

疫苗 為什麼有效？



撰文／鄧小非、賴佳慧 繪圖／Chiu Road手路 企編／張馨心 版面／丘山
顧問·審訂／胡哲銘（中研院生物醫學科學研究院長聘副研究員）

疫苗，是後來居上的超前部署。為什麼是後來居上呢？因為必須有許多人先感染了疾病，科學家才努力研發疫苗。也就是說，病菌打勝仗在先，人類研發疫苗在後。而且，後來出現的疫苗幫助人類反敗為勝。

至於超前部署，則是因為疫苗能讓身體舉行大規模的軍事演習。一旦病菌入侵，身體便能迅速調動免疫系統作戰，阻止病菌繁衍壯大。於是，疫苗成了預防傳染病，以及切斷傳染病在人群散播的利器。

不過，你可能會嚇到，疫苗的核心成分也是某種病菌。沒錯，把壞東西打進身體——以小毒攻大毒，這就是疫苗的奧秘。經過處理、毒性減低的病菌，並不會讓人生病，卻能啟動身體的保護反應，而且產生記憶力。下回遇到同類病菌，就能針對它們發動攻擊。

面對揮之不去的新冠肺炎疫情，大家殷殷期盼的疫苗終於研發出來。究竟，疫苗是什麼？如何控制疫情？它是怎麼製作的？打疫苗安全嗎？一起來認識人類對抗疾病的超強武器！

一針一劑，層層保護

我們剛出生不久就開始接種疫苗了。翻開《兒童健康手冊》的黃卡，五合一、日本腦炎、肝炎……，算算應該有十多種。勇敢挨一針，身體就多了一層防護罩。

除了打針，疫苗可以口服，或者噴入鼻腔。人類之外，家禽、家畜、寵物也有專屬疫苗。現在，疫苗不只用來抵擋許多傳染病，也能預防和治療癌症。

身體很厲害 打一仗就記得了



疫苗可以為身體儲備未來的戰鬥力。它的成功關鍵在於：訓練免疫系統記住入侵者。免疫系統很像身體的特種部隊，能夠靈敏的分辨敵我；一旦偵測到入侵的異類，即刻調派各組人馬殺敵，直到完全清除。此外，它能記憶敵人的重要資訊，打過一次仗會記得好幾年，甚至一輩子。就憑這股記憶力，疫苗才得以照顧大家的健康。

減毒的疫苗

疫苗的主要成分是毒性減弱、對身體沒有傷害的病菌。把病菌變安全的傳統方法有兩種，一種是減毒疫苗，想辦法讓病菌變虛弱，例如用藥物或輻射。我們只要注射一劑，就能充分啟動身體的免疫反應，而且保護力持久。不過，減毒疫苗的病菌仍然活著，不太適合抵抗力較弱的人使用。

另一種疫苗安全多了，它叫做「不活化疫苗」，裡頭的病菌已經被藥劑或高溫完全殺死。只是它得施打多劑，在身體內引起一波又一波的免疫反應，才能達到好效果。



疫苗接力賽

回顧人類迎戰傳染病的歷史，好像跑大隊接力，一棒接一棒，每棒都產出寶貴的智慧結晶。

人痘接種

古代直接取天花病人的痘痂磨成粉，再吹進健康者的鼻腔或刮進皮膚裡。缺點是不夠安全，有感染或死亡的風險。

牛痘疫苗

十八世紀，疫苗之父金納博士得知，感染牛痘後會對天花免疫，不斷研究改良後，成功研發史上第一劑疫苗。

減毒疫苗

微生物學家巴斯德發現毒性變弱的病菌，仍然具有防疫效果，製出狂犬病疫苗，挽救無數人命。

食物疫苗

現今，很多疫苗必須存放在超低溫冷藏設備，無法負擔的地區怎麼辦？做成食物吧。科學家運用遺傳工程把馬鈴薯改造成食物疫苗。不過，要吃幾顆防禦力才夠？這問題有待克服。

靈活的記憶

疫苗注射到體內之後，身體的免疫大軍會吞吃這些壞東西，就像演習一樣，先打一次小仗，牢記病菌的長相。等到下次與同款式的病菌再度相逢時，效果立刻顯現。

首先，免疫系統會加速生產抗體，本來需要耗時超過一週，因為事先跟疫苗演練過了，現在用不到三天就完成。

其次，製造出來的抗體品質好、數量多，可以穩穩捉住入侵者。而且，受過訓的免疫系統變得非常敏銳，只要少少的病菌跑進來，一下就被抗體團團包圍，動彈不得。

抗體抓住敵人後，接下來做的事很有趣。它像大廚師似的，把病菌調味得更可口，不但吸引更多細胞來享用，還呼喚其他白血球來共餐。最狠的是，抗體有個支援小組，擅長打洞，破壞病毒。想當然，病菌經過幾波折騰，已經體無完膚了。

其實，人們會生病是因為病菌在身體裡大量繁殖，不斷擴散。一旦病菌入侵不久便遭到破壞，自然不會引發疾病——這代表身體有免疫力了！



巨噬細胞會把病毒吞下去，破壞掉！



免疫大軍的防毒演習

想知道疫苗如何啟動免疫大軍，發揮保護力？來看看身體的防毒演習。

我很會吃。
細菌、病毒闖
進來，我就張開
大口吃掉它們。



我有靈敏的偵察器，誰
是入侵者，我最清楚。
我還會變身，向敵軍發
射獨門武器。



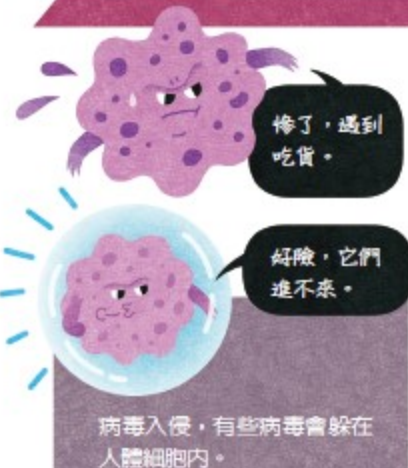
我是殺手T。
平常很無聊，等
兄弟一通報，我就
精神抖擻，直搗被
病毒感染細胞，
揪出病毒。



我是助手T。
其實我是總司
令，其他免疫
大軍成員都要
聽我的指揮。
不信你看！



病毒入侵，初步抵抗



B細胞會偵測
鎖定病毒，
巡邏中的巨噬細
胞則會抓住病毒吞掉。

極機密！作戰攻略

1. 巨噬細胞和B細胞負責吞吃病毒，並且呼叫助手T細胞來幫忙。
2. 助手T細胞先找殺手T細胞去攻擊被感染的細胞，搗毀病毒的巢穴。
3. 助手T細胞還會：
 - 協助B細胞分泌抗體，抓住病毒。
 - 讓B細胞成為記憶細胞，記住病毒的長相。

增強防衛，殺退病毒

助手T細胞接收到訊息，通知更多抵抗大軍。收到通知的殺手T細胞變得活躍，找到染毒細胞，破壞它們。



真精采，免疫大軍的抗毒戰略好強啊。重要的是，演習完畢，這種病菌會被記憶細胞牢牢記住。再被入侵時，免疫大軍就能迅速應戰，全力圍堵，消滅它們囉！