

淺談生物恐攻-冠狀病毒興起

作者簡介



作者文上賢備役少將，畢業於中正理工學院專 75 年班、化校正規班 48 期、國防大學陸院 89 年班、戰院 94 年班，歷任排、連長、化參官、研究教官、營長、科長、教官組長、軍團指揮官、教育長、指揮官，現職為輔仁大學環安衛中心主任。

提要

- 一、2020 年 5 月 25 日歐洲理事會反恐主義委員會在聲明中表示，新冠肺炎流行顯示，現代社會在面對病毒感染和其帶來的影響相當脆弱。本文將從歷年生物恐怖攻擊，探討生物戰劑種類，再談及近年冠狀病毒發展與消毒劑種類與效能，探討經過此次疫情發展，冠狀病毒是否成為生物恐攻之最佳生物戰劑選擇？
- 二、生物戰威脅頻譜已由生物體之傳統生物武器(細菌、病毒、立克次體等)轉向基因改造武器(經過改造修飾的細菌及病毒)；生物產生的化學物質由生物調節物質(胜肽)轉向毒素(真菌毒素、蓖麻毒素)。天花病毒、炭疽桿菌、鼠疫桿菌、肉毒桿菌毒素及蓖麻毒素等，被研判可能被恐怖份子使用於生物恐怖攻擊的生物戰劑。
- 三、目前已知可感染人類之冠狀病毒株計有 7 種，冠狀病毒屬 RNA 病毒，其基本構造，外層有棘蛋白(Spike)，內層有 RNA，RNA 包含三萬兩千個鹼基對(Base pair, bp)，長度為 32kb(1kb=1,000bp)，冠狀病毒有全世界最長的 RNA，亦表示其最具變異性。
- 四、對抗病菌、病毒所使用手段計有消毒、抑菌、殺菌、滅菌、抗菌等，現市面使用藥劑計有酒精，酚、四級胺、漂白水、二氧化氯、臭氧、銀離子溶液及二氧化鈦光催化成光觸媒)等。

關鍵字:生物恐攻、生物戰劑、冠狀病毒、嚴重特殊傳染性肺炎、消毒

前言

2019 年底於中國大陸湖北省武漢市發現不明肺炎傳播，後經證實該病情是由嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒 2 型 (SARS-CoV-2) 所導致的嚴重特殊傳

染性肺炎 (COVID-19)，隨後在 2020 年初迅速擴散至全球多國，逐漸變成一場全球性大瘟疫¹。截至 2022 年 5 月 31 日全球確診例數 5 億 2,936 萬 9,929 人，全球死亡病例數 628 萬 7,970 人，其中台灣確診例數 203 萬 2,983 人，死亡病例數 2,255 人。²相較於 2002 年 11 月 1 日至 2003 年 7 月 31 日間，根據世界衛生組織統計資料，全球共發現 8,096 例 SARS(嚴重急性呼吸道症候群)可能病例，其中 774 例死亡，且主要集中於中國、香港、臺灣、加拿大及新加坡等國家，此次嚴重特殊傳染性肺炎(亦稱為新型冠狀肺炎 COVID-19)，更可說是全球性，無一幸免。

2020 年 5 月 25 日歐洲理事會反恐主義委員會(Committee on Counter-Terrorism)在聲明中表示，新冠肺炎流行顯示，現代社會在面對病毒感染和其帶來的影響相當脆弱。目前雖尚未發現有任何組織進行此類攻擊的跡象，但刻意將病毒或細菌等致病因子用於恐怖攻擊，被證明是極為可能並有效。生物恐怖攻擊 (bio-terrorism) 與傳統的恐怖攻擊相比規模更大，對人類和經濟的破壞明顯更高。生物恐怖攻擊將使社會長期處於癱瘓狀態，散佈恐懼，且對未直接受影響的社區傳遞不信任感。美國在 2021 年 8 月從阿富汗撤軍，終結了長達 20 年的戰爭後，塔利班(Taliban)迅速重掌阿國政權。英國前首相布萊爾 (Tony Blair) 於同年 9 月 7 日表示，伊斯蘭主義仍是「一級」安全威脅，西方國家應該為極端組織可能使用生物武器做好準備。³另聯合國秘書長古特雷斯 (Antonio Guterres) 也曾在 2020 年 4 月份表示，生物恐怖攻擊的危險性正在上升。可見生物恐怖攻擊議題日益受到重視。筆者試圖從生物恐怖攻擊、生物戰劑研判來剖析冠狀病毒是否可能成為恐怖份子之新興生物戰劑？再論述消毒藥劑之種類與功效，作為防制基本對策。

生物恐怖攻擊

生物恐怖攻擊並非現代產物。早在公元前 1500 年，赫梯人就驅趕兔熱病

1. 當疾病爆發導致一個人群、社區或地區中有反常的高比例患病者時，這一疾病就稱為流行病；如果疾病傳播到世界範圍則稱為瘟疫。見維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/病毒>。

2. 「COVID-19 全球疫情地圖」，2022 年 5 月 31 日。[https:// COVID-19nchc.org.tw](https://COVID-19nchc.org.tw) 及 <https://www.taiwannews.com.tw/ch/news/3869160>

3. 央通訊社《前首相：西方應為生物恐怖主義威脅做好準備》，2021 年 9 月 7 日。<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202109070032.aspx>

患者到敵國，以引發瘟疫。更經典的例子是中世紀，蒙古士兵圍城的時候，會把帶有黑死病的屍體，以投石器拋進城內，務求藉瘟疫殺掉在城內死守的軍民。1754 年英國人故意將天花病人曾經使用過的毛毯和手絹散發或留棄到北美的印地安人部落裡，這直接導致了天花在俄亥俄河谷的印第安人部落中爆發流行，造成超過一半原住民死亡。

學者鍾堅博士曾指出：生物戰是指培養病原體如細菌、病毒甚至基因，將之植入病媒宿主成為生物戰劑，置入載具組裝成生物武器，投射或施放於敵區，對人畜、禽獸、植物造成持久性的大規模毀滅性效應。有別於天然的瘟疫如天花及麻疹，生物戰均有針對性與致命性。⁴但從另一角度來看，追求殺傷力、破壞力、震撼力，是恐怖活動的一貫目標，恐怖份子若利用細菌、病毒及毒素之生物病原體從事秘密性、個體性之小區域攻擊，又將會造成怎樣的場景，個人試著從生物恐怖攻擊定義與特性、入侵途徑與攻擊類型及威脅頻譜，分析生物恐怖攻擊之可行性。

一、定義及研判

(一)衛生福利部疾病管制署⁵

1.生物恐怖攻擊

是指人為蓄意使用生物戰劑(包含對人類、動物、植物有害的細菌、病毒或毒素等生物病原)作為攻擊武器，造成民眾恐懼、焦慮、罹病甚或死亡。

2.生物恐怖攻擊之特性

包含具傳染性、可由人傳給人、也會污染環境，加上感染後有潛伏期，不利即時診斷，容易造成疾病流行，並使感染範圍擴大；此外，因具有高死亡率且容易造成感染之特性，會導致民眾恐慌焦慮，進而影響社會秩序，甚至導致國家經濟衝擊。

3.可能被使用作為生物戰劑的生物病原

包括天花病毒、炭疽桿菌、鼠疫桿菌、肉毒桿菌毒素、病毒性出血熱(如伊波拉病毒)等。

(二)防恐怖戰略與對策⁶一書中指出

4.清流雙月刊-人類生物安全緊急狀態，鍾堅，《國家安全與新冠肺炎》，2020.5.27，頁 6。

5.衛生福利部疾病管制署，<https://www.cdc.gov.tw/Category/QAPage/4s8F5GbhsCtSNM3xVEXPyQ> 最後更新日期 2019/4/8。

1.生物恐怖攻擊

指由恐怖組織或恐怖份子策劃並利用生物物體（病毒）攻擊人、畜或植物，導致其感染生病甚至死亡，引起人們恐慌，造成社會秩序混亂的一種恐怖形式。

2.可能使用的生物戰劑

- (1)細菌類（如炭疽桿菌、鼠疫桿菌、霍亂弧菌、布魯氏桿菌、土拉菌）。
- (2)病毒類（如天花、伊波拉、馬爾堡、裂谷熱、拉沙熱）。
- (3)真菌類（如組織孢漿菌）。
- (4)立克次體類（如流行斑疹傷寒立克次體）。
- (5)衣原體類（如鳥疫衣原體）。
- (6)毒素類（如肉毒桿菌毒素）。等致病微生物、毒素及其他生物活性物質。

二、入侵途徑與攻擊類型

(一)入侵途徑

1.從呼吸道吸入

絕大多數生物戰劑可通過氣溶膠方式經呼吸道吸入體內。

2.從消化道食入

人畜食入被生物戰劑污染的水和食物，生物戰劑隨之從消化道侵入機體。

3.從皮膚、黏膜進入

生物戰劑可直接經皮膚傷口及眼、鼻等處的黏膜進入體內，還可因帶原昆蟲咬傷皮膚而進入體內。

生物戰劑侵入人體後，會破壞人的生理功能而發病，大多數的生物戰劑使人發病後，會出現發燒、頭痛、全身無力、噁心、上吐下瀉、咳嗽、呼吸困難、局部或全身疼痛等症狀，如不採取醫療措施，輕者在一段時間後可能會痊癒，重者還會有生命危險，生物戰劑所引起的大多數傳染病，都可通過在人群中傳播流行，特別是鼠疫、天花、霍亂、斑疹傷寒等病原體較厲害，

對污染區有著不同程度的影響，有的生物戰劑還可感染當地的動物和昆蟲，形成疫源地，造成持續性危害。

(二) 施放類型

1. 施放生物氣溶膠

將攜帶有細菌或病毒的生物戰劑噴撒到空中後，會形成很細微的顆粒，長時間懸浮於空氣中，隨風飄蕩。這種微粒與空氣的混合體，叫做生物氣溶膠，它的顆粒很小，約為 0.5 微米～5 微米，肉眼很難看見，滲透力強，殺傷範圍廣，人吸入呼吸道後，可以進入肺泡和血管中，致死率極高。可利用飛機投擲或用火炮、飛彈發射細菌彈，爆炸後形成氣溶膠，或是用飛機低空噴撒，形成生物戰劑氣溶膠，污染空氣，這種方式的污染面積廣，可使得多數人員同時受感染而發病。如果把 100 克炭疽菌的孢子用導彈送到敵國，可造成 2.6 平方公里的感染地帶。而使用 0.9 噸孢子的話，感染地帶的面積可達 26000 平方公里。⁷

2. 投放帶有生物戰劑的媒介物

這種方式是上一世紀用來進行生物攻擊的手段，用飛機投下帶菌的跳蚤、老鼠、蒼蠅和雜物等，也有利用特工投放生物戰劑，以此來污染水源、空氣和食物，使人染上疾病。如把活細菌，特別是引起痢疾的細菌投入水源地、池、湖泊及河流中。發達國家的用水是通過淨化的，但發展中國家大多直接使用池、湖泊及河流中的水。儘管這是原始的方法，但是因為投毒量大，在沒有預防措施和檢出方法時會造成敵對國的混亂而起很大的破壞作用。假定飲用水源是一個 500 萬立方公升的儲水池，要毒殺所有飲用該池水的人只需要 450 克的沙門氏菌毒素就足夠了。而如果用神經毒劑的話要 5 噸，用氰化鉀的話要 10 噸。⁸

3. 以郵件寄送

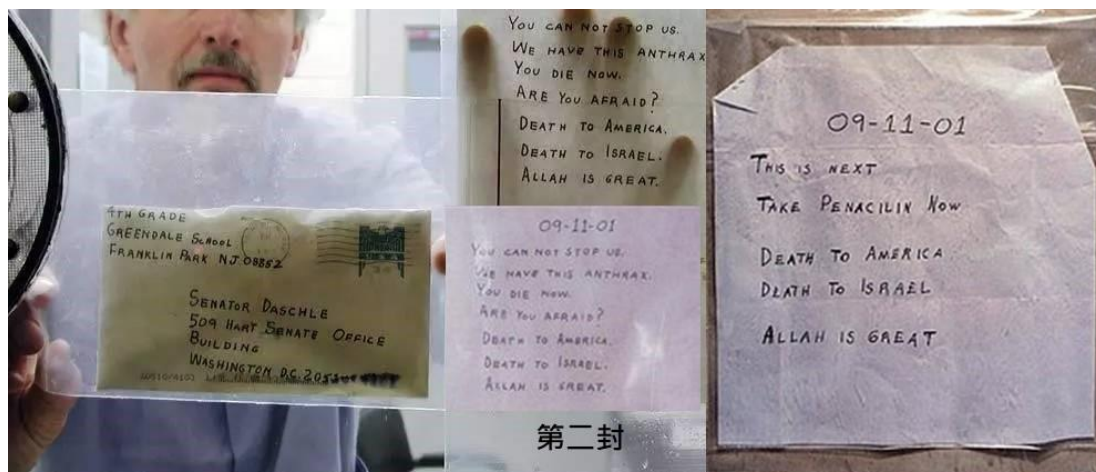
這種攻擊方式多屬恐怖攻擊。如 2001 年美國炭疽攻擊事件，從 2001 年 9 月 18 日開始，恐怖份子把含有武器級炭疽桿菌粉劑的信件（如圖 1）

7. 杜祖健、井上尚英合著，張虞安譯，《化學·生物兵器概論》（台北，藝軒圖書出版社，2002 年 8 月），頁 127。

8. 同上註。

寄給數個新聞媒體辦公室以及兩名民主黨參議員，這件為期數周的生物恐怖攻擊事件導致 5 人死亡，17 人被感染。

圖 1 裝著炭疽桿菌粉劑之郵件



這封寄給參議院多數派領袖湯姆·達施勒的信
含有炭疽桿菌粉末，導致兩名郵政人員死亡

寄給《紐約郵報》和全國廣播
公司的炭疽信

資料來源：GETIT01.com 及維基百科，自由的百科全書-2001 年美國炭疽攻擊事件。

4. 生技研究機構或庫房外洩

恐怖份子以傳統爆炸方式，攻擊生技研究機構或庫房，造成病毒外擴，亦可能生物病毒擴散。

三、威脅頻譜

隨著微生物學和有關科學技術的發展，新的致病微生物不斷被發現，可能成為生物戰劑的物種也在不斷增加。近些年來，人類利用微生物遺傳學和遺傳工程研究的成果，運用基因重組技術界限遺傳物質重組，定向控制和改變微生物的性狀，從而有可能獲得效價更高的生物戰劑。另外，利用生物技術也可以改良天然生物毒素以及解決生物毒素的規模生產問題，將毒素基因移入可快速繁殖的微生物內，使得產量提高數百倍至上千倍，為毒素的規模生產以滿足武器化需求提供了技術條件。

科技發展是種跳躍式的進步，就如通訊產業看雖是由 1G、2G 進步到 5G，然實則它的傳輸速度及頻寬是以千倍在進步。近 30 年間，分子生物學技術快速發展，造就生技工業與醫療研究蓬勃起飛，原人們之所以研究以人類和動物為宿生的細菌和病毒的機理，本來是為了減少或預防疾病，但現在這些研究成果很容

易被另作他圖，發展出更為強大的生物武器。故美國最新情資也研判，生物戰威脅頻譜已由生物體之傳統生物武器(細菌、病毒、立克次體等)轉向基因改造武器(經過改造修飾的細菌及病毒)；生物產生的化學物質由生物調節物質(胜肽)轉向毒素(真菌毒素、蓖麻毒素)⁹如表 1，其將是恐怖份子用來實施生物恐怖攻擊之新寵兒。

表 1 生物恐怖攻擊威脅頻譜

生物產生的化學物質	生物調節物質	胜肽 (peptides)
	毒素	蛤蚌毒素 (saxitoxin) 、真菌毒素 (mycotoxin) 、蓖麻毒素 (ricin)
生物體	傳統生物武器	細菌、病毒、立克次體 (rickettsia)
	基因改造生物武器	經過改造修飾的細菌及病毒

資料來源：作者繪製，修改自新式生物武器-威脅、擴散與管制，頁 20。

生物戰劑研析

美國疾病管制局將可能的生物戰劑，依傳播力及致病程度依序分為 A、B、C 三級(如表 2)。A 級生物戰劑為最高風險及最適合當生物戰劑的病原，對社會大眾及公共衛生之影響最重大，C 級生物戰劑對社會大眾及公共衛生之影響雖不若 A、B 級，惟其較為常見且具有容易取得、製造與散播之特性，倘有心人士在實驗室不當利用基因合成等生物科技技術，恐變異為新興傳染病。

表 2 美國疾病管制局對生物戰劑的分類

級別	特性	病原
A	散播容易或可由人傳人，死亡率高，對公衛影響重大，造成大眾恐慌與社會崩潰，須特殊的公共衛生整備	天花病毒、炭疽桿菌、鼠疫桿菌、肉毒桿菌毒素、兔熱菌、病毒性出血熱(伊波拉病毒、馬堡病毒、拉薩病毒、Machupo 病毒)
B	散播能力中等、發病率中等，死亡率低，須加強其診斷與監視量能	布魯氏桿菌群、鼻疽菌、蓖麻毒素、Q 熱、氣性壞疽梭狀芽孢桿菌毒素、鸚鵡熱、斑疹傷寒、B 型金黃色葡萄球

9.馬爾康·丹斗(Malcolm Dando)，《新式生物武器－威脅、擴散與管制》(The New Biological Weapons- Threat, Proliferation, and Control)，國防部史編局譯編，(台北，國防部史政編譯室，民國 92 年)，頁 20。

		菌內毒素、霍亂弧菌、沙門氏桿菌、志賀氏桿菌、大腸桿菌 O157、蟲媒介之腦炎病毒（如委內瑞拉馬腦炎）
C	容易取得、容易製造及散播，具高發生率、高死亡率之潛能	立百病毒、漢他病毒

資料來源：衛生福利部疾病管制署《疫情報導》2016 年 2 月 2 日第 32 卷 第 3 期，頁 43。

依上表目前國際上研判可能被恐怖份子使用於生物恐怖攻擊的生物戰劑計有：天花病毒、炭疽桿菌、鼠疫桿菌、肉毒桿菌毒素及蓖麻毒素等五種，分別介紹如下：

一、天花病毒

天花病是由天花病毒(variola virus)所引起之急性傳染病，為我國第一類法定傳染病。¹⁰天花病毒屬 DNA 病毒(DNA virus)。

(一)傳染方式：

- 1.天花病毒繁殖能力超強，與天花病人接觸，或經由吸入天花病毒均會染病。
- 2.天花病人之唾液、血液、組織液、水泡液、脫落的皮屑、結痂、排泄物及天花病人使用過沾有天花病毒的物品等，都具傳染力。
- 3.因為病毒效價在發病後的 1 週內最高，此時期是感染力最強的時候，其感染力會持續至疹子消失時（即所有結痂均脫落）。
- 4.脫落的結痂也含有病毒，但是其感染力遠小於唾液許多。

(二)症狀：

- 1.起初會有發燒、發冷、頭痛、抑鬱、衰弱、背痛、肌肉痛、急性胸部或下腹部疼痛、反胃與嘔吐等症狀。
- 2.皮膚一開始會出現有點狀鼓起來的疹子，漸漸形成水泡（第 3-5 日）、膿疱（第 6-7 日），然後結痂（第 7-10 日），痂皮脫落（21-28 日）。結痂

10.參考衛生福利部疾病管制署網站

痊癒後形成褪色的疤是天花的重要特徵。在發病後 1 或 2 週內死亡，其致死率高達 30%且無有效之治療方法。感染症狀如圖 2。

3.咳血、吐血、流鼻血、口腔出血、血便與陰道出血也是常見症狀。

4.急性天花通常是致命的，而且症狀可能會與病毒性出血熱混淆。

圖 2 感染天花病毒 1~14 天症狀



資料來源：環球科學驛站 2017/07/08. <https://read01.com/oLLAQ54.html>

二、炭疽桿菌(Anthrax)¹¹

炭疽病由炭疽桿菌(*Bacillus anthracis*)引起的人畜共通傳染病，是一種棒狀的專性嗜氧(obligate aerobic)、革蘭陽性、產孢子桿菌，長約 1 至 6 微米。為我國第二類法定傳染病。¹²炭疽桿菌通常以內孢子型態出現在土壤中，並可藉此狀態存活數十年之久，一旦由牲畜攝入，孢子便開始在動物體內大量複製，最後造成死亡，隨後於屍體中仍能繼續繁殖，而當其將宿主養分用盡，又將重回睡眠態的孢子。感染途徑概分為三型：

(一)皮膚型炭疽 (cutaneous anthrax)：

11.衛生福利部疾病管制署，<https://www.cdc.gov.tw/Disease/SubIndex/lq5xAX9vQqrebMILzYvMCQ>。

12.中華民國 93 年 1 月 20 日總統華總（一）義字第 09300010081 號令修正公布「傳染病防治法」，茲將「炭疽病」列為第一類傳染病。行政院衛生署中華民國 102 年 1 月 24 日署授疾字第 1020100062 號公告，將「炭疽病」自第一類傳染病移列至第二類傳染病。

- 1.占人類炭疽病例比例超過 95%，給予適當抗生素治療後死亡率小於 1%，但如果未經治療，可能因臉部或頸部水腫導致呼吸道阻塞及續發性蜂窩性組織炎或腦炎，死亡率可達 10~40%，人與人直接傳染機率極低，醫療人員一般情況下不須予以預防藥物。
- 2.炭疽桿菌(通常是孢子形式)經由皮膚傷口(割傷、擦傷、蠅類叮咬等)進入人體，最常發生在臉部、頸部、手及腕部。
- 3.感染 2~3 天皮膚上出現小膿疱或丘疹，第 3~4 天，丘疹周圍出現直徑約 1~3 公分環狀水泡，除非有續發性感染，水泡不會疼痛、無膿，惟附近的淋巴可能會腫大、發炎、疼痛。第 5~7 天，丘疹潰爛形成黑色焦痂，此時症狀包含輕微發燒、倦怠及頭痛，若病情持續加重(特別是病灶位於臉部、頸部及胸部者)，可能併發毒血症、意識改變、高燒、低血壓、局部淋巴結腫大等，甚至壓迫氣管。約第 10 天，焦痂開始脫落，約數週後緩解。

(二)吸入型炭疽(inhalational anthrax)：

- 1.又稱為肺部炭疽(pulmonary anthrax)、毛工病(Woolsorters' disease)或拾垃圾者病(Ragpicker's disease)，係吸入大量炭疽桿菌孢子而感染(感染劑量約 8,000~10,000 個孢子)，死亡率高。
- 2.在疾病初期症狀無特異性，似一般感冒，病徵可能包含輕微發燒、寒顫、倦怠、頭痛、咳嗽、胸悶、肌肉酸痛等，症狀可能持續 1 至數天，隨後病程進展快速，突然發生呼吸困難、發紺、敗血症、休克、昏迷，可能在 24~36 小時內死亡。
- 3.吸入型炭疽初期臨床診斷相當困難，須仰賴病史資料，胸部 X 光片會呈現縱膈腔變寬，也常見肺部浸潤及肋膜積水等異常。

(三)腸胃型炭疽(gastrointestinal anthrax)：

- 1.主要因為食入未煮熟且遭炭疽桿菌污染的食物，臨床表現為口咽炭疽及腸胃炭疽，以腸胃炭疽較常見。口咽炭疽侷限於口腔，好發於頰黏膜、舌、扁桃腺及後咽壁，儘管給予治療，其死亡率仍然相當高。

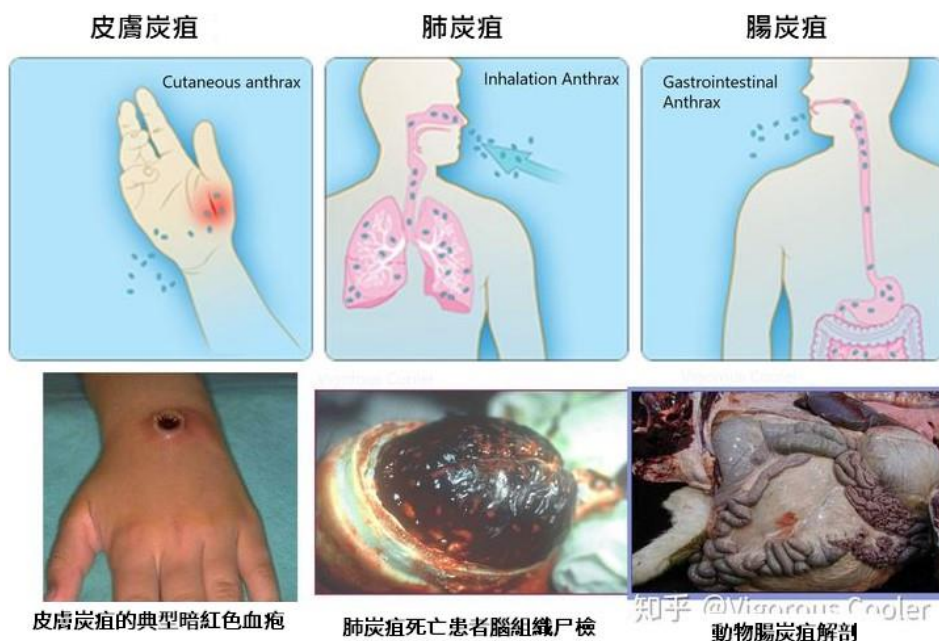
- 2.口腔病灶為直徑 2~3 公分、灰色偽膜包覆的水泡，當侵襲扁桃腺時，可能發生潰瘍。
- 3.臨床症狀包含喉嚨痛、吞嚥困難、局部淋巴結腫大及疼痛；病程進展快速，可能出現菌血症、毒血症、急性呼吸窘迫及意識改變，最後導致休克、昏迷及死亡。
- 4.腸胃炭疽可發生於食道、胃、腸的任何部位，尤好發於迴腸及盲腸，病灶周圍呈現多發性表面水腫、出血性潰瘍。剛開始的臨床症狀無特異性，包含噁心、嘔吐、食慾不振、無力、輕微腹瀉、發燒及頭痛，腸道病灶亦可能發生出血、阻塞及腸穿孔，後續發生嚴重腹痛、吐血、血便，有時會併發大量腹水、毒血症及敗血症，最後導致休克、死亡；其病程進展快速，發病至死亡約 2~5 天。

上述三類炭疽病，皆可因炭疽桿菌進入患者的血流或淋巴循環，造成敗血症及/或侵入中樞神經引發炭疽性腦膜炎(anthrax meningitis)，此時稱為全身性炭疽病(systemic anthrax)，炭疽桿菌在皮膚上潰瘍結痂及透過郵件進入肺部示意圖，如圖 3。

由於炭疽會形成對環境抵抗性佳的內孢子，一旦釋放於空氣中，由於其內孢子對熱、輻射與消毒作用的抗性高，且可快速散播，人類吸入具生物活性的內孢子的機會大增，一旦吸入高量(> 10000) 的孢子時即可能導致肺部感染，而吸入的孢子亦會被吞噬細胞帶至淋巴組織，在此出芽增生繁殖，最終導致敗血症，其致死率接近 100%。由於取得容易，加上釋放後對環境抵抗性佳、且可快速散播，並有高致死率，因此成為生物戰劑的絕佳病原選擇。¹³

13.賴稚元，東吳大學，《微生物的世界》，<http://microbiology.scu.edu.tw/MIB/micro/bacteria/B1.htm>。

圖 3 三種炭疽桿菌感染示意圖



資料來源：知乎部落客，<https://zhuanlan.zhihu.com/p/42326610>。

二、鼠疫桿菌

鼠疫(黑死病)是由鼠疫桿菌(*Yersinia pestis*)引起的人畜共通傳染病，存在嚙齒類及其跳蚤，並藉跳蚤傳染給各種動物及人類，是為我國第一類法定傳染病。

¹⁴鼠疫桿菌為多型的(pleomorphic)革蘭陰性桿菌，兼性厭氧(facultative anaerobic)。當鼠疫桿菌感染人類後，通常會造成腺鼠疫、肺鼠疫、敗血型鼠疫三種型式。

(一)傳染途徑：

- 1.腺鼠疫主要由被感染跳蚤叮咬吸取人類血液或是人類處理被感染動物(尤其老鼠和家兔)的組織時，不慎接觸膿液而感染，鼠疫桿菌會侵襲人類的淋巴系統，導致腺鼠疫。
- 2.鼠疫桿菌像癌細胞一樣，不會老實本分地駐紮在一個地方，它會迅速在人體內擴散，如果不幸走到了肺部，就會演變成肺鼠疫。
- 3.肺鼠疫病人的肺部裡繁殖著大量鼠疫桿菌，咳嗽的時候釋放大量帶菌飛沫，可以通過空氣直接在人與人之間傳播。
- 4.腺鼠疫和肺鼠疫發展到更為嚴重的階段，就是敗血型鼠疫。

14.參考衛生福利部疾病管制署網站

(二)症狀：如圖 4。

1.腺鼠疫

- (1)感染腺鼠疫的人，會出現發燒、淋巴結腫大、全身酸痛、噁心嘔吐等症狀。
- (2)是三類鼠疫中症狀最輕、死亡率最低的一種，未經治療的情況下死亡率約為 30%~60%。治療及時的情況下，一週之內症狀會消失、並逐漸痊癒。

2.肺鼠疫¹⁵

- (1)包括發高燒、發冷、咳嗽、咳血與呼吸困難。
- (2)病患痰中會中雙極性的革蘭氏陰性桿菌以及嗜中性白血球。嚴重的病例會發展成敗血性休克，並在 24 小時內死亡。
- (3)病患的身體檢查會發現發燒、心跳加快、呼吸加速以及肺部一處或多處硬化，胸部 X 光片則會顯示有斑狀、節狀或大葉硬化以及肺門 / 縱膈腔腺病變。
- (4)潛伏期約為 2~4 天。若未及時治療患者常因休克、心肺衰竭而於 1~3 天內死亡。
- (5)臨終病人因嚴重呼吸困難和缺氧，導致全身皮膚高度青紫，故鼠疫又稱『黑死病』。

3.敗血型鼠疫

- (1)症狀主要是神志不清、昏迷，還伴有皮膚粘膜出血、鼻血、嘔吐、便血或血尿以及心力衰竭。
- (2)它的致死率和狂犬病毒不相上下，一旦發病，24 小時之內就會死亡，很少超過 3 天，病死率高達 100%。

15.雷蒙·齊林思高 (Raymond A. Zilinskas)，《生物戰的攻擊與防禦》(Biological Warfare Modern Offense And Defense)，國防部史編局譯編，(台北，國防部史政編譯室，民國 93 年 3 月)，頁 162。

圖 4 肺鼠疫患者神志不清四肢皮膚高度青紫



資料來源：160 健康研究所。

四、肉毒桿菌毒素

肉毒桿菌(*Clostridium botulinum*)為大型的專性厭氧革蘭陽性桿菌，以孢子形態存在我們生活的周遭環境，其毒素導致中毒稱之肉毒桿菌中毒(botulism)。致病機轉為毒素阻斷乙醯膽鹼之釋放，使得神經元傳導受阻，導致局部或全身性的麻痺與相關神經學症狀。為我國第四類法定傳染病。¹⁶

(一)傳染途徑：

- 1.食物性肉毒桿菌經由食品污染食入體內。
- 2.創傷性肉毒桿菌經由傷口感染。
- 3.經由呼吸道吸入。

(二)症狀：

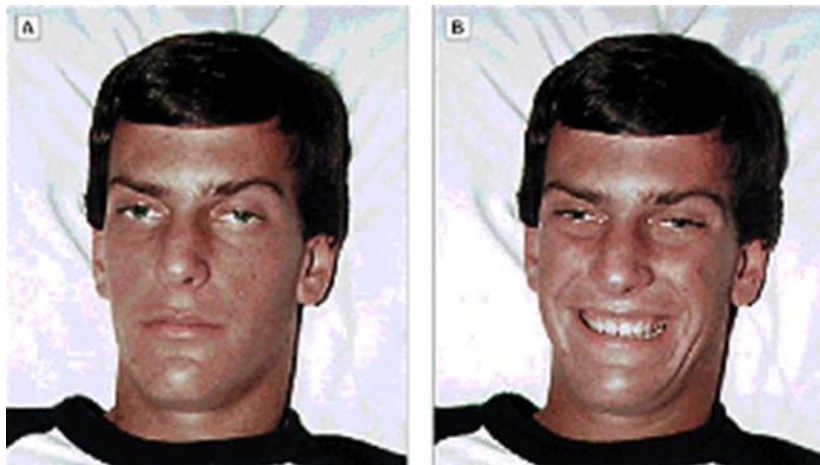
- 1.發病的症狀包括疲倦、眩暈、腹瀉、腹痛及嘔吐，神經症狀有視力模糊或複視、眼瞼下垂、瞳孔放大或無光反射、顏面神經麻痺、吞嚥困難及講話困難等。接續發生由上半身到下半身的肌肉無力、神經性腸阻塞、呼吸困難等相關症狀，病人通常意識清楚，但嚴重時會因呼吸困難而死亡。
- 2.潛伏期約 12 至 35 小時，後有瞳孔散大症狀。食用完污染的食物後數小時到 1、2 天即會出現症狀，最早的症狀很難與中毒聯想在一起，嚴格的來說有以下數種臨床效應：視覺模糊、眼瞼下垂、嚥食困難、嚴重關節炎和表面肌肉無力，當神經肌組織開始傷害和呼吸困難開始發生，醫療單位才會開始認為是肉毒桿菌感染，在作完鼠類的生物鑑定用合適的抗血清中

16.參考衛生福利部疾病管制署網站

和的方式證明血液中含有毒素才能確切的診斷，在許多例子中，可從污染食物中分離出病菌菌株，且可利用食物檢體再次用中和測試確認，而有效的治療方法極少甚至沒有，只能用人工空氣濾淨和其他生命維持系統。

- 3.吸入型的肉毒桿菌較少見，一個在實驗室中人體意外暴露在肉毒桿菌毒素的意外事件發生在德國，而於 1962 年報導出來，當時工作人員正在處理暴露於 A 型肉毒桿菌毒素的實驗動物進行驗屍時，全身遭到感染。遭到感染後三天，他們主述症狀有 (1) 喉嚨內有黏液塞住；(2) 難以吞嚥固體食物；(3) 沒有發燒但會開始感到發冷，接著他們住院治療，第四天時，紀錄顯示病情變得更嚴重，病人抱怨「精神上感到麻痺」且目視動作遲緩，他們的瞳孔輕微膨脹且眼球會輕微震顫，言語不清且步伐不定，病人會報怨極度虛弱。第四、五天對病人投以抗肉毒血清，在感染後的第六至第十天之間，病人穩定的降低視覺擾亂、麻、虛弱，如圖 5。

圖 5 肉毒桿菌中毒圖



JAMA 2001 ; 285:1059-1070

肉毒桿菌中毒病患臉部外觀

圖A：病患休息時，對稱性的眼瞼下垂，眼神渙散，瞳孔放大，無法對焦

圖B：要求病患做出最大的笑容時，眼睛周圍無肌肉收縮之皺紋產生

資料來源：衛福部疾管署《肉毒桿菌中毒》，101.04.17。

五、蓖麻毒素 (Ricin)：

蓖麻毒素是一種從蓖麻種籽經壓榨後剩下的殘渣，其內含有一種毒性極高的蛋白質，將其萃取出來即是蓖麻毒素，毒力為現今種子類中最高，約需 30 毫克

即可達致死量，為眼鏡蛇毒液的兩倍。如圖 6。

(一)傳染途徑¹⁷：

1.吸入

- (1)使用噴霧器，經由呼吸器官吸收。
- (2)吸入大量蓖麻毒蛋白後數小時內，可能的症狀是呼吸窘迫(呼吸困難)，發燒，咳嗽，噁心和胸悶。
- (3)隨後可能會出大量汗以及肺中積聚液體 (肺水腫)。
- (4)這將使呼吸更加困難，並且皮膚可能會變藍，最後，會出現低血壓和呼吸衰竭，從而導致死亡。

2.攝取

- (1)如果吞嚥了大量的蓖麻毒蛋白，可能會出現嘔吐和腹瀉、流血，導致嚴重脫水，然後出現低血壓。
- (2)其他體徵或症狀可能包括癲癇發作和尿液中的血液。在幾天之內，該人的肝臟，脾臟和腎臟可能會停止工作，並且可能會死亡。

3.皮膚和眼睛接觸

- (1)蓖麻毒素不太可能通過正常皮膚吸收。
- (2)接觸蓖麻蛋白粉或產品可能會引起皮膚和眼睛發紅和疼痛。
- (3)如果觸摸皮膚上的蓖麻毒蛋白，然後用手吃食物或將手放在嘴裡，則可能會攝入一些。

(二)症狀：

- 1.人體暴露在氣霧中之後，會有 4 至 8 小時的潛伏期。
- 2.早期表現為噁心、嘔吐、腹痛、腹瀉、精神不振；然後開始出現脫水、血壓下降、嗜睡、休克；還會牙關緊閉、抽搐、昏迷；少數人會有高燒、黃疸、便血、血尿或無尿，最終因肝腎損傷、酸中毒、尿毒症、心血管麻痺、呼吸抑制、循環衰竭而死亡。

17.SNTH 內華達州南部健康區，《蓖麻毒素》，<https://www.southernnevadahealthdistrict.org/zh-TW/Health-Topics/ricin/>。

- 3.根據蓖麻毒素吸入的實驗模式發現，2 至 3 天後會造成死亡，這段時間會發生嚴重的支氣管水腫與肺泡水腫，支氣管上皮壞死是顯著的特徵。
- 4.胸部 X 光可能顯示擴散性的水腫，但心臟大小正常、呼吸道發炎與壞死，以及擴散性的肺泡水腫。
- 5.致死時間大約 36 至 72 小時，其變化與氣霧劑量有關，身體檢查會發現呼吸過速、發燒、心搏過快，擴散性氣喘與氣爆音。
- 6.目前，對於蓖麻毒素的中毒，還沒有醫治方法。

圖 6 蓖麻樹及蓖麻種子圖



資料來源：<https://read01.com/oLLAQ54.html>

冠狀病毒

恐怖份子絕佳的生物戰劑一定會選擇容易製作(改造)、攜帶安全、散播容易、傳染性強、有明顯發病症狀、致死率不見得要高，可以達到即有人因染疫而死亡，又可對地區(國家)造成恐慌，甚而影響到經濟、民生問題，最好可人畜共通。從這個角度來看這次的「新型冠狀肺炎-嚴重特殊傳染性肺炎 (COVID-19)」似乎蠻符合這些要件，難怪會有人為散播說，生物恐怖攻擊危險性正在上升的說法。藉此我們來研究「冠狀病毒」，看看它是否可成為新興生物戰劑。

冠狀病毒 (Coronavirus)，是一類可感染哺乳動物與鳥類的病毒，屬於網巢病毒目冠狀病毒科¹⁸，冠狀病毒依基因組成序列分為甲型、乙型、丙型與丁型等四個屬，其中甲型與乙型冠狀病毒為感染哺乳動物，其共祖可能是蝙蝠病毒，丙型與丁型冠狀病毒則以感染鳥類為主，其共祖應是鳥類病毒¹⁹，冠狀病毒屬

18. ICTV Taxonomy history: Orthocoronavirinae. International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). [2020-01-24]. (原始內容存檔於 2020-01-25)

19. 維基百科，《冠狀病毒》，<https://zh.wikipedia.org/wiki/冠狀病毒>。

RNA 病毒²⁰，其基本構造，外層有棘蛋白(Spike)，內層有 RNA，RNA 包含三萬兩千個鹼基對 (Base pair, bp)，長度為 32kb(1kb=1000bp)，冠狀病毒有全世界最長的 RNA。

一、可傳人之病毒

目前已知可感染人類之冠狀病毒病毒株計有 7 種，一般感染人類的呼吸道，可能造成肺炎、支氣管炎等併發症，其所造成的疾病嚴重程度不一，輕微者則只造成發燒、咽喉痛等較不嚴重的普通感冒症狀，嚴重者如中東呼吸症候群冠狀病毒 (MERS-CoV) 感染的死亡率超過 30%。

(一)致輕症病毒

- 1.人類冠狀病毒 229E (HCoV-229E)，屬甲型冠狀病毒。
- 2.人類冠狀病毒 OC43 (HCoV-OC43)，屬乙型冠狀病毒。
- 3.人類冠狀病毒 NL63 (HCoV-NL63)，屬甲型冠狀病毒。
- 4.人類冠狀病毒 HKU1 (HCoV-HKU1)，屬乙型冠狀病毒。

(二)致重症病毒

- 1.中東呼吸症候群冠狀病毒 (MERS-CoV)
- 2.嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒 (SARS-CoV)
- 3.嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒 2 型 (SARS-CoV-2)

二、重大案例

(一)嚴重急性呼吸道症候群 (SARS)

- 1.嚴重急性呼吸道症候群 (Severe Acute Respiratory Syndrome, 簡稱 SARS) 由嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒 (SARS-CoV) 所引起，為首個被發現引起嚴重疾病的冠狀病毒。
- 2.是在 2002 年底新發現的一種變異形冠狀病毒，這病毒在 2003 年 4 月 16 日由世界衛生組織正式命名為「SARS 病毒」。

20.RNA 病毒，標準名稱為核糖核酸病毒 (英語：RNA virus)，其遺傳物質為 RNA，這些核糖核酸通常是單鏈 RNA (ssRNA)，但是也可能是雙鏈 RNA (dsRNA)

- 3.病毒經由飛沫傳染或接觸患者的體液，可能為吸入或者黏膜和病人的飛沫和體液接觸而感染，因為是新病毒，所以一般民眾皆無抗體，其傳播力、毒力、致病力均比一般的呼吸道病毒強。
4. SARS 的潛伏期一般為 4 至 6 天，之後出現類似流感的症狀與肺炎，嚴重者會呼吸困難，可能併發急性呼吸窘迫症候群 (ARDS)。
- 5.感染特點為發生瀰漫性肺炎及呼吸衰竭，感染者的症狀因較過去所知病毒、細菌引起的非典型肺炎嚴重，因此命名為嚴重急性呼吸道症候群(severe acute respiratory syndrome, SARS)²¹。
- 6.根據世界衛生組織統計資料，2002 年 11 月 1 日至 2003 年 7 月 31 日間，疫情擴散至 29 個國家，全球共發現 8,096 例 SARS 可能病例，且造成 774 例死亡(死亡率約 10%)，其中主要受感染的有中國 5,327 例、香港 1,755 例、臺灣 (346 例)、加拿大 (251 例) 及新加坡 (238 例) 等國家。

(二)中東呼吸症候群 (MERS)

- 1.中東呼吸症候群 (Middle East Respiratory Syndrome,簡稱 MERS) 由中東呼吸症候群冠狀病毒(MERS-CoV) 所引起的新型人畜共患的呼吸系統傳染病。
- 2.於 2012 年 9 月首次從沙烏地阿拉伯一名嚴重肺炎病人的痰液中分離出來。為單股 RNA 病毒，屬於冠狀病毒科之 beta 亞科。此病毒與引起嚴重急性呼吸道症候群(SARS)的冠狀病毒並不相同，其特性仍在研究中。
- 3.MERS 的潛伏期約為 5.5 天，典型症狀包括發燒、咳嗽、呼吸困難與腹瀉，部分病患無症狀，也可能出現腹瀉等腸胃道症狀，感染者胸部 X 光通常會發現肺炎，嚴重者則會引發嚴重肺炎與急性呼吸窘迫症候群。
- 4.此病毒的傳染力較弱，一般與患者近距離接觸才會感染，且不常在醫院外的地方傳染。
- 5.患者分佈在 25 國，主要流行國為沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國、約旦、卡達、伊朗等中東(西亞) 地區和東亞的韓國。全球個案數截至 2020 年 8 月總共已通報 2,577 件病例 (其中 935 人死亡，死亡率約 36%)，其

21. 藍凡耘醫師、郭耀昌醫師，《職業相關「嚴重急性呼吸道症候群」(SARS)認定參考指引》。

目前最新狀況是只流行於中東地區的七個國家，其中 80% 的病例(89% 死亡病例)是發生在沙烏地阿拉伯。²²

(三)嚴重特殊傳染性肺炎²³ (COVID-19)

- 1.嚴重特殊傳染性肺炎，又稱新型冠狀肺炎 COVID-19 (Coronaviral Disease-2019)，由嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒 2 型(SARS-CoV-2) 所引發之疾病與 2002-2003 年第一次受到嚴重急性呼吸道症候群(SARS) 威脅的病毒株類似，而此病毒稱作新型冠狀病毒(2019-nCoV)，也是第七種被通報在人類身上出現的冠狀病毒疾病。目前醫學研究界已採用新冠肺炎 COVID-19 和新型冠狀病毒 SARS-CoV-2 這兩個名詞。
- 2.病毒屬於乙型冠狀病毒屬(Betacoronavirus)。乙型冠狀病毒屬是蛋白包裹的正鏈單股 RNA 病毒，能夠寄生和感染人類和其他高等動物。
- 3.新冠肺炎的病人 80%-90% 是輕症或無症狀，只有 10% 會導致重症，潛伏期二到十四天，和 SARS 一樣都是感染上呼吸道，症狀包括咳嗽、鼻塞、發燒、呼吸困難、全身無力、肌肉痠痛，重症的話就會進展到嚴重肺炎、呼吸道窘迫症候群、多重器官衰竭休克，根據近期住院的病人，所統計的死亡率為 2-7%，有併發症例如高血壓及糖尿病的病人，有較高的死亡率。²⁴
- 4.包括有，藉由咳嗽噴嚏或是表面接觸，如圖 7，經由咳嗽噴嚏所產生的口沫，可傳播一公尺遠，其中還有一種特別的小顆粒，可以傳至一公尺以上，稱為「飛沫傳播」，現在這是一個最嚴重的途徑，不像 SARS，只是經由「口沫傳播」，大約一公尺左右。有一個名詞稱為基本傳染數 (R_0)，一個病人可以傳染給幾個人，COVID-19 的基本傳染數為 2-3 人，SARS 是 1-2 個人，由此可知，COVID-19 的傳播能力較 SARS 來的更高。²⁵這意味著它比中東呼吸症候群(MERS)或嚴重急性呼吸道症候群(SARS) 的疫情更難控制。

22 .EBSCO，〈哪一種冠狀病毒？深入探討 MERS 病毒〉，在 05-01-2021 於 醫學。
<https://www.ebsco.com/e/zh-tw/blog/which-coronavirus-diving-mers>

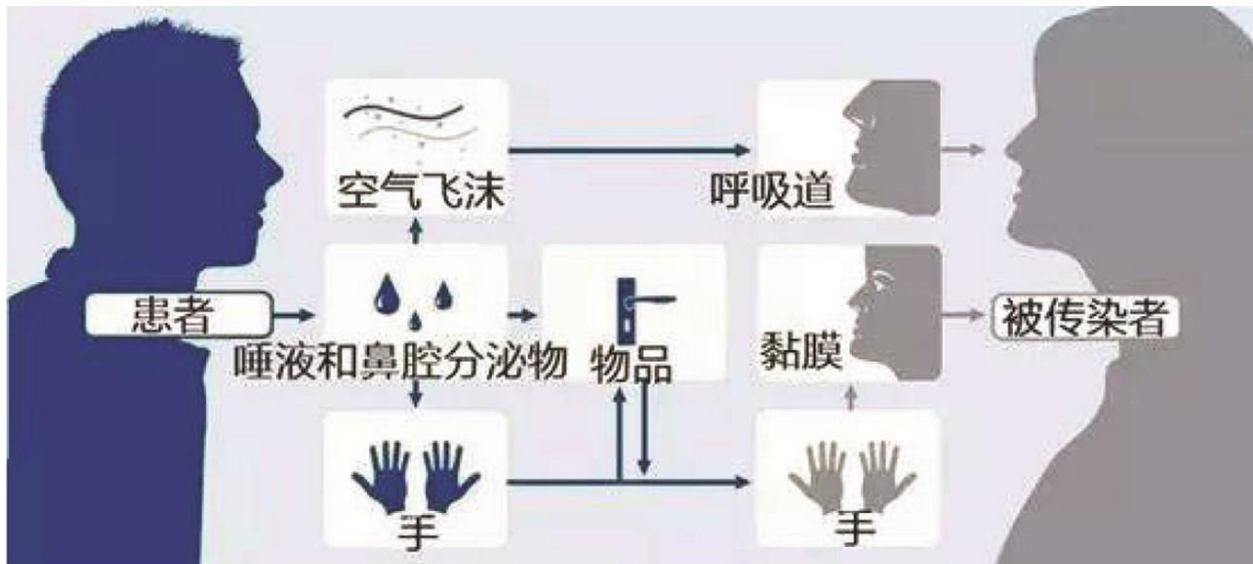
23.維基百科，〈嚴重特殊傳染性肺炎疫情〉，<https://zh.wikipedia.org/wiki/2019冠状病毒病疫情>

24.賴明詔博士，中央研究院院士，〈認識新冠病毒〉，慈濟醫療月刊(人醫心傳第 203 期 - 明師講堂)。

25.同上註

- 5.疾病在 2019 年末月於中國大陸湖北省武漢市首次被發現，隨後在 2020 年初迅速擴散至全球多國，逐漸變成一場全球性大瘟疫。
- 6.截至 2021 年 11 月 5 日，全球已累計報告逾 2.48 億例確診個案，其中逾 503.3 萬人死亡，是人類歷史上大規模流行病之一。
- 7.世界各國對此病死率估計值差異甚大，截止 2021 年 2 月 8 日，多數國家該病的觀測病死率在 0.5%-5.0%之間，全球初步修正病死率約為 2.9%。
- 8.我國於民國 109 年 1 月 15 日中華民國衛生福利部疾病管制署衛授疾字第 1090100030 號公告，新增「嚴重特殊傳染性肺炎」為第五類法定傳染。

圖 7 新冠肺炎病毒的傳播方式



新冠肺炎病毒人傳染人的主要途徑：呼吸道、黏膜、手接觸。
冠狀病毒亦可通過糞口傳播(圖片來自百度)

資料來源：百度維基百科。

三、病毒變異

人可以活到今日，乃是因人體免疫能力經過不斷演化而作用增強。相同的病毒一再入侵，免疫系統會馬上啟動進行辨識，產生很多的抗體對抗之。當病毒結構產生重大轉變，使人體免疫系統無法立即辨識，產生適當抗體應對，將可能引起很大的人類疾病災難。

(一)病毒基因組

- 1.病毒由核酸分子 (DNA 或 RNA) 與保護性外殼 (蛋白質) 構成的非細胞形態的類生物結構 (bio-like structure)，無法自行表現出生命現象，是

介於生命體及非生命體之間的生化結構，既不是生物亦不是非生物，卻是寄生性自我複製物 (self-replicator)。

2. 病毒的遺傳物質 (即病毒基因組) 可以為 DNA 或 RNA，可以為單鏈或雙鏈。
3. DNA 病毒基因體作用穩定，具有複製校對機制，不易突變產生新種。如天花病毒是一種 DNA 病毒，因為變化少，因此防疫天花所用的牛痘疫苗，從很久之前發明，使用到現在，依然都是有效用的。
4. RNA 病毒無 RNA 聚合酶校正的特性，較容易產生基因體突變，因此不斷產生品種變異。如近期的新冠肺炎病毒 (SARS-CoV-2)，從 2019 年 12 月，中國武漢爆發疫情以來，其病毒征服五大洋七大洲，強勢病毒株也在自我競爭，19 個月來，最原始的武漢株已消失，由 4 大變異株取代。

(二)病毒轉變-以流感病毒為例

流感病毒與冠狀病毒同為冠狀型病毒，亦同屬於 RNA 病毒類型，現以流感病毒來說明 RNA 病毒基因組之轉變。

1. 抗原漂移(antigen drift)

- (1) 指小規模的基因序列改變導致抗原小幅度改變，不產生新亞型，屬於量變而非質變，多引發中小型的流感。
- (2) 會被宿主免疫系統辨識的病毒基因序列，產生隨機性點突變，合成新的病毒抗原，而能躲避過宿主免疫監控。
- (3) 流感病毒：點突變造成神經胺酸酶或血球凝集素抗原的小改變，進而影響使原本使用的疫苗無法有效產生免疫作用。

2 抗原轉換(antigen shift)

- (1) 指大規模的基因序列改變。
- (2) 病毒基因體中 RNA 基因體片段發生基因重組，導致表面抗原大改變，甚至產生新病毒品種。
- (3) 流感病毒：病毒顆粒內具有 7-8 段不同 RNA 基因體，分別負責合成不同蛋白質。當宿主細胞內同時感染兩種不同品系的流感病毒時，組裝新子代病毒顆粒時，可能重組不同品系的 RNA 基因體片段，進入同一

個病毒顆粒內，如此將造成神經胺酸酶或血球凝集素抗原大改變，而產生全新品種病毒，甚至造成跨物種感染。

(三)冠狀病毒變異

- 1.病毒突變是為了適應人體、永久生存下去。2003 年 SARS 病毒致死率 10%，65 歲以上高達 55%，宿主人類死亡，病毒也無法存活。SARS-CoV-2 比起當年的 SARS 病毒聰明太多，輕易在人群中傳散，不斷突變，破解人類各種防疫措施。²⁶
- 2.台大醫學院臨床醫學研究所教授王弘毅曾發表：SARS-CoV-2 是一隻有著 3 萬個核苷酸 RNA 病毒，RNA 本身結構不穩定，在複製過程中會出現錯誤，這些錯誤累積下來就會形成變異。關鍵的轉捩點，就在 2020 年暑假，歐洲整個大爆發後。不是因此讓這隻病毒變異的速度變快，而是因為被感染的人太多、變得『母數』太大了，病毒嘗試去變的機會和次數多了，所以，本來它的突變並不在重要的位置，試多了、就變到了在病毒與細胞接受器的關鍵位置上，這才大大打開它傳播的效率。²⁷
- 3.病毒在適應過程中有多種技巧來讓自己更容易傳播。例如：
 - (1)更有效地侵入人體細胞。
 - (2)更深地潛入人體細胞內的預警機制。
 - (3)在空中存活更長時間。
 - (4)增加患者呼吸、咳嗽釋放的病毒含量。
 - (5)病毒變異會涉及演化意義上的進退取舍：一方面的進步可能是以另一方面的退步為代價。比如，病毒在與疫苗抗衡的過程中可能會犧牲部分傳播能力。

消毒劑

一、名詞定義

一般我們常以「消毒」來概括代表「以某些手段、方法消滅周遭環境病原至安全程度以下，不致使病媒滋生，危害生活環境。」故「消毒」成為一般對已發生污染事件或預防污染事件之作業手段。然就專業角度「消毒」一詞又不

26.報導者 THE REPORTER，《COVID-19 病毒變身全解析》，（從 Alpha 到 Delta，19 個月內 4 大重要變異怎麼發生？疫苗保護力追得上嗎？），生活·醫藥，刊出日期 2021/7/7。

27.同上註。

足以詮釋相關法規及產品，以下就文獻定義說明環境消毒相關名詞。

(一)消毒：

1.維基百科²⁸

利用化學品或其他方法消滅大部分微生物，使常見的致病細菌數目減少到安全的程度。然而，與滅菌相比，部分細菌孢子、過濾性病毒、肺結核菌及真菌等都有機會未能消滅。

2.美國環保署²⁹

消毒(Disinfection)能殺死特定的公共傳染性微生物，但不能確認消滅環境中所有細菌孢子。

3.行政院勞委會³⁰

消毒(Disinfection)使用物理或化學方法殺菌，但未必能殺死細菌孢子。

綜合上述「消毒」一詞常為世人所運用，然各相關專業文獻對其定義卻迥然不同，探究其引用之原文，可發現原文 Disinfection 較屬環境消毒用語，而 Decontamination 則用於軍事上對生化戰劑之消毒。

(二)抑菌(Sanitization)

1.美國環保署

能減低無生命體表面的病菌族群，但不能確定消滅病菌或存在的其他微生物。

2.學者徐家麒³¹

防止或抑制微生物生長繁殖的作用叫做抑菌。用於抑菌的藥物稱為抑菌劑或防腐劑。

(三)殺菌(Pasteurization)

單指將微生物病菌殺死。

(四)滅菌(Sterilization)

28.維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw>

29. USEPA. (April 1999); "Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidants: 4. Chlorine Dioxide." EPA 815-R-99-014

30.行政院勞動部安全衛生教育訓練中心之教材名詞定義，<http://www2.cmucla.edu.tw/~cmucla/html/lesson/lesson02/10.pdf>。另將 Decontamination 翻譯為「除污」。

31.徐家麒，〈銀系抗菌纖維織物開發應用與展望〉。<http://www.tmmfa.org.tw>。

將物體上所有微生物(包括病原菌和非病原菌)的繁殖體和孢子全部消滅，用以消滅或抑制微生物生長的製劑叫滅菌劑。滅菌方法很多，主要有物理的和化學的兩大類，應用較多的有高溫高壓滅菌法和化學藥物滅菌法。

1.美國聯邦殺蟲劑、滅菌劑、殺鼠劑法案 (FIFRA)³²滅菌劑的定義

(1)消毒、滅菌、降低或減緩微生物的生長。³³

(2)保護無生命的物體、工業程序、表面、水或化學物質不被細菌、病毒、菌類、藻類、原生動物或黏液菌污染或腐蝕。³⁴

2.勞動部³⁵

摧毀或去除所有等級微生物和其內孢子的過程；從目的對象物將所有的微生物消滅或除去，廣義言之，包含殺菌、除菌。

(五)抗菌(Antimicrobial)

涵蓋消毒、抑菌、殺菌、滅菌等全部的作用。³⁶為追求更好的環境衛生條件，原滿足消毒、抑菌、殺菌與滅菌的單一性，運用科技將所有作用結合與包含稱之。

(六)小結

名 詞	使用於環境衛生之定義
消 毒	能殺死特定的公共傳染性微生物 (包括病原菌和非病原菌) ，但不能確認消滅環境中所有病菌孢子。
抑 菌	能減低病菌族群數，但不能確定消滅病菌。
殺 菌	單指將微生物病菌殺死。
滅 菌	將所有微生物 (包括病原菌和非病原菌) 的繁殖體和孢子全部消滅。
抗 菌	涵蓋消毒、抑菌、殺菌、滅菌等全部的作用。

資料來源：作者綜整繪製

二、藥劑類型

32.美國聯邦殺蟲劑、殺菌劑、殺鼠劑法案全名 Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act 簡稱(FIFRA)

33.原文「disinfect, sanitize, reduce, or mitigate growth or development of microbiological organisms」。

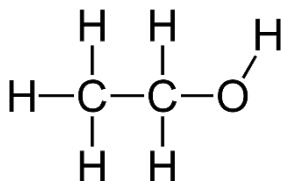
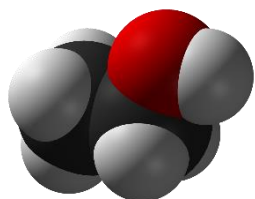
34.原文「protect inanimate objects, industrial processes or systems, surface, water, or other chemical substances from contamination, fouling, or deterioration caused by bacteria, viruses, fungi, protozoa, algae, or slime」

35.行政院勞動部安全衛生教育訓練中心之教材名詞定義，<http://www2.cmucla.edu.tw/~cmucla/html/lesson/lesson02/10.pdf>。

36.同上註。

(一)酒精(乙醇)

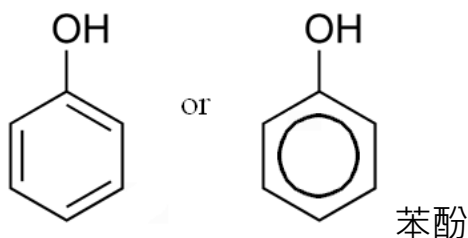
1.分子模型及結構圖



- 2.無毒性。濃度 75%的酒精是強效且廣效的消毒劑，常用來消毒小範圍的表面和一些儀器的表面。
- 3.為易燃物，若當表面消毒劑使用時，須限制在小範圍表面積的消毒，且只能使用在通風良好處以避免燃燒。
- 4.在長期和重複使用後也可能對橡膠或部分塑膠造成退色、膨脹、硬化和破裂。
- 5.市售藥用酒精未稀釋之濃度為 95%，可以蒸餾水或煮沸過冷水依須要消毒之使用量稀釋為 70-75%濃度之酒精。簡易之方法為 3 份 95%酒精加 1 份水，稀釋後濃度為 71.25%。

(二)酚

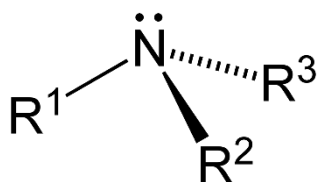
1.分子結構圖



- 2.此類消毒劑為低毒性之煤焦油之衍生物，顏色為黃色或燈色，具有強烈的氣味，同時對皮膚具刺激性，會引起癢覺。當加入水時，水溶液即變成乳白色。
- 3.可作為抗黴作用，對革蘭氏陰性、陽性菌及一些病毒有效，不過對細菌孢子則較不具效力。
- 4.酚侵入人體，會與細胞原漿中蛋白質結合形成不溶性蛋白，使細胞失去活性。酚對神經系統、泌尿系統、消化系統均有毒害作用。

(三)四級胺

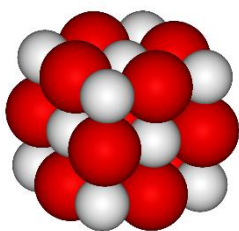
1.分子結構圖



- 2.毒性等級第二級 (LD₅₀：350~900 mg/kg)。
- 3.對革蘭氏陽性菌極為有效，對革蘭氏陰性菌具中度效力，並可以控制一些真菌和病毒。
- 4.澄清、無味具陽性離子，溶解度極高的溶液。對人皮膚不會產生過敏或癢覺，可用於除臭、清潔。但是遇到皂類、洗潔劑、污物、有機物質時，殺菌力則被破壞。同時加入碳酸鈉會使溶液變鹼，增加消毒效率，另外在硬水仍很有效力。
- 5.帶負電的肥皂和陰離子清潔劑會中和本藥劑抗微生物效果，且重複接觸會造成皮膚乾燥化。
- 6.本藥劑的主要優點是低組織毒性和高作用速度；最大的缺點是當有機物質存在時，會明顯降低其活性、水中的礦物質也會減少它的效果。

(四)碘化合物

1.碘的晶格體構圖



- 2.屬低毒性，藥劑主要和細胞中的核酸作用，所以對革蘭氏陽性、陰性菌³⁷、真菌類等病毒有效。
- 3.此類藥劑主要成份為碘和一些有機溶劑，可溶於水，主要作用於非離子性的表面。在酸性狀況下 (pH 2-4) 是一種很好的消毒劑，但在鹼性或是有機物存在的狀況下，活性即降低，此藥劑對粘膜皮膚具強烈刺激性。

37.維基百科，<http://zh.wikipedia.org/>，革蘭氏染色是用來鑒別細菌的一種方法，細菌細胞壁上的主要成份不同，利用這種染色法，可將細菌分成兩大類，即革蘭氏陽性菌與革蘭氏陰性菌。陽性細菌，胞壁染色後呈藍紫色；陰性細菌，染色後呈紅色。在疾病防治上也是選擇抗菌藥物的一個根據，例如青黴素主要對革蘭氏陽性菌有效，鏈黴素對革蘭氏陰性菌有效。

- 4.消毒時，先將物體表面清淨。
- 5.優碘的最主要優點是低毒性；缺點是價格較貴。同樣的，碘也會腐蝕一些金屬，對組織有刺激性(較高濃度時)，也會染色。

(五)漂白水(次氯酸鈉)氯製劑

- 1.毒性等級第三級 (LD₅₀：2000 mg/kg)。
- 2.氯亦屬於鹵素之一，是一種很有效的滅菌劑，對細菌、真菌有效，同時會破壞病毒細胞的核酸與蛋白質的外膜。但被消毒的表面應儘量的清洗乾淨，此藥劑稀釋後仍具有有效的殺菌力。
- 3.在微酸及微溫之溶液中較具效用，遇到有機物會形成穩定物而降低殺菌力。
- 4.對粘膜、皮膚具強烈刺激，在光或熱下分解，並對金屬具腐蝕性，容易與其他化學物質起反應，使用時必須注意，不當的使用會降低其消毒效果並造成人員傷害。
- 5.一般漂白水多未標示濃度，但大部分濃度為 5-6%。稀釋的家用漂白水在不同接觸時間(10 分鐘～ 60 分鐘)皆有作用，且價格便宜。
- 6.使用漂白水注意事項³⁸
 - (1)漂白水會腐蝕金屬及破壞油漆表面。
 - (2)避免接觸眼睛。如果漂白水濺入眼睛，須以清水沖洗至少15 分鐘及看醫生。
 - (3)不要與其他家用清潔劑一併或混和使用，以防降低消毒功能及產生化學作用。
 - (4)當漂白水和其他酸性清潔劑(如一些潔廁劑)混合時，會產生有毒氣體，可能造成傷害或死亡。如有需要，應先使用清潔劑並用水充分清洗後，才用漂白水消毒。
 - (5)未稀釋的漂白水在陽光下會釋出有毒氣體，所以應放置於陰涼及兒童碰不到的地方。
 - (6)由於次氯酸鈉會隨時間漸漸分解，因此宜選購生產日期較近的漂白水，

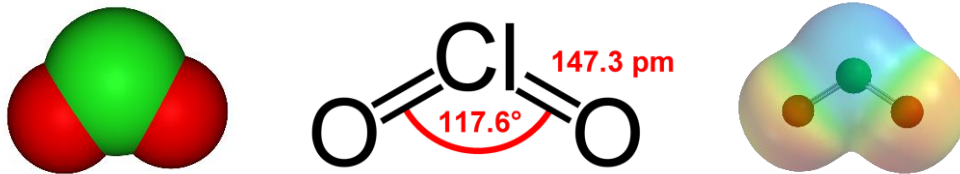
38.衛生署疾病管制局，<http://www.cdc.gov.tw>

並且不要過量儲存，以免影響殺菌功能。

- (7)若要使用稀釋的漂白水，應當天配製並標示日期名稱，而未使用的部分在24小時之後應丟棄。
- (8)有機物質會降低漂白水效果，在消毒之前該先將待消物品表面的有機物清除乾淨。
- (9)稀釋的漂白水必須加蓋以避免陽光照射，最好存放在避光的容器並避免兒童碰觸。

(六)二氧化氯

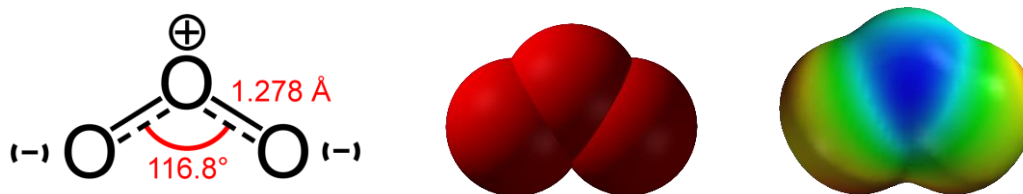
1.分子模型及結構圖



- 2.毒性等級第二級 (LD_{50} : 292 mg/kg)。
- 3.不屬於含氯消毒劑，是因為二氧化氯在消毒過程中連續地發生奪取電子反應，理論上，使 ClO_2 中 Cl 原子由正四價逐步變為負一價的氯離子(Cl^-)。它能很有效地對抗病毒、細菌和包括梨形鞭毛蟲 (*Giardia Lamblia*) 與隱孢子蟲 (*Cryptosporidium*) 等原生動物所引起的囊腫與卵囊。
- 4.能有效殺死枯草芽孢桿菌、金黃色葡萄球菌、大腸桿菌以及真菌和藻類，對於 A 肝 B 肝病毒具有快速的殺病毒效果，更好的是，目前未被證實它有致癌性、致畸性和突變性，具有高效、廣效、安全、無殘留等特點。
- 5.二氧化氯分子的電子結構呈不飽和狀態，強烈的奪電子反應的氧化作用力，主要是對富有電子或供電子的原子基團(如氨基酸內含硫氫基的酶和硫化物，氯化物) 進行攻擊，強烈的氧化作用，能穿透微生物的外表膜，使微生物蛋白質中的氨基酸氧化斷鏈分解，使其迅速失活，導致代謝機能發生障礙而死亡，從而達到消毒滅菌和除臭的目的。

(七)臭氧

1.分子模型及結構圖



- 2.無毒性，具有等腰三角形結構，三個氧原子分別位於三角形的三個頂點，頂角為 116.8 度，密度約為氧氣的 1.5 倍，其沸點和凝固點均高於氧。
- 3.在常溫下，它是一種有特殊臭味的淡藍色氣體，液態時呈藍色，固態時呈紫色。反應活性強，強烈的氧化作用，能穿透微生物的外表膜，破壞其機能達到消毒滅菌功能。

(八)銀離子

- 1.製成之藥劑屬低毒性。銀(Silver)的微細顆粒及銀離子之水溶液，都具有顯著的滅菌效果，在多倍稀釋下，對於原生種大腸桿菌、出血性大腸桿菌、沙門氏桿菌及綠膿桿菌等均能有 99.99%的抑制效果。

2.抗菌作用機制

- (1)干擾細胞壁的合成：細菌細胞壁重要組成為聚醣 (Peptidoglycan)，抗菌材料對細胞壁的干擾作用，主要抑制多糖鍵與肽間的交聯作用，從而使細胞壁失去完整性，降低了對滲透壓的保護作用，導致菌體損害而死亡。
- (2)可損傷細胞膜：細胞膜是細菌細胞生命活動重要的組成部分。因此，如果細胞膜受損傷、破壞，將導致細菌死亡。
- 3.抑制蛋白質的合成：變更或終止蛋白質的合成過程、使細菌死亡。
- 4.干擾核酸的合成：阻礙遺傳信息的複製，包括 DNA、RNA 的合成，以及 DNA 模板轉錄 mRNA 等。
- 3.銀離子之所以在滅菌上具有持久性，銀離子能強烈吸引細菌體內蛋白質(酶)的硫氫基(-SH)反應，迅速地與之結合一起，並使含硫氫基之酵素失去活性，從而使細菌死亡，當細菌被銀離子殺死後，銀離子又會從細菌的屍體上游離出來，再持續對細菌重複上述作用，直至所有細菌被消滅。
- 4.檸檬酸二氫銀(SDC)是以兩種作用模式來抑制微生物
 - (1)銀離子能與微生物體內的膜蛋白結合，使微生物失去活性而死亡。

(2)微生物會將檸檬酸二氫銀視為食物來源，而使銀離子進入其體內。一旦進入微生物體內，銀離子會使去氧核糖核酸變性，而遏止微生物複製的能力而導致死亡。此雙重作用使檸檬酸二氫銀能快速及有效的對抗多種微生物。

(九)二氧化鈦(TiO_2)光催化 (或稱光觸媒)

1. TiO_2 等半導體氧化物，其光催化作用，可應用於除臭、脫臭、氧化除去 NO_x 等大氣污染物等，是一種多功能型抗菌劑。
2. 其特點是在沒有光照射的狀態下，不產生抗菌效果；即氧化物光催化劑為了產生活性氧，光照是必不可少的。
3. 作用原理：

主要的抗殺菌原理在於 TiO_2 被光照後產生電洞對，並與其表面吸附的 OH^- 和 O_2 作用生成羥基自由基和超氧化物陰離子自由基 $\text{O}_2^{\cdot-}$ ，這兩種自由基均非常活躍，當遇到細菌時直接攻擊細菌的細胞，抽取有機物的 H 原子或攻擊其不飽和鍵，導致細菌蛋白質變異和脂類分解，以此殺滅細菌並使之分解，得到殺菌、防黴、除臭的作用。

結語

一場由一個市場引發的不明感染源的疾病，到變成全球性的瘟疫，只因初始發生的地點，再加上原先的經貿大戰與美國總統大選，使得以美國為首的多個國家對於新冠病毒起源有了陰謀論與懷疑論兩大議題，一是新冠病毒是由武漢病毒研究所合成，原本設計用作生化武器；二是研究所人員在研究這種新型病毒時不慎感染，或向外洩漏了病毒。雖然全球多數的科學界並未對上述兩個論斷表示支持，至少這些病毒學家們目前認為，疫病爆發最可能的起因是，病毒在非實驗室的環境中從動物轉移到人身上。然而，這場瘟疫疫情，卻又帶給國際恐怖份子另一種幻想，讓他們真正看到生物病毒的威力，它的威脅不僅影響到生命安全，更對國家安全及經濟運作造成無以復加的損失。

由前述的資料顯示，被恐怖主義學者列為最佳生物戰劑之天花病毒、炭疽桿菌、鼠疫桿菌、肉毒桿菌毒素及蓖麻毒素，這五種生物戰劑都是可以經呼吸道傳染的病原。從過去的案例我們可以瞭解到，要預防或防制第一個生物戰或生物恐怖活動引起的病例是極困難的，它必須要靠機警的醫護、衛生單位人員

來及早發現群體突發性疾病或不明感染源疾病，越早發現，越容易採取對策。另傳染性高的、尤其經空氣呼吸傳染的病原、易致病的毒素都是最容易被利用的。經過這次疫情發現冠狀病毒擁有作為生物恐攻之最佳生物戰劑條件，它是否會成為恐怖份子生物恐攻之新寵兒，將拭目以待。

有「冠狀病毒之父」美譽的中研院院士賴明詔於民國 110 年 10 月 19 日與前副總統陳建仁一起受邀到成大參與大師講座，對於新冠肺炎病毒到底是人造的還是自然產生的，提出自己的看法，他表示，像是 SARS、MERS 等冠狀病毒，都是經由蝙蝠傳染給其他動物，再傳染給人類，因此可以解釋 COVID-19 也很可能是自然界產生，但是 COVID-19 卻多了一段特殊的基因，這段基因過去科學家是用來增強病毒毒性的，可以用人工的方式放進病毒裡，所以新冠肺炎病毒到底是人為或自然產生的，至今仍是羅生門，沒有答案。³⁹

最後以賴明詔博士這段話作為結尾：我認為 COVID-19 的未來，不會消失，可能延伸為以下幾種發展模式：病毒可能變成長期性的感染，躲在神經系統裡面，免疫力低下時才會發作；第二，病毒流感化，可存在自然界某些動物身上，造成季節性的流行；第三，若病毒能完全用疫苗或藥物控制的話，也就能把 COVID-19 完全隔離，但這一點全世界都在努力。最後一點要預防的，就是冠狀病毒的源頭——蝙蝠，蝙蝠可繼續產生新的冠狀病毒或是其他的病毒，類似的大流行將可能再次發生，因此，必須減少人類與蝙蝠以及其他野生動物的接觸，學習和病毒在地球上和平共處。須知道，我們永遠無法清除所有病毒。

參考文獻

- 一、維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/病毒>。
- 二、「COVID-19 全球疫情地圖」，2022 年 5 月 31 日。[https:// COVID-19nchc.org.tw](https://COVID-19nchc.org.tw) 及 <https://www.taiwannews.com.tw/ch/news/3869160>。
- 三、中央通訊社《前英相：西方應為生物恐怖主義威脅做好準備》，2021 年 9 月 7 日。<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202109070032.aspx>。
- 四、鍾堅，〈國家安全與新冠肺炎〉《清流雙月刊-人類生物安全緊急狀態》，2020

39.聯合報，記者修瑞瑩，《新冠病毒是人造或自然？冠狀病毒之父：有一段特殊基因》，2021-10-20 06:37。
<https://udn.com/news/story/120940/5829288>

年 5 月 27 日。

- 五、衛生福利部疾病管制署，<https://www.cdc.gov.tw/Category/QAPage/4s8F5GbhsCtSNM3xVEXPyQ>(最後檢索日期 2019/4/8)。
- 六、戴鳳秀，《防恐怖戰略與對策》，(北京:當代中國出版社，2003 年 10 月)。
- 七、杜祖健、井上尚英合著，張虞安譯，《化學·生物兵器概論》(台北，藝軒圖書出版社，2002 年 8 月)。
- 八、馬爾康·丹斗(Malcolm Dando)，《The New Biological Weapons- Threat, Proliferation, and Control 新式生物武器 - 威脅、擴散與管制》，(台北:國防部史政編譯室，民國 92 年)。
- 九、衛生福利部疾病管制署網站，<https://www.cdc.gov.tw/Disease/SubIndex/lq5xAX9vQqrebMILzYvMCQ>。
- 十、賴稚元，東吳大學，《微生物的世界》，<http://microbiology.scu.edu.tw/MIB/micro/bacteria/B1.htm>。
- 十一、雷蒙·齊林思高(Raymond A. Zilinskas)《Biological Warfare Modern Offense And Defense 生物戰的攻擊與防禦》，國防部史編局譯編，(台北，國防部史政編譯室，民國 93 年 3 月)。
- 十二、SNTH 內華達州南部健康區，《蓖麻毒素》，<https://www.southernnevadahealthdistrict.org/zh-TW/Health-Topics/ricin/>。
- 十三、維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/冠狀病毒>。
- 十四、藍凡耘醫師、郭耀昌醫師，《職業相關「嚴重急性呼吸道症候群」(SARS) 認定參考指引》。
- 十五、EBSCO，《哪一種冠狀病毒？深入探討 MERS 病毒》，2021 年 5 月 1 日於醫學。<https://www.ebsco.com/e/zh-tw/blog/which-coronavirus-diving-mers>。
- 十六、中央研究院院士賴明詔博士，〈認識新冠病毒〉《慈濟醫療月刊-人醫心傳》，第 203 期。
- 十七、徐家麒，〈銀系抗菌纖維織物開發應用與展望〉。<http://www.tmmfa.org.tw>。
- 十八、行政院勞動部安全衛生教育訓練中心之教材名詞定義，<http://www2.cmucla.edu.tw/~cmucla/htm/lesson/lesson02/10.pdf>。