

## Appendice all'articolo:

### *Il paradosso di Simpson e i dati sulle vaccinazioni anticovid*

Quentin Berger (*Sorbonne Université*), Francesco Caravenna (*Università di Milano-Bicocca*).

Articolo originale su [The Conversation](#) (3 nov 2021); traduzione italiana su [Internazionale.it](#) (9 dic 2021).

#### Dati e calcoli

Riportiamo nella tabella seguente i dati relativi ai decessi in Inghilterra di persone positive alla variante Delta del Covid, nel periodo tra il 21 giugno e il 12 settembre 2021 (i dati sono estratti dai rapporti [SARS-CoV-2 variants of concern and variants: technical briefings](#))<sup>1</sup>:

Gruppo di età	Decessi positivi al Covid	Non vaccinati	Vaccinati (anche parzialmente)
< 50 anni	196	126	70
≥ 50 anni	2227	552	1675
Totale	2423	678	1745

Per confrontare la mortalità tra non vaccinati e vaccinati, è naturale considerare il rapporto

$$V = \frac{\text{percentuale di decessi tra i non vaccinati}}{\text{percentuale di decessi tra i vaccinati}}$$

che misura di quanto il tasso di mortalità è più elevato tra i non vaccinati rispetto ai vaccinati. Un valore  $V > 1$  indica che il vaccino è efficace.

#### Formula alternativa e calcolo di $V$

Notiamo che i dati riportati nella tabella non danno la percentuale di decessi tra vaccinati e non vaccinati, ma permettono invece di calcolare *la percentuale di vaccinati e non vaccinati tra i decessi*. Come ricavare il valore di  $V$  a partire da questi dati? Possiamo usare la seguente *formula alternativa per  $V$* , che giustifichiamo più sotto:

$$V = \frac{\left( \frac{\text{percentuale di non vaccinati tra i decessi}}{\text{percentuale di non vaccinati nella popolazione}} \right)}{\left( \frac{\text{percentuale di vaccinati tra i decessi}}{\text{percentuale di vaccinati nella popolazione}} \right)}. \quad (*)$$

Ci serve dunque conoscere anche *la percentuale di vaccinati e di non vaccinati nella popolazione*: questi valori sono forniti dal National Health Service (NHS) e non sono variati molto nel periodo in esame.<sup>2</sup> Possiamo allora calcolare il valore di  $V$ .

- Persone sotto i 50 anni: stimando al 50% la percentuale di vaccinati, otteniamo

$$V_{<50} = \frac{\left( \frac{126/196}{50/100} \right)}{\left( \frac{70/196}{50/100} \right)} = \frac{126}{70} = 1,8 > 1.$$

<sup>1</sup>Si veda la tabella 4 dei rapporti [numero 17](#) e [numero 23](#). Osserviamo che i rapporti precedenti non separano le persone con più di 50 anni da quelle con meno di 50 anni.

<sup>2</sup>Dal sito del NHS ([COVID-19 Vaccination Archive](#)) si ricava che nel periodo da giugno a settembre 2021 la percentuale media di vaccinati è del 48,3% nella popolazione sotto i 50 anni e del 96,6% nella popolazione sopra i 50 anni. Per semplificare i calcoli, abbiamo approssimato questi valori al 50% (< 50 anni) e al 95% (≥ 50 anni).

- Persone sopra i 50 anni: stimando al 95% la percentuale di vaccinati, otteniamo

$$V_{\geq 50} = \frac{\left(\frac{552/2227}{5/100}\right)}{\left(\frac{1675/2227}{95/100}\right)} = \frac{552}{1675} \times \frac{95}{5} = 6,3 > 1.$$

- Popolazione totale: stimando al 67% la percentuale di vaccinati,<sup>3</sup> otteniamo

$$V_{\text{tot}} = \frac{\left(\frac{678/2423}{33/100}\right)}{\left(\frac{1745/2423}{67/100}\right)} = \frac{678}{1745} \times \frac{67}{33} \approx 0,79 \approx \frac{1}{1,3} < 1.$$

Questi calcoli mostrano chiaramente il paradosso di Simpson.

Concludiamo osservando che i valori di  $V > 1$  che abbiamo calcolato mostrano una buona efficacia del vaccino, sia nelle persone sotto i 50 anni sia in quelle sopra 50 anni, ma allo stesso tempo risultano inferiori ai valori misurati negli studi clinici che hanno testato l'efficacia del vaccino.<sup>4</sup> Tra le molteplici ragioni che possono spiegare questa discrepanza, osserviamo innanzitutto che nella nostra analisi abbiamo raggruppato le persone vaccinate e quelle che lo sono parzialmente (con una sola dose), su cui il vaccino è meno efficace. Sottolineiamo inoltre che c'è una grande variazione tra i tassi di mortalità di persone con età differenti, anche all'interno dello stesso gruppo sotto o sopra i 50 anni, e che le persone più fragili, tra le principali destinatarie della campagna di vaccinazione, sono probabilmente sovrarappresentate tra i vaccinati... In definitiva, vediamo ancora il paradosso di Simpson in azione!

### Giustificazione della formula alternativa (\*) per $V$

La formula alternativa (\*) per  $V$  si ottiene applicando ripetutamente la formula delle probabilità condizionali (o, per chi la conosce, la formula di Bayes). Cominciamo scrivendo

$$\frac{\text{percentuale di decessi tra i non vaccinati}}{\text{percentuale di decessi tra i non vaccinati}} = \frac{\text{percentuale di non vaccinati deceduti nella popolazione}}{\text{percentuale di non vaccinati nella popolazione}},$$

e in modo simile

$$\frac{\text{percentuale di non vaccinati tra i decessi}}{\text{percentuale di non vaccinati tra i decessi}} = \frac{\text{percentuale di non vaccinati deceduti nella popolazione}}{\text{percentuale di decessi nella popolazione}}.$$

Da queste formule segue che *la percentuale di decessi tra i non vaccinati*, cioè il numeratore nella formula originale per  $V$ , può essere riscritta nel modo seguente:

$$\frac{\text{percentuale di non vaccinati tra i decessi}}{\text{percentuale di non vaccinati nella popolazione}} \times \text{percentuale di decessi nella popolazione}.$$

Ripetendo gli stessi argomenti per i vaccinati, si ottiene una espressione analoga per *la percentuale di decessi tra i vaccinati*, cioè per il denominatore nella formula originale per  $V$ :

$$\frac{\text{percentuale di vaccinati tra i decessi}}{\text{percentuale di vaccinati nella popolazione}} \times \text{percentuale di decessi nella popolazione}.$$

Calcolando il rapporto tra queste due espressioni, si ottiene la formula alternativa (\*) per  $V$ .

<sup>3</sup>Per stimare la percentuale di vaccinati, bisogna sapere che le persone con meno di 50 anni rappresentano circa il 63% della popolazione inglese, da cui si ricava che la percentuale di vaccinati nella popolazione totale è data da  $63\% \times 50\% + 37\% \times 95\% \approx 67\%$ .

<sup>4</sup>L'efficacia del vaccino è tipicamente espressa dalla quantità  $E = 1 - 1/V$ , che quantifica *la percentuale di riduzione del rischio di decesso* data dal vaccino. I valori  $V_{<50} = 1,8$  e  $V_{\geq 50} = 6,3$  che abbiamo calcolato danno rispettivamente  $E_{<50} = 1 - 1/1,8 \approx 0,44 = 44\%$  e  $E_{\geq 50} = 1 - 1/6,3 \approx 0,84 = 84\%$ , mentre la "vera" efficacia dei vaccini usati in Europa è dell'ordine di  $E = 90\%$ .