

人工電子眼的原理

◎林口長庚視網膜科主治醫師 劉珍吟

封面故事

視覺的形成，是光線經由眼球前部的角膜與水晶體聚焦後投射在視網膜上而成像，這個構造猶如照相機一般。而視網膜上面的感光細胞就像相機上的感光元件，能夠將光線轉為電位訊號，再傳遞到視網膜內層的神經節細胞，神經節細胞會產生電位改變，再經由神經節細胞聚集的構造—視神經，將訊息傳達至腦部視覺皮質中樞。

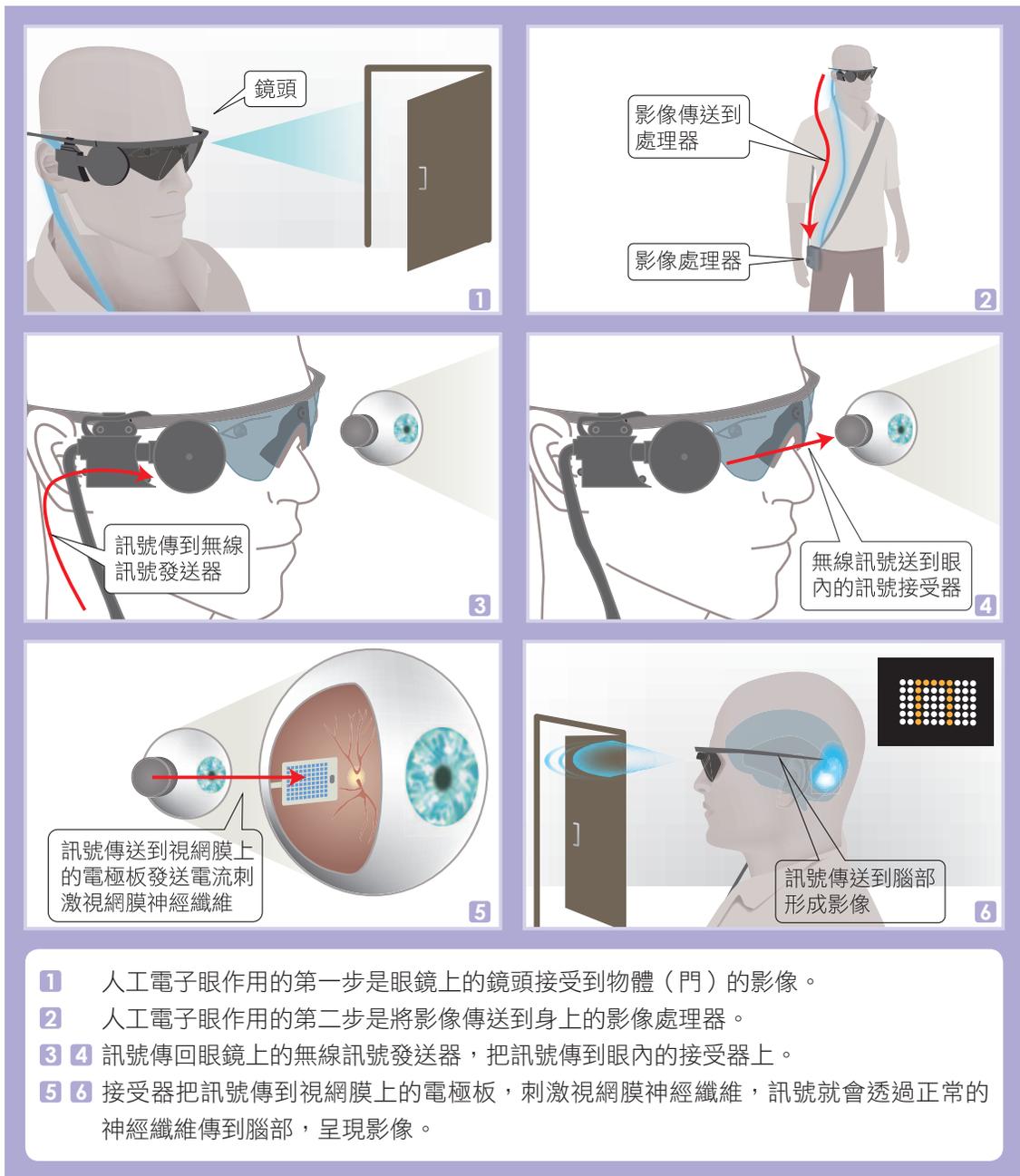
有些眼睛疾病會顯著影響到感光細胞的功能，例如：視網膜色素退化（視網膜色素細胞退化時，會造成感光細胞退化，進而造成視力衰退），但視網膜內層的神經節細胞到視覺皮質卻都仍然保有原來功能。在這種情況下，所以如果能夠用一些方式，讓視網膜內層神經節細胞接受到刺激，產生電位的變化，這樣就能取代已退化感光細胞的感光功能，將訊號經由仍然保存功能的視神經將訊息傳送到腦部視覺皮質中樞，而達到產生視覺的效果。

人工電子眼就是運用這樣的概念發展出來的。目前核可的視網膜人工電子眼是利用微電極直接刺激位於視網膜內層的神經節細胞，可以讓神經節細胞產生電位的改變，經由視神經將訊號傳到視覺中樞產生看到光點的視覺感受。但

重要的前提是，接受電刺激之後的神經傳導路徑需要是可以正常運作的。

目前台灣核可使用的是獲得歐盟（CE mark）及美國（FDA）批准可以上市並應用在病人身上的人工電子眼。其人工電子眼的電極板會植入病人眼內，固定於視網膜表面，以電刺激視網膜最外層的節狀細胞及其軸突所形成的神經纖維層。以下進一步來說明這個人工電子眼的成像原理。病人需要配戴透明或黑色的眼鏡，在眼鏡的正中央上方裝設微型攝影機鏡頭，負責截取病人前方的影像，再經由線路把影像訊號傳到揹帶在病人身上的影像處理器。而由影像處理器處理完的電流訊號，會由導線傳到眼鏡架側邊的無線電發報器，而其發出的無線電訊號，會經由植入鞏膜外部的無線電接收器接收後，傳至另一植入於鞏膜上方的電子組件盒中進行電流整理與放大，再經由導線進入眼內，讓位於視網膜表面的微電極陣列板放電，進而刺激視網膜節狀細胞或神經纖維，產生電位的改變。當數十個微電極排列成一個面，這些光點的神經訊號就可以藉由視神經傳到視覺中樞組合形成影像的視覺感受！

目前臨床上使用的人工電子眼是屬



於「視網膜人工電子眼」，除此之外依電極板所在的位置不同，還有視神經人工電子眼、外側膝狀體人工電子眼以及視皮質人工電子眼。這些人工電子眼的應用前提是接受電刺激「之後」的神經

傳導路徑必須是正常沒有損傷的才能使用。目前全世界有眾多研究團隊正積極投入人工電子眼的開發，希望可以提供更多病人重建光明的機會。👁️