



諾貝爾獎

生理學或醫學獎

發現光控離子通道蛋白 奠定「光遺傳學」基礎

解鎖神經細胞「開關掣」

德美二雄奪醫學諾獎

香港文匯報訊 2026年諾貝爾生理學或醫學獎得主於10月5日揭曉，美國神經學家戴塞羅思、德國生物學家黑格曼和內格爾，憑藉開創性的光遺傳學(optogenetics)發現獲得殊榮。三名科學家研究發現光控細胞的機制，為光遺傳學奠定基礎。這項革命性技術令研究人員能夠利用光，精確開啟或關閉大腦中單個神經細胞的活動，從根本上改變神經科學的研究方式，為醫學帶來無限希望。



戴塞羅思(Karl Deisseroth)

年齡：54歲 國籍：美國
學歷：史丹福大學神經科學醫學博士
職位：史丹福大學精神病學與行為科學教授

理解我們的大腦如何形成記憶、情感和行為，一直是科學家的夢想。自二十世紀以來，科學研究逐步確定了大腦各區域的功能，但還無法證明特定類型的神經細胞，能直接影響人類的感知或行動。科學家們設想，神經細胞的信號運行極為迅速，光或是匹配這種速度的理想載體，若能為神經細胞安裝一個「開關掣」，以某種方式操縱神經細胞，令其對光產生反應，或許就能控制神經活動。這個當時聽上去遙不可及的想法，如今憑藉光遺傳學成為現實。

從單細胞藻類到操控大腦神經

1990年代初，德國馬克斯·普朗克生物化學研究所的研究員黑格曼，對一種單細胞藻類衣藻產生濃厚興趣。黑格曼發現，具有趨光性的衣藻對光的反應極為迅速，光到達其感知器官的眼點後，僅半毫秒便產生電脈衝，反應速度是人眼的20倍以上。他據此提出假設：衣藻體內存在一種特殊的蛋白質複合物，既能捕獲光線，又能充當離子的快速通道。

經過多年潛心研究，黑格曼的團隊在衣藻的基因中，發現兩個與捕光蛋白相似的基因。他為此聯繫了同事內格爾，內格爾將這兩種基因注入青蛙卵細胞中，就此發現兩種光控陽離子通道蛋白：通道視紫紅質-1(ChR1)與通道視紫紅質-2(ChR2)。在藍光照射下，它們在0.2毫秒內便打開通道，讓帶正電的離子通過，從而產生電信號。黑格曼和內格爾還將ChR2的基因引入人類胚胎腎臟細胞和倉鼠的腎臟細胞，令其變得對光敏感。2003年，兩人發布實驗結果，提出將ChR2當作一種強大的工具，利用光在細胞中產生電脈衝。

與此同時，在史丹福大學攻讀醫學與神經科學博士學位的戴塞羅思，也在研究大腦神經細胞的運作原理。得益於內格爾的分享，戴塞羅思將ChR2的脫氧核糖核酸(DNA)引入大鼠神經細胞，將其真正轉化為由光控制的「開關掣」：當暴露於藍光照射下，這些神經細胞立即反應，產生可傳播的神經信號。

在三名科學家通力合作與分享下，研究人員陸續發現更多可充當神經細胞「開關掣」、由不同波長的光照激活的蛋白質，這種技術也被正式命名為光遺傳學。戴塞羅思通過實驗，將ChR2的基因導入大鼠運動皮層的特定神經細胞，從而利用光照，控制大鼠的鬚鬚運動。他其後又憑藉這些「開關掣」，確定大腦中控制睡眠與甦醒、形成特定記憶的神經細胞。

助繪製清晰大腦運行圖譜

通過光遺傳學的指引，科學家們得以深入研究擁有約900億個神經細胞的成人大腦。從控制痛覺、感受口渴、希望進食、集中注意力，再到變化的社交行為，研究人員逐漸精確掌握與這些功能相關的大腦神經迴路，甚至發現動物照顧幼崽等複雜行為的各個組成部分，實際上由不同的神經迴路所控制。如今研究人員還在探索，將光遺傳學技術應用於大腦以外，從心率對情緒的影響，到腸道細胞如何改變人們對糖和甜味劑的偏好，人體細胞更多的秘密正在揭開。

諾貝爾生理學或醫學獎委員會主席斯文寧松表示，光遺傳學的誕生，讓人們能以過去被認為遙不可及的方式，繪製清晰的大腦運行圖譜。三名科學家將平分1,200萬瑞典克朗(約938萬港元)獎金。

改善視力到治療抑鬱 光遺傳學展巨大潛力

香港文匯報訊 光遺傳學自面世以來，已成為神經科學領域的強大工具，其應用範圍不斷擴大，從基礎研究到臨床治療，都展現出巨大潛力。醫學專家指出，光遺傳學持續揭開大腦運作之謎，尋找不同神經細胞和神經迴路控制的大腦功能。從治療抑鬱症和阿爾茨海默病等神經疾病，到刺激視覺和聽覺等神經，光遺傳學正為新的醫學治療方法帶來希望。

光遺傳學技術目前最直接的應用之一，是用於治療由視網膜色素變性引發的視力下降，這種疾病會破壞人體的眼睛視桿細胞和視錐細胞，導致患者視力下降，嚴重者甚至失明。美國麻省理工學院研究團隊近年利用光遺傳學技術，嘗試將光敏通道蛋白植入視網膜中的雙極細胞中，令其獲取感光能力。由此一來，即使視桿細胞和視錐細胞因病退化，患者的大腦仍可望利用裝上光敏「開關掣」的雙極細胞，來看到外面的世界。

有望神經疾病治療派上用場

改善聽力也是光遺傳學的潛在用途。現時失聰患者安裝的耳蝸植入物，通常會使用電刺激患者的聽覺神經。利用光

遺傳學，科學家們希望改善這些植入物，令其以更高精確度激活聽覺神經，改善患者聽力。在抑鬱症、焦慮症、精神分裂症、阿爾茨海默病和帕金森病等精神和神經疾病的治療中，光遺傳學也有望派上用場。

光遺傳學還為藥理學帶來突破。利用光控離子通道技術，研究人員正設計新型的光敏藥物，這些藥物只有在特定光照下才能激活，從而實現精確治療特定的細胞或組織，有望減少藥物的副作用，提升療效。在生物工程學領域，光控離子通道也能用於構建人工細胞或組織，由研究人員用光照控制細胞的運動和分化，從而精確操控生物系統。

未來伴隨技術不斷發展，光遺傳學技術還有望取得進展，包括提升光控「開關掣」的性能，令其更安全高效，或利用多光子激發等技術提升光的穿透深度，控制多個離子通道，從而對深層組織的細胞行為進行更複雜的調控。

分析指出，光遺傳學的應用從解析基礎神經迴路、揭示記憶與情感的機制，到拓展至大腦以外的系統研究，再到臨床治療的初步嘗試，相信其能繼續展現作為神經科學變革性方法的巨大價值。

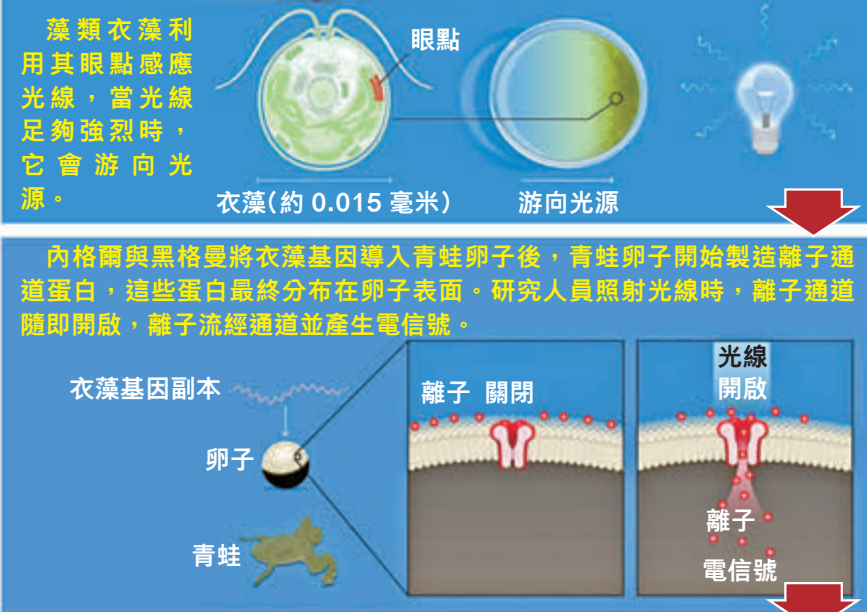
黑格曼(Peter Hegemann)

年齡：71歲 國籍：德國
學歷：馬克斯·普朗克研究所生物化學博士
職位：柏林洪堡大學生物物理系教授、系主任

內格爾(Georg Nagel)

年齡：73歲 國籍：德國
學歷：法蘭克福大學生物物理學博士
職位：德國維爾茨堡大學神經生理學教授、生物物理學家

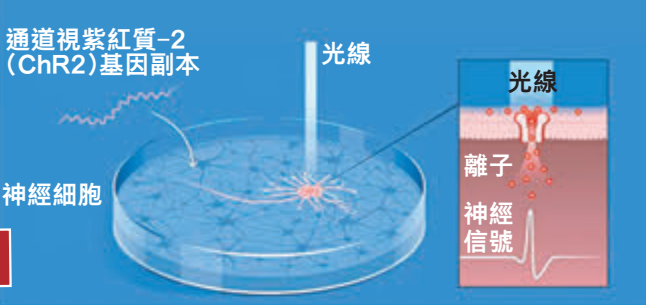
▶一名志願者正接受測試，他頭戴裝滿感測器的帽子，感測器可捕捉頭皮附近活躍神經元產生的微小電壓變化。網上圖片



戴塞羅思的研究團隊將通道視紫紅質-2(ChR2)的基因送入活體小鼠腦內，然後將一根細小光纖插入大腦，當透過光纖照射神經細胞時，便會觸發神經信號，從而引發小鼠的鬚鬚運動。



戴塞羅思將編碼通道視紫紅質-2(ChR2)的基因導入培養皿中的神經細胞，使神經細胞對光線敏感。研究人員利用藍光成功觸發迅速的神經信號。



兩得主曾獲邵逸夫獎 不走「尋常路」寫科研傳奇

香港文匯報訊 今次獲頒諾貝爾生理學或醫學獎的兩位德國科學家黑格曼和內格爾，曾在2020年共同獲得邵逸夫生命科學與醫學獎，表彰他們致力研發光遺傳學，徹底改革神經科學發展的技術。黑格曼與內格爾也分享了他們的生活點滴：出身醫學世家的黑格曼，在生命科學領域充分發揮探索精神；一度擔任高中教師、還在閒暇之餘開設咖啡廳的內格爾，最終在熱愛的驅使下，走上科研道路。

黑格曼的父母、兄弟與多名親友都是醫生，自幼接受傳統教育的他，卻對拉丁語和希臘語等人文科目感到興致缺缺。隨著年紀漸長，黑格曼發現自己的興趣集中在化學、物理和生物等理學學科。

年輕時着迷航海探險

黑格曼憶述他在年輕時對偉大的航海探險着迷不已，最崇拜人類歷史上首個抵達南極點的探險家阿蒙森。不過對於未知充滿渴望的黑格曼發現，地球上幾乎沒有除了深海以外未被探索的領域，他也因自認數學能力不足，漸漸放棄對天文學的興趣，「我意識到探索並非獲得滿足感的唯一方法，學習生物與化

學，創造前所未有的新事物，對我也是一個充滿挑戰的選擇。」

曾任教高中並開咖啡館

內格爾也憶述其科學啟蒙源自年幼時的禮物，當弟妹們在奧地利滑雪時，身體欠佳的內格爾用父母的禮物，嘗試自行拆裝收音機。在科研之路剛起步時，內格爾還未尋獲喜愛研究方向，準備好攻讀博士學位前，他一度在瑞士一間私立高中任教，還在德國康斯坦茨市與友人合辦一間「混亂咖啡館」，作為閒暇之餘的愛好。

展望未來，黑格曼與內格爾都表示，如今有許多年輕的研究人員投身光遺傳學，這一新興領域正蓬勃發展。

● 黑格曼和內格爾曾在2020年共同獲得邵逸夫獎。網上圖片

