

疫苗施打對剛果民主共和國 M 痘疫情的防治效果：戰亂中的全球衛生行動

Impact of Vaccination on Mpox Epidemic in Democratic Republic of the Congo: Global Health Action amidst Armed Conflicts

學生：黃亭瑋 指導老師：方啓泰 教授

研究背景

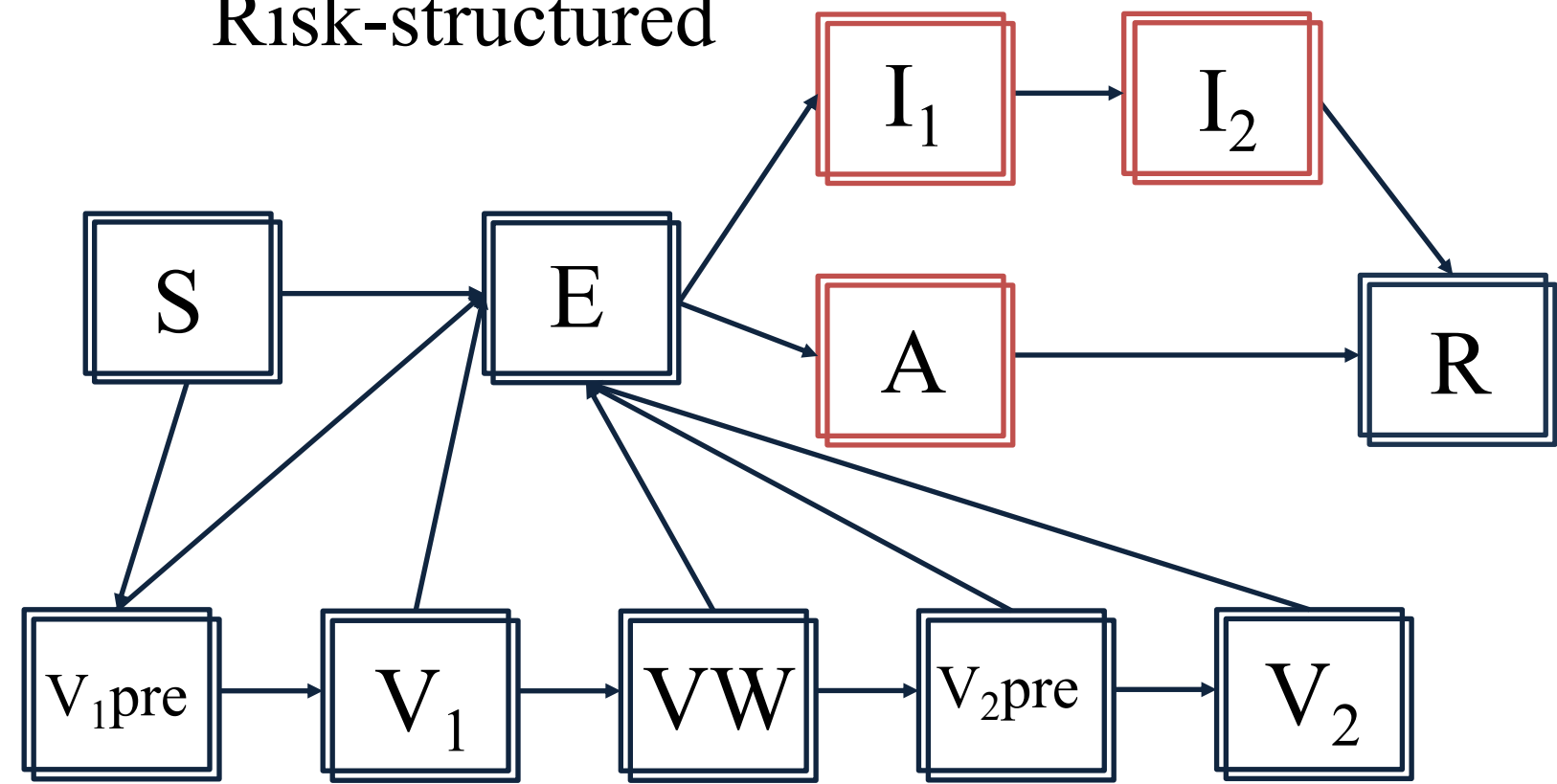
M 痘 (mpox) 在剛果民主共和國 (DRC) 為地方性流行，其流行毒株屬於 M 痘病毒第一型分支，過去以動物傳播為主，與 2022 年全球疫情中蔓延的第二型分支不同。然而，自 2023 年 4 月起，DRC 首次報告 clade I 病毒透過性接觸傳播的案例，隨後南基伍省的病例快速增加，性工作者及其接觸者成為主要受影響族群。此後病毒在人際間持續傳播，疫情蔓延至更多省份，2024 年 8 月被世界衛生組織宣布為「國際關注公共衛生緊急事件」(PHEIC)，並於今年 2 月延續該狀態。在疾病風險上升與武裝衝突不斷的背景下，疫苗接種成為控制 M 痘疫情的重要策略。然而，目前 DRC 的疫苗接種規模有限，且面臨物流、人力與安全等多重挑戰，因此，本研究旨在探討在有限資源與武裝衝突等困境下，疫苗策略如何有效減少病例與死亡，並為疫苗資源的合理配置與未來的公共衛生行動提供科學依據。

研究目的

透過 SEIARV 高低風險結構數理模型（考慮高風險人群與低風險人群之間交叉傳播）模擬 M 痘病毒在剛果民主共和國的傳播情況，並根據現實的流行曲線配適參數，評估不同疫苗接種策略對 M 痘病例數與死亡數的影響，從而提供公共衛生防疫決策之參考。

研究方法

(1) SEIARV model Risk-structured



初始值設定：
Initial S $\approx$ 75% 的全人口；Initial R = 25% 的全人口
Initial I1 = Initial I2 = Initial E = Initial A，由擬合的結果決定

(2) 參數設定

β	人傳人的傳播參數	fitting
β_{animal}	動物對人的傳播參數	fitting
θ	有症狀患者的活動力參數	0.3
δ	無症狀患者傳染力的下降折扣	0.1
τ	無症狀患者比例	0.06
σ	傳播潛伏期參數	$1/((8.23-4)/7)$
γ_{sym}	症狀前期的參數	$1/(4/7)$
γ_1, γ_2	有/無症狀患者的感染期參數	$1/3, 1/((21+4)/7)$
m	因病死亡的死亡率	0.006818
p_1, p_2	第一、二劑疫苗的疫苗效力	75.2%, 85.9%
n_H	高風險族群占總人口的比例	fitting

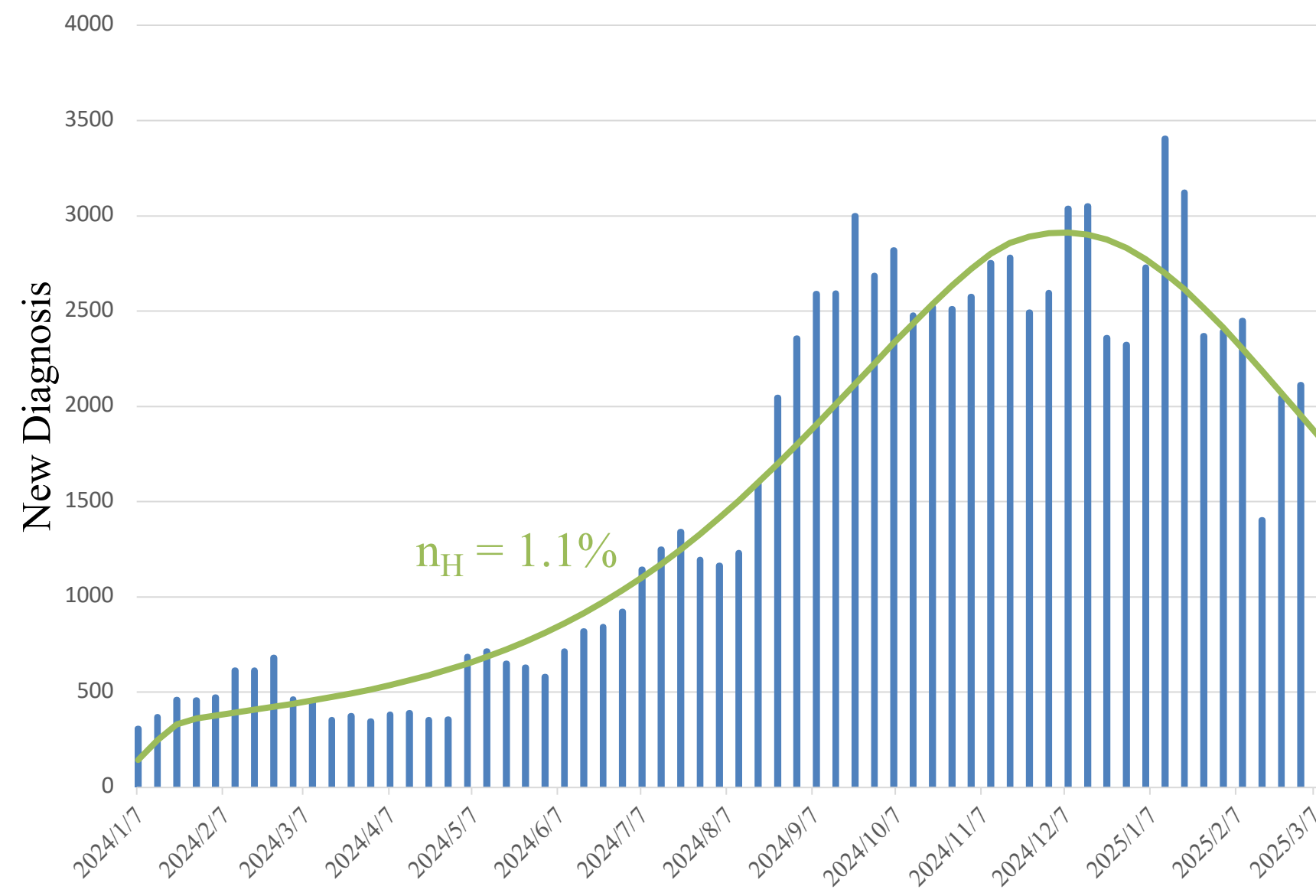
(3) 疫苗施打策略

疫苗施打順序以高風險族群優先，疫苗分配的比例為高風險：低風險 = 2:1；高風險族群接種完畢後，剩餘疫苗將分配予低風險族群：

現有的疫苗施打政策	v1 speed (person per week)	參考實際資料之接種總人數進行設定 若無資料則以差補法補上 未來則以最後施打速度計算
	v2 speed (person per week)	
疫苗施打速度加倍	v1 speed (person per week)	將原資料乘以二
	v2 speed (person per week)	
從 2024 年 1 月開始施打	v1 speed (person per week)	將原資料平移至 1 月
	v2 speed (person per week)	

研究結果

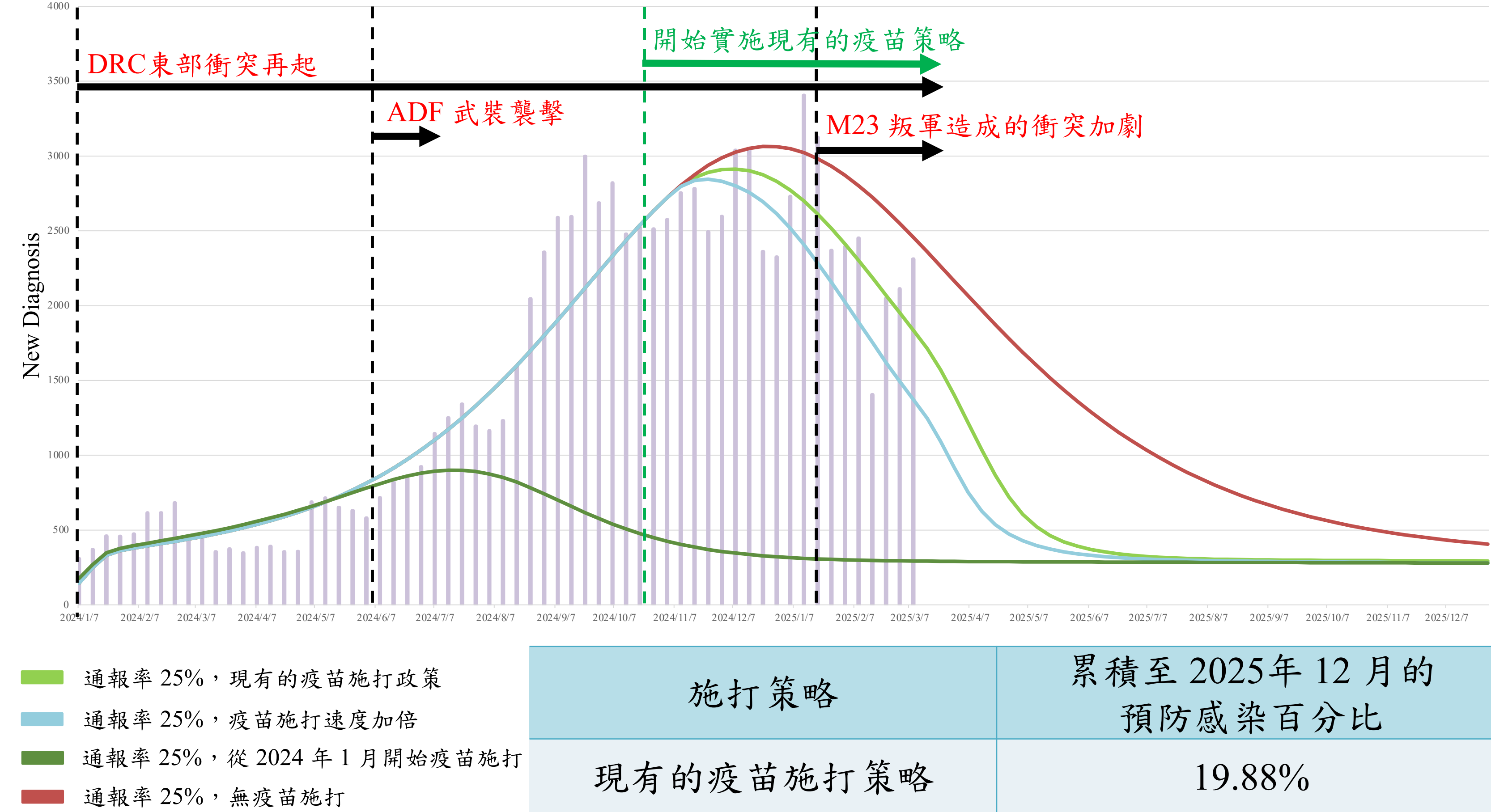
(1) Model fitting



DRC 實際流行曲線（直條圖）
模型每週通報個案（折線圖）：
通報率 = 25%
 $n_H = 1.1\%$
 $\beta = 114.131$ (R0 = 1.44)
 $\beta_{\text{animal}} = 1463.54$

Real world DRC cases by 3/9, 2025	Model fitting
96833	94921 ($\pm 5\%$:90175,99666)

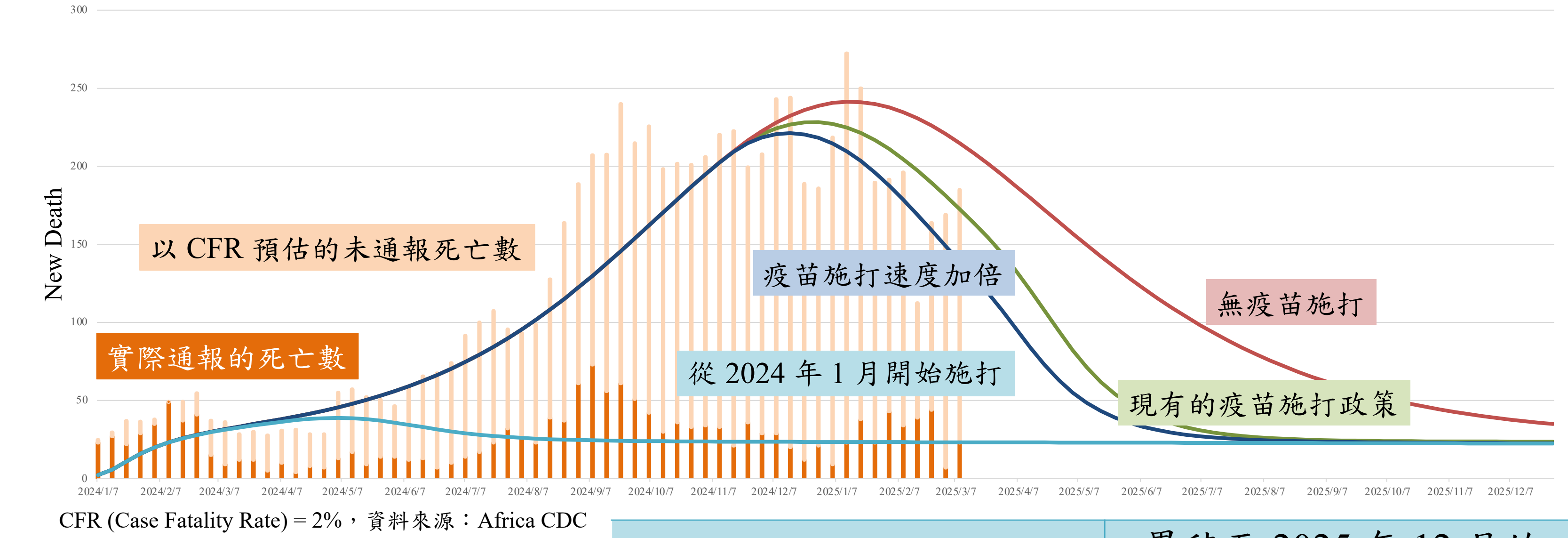
(2) 疫苗預防感染百分比



通報率 25%，現有的疫苗施打政策
通報率 25%，疫苗施打速度加倍
通報率 25%，從 2024 年 1 月開始疫苗施打
通報率 25%，無疫苗施打

施打策略	累積至 2025 年 12 月的預防感染百分比
現有的疫苗施打策略	19.88%
施打速度兩倍	25.77%
從 2024 年 1 月開始施打	76.88%

(3) 疫苗預防死亡百分比



CFR (Case Fatality Rate) = 2%，資料來源：Africa CDC

施打策略	累積至 2025 年 12 月的預防死亡百分比
現有的疫苗施打策略	19.77%
施打速度兩倍	25.69%
從 2024 年 1 月開始施打	77.24%

(4) 第一劑疫苗覆蓋率

第一劑覆蓋率為全人口中已注射第一劑疫苗的比例（高風險族群佔總人口 1.1%）；截至 2025 年 12 月，三種疫苗施打策略的第一劑覆蓋率為：

施打策略	現有的疫苗施打策略	施打速度兩倍	從 2024 年 1 月開始施打
覆蓋率	4.70%	9.39%	9.01%

結論與討論

- 本研究結果顯示，剛果民主共和國 (DRC) M 痘疫情爆發後進行緊急疫苗接種的效果，主要取決於疫苗施打的時間點與覆蓋率。整體而言，接種的時間越早、覆蓋率越高，對於感染的預防效果越佳；其中，施打時間的影響程度大於覆蓋率。
- 在 DRC，疫苗接種進度受到物資短缺、運輸困難以及持續的武裝衝突等因素而有所限制；從 2024 年 10 月開始接種，疫苗對於感染的預防效果約為 19.88%；然而，若無戰亂，而能將接種時程提前至 2024 年 1 月，預防感染的效果可望提升至約 76.88%。