

台灣COVID-19疫情流行期間之超額死亡估計

孔常喜¹ 梁立霖^{1,2,3,*} 呂宗學⁴

目標：全死因超額死亡率能全面性的量化疫情的影響程度，包含直接與間接影響。本研究旨在估計COVID-19疫情流行期間，台灣及各縣市的超額死亡。**方法：**收集2010年至2019年各縣市歷月死亡人數資料、各年齡層人口數及總人口數資料進行準卜瓦松迴歸分析。在考慮月份效應、人口老化程度及總人口數之後，獲得加權迴歸係數建立死亡預測訓練後模型，預測2020年至2022年歷月之預期死亡數。超額死亡率定義為觀察死亡數減去預期死亡數，再除以總人口數，並以每十萬人為單位計算。**結果：**2020年各縣市未出現超額死亡。2021年全國歷月加總後未觀察到超額死亡，但三級警戒期間台北市及新北市有超額死亡產生。2022年5月之後受到大規模Omicron侵襲，各縣市的超額死亡均大幅提升，全國超額死亡數20,702人，間接(非COVID-19)超額死亡比例佔29.9%。間接超額死亡比例前五名分別為新竹縣、嘉義縣、雲林縣、苗栗縣及新北市，介於42%–61%之間。**結論：**超額死亡可反應疫情的嚴重程度；其中，間接超額死亡似乎對醫療資源較少的縣市影響較大，需要政策來均衡醫療資源分配，避免更多間接超額死亡。(台灣衛誌 2024；43(2)：144-154)

關鍵詞：新冠肺炎、疫情、超額死亡、三級警戒、醫療資源

前 言

2020年1月31日世界衛生組織(WHO)宣布COVID-19疫情為國際公共衛生緊急事件，自此COVID-19疫情在世界廣泛蔓延。在疫情初始，台灣雖然有零星境外移入與小規模群聚感染事件，但在邊境嚴管及疫調、匡列隔離等措施之下，疫情一直維持在可控制的情況。然而，2021年5月Alpha變異株在台灣造成大規模社區感染，在疫苗覆蓋率低且有效抗病毒藥物尚未問世的情況下，台灣流行疫情指揮中心也於2021年5月19日宣布進入全國三級警戒。透過強制外出配戴口罩、各級學校停課、鼓勵分流或居家上班、關閉休閒娛樂場所、限制集會人數、公共場

所實聯制、設置社區篩檢站等手段，此波疫情終於在七月底獲得有效控制。

2021年後，國際上主要流行病毒株也先後轉移為Delta與Omicron等變異株。COVID-19病毒逐漸變異為具有高傳播能力、短潛伏期及無症狀感染等特性，對於邊境管控的難度大增。台灣也在2022年開始受到Omicron變異株的侵襲，並造成大規模的社區感染，急速上升的確診病例數不只讓疫調與匡列隔離變得緩不濟急，也讓報告確診病例數的精確性受到挑戰。

世界各國雖然都努力對疫情進行監控，每天都有不斷更新的COVID-19報告確診病例數與死亡數，然而這些數據未計入因疫情造成的非新冠死亡，因此並不能完全體現疫情所造成的影響。例如：醫療量能不足所造成的排擠，以及民眾不敢去醫院所造成的延誤就醫，皆可能使各類疾病死亡率上升。並且，疫情的不同階段對於確診死亡的定義不一，使相關統計數字難以進行跨時間比較[1]。因此，若要監控COVID-19疫情所造成的影響，WHO建議使用超額死亡(excess mortality)為首選指標，透過監控超額死亡可作為了解疫情全面影響的手段。

有關超額死亡的文獻中，估計超額死

¹ 國立陽明交通大學醫學院公共衛生研究所

² 國立陽明交通大學防疫科學暨健康一體研究中心

³ 國立陽明交通大學健康創新中心

⁴ 國立成功大學醫學院公共衛生研究所

* 通訊作者：梁立霖

地址：台北市北投區立農街二段155號

E-mail：liang.lilin@nycu.edu.tw

投稿日期：2023年11月13日

接受日期：2024年3月18日

[http://doi.org/10.6288/TJPH.202404_43\(2\).112125](http://doi.org/10.6288/TJPH.202404_43(2).112125)



亡的方式不同，不過整體而言，以卜瓦松迴歸（Poisson regression model）與時間序列（time series）模型較常見[2-19]。超額死亡的相關研究中，通常使用疫情發生前數周、數月或數年的死亡人數來進行模型訓練，用以估計預期死亡人數。有些研究在模型中依據性別及年齡進行分層分析，在過去COVID-19病毒感染造成的死亡當中，被觀察到造成男性的死亡較多；但在針對OECD（Organization for Economic Cooperation and Development）國家的研究表明，超額死亡中的性別效應幾乎不存在[2,9]。美國研究在模型中考慮到種族和族裔的影響，發現在COVID-19疫情中的超額死亡可能擴大了原先就存在的健康不平等[19]。韓國研究在模型中納入了季節、寒流（cold wave）的因素，寒流影響大的月份，死亡人數可能較多，在建構模型時需考慮欲估計的國家或區域是否常態性受極端氣候的影響[16]。許多研究指出用於推估預期死亡人數的資料品質對研究影響相當大，資料若受延遲通報影響，容易推估出錯誤的超額死亡結果，並且有些國家的死亡登記資料系統並不完備，使資料的可用性受到許多挑戰[2,7,10]。

許多組織與學術機構也進行了超額死亡的跨國分析，包含經濟學人及牛津大學。經濟學人使用機器學習方法來進行超額死亡估計，不過並未經同儕審查；牛津大學的超額死亡推估結果公開於Our World in Data的資料集，在跨國分析的超額死亡推估之中，台灣與紐西蘭維持相當長期負超額死亡的優異成績。負超額死亡的國家除了疫情非常輕微之外，口罩、限制集會等防疫政策也使其他傳染病死亡大幅下降，因此產生負超額死亡的現象[7,10]。

根據台灣內政部統計，2020、2021與2022年的總死亡人數分別為173,156人、183,732人及207,230人；對比2019年總死亡人數176,296人，在2021及2022年的死亡人數都有上升。然而，粗死亡數字的比較並未調整年齡層分布與人口老化的影響，尚難直接歸因於COVID-19疫情影響。爰此，超額死亡估計對了解疫情的全面影響相當重要，有必要針對台灣進行更細緻的超額死亡推估，以了解COVID-19疫情對台灣的真實影響。

超額死亡之估計，首先須以過去歷史死亡資料進行模型推估，計算預期的死亡人數，也就是沒有疫情下之「正常」死亡人數；接著，再以觀察死亡人數減去預期死亡人數，得到超額死亡數。由於COVID-19為新興傳染病，其所造成的死亡在過去歷史基線中並不存在，因此產生的超額死亡，理論上為COVID-19死亡。然而，若疫情期間出現受醫療資源排擠、延誤就醫等造成的死亡，超額死亡數就會大於COVID-19死亡數。雖然並未直接感染COVID-19，卻受疫情影響而導致死亡，此稱為「間接」超額死亡，而COVID-19死亡，則稱之為「直接」超額死亡。其中，間接超額死亡與防疫政策、資源整備等衛生決策息息相關，屬於可避免的死亡；而高所得國家的間接超額死亡比例通常較低，顯示高所得國家的資源充沛，對疫情的承受程度也可能較好[2]。過去國外研究指出，超額死亡的發生會隨時間及區域而有所不同，主要是因為疫情的社區流行並不是在同一時間散播全國[15,16]。因此，全年度或全國範圍的超額死亡估計並不足以說明疫情的影響，需要依據時間點及區域進行分析。由於目前尚缺乏針對此議題的本土研究，進一步探討超額死亡在台灣各區域間的差異，非常重要。本研究旨在估計2020年至2022年台灣COVID-19疫情流行之全死因超額死亡，並進一步區分直接與間接超額死亡及其在區域之間的差異。在與COVID-19疫情共存的前提下，本研究之結果有助於未來公共衛生監控與優化區域間醫療資源分配，以減少因疫情造成的死亡人數。

材料與方法

一、研究材料

使用內政部戶政司人口統計資料集，蒐集2010年至2022年的台灣各縣市（不包含離島）之歷月人口統計資料，資料包含死亡人數、總人口數以及各年齡層人口數，以進行預測死亡模型建構。

自衛生福利部疾病管制署疫情資料集蒐集COVID-19死亡統計資料，資料包括2020年至2022年各縣市歷月COVID-19死亡統計資料，作為直接超額死亡數之衡量。

二、研究方法

(一) 超額死亡估計

本研究採用文獻中最常見的準卜瓦松模型 (quasi-Poisson model) 進行預期死亡數之估計。一般而言，計數資料 (count data) 的分析常採用卜瓦松模型。然而，資料型態時常無法滿足卜瓦松回歸的基本假設，因此，使用準卜瓦松模型可以處理過度離散 (overdispersed) 之資料，使模型能更好地擬合 (fitting)。

為估計2020年至2022年之預期死亡人數，本研究使用疫情前十年資料作為訓練資料 (training data)，將2010年至2019年歷月之資料進行模型訓練，獲得加權迴歸係數後建立死亡預測 (訓練後) 模型。

$$\log(\lambda_{i,t}) = \beta_{0,i} + \beta_1 year_s + \beta_2 month_m + \beta_3 county_i + \beta_4 age15_{i,s} + \beta_5 age65_{i,s} + \beta_6 age70_{i,s} + \beta_7 age75_{i,s} + \beta_8 age80_{i,s} + \beta_9 age85_{i,s} + offset(\ln(population_{i,t}))$$

上述方程式為本研究估計預期死亡數之模型架構， $\lambda_{i,t}$ 是指縣市*i*在某年某月 (時間點*t*) 之死亡人數， $year_s$ 、 $month_m$ 代表該筆資料所在年份*s*與月份*m*， $county_i$ 是指縣市， $age_{i,s}$ 表示該縣市在年份*s*時的年齡層人口數，年齡層包含15歲以下、65歲至69歲、70歲至74歲、75歲至79歲、80歲至84歲以及85歲以上，15歲至64歲作為基準參考。由於各縣市的人口基數有相當大的差異，容易影響到死亡人數的預測，因此，偏移項 (offset) 設定為該縣市*i*在時間點*t*的人口數取對數 (log)。

為確保模型具有可接受的預測性能，除了以Akaike Information Criteria (AIC)、Bayesian Information Criteria (BIC) 作為模型挑選參考之外，我們亦計算了Mean Absolute Percentage Error (MAPE)，作為預測準確度的判斷。結果顯示模型預測結果良好，請參考附件一之說明。所有分析均使用SAS 9.4版本進行分析。

(二) 穩健性檢驗 (Robustness check)

不同模型對於超額死亡數的推估可能有所差異，本研究也使用自回歸移動平均模型

(Autoregressive Integrated Moving Average model, ARIMA) 進行相同推估，以進行穩健性檢驗 (Robustness check)。ARIMA為總體經濟學常用之時間序列模型，對於平穩性 (stationary) 資料具有良好預測能力，超額死亡的相關文獻中亦有部分研究採用此方法進行推估，故本研究使用2010年至2019年台灣每月死亡人數進行模型訓練，利用ARIMA模型預測2020年至2022年台灣每月預期死亡人數，與觀察死亡數相減後計算超額死亡率，並與準卜瓦松模型 (quasi-Poisson model) 所計算出的超額死亡率進行比較。兩者估計之超額死亡數趨勢一致，結果請參考附件二。

結 果

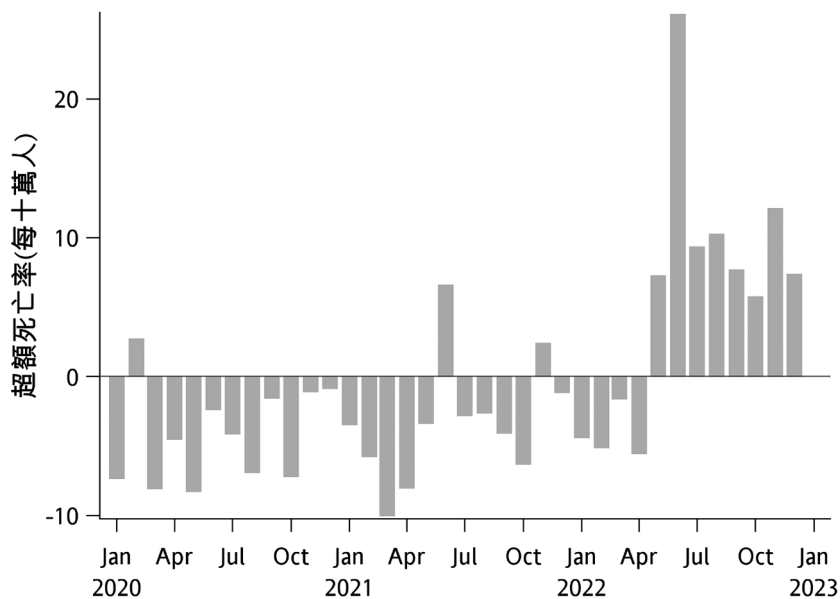
(一) 全台灣與各縣市每十萬人之超額死亡

圖一為模型推估2020年至2022年台灣歷月每十萬人之超額死亡數，係將各縣市歷月所推估的預期死亡數相加後，再與台灣歷月觀察死亡數相減，計算台灣歷月超額死亡數。由分析結果可得知，2020年除2月份有些微超額死亡產生之外，各月份都呈現負超額死亡的現象，2020年超額死亡數依模型推估約為-10,740人，呈現負超額死亡現象。2021年6月及11月有超額死亡產生，但其他月份均維持負超額死亡，因此全年度仍為負超額死亡，2021年超額死亡數推估約為-7,772人。2022年5月以後均呈現正超額死亡，全年度超額死亡數總計約為17,466人，呈現正超額死亡。

圖二分別呈現2020、2021、2022年全年台灣各縣市每十萬人之超額死亡數。2020年尚無嚴重疫情影響，因此各縣市全年度均呈現負超額死亡。2021年除了苗栗縣出現正超額死亡之外，其餘縣市全年度為負超額死亡。2022年各縣市全年度均呈現正超額死亡，尤其以苗栗縣、雲林縣、南投縣、彰化縣及基隆市最為嚴重，每十萬人之超額死亡數為全國之冠，分別為136.6、129.5、112、107.4、101.2人。

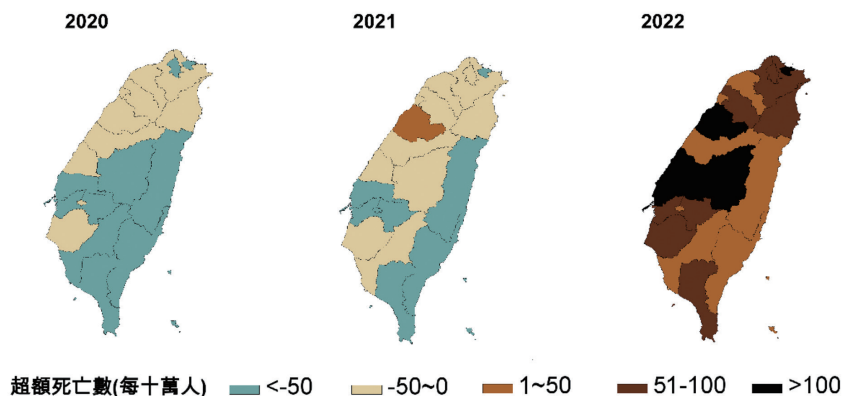
(二) 直接與間接超額死亡

為進一步了解2021年全國三級警戒期間 (5月19日至7月26日) 超額死亡情形，我們比較了COVID-19死亡人數與超額死亡人數在六個直轄市的分布。如圖三所示，紅色



圖一 台灣歷月超額死亡率（每十萬人）

註：依各縣市超額死亡數推估結果進行全國加總



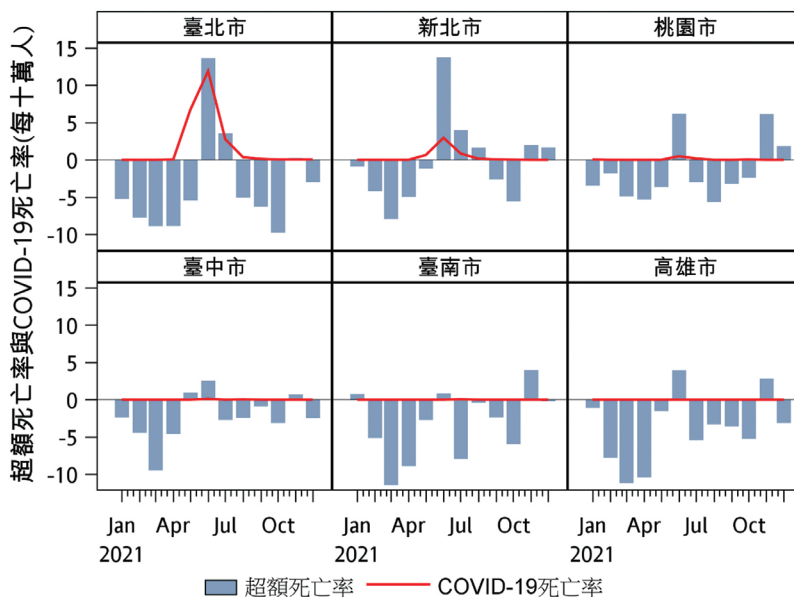
圖二 2020至2022各縣市超額死亡率分布

曲線為2021年歷月COVID-19死亡數，藍色直條為超額死亡數；高於紅線的藍色面積，為所謂的間接死亡，即非COVID-19死亡。結果顯示，超額死亡主要集中於三級警戒期間，尤其是受疫情影響較大的台北市及新北市，在2021年6月及7月均有超額死亡產生，累計超額死亡數在台北市為442人、新北市為714人。其中，間接超額死亡人數在台北市為65人，佔14.7%；新北市則為561人，佔

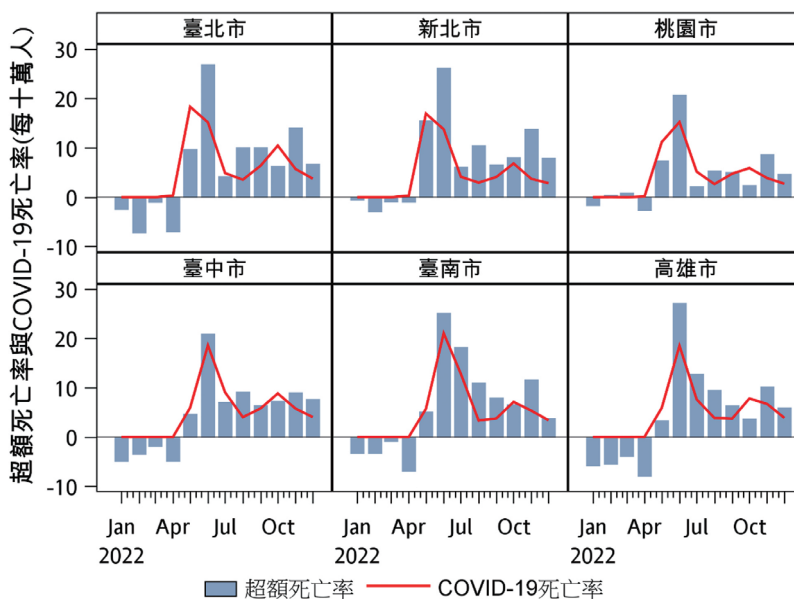
78.6%，比例為六都之最。

圖四為2022年六個直轄市之歷月超額死亡數與COVID-19死亡數。超額死亡在5月之後產生，並且與Omicron疫情上升有關。六個直轄市均呈現全年度正超額死亡情形，以新北市居冠，而間接死亡的情形，比2021年更加嚴重。

超額死亡中的直接與間接死亡，分別代表不同的意義，尤其在大量確診人數產生



圖三 2021年六都歷月超額死亡率與COVID-19死亡率（每十萬人）



圖四 2022年六都歷月超額死亡率與COVID-19死亡率（每十萬人）

的2022年更可能造成嚴重影響，因此我們進一步分析2022年這兩類死亡人數在各縣市的比例。由於2022年疫情主要於五月份後出現，因此表一統計範圍從五月份開始。表一

顯示，COVID-19死亡數佔超額死亡數之比例，各縣市差異相當大，前五名分別為桃園市（90.7%）、新竹市（87.9%）、台中市（85.7%）、台北市（77.2%）與高雄市

表一 2022年5-12月各縣市直接與間接超額死亡比例

	(A)	(B)	(A) - (B) = (C)	(B) / (A)	(C) / (A)
縣市	超額死亡率 (每十萬人)	COVID-19 死亡率 (每十萬人)	非COVID-19 死亡率 (每十萬人)	COVID-19 死亡比例 (%)	非COVID-19 死亡比例 (%)
新竹縣	87.9	34.5	53.4	39.2	60.8
嘉義縣	132.6	61.5	71.2	46.3	53.7
雲林縣	141.2	65.8	75.4	46.6	53.4
苗栗縣	135.8	71.6	64.2	52.7	47.3
新北市	94.7	55.0	39.7	58.1	41.9
屏東縣	106.6	68.1	38.5	63.9	36.1
彰化縣	119.3	76.8	42.6	64.3	35.7
宜蘭縣	95.8	61.9	33.9	64.6	35.4
南投縣	143.6	96.1	47.5	66.9	33.1
基隆市	119.8	82.4	37.4	68.8	31.2
台南市	89.8	62.5	27.2	69.7	30.3
高雄市	79.3	58.0	21.3	73.2	26.8
台北市	87.9	67.8	20.0	77.2	22.8
台中市	72.3	61.9	10.4	85.7	14.3
新竹市	45.8	40.2	5.6	87.9	12.1
桃園市	56.4	51.2	5.3	90.7	9.3
全國 (加總)	89.0	62.4	26.6	70.1	29.9

註：僅列出具非COVID-19死亡的縣市，並按照非COVID-19死亡比例(%)由高到低排列。其他未列出的縣市有：花蓮縣、台東縣及嘉義市。離島縣市的金門縣、連江縣及澎湖縣未進行超額死亡估計。

(73.2%)。而非因COVID-19死亡佔超額死亡數之比例，則是新竹縣第一、嘉義縣第二、雲林縣第三、苗栗縣第四、新北市第五，分別為60.8%、53.7%、53.4%、47.3%與41.9%。

討 論

本研究以準卜瓦松模型推估2020年至2022年各縣市歷月之預期死亡數，並與觀察死亡數相減後得到超額死亡推估，以探討COVID-19疫情對於台灣在不同時期及區域所造成的影響。本研究發現台灣在2020年及2021年為負超額死亡，全年度超額死亡率(每十萬人)分別為-45.4及-33.1，2022年則為正超額死亡，全年度超額死亡率(每十萬人)為74.9。此外，儘管2021年全年為負超額死亡，但在進行縣市及月份的超額死亡推估之後發現，在2021年三級警戒的高峰時，受疫情影響較大的雙北地區有明顯正超額死亡產生。2022年台灣逐漸走向與疫情共存，並且在2022年5月份Omicron開始盛行以

後，超額死亡大幅攀升，透過縣市及月份的超額死亡推估之後，不同縣市的超額死亡率及非COVID-19死亡率有明顯差異。

鑒於COVID-19為全球大流行病(pandemic)，超額死亡可能反應各國抗疫韌性(resilience)高低，包含醫療資源整備與防疫措施等，因此我們進行了跨國比較。表二呈現Lancet[7]以及Our World in Data (OWID) [20]所提供的每十萬人超額死亡率估計值；由於篇幅限制，僅列舉部分國家。如表二所示，國際對台灣的超額死亡估計與本研究結果趨勢相符。2020年至2021年間，台灣並未經歷如同歐美國家的大規模疫情爆發，因此其超額死亡率顯著低於多數國家。隨著各國逐漸與疫情共存，台灣亦在2022年開始放寬防疫措施；該年度台灣的超額死亡率與表中其他國家相近，根據OWID估計，甚至高於美國、英國與新加坡。

2020年台灣大部分月份都為負超額死亡，表示邊境管控、疫調等手段確實有效

表二 台灣與其他國家之超額死亡比較

國家	(A) 超額死亡率 (每十萬人)	(B) COVID-19死亡率 (每十萬人)	(A) - (B) 非COVID-19死亡率 (每十萬人) ²
Lancet研究 ¹			
2020-2021			
美國	179.3	130.6	48.7
英國	126.8	130.1	-3.3
德國	120.5	66.4	54.1
日本	44.1	7.3	36.8
韓國	4.4	5.4	-1
新加坡	-15.8	7.4	-23.2
台灣	-5.9	1.8	-7.7
Our World in Data			
2020-2021			
美國	304.6	240.2	64.4
英國	220.7	260.9	-40.2
德國	139.5	141.2	-1.7
日本	13	14.8	-1.8
韓國	15	10.2	4.8
新加坡	22	14.6	7.4
台灣	-17.6	3.6	-21.2
2022			
美國	86	76.3	9.7
英國	80.6	56.6	24
德國	133	56.4	76.6
日本	110.9	30.2	80.7
韓國	109.6	50.5	59.1
新加坡	64.3	15.7	48.6
台灣	93.9	62.9	31
本研究估計			
台灣			
2020	-45.4	0.01	-45.41
2021	-33.1	3.6	-36.7
2022	74.9	62.7	12.2
2022, 5-12月	89.0	62.4	26.6

註：¹ 引用自Lancet研究之估計[7]，該研究之死亡率分母為2020與2021年人口數相加，而Our World in Data [20]採當年人口數當分母，因此前者所估計之死亡率低於後者。

² 當非COVID-19死亡數出現負值，表示其值低於無疫情下的推估值；原因之一可能來自防疫措施造成其他傳染性疾病的死亡數下降。

防止疫情進入社區流行。產生負超額死亡的主要原因為傳染性疾病在民眾自主健康管理、防疫意識提升的情況下，除有助於COVID-19疫情的防治之外，流行性感冒所造成的死亡與過去相比也大幅下降[21]。另外，民眾減少不必要的外出行為也使交通事故死亡下降，根據死因統計年報[22]，疫情

前五年（2015-2019）平均事故傷害死亡為每年6,938人，2020年則為6,767人。

2021年台灣受到COVID-19疫情影響，全國在同年5月19日進入三級警戒，受到疫情高峰的影響，6月及7月雙北出現明顯正超額死亡，但在7月之後的月份又呈現負超額死亡，表示三級警戒期間的各種防疫

措施，在短時間內有效將疫情限制在可控的情況，並且其他月份未受疫情太大影響，因此全年度仍為負超額死亡。這一結果反映出台灣在疫情初期相比其他國家，能夠迅速反應並通過民眾的共同努力有效控制疫情。

然而，相較於2021年，2022年的COVID-19感染人數大幅增加，且5月之後呈現正超額死亡，其超額死亡率遠高於2021年，需要深入探究其原因。當時雖然Omicron變異株在台灣造成大量感染，衛生主管機關仍順應國際趨勢，決定鬆綁防疫政策，與疫情共存。因此隨之而來的疑問是：大量的超額死亡，是否意味著衛生政策缺乏配套措施，以及醫療資源準備不足？表二顯示，2022年台灣每十萬人COVID-19死亡率約為63人，高於大部分國家，只低於美國的76人。COVID-19在2022年位列台灣十大死因第三位，顯示即使Omicron變異株的致死率已開始下降，且透過疫苗施打與抗病毒藥物可降低COVID-19死亡的情況下，台灣仍有大量的直接超額死亡。

儘管台灣在超額死亡的組成當中，COVID-19死亡仍占多數，但非COVID-19所造成的間接超額死亡亦不可輕視。美國研究指出，在疫情期間美國的心血管疾病醫療利用降低，並且缺血性心臟病（ischemic heart disease）以及高血壓性疾病（hypertensive diseases）的死亡相較疫情之前增加[23,24]，這可能意味著大量的COVID-19患者對醫療體系造成一定負擔，使缺血性心臟病的患者難以獲得與疫情之前一樣的救治速度（door to balloon time, D2B time）或醫療品質，而高血壓性疾病的患者也可能受到延遲藥物取得、就醫行為改變所造成的影響。

值得注意的是，在比較2022年六都歷月超額死亡率時（圖四），我們發現台北市和新北市在5月達到COVID-19死亡率的高峰，但超額死亡率的高峰卻在6月才出現。反觀雙北以外的四都在2022年6月同時達到COVID-19與超額死亡率的高峰。超額死亡出現高峰的時間點不同，其原因尚不明確。這需要進一步通過死因資料，分析雙北滯後的（間接）超額死亡死因是否與其他縣市在同一月份的超額死亡原因相同。例如，在慢性病方面，如果症狀出現後未能及時就醫，

可能會導致嚴重的併發症，進而使得死亡時間延後於疫情高峰期。以中風患者為例，若他們在疫情期間出現呼吸道症狀，但因擔心感染或其他疫情相關因素，直到變成肺炎引起呼吸困難才就醫，則死亡日期可能出現在疫情高峰之後。同樣地，急性病，如盲腸炎患者，可能因疫情延誤就醫，導致病情惡化成腹膜炎而死亡。對於急性心肌梗塞或頭部外傷這類疾病，雖然民眾可能較不會延遲就醫，但可能因醫療資源分配不當，使病患無法得到及時救治而死亡。這些問題的確切原因和機制需要進一步利用健保資料或醫院資料進行深入分析。

台灣2022年間接超額死亡的存在，表示至少有一部分屬於可避免死亡。這些間接超額死亡包含其他所有死因的死亡，可能是因為醫療照護體系量能未恢復至疫情前的水準[25]，加上大量的Omicron確診患者，使得非COVID患者的醫療資源受到排擠，或是臨床治療決策（clinical practice）改變，使其他疾病的患者無法受到與疫情前相同的醫療照護。另一個可能原因為，民眾在疫情前兩年減少了必要的醫療保健利用[26]，延遲診斷與治療的遞延效果，在2022年發酵，使得間接超額死亡大量出現。綜上，疫情對於不同疾病患者的影響不一，仍然需要更多研究釐清其受影響的幅度以及機轉，並且考量疾病別的特性，需使用不同方式探討疫情對特定疾病別的影響，才能避免更多超額死亡的產生。

各縣市在2022年5月之後超額死亡率開始上升；本文進一步分析各縣市超額死亡當中的間接超額死亡比例（表一）。六都之中的新北市在2022年5-12月的間接超額死亡比例（41.9%）排行位於全國第五位，與其他直轄市有較大差異。新北市為台灣人口最多的直轄市，卻產生大量間接超額死亡，原因可能為新北市的醫療資源並不足以滿足為數眾多的人口。雖然雙北之間的醫療資源在非疫情時期可以共享，但資源過度集中於台北市，使新北市本身並無太充足的醫療資源。依據2022年衛福部公告，新北市的每萬人口醫師數16.27人，六都排行最末位，甚至比嘉義縣（18.48）少；每萬人口病床數25.45床，則全國縣市排行倒數第三。因此，醫療資源不足的困境，可能是其間接超額死亡比例較高的關鍵之一。

我們進一步發現六都以外間接超額死亡比例較高的縣市，其共同特徵為都市化程度較低、醫療資源較缺乏。換句話說，六都以外的縣市，雖然疫情比六都緩和，但間接死亡比例卻較六都高（新北市除外），這可由表一各縣市排名得知。新竹縣、嘉義縣、雲林縣、苗栗縣間接死亡比例為前四名；若依照間接超額死亡率（每十萬人）排序，前四位分別為雲林縣、嘉義縣、苗栗縣及新竹縣，依然包含了同樣的縣市。根據2022年衛福部公告，這些縣市的每萬人口病床數雖然與其他縣市無太大差異，但是每萬人口醫師數在台灣本島縣市中敬陪末座；其中，苗栗縣10.99人倒數第一、新竹縣13.11人倒數第二、雲林縣13.65人倒數第四、嘉義縣18.48人倒數第十。因此，雖然確診導致的直接超額死亡人數不多，但在衛福部要求不分縣市醫院需設立一定比例專責病床以及醫院降載的情況下，除了專責病床會壓縮原本治療其他疾病的醫療量能之外，醫療人力的不足勢必排擠到原本的醫療服務。因此，這些縣市非COVID-19病患受到的影響較大，更可能導致間接超額死亡產生。更令人憂心的是，疫後醫護人力及資源的不足在這些縣市可能持續惡化，在一項檢視我國病床資源的研究中，研究指出在人口老化及農村縣市人口流失之下，醫療照護人力恐將難以續留，進而降低非都市民眾的就醫可近性[27]。

本研究估計台灣各縣市的超額死亡情形，初步評估了疫情期間對於台灣的影響，並嘗試區分直接與間接的超額死亡組成。比起直接死亡，間接超額死亡對於後疫情時代的公共衛生政策更具參考價值。在與疫情共存的方向下，除了充足疫苗、藥物等資源之外，降低因疫情造成的間接超額死亡非常重要。如何找出間接超額死亡的高風險死因別，並且透過醫療資源分配、衛生政策介入，是未來與疫情共存的重要課題。然而，本研究之估計為全死因之超額死亡，尚無法分析間接超額死亡中的死因別組成，另外，以縣市為層級的分析，也不足以完全了解城鄉發展、醫療資源分佈不均的影響。因此，未來需要進一步分析疫情對於不同死因別死亡的影響，並重新檢視在COVID-19疫情影響下城鄉發展差距及醫療資源分佈不均是否造成健康不平等的擴大。

致 謝

感謝國立陽明交通大學防疫科學暨健康一體研究中心（NSTC 112-2321-B-A49-005、113-2321-B-A49-011）、衛生福利部（M1211009）與國科會（NSTC 111-2314-B-A49A-502-MY3；NSTC 112-2314-B-006-082-MY2）研究經費的支持，以及「國立陽明交通大學醫學院尹衍樑基金會發展建設計劃」獎學金。本文內容為作者觀點，不代表任何機構立場。

參考文獻

1. 呂宗學：為什麼COVID-19確診者死亡數不等於原死因是COVID-19死亡數？台灣衛誌 2022；41：366-73。doi:10.6288/TJPH.202208_41(4).111053。
Lu TH. Why the number of deaths with COVID-19 differed from number of deaths from COVID-19? Taiwan J Public Health 2022;41:366-73. doi:10.6288/TJPH.202208_41(4).111053. [In Chinese: English abstract]
2. Islam N, Shkolnikov VM, Acosta RJ, et al. Excess deaths associated with covid-19 pandemic in 2020: age and sex disaggregated time series analysis in 29 high income countries. BMJ 2021;373:n1137. doi:10.1136/bmj.n1137.
3. Bello P, Rocco L. Education and COVID-19 excess mortality. Econ Hum Biol 2022;47:101194. doi:10.1016/j.ehb.2022.101194.
4. Bilinski A, Thompson K, Emanuel E. COVID-19 and excess all-cause mortality in the US and 20 comparison countries, June 2021-March 2022. JAMA 2023;329:92-4. doi:10.1001/jama.2022.21795.
5. Chen YH, Glymour M, Riley A, et al. Excess mortality associated with the COVID-19 pandemic among Californians 18-65 years of age, by occupational sector and occupation: March through November 2020. PLoS One 2021;16:e0252454. doi:10.1371/journal.pone.0252454.
6. Clarke P, Leigh A. Understanding the impact of lockdowns on short-term excess mortality in Australia. BMJ Glob Health 2022;7:e009032. doi:10.1136/bmjgh-2022-009032.
7. COVID-19 Excess Mortality Collaborators. Estimating excess mortality due to the COVID-19 pandemic: a systematic analysis of COVID-19-related mortality, 2020-21. Lancet 2022;399:1513-36. doi:10.1016/S0140-6736(21)02796-3.
8. Greenwald SD, Chamoun NG, Manberg PJ, et al. Covid-19 and excess mortality in medicare beneficiaries. PLoS One 2022;17:e0262264. doi:10.1371/journal.pone.0262264.

9. Henry NJ, Elagali A, Nguyen M, Chipeta MG, Moore CE. Variation in excess all-cause mortality by age, sex, and province during the first wave of the COVID-19 pandemic in Italy. *Sci Rep* 2022;**12**:1077. doi:10.1038/s41598-022-04993-7.
10. Karlinsky A, Kobak D. Tracking excess mortality across countries during the COVID-19 pandemic with the World Mortality Dataset. *Elife* 2021;**10**:e69336. doi:10.7554/eLife.69336.
11. Kontis V, Bennett JE, Rashid T, et al. Magnitude, demographics and dynamics of the effect of the first wave of the COVID-19 pandemic on all-cause mortality in 21 industrialized countries. *Nat Med* 2020;**26**:1919-28. doi:10.1038/s41591-020-1112-0.
12. Liu J, Zhang L, Yan Y, et al. Excess mortality in Wuhan city and other parts of China during the three months of the covid-19 outbreak: findings from nationwide mortality registries. *BMJ* 2021;**372**:n415. doi:10.1136/bmj.n415.
13. Oh J, Min J, Kang C, et al. Excess mortality and the COVID-19 pandemic: causes of death and social inequalities. *BMC Public Health* 2022;**22**:2293. doi:10.1186/s12889-022-14785-3.
14. Rossen LM, Norgaard SK, Sutton PD, et al. Excess all-cause mortality in the USA and Europe during the COVID-19 pandemic, 2020 and 2021. *Sci Rep* 2022;**12**:18559. doi:10.1038/s41598-022-21844-7.
15. Scortichini M, Schneider Dos Santos R, De' Donato F, et al. Excess mortality during the COVID-19 outbreak in Italy: a two-stage interrupted time-series analysis. *Int J Epidemiol* 2021;**49**:1909-17. doi:10.1093/ije/dyaa169.
16. Shin MS, Sim B, Jang WM, Lee JY. Estimation of excess all-cause mortality during COVID-19 pandemic in Korea. *J Korean Med Sci* 2021;**36**:e280. doi:10.3346/jkms.2021.36.e280.
17. Stang A, Standl F, Kowall B, et al. Excess mortality due to COVID-19 in Germany. *J Infect* 2020;**81**:797-801. doi:10.1016/j.jinf.2020.09.012.
18. Todd M, Pharis M, Gulino SP, Robbins JM, Bettigole C. Excess mortality during the COVID-19 pandemic in Philadelphia. *Am J Public Health* 2021;**111**:1352-7. doi:10.2105/AJPH.2021.306285.
19. Zalla LC, Mulholland GE, Filiatreau LM, Edwards JK. Racial/ethnic and age differences in the direct and indirect effects of the COVID-19 pandemic on US mortality. *Am J Public Health* 2022;**112**:154-64. doi:10.2105/AJPH.2021.306541.
20. Our World in Data. Excess mortality during the Coronavirus pandemic (COVID-19). Available at: <https://ourworldindata.org/excess-mortality-covid>. Accessed February 18, 2024.
21. Chiu NC, Chi H, Tai YL, et al. Impact of wearing masks, hand hygiene, and social distancing on influenza, enterovirus, and all-cause pneumonia during the Coronavirus pandemic: retrospective national epidemiological surveillance study. *J Med Internet Res* 2020;**22**:e21257. doi:10.2196/21257.
22. 衛生福利部：民國111年死因統計年報。https://www.mohw.gov.tw/cp-16-74869-1.html。引用 2024/02/18。
Ministry of Health and Welfare, R.O.C. (Taiwan). Annual report of cause of death statistics, 2022. Available at: <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-74869-1.html>. Accessed February 18, 2024. [In Chinese]
23. Wadhera RK, Shen C, Gondi S, Chen S, Kazi DS, Yeh RW. Cardiovascular deaths during the COVID-19 pandemic in the United States. *J Am Coll Cardiol* 2021;**77**:159-69. doi:10.1016/j.jacc.2020.10.055.
24. Solomon MD, McNulty EJ, Rana JS, et al. The Covid-19 pandemic and the incidence of acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 2020;**383**:691-3. doi:10.1056/NEJMc2015630.
25. Chen JY, Liu YC, Liu YP, et al. Disparities on the rebound in the emergency department in Taiwan during COVID-19 pandemic. *Am J Emerg Med* 2022;**53**:271-3. doi:10.1016/j.ajem.2021.05.002.
26. Chen JY, Liu YC, Lee PC, Lien WC. The specialty-variation effect on the utilization of outpatient service at the COVID-contained hospitals in Taiwan. *J Formos Med Assoc* 2021;**120**:1926-7. doi:10.1016/j.jfma.2021.04.015.
27. 吳肖琪、葉馨婷：檢視我國均衡區域病床資源之發展政策。台灣衛誌 2022；**41**：128-41。doi:10.6288/TJPH.202204_41(2).110143。
Wu SC, Yeh ST. Development policy of balancing the number of hospital beds among regional area in Taiwan. *Taiwan J Public Health* 2022;**41**:128-41. doi:10.6288/TJPH.202204_41(2).110143. [In Chinese: English abstract]

Estimation of excess mortality during COVID-19 pandemic in Taiwan

CHANG-XI KUNG¹, LI-LIN LIANG^{1,2,3,*}, TSUNG-HSUEH LU⁴

Objectives: Excess mortality (EM) is a comprehensive indicator for quantifying the direct and indirect effects of the COVID-19 pandemic. This study estimated EM in Taiwan during the COVID-19 pandemic. **Methods:** Monthly mortality data (2010–2019) and population statistics of counties and cities in Taiwan were collected for quasi-Poisson regression analysis. After the effects of month, aging, and total population were adjusted, weighted regression coefficients were obtained to construct a predictive model for the expected number of deaths in 2020–2022. EM is obtained using the following formula: reported number of deaths – expected number of deaths. **Results:** In 2020, no EM was observed at either national or regional levels. In 2021, EM was observed during the Level 3 alert period in Taipei City and New Taipei City. A COVID-19 variant (Omicron) broke out in May 2022, after which EM substantially increased. In 2022, EM of 20,702 was observed, of which 29.9% was indirect EM (not related to COVID-19). The five regions with the highest proportions of indirect EM were Hsinchu County, Chiayi County, Yunlin County, Miaoli County, and New Taipei City (42%–61%). **Conclusions:** EM can serve as an indicator of pandemic severity. Notably, regions with limited healthcare resources reported a higher proportion of indirect EM, highlighting the pandemic's role in impairing healthcare accessibility in these regions. Thus, policy interventions are necessary to balance the distribution of medical resources and mitigate indirect EM. (*Taiwan J Public Health*. 2024;**43**(2):144-154)

Key Words: COVID-19, pandemic, excess mortality, level 3 alert, medical resources

¹ Institute of Public Health, College of Medicine, National Yang Ming Chiao Tung University, No. 155, Sec. 2, Linong St. Beitou Dist., Taipei, Taiwan, R.O.C.

² Research Center for Epidemic Prevention and One Health, National Yang Ming Chiao Tung University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

³ Health Innovation Center, National Yang Ming Chiao Tung University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

⁴ Department of Public Health, College of Medicine, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, R.O.C.

* Correspondence author E-mail: liang.lilin@nycu.edu.tw

Received: Nov 13, 2023 Accepted: Mar 18, 2024

[http://doi.org/10.6288/TJPH.202404_43\(2\).112125](http://doi.org/10.6288/TJPH.202404_43(2).112125)

評論：台灣COVID-19疫情流行期間之 超額死亡估計

Commentary: estimation of excess mortality during COVID-19 pandemic in Taiwan

羅偉成

WEI-CHENG LO

本期的原著論文「台灣COVID-19疫情流行期間之超額死亡估計」，作者使用準卜瓦松迴歸模型來進行超額死亡的估計，並針對不同縣市區域進行分析評比。這不僅有助於理解COVID-19造成超額死亡的地域性差異，也對區域間的公共衛生措施和醫療資源分配提供了實際的參考價值。此外，透過區分直接和間接的超額死亡，並分析其在不同縣市地區的比例，有助於深入了解除了COVID-19感染以外的其他可能與疫情相關死亡的影響。

衡量超額死亡率是瞭解大流行影響的基本健康指標，以疫情發生前幾年的資料為依據，計算已經發生的死亡人數與在沒有大流行情況下預期的死亡人數之間的差額。除了與COVID-19直接相關的死亡之外，與COVID-19間接相關的死亡可歸因於大流行導致衛生系統不堪重負，人們無法獲得相應的預防和治療而導致。自COVID-19疫情全球爆發以來，各國都陸續估計了國家層級的超額死亡率，並透過地區間的分析揭示巨大的區域差異，說明了地區別的死亡率趨勢變化差異應該被考慮在內，以便更好地指引降低死亡率和有效預防未來健康危機有關的政策。

該研究發現，2022年台灣開始放寬防疫措施，並於該年5月份Omicron變異株成為主要傳播病毒株後，全台各縣市的超額死亡大幅攀升。該年度台灣的超額死亡率追上甚至超越其他先進國家。然而，有一種可能的解

釋認為，2022年大幅增加的超額死亡，部分原因可能是由於早前的防疫措施良好（2020年與2021年初），不僅控制了新冠疫情的爆發，還間接保護了本來易受感染或有較高死亡風險的族群。當這些族群面臨到解封與本土疫情爆發後，就可能反應出更高的死亡風險，最終貢獻到超額死亡案例中。儘管詳細的因果關係難以確定，但透過區域層面的分析確實有助於理解導致超額死亡的地域性差異，並以此作為探討區域間資源和健康不平等的分析框架。

該研究觀察到的超額死亡率衝擊的地方異質性可能源自於疫情發展不同以及各地區特定因素的不均勻分佈。除了醫療照護資源的區域差異可能是造成這個結果的重要原因之外，疫情流行前的族群健康狀況也可能是重要因素，特別是慢性病或肥胖的盛行率。此外，個人層面的社經因素也與COVID-19感染後的健康結果密切相關。過去研究指出，比利時第一波疫情爆發時，老年人口中超額死亡率與收入呈顯著負相關[1]；而美國的研究顯示，相較於社經表現優勢的郡縣，COVID-19的死亡率在社經弱勢的郡縣高出2.58倍[2]。儘管探究哪些地區特徵與超額死亡率的相關性已經超出了該研究的範圍，但基於此篇研究的模型架構與結果，未來當數據可用時，可進一步探討個人、環境、甚至是政策因素對健康不平等的潛在影響。抑或分析特定原因死亡率將有助於更好地了解COVID-19間接相關的死亡率趨勢和其他競爭性死亡風險，並探究地理差異背後的原因。此外，進行此類地區分析的一大挑戰是在稀少人口地區，估計的不確定性可能增加，導致結果判斷上的困難。儘管該研究未提供區間估計結果，但整體並不影

台北醫學大學應用流行病學碩士學位學程

地址：新北市中和區圓通路301號

E-mail: nicholaslo@tmu.edu.tw

[http://doi.org/10.6288/TJPH.202404_43\(2\).11212501](http://doi.org/10.6288/TJPH.202404_43(2).11212501)

響對主要結果的理解，不過仍建議未來研究應當提供區間估計結果以幫助闡釋與判斷。最後，在評估 COVID-19 的影響和衡量控制策略時，死亡率只是眾多因素之一。即使在 COVID-19 輕症病例中，症狀也可能持續很長時間，並可能導致肺部和心臟併發症，影響生活和工作能力。或是實施社交限制和隔離可能會對健康產生負面影響，導致心理健康問題增加。因此，除了超額死亡率之外，未來研究也應探究評估 COVID-19 可能造成的其他健康負擔，包括延遲就醫、長新冠症

狀（Long-haul COVID symptoms）、以及生活型態的改變所帶來的影響。

參考文獻

1. Decoster A, Minten T, Spinnewijn J. The income gradient in mortality during the COVID-19 crisis: evidence from Belgium. *J Econ Inequal* 2021;**19**:551-70. doi:10.1007/s10888-021-09505-7.
2. Dukhovnov D, Barbieri M. County-level socio-economic disparities in COVID-19 mortality in the USA. *Int J Epidemiol* 2022;**51**:418-28. doi:10.1093/ije/dyab267.

作者回覆：台灣COVID-19疫情流行期間之 超額死亡估計

Authors' response to commentary: estimation of excess mortality during COVID-19 pandemic in Taiwan

孔常喜 梁立霖 呂宗學

CHANG-XI KUNG, LI-LIN LIANG, TSUNG-HSUEH LU

非常感謝委員對於本文深刻且精闢的評論，以下是作者群的回應。

本研究使用超額死亡率來估計台灣在COVID-19疫情下所受的衝擊，並初步釐清不同時期及區域的影響程度。我們非常認同委員在第三段提出的關於2022年大量超額死亡的潛在機制。疫情初期，防疫政策和民眾自主的健康管理使得傳染病死亡人數下降，是2020年至2021年觀察到的負超額死亡的主要原因。到了2022年，Omicron變異株的大流行使台灣達到疫情高峰，最嚴重時每日確診數高達8-9萬例。在此情況下，即便重症率低，大量確診患者的存在意味著相當數量的住院需求。這些COVID-19患者可能排擠了非COVID-19病患的醫療資源；加上逐漸解封，先前受保護的高風險族群面臨較前兩年更高的死亡風險，形成所謂的死亡遞延現象，進而推高了2022年的超額死亡率。本研究透過區分直接及間接超額死亡來評估非COVID-19感染的死亡比例，感謝委員對此提供的可能解釋。過去研究顯示，美國在第一波受到大量患者衝擊時，醫院間的轉診受阻，且鄉村地區醫院應變能力不如都市地區[1]。另一項研究指出，在COVID-19患者入院數急劇增加的同時，非COVID-19的入院人數顯著下降，且這些患者在入院後30天內的死亡率亦有所上升[2]。因此，評估受影響的非COVID-19患者相當重要。

我們亦認同委員在第四段提及的觀點，即疫情前不同區域的人口健康狀態可能導致超額死亡的地區性差異。透過分析社會經濟因素、政策因素及特定死因的死亡率，我們可以更深入地理解COVID-19所帶來的影

響。目前，我們正在進行一項相關研究，旨在找出影響超額死亡的關鍵因素，其中包含了委員提到的疫情前慢性病的盛行率。此外，本團隊正在進行不同死因的超額死亡率估計，以釐清疫情對急性與慢性疾病的影響，以及醫療體系的responsiveness。

委員在評論的最後一段提到，未來應深入探討COVID-19可能帶來的其他健康負擔，包括延遲就醫等問題，我們對此表示高度贊同。疫情期間嚴格的政策管控和大量COVID-19患者可能導致非COVID-19患者的診斷與治療被延遲，民眾對感染的恐懼也可能使得他們遲延求醫。我們希望未來能全面性評估從篩檢、診斷、治療到預後，COVID-19所造成的衝擊。

最後，本研究採用準卜瓦松模型估計各縣市自2020年至2022年的歷月預期死亡數，共計36個月。由於篇幅限制，未能在文章中呈現模型估計的信賴區間；對此，我們未來會更加注意。再次感謝委員的建設性和前瞻性評論，這些不僅豐富了我們的研究視野，也明確指出了未來研究的方向。

參考文獻

1. Sarzynski SH, Mancera AG, Yek C, et al. Trends in patient transfers from overall and caseload-strained US hospitals during the COVID-19 pandemic. *JAMA Netw Open* 2024;7:e2356174. doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.56174.
2. Dang A, Thakker R, Li S, Hommel E, Mehta HB, Goodwin JS. Hospitalizations and mortality from Non-SARS-CoV-2 causes among medicare beneficiaries at US hospitals during the SARS-CoV-2 pandemic. *JAMA Netw Open* 2022;5:e221754. doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.1754.