



2022 年 4 月 7 日 23

十国疫苗效力分析

基于可公开获取的流行病学和疫苗接种数据，扩展团队已发表的动态流行病模型，我们计算了欧美 10 个国家在接种疫苗后至 2021 年 11 月 20 日的“真实世界”的疫苗对新冠肺炎大流行的阻挡效力。

这 10 个国家是巴西，加拿大，德国，印度，意大利，秘鲁，葡萄牙，土耳其，英国和美国；选这十国是由于它们在疫苗接种前后都有充分的病例数，良好的流行病统计和疫苗统计数据。

十国在研究时段内共使用 8 种疫苗，包括 2 种 RNA 疫苗（辉瑞，莫德纳），2 种病毒载体疫苗（强生，阿斯利康），3 种灭活疫苗（科兴，国药北京生物，科瓦克辛）。除强生外的 7 种疫苗都是接种两针次后称为**完全接种**，强生疫苗一针为完全接种；其它为**部分接种**。

我们将从接种疫苗到 2021 年 11 月 20 日分为三个时期：Delta 出现之前，Delta 出现到其成为主导毒株的中间期，和 Delta 流行期。由于印度在打疫苗之前就已经出现了 Delta 变种所以只有后两个时期。

疫苗效力的定义为 $1 - \text{减去接种者与未接种者的感染率之比}$ 。具体结果见表 1-3。疫苗对于传染再生数的影响结果见图 1。

主要结果

1. 在 Delta 变种之前、Delta 变种出现和 Delta 变种流行期，10 个国家的部分接种的疫苗效力的范围分别为 48~64%（均值：56%），23.5~67.5%（均值：47%），17.5~48%（均值：35%）。完全接种的疫苗效力分别为 68~95%（均值：81%），49~87%（均值：69%），45~74%（均值：59%）。

2. 10 个国家在三个时期的完全接种的疫苗效力都在世界卫生组织（WHO）认可的 50% 以上。只有土耳其在 Delta 流行期完全接种的疫苗效力为 45%，低于 50%。土耳其主要打科兴和辉瑞。印度在 Delta 流行期的完全接种的疫苗效力是 55%，它打的疫苗是阿斯利康和科瓦克辛。

3. 无论是部分还是完全接种，随着 Delta 变种逐渐成为优势毒株，疫苗效力逐渐减弱。与 Delta 变种出现之前相比，在 Delta 变种流行期完全疫苗接种的效力下降了 10~37%（均值：21%），而部分疫苗接种的效力下降了 7~30.5%（均值：21%）。与 Delta 变种刚出现的时期相比，在 Delta 变种流行期，完全疫苗接种的效力降低了 4~14%（均值：10%），而部分疫苗接种的效力降低了 1~19.5%（均值：12%）。

4. 在这三个时期里，美国在 10 个国家中的完全接种疫苗效力最高，它主要是接种了两种 RNA 疫苗（辉瑞和莫德纳）。而接种了科兴和辉瑞的土耳其在 Delta 病毒刚出现和 Delta 病毒流行期的疫苗效力在 10 个国家中最低，分别为 49%和 45%。

5. 在一段时间内接种相同类型疫苗的国家中的疫苗效力是相似的。例如，不论是部分还是全部接种，德国和意大利在同一时期的疫苗效力都很接近。

6. 在 Delta 变种流行期，疫苗有助于大幅减少有效传染再生数 R_t 。10 个国家在疫苗接种后的真实的 R_t 平均值比未接种疫苗情景下的要低 20%。

7. 和未接种疫苗情景相比，截止 2021 年 10 月 31 日，十国的实际报告病例减少 66%，死亡减少 51%。其中土耳其的报告病例和死亡分别减少 57%和 52%。

建议：

- (1) 提高加强针接种率。建议打第四针加强针以应对持续的病毒变异。
- (2) 对合适的群体尝试推广 RNA 疫苗，并尽快开始 RNA 疫苗在中国的广泛使用。美国许多华人打了该种疫苗并没有发现安全性问题。

以上结果供参考。

陈松蹊

北京大学数学科学院、光华管理学院，统计科学中心

表 1: 9 个国家在 Delta 变体出现之前部分和完全接种的疫苗效力。

国家	时间范围	疫苗	部分 接种	完全 接种
巴西	2021-01-16~2021-05-19	阿斯利康, 科兴	0.625	0.75
加拿大	2020-12-13~2021-03-14	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳	0.58	0.86
德国	2020-12-26~2021-02-28	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳, 强生	0.56	0.89
意大利	2020-12-26~2021-04-01	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳, 强生	0.58	0.94
秘鲁	2021-02-07~2021-06-09	阿斯利康, 辉瑞, 国药	0.64	0.76
葡萄牙	2020-12-26~2021-04-04	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳	0.52	0.68
土耳其	2021-02-11~2021-04-27	科兴, 辉瑞	0.48	0.74
英国	2021-01-09~2021-02-21	阿斯利康, 辉瑞	0.52	0.68
美国	2020-12-12~2021-02-22	辉瑞, 莫德纳	0.55	0.95

表 2: 10 个国家在 Delta 变体出现时期部分和完全接种的疫苗效力。

国家	时间范围	疫苗	部分 接种	完全 接种
巴西	2021-05-20~2021-08-15	阿斯利康, 科兴, 辉瑞	0.52	0.68
加拿大	2021-03-15~2021-07-04	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳	0.45	0.78
德国	2021-03-01~2021-07-04	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳, 强生	0.505	0.67
印度	2021-01-15~2021-04-11	阿斯利康, 科瓦克辛	0.46	0.64
意大利	2021-04-02~2021-07-04	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳, 强生	0.55	0.7
秘鲁	2021-06-10~2021-09-12	阿斯利康, 辉瑞, 国药	0.46	0.73
葡萄牙	2021-04-05~2021-05-23	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳, 强生	0.38	0.69
土耳其	2021-04-28~2021-06-20	科兴, 辉瑞	0.235	0.49
英国	2021-02-22~2021-05-23	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳	0.46	0.64
美国	2021-02-23~2021-06-20	辉瑞, 莫德纳, 强生	0.675	0.87

表 3: 10 个国家在 Delta 变体流行时期部分和完全接种的疫苗效力。

国家	时间范围	疫苗	部分接种	完全接种
巴西	2021-08-16~2021-11-20	阿斯利康, 科兴, 辉瑞, 强生	0.385	0.59
加拿大	2021-07-05~2021-11-20	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳	0.28	0.64
德国	2021-07-05~2021-11-20	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳, 强生	0.40	0.60
印度	2021-04-12~2021-11-20	阿斯利康, 科瓦克辛	0.325	0.55
意大利	2021-07-05~2021-11-20	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳, 强生	0.355	0.57
秘鲁	2021-09-13~2021-11-20	阿斯利康, 辉瑞, 国药	0.415	0.61
葡萄牙	2021-05-24~2021-11-20	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳, 强生	0.37	0.58
土耳其	2021-06-21~2021-11-20	科兴, 辉瑞	0.175	0.45
英国	2021-05-24~2021-11-20	阿斯利康, 辉瑞, 莫德纳	0.34	0.56
美国	2021-06-21~2021-11-20	辉瑞, 莫德纳, 强生	0.48	0.74

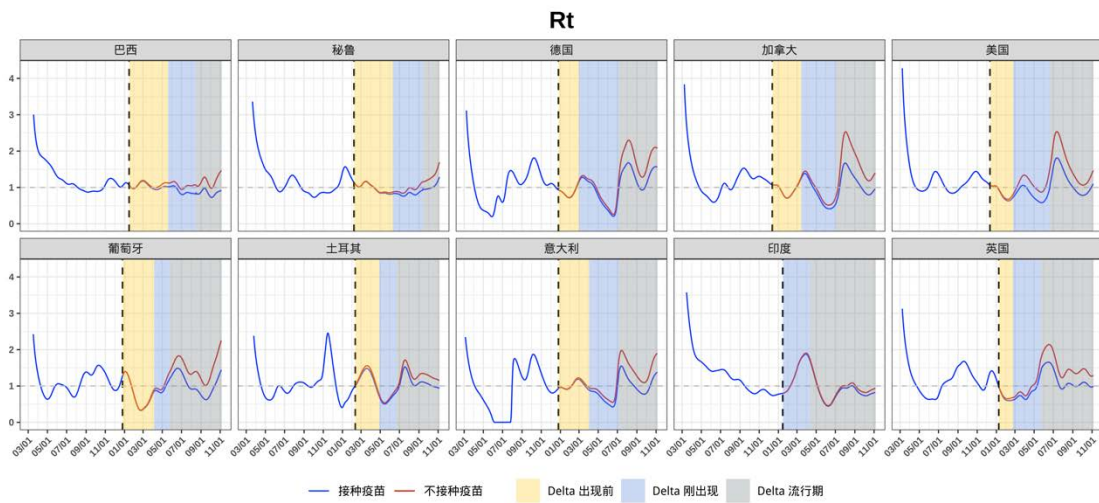


图 1: 10 个国家 2020 年 3 月 5 日至 2021 年 11 月 5 日在接种疫苗的真实情况下 (蓝色) 和不接种疫苗的情景下 (红色) 的有效传染再生数 R_t 。黄色、浅蓝色和灰色区域分别标记 Delta 出现之前、Delta 刚出现和 Delta 流行期。竖直虚线表示疫苗接种开始日期。