

飛秒雷射於近視手術之運用

◎林口長庚眼角膜科主治醫師 陳宏吉

◎林口長庚眼角膜科主治醫師 陳永豐校閱

近視手術已經進入「無刀雷射」的時代，也就是在進行準分子雷射切削角膜之前，製作角膜瓣的步驟，改以「飛秒雷射」來取代傳統微板層刀。不論在有效性、準確性及安全性等面向，飛秒雷射都展現了比微板層刀更為優越的特性。本文將針對「近視手術的進展」、「飛秒雷射導入近視手術」、「飛秒雷射的優勢」等議題，做一深入淺出的介紹。

近視手術的進展

現行的屈光（主要是近視）手術所使用的雷射就是準分子雷射（Excimer Laser），而 Excimer 這個字是 Excited Dimer 的合併，亦即「被激發的二聚物」，包含鈍氣和鹵素兩種元素。讓這兩種元素短暫的結合，於解離時會釋放出不同波長的紫外光，例如氬氟雷射（Argon-Fluoride）釋放的是波長 193 奈米的紫外光。不同波長的雷射會有不同的作用，而準分子雷射所是光切削作用（photoablation）。所謂光切削作用，就是組織受到紫外光雷射作用時，會斷裂分子之結合鍵，將組織直接分離成揮發性的碎片或蒸氣，而對周圍的組織則沒

有影響。波長超過 200nm 的紫外光雷射雖然也可以「氣化」組織，但其熱效應會增高，造成周圍組織的變化，因此並不適合用來做角膜的精密切割。

準分子雷射是在 1983 年導入動物實驗（牛），開啟雷射成為角膜手術主要工具的先河；到了 1991 年，則有人體試驗結果的正式發表。雷射屈光角膜切除術（photorefractive keratectomy 或 PRK）作為雷射近視手術的原型，也就是在手動刮除上皮細胞後，隨即利用波長 193 奈米的準分子雷射之光剝離作用切削角膜基質前緣，進而改變角膜的弧度並去除屈光不正的問題。美國藥物食品管理局（FDA）隨後分別在 1995 年及 1998 年核准 PRK 以及雷射原位角膜成形術（laser in situ keratomileusis 或 LASIK）上市，成為一種常規醫療作業。長庚醫院幾乎在同時將 LASIK 引進台灣眼科界，而在過去的十餘年裡，包括現在，LASIK 一直都是近視手術的主流方式。同時期間，在 LASIK 的術式基礎之上，不斷有新的補強措施，諸如小光斑雷射、眼球追蹤、虹膜定位、以及前導波光學等技術。但在本質上，角膜瓣（corneal flap）的製作以及準分子雷射的施打，



依舊是LASIK的兩大基本精神與步驟。

傳統上，角膜瓣的製作就是以微板層刀片（microkeratome）水平切割出一層薄薄的角膜瓣（厚度 130~160 微米），然後在準分子雷射施打重塑角膜基質完成之後，再將瓣膜平鋪覆蓋回基質上。近 5 年來，LASIK 手術最創新性的變革即為飛秒雷射（Femtosecond laser）的導入，使得角膜瓣的製作也可以是無刀（blade-less）的程序，從而使近視手術全程都由雷射來主導，亦即全雷射（all-laser）近視手術。

飛秒雷射導入近視手術

自從 1954 年鐳射（Maser）及 1959 年雷射（Laser）的發明、1960 年代奈秒（Nanosecond）雷射、1970 年代皮秒（Picosecond）雷射，以及 1980 年代飛秒雷射的發展，工程師便研發出非常精準的工具以供科學家探討非常快速的物理、化學以及生物等現象和機轉。事實上，早在 1990 年代初期美國密西根大學的工程及眼科團隊首先構想、設計、並運用飛秒雷射來取代微角膜板層刀，作為 LASIK 手術中角膜瓣的製作工具。飛秒雷射是波長 1053 奈米的紅外線，每一個脈衝歷經一個飛秒。想像一下，光線每秒鐘可繞地球七圈半，但經過 100 個飛秒的「光陰」才飛越一根人類的頭髮！飛秒雷射的波長較長，相較之下對於組織的作用有別於準分子雷射的光切削，而是近似於波長 1064 奈米的鈷雅銘雷射（Nd:YAG laser）所產生的光裂解作用（photodisruption）。

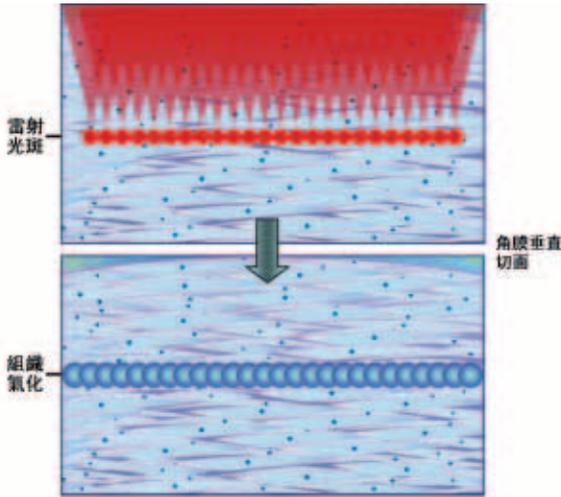
數以千計的雷射光斑，一個接著一個在設定好的掃描型態之下，造成角膜層片的分離，最後再用器械鈍端將瓣膜分開（附圖一）。光斑可以設定落在角膜基質的任何一個位置，也就是可以創

造角膜的三度空間分離。手術中醫師使用可移動式、扁平錐狀的壓平鏡，連接到雷射端並將病人角膜壓平，以保持雷射發射端到角膜組織中雷射聚焦點的精確距離（附圖二）。雷射脈衝發射到角膜組織後，在聚焦點將組織氣化成水分和二氧化碳；在水泡和氣泡最終被內皮細胞吸收後留後下微小空隙，角膜組織因此分離。光斑在角膜橫切面作用時有兩種掃描型態：光柵型或螺旋型（附圖三）。

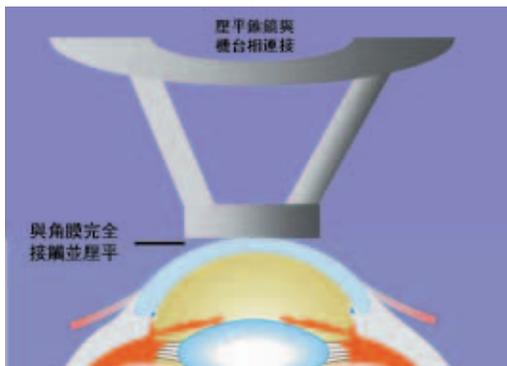
雖然 LASIK 已行之多年，製作角膜瓣的過程中、或者是術後所產生併發症的存在，仍然是不可爭的事實。比方說，術中角膜瓣切割不完整、偏中心、或者出現厚薄不均勻等術中的問題；抑或是術後相關併發症例如金屬刀片碎屑殘留、瓣膜基質間發炎、或外傷性瓣膜脫位等等問題，都可能導致術後的視力及視覺品質的下降。藉由飛秒雷射的引進，咸信可以解決大部分惱人的角膜瓣相關問題。此外針對華人特有的高度近視族群，以及角膜厚度較薄者，將可由飛秒雷射切割出傳統微板層刀較不易達成的超薄角膜瓣，以提高其手術的安全性。

飛秒雷射的優勢

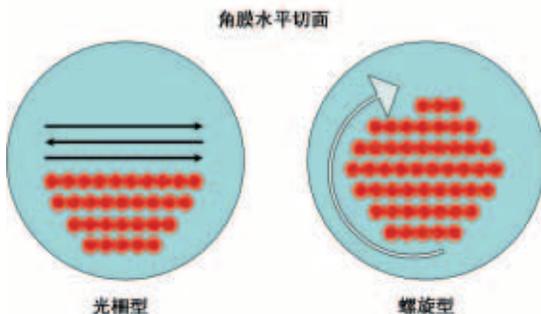
作為非緊急、可選擇性的手術，屈光手術必須、也只能夠要求優異，也就是有效、準確而且安全。準分子雷射的表面切削能力極為優越，確實達到了有效解決近視的境界；飛秒雷射剛好符合另外兩項要求，即準確和安全。飛秒雷射的光斑大小不到 3 微米（比紅血球的一半還小），因此可以在角膜基質層造成明確而精準的組織裂解。此外，雷射光可以定位在角膜組織任意的區域，而使裂解作用只發生在焦點，同時其光束所經過的結構並不受雷射光影響。微板



附圖一 飛秒雷射光裂解作用於角膜 (Photodisruption of Femtosecond Laser in Corneas)



附圖二 壓平錐鏡連接雷射機台與角膜 (Applanation Cone Connecting Laser Console and Cornea)



附圖三 壓平錐鏡連接雷射機台與角膜 (Applanation Cone Connecting Laser Console and Cornea) 飛秒雷射光斑掃描型態 (Scanning Patterns of Femtosecond Laser Spots)

層刀製作的角膜瓣邊緣形狀固定，只有一種角度，瓣膜的厚度也只有 130 微米和 160 微米，或頂多再加上 110 微米的超薄刀片等兩、三種選擇。至於，飛秒雷射在電腦程式的輔助之下，雖非天馬行空，但不論是角膜瓣的厚度，或者是瓣膜的邊緣形狀、角度，都有著較多樣化的選擇。

起初在 2002 年飛秒雷射上市時，脈衝頻率只有 6 仟赫 (kHz)，頂多 10 仟赫。隨著科技演進，2006 年時已經進展到 60 仟赫，而如今已發展至 150 仟赫，也是長庚醫院目前所採用的頻率。在此一速度之下，飛秒雷射製作角膜瓣所需耗費的時間長度幾乎與機械式的微板層刀是一模一樣。

總結起來，就近視手術中角膜瓣的製作而言，飛秒雷射對比起於機械式的微板層刀有著三點主要的優勢，今分述於後 (附表)。

一、適應範圍更廣泛：

飛秒雷射不但較不受角膜曲度影響，更可以製作出超薄的角膜瓣，甚至是 90 微米以下超薄角膜瓣。因此，以往不能施行 LASIK 手術的朋友，如角膜較薄、近視度數較高的者，從而可以考慮施行飛秒雷射 LASIK。

二、角膜切削更精準：

手術醫師擁有較多選擇如瓣膜直徑與厚度、側切角度、樞紐位置與長度、光斑大小與間距、以及施打型態 (螺旋 vs 光柵)。此外，飛秒雷射的脈衝極短，可以準確地切開角膜組織之分子鏈，其精確度大於微板層刀數倍。由於製作出厚度、弧度更均勻的角膜瓣，角膜瓣與角膜基質接縫更為精密，因此有效避免了微板層刀製作瓣膜可能出現的醫源性像差。

三、治療過程更安全：



附表

比較項目	微板層刀 (Microkeratome)	飛秒雷射 (Femtosecond Laser)
適應症選擇範圍	角膜厚度較薄者不宜	較大
術中眼壓上升值	40 毫米汞柱	10 毫米汞柱
術中併發症	醫師經驗、技術依賴度較高	較少
角膜瓣製作方式	角膜微板層刀	飛秒雷射
角膜瓣製作過程	手持角膜微切器械	電腦程式輔助操控
角膜瓣製作厚度	130~160 微米	選擇範圍大，甚至<90 微米
角膜瓣均勻程度	部分區域無法均勻	較均勻
角膜瓣樞紐位置	只能在鼻側、上側、或下側	可以精準定位於圓周任一角度

飛秒雷射手術為全程無刀之手術型態，熱效應和衝擊波並不明顯，從而避免在整個光學療程中周邊組織的損傷。飛秒雷射手術在製作角膜瓣時，只產生一些水分和氣泡推開角膜組織，並可對同一部位進行多次手術，安全性大大提高。其次，沒有了如微板層刀具有可移動式的物件（裝卸時易生誤差），加上所製作的角膜瓣與角膜基質呈現嵌入式咬合，使得復位輕鬆，咬合緊密。諸如瓣膜穿孔、上皮磨損、瓣膜過短、瓣膜游離、刀片刮痕、以及不規則切面等瓣膜併發症的發生率也大為降低。

然而，飛秒雷射也並非完美無缺。其較高的價位、機台體積龐大、以及不易搬運等缺點，也使得飛秒雷射目前仍然無法全面取代機械式的微板層刀。

充分溝通找出適合自己的術式

「飛秒雷射」已經成為近來近視手術的新趨勢。比起傳統的微板層刀，雖然有效性、準確性以及安全性都極為優異，畢竟並非所有近視的朋友都負擔得起較為昂貴的費用，且該項手術也不是非施行不可。因此，在選擇手術方式之

前，建議有意施行的朋友應該與醫師充分溝通，審慎評估，選擇出最適合自己的術式。💡

養生文化村參觀資訊

服務專線：03-3197200 轉 3088

服務時間：9:00~16:00

地址：桃園縣龜山鄉舊路村3鄰長青路2號（養生文化村A棟）

交通：

1. 自行開車：

(1) 中山高林口交流道下，沿文化一路往龜山方向經中正體育園區（體育學院、長庚大學）右轉振興路（桃七線）抵達本村。

(2) 桃園市區請沿長壽路左轉振興路（桃七線）抵達本村。

2. 搭交通車：請先搭車至林口長庚醫院或桃園長庚醫院後，再轉搭乘往「養生文化村及護理之家」免費接駁車。

