10(1): 49. DOI: [10.1038/s41541-025-01093-1](https://doi.org/10.1038/s41541-025-01093-1).
- 65 Jang SO, Lee JH, Chung YJ, et al. Chimeric adenovirus-based herpes zoster vaccine with the tPA signal peptide elicits a robust T-cell immune response[J]. *Virology*, 2024, 600: 110243. DOI: [10.1016/j.virol.2024.110243](https://doi.org/10.1016/j.virol.2024.110243).
- 66 Santovito LS, Pinna G. A case of reactivation of varicella-zoster virus after BNT162b2 vaccine second dose?[J]. *Inflamm Res*, 2021, 70: 935–937. DOI: [10.1007/s00011-021-01491-w](https://doi.org/10.1007/s00011-021-01491-w).
- 67 Perciani CT, Sekhon M, Hundal S, et al. Live attenuated zoster vaccine boosts varicella zoster virus (VZV)-specific humoral responses systemically and at the cervicovaginal mucosa of Kenyan VZV-seropositive women[J]. *J Infect Dis*, 2018, 218: 1210–1218. DOI: [10.1093/infdis/jiy320](https://doi.org/10.1093/infdis/jiy320).
- 68 Warrington R, Ismail S. Summary of the NACI update on herpes zoster vaccines[J]. *Can Commun Dis Rep*, 2018, 44(9): 220–225. DOI: [10.14745/ccdr.v44i09a06](https://doi.org/10.14745/ccdr.v44i09a06).

收稿日期: 2025年10月21日 修回日期: 2025年12月16日
本文编辑: 洗静怡 周璐敏