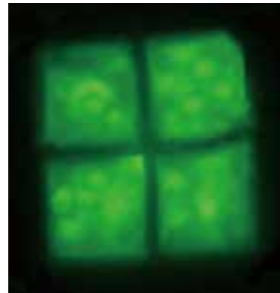


感光蛋白質的模樣

古老細菌的感光蛋白質有個特別的蓋子。

撰文／龐中培

我們的眼睛能夠感受到光，是因為在視網膜的感光細胞的細胞膜上（好像繞口令），有一種感光蛋白質「視紫質」。人類的視紫質有一種用維生素 A 當原料製造的色素，與視紫質感光的能力息息相關（所以維生素 A 攝取不足會造成夜盲症）。當視紫質接收到光線，就會刺激細胞，傳訊息到腦部。



瓦氏鹽方菌，方方的外型一如其名。

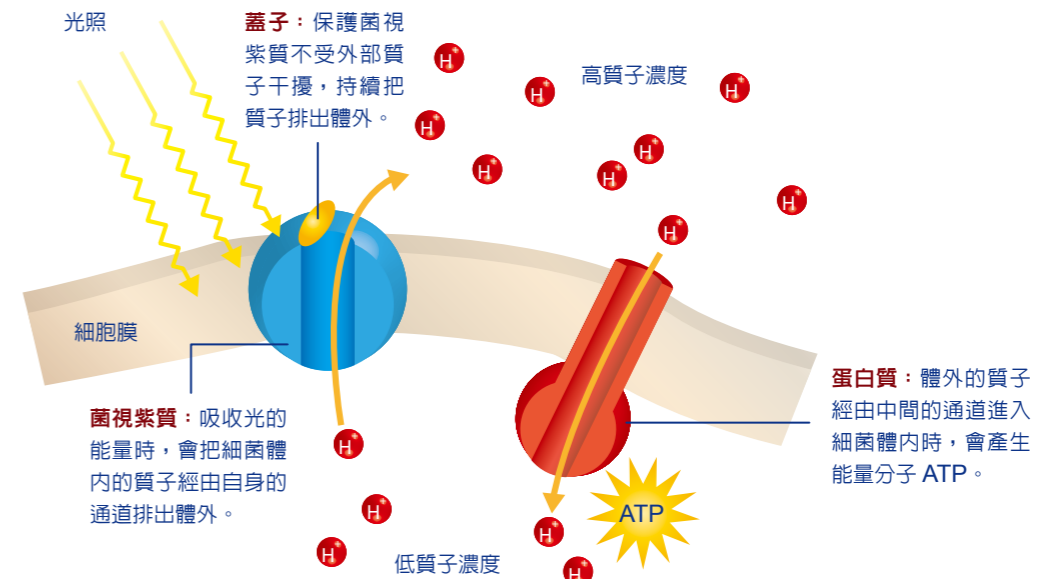
細菌也能感光

不過除了動物會感受光線，細菌也會。在細菌上面的視紫質，稱為菌視紫質。你可能会想說，細菌又不長眼，要感光的蛋白質做什麼？其實細菌還會用菌視紫質來製造能量！當菌視紫質吸收了光的能量時，會用這個能量把細菌體內的質子，經由蛋白質中的通道排出體外，這樣一來，細菌體內的質子濃度低，體外的質子濃度高，質子會從濃度高的地方經由另一個蛋白質通道流回細菌體

內，讓這個蛋白質通道合成細胞中重要的能量分子 ATP（很像是流水推動水車而讓水車得到能量）。

可是又有一個問題了：細胞為什麼要那麼麻煩？菌視紫質吸收光線之後直接製造 ATP 不就好了嗎？這很有道理，不過分開來的好處是

如果細菌位在外界質子濃度高的地方，不需要光照也可以合成 ATP，這樣就賺到了。不過當外界的質子濃度高的時候，菌視紫質往往會因排出質子的能力不敵外界高濃度質子流回來的壓力，而無法持續發揮功用。臺灣大學生化科技系副教授楊啓伸和中研院的團隊研究喜歡在暴鹹海水中生長的古老細菌「瓦氏鹽方菌」（如上圖，這種細菌是方形的而且會排成四個一組，因此得名）的菌視紫質構造，發現這種菌視紫質在細胞膜外部多了一個蓋子，讓細胞外的質子不會干擾菌視紫質內部，就算細菌體外的質子濃度很高，也不會阻礙這種菌視紫質吸收光線、把



質子排出體外的工作。

感光蛋白應用多

要研究蛋白質的結構，通常先得讓蛋白質形成結晶，這是由於蛋白質並沒有非常固定的形狀和位置，在細胞中老是動來動去的（這樣才能執行功能），無法看清楚，變成結晶後整齊的排在一起，像是鹽的結晶或是糖的結晶那樣方方的，就可以藉由波長和能量合適的 X 光來觀察這些蛋白質了。菌視紫質的一部分在細胞膜中，細胞膜是以油脂構成的，但是二端露出細胞膜外的部位會接觸到水，像這樣同時喜歡油性和水性的蛋白質（稱為膜蛋白質）很難製作成結晶。

雖然困難，但是科學家還是一直研究這類能感光的蛋白質，因為它們除了在眼睛中負責視覺，讓古老的細菌能夠利用光合成能量之外，還有許多重要的功用，例如有一類感光蛋白和人體日夜作息的變化有關。

除此之外，這種感光的蛋白質也有很大的應用價值。有一個新的學門稱為「光學遺傳學」，就用到感光蛋白。例如科學家發現果蠅有一種反射動作：頭頂上的光線被遮住後就會馬上飛走。嗯，這也是理所當然的，如果你伸手要打桌上的果蠅，果蠅當然得想都不用想就馬上飛走，不然就死翹翹了。這個動作的迴路只由幾個神經細胞組成。科學家把吸收特殊波長（也就是某一種顏色）的感光蛋白放入這些細胞中，只要用那種顏色的雷射一照，果蠅就會馬上飛起來。

科學家利用遺傳學的方式，把感光蛋白放到各種細胞之後，用光來控制這些細胞的行為，甚至研究痛覺，這樣的事情是以前無法想像的，也讓我們對於生物的運作方式有更深入的了解。

作者簡介

龐中培 《科學少年》編輯總監、《科學人》特約撰述，以及《台灣博物》的編輯諮詢委員。

圖文來源：Wikimedia Commons

繪圖：黃榆儒