

1990-2019 年全球 204 个国家和地区疫苗接种和儿童生存估计

一、研究背景

疫苗接种对实现全球可持续发展目标 3（SDG-3）至关重要，该目标旨在确保所有年龄段的人们都能过上健康的生活并促进其福祉。疫苗被认为是最具成本-效益的卫生干预措施之一，也是全球各国政府和组织投资的主要公共卫生策略。疫苗接种还通过缩小富裕和贫困人群之间的健康和经济差距，发挥着促进全球健康公平的关键作用。许多疫苗可预防疾病主要影响 5 岁以下的儿童，包括百日咳、麻疹、肺炎球菌病等。这些疾病中，特定疫苗在预防儿童死亡方面的有效性得到了充分的证实。经过数十年的共同努力，全球疫苗接种率得到了显著提高，尤其是三剂百白破（DTP3）疫苗和一剂麻疹疫苗的接种率。然而，近年来，常规免疫服务面临诸多挑战，尤其是新冠肺炎疫情带来的全球性干扰以及持续的疫苗犹豫问题。

全球已经有不同研究机构报告了因疫苗接种而避免的死亡人数。世界卫生组织（WHO）估计，疫苗每年可以预防 350 万到 500 万例因白喉、破伤风、百日咳、流感和麻疹等疾病导致的死亡。联合国儿童基金会（UNICEF）报告称，疫苗每年能够拯救 200 万到 300 万儿童免受传染病的侵害。自 2000 年以来，凭借全球疫苗免疫联盟（Gavi）的支持，超过 10 亿儿童完成了常规免疫接种，预计避免了未来超过 1700 万例死亡。在 2023 年，共有 54 个中低收入国家获得了 Gavi 的支持。然而，由于数据的局限性、同时接种多种疫苗的复杂性以及日益增加的病原体特异性估计模型，准确估算疫苗对 5 岁以下儿童死亡减少的累积影响是极具挑战性的。此外，由于一个儿童不能因不同病原体多次重复死

亡，因此需要能够同时评估多种疫苗对儿童死亡率影响的方法。

本研究旨在探讨全球范围内 5 岁以下儿童死亡与八种常规儿童疫苗之间的关联，这些疫苗包括：三剂百白破疫苗、一剂麻疹疫苗、全程轮状病毒疫苗、三剂 b 型流感嗜血杆菌（Hib3）疫苗、三剂肺炎球菌结合疫苗（PCV3）、三剂乙型肝炎疫苗、三剂脊髓灰质炎疫苗以及一剂卡介苗（BCG）。选择这八种儿童疫苗主要基于 WHO 推荐和针对疾病的严重程度，选择的大部分疫苗都已经被 WHO 推荐用于全球常规免疫。本研究聚焦于对儿童具有普遍健康益处的疫苗，同时也研究了导致全球儿童死亡的重要疫苗可预防疾病。通过使用改进后的儿童生存分析框架和计量经济学混合效应回归模型来同时量化估计 1990-2019 年，全球 204 个国家和地区多种常规儿童疫苗接种与儿童死亡率之间的关系。

二、研究方法

本研究主要通过纳入 8 种儿童疫苗和 9 种儿童生存影响因素于 1990 年至 2019 年在 204 个国家和地区进行分析。主要研究对象包括全球婴儿死亡率和 5 岁儿童死亡率。纳入的分析影响因素主要参考 W. Henry Mosley 教授和 Lincoln C. Chen 教授在 1984 年提出的公共卫生经典儿童生存分析框架。纳入研究的儿童疫苗包括：百白破疫苗、麻疹疫苗、轮状病毒疫苗、b 型流感嗜血杆菌疫苗、肺炎球菌结合疫苗、乙型肝炎疫苗、脊髓灰质炎疫苗和卡介苗。纳入的儿童生存影响因素主要包括：人均收入、妇女受教育程度、住院分娩率、妇女低体重率、儿童低体重率、空气污染、危机事件（如地震、洪水等）、儿童

HIV 死亡率、儿童抗生素使用率。并且使用计量经济学混合效应回归模型估计具体的儿童生存估计效应，构建未接种疫苗的反事实模型，计算事实模型和反事实模型结果的差值，最终估计疫苗避免儿童死亡的实际事实效果。回归模型公式如下：

$$\ln(MR_{cy}) = \beta_0 + \sum_i \beta_{vi} \times V_{icy} + \beta_1 \times FU_{cy} + \beta_2 \times CU_{cy} + \beta_3 \times CE_{cy} + \beta_4 \times A_{cy} + \beta_5 \times HIV_{cy} + \beta_6 \times WE_{cy} + \beta_7 \times LDI_{cy} + \beta_8 \times IFD_{cy} + \beta_9 \times AP_{cy} + \sum_{i=1}^{210} \alpha_i \times yGBD_i + \gamma_c + \varepsilon_{cy}$$

其中：MR 为儿童死亡率，V 为儿童疫苗接种率，FU 为妇女低体重率、CU 为儿童低体重率、CE 为危机事件、A 为儿童抗生素使用率、HIV 为儿童 HIV 死亡率、WE 为妇女受教育程度、LDI 为人均收入、IFD 为住院分娩率、AP 为空气污染。

三、研究结果

本研究估计，在 1990 年至 2019 年期间，百白破、麻疹、轮状病毒和 b 型流感嗜血杆菌疫苗（这四种疫苗为回归分析中统计显著的儿童疫苗）接种估计与全球减少的 5 岁以下儿童死亡人数中的 8690 万名儿童（95%置信区间，CI：5720 至 13240 万）显著相关。与未接种疫苗的反事实情景相比，这一下降表明疫苗接种避免了总死亡儿童人数的 24.2%（95% CI：19.8 至 28.9）。百白破和麻疹疫苗分别避免了 4670 万（95% CI：3000 至 7270 万）和 3790 万（95% CI：2540 至 5680 万）名 5 岁以下儿童的死亡。在与疫苗接种相关的儿童死亡率总降幅中，84.2%（95% CI：83.0 至 85.1）发生在受全球疫苗免疫联盟（Gavi）所支持的 73 个中低收入国家。在 2000 年至 2019 年这二十年期间，疫苗接种在 Gavi 支持的国家中避免的死亡人数估计为 4540 万名儿童（95% CI：2980 至 6920 万）（图 1）。在全球范围内，与这四种回归统计显著的疫苗接种相关的儿童死亡人数减少幅

度最大的国家是印度（2320 万）、中国（520 万）、埃塞俄比亚（500 万）、巴基斯坦（400 万）和孟加拉国（390 万）。研究结果显示，在过去的三十年，多种常规儿童疫苗接种在我国减少 520 万名 5 岁以下儿童死亡，占总儿童避免死亡的 30.6%。

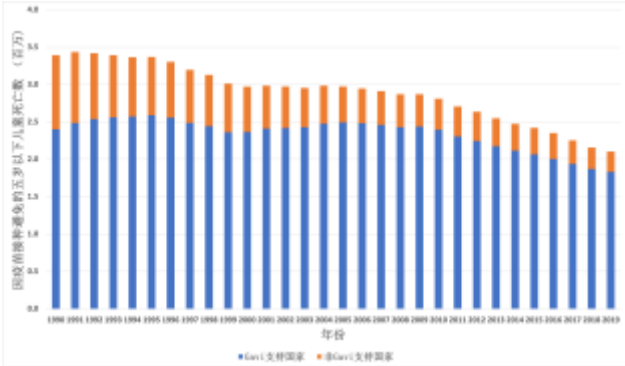


图 1. 全球因疫苗接种避免的五岁以下儿童死亡数估计

本研究还发现，这四种统计显著的儿童疫苗可以与全球降低的 4520 万（95% CI：2900 至 7050 万）名婴儿死亡有关，占总减少婴儿死亡的 19.7%（95% CI：15.6% 至 24.2%）。本研究同时指出，肺炎球菌结合疫苗在过去的十几年中主要在高收入国家减少儿童死亡，中低收入国家由于接种时间晚和接种率低等原因，减少死亡的效果还不显著。

四、研究结论

综上，本研究发现在 1990-2019 年，常规儿童疫苗接种在全球范围内都可以持续显著地降低儿童死亡，特别是百白破、麻疹、轮状病毒、b 型流感嗜血杆菌疫苗这四种儿童疫苗。同时，减少的儿童死亡主要出现在全球疫苗免疫联盟 Gavi 支持的中低收入国家，这表明需要持续增加对常规免疫规划疫苗接种的投资，特别强调了在中低收入国家中增加疫苗接种投资的重要性。

本文摘自课题组论文：Zhang H, Patenaude B, Zhang H, Jit M, Fang H. Global vaccine coverage and childhood survival estimates: 1990-2019. Bulletin of the World Health Organization. 2024;102(4):276-287. doi:10.2471/BLT.23.290129.（张海军、方海）

《卫生发展瞭望》是北京大学中国卫生发展研究中心根据研究成果、系统综述、会议讨论、国际交流等获得的信息，每期针对一个卫生发展领域热点问题，发表研究发现、观点和政策讨论。