

神經電波知多少？

周延鑫

前國立自然科學博物館館長

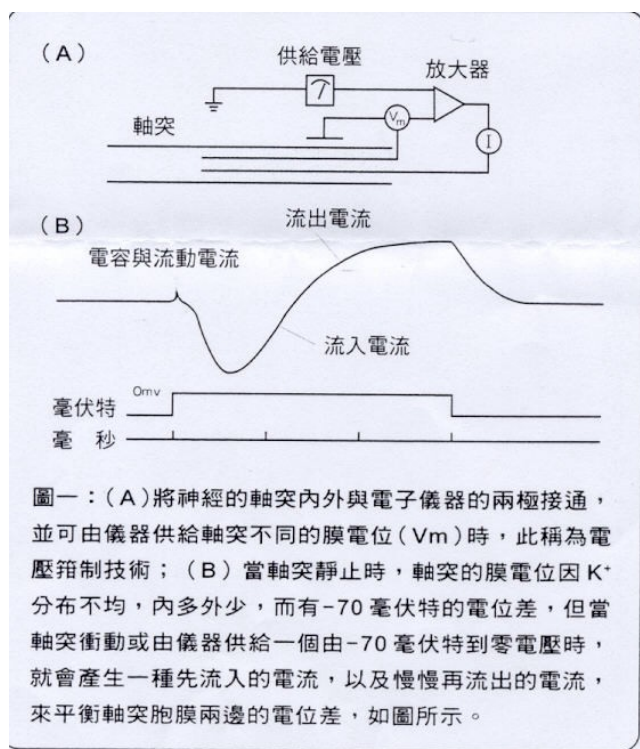
FAX: (02)23680790

21 世紀已經來臨，大家都說 21 世紀是研究生命科學的世紀，生命科學除了分子生物學以外，尚有神經科學，尤其是後者，我認為才真正有趣。

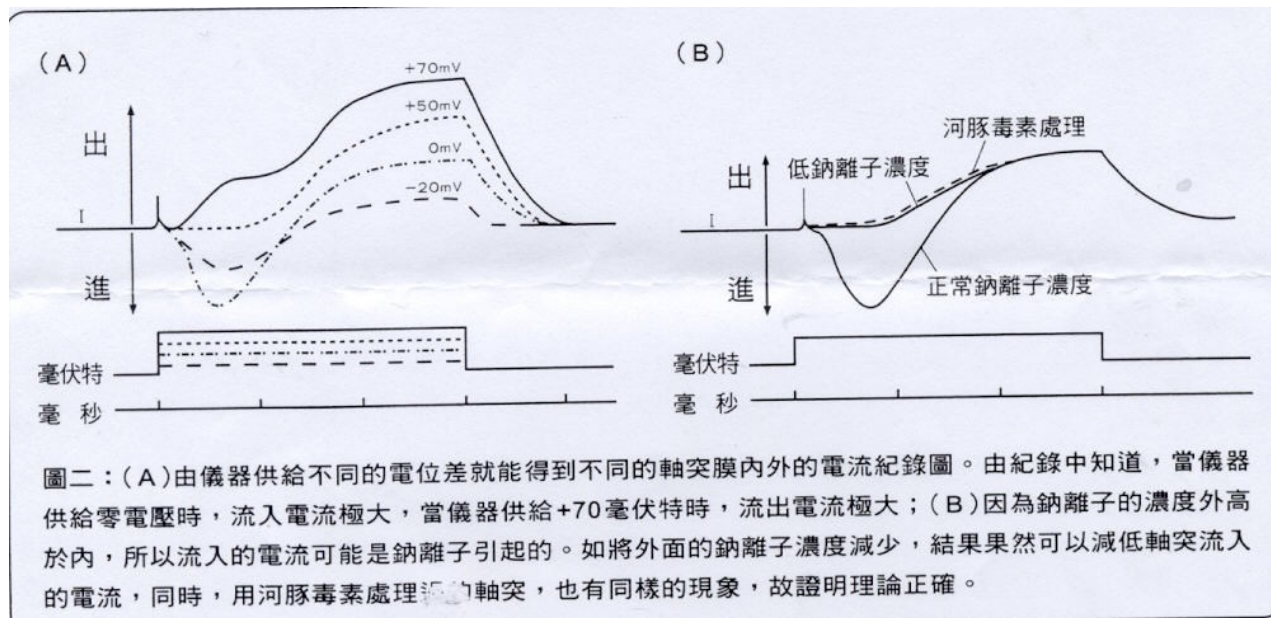
國立自然科學博物館有幾位同仁最近告訴我，有些熱心的觀眾，常常在看過我們的大王魷魚標本以後，會問這個標本的展示意義為何？我查了一下，科博館是在 1999 年 3 月 19 日得到這個世界上最大的魷魚標本——克氏大王魷魚，這個標本是由紐西蘭贈送給本館作研究與展示的，牠的體長 9 公尺、體重 250 公斤，但是牠在科學上的意義並不只於牠的特大與稀少，牠也是研究神經與肌肉電波的好材料。

大家都知道「生命」的現象是如何定義與表示的嗎？知道的人會說生命的現象很複雜，但有一種說法，就是——有生命的細胞是有生物電，而一個沒有電的細胞就是死的。最明顯的例子就是心臟，活的心臟不只會跳動（其實肌肉跳動是結果），還帶有生物電波，電波才是使心臟有規律跳動的真正原因。而這個生物電波就是由澳洲人 John Eccles 以及英國人 Alan Hodgkin & Andrew Huxley 在 1939 年時，利用魷魚巨大神經細胞作研究而發現的。

John Eccles 最先把一個電極放在魷魚神經軸突的細胞內，另外一個電極則放在細胞外，結果他在電表上發現，細胞內外膜的電位差約在 -60 到 -90 毫伏特之間。依照物理學的原理，他認為一定是因電離子分配不均所造成的電位差，於是改變膜外不同離子的濃度後，再去測量膜內外電位差的改變，結果發現，這個膜電位果然是因鉀離子在細胞膜內外濃度不同所引起的。

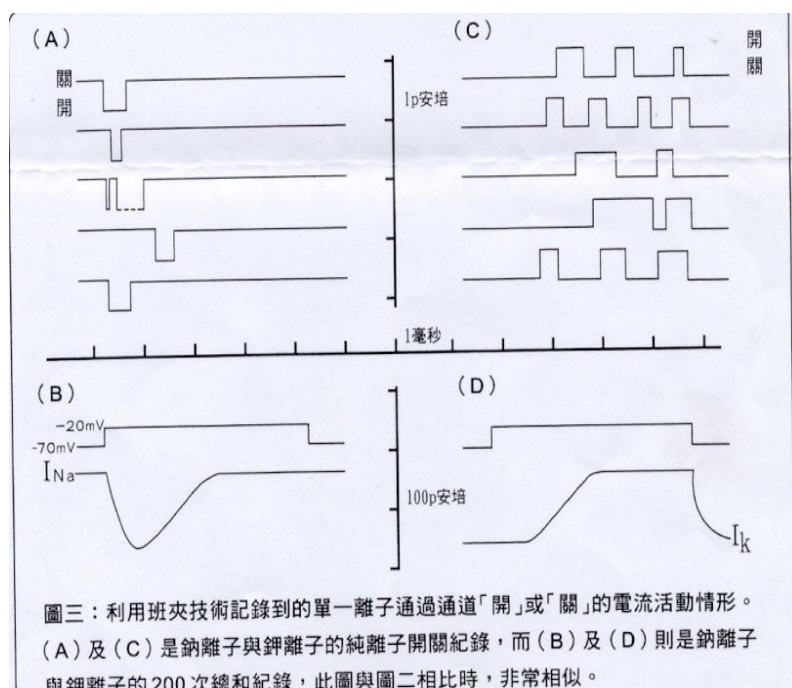


同時，他們在細胞內再增加一支刺激電極，一方面改變刺激電極的電壓，發現生物電波是由二個離子通透性的改變所引起，也就是說，神經動作電位差第一步的電流改變是由流入的鈉離子所引起。這個理論不但可以用改變細胞膜內外離子不同濃度而改變動作電位差的大小來證明，同時也可利用抑制鈉離子通道的毒素——河豚毒素來證明。於是，他們確定了神經電波可以用 Hodgkin and Huxley 方程式模式來解釋，更因此得到了 1963 年諾貝爾生理醫學獎，以

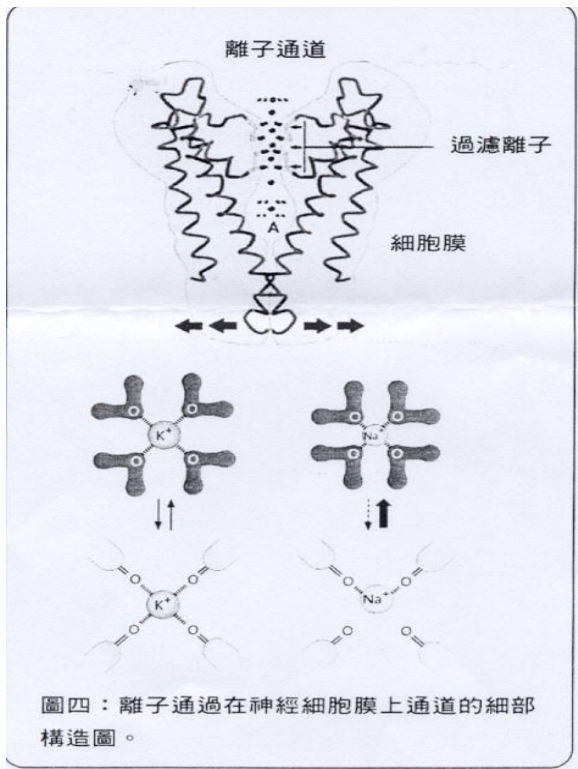


獎勵他們對神經電學的基礎研究貢獻。

既然神經電波是由猜測離子通透性不同而得到電壓或電流的變化，我們更可利用現代電子放大儀器的優越性，也就是應用一個微小的玻璃電極，將一小片含單一離子通道的細胞膜接通後，再來研究它的電流變化，並加以記錄，這就是 Erwin-Neher 和 Bert Sakmann 於 1970 年所做的斑夾技術 (Patch-Clamp) 的實驗，又稱單一離子通道記錄技術。



有趣的是，他們用斑夾技術所做的實驗結果，發現細胞膜上有鈉與鉀離子通道，和 John Eccles 等人以前用電壓箝制技術所做的實驗結果一樣，因而使後者再次得到了 1991 年諾貝爾生理與醫學獎。而 Eric K. Kundle, Paul Greengard 和 Arvid Carlsson 利用前面的電學技術，證明海兔的學習行為是由神經傳導物質血清素 (Serotonin) 與多巴 (Dopa) 分泌的多少來達成的，因此得到 2000 年的諾貝爾生理醫學獎。



紐約洛克斐勒大學的馬今農（Roderick Mackinnon），於1998年從 *Streptomyces lividans* 細胞中，做出 KCSA 離子通道蛋白質的結構圖。由此可見，在通道外圍時，鉀（或鈉）離子是與水分子結合（水合作用）而成為穩定的元子團，但當此團進入鉀離子通道內時，水分子逐一脫去，但每脫去一個水分子，就有一個通道壁上的蛋白質的氧原子遞補上去，就像接力賽跑一樣，鉀離子就被逐步的傳送進去。因為鉀通道壁上伸出的氧原子，其排列和水合鉀離子時的氧原子完全一致，所以鉀離子可以完全不損其能量與穩定性，順利進入通道。這樣一看，我們方才知道鉀離子進入細胞離子通道的真相，所以他們又得到了去年（2003）的諾貝爾化學獎。

從以上這四個實驗中，我們得到另一個想法，雖然科學進步、資訊增多，但真正的真理只有一個，那就是科學也有殊途同歸的道理。

21 世紀已經來臨，大家都說 21 世紀是研究生命科學的世紀，然而生命科學除了分子生物學以外，尚有神經科學，尤其是後者，我認為才真正有趣。目前國人在這個領域裡做得最好的，是台大物理系畢業的詹裕農與葉公杼夫婦，他們已經是美國的科學院院士，並且曾得到諾貝爾講的提名，我們願意預祝他們將果蠅分子遺傳學與離子電學的聯合研究，在不久的將來可提出更多新穎的發現，到那時，科博館又可以推出新的展示了。