

投稿類別：生物類

篇名：

究竟是「蝠」還是禍？——探討病毒與蝙蝠之關係以及應用

作者：

吳奕賢。嘉義縣立永慶高中。二年忠班

吳若慈。嘉義縣立永慶高中。二年忠班

劉書亦。嘉義縣立永慶高中。二年忠班

指導老師：

廖崇志老師

## 壹、前言

### 一、研究動機

2020 新年的到來，接踵而至的新型冠狀病毒（COVID-19），搞得全世界人心惶惶。追溯病毒的源頭，其矛頭卻指向與我們相隔遙遠的「蝙蝠」。不只新型冠狀病毒（COVID-19），包含曾經肆虐全球的伊波拉病毒感染症（EVD）、嚴重急性呼吸系統綜合症（SARS）、狂犬病毒（Rabies）等……，皆被證實來自於蝙蝠。蝙蝠到底有什麼特別之處，為什麼牠們可以攜帶眾多病毒卻還未滅絕呢？此為我們想探知的事。

### 二、研究目的

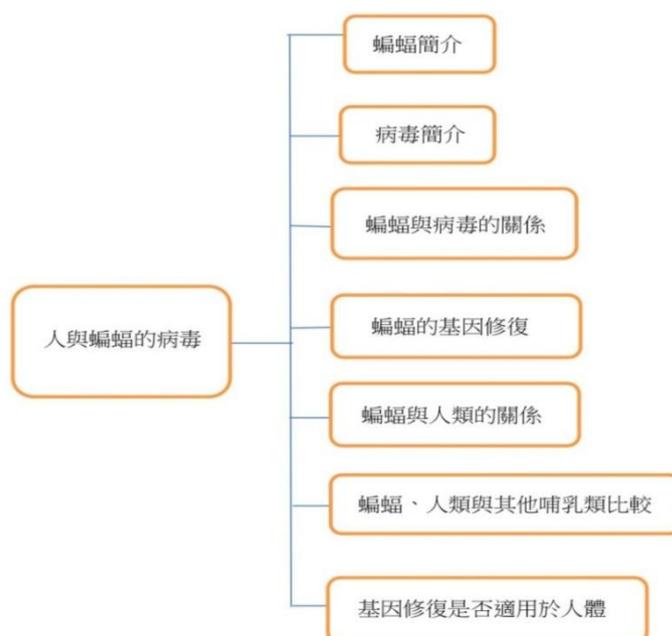
- （一）了解蝙蝠與其他哺乳類相比之獨特性
- （二）確認蝙蝠與病毒的關係
- （三）探知蝙蝠對抗病毒的基因重組是否可應用於人體

### 三、研究方法

利用網路及書籍進行文獻分析法。綜合運用歷史法、觀察法等方法。

### 四、研究架構

圖一：研究架構



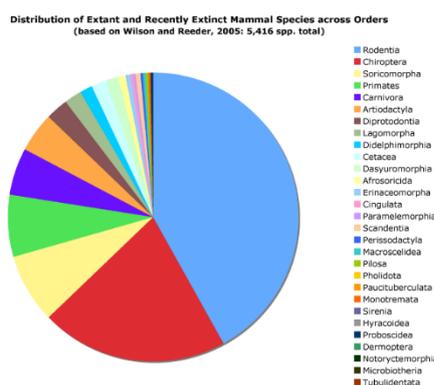
（圖一資料來源：研究者繪製）

## 貳、正文

### 一、蝙蝠簡介

#### (一) 數量與分布

翼手目（圖二紅色部分），佔哺乳類比例的 1/5，數量僅次於齧齒目（圖二藍色部分）。分布廣度略少於人類，除了北極、南極以及海島之外，處處皆可覓得蝙蝠的蹤跡，牠們是唯一不會受限於地形的哺乳類。多為群居，一個洞穴裡從幾千隻到幾百萬隻都有，不同種類的蝙蝠甚至能互相雜居、交配。



圖二：哺乳動物數量比例

#### (二) 飛行與體溫

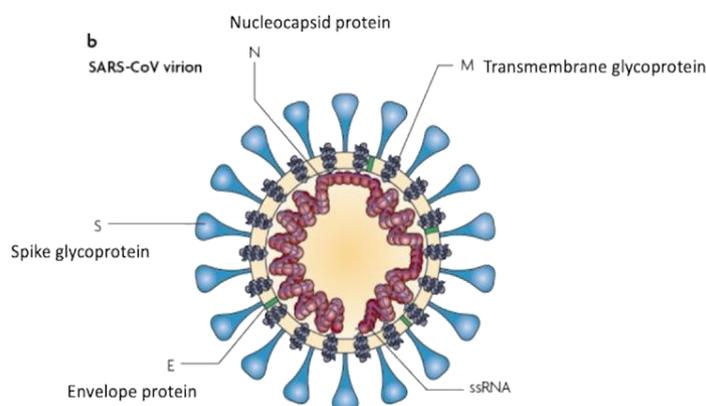
「蝙蝠是一類唯一會飛行的哺乳類」（鄭錫奇，2018）。異於飛鼠的「滑翔」，蝙蝠是真正的「自主飛行」。因飛行需消耗大量的體力、能量，致使蝙蝠的體溫升高時可高達 40.5°C。但當其回到洞穴時，因已停止飛行，蝙蝠的體溫又會下降到正常哺乳類的溫度。如此不斷循環改變的體溫，使蝙蝠對於偏高的體溫早已習慣。

#### (三) 壽命

對於恆溫動物而言，通常體型越大，心跳與代謝越慢，壽命就會越長。例如老鼠，因體積小、散熱快，為了恆溫，擁有高頻率的心跳，每分鐘可達約 500 次，壽命就只有 3 年。蝙蝠的體積與老鼠差不多，每分鐘心跳約 300 下，飛行時更高達 800 下。壽命照理來說，應該與老鼠差不多長。但因蝙蝠會飛行，擁有非常快速的新陳代謝，為了因應新陳代謝造成頻繁的細胞替換，演化出比其他哺乳類更強大的基因修復能力，因此蝙蝠的壽命也較老鼠長上許多。平均壽命可達 20~30 年，甚至超過 40 年。

## 二、病毒簡介

病毒（英語：virus），由一個核酸分子（DNA 或 RNA：基因的化學本質通常為 DNA，但也有不少為 RNA）與蛋白質構成的非細胞形態，為類生物，介於生命體及非生命體之間的有機物種。無法自行表現出生命現象，需藉著感染的機制，仰賴寄生宿主，這些簡單的有機體才能利用宿主身上的細胞進行複製。病毒幾乎可以感染所有具有細胞結構的生命體，且因為只有幾個基因，較容易進行複製，所以繁殖速度非常快速。



圖三：COVID-19 病毒結構圖

### （一）不耐高溫

所有病毒都有一個共通點：在溫度越高、越乾燥的環境裡，病毒的活性越低、生存的時間就會縮短。故溫度達攝氏 56°C 時，則可消滅病毒。

相反地，在溫度越低、越潮濕的環境裡，病毒就越活躍。如此說法也可以解釋為什麼病毒經常在冬天大流行或受寒的人為什麼較易遭到病毒攻擊了。

### （二）病毒與人體的免疫機制

人體的免疫系統受到刺激時，就會進入發燒狀態。發燒可以幫助免疫系統戰勝感染源，也因為病毒和細菌皆對溫度極為敏感，人體在發燒的高溫下，能成為較不易讓病毒和細菌複製的宿主。通常情況下，體內受到病毒感染，便能夠引發免疫反應，消滅入侵的外物。而這些免疫反應也能透過注射疫苗來產生，使接種疫苗的人或動物能夠長時間對抗相對應的病毒。

### （三）各種環境的存活率

下表 1 為新型冠狀病毒（COVID-19）於各材質的存活時間

表 1：新冠病毒於各材質存活時間

材質	最長存活時間
氣霧	少於 3 小時
塑膠	約 72 小時
不銹鋼	少於 48 小時
銅	約 4 小時
紙板	約 24 小時

(表 1 數據取自：<https://reurl.cc/L3beWa>)

### 三、蝙蝠與病毒的關係

世上物種不計其數，大家都會被病毒寄生，而為何總是有病毒來自蝙蝠的說法呢？

#### (一) 穿梭各地及遍布性：

蝙蝠的棲息地分布廣，與病毒重疊甚多。加上蝙蝠有遷徙的習慣，能將病毒帶到尚未被感染的地區或因此染上不同地區的病毒。意義如「跨國感染」。

#### (二) 種類及數量繁多：

洞穴裡的蝙蝠密度極高，生存在狹小的空間中，蝙蝠之間的距離極近，此條件下對病毒而言，簡直就是繁衍的天堂。意義如「群聚感染」。

#### (三) 平均壽命長：

需要活體細胞才能存活的病毒，若選擇壽命長的物種寄生就能不因為宿主死亡等因素的阻擋，繼續生存。蝙蝠在哺乳類中堪稱長壽，也因此病毒可在蝙蝠身上生存不斷繁殖、演化出更具威脅性的形態。

#### (四) 體溫高：

「石原結實就指出，體溫上升一度，免疫力可以提高五倍以上」(林以璿，2020) 蝙蝠體溫有 40.5°C，長期習慣於「發燒」狀態，免疫力極強。但人類若因免疫系統對抗外來病毒，而長時間讓體溫保持在 40.5°C，則高溫便可能使人的器官衰竭，甚至死亡，「人的細胞不耐高溫，譬如在 45°C 時，大部分的細胞在一小時內即死亡」(王昇，1982)。同時，科學家做了對蝙蝠細胞在 40°C 以上環境裡是否死亡的實驗，最後發現 24 小時後，其細胞依舊活躍。這便是為何全身充滿病毒的蝙蝠，總能全身而退，並繼續在帶有多種病

究竟是「蝠」還是禍？——探討病毒與蝙蝠之關係以及應用毒的情況下繼續存活的原因之一。

#### (五) 生活環境及飲食習慣：

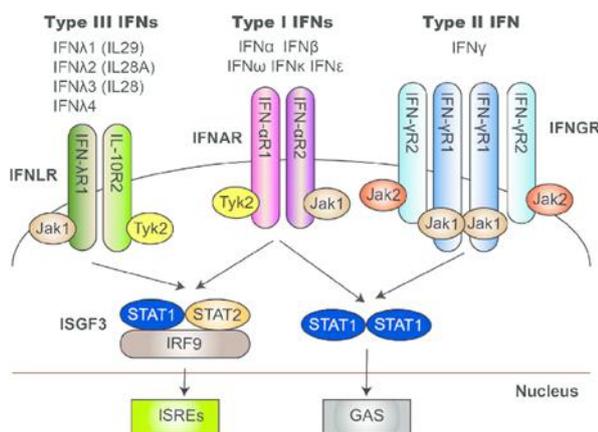
首先，洞穴的潮濕陰暗正是病毒最喜歡的環境。再來，就飲食習慣切入，蝙蝠的食物種類多樣：昆蟲、魚類、花粉、果實、動物的血液等……，什麼都吃的習慣，也使得蝙蝠被食物中病毒感染的機率驟增。

### 四、蝙蝠的基因修復

蝙蝠因經常在活動狀態，長時間飛行讓牠們不但擁有高體溫，還擁有高速的新陳代謝。高強度的運動或過於快速的代謝率會使體內累積自由基 (Free Radical)，自由基會導致體內的組織損傷，如 DNA 複製錯誤、活性氧 (為含氧、具有化學活性的分子。過高的活性氧水平會對細胞和基因結構造成損壞)。但蝙蝠卻不易因高頻率的細胞分裂，而造成無數基因損傷。蝙蝠的厲害之處正是因為牠們懂得「基因修復」。

#### (一) 干擾素

「干擾素基因刺激蛋白-干擾素」(IFNs) 是一種免疫物質，在細胞受到病原體感染時產生的傳訊粒子，可分為三種：IFNs- $\alpha$ 、IFNs- $\beta$ 、IFNs- $\omega$ ，分別對應 Type I、Type II、Type III。如圖四 Type I 和 Type II 的干擾素是病毒入侵的第一防線。而蝙蝠擁有較多的 Type I (IFNs- $\alpha$ )，能破壞細胞內的病毒 RNA 及尚未完成的病毒蛋白、抑制病毒複製，並殺死體內已被感染的細胞，正是所謂對病毒的「直接攻擊」。而干擾素除了「直接攻擊」外，也能「提早預警」來活化其他免疫細胞，使蝙蝠體內其他還沒被感染的活細胞不易受到攻擊。干擾素確實增強了蝙蝠抵禦疾病的能力。



圖四：干擾素類型

加利福尼亞大學的研究員 Cara E. Brook 也對蝙蝠的干擾素做了一個研究。研究中實驗員採用兩種蝙蝠 (「埃及果蝠」：馬爾堡病毒的天然宿主/「澳洲大狐蝠」：亨得利病毒

究竟是「蝠」還是禍？——探討病毒與蝙蝠之關係以及應用的天然宿主）與猴子（非洲綠猴）的細胞。實驗中，研究員使三種不同的實驗對象受到病毒的攻擊。此時，非洲綠猴的細胞完全不產生干擾素，由於沒有干擾素的救助，非洲綠猴很快就死亡了。而兩種蝙蝠內的干擾素在遭受攻擊時，便開始作用對抗病毒的感染，最終也成功將自身健康的細胞與病毒分開。雖然病毒還依然留存在蝙蝠的身上，但牠們的這種機制讓蝙蝠能夠抵禦大部分的病毒感染。

（二）蝙蝠基因組裡面有很多有關基因修復的基因。並且數量遠高於其他哺乳動物。蝙蝠體內這些 DNA 修復的基因，可抑制病毒進行生長時的複製行為。

## 五、蝙蝠與人類的關係

### （一）闖入蝙蝠的生活空間

蝙蝠的棲息的洞穴與人類城市相差遙遠，卻因人類過度開墾、踏入其生活空間。

倘若設置「牧場」，則替無法直接傳染人類的病毒找到了中間宿主（牧場裡的動物）、建築了感染人類的途徑。

倘若設置「住宅區」，則人類有可能在睡夢中遭到蝙蝠攻擊。而最可怕的是，通常人類睡眠時不會意識到被蝙蝠叮咬，所以多數患者並不知道自己曾被攻擊，或是曾經接觸過蝙蝠的分泌物。加上，近年來一些新興的病毒，例如：伊波拉病毒感染症（EVD）、嚴重急性呼吸系統綜合症（SARS）等，皆可由蝙蝠「直接傳染」給人類。

### （二）食用蝙蝠

在人類對野味為補品的錯誤認知之下，享受美味食物的同時，也把病毒通通吞進肚裡了。例如：2003 年的嚴重急性呼吸系統綜合症（SARS），推測病毒來自菊頭蝠，本應與人類沒有直接的傳染途徑，但因人類貪求野味、食用了中間宿主：果子狸，進而將病毒傳入人群中。

### （三）人類奇想：消滅蝙蝠等於消滅病毒？

人類可以將所有蝙蝠消滅，以達成對病毒斬草除根的目標嗎？

首先，蝙蝠的數量及分布太多、太廣，要將其全部消滅有一定的困難存在。再者，病毒除了蝙蝠之外，必有其他宿主可選擇，蝙蝠只是一個較佳的宿主選擇，並不代表病毒一定要寄生於蝙蝠。最後也是重要的，生態系裡的每個物種皆有其存在的意義，蝙蝠也不例外。故人類想透過消滅蝙蝠來消滅病毒之舉，幾乎是無法達成。

## 六、蝙蝠、人類與其他哺乳類的比較

由上述對蝙蝠與病毒的介紹，我們可知病毒會選擇蝙蝠當宿主可能是平均壽命長與生活習性等原因。以下將針對蝙蝠、人類與其他哺乳類做壽命及體溫對病毒有利程度的比較。

### (一) 壽命比較

「每分鐘的心跳越慢，其壽命就越長。反之，心率越快，壽命就越短。」(台灣醫學會，駱惠銘)故研究者認為正常哺乳類的心跳次數與平均壽命應呈反比關係。即利用反比公式： $X*Y=K$ ( $K$  為定值)，設心跳為  $X$  (次)、平均壽命為  $Y$  (歲)，做出表 1。

表 2：哺乳類心跳次數 (次) 與平均壽命 (歲) 反比關係的比較表

	心跳次數 (次)	平均壽命 (歲)	心跳*壽命 (K)
大象	30	60	1800
狗	90	17	1530
鼠	290	4	1150
人類	70~72	79	5530~5688
蝙蝠	500	30	15000

(表 2 資料來源：研究者繪製。)

(心跳次數及平均壽命資料來源：《心跳速度可預測人壽命》

2020 年 3 月 14 日，取自：<https://reurl.cc/8Gyk3g> )

由上表 1 可發現，大部分哺乳類的  $K$  值介於 1000~2000。被視為哺乳類長壽之王的人類已比其他動物的  $K$  值略高，但蝙蝠又比人類高上許多。由此便可知道蝙蝠成為病毒宿主最佳選擇的其一因素 (長壽) 成立。

### (二) 體溫比較

「研究顯示適度發燒可以提升免疫系統的效能」(衛生福利部國民健康署：婦幼健康組，2005) 當生物體被病毒入侵時，「發燒」機制有助於免疫系統消滅病毒。下表列出人、狗、蝙蝠的體溫變化。

表 3：體溫比較

	正常體溫 (°C)	發燒體溫 (°C)
人	36.0°C ~ 37.4°C	≥ 37.4°C (輕微發燒)
狗	38.0°C ~ 39.5°C	≥ 39.5°C
蝙蝠	40.5°C	註

(表 3 資料來源：研究者繪製。2020 年 3 月 14 日。)

人類體溫取自：<https://reurl.cc/7Xr2pb> 狗體溫取自：<https://bit.ly/33INag3>)

究竟是「蝠」還是禍？——探討病毒與蝙蝠之關係以及應用

（註：由本小論文對於蝙蝠的介紹，便可知道其發燒體溫與正常體溫對於偏高的溫度已慣性。因此雖然蝙蝠可能還是有發燒機制，但由於無法分別高溫是來自飛行還是來自免疫，故此處無法得知發燒溫度。）

由表 2 可發現人類的發燒溫度根本不及蝙蝠的正常體溫；就算是體溫普遍比人類高的狗，其發燒溫度也與蝙蝠的正常溫度不相上下。科學家已證實蝙蝠細胞與其他在高溫下早已死亡的普通細胞相比，仍然頗具活力，而病毒最需要宿主具備的條件正是活細胞。另外，病毒對於蝙蝠高溫的個體，不是被消滅，就是因此創造或活化出能適應高溫的基因。故病毒選擇蝙蝠作為宿主，雖然本身有些死亡的風險存在，但宿主的活細胞及使其有可能演化出更具威脅性的機會，則病毒選擇蝙蝠作為宿主依舊利大於弊。

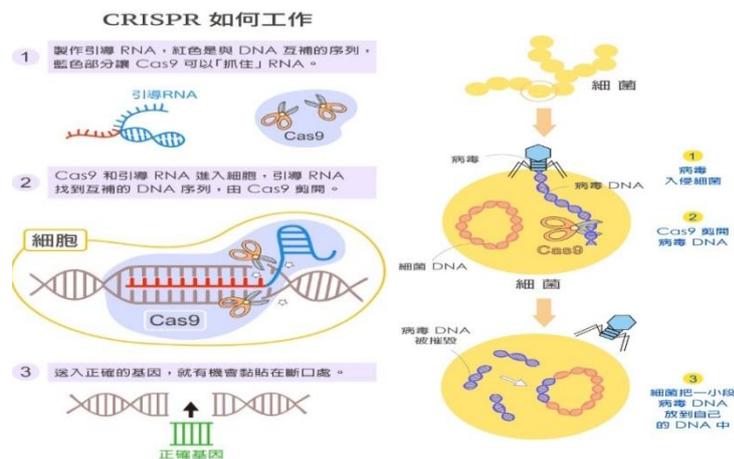
## 七、基因修復是否適用於人體

### （一）CRISPR 及類似基因編輯技術的應用

基因治療，顧名思義要從人體基因下手。編輯人體基因，就是修改人體 DNA，修改人體 DNA 便需要一把基因剪刀，而 CRISPR 正是一把好用的基因剪刀。

許多細菌都有 CRISPR，是一種細菌免疫系統的機制，可以記憶曾經入侵的病毒。病毒入侵細菌，會把自己的 DNA 注入其中，從而佔據細菌的資源，複製新病毒。但細菌也不會忍氣吞聲，它們的免疫系統可以識別、破壞病毒的 DNA。部分僥倖存活的細菌，會挑選一段病毒的 DNA 片段，插入自己的 CRISPR 序列，當病毒再次侵襲時，就能依靠 CRISPR 序列快速辨認，立即地將病毒毀滅。

而細菌中的 Cas9 酵素，可以切割 DNA 的一種酵素，藉由引導 RNA，就能精準剪斷鎖定的病毒 DNA 片段。病毒 DNA 被剪斷摧毀，病毒就不用玩了。這種免疫機制，就被稱為 CRISPR-Cas9。至於怎麼補上好的基因，因細胞會自動修補受損的 DNA，所以只要將正確的基因送入細胞核，就可以被拿去修補 Cas9 剪下的斷口，進而完成基因編輯。

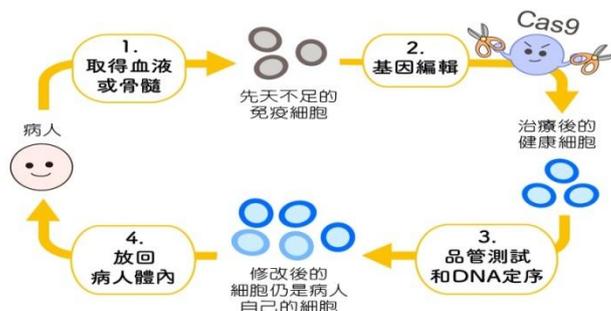


圖五：CRISPR 運作圖

## （二）探討 CRISPR 應用於人體的風險

Cas9 僅能辨認 23 個鹼基序列，而人體 DNA 鹼基序列有 65 億個，Cas9 想要精準地找到序列，根本是大海撈針。若 Cas9 切錯地方，可能造成難以想像的後果。

若要將 CRISPR 應用於人體，須從人體內取出細胞進行修改，確定沒問題再放回體內。不過，大部分細胞和組織都不可能隨意取出，只有血液中的免疫細胞，抽血便能輕易取得。



圖六：利用 CRISPR 進行體外編輯流程

## 參、結論

這次的新型冠狀病毒（COVID-19），報章雜誌對於病毒從何而來有著大同小異的推論：蝙蝠無法輕易脫離嫌疑身分。人類社會對於蝙蝠的負面評價也因此不斷加深。但其實小小的蝙蝠身上有著神祕獨特的抗病毒良方，存在許多人類至今都無法仿效的機制。

尋找人類與蝙蝠的共通點，第一個在腦海浮現的便是兩種生物都擁有的基因系統。蝙蝠因擁有特殊基因而百毒不侵，故又被稱做「病毒之王」。而在基因轉殖的生物不斷成功問世的現今，讓我們不禁思考這些基因轉殖是否能應用於人體？人類是否能截取蝙蝠體內抗病毒的基因片段植入體內，使我們也擁有如蝙蝠一般的金剛不壞之身呢？

近來越發蓬勃成長的基因治療系統像是 CRISPR，讓我們覺得此等基因編輯計畫的可行性提升。而認真探究背後的運作機制後，我們發現基因編輯其實充滿了風險及不確定性。興許需要葬送無數具實驗屍體，才可能換來些許的進展。

針對這次鬧得全世界雞飛狗跳的新型冠狀病毒（COVID-19），既然疫苗也遲遲無法順利研發，那相關領域的專家們能否嘗試深入探討蝙蝠的特殊基因，和其相輔相成的干擾素運作是否能為人類帶來同樣的效果，讓更少人因受到病毒侵襲而慘痛離世。

究竟是「蝠」還是禍？凡事都是一體兩面的，蝙蝠對人類而言沒有絕對的福與禍。蝙蝠本與人類鮮少關聯，但因人類不斷的侵入其棲息地，使蝙蝠在不得已之下與人類共生於同一空間。也因其身上帶有對於人類不利的病毒，而被視為「禍」。做完此篇小論文後，我們發現或許事實並非如此，或許蝙蝠所帶來的福惠能勝過其帶來的禍害。

所以，人類應當善用牠的好，扭轉牠備受歧視的宿命，如此一來，「福」便會降臨，「禍」便會消逝。

肆、引註資料

王經勝（2013）。科普知識博覽•動植物百科：蝙蝠/出版：中國計量

陳其曄（2020）。對抗新冠病毒—科學人雜誌

衛生福利部國民健康署—「健康的叮嚀：打破發燒的迷思」 <https://reurl.cc/V6Ea4b>

超級病毒攜帶體，蝙蝠 DNA 自我修復 <https://reurl.cc/pdmGyb>

蝙蝠長壽的秘密，能適用於人類嗎？ <https://reurl.cc/Qd7M9Z>

《Accelerated viral dynamics in bat cell lines, with implications for zoonotic emergence》  
<https://reurl.cc/X6ezaD>

圖二資料來源：維基百科（2015）。哺乳動物物種餅圖。3 月 20 日，取自  
<https://reurl.cc/gdmE8g>

圖三資料來源：衛福部（2020）。COVID-19 的結構圖。2020 年 3 月 21 日，取自  
<https://reurl.cc/3DNz7O>

圖四資料來源：ResearchGate（2018）。干擾素類型。2020 年 3 月 21 日。取自  
<https://reurl.cc/62agaZ>

圖五、六資料來源：研之有物（2019）。CRISPR 運作圖、利用 CRISPR 進行體外編輯流程。  
2020 年 3 月 21 日，取自 <https://reurl.cc/O10bky>