



微生物及免疫學研究所助理教授 王淑鶯

雙股螺旋結構——跨領域之美麗結晶

西元20世紀初期，當科學家們在爭論生命的遺傳本質（基因）是DNA或蛋白質時，也是量子力學大放光彩的年代。物理學大師薛丁格（Erwin Schrodinger）在1994年所發表的著作《生命是什麼？》深深的影響了當時的科學家對於生命現象的物質基礎的探討。西元1953年4月25日，來自英國劍橋卡文迪西實驗室的華生（James Watson）和克里克（Francis Crick）共同在國際知名期刊「自然」發表了完整的DNA雙股螺旋結構模型。這個關鍵性的結果不僅確立了生命的遺傳物質為DNA而非蛋白質，同時更提供DNA複製模式的分子機制以及準確的遺傳法則，也敞開分子生物學的新時代。

在研究DNA結構之前，華生於芝加哥大學主修動物學，學士畢業後他因申請哈佛大學研究所失敗，轉而就讀印第安納大學。或許是命運巧妙的安排，他進入了當時「噬菌體團隊」盧瑞亞的實驗室，成為該研究團隊的核心人物。噬菌體團隊的研究員以噬菌體作為主要研究材料，設計出優秀的實驗，證明基因的

本質為DNA。為了更瞭解DNA相關的生物化學問題，盧瑞亞派遣華生到歐洲學習最先進的生物化學知識。在一次會議中，他被魏爾金（Maurice Wilkins）放在幻燈片上的DNA X光繞射圖所深深吸引，也明白接下來該如何解開生命本質的謎團。

用X光繞射技術來研究生物大分子的三度空間結構是物理學、化學和生物學的美妙結合，這項技術的發源地在有名的英國劍橋卡文迪西實驗室。西元1915年，布拉格父子以X光繞射法研究晶體結構提出知名的布拉格公式而獲得諾貝爾物理學獎，在他們的帶領下，卡文迪西實驗室培育了許多優秀的蛋白質結晶學研究學者，其中包含了後來在1962年因研究血紅素和肌紅素的結構而獲諾貝爾化學獎的裴路茲（Max Perutz）和肯德魯（John Kendrew）。華生到了卡文迪西實驗室後，遇到了他這輩子最重要的研究搭檔-克里克。克里克原來是物理學家，但對生物學產生濃厚的興趣，他因此將研究重心轉到生物問題上。克里克和華生從1951

年開始合作建構DNA的三維模型，期間陸續有許多關於DNA物理化學本質的研究被發表，像是著名的「查加夫法則」發現DNA的核苷酸存在著A:T=G:C=1:1現象；化學家格里菲斯（J. Griffith）透過計算表明，A必須與T鍵結，G必須與C鍵結；多諾霍（J. Donohue）提出A-T和G-C配對是靠氫鍵維繫的。最重要也最具爭議的是，華生和克里克從魏爾金手上看見了由富蘭克林（Rosalind Franklin）所拍攝的一張極為清晰的DNA X光繞射圖，讓他們推論DNA是由兩條走向相反單鏈所組成的雙螺旋。而從化學的角度來看，為了能夠符合A-T和G-C的氫鍵鍵結，唯有鹼基朝內，醣—磷酸骨架在外且兩條單鏈走向相反才能形成穩定的分子。綜合這些資料，華生和克里克構築完整的三維DNA分子模型並發表結果在期刊上，之後與魏爾金在1962年獲得諾貝爾生物醫學獎的榮耀，也成功引領生物學邁向更深入的分子生物學研究領域。

破解DNA雙螺旋結構之謎可歸功於許多科學家的貢獻。而主要的四大功臣分別為來自不同科學領域的專家。華生主修生物，克里克和魏爾金專攻物理，富蘭克林則是一名出色的化學和結晶學家，他們運用不同的背景知識，在合作又競爭的學術環境中，激盪出科學史上一頁重要又美麗的篇章，這無疑是跨領域合作最佳的典範。跨領域研究的本質在於鼓勵不同學術專業之間的對話，針對特殊議題共同研討並尋求解決之道。在醫學領域研究中，跨領域合

作的成果讓醫療產業邁向新的里程碑。例如電腦斷層攝影（computed tomography）和核磁共振影像（magnetic resonance imaging），讓醫生不必開刀就能透過非侵入性影像攝影觀察病灶，做出更精確的診斷，使醫學技術往前躍進一大步。核磁共振攝影發明者勞德伯（Paul Lauterbur）及曼斯菲（Peter Mansfield）、電腦斷層攝影的發明者郝殷斯費（Godfrey Newbold Hounsfield），他們原本各專精於化學、物理和電子工程領域，然而他們也同時對解決醫學影像的瓶頸感興趣，因此結合物理和化學的知識，加上數學及電子工程的計算而發展出可觀察人體內部結構的影像儀器，解決臨床醫學的大難題。

薛丁格的《生命是什麼？》一書，在最佳的時機衝擊了生物學家的研究思維。DNA雙股螺旋結構提供的複製機制，符合物理學家所追求的普適性（universal law）。DNA結構能幫助我們了解「生命是什麼」的開端，然而生命現象的全貌決非以物質基礎的研究就可以理解的。在慶祝DNA雙螺旋結構發表60週年之今日，我們感謝雙螺旋發現者對分子生物學啟蒙的貢獻，更期許未來可以沿用他們在研究經驗上合作的精神，來面對許多待解決的科學問題。此時更要仰賴跨領域的概念以建立多元的知識及思維，並結合多種層面專業的剖析及探討，方能激盪出更創新的成就。