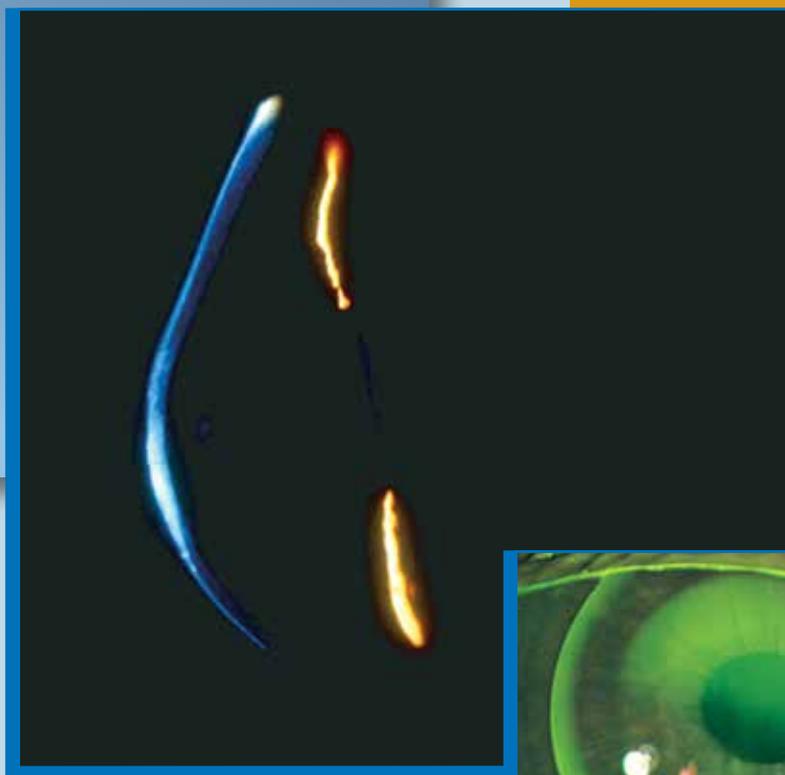
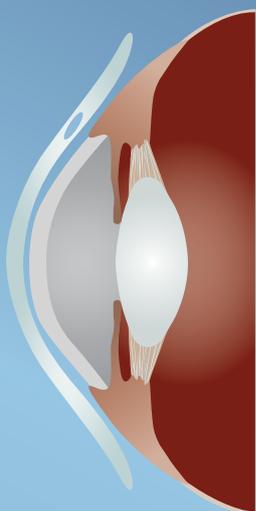


# 使用硬式透氧隱形眼鏡矯正圓錐角膜



隱形眼鏡研究中心  
視光學系  
加拿大滑鐵盧大學

# 前言

## 關於本書

圓錐角膜可以藉由配戴硬式透氣隱形眼鏡達到安全且有效的控制。我們現在已經可以使用角膜地圖儀(corneal topographers)以及光學相干斷層掃描儀(optical coherence tomographers)來區分各種不同類型的圓錐角膜，這些儀器同時也能幫助我們更精確的選擇符合錐體類型的鏡片，讓我們在治療圓錐角膜時更輕鬆。

本書希望能協助醫生根據標準曲率及新興角膜衡量標準來針對圓錐角膜患者之需求選擇適當的鏡片設計。我們同時希望藉由本書說明如何簡易驗配鏡片並處理圓錐角膜。

## 隱形眼鏡研究中心

位於加拿大的滑鐵盧大學視光學系隱形眼鏡研究中心成立於1988年，致力於研究隱形眼鏡在眼睛上的配戴效果。該中心之成員由研究人員、研究生及行政技術人員組成，在此執行之臨床試驗與基本研究皆為隱形眼鏡與相關企業之共同研究結果。我們有很多活動同時也作為眼科醫生在視光領域教育發展的一環。請造訪我們的官方網站進一步了解更多資訊：<http://cclr.uwaterloo.ca>

# 感謝

## 總編輯

**Desmond Fonn,**  
美國眼科學會基金會 視光學碩士  
隱形眼鏡研究中心負責人  
滑鐵盧大學視光學系教授

## 專案經理

**Bonnie Boshart,**  
工商管理學士  
隱形眼鏡研究中心商務發展專員

## 作者

**Luigina Sorbara,**  
美國眼科學會基金會營運總監, 理學碩士  
隱形眼鏡研究中心臨床科學家  
滑鐵盧大學視光學系副教授

## 編輯群

**Craig Woods,**  
美國眼科學會基金會博士  
隱形眼鏡研究中心研究經理  
滑鐵盧大學視光學系兼任助理教授

**Alisa Sivak,**  
文學碩士  
隱形眼鏡研究中心行銷公關專員

## 投稿群

**Katrin Müller,**  
滑鐵盧大學視光學系畢業生

**Kristine Dalton,**  
滑鐵盧大學視光學系隱形眼鏡住院醫生  
暨理學碩士生

**Jalaiah Varikooty,**  
滑鐵盧大學隱形眼鏡研究中心臨床科學家

**Jyotsna Maram,**  
滑鐵盧大學視光學系博士生

**Adam Keech,**  
滑鐵盧大學視光學系理學碩士生

感謝國際隱形眼鏡教育者協會提供Dr.  
David Miller (圖 1, 11 and 65) 的照片 Hilmar  
Bussacker (圖 29) 及。

## 校閱群

**Hans Bleshøy,**  
美國眼科學會基金會理學學士, 博士,  
視光師學院會員  
丹麥斯基沃自治市, 丹麥隱形眼鏡顧問

**Timothy B. Edrington,**  
營運總監, 理學碩士  
美國富勒頓市南加州視光學院教授

**Sergi Herrero,**  
西班牙巴塞隆納光學及視光學系畢業生

**Craig W. Norman,**  
美國隱形眼鏡協會成員  
美國印地安納州南本德診所隱形眼鏡部  
營運長

**Philippe Seira,**  
視光師  
瑞士西北理工大學講師

**José L. Garrido Tundidor,**  
視光與視覺科學碩士  
西班牙巴塞隆納光學及視光學系畢業生

**Richard Wu,**  
理學學士, 營運總監, 博士, 國際角膜塑型  
協會成員, 國際隱形眼鏡教育者協會成員  
台灣台北視光中心

**Osbert Chan,**  
香港理工大學視光學博士

## 設計

**Kris Flanagan**

## 林文賓

**Benson Wen-Pin Lin**  
視光學士, 碩士, 國際隱形眼鏡教育者協  
會研究員 (FIACLE), 臺灣中台科技大學 視  
光學系 講師, 臺灣 視全/亨泰光學公司

# 目錄

<b>1. 圓錐角膜介紹</b> .....	1
圓錐角膜的流行病學 .....	1
與圓錐角膜有關聯之疾病 .....	1
矯正圓錐角膜的方法 .....	1
隱形眼鏡 .....	1
眼鏡片 .....	2
<b>2. 圓錐角膜之分級</b> .....	3
角膜地圖儀 .....	3
圓錐角膜的類型 .....	4
疾病的進展(角膜厚度) .....	4
<b>3. 鑑別診斷與症狀</b> .....	6
病史與症狀 .....	6
裂隙燈生物顯微鏡 .....	6
眼底鏡檢查與視網膜鏡檢影術 .....	7
角膜地形圖、角膜弧度與厚度測量術 .....	7
屈光及視力 .....	8
鑑別診斷 .....	8
<b>4. 配戴隱形眼鏡矯正視力的方法</b> .....	9
角膜透氣隱形眼鏡 .....	9
角鞏膜與半鞏膜透氣隱形眼鏡 .....	10
小鞏膜鏡和鞏膜鏡透氣隱形眼鏡 .....	11
重疊型設計 .....	11
軟式隱形眼鏡 .....	12
<b>5. 鏡片設計</b> .....	13
角膜隱形眼鏡 .....	13
球面多道弧設計 .....	13
球面中央和球面周邊 .....	13
球面中央和非球面周邊 .....	14
非球面隱形眼鏡 .....	14
半與小鞏膜鏡 .....	14
重疊型鏡片 .....	14
<b>6. 鏡片驗配</b> .....	15
選擇正確的鏡片設計 .....	15
通常考慮事項 .....	15
基弧的選擇 .....	15

度數的考量 .....	17
驗配程序:選擇適當的BOZD和TD .....	18
驗配直徑8.5到9.3mm的小直徑鏡片 .....	18
驗配直徑9.4到9.9mm的中直徑鏡片 .....	19
驗配直徑10.0到12.8mm的大直徑角膜鏡和直徑12.9 到13.5mm的角鞏膜鏡 .....	19
驗配直徑13.6到14.9mm的半鞏膜鏡和直徑15.0 到18.0mm的小鞏膜鏡 .....	20
鏡片邊弧設計 .....	22
決定軸向邊緣翹角 .....	22
環曲面或不對稱邊弧 .....	23
合適配適的評估 .....	23
螢光圖 .....	23
三點接觸(分離支撐) .....	24
頂點接觸 .....	24
頂點空隙 .....	24
理想的軸向邊緣空隙 .....	25
最小邊緣空隙 .....	25
過多的邊緣空隙 .....	25
鏡片中央定位和滑動 .....	26
戴鏡驗光 .....	26
從角膜地形圖模擬螢光圖 .....	26
<b>7. 追蹤與管理策略 .....</b>	<b>27</b>
追蹤程序與門診訪視 .....	27
需更換鏡片的情況 .....	28
變更鏡片設計 .....	29
改變基弧 .....	29
改變BOZD .....	29
改變總直徑 .....	29
改變軸向邊緣翹角 .....	29
改變部分翹角 .....	29
改變中心厚度 .....	30
改變鏡片度數 .....	30
使用不同的鏡片與/或設計重新驗配 .....	30
球面到非球面的BOZD .....	30
球面到非球面鏡片邊緣 .....	30
固定的到浮動的BOZD .....	30
角膜至半鞏膜的鏡片設計 .....	31
<b>8. 併發症 .....</b>	<b>32</b>
角膜染色 .....	32
藥水毒性染色 .....	32
3點鐘與9點鐘染色 .....	32
擦傷或異物引起的點狀或線狀染色 .....	33
頂點染色 .....	33

面紗狀淺凹.....	33
視力.....	33
鏡片偏位.....	34
角膜壓痕.....	34
<b>9. 參考文獻.....</b>	<b>35</b>
<b>附錄A:病原學與遺傳學.....</b>	<b>40</b>
<b>附錄B:圓錐角膜的手術治療方式.....</b>	<b>42</b>
全層角膜移植術.....	42
層狀角膜移植術.....	42
深板層角膜移植術.....	42
異層角膜移植術.....	42
內板層角膜移植術.....	42
角膜環®.....	42
交聯劑.....	43
<b>附錄C:利用Orbscan II來偵測圓錐角膜.....</b>	<b>44</b>
<b>附錄D:驗配半及小鞏膜片.....</b>	<b>45</b>
中央矢深的配適.....	45
中周邊或輪部區的配適.....	46
鞏膜驗配區.....	46
<b>附錄E:驗配範例.....</b>	<b>47</b>
驗配範例：中央型或乳突狀的圓錐角膜(早期).....	47
驗配範例：橢圓形圓錐(重度).....	51
<b>附錄F: K值轉換表.....</b>	<b>56</b>
<b>附錄G:遠距離視力的轉換表.....</b>	<b>57</b>



# 1.圓錐角膜介紹

## 圓錐角膜的流行病學

圓錐角膜是一種漸進式、典型不對稱、非發炎性的角膜錐狀性突起(圖1)。約有96%的患者皆是雙側不對稱發展，通常在第一隻眼睛被診斷出圓錐角膜後的五年左右另一邊眼睛才確診。圓錐角膜的病程是非常多變的，最常見是由青春期的35歲間發病，然後病程持續發展10-15年後，在40或50歲後慢慢穩定下來。圓錐角膜發病初期通常為一相對穩定或非常緩慢但可能穿插快速發展期的病程。其最終發展結果也是變幻莫測：嚴重程度自病況穩定後，由可經眼鏡或隱形眼鏡矯正之輕微不規則角膜散光到角膜厚度嚴重過薄、突出與角膜結痂導致需要進行角膜移植或其他手術治療皆有可能。最初病患可能是球面或規則散光的角膜，而發病初期的表現為角膜中央基質變薄、頂點突出，導致角膜弧度變陡與不同程度之角膜結痂。較薄的角膜頂點向下方移動引起的不規則角膜散光是圓錐角膜的特徵，並對患者視力品質造成了輕微至顯著等程度不一之影響。

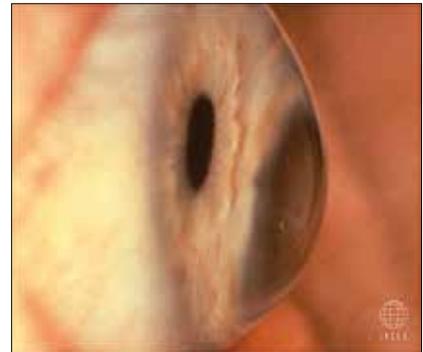


圖1.圓錐角膜的側面圖

每10萬人當中約有50至230人罹患圓錐角膜，意即每2000人就有1位圓錐角膜患者。根據報導，一般人的圓錐角膜盛行率可高達0.6%也可低至0.05%。附件A重新探討圓錐角膜在病原學及遺傳學上的病因。

## 與圓錐角膜有關聯之疾病

多數的圓錐角膜通常是獨立存在的，儘管多項報告指出其似乎與其他疾病並存，像是唐氏症(Down syndrome)、先天性結締組織異常/鬆皮症(Ehlers-Danlos syndrome)、成骨不全症(osteogenesis imperfecta)、二尖瓣膜脫垂(mitral valve prolapse)以及過敏性疾病(atopic diseases)。圓錐角膜也可以經由眼外傷引起，像是配戴隱形眼鏡或是揉眼睛造成的傷口。



圖2.以白光照射戴有隱形眼鏡的圓錐角膜患者

## 矯正圓錐角膜的方法

### 隱形眼鏡

隱形眼鏡最終會變成提供幾乎所有圓錐角膜者最佳視力之必需品(圖2)，而大約有10%-26%的病患最終需要接受角膜移植手術。在圓錐角膜眼配戴隱形眼鏡有導致角膜結痂的可能，然而，有合理的證據顯示不論患者是否有配戴隱

(1) 唐氏症提高了50-300倍圓錐角膜發生率

形眼鏡，都有角膜結痂的情形。由於此疾病的預後及病程變化多端且無法預料，因此建議患者一年一次甚至更頻繁的檢查眼睛。圓錐角膜並不會導致失明，然而患者的生活品質仍可能因此受到影響。在多數病程中，患者通常還是可以自行開車及閱讀。

多數圓錐角膜病患(約74%的病眼)都至少有1隻眼睛可接受非手術式的治療，其他(約26%的病眼)則需進行角膜移植。

Crews等人在1994年發現多數(約53%)的圓錐角膜者可藉由配戴隱形眼鏡來達到最佳矯正效果，其餘21%(輕度圓錐角膜者)則僅須配戴一般眼鏡或至少有1隻眼睛無需矯正。

## 眼鏡片

隨著圓錐角膜病程進展，由於角膜膨脹而擴張所導致的扭曲變形造成了不規則角膜散光度數的增加。這種不規則的散光屬於非正交(即同時具有多個焦點)，因此不論他覺式或自覺式屈光檢查，都無法找到合適的度數。也因此配戴一般眼鏡來矯正圓錐角膜的效果較差且無法提供合適的光學矯正效果，尤其是在進展期圓錐角膜的情況更為明顯。

更進一步來說，雖然圓錐角膜是一種雙側性疾病，但其病程有其中一隻眼睛先發作後另一隻眼睛較遲發作的傾向；而這種雙眼屈光不等或混合性屈光參差的症狀會導致患者更無法忍受使用框架眼鏡來進行矯正的結果。由於此病隨著病情惡化逐漸造成配鏡困難，依靠隱形眼鏡變成是必要的。從另一個角度來看，框架式眼鏡仍有其存在之必要，當患者無法配戴隱形眼鏡時，眼鏡即可派上用場。而針對有老花眼的患者，應另配一副閱讀用的眼鏡，讓患者先戴隱形眼鏡矯正看遠視力後再戴看近的眼鏡閱讀。

有關使用外科手術來治療圓錐角膜之相關討論請參見附件B。

## 2. 圓錐角膜之分級

### 角膜地圖儀

角膜攝影術(VKE)是用來偵測與控管圓錐角膜最重要的工具之一。偵測圓錐角膜時常見的缺點是軸向(矢狀)圖的使用，而非即時的(正切或實際)曲率半徑。矢狀尺度特別著重角膜的視覺光學，而正切尺度用以評估角膜形狀。因量測時係依據角膜攝影術(VKE)之軸向K值，軸向圖所使用的軸半徑扭曲了位於角膜周邊頂點外觀上的位置及屈光度。

由圖3a及3b我們可以看出軸因量測時係依據角膜攝影術(VKE)之軸向K值，軸向圖所使用的軸半徑扭曲了位於角膜周邊頂點外觀上的位置及屈光度。由圖3a及3b我們可以看出軸向圖及正切圖的差異。

軸向(矢狀)圖	正切(即時)圖
可看出影響視力的範圍，但無法得知圓錐實際大小及形狀。	可看出圓錐的位置，確認與臨床上所見形狀相符。
可平均角膜屈光度，但可能低估較陡的屈光度並高估較平的邊緣。	不參考角膜攝影術所測之軸值而重新估算角膜半徑，使得較陡的區域看起來更陡，較平的區域看起來更平。

角膜扭曲情形發生在圓錐角膜上甚至更為誇張，在角膜地形圖中心外周圍的較陡峭區域實際上被低估；而周圍較平坦的區域卻被高估。藉由重新計算軸向K值的同時參考每圈相鄰的投射環，而非只看角膜攝影術的軸向K值，正切圖的應用有助於更準確地呈現圓錐的位置及大小。高度圖可以很清楚地指出圓錐的存在與位置，但如果沒有曲率半徑的數值，對於驗配隱形眼鏡就沒有幫助。

附件C是使用Orbscan II角膜地圖儀來測量角膜的高度與曲率半徑以偵察與管理圓錐角膜之相關討論。

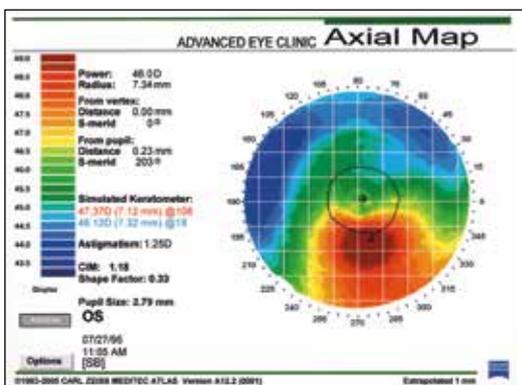


圖3a. 軸向弧度圖

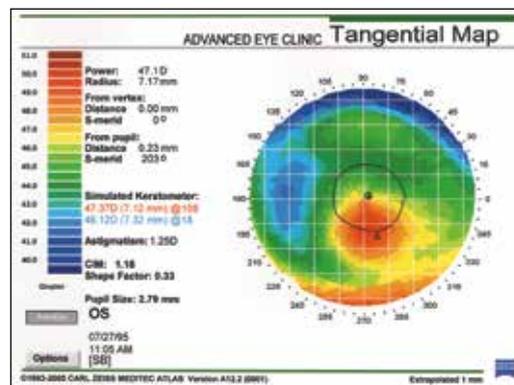


圖3b. 正切弧度圖

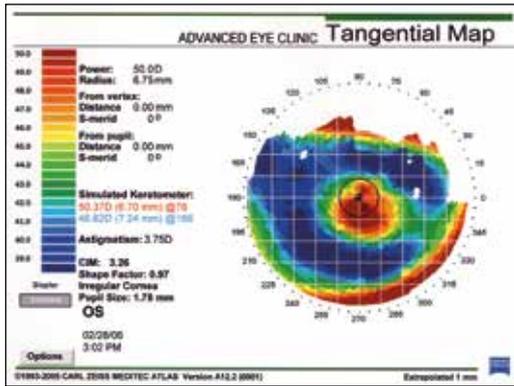


圖4a. 中央圓錐角膜地形圖

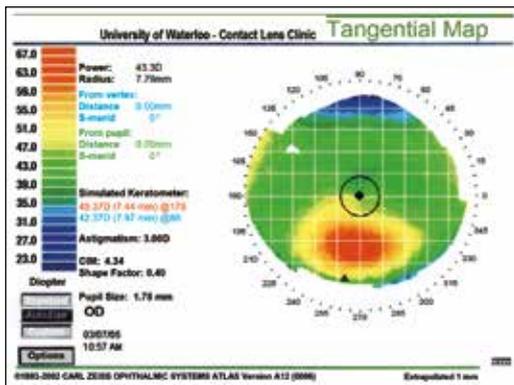


圖5b. 橢圓形圓錐角膜地形圖

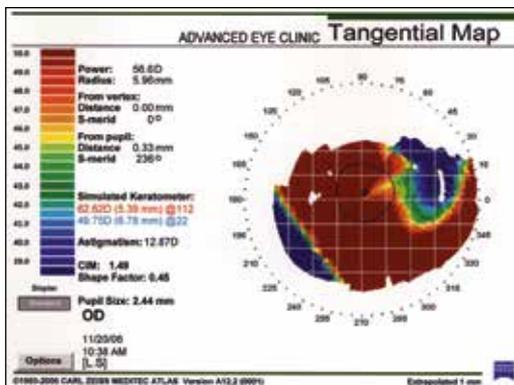


圖6c. 球狀圓錐角膜地形圖

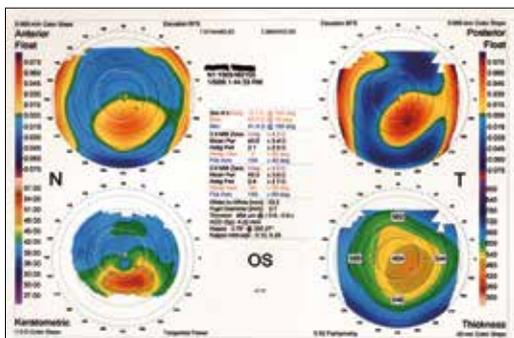


圖7a. 清澈性角膜邊緣變性地形圖(逆規性散光)

## 圓錐角膜的類型

角膜地形圖可幫助我們辨別圓錐角膜的嚴重程度及其類型或形狀。我們可以依據角膜錐體的弧度，亦即角膜地圖儀上所模擬角膜中央平均K值對圓錐角膜的嚴重程度加以分類。常見的分類如下：如角膜錐體平均弧度小於50.00D(6.75mm)屬輕度圓錐角膜，介於50.00~56.00D(6.75mm~6.03mm)是進展期的圓錐角膜，大於56.00D(6.03mm)則屬於重度圓錐角膜軸向。

其次，錐體位置或形狀通常也可以從角膜地形圖上看出，像是乳突或中央圓錐角膜、或呈橢圓、靠近顯下、鼻側的類型，還有球狀或綜合型圓錐角膜等(圖4a,5b,6c)。另一種情形或圓錐角膜的變種是清澈性角膜邊緣變性(PMD)，比起橢圓形圓錐角膜，患者變薄的圓錐會出現在下方更靠近角膜輪部處(圖7a)，因而造成逆規性散光，這也是此病之鑑別診斷依據，而通常在角膜地形圖上會呈現「蝴蝶」或「親吻的鴿子」的形狀。

## 疾病的進展(角膜厚度)

隨著圓錐角膜的進展，患者中央角膜產生變薄的現象，主要發生在角膜基質，發生於角膜上皮之情形也很常見，此現象會引起圓錐狀的角膜形狀。以地形圖表示量測角膜厚度的方法包含：

- 裂隙掃描科技，像是Orbscan II (Bausch & Lomb, NY), 圖8a
- 利用旋轉莎姆攝影技術，像是Pentacam (Oculus, Germany), 圖8b
- 光學相干斷層掃描術，像是Visante OCT (Zeiss Meditec, CA), 圖8c
- 超音波角膜厚度測量術，像是Artemis instrument (UltraLink, LLC), 圖8d

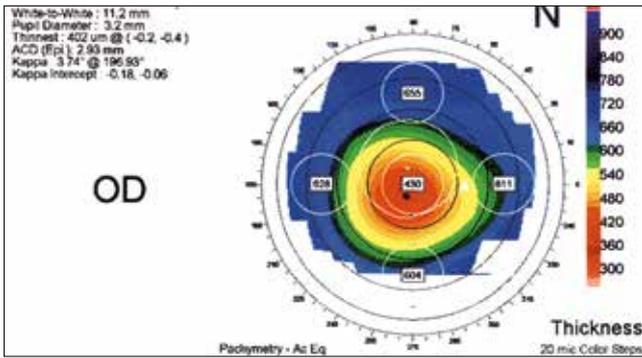


圖8a. 使用Orbscan II的角膜厚度圖

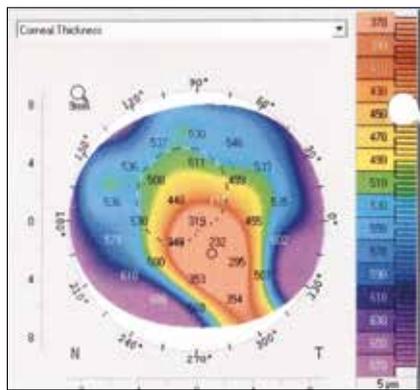


圖8b. 使用Pentacam的角膜厚度圖

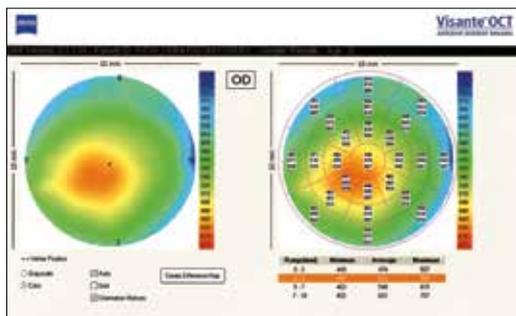


圖8c. 使用Visante OCT角膜厚度圖

這些相對較新型的儀器提供了角膜地形圖的影像，因此可以輕易看出角膜任一位置的厚度，包括角膜最薄的地方。

因為角膜厚度地形測量法可以反覆測量同一位置的角膜厚度，因而使我們能謹慎的監控圓錐角膜病程。較新的高科技光學相干斷層掃描儀可以提高這些影像的解析度，因此可以更準確的測量出角膜上皮及總角膜的厚度。雖然以角膜厚度對圓錐角膜的嚴重程度進行分級並沒有具體意義，但是正常與圓錐角膜眼的角膜厚度卻有十分顯著的差異(包含所有類型與嚴重程度)。

一般同意在角膜厚度值約小於 $300\mu\text{m}$ 時，應考慮將患者轉介給角膜外科醫師評估。

有多項使用新科技測量儀器(如OCT)之研究皆指出，正常與圓錐角膜眼確實有角膜厚度之差異，其範圍從 $89\sim 109\mu\text{m}$ 不等。雖然圓錐角膜患者其圓錐頂點的角膜厚度可能落在正常範圍，但一項研究指出，正常眼的角膜平均最小中心厚度落在 $540\pm 30\mu\text{m}$ ；而圓錐角膜眼則落在 $443\pm 64\mu\text{m}$ 之間。

有多項使用新科技測量儀器(如OCT)之研究皆指出，正常與圓錐角膜眼確實有角膜厚度之差異，其範圍從 $89\sim 109\mu\text{m}$ 不等。雖然圓錐角膜患者其圓錐頂點的角膜厚度可能落在正常範圍，但一項研究指出，正常眼的角膜平均最小中心厚度落在 $540\pm 30\mu\text{m}$ ；而圓錐角膜眼則落在 $443\pm 64\mu\text{m}$ 之間。



圖8d. 光學相干斷層掃描儀

### 3. 鑑別診斷與症狀



圖9.伏格特氏圓錐角膜紋

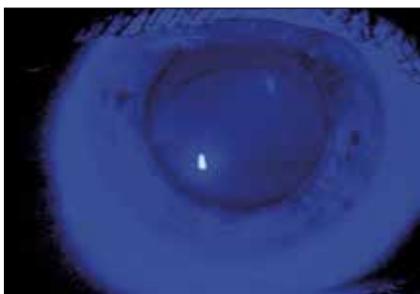


圖10.弗來舍爾氏環



圖11.角膜結痂

#### 病史與症狀

病人最初被診斷出圓錐角膜可能在青少年時期或35歲左右。症狀包括不清晰或不敏銳的視力，特別是在昏暗的燈光下。(舉例來說，像是開車時或是在黑暗的房間看電視時)。

下表為與圓錐角膜鑑別診斷相關之症狀和徵象

- 近距離及遠距離的輕度或重度眼鏡矯正高低對比清晰度減退
- 自青春開始之視力改變，(直到35或45歲，但45歲後發病亦有可能)單眼複視與鬼影
- 對比敏感度視力明顯比相同年紀的正常人低
- 眼球不適及乾眼症狀
- 有揉眼睛的病史
- 有過敏性疾病的病史
- 有與圓錐角膜可能相關的系統性疾病史

#### 裂隙燈生物顯微鏡

以下列出在裂隙燈下可觀察到的圓錐角膜徵象：

- 突出的角膜神經。
- 伏格特氏圓錐角膜紋(Vogt's striae)，一種位於基質層後方或在德斯梅氏膜(Descemet's membrane)經指壓會瞬間消失的線條。(圖9)
- 弗來舍爾氏環(Fleischer's ring)(鐵質沉積環)，發生在角膜變薄部分與較厚不受影響區域的接合處。(圖10)
- 角膜上皮頂點或上皮下方的角膜結痂。(圖11)
- 蒙森氏症(Munson's sign)，往下注視時，下眼瞼向下偏移的現象。(圖12)
- 圓錐角膜水腫(晚期)，角膜內皮功能崩潰導致嚴重的角膜上皮水腫，形成結痂。(圖13)

## 眼底鏡檢查與視網膜鏡檢影術

這些徵象可能發生在早期圓錐角膜並有助於及早確診：

- 在瞳孔範圍內的紅反射中可看到錐。(Charleaux's 油滴症)
- 不規則或剪刀狀眼底影像。
- 最初是散光軸度的改變，接著散光度數也跟著改變。
- 出現圓錐角膜的近視及不規則散光(通常是順規性或斜軸性)
- 有遠視傾向以及逆規性散光伴隨清澈性角膜邊緣變性發生



圖12.蒙森氏症



圖13.圓錐角膜水腫

## 角膜地形圖、角膜弧度與厚度測量術

使用角膜攝影術(VKE)定義圓錐角膜類型與大小

乳突狀或中央圓錐角膜通常是小型、異常偏離中心且通常直徑小於5mm，隨著此類型的圓錐角膜進展，圓錐會變得越來越陡與越來越小，如圖14a及14b角膜地形圖所示。

在橢圓形圓錐角膜(水平子午線)，中心頂點會從視軸往下平均移位約直徑5~6mm且通常是偏顛側。隨著此類型的圓錐角膜進展，圓錐會距離中心位置越來越遠，且直徑越來

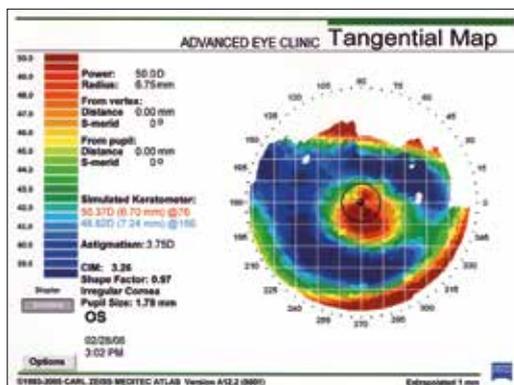


圖14a.早期中央圓錐角膜地形圖

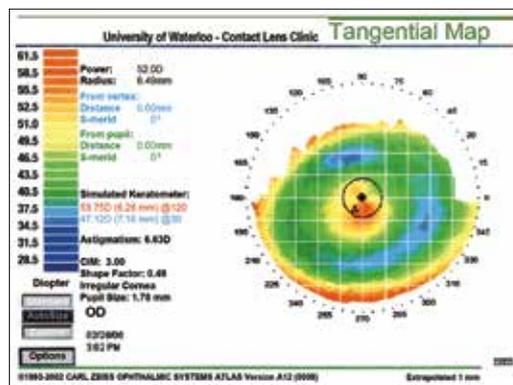


圖14b.晚期中央圓錐角膜地形圖

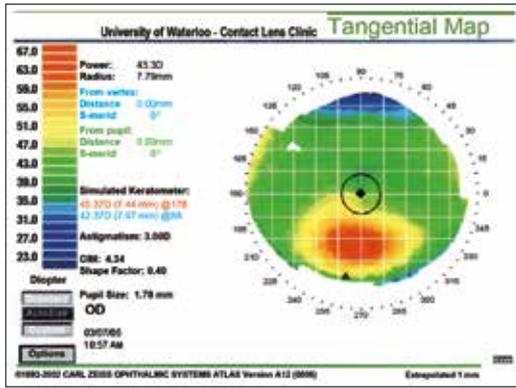


圖 15a. 早期橢圓形圓錐角膜地形圖

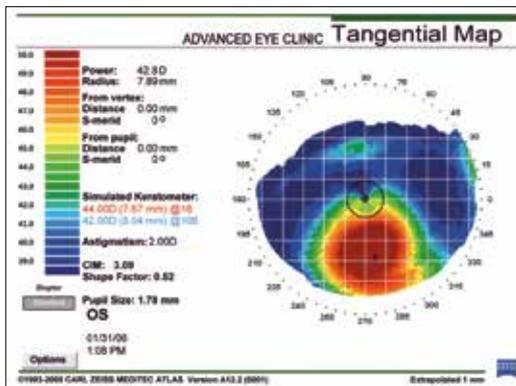


圖 15b. 中度橢圓形圓錐角膜地形圖

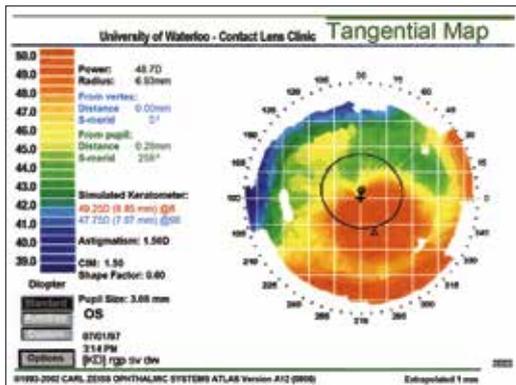


圖 15c. 重度橢圓形圓錐角膜地形圖

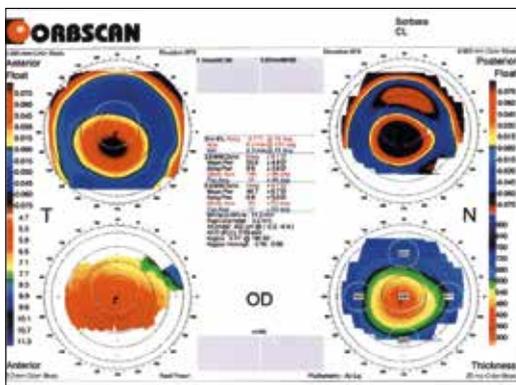


圖 16. 球狀圓錐角膜地形圖

越大，曲率半徑越來越陡。(圖 15a,15b,15c)

球狀圓錐角膜是這三種裡面最大的，通常涵蓋了幾乎角膜表面4分之3。(圖 16)

### 角膜變陡的進展

隨著中央或乳突狀圓錐角膜進展，角膜頂點及中心變薄，因而會在角膜弧度儀看到更多扭曲的視標以及非正交的順規性或斜軸性散光。隨著橢圓形圓錐角膜進展，中心周邊的角膜變薄，角膜頂點會朝顯側下方傾斜，造成在角膜弧度儀看到扭曲的視標，角膜地形圖呈現不對稱的圖象，同時也會引起非正交的順規性或斜軸性散光。這兩種圓錐角膜類型都有著雙眼不對稱的特性(圖 15a,15b,15c)。而清澈性角膜邊緣變性，角膜下方的圓錐會變薄，而接近下方輪部的部份會造成非正交的逆規性散光。(圖 7a)

### 屈光及視力

隨著中央與橢圓形圓錐角膜的進展，近視與散光也跟著增加，從-1.00D到超過-10.00D(球面及散光度數)，同時降低配戴眼鏡能達到的最佳視力。同樣地，曾有報導由於在清澈性角膜邊緣變性的角膜下方過度陡峭，該患者的逆規性散光高達20.00D。因為瞳孔區域之角膜弧度過度平坦，病患的視力變得偏向遠視。並且隨著病情發展，患者戴眼鏡可接受的高、低對比視力降低，常見由0.8到0.25甚至更糟。請參考附件G：遠距視力換算表。

### 鑑別診斷

為了適當地與患者商議有關圓錐角膜的預後與使用哪一種手術及非手術的方法治療，鑑別圓錐角膜的類型與情況(意即該病症是屬於中央或是橢圓形圓錐角膜或是屬於清澈性角膜邊緣變性)也許是很重要的。在驗配圓錐角膜患者的隱形眼鏡時，區分其類型與大小是十分必要的，如此一來才能確保鏡片的配適(包含鏡片參數及設計)達到預期的效果。

## 4. 配戴隱形眼鏡矯正視力的方法

### 角膜透氣隱形眼鏡(GP)

鏡片總直徑 (TD) 在8.0毫米和12.8毫米之間會被認定為角膜鏡片。隨著圓錐直徑的增加，後光學區直徑(BOZD)、基弧(BOZR)和鏡片直徑也應隨之增加，這將會使圓錐錐頂和鏡片後光學區的矢深更相稱，如同右圖鏡片及角膜地形圖上的箭頭所示。要達到完美配適必須使用角膜地圖儀，以地形圖上的格線來測量角膜圓錐的大小、位置和範圍。

在這驗配過程中與您的供應商或製造商溝通是非常重要的，包括知道鏡片BOZD及兩種鏡片的設計。第一種鏡片的BOZD是可變的，鏡片的BOZD會隨基弧而變，即當鏡片變陡時，BOZD會縮小，適合圓錐在中心的患者配戴，因鏡片會有穩定的中心定位；第二種鏡片的BOZD是固定的，BOZD只在鏡片直徑加大時增加，適合後期橢圓形圓錐角膜患者配戴。(圖17到25)，第13頁，表一和二。

如果鏡片光學區比角膜圓錐直徑大很多，則鏡片的矢深大於圓錐錐頂，由於圓錐四周的空隙太大，就會在圓錐四周空隙的淚膜形成氣泡。這些問題將會影響視覺的表現；如果鏡片的光學區域過小，隱形眼鏡光學區的矢深將會小於圓錐錐頂，鏡片將會接觸圓錐錐頂，使戴在角膜上鏡片定位不穩並產生偏位(圖21)。一旦BOZD和TD被計算出來之後會產生

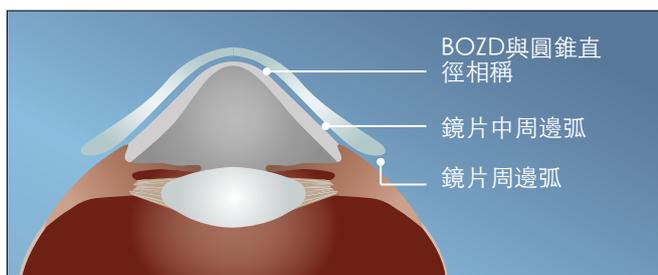


圖21. BOZD與圓錐直徑相稱時的圖解說明

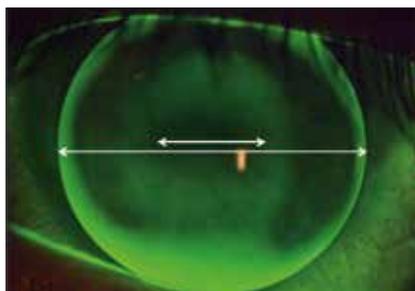


圖17.中央型圓錐(變動的BOZD)

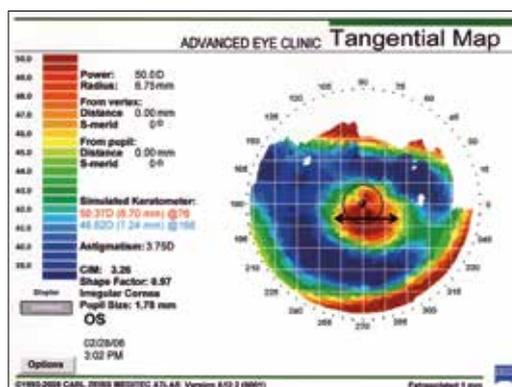


圖18.中央型圓錐的角膜地形圖

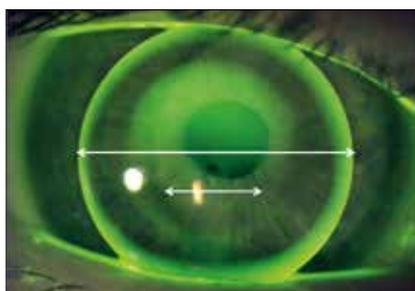


圖19.早期橢圓形圓錐(固定的BOZD)

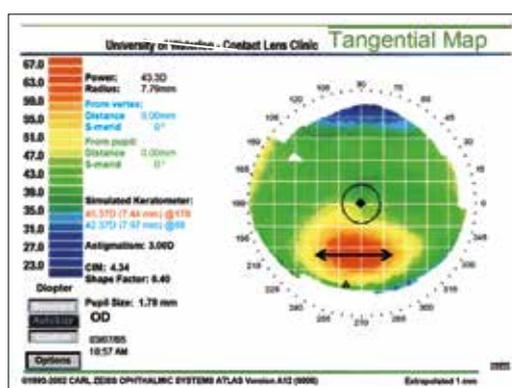


圖20.早期橢圓形圓錐的角膜地形圖

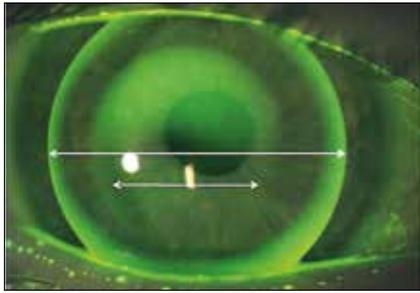


圖22.中度橢圓形圓錐(固定的BOZD)

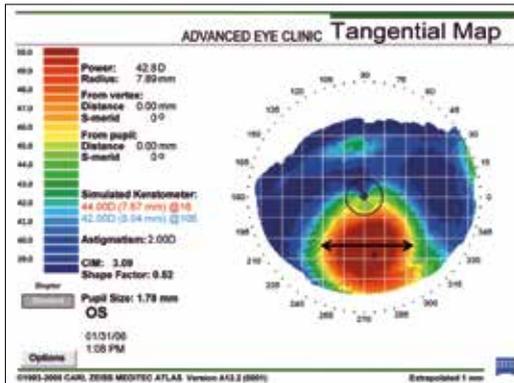


圖23.中度橢圓形的圓錐角膜地形圖

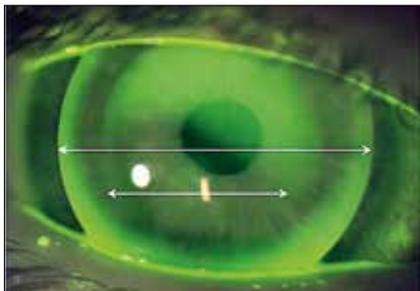


圖24.重度橢圓形圓錐(固定的BOZD)

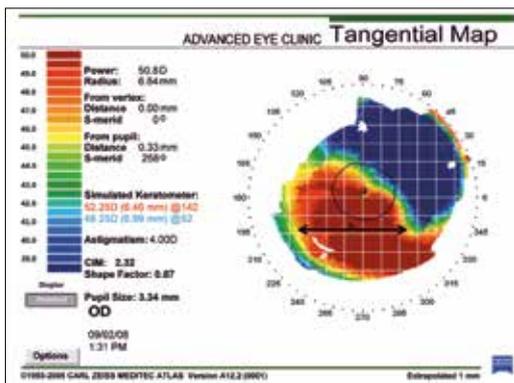


圖25.重度橢圓形的圓錐角膜地形圖

一個鏡片設計的參數，此設計將會確保鏡片基弧配戴至圓錐角膜眼時呈現3點接觸或將支撐鏡片的力量分散在整個圓錐上。請參閱第13頁的表格。

鏡片的邊弧區域必須比角膜周邊還要更平。當鏡片是這樣的設計時，鏡片就會產生一個比平均E值的眼睛更高的AEL(平均角膜的偏心率為0.5到0.6)。圓錐角膜眼的平均E值範圍為早期的0.65到進展期的大於1.0。

### 角鞏膜與半鞏膜透氣隱形眼鏡

隨著超透氧鏡片材料的出現，醫師或視光師變得能放心地給予患者大直徑鏡片的處方。角鞏膜鏡的鏡片直徑介於12.9mm到13.5mm，半鞏膜鏡的鏡片直徑介於13.6mm到14.9mm。

鏡片在驗配時有三個部分是應該被考慮的，並且應該是獨立調整的：

- 角膜部分(BOZD/BOZR)
- 角鞏膜的交接處(c-s)上方的中央外圍部分
- 鞏膜與結膜(s-c)部分

角鞏膜鏡片配適應該是頂點輕微有些空隙或者平行於中央部位、角膜-鞏膜交接處上有空隙和平行對齊角鞏膜區。半鞏膜鏡片也是相同的配適法則，但是必須要有更多的頂點空隙去促使更多在鏡片下的淚液交換。

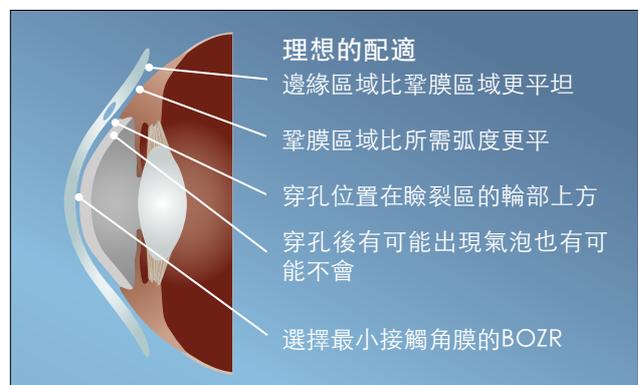


圖26.鞏膜鏡設計圖解

角膜地形圖可以檢查出非常大和扭曲的圓錐(大角膜)，例如:清澈性角膜邊緣變性 (pellucid marginal degeneration, PMD)、不規則形狀(扁圓形，如同穿透性角膜移植術後的角膜)，以上這些情形都可從非常大的BOZD獲得好處，這些非常大的BOZD就必須由大直徑鏡片提供。



圖27.以裂隙燈的白光觀察戴在患者眼中的鞏膜片

### 小鞏膜鏡和鞏膜鏡透氣隱形眼鏡

小鞏膜鏡的鏡片直徑介於15.0mm~18.0mm，鞏膜鏡的鏡片直徑介於18.1mm到24.0mm。驗配這些鏡片時則是需要了解角鞏膜的交接處的形狀和鞏膜地形圖。

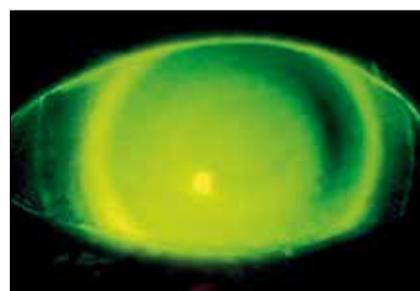


圖28.鞏膜鏡的螢光圖

若非使用印模成型技術，驗配這些鏡片將會是一個很大的挑戰，但近期由於這類鏡片試片組的出現和應用光學相干涉層掃描儀看到眼睛前段，有助我們設計及驗配這些鏡片。這些鏡片的設計是為了使鏡片平行和支撐在鞏結膜上並且在角膜上拱起，使鏡片不觸及錐頂(圖26)。為了達到上述的配適，鏡片的矢深必須要高於圓錐錐頂。由於淚液會留在鏡片下方，這些鞏膜鏡片具有用於乾眼治療的優勢(例如:移植物抗宿主疾病或斯耶格倫氏症候群所造成的眼睛乾澀)並可覆蓋大範圍的不規則角膜。

這些鏡片對於進展期的清澈性角膜邊緣變性(PMD)、進展期的大角膜(advanced keratoglobus)和穿透性角膜移植手術後角膜地形圖呈現中央凸起旁邊較平的形狀或傾斜的案例上(或任何其他屈光術後的變形)是有幫助的，它們能提供上述這些患者舒適和較好的光學品質。類似半鞏膜設計鏡片，這種鏡片在設計時有考慮到最佳配適的問題，所以鏡片的三道弧設計都是獨立的。鏡片配戴時的淚液交換是藉由上眼瞼在越過鏡片表面時的泵吸作用進行，其正向壓力在鏡片中心造成彎曲，負向壓力則在鏡片邊緣吸引鏡片下方的淚液。

鏡片直徑	分類
8.0-12.8 mm	角膜鏡
12.9-13.5 mm	角鞏膜鏡
13.6-14.9 mm	半鞏膜鏡
15.0-18.0 mm	小鞏膜鏡
18.1-24.0 mm	鞏膜鏡

### 重疊型設計

這種傳統的重疊型設計系統，是在水凝膠鏡片刻出一個大約(從8.0mm到9.8mm)的凹槽。以UltraVision KeraSoft® lens為例，鏡片直徑從12.5mm到14.5mm並且有一硬式鏡片置入在鏡片中，對於輕到中度橢圓形圓錐角膜者而言，這樣設計的好處是可使鏡片定位在瞳孔之上，改善配戴鏡片時的舒適感；但壞處是這在兩片鏡片下的氧氣分壓極低，請參照圖29到30b。隨著矽水膠的出現又重新點燃對於重疊型設計的興趣，並可在適應症外使用這些鏡片(只有視康的Night and Day™、博士倫的PureVision®及嬌生的Oasys™ 鏡片

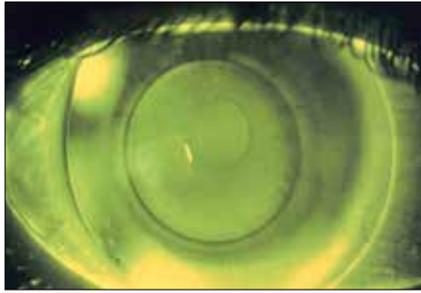


圖29.重疊型，高分子量的螢光素

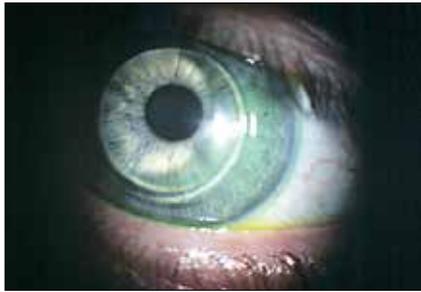


圖30a.以裂隙燈的白光觀察重疊型的鏡片

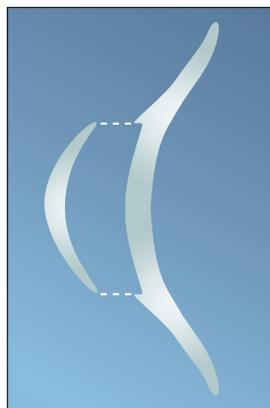


圖30b.重疊型鏡片的圖解說明

可做為重疊型設計的鏡片)。這樣的組合提高重疊型設計之下氧氣分壓，從34mmHg (PMMA和低含水量鏡片)提高到95mmHg(透氣硬鏡和矽水膠軟式隱形眼鏡)，將鏡片的透氧性轉變為 $39 \times 10^{-9}$  (cm/sec)(ml O<sub>2</sub> x mm Hg)：這樣的透氧性遠高於日戴型隱形眼鏡避免角膜水腫所需的透氧性 $24 \times 10^{-9}$  (cm/sec)(ml O<sub>2</sub> x mm Hg)。

使用矽水膠於重疊型設計除了改善舒適度外，其它優點是：稍微重塑角膜形狀和當角膜有慢性的擦傷時保護角膜時優於水膠鏡片。由於軟式鏡片沒有凹槽，只有在軟式鏡片中心提供正度數才能達成硬式鏡片的中心定位。在軟式鏡片中央加入正度數(+0.50D)可以藉其上方硬式鏡片的配適變緊，使硬式鏡片定位在軟式鏡片中心。由於配適變緊/變陡的效果，也許需要增加硬式鏡片邊弧的AEL，以避免硬式鏡片和軟式鏡片相連。

### 軟式隱形眼鏡

軟式隱形眼鏡應用在矯正有不規則散光的不規則角膜是有限的。但如果嘗試了其它矯正方法都無法達到理想狀態或病人無法適應硬式鏡片時(這種情形較多，但在增加大直徑鏡片的使用後，例如半鞏膜鏡或小鞏膜鏡，這些鏡片支撐在輪部外的鞏膜上，所以這種狀況就越來越少)，就必須要考慮到軟式鏡片的方法。球面軟式鏡片有一個很厚的中心厚度(0.3到0.5 mm)也許能矯正輕微的不規則散光，但必須考慮到氧氣穿透的不足和較低的驗配成功率。或者也可以考慮使用後表散光設計鏡片(由於是使用稜鏡定位，所以會有較厚的中心厚度)，後表面散光設計鏡片可經由客製化矯正高達11.0 D的散光。當配戴隱形眼鏡的效果較差時，在一般情狀下就需另配戴眼鏡矯正散光。另一種選擇是使用客製化的前導波軟式隱形眼鏡，這種鏡片可矯正一些高階像差並且控制因配戴時所產生的鏡片旋轉和偏移。

# 5. 鏡片設計

## 角膜隱形眼鏡

### 球面多道弧設計

球面鏡片中央和球面邊弧：早期PMMA鏡片應用在圓錐角膜上的設計是Soper雙弧鏡片，它有很小的鏡片直徑且後光學中心區域是固定的，採用鏡片中心較陡的基弧和較平的第二道弧(45.00D,7.50mm)以符合正常的角膜周邊。而現在這種設計可用透氣隱形眼鏡的材料製造和變化鏡片中心的矢深直到頂點接觸消失或形成一個小氣泡為止。

接著麥奎爾鏡片開始被使用，此鏡片使用較陡的中心和逐漸向周邊平坦的設計。這個向外逐漸平坦的鏡片設計是經由五道弧來達成的:其中周邊四道弧度是比基弧更平3、6、8和10D所構成。鏡片直徑的選擇是由角膜圓錐的大小所決定。當圓錐直徑增加時，鏡片的直徑也必須隨著增加，亦即小的中央或乳突狀圓錐配戴直徑8.1mm的鏡片而大的橢圓形圓錐則配戴直徑8.6mm的鏡片。

表一.固定BOZD的多弧試片組範例

9.4 TD總直徑																		
BOZR	7.99	7.90	7.80	7.67	7.50	7.34	7.18	7.11	7.03	6.96	6.89	6.82	6.75	6.68	6.62	6.55	6.49	6.37
BOZD	<b>7.40</b>																	
SC1	9.30	9.20	9.10	9.00	8.90	8.80	7.98	7.91	7.83	7.76	7.69	7.62	7.55	7.48	7.42	7.50	7.40	7.30
SCW1	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
SC2	10.30	10.20	10.10	10.00	9.90	9.80	8.98	8.91	8.83	8.76	8.69	8.62	8.55	8.48	8.42	8.55	8.40	8.30
SCW2	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
SC3	11.30	11.20	11.10	11.00	10.90	10.80	10.18	10.11	10.03	9.96	9.89	9.82	9.75	9.68	9.62	9.65	9.55	9.35
SCW3	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
PC	12.30	12.20	12.10	12.00	11.90	11.80	11.68	11.61	11.53	11.46	11.39	11.32	11.25	11.18	11.12	11.00	11.00	10.85
PCW	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
AEL	0.186	0.191	0.198	0.208	0.225	0.241	0.222	0.228	0.236	0.243	0.250	0.257	0.265	0.274	0.282	0.302	0.307	0.326

表二.浮動BOZD的多弧試片組範例

9.4 TD總直徑																		
BOZR	8.00	7.90	7.80	7.70	7.60	7.50	7.40	7.30	7.20	7.10	7.00	6.90	6.80	6.70	6.60	6.50	6.40	6.30
BOZD	<b>7.00</b>	<b>6.50</b>	<b>6.50</b>	<b>6.50</b>	<b>6.50</b>	<b>6.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>5.50</b>	<b>5.50</b>	<b>5.50</b>	<b>5.50</b>	<b>5.50</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
SC1	9.00	8.90	8.80	8.70	8.60	8.50	8.40	8.30	8.20	8.10	8.00	7.90	7.80	7.70	7.60	7.50	7.40	7.30
SCW1	7.60	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	5.80	5.80
SC2	10.00	9.90	9.80	9.70	9.60	9.50	9.40	9.30	9.20	9.10	9.00	8.90	8.80	8.70	8.60	8.50	8.40	8.30
SCW2	8.20	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.90	6.90
SC3	11.00	10.90	10.80	10.70	10.60	10.50	10.40	10.30	10.20	10.10	10.00	9.90	9.80	9.70	9.60	9.50	9.40	9.30
SCW3	8.60	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.00	8.00
PC	12.00	11.90	11.80	11.70	11.60	11.50	11.40	11.30	11.20	11.10	11.00	10.90	10.80	10.70	10.60	10.50	10.40	10.30
PCW	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
AEL	0.213	0.262	0.270	0.279	0.288	0.298	0.350	0.362	0.375	0.389	0.403	0.455	0.473	0.492	0.513	0.535	0.606	0.633

如今，可用隱形眼鏡軸向邊緣翹角程式設計有球面弧度的角膜鏡片，透過多道邊弧可形成任何直徑、BOZD及AEL(表一和二)。這個關鍵是要確保圓錐角膜片的AEL比正常角膜設計的AEL更高，才能提供足夠的空間給較高偏心值的角膜。您可以訂購BOZD固定的試片組，每一種基弧都可搭配標準或較陡或較平的多道邊弧。同樣的；您也可以訂購BOZD浮動的試片組，每一種基弧也可搭配標準或較陡或較平的多道邊弧，一樣可以達到成功的配適。

**球面中央和非球面周邊：**隨著生產透氣鏡片(GP)技術的進步，鏡片設計也發生改變，現在的工廠可以製造周邊非球面的鏡片。這些鏡片設計在中央提供球面光學的優點和在四周平行周邊角膜。這些設計並且允許較大的AEL，這對進行期的圓錐角膜是有必要的。且鏡片中央和周邊的參數都是可以獨立被改變的。

### 非球面隱形眼鏡

全非球面設計，這種鏡片是由鏡片中央逐漸向周邊變平，現在隨時能獲得這種鏡片。此外，有些設計提供了像差控制技術，在鏡片的前表面加入非球面設計能幫助減少球面像差。由於鏡片較靠近並平行角膜，特別是在中央位置，這些鏡片比有相同BOZD的球面鏡片之配適更陡。有些鏡片設計可以讓您指定所預測的非球面後表面離心率。儘管這些鏡片的光學區域和周邊弧度可以被獨立調整，當鏡片邊弧變得更平或更陡時，由於鏡片矢深將會增加或減少，工廠將會調整鏡片的基弧及屈光度。相對於固定的BOZD，一些鏡片的設計是採用浮動的BOZD。也就是說，當鏡片的基弧變陡時，BOZD會變小。這使得中央型圓錐角膜惡化時更容易重新驗配。

### 半與小鞏膜鏡

半與小鞏膜鏡的驗配和設計的發展和高透氧鏡片材質是息息相關的。因為這種超高透氧材質允許更良好的氧氣輸送系統，這種設計是讓鏡片依靠在鞏膜上，在鏡片後表面多弧區使用球面光學，且有些設計在鏡片前表面使用非球面光學來減少球面像差。一般是使用五道弧的設計，基弧和第一道邊弧是位在角膜區域之上，下一道邊弧明確地橫跨輪部區域，最後兩道邊弧是和鞏膜接觸。在附件D可以找到更多關於這種設計的介紹。

### 重疊型鏡片

重疊型鏡片設計通常是使用目前可用的基弧最陡的矽水膠鏡片。如果鏡片基弧過於平坦很容易看到鏡片邊緣的凹槽，鏡片太陡則不容易排出輪部上的氣泡。儘管較多人認為硬式鏡片對覆蓋不規則角膜更有利，但它仍有可能與角膜不匹配，眨眼時造成的彎曲會產生更多的視覺干擾。使用在重疊型設計的軟式鏡片應該有低的正度數(+0.50D)幫助GP定位在中央。在重疊型的系統中的硬式隱形眼鏡其基弧應放平0.10mm，也許也要再增加軸向邊緣間隙。

## 6. 鏡片驗配

### 選擇正確的鏡片設計

#### 通常考慮事項

圓錐角膜的隱形眼鏡選擇包括(必須考量到不同時期應選用不同設計的鏡片)。

- 球面(兩道弧或三道弧)和非球面的透氣鏡片
- 球面多道弧的透氣鏡片(專業特殊鏡片)搭配球面或非球面邊弧
- 半鞏膜透氣鏡片

進展期的大角膜、清澈性角膜邊緣變性和術後角膜或許皆可從小鞏膜鏡到鞏膜鏡獲得好處。

此時，對於這些患者而言，這些鏡片是必要的，因此剛開始驗配透氣隱形眼鏡時必須很謹慎。一般情況下，當患者無法再靠戴眼鏡充分地矯正視力時，就被認為應該要戴隱形眼鏡。患者對功能性視覺的需求是主要原因。

驗配程序應該包括以下步驟：

- 過往診察紀錄
- 淚液評估
- 眼瞼和眼瞼邊緣評估
- 測量角膜曲率
- 角膜攝影術
- 驗光
- 使用試戴片驗配
- 戴鏡驗光
- 螢光圖形分析

驗配前應評估兩個重要的角膜參數：

- 病症的階段
- 圓錐的大小和位置(用來選擇BOZD和鏡片總直徑)

圓錐角膜病程階段是經由計算角膜兩個K值所得的平均K值決定，如果計算的平均K值比50.00D(6.75mm)更低，這個圓錐就可被判斷成早期圓錐。如果平均K值介於50.00D到56.00D(6.75mm到6.03mm)，則此屬於進展期的圓錐。56.00D以上則被認為是重度圓錐角膜。角膜攝影術有助於瞭解圓錐的形狀，位置和大小。在進展期時，才能獲得圓錐明確的形狀。75%以上的圓錐角膜都可以被分為乳突狀(中央或稍偏鼻側)、橢圓形(偏下和顯

Edrington等人(Optom Vis Sci 1996)使用傳統的角膜曲率計獲得平均K為他們研究的起始點，他們發現平均K值和基弧( $p = 0.3907$ )沒有顯著的差異。這個研究並沒有分析最後成功配適的基弧，而是以平均K作為從試片組選擇基弧的起始點。

側)或球狀。

使用試片組在驗配是非常重要的。

### 基弧的選擇

依據特定的BOZD及鏡片直徑選擇基弧，必須記住當K值變陡時，角膜矢深也會隨之增加。由於角膜散光及K值增加，要達到合適的配適必須經由增加基弧。

如果您是依照表三或製造廠商的建議進行驗配，您可以使用角膜地圖儀和模擬中央K值更準確預估圓錐角膜者的隱形眼鏡基弧。

必須避免使用太平的基弧，因為有可能會造成角膜染色、結痂、視物變形，以及增加異物感。若圓錐

頂點和鏡片的間隙太多可能會因太陡的配適使角膜變形和短暫的影響，如：角膜水腫、角膜染色和來自靜止的鏡片在上皮產生的壓痕。曾有報導，太陡的配適也會造成角膜結痂及不良的視力。

在1999年，Sorbara及Luong使用即時的(正弦)角膜地形圖進行驗配，因為這些圖確認角膜頂點偏移的位置及形狀的準確度最高。使用角膜散光(Delta K)分類病人和記錄最後驗配最成功的鏡片基弧。這個方程式的計算基礎是來自於最後的基弧和平K值的關係。表三總結以角膜地圖儀中的模擬K值計算Delta K和平K驗配圓錐角膜者的計算圖表。範例如下：

如果受試者 1 經由角膜地圖儀量測獲得模擬的平K值是48.00D(7.03mm)和角膜散光-3.00D，此隱形眼鏡的基弧應該等於 $48.00 - [0.609 \times (-3.00)] = 49.83D(6.77mm)$ 。

如果受試者 2 模擬平K值為48.00D，但是角膜散光為-7.00D。則基弧= $48.00 - [0.419 \times (-7.00)]$ ，相當於50.93D(6.62mm)。

表3. 以角膜散光度數為基礎決定BOZR, (鏡片直徑9.40mm)

$\Delta K$ (D)	BOZR (D) (9.4TD)
-0.25 D ~ -3.75 D	平 K (D) - 0.61 x ( $\Delta K$ )
-4.00 D ~ -7.50 D	平 K (D) - 0.50 x ( $\Delta K$ )*
-7.75 D ~ -16.75 D	平 K (D) - 0.35 x ( $\Delta K$ )

\*平均K值約為7.4mm BOZD。

越來越多的研究支持使用角膜攝影術量測的讀數來確認隱形眼鏡的基弧。Wasserman等人(CLAO J 1992)發現：使用非球面鏡片驗配11位受試者後，他們發現5.00mm中心區域的弧度最接近平K值。Donshik等人(Trans Am Ophthalmol Soc 1996)發現：GP的最後基弧大多和角膜中心3mm內最平的兩條中央半子午線之平均值相關。Szcotka (CLAO J 1998)發現：對GP而言，模擬的陡k值(第5、第6和第7子午線的平均值)為代表GP最佳平均球面的基弧。

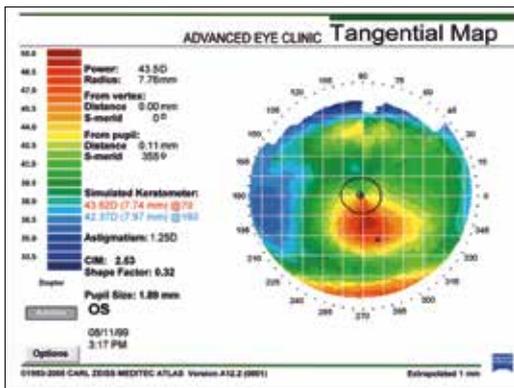


圖31.早期橢圓形圓錐的角膜地形圖

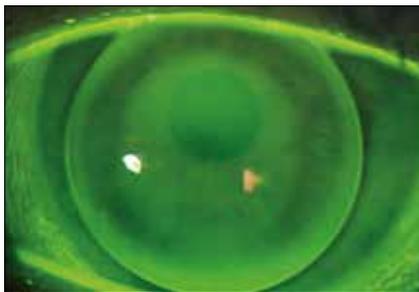


圖31a.早期橢圓形圓錐的螢光圖

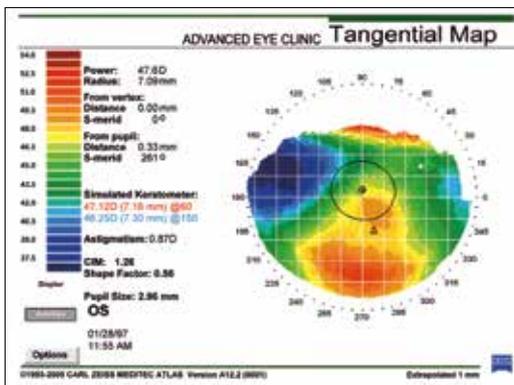


圖32.中度橢圓形圓錐的角膜地形圖

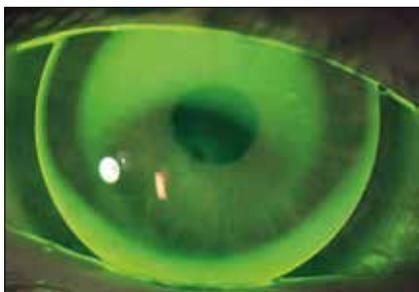


圖32a.中度橢圓形圓錐的螢光圖

## 度數的考量

早期圓錐角膜是由散光度數增加和該柱面軸度的變化診斷。一般情況下，病患為近視散光伴隨順規性散光或斜軸性散光。但清澈性角膜邊緣變性(PMD)或有高度逆規性散光伴隨遠視(由於瞳孔上的角膜太平)的患者。在這兩種情況下，散光變得越來越不規則且非正交，增加以視網膜鏡驗光的困難並進一步降低患者的矯正視力。只有在驗配GP時，才能獲得戴鏡驗光的度數。GP的球面後表面可以角膜前表面的球面淚鏡中和角膜的不規則。但必須鏡片無過度彎曲或變形。當圓錐角膜者沒戴GP在眼睛上時，很難預估其度數。在越來越陡的圓錐上使用經驗為依據驗配是不太可行的。

## 驗配程序:選擇適當的BOZD和TD

首先，使用小直徑伴隨小後光學區域的鏡片，意即驗配鏡片時會產生頂點間隙(鏡片較陡)而驗配大直徑鏡片時會伴隨頂點接觸及因直徑太大可能被上眼皮夾住的情形，然而大部分的專家認為驗配時應該避免上述這些狀況產生。使用三點接觸的驗配方法不只能改善視覺問題並且可以幫助維持長時間角膜的健康。

透過更仔細地查看切線角膜地形圖，我們能更準確地預估圓錐角膜患者鏡片的BOZD(及TD)，這種圖形可以用來確認患者角膜是屬於乳突狀、橢圓形或球狀圓錐、較薄區域的大小和圓錐的位置。每張角膜地形圖都有指示大小的標記，其中每個刻度標記為一個1mm，可有效的幫助我們快速評估陡峭範圍的大小。仔細地搭配隱形眼鏡的BOZD及上述測量到的資料能幫助我們預估圓錐附近螢光素堆積範圍的模樣和鏡片的中央定位。這兩種因素在獲得成功圓錐角膜患者的驗配是不可少的。

與您的鏡片供應商保持密切的溝通，因為供應商將協助您了解試戴片的設計，使您在驗配不同大小和

種類的圓錐角膜時修正鏡片參數。

### 驗配直徑8.5到9.3mm的小直徑鏡片

在確定圓錐角膜的圓錐類型和大小後，就可以選擇鏡片BOZD。BOZD小的鏡片通常適用在乳突狀、或中央型圓錐和早期橢圓形的圓錐。

隨著乳突狀圓錐角膜的進展，小直徑鏡片的BOZD可變得更小，這將提供較好的中央定位和避免氣泡在錐體附近。

位於中央的孔突狀圓錐佔的面積小，而隨著圓錐的進展及變陡，圓錐會變得越來越小(圖33a和圖33b)。因為圓錐變得越來越陡，鏡片的基弧和BOZD應該越來越小，以便符合圓錐的形狀並最小化圓錐上、下方淚液堆積的空隙。這將導致更好的鏡片中心定位並更加符合圓錐形狀(圖34)。

### 驗配直徑9.4到9.9mm的中直徑鏡片(9.4 到9.9mm)

進展中的橢圓形圓錐較適合驗配會隨鏡片直徑增加而變大BOZD的鏡片，可在橢圓形圓錐進展時增加鏡片中央定位及避免過度的鏡片與圓錐間的空隙和圍繞在圓錐附近的氣泡。

圖31、32、35、和36顯示，若患者為橢圓形圓錐角膜，早期的圓錐可能較小；而進展期的圓錐可能較大。為了選擇BOZD及鏡片直徑(TD)，查看角膜地形圖和評估圓錐的大小或範圍。通常會選擇較大的BOZD和TD的鏡片給予較陡或進展更晚的橢圓形圓錐角膜者配戴。

對於這些進展期的橢圓形圓錐，中心較陡伴隨BOZD較大的鏡片更合適這種範圍大且陡的角膜帽，與角膜輪廓對齊，但未過度接觸角膜頂點。由此產生的頂點接觸應該不會太嚴重。

圖31a、32a、35a和36a顯示當使用球面的GP鏡片矯正以獲取最佳的視力時，應使用輕微三點接觸驗配法最小化頂點角膜創傷但未確保不規則角膜表面被「規則化」或變成球面。架構在麥奎爾™多弧設計的試

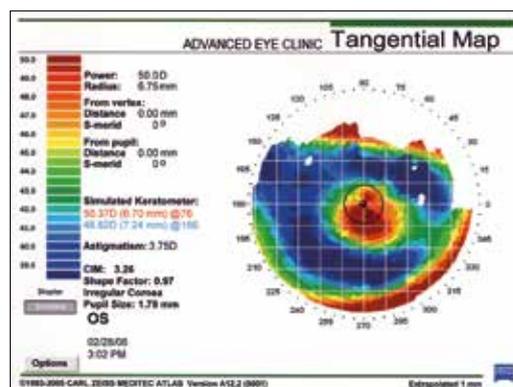


圖33a.中央型圓錐(早期)角膜地形圖

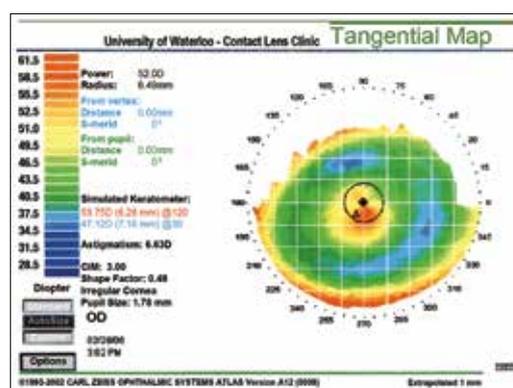


圖33b.中央型圓錐(晚期)地形圖

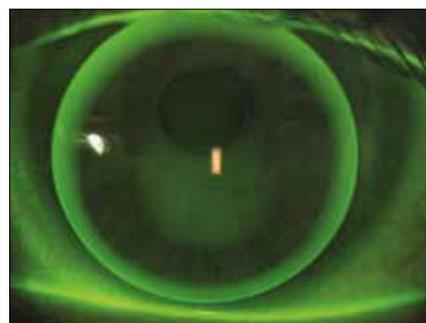


圖34.小直徑鏡片在中央型圓錐的螢光圖

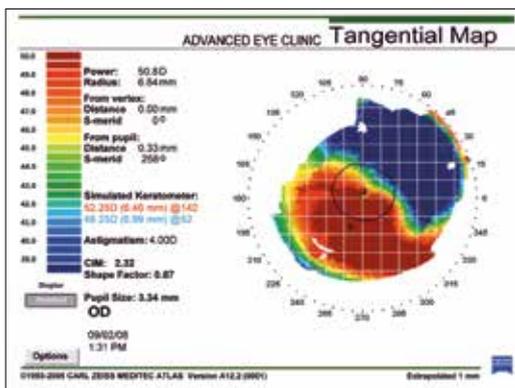


圖35.重度橢圓形圓錐的角膜地形圖

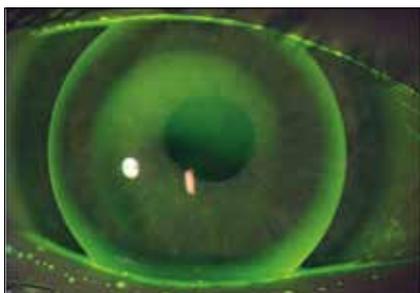


圖35a.重度橢圓形圓錐的螢光圖

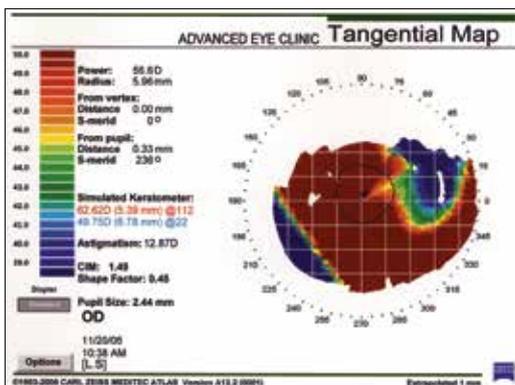


圖36.球狀圓錐的角膜地形圖

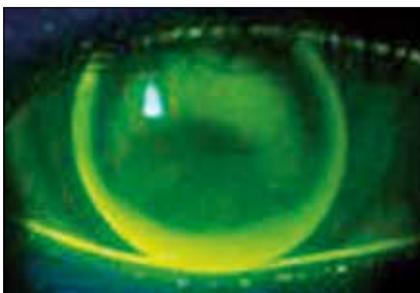


圖36a.球狀圓錐圓錐的螢光圖

片組(可從大多數供應商取得)或在每種鏡片直徑上都固定BOZD的索珀設計。例如: 5.75mm BOZD/9.0 TD (早期圓錐角膜者使用) 或6.25mm BOZD/9.6 TD(中度圓錐角膜者使用)或7.0mm BOZD/10.1 TD(為晚期圓錐角膜者使用)皆可被指定。

### 驗配直徑10.0到12.8mm的大直徑角膜鏡和直徑12.9到13.5mm的角鞏膜鏡

伴隨大BOZD直徑更大的鏡片被用來驗配進展期圓錐角膜者以符合圓錐的大小，避免鏡片與圓錐間的空隙過大或過度接觸使鏡片定位在中央的圓錐頂點。圖36a顯示一片有大BOZD鏡片的大直徑鏡片驗配在一個大的球狀圓錐上，產生良好的中心定位和輕微的三點接觸。此鏡片為非球面，直徑為10.2mm，BOZD為9.2mm。其他的選擇(圖37)也是合適的大直徑鏡片，例如10.4mm。驗配球狀圓錐需用較大直徑的鏡片(例如11.2mm)(圖38和39)或直徑從12.9mm到13.50mm的角鞏膜鏡片將可達到預期效果。

表4 總結BOZD和圓錐大小的關係。表5a和5b為基弧和BOZD的關係。

### 驗配直徑13.6到14.9mm的半鞏膜鏡和直徑15.0到18.0mm的小鞏膜鏡

由於半鞏膜鏡片是用來驗配嚴重的不規則角膜，如：進展期的圓錐角膜、PMD、術後傷口、屈光手術後的角膜膨脹、角膜移植後，放射狀角膜切開術(RK)術後、準分子雷射屈光性角膜切除術(PRK)術後和雷射層狀角膜重塑術(LASIK)術後的角膜。為了選擇合適的鏡片基弧或矢深，理解鏡片的矢深觀念是有用的。驗配者最好能確認隱形眼鏡的矢深大過於角膜矢深，以確認有個持續的淚水儲存區橫跨整個鏡片後表面，但是不能有過大的間隙因為會產生氣泡。

角膜的矢深可使用Visante OCT直接量測出來，儀器測出來的矢深可被置於任何的弦直徑(圖41)。Orbscan II也可在水平可見虹膜直徑(儀器上的

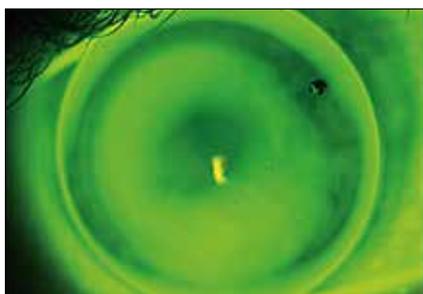


圖37 鏡片直徑10.4mm的螢光圖



圖38 鏡片直徑11.2mm(球面)的螢光圖

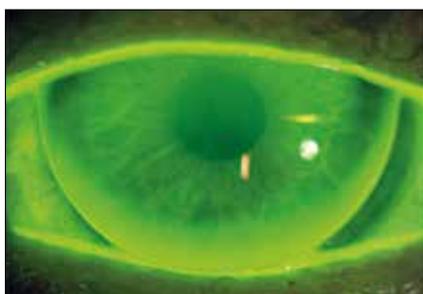


圖39. 鏡片直徑11.2mm(非球面)的螢光圖



圖40. 鏡片直徑13.5mm的螢光圖

標記是“white to white,”)的弦提供角膜矢深的預估，從HVID可量測前房深度。附加的功能在量測中央的角膜厚度，這種量測也可以預估角膜的矢深。其他的角膜地圖儀，如：Medmont 提供一個直接量測角膜矢深的方法。而在任何的角膜地圖儀都會提供偏心率(e值)，使用形狀因子( $p=1-e^2$ )、平K值和任何半弦直徑就可經由扁長橢圓的公式計算角膜矢深。

$$Sag = \frac{r - \sqrt{r^2 - p \left( \frac{chord}{2} \right)^2}}{p}$$

r為曲率半徑，p為形狀因子。

半鞏膜鏡的設計包含角膜矢深，現在您可選擇比角膜矢深更大的鏡片以確保鏡片後表面與角膜間有一定的空隙。如果鏡片上有標示基弧，就可在鏡片的BOZD計算角膜矢深並可以將這個值轉換成曲率半徑。

$$r = \frac{\left( \frac{chord}{2} \right)^2 - p(sag)^2}{2(sag)}$$

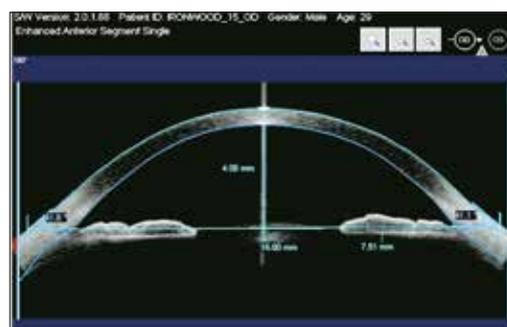


圖41.矢深圖

表4 總結BOZD和圓錐大小的關係

圓錐種類	圓錐直徑	BOZD範圍	LD範圍
<b>中央型圓錐角膜</b>			
早期	4.0 ~ 5.0 mm	7.40 ~ 8.10 mm	9.4 ~ 9.6 mm
中期	2.8 ~ 3.9 mm	5.00 ~ 7.30 mm	8.8 ~ 9.3 mm
晚期	2.0 ~ 2.7 mm	3.00 ~ 4.90 mm	8.0 ~ 8.7 mm
<b>橢圓形圓錐角膜</b>			
早期	2.0 ~ 4.0 mm	5.25 ~ 7.50 mm	8.5 ~ 9.6 mm
中期	4.2 ~ 5.0 mm	7.60 ~ 8.10 mm	9.8 ~ 10.1 mm
嚴重	5.2 ~ 7.0 mm	8.20 ~ 9.40 mm	10.2 ~ 11.4 mm
球狀圓錐角膜	>7.0 mm	9.20 ~ 9.60 mm	10.2 ~ 11.4 mm
<b>清澈性角膜邊緣變性</b>			
早期	5.0 ~ 7.0 mm	8.20 ~ 9.40 mm	10.2 ~ 11.4 mm
晚期	7.2 ~ 9.0 mm	9.40 ~ 10.50 mm	11.4 ~ 18.2 mm

表5a 在浮動BOZD確定鏡片基弧

浮動 BOZD	BOZR (mm)
3.3-4.3 mm	平均 K (mm) - 0.4 mm
3.9-4.6 mm	平均 K (mm) - 0.35 mm
5.1-6.1 mm	平均 K (mm) - 0.3 mm
6.2-7.2 mm	平均 K (mm) - 0.2 mm
7.4-8.0 mm	平均 K (mm)
> 8.1 BOZD	平均 K (mm) + 0.2 mm

表5b 在固定BOZD確定鏡片基弧

固定 BOZD/LD	BOZR (mm)
6.5-7.2/8.5-9.0 mm	平均 K (mm) - 0.2 mm
7.3-7.5/9.2-9.6 mm	平均 K (mm)
7.6-8.1/9.8-10.1 mm	平均 K (mm) + 0.15 mm
8.2-8.6/10.2-10.6 mm	平均 K (mm) + 0.2 a 0.3 mm
8.7-9.4/10.8-11.4 mm	平均 K (mm) + 0.4 mm

鏡片供應商所提供的驗配手冊將會建議依照圓錐角膜進展的情形使用的最初試戴片。

為了達到中央外圍的淚液堆積，隱形眼鏡中央外圍的弧度(二或三道的球面弧度或一道非球面的區域)必須是：

- 變平(如果中周邊區無任何間隙)，或
- 變陡(如果中周邊區的間隙太大而有氣泡)

鏡片最後的部分-鞏膜區，使用較新的光學相干斷層掃描術(OCT)設備，例如: RT-Vue OCT (Clarion Medical Tech)、Visante OCT (Zeiss Meditec, CA)和裂隙燈攝影法也只能觀察鏡片鞏膜區的一部分。使用螢光染色評估鏡片鞏膜區是否壓迫到鞏膜而影響血管流速。

圖42, 42a, 42b 和 43半鞏膜鏡片範例。

### 鏡片邊弧設計

#### 決定軸向邊緣翹角

最後和鏡片配適相關的參數及確保角膜生理不變的是鏡片的邊弧系統，一般稱之為鏡片的軸向邊緣翹角(AEL)，戴在眼睛上則為軸向邊緣空隙(AEC)，請參照圖44。AEC描述的是鏡片和角膜間的淚液層厚度(TLT)。

對於早期的圓錐角膜，使用標準型AEL120微米的鏡片或AEL略高於標準型的非球面鏡片(如: Boston Envision™。AEL的計算是來自平均e值(離心率為0.45到0.55)。一旦圓錐角膜到達進展期，就必須使用多弧設計來驗配，當圓錐弧度增加(因此矢深也增加)使得周邊快速變平，就必須使用比平均值更小或更大的BOZD和更高的AEL(從一開始的200到350微米)。接著，當圓錐中央變得更陡，圓錐角膜的偏心率增加(從0.75到約1.00)，就要提高AEL至650微米或更高。

試片有專利設計標準的邊弧，但未高於平均的AEL。試戴這些鏡片搭配螢光圖可看出中央、輕微三點接觸但周邊空隙不足(較普遍)或過多，只有在使用不同試片時才能調整鏡片的邊緣翹角。由於鏡片周邊空隙可能只是簡單地由鏡片太陡或太平造成的，在鏡片中央螢光圖未達到理想時，不應改變鏡片的AEL。假設角膜和鏡片基弧間的關係是理想的，那就應依正規的步驟重訂鏡片比標準設計更平或更陡1、2、3格的邊弧。

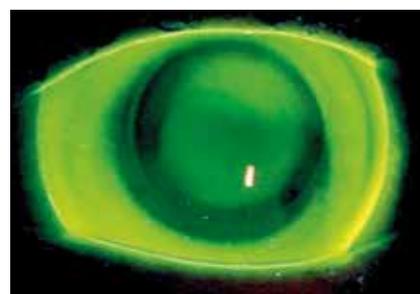
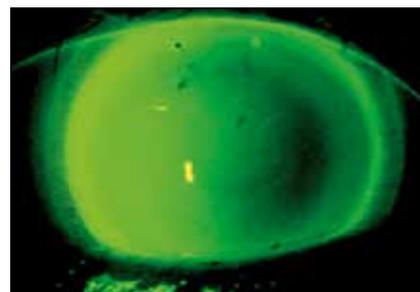


圖42, 42a 和 42b. 直徑15.8mm鏡片的螢光圖

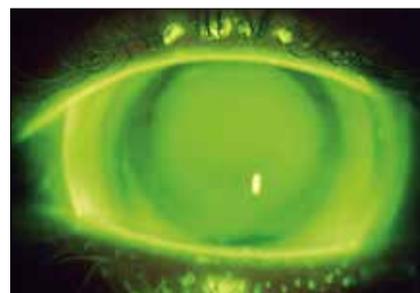


圖43. 直徑18.2mm鏡片的螢光圖

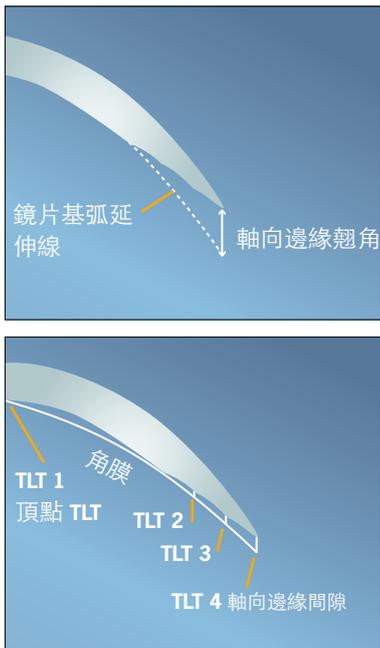


圖44.隱形眼鏡的AEL和AEC

當鏡片BOZD非常小時(3.7mm到5.1mm), 如果調整邊弧, 將會影響鏡片的中央配適。較陡的邊弧因為矢深增加, 所以鏡片中央將出現較陡的配適。因此當邊弧比之前更陡時, 您的供應商應該會自動幫您將鏡片的基弧變得更平(通常是0.05 mm)以補償矢深的改變。同時也應補償鏡片的度數(-0.25D)。較平的邊弧將會減少鏡片矢深, 可以很輕易的從螢光圖中看見。由於BOZD較小, 同樣地基弧每陡0.05mm就會減少負的度數效應(+0.50D)。為了避免進一步的補償, 重訂鏡片時應告知供應商這些新參數已被調整過。

通常BOZD>6.25mm的鏡片在改變鏡片矢深時也許不需要去做補償, 因為增加或減少周邊邊緣翹角未影響因矢深改變呈現的螢光圖。訂製這些鏡片時或許可增加或減少邊弧及AEC, 而維持相同的基弧。當使用這種新試戴片驗配時, 應該使用螢光圖來協助評估是否需要進行任何的補償。

### 環曲面或不對稱邊弧

這種新的設計是由角膜地圖儀取得資料, 能幫助我們評估延伸到角膜周邊的不規則散光。這些設計有環曲面的邊緣或邊緣中的一段可在製造時設計比鏡片其他部分較低的AEL。環曲面邊弧寬度約為1.0mm, 兩條子午線的差異約為0.8mm。當鏡片基弧每變陡0.05mm時, 供應商就會自動補償的-0.50D度數。

邊弧環曲面設計是意味著當角膜地形圖顯示非常陡的下方角膜向下偏移時, 會使鏡片較低的邊緣翹起和刺激下眼瞼。鏡片的設計可能在90度是標準邊弧, 在270度是較陡的邊弧且附有用來協助穩定鏡片的1到1.25個稜鏡。在其它的設計, 有一種鏡片上部是標準邊弧, 鏡片鼻側和顛側下方做的比較陡, 以中間的AEL為緩衝區。

若患者為PMD這種設計的鏡片非常有幫助, 因為PMD角膜變薄的位置比圓錐角膜更下方, 導致鏡片下方邊緣產生過度的空隙。(圖45)。

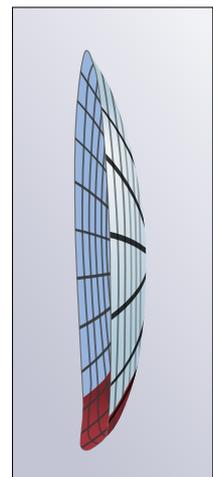


圖45.不對稱邊弧



圖46. Wratten Boston濾片

## 合適配適的評估

### 螢光圖

所有的螢光圖評估都必須在裂隙燈和鈷藍光下進行，並使用Wratten黃色12號濾片檢查確保螢光圖的正確性(圖46)。使用時應該將濕的螢光試紙輕觸球結膜以最小化接觸隱形眼鏡前表面的螢光。由於試戴片是使用標準邊弧翹角，有更高的e值進展期中的圓錐需要更平的邊弧。排出一些在較緊和較低鏡片邊緣下的淚液來評估鏡片中央的螢光圖。通常建議在戴試片5~20分鐘後再評估，特別是在使用鞏膜來支持的鏡片更為重要。因為隨著時間經過有可能會造成鏡片彎曲和更接近角膜。

### 三點接觸(分離支撐)

一般廣泛認為在鏡片中央區內頂點空隙邊緣上達成輕微三點接觸的配適是可以被接受的。這種接觸的區域是依圓錐頂點所在的位置決定。通常乳突狀圓錐角膜三點接觸的位置是在角膜中央，而橢圓形圓錐的三點接觸則偏下方或偏顛側下方。這兩種圓錐角膜外其他圓錐角膜的接觸區域通常是位在沿著最平子午線的區域，一般在圓錐角膜是順著水平子午線的區域；而在早期的PMD可能是順著垂直子午線的區域。原則上，使用比標準邊弧更平的邊弧，鏡片周邊空隙的寬度應達到0.5到0.7mm(圖47)。

### 頂點接觸

過去經驗顯示，太平的基弧(或太低的矢深)將會導致鏡片頂點接觸可能造成頂點損傷(如:螺旋狀染色或結痂)。驗配大直徑鏡片時不需配得太平造成瞼下配適。就如同我們一開始所理解的：使用增加矢深的方式驗配在大圓錐時可避免重度頂點接觸。圖48顯示過平配適造成頂點接觸的影響。應該儘量去避免這樣的情形發生。

### 頂點空隙

驗配時應該避免過多的頂點空隙，過多的空隙有可能會造成氣泡的產生。若氣泡出現在光學區，則視力、舒適感、都會受到影響。視力不佳可能是來自於鏡片彎曲，它會使

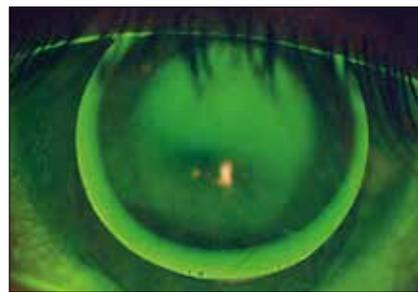


圖47. 三點接觸(分離支撐)的螢光圖



圖48. 基弧較平(中央接觸)的螢光圖

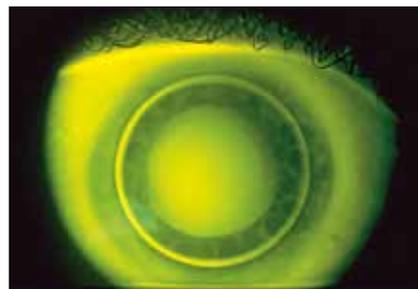


圖49. 基弧較陡(頂點間隙)的螢光圖

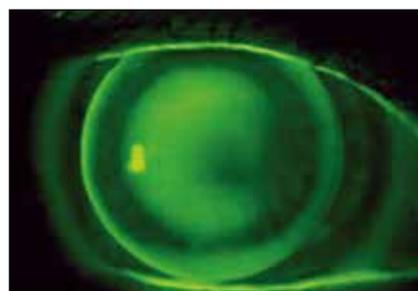


圖50. 鏡片周邊理想的邊緣空隙(球面鏡片)



圖51. 鏡片周邊理想的邊緣空隙(非球面鏡片)

瞭解角膜的離心率及假如碰上圓錐角膜患者的角膜離心率增加，您可從角膜地形圖上看到這個值，可用來幫助您解釋增加或減少鏡片的AEL，以提供理想的周邊空隙。

淚液層前表面變成環曲面，由於殘餘散光的存在因此鏡片無法再矯正不規則角膜(圖49)。若驗配太陡的鏡片，特別是戴在高度角膜散光的角膜上，鏡片太陡可能會使角膜弧度變得更陡導致眼睛近視度數更深。

### 理想的軸向邊緣空隙

一旦達到了理想的中央螢光圖形就可以進行評估中央外圍的弧度和邊弧螢光圖。理想情況下，若鏡片周邊是球面，鏡片的中周弧應呈現平行配適，鏡片中周邊弧正切角膜中周邊(圖50)；如果邊弧是非球面，這種平行配適應該更明顯，鏡片周圍會有一些擴散的空隙如羽毛般地輕觸鏡片邊緣(圖51)。從角膜周邊算起隱形眼鏡邊弧應該有100到120微米的空隙。驗配大直徑鏡片時，因較平的邊弧(即增加AEL)鏡片邊緣應有稍大的空隙；相對的驗配小直徑鏡片時，較少的空隙(即減少AEL)也是必要的。這種理想的鏡片空隙是必要的，才能確保鏡片的滑動、淚液交換及移除鏡片下的雜屑，此外也能控制鏡片中央定位。

邊弧空隙環的理想寬度約為0.7mm且應該是在鏡片每個方向都是一致的。如果鏡片的BOZD和直徑夠大足以驗配大型偏下方的圓錐，那麼鏡片下方邊緣必須擠進下眼瞼，且鏡片四周的空隙應360度一致。為了達到理想的邊弧空隙，調整AEL變成更平或更陡是必要的。如果需要，為了達到一致性的邊弧空隙，可以調整鏡片單一象限的AEL。

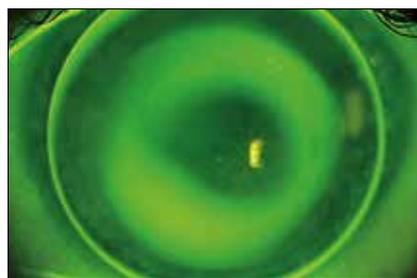


圖52.最小邊緣空隙

### 過小的邊緣空隙

非常小或沒有鏡片邊緣空隙在任何直徑的鏡片都是不能被接受的，這種太緊的邊弧會造成角膜變更陡、角膜染色及減少或沒有鏡片的滑動，使鏡片周邊無法進行淚液交換、無法排出鏡片下的雜屑故引起角膜水腫及發炎反應。周邊空隙很小的鏡片有定位於圓錐頂點的傾向，圓錐的頂點可能偏下方、顛側或鼻側。(圖52)

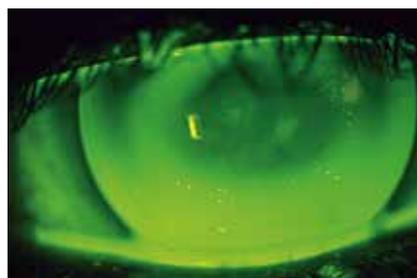


圖53.過多的邊緣空隙(位於下眼瞼)

### 過多的邊緣空隙

過多的邊緣空隙會造成刺激和異物感。鏡片較低的邊緣可能會位在下眼瞼上方，當眼睛往兩側的極限注視時，可能會使鏡片從角膜上彈出或造成鏡片重複移位(圖53)。上眼瞼也可能因為過多的邊緣空隙而將鏡片往上拉造成瞼下配適，這也不是我們想要的情形，因為這會使偏下方的圓錐頂點被鏡片接觸的部分磨平。



圖54.位於中央的鏡片

## 鏡片中央定位和滑動

理想情況下，任何驗間配適的隱形眼鏡都應該位在中央位置(圖54)。在驗配時須考量到圓錐大小再配合適當的鏡片直徑(即：大直徑圓錐應該配戴大直徑鏡片)以達成理想的螢光圖和鏡片中央定位。鏡片的滑動也是必要的以維持正常的角膜生理。小直徑鏡片的鏡片滑動量約為2.0mm：直徑非常大的角膜鏡片滑動量約為0.5mm。角鞏膜和半鞏膜鏡片只有非常少量甚至沒有任何的滑動，鏡片必須依賴眨眼造成鏡片前表面彎曲進行淚液交換。使用上推法可以確保鏡片未接觸鞏膜。

## 戴鏡驗光

一旦使用試戴鏡片找到理想的配適時，就可以執行戴鏡驗光來獲得最後的鏡片度數。可以使用自動驗光機的數值幫助您取得最佳的鏡片度數，由於使用視網膜鏡取得最後鏡片度數比較困難，因為檢影時角膜會產生剪刀反射。在插片過程中首先取得戴鏡驗光的球面度數，因為散光度數和軸度有可能比較難去獲得。若確定患者有殘餘散光且矯正散光可明顯地提升視力，就可在患者戴上隱形眼鏡後，再戴一副眼鏡矯正(尤其是有老花眼的圓錐角膜病人)。

## 從角膜地形圖模擬螢光圖

使用角膜攝影術可以很準確的判斷角膜形狀，而使用驗配公式有快速找到最終鏡片基弧、BOZD和直徑的好處。角膜地形圖軟體可以在醫師的偏好下，選擇特定的鏡片種類。某些專家認為可在任何的角膜地形圖軟體安裝圓錐角膜的多弧鏡片設計。使用角膜地圖儀及這種公式預估最初和/或最後的鏡片參數，進一步證實能在日常視光實務使用它們。角膜地圖儀也提供模擬的螢光圖，使用這種模擬功能可以展示較陡、較平或理想的鏡片配適。圖55、56和57是使用Focal Points軟體顯示的模擬螢光圖。

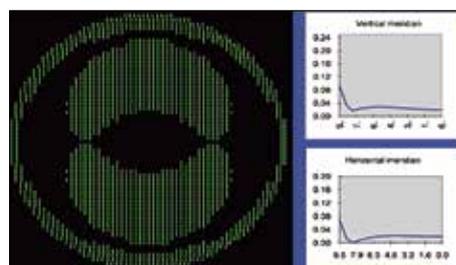


圖55.理想的模擬螢光圖

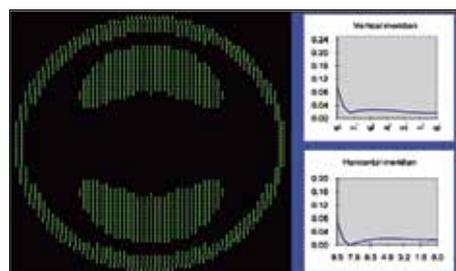


圖56.太平的模擬螢光圖

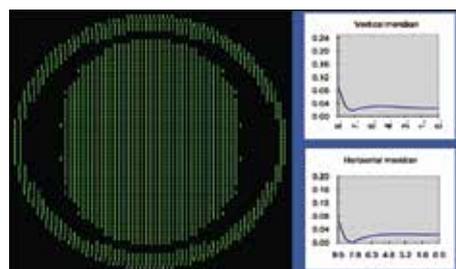


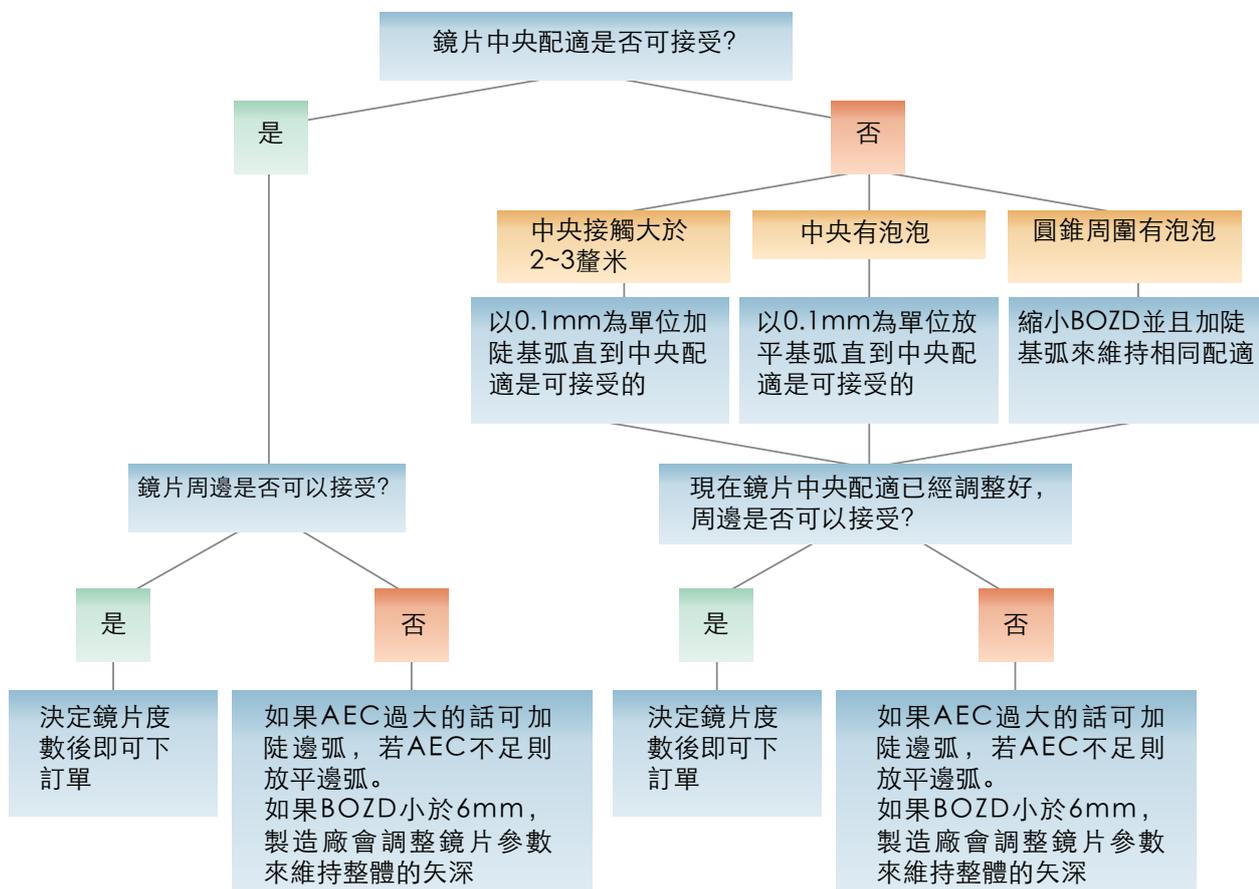
圖57.太陡的模擬螢光圖

# 7. 追蹤與管理策略

## 追蹤程序與門診訪視

圓錐角膜的病人通常比其他隱形眼鏡配戴者需要更頻繁的追蹤與後續照顧的門診訪視。他們也十分忠誠且懂得感激您的照顧。由於他們把您當作這個領域的專家，便會介紹其他病人給您。定期性的修改鏡片參數也很有可能是需要的，尤其是圓錐角膜尚在持續發展的階段時。

在交付患者第一副鏡片並進行衛教後，我們可以考慮在追蹤的第一年內規劃一個星期、一個月、兩個月及三個月接著每三個月一次的回診。依據病程進展的速度，在接下來幾年內病患回診頻率可能會降低。在每三個月的回診，檢查項目應該包含視力(高、低對比)、戴鏡驗光、角膜地形圖、使用螢光染色檢查鏡片表面及配適評估，並在裂隙燈下觀察戴鏡與不戴鏡之情況。在每一次的回診，應該與患者討論配戴期間的視覺狀況、舒適度，異物感及乾眼的症狀，並應在每次回診時解決。我們需要特別注意鏡片中央和圓錐頂點間接觸的程度，兩者間應有些微的空隙，使鏡片能輕觸圓錐頂點，並且不應有明顯的中央接觸情況發生。如果上述鏡片與角膜間的關係改變了，就應重新驗配一次鏡片：我們可以在相同的鏡片設計下將弧度加陡或是改成直徑較大的鏡片，特別是在圓錐角膜的圓錐大小有顯著增加的情形時。下面這張流程圖可引導您完成第一次追蹤門診之驗配程序。



任何嚴重疼痛的不良事件都需要立即地向你回報，因為這些狀況可能暗示角膜脫垂的發生，適當的處理及轉診是必要的。



图58 角膜脱垂

如果無法即時聯繫到你，他們應該要向角膜專科醫生尋求協助。這些事件可能是因角膜脫垂引發的結果(角膜內皮排水功能故障造成大量的水腫與疼痛)，早期發現是妥善解決問題的關鍵(圖58)。早期診斷出的角膜脫垂可以在轉診給角膜專科醫生後，藉由停戴隱形眼鏡及使用高滲透壓滴眼液(如：博士倫公司生產的Muro 128)等方式來治療。依據個案的解決方案與任何可能留下的中央角膜結痂，我們可能須考慮將穿透性角膜移植術(penetrating keratoplasty)納入治療手段。如果更換鏡片的原因不是為了修改鏡片參數或度數，或許可每年定期更換鏡片以確保患者配戴的鏡片上沒有沉澱物及刮傷。

### 需更換鏡片的情況

下表列出了臨床上觀察到需要重新驗配的現象：

觀察	可能代表的意義(需要重新驗配)																			
	角膜持續變薄	鏡片邊緣翹角不足	角膜沉澱物變多	鏡片滑動量過大	角膜持續變陡	邊緣過緊	邊緣過平	角膜非球面值增加	過平的鏡片配適	邊緣空隙太多	不規則散光增加	像差增加	鏡片偏位	鏡片直徑太小	乾眼症狀增加	BOZD過大	BOZD過小	角膜結痂增加	角膜水腫	
角膜結痂增加																				
中央接觸增加																				
軸向邊緣空隙減少																				
鏡片偏移量增加																				
鏡片滑動量減少																				
3-9點鐘方向染色增加																				
中央染色增加																				
中央氣泡增加																				
邊緣氣泡增加																				
視力減退																				
眩光增加																				
光暈增加																				
視力不穩定的情況增加																				
鏡片取下不易																				
配戴時不舒服或有刺激感																				

## 變更鏡片設計

### 改變基弧

- 當我們把基弧加陡或放平時，為調整隱形眼鏡的度數以補償淚液層的改變，要先確定我們已經將曲率半徑的單位由mm換算為D。
- 以0.1mm為單位改變基弧以確保您注意到任何配適上的顯著變化。
- 當中央接觸的螢光圖是無法接受的及角膜頂點損傷是明顯的或可能發生時，可將基弧加陡。
- 當中央氣泡存在而且眨眼也不會消失，影響患者視力或有鏡片黏附的證據時，可將基弧放平。

### 改變BOZD

- 當增加或減少BOZD時，若鏡片基弧的單位是mm，要同時增加或減少基弧以確保彌補了鏡片矢深的改變，來維持相同的配適關係。此外，不需改變鏡片度數。
- 當圓錐直徑增加時，我們可以藉由加大BOZD(並且維持相同的基弧)來更準確地對齊角膜。這會增加鏡片的矢深。
- 當瞳孔被氣泡覆蓋時，我們可以藉由縮小BOZD(並且維持相同的基弧)來減少圓錐附近的空隙並且使鏡片更符合圓錐的大小。在這種情況下，由於鏡片矢深與淚液層的改變，應調整鏡片度數。
- 加陡基弧需要增加負度數，反之亦然。

### 改變總直徑

- 加大或縮小鏡片直徑而不改變BOZD將會造成鏡片邊緣空隙的增加或減少，除非您要求維持AEL。
- 當下列情形發生時，加大鏡片直徑可能會有幫助：
  - 當圓錐直徑增加時
  - 當鏡片開始偏位時
  - 當3-9點鐘方向染色出現時
- 如果鏡片邊緣靠近但未與輪部重疊，我們可以縮小鏡片直徑或減低鏡片的重量；鏡片邊緣直接接觸輪部可能會刺激角膜。

### 改變軸向邊緣翹角

- 只有在中央螢光圖呈現理想的狀態並且顯示是一個良好的配適時我們才調整鏡片的AEL。增加或是減少小BOZD鏡片的AEL會大大地影響到鏡片整體矢深，如此一來，我們便需要針對改變後的矢深做出彌補與調整。
- 當我們提高鏡片的AEL來增進鏡片邊緣的淚液交換率時，應該將鏡片的基弧加陡(通常以0.1mm為一個間距)，同時應調整鏡片的度數來涵蓋小BOZD的鏡片所適度增加之近視度數。如果鏡片的AEL降低(即鏡片高跨或鏡片邊緣刺激到角膜)，處理方式也是相同的。

## 改變部分翹角

- 一般來說，調整鏡片下方的部分並不影響其配適。稜鏡垂重的加入是用來維持鏡片下方的定位，但可能會影響配戴時的舒適度。
- 散光鏡片的周邊並不影響鏡片的配適且可能增加鏡片的舒適度。
- 萬一有清澈型角膜邊緣變性(PMD)則要考慮調整部分鏡片，PMD的圓錐偏下方導致鏡片的下緣位置偏低，刺激配戴者的下眼瞼。

## 改變中心厚度

- 如果鏡片彎曲不是配適過陡而是因為鏡片過薄所造成，這時要考慮增加鏡片的中心厚度。
- 確保您使用的鏡片材質透氧性夠高，避免氧氣傳送明顯地降低。

## 改變鏡片度數

- 當我們增加鏡片的近視度數超過-4.00D時，考慮削薄鏡片外弧交接點的厚度或增加削薄的量。
- 由於不規則散光的特性使前散設計的鏡片可能無法完全矯正患者的散光，為了矯正任何殘餘的散光度數，可改變鏡片度數以達目的。

## 使用不同的鏡片與/或設計重新驗配

### 球面到非球面的BOZD

- 當我們由一個球面光學區設計到非球面光學區設計的鏡片重新進行驗配時，要調整鏡片的基弧，使其約平0.10~0.15mm。
- 增加50度到75度甚至更多的正度數補償。當我們由非球面變更到球面鏡片/設計時，也是一樣的。(圖59a,b)

### 球面到非球面鏡片邊緣

- 當您由球面多弧邊緣轉換到非球面邊緣鏡片設計時，可能需要增加AEC。驗配非球面的邊緣會比較靠近角膜輪廓，所以可能需要放平一點(由非球面變更到球面邊緣設計也是一樣的道理)(圖60a,b)。

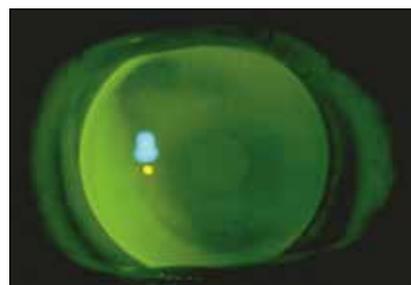
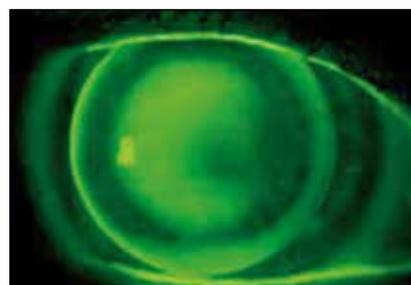


圖59a與59b 一球面至非球面的鏡片中心

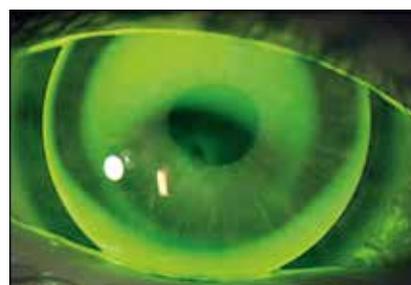


圖60a與60b 一球面至非球面的鏡片邊緣



圖61a與61b 固定到浮動BOZD的鏡片設計

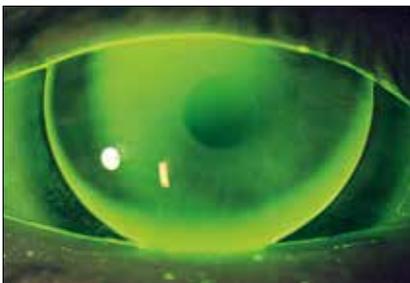


圖62a與62b 角膜的到鞏膜的鏡片設計

### 固定的到浮動的BOZD

- 當您從固定BOZD改變成浮動BOZD的鏡片設計，根據該鏡片的曲率半徑我們可能需要加大或縮小其BOZD。
- 在浮動的基弧鏡片設計，較陡的鏡片有較小的BOZD。
- 為了保持相同的配適，您可能需要放平或是加陡基弧來補償BOZD來保持相同的配適(分別依鏡片的BOZD較大或較小來調整)。

### 角膜至半鞏膜的鏡片設計

- 您必須要以更平的基弧來彌補改變鏡片直徑所大幅增加增加的鏡片矢深。此時，鏡片會符合角膜的矢深而非弧度。當鏡片靠在配戴者的鞏膜上時，您所觀察到的三點輕微接觸螢光圖會被跨越整個角膜帶有些微頂點空隙的螢光圖取代(圖62a,b)。

## 8. 併發症

### 角膜染色

有很多種不同類型的角膜染色可能和配戴圓錐角膜用硬式隱形眼鏡有所關聯，包含：

#### 藥水毒性染色

使用圓錐角膜用硬式隱形眼鏡很少發生藥水毒性染色，但可能和藥水中的幾種防腐劑有關，包括氯己定(chlorhexidine)、硫柳汞(thimerosal)或少見的聚六亞甲基雙胍鹽酸鹽(polyhexanide, PHMB)及聚季銨鹽(polyquad)。藥水毒性染色是取決於這些組合物的濃度，並且可能造成隱形眼鏡下所覆蓋區域之角膜染色擴散(圖63)。這種染色顯示患者需要更換所使用的藥水護理系統與/或配戴鏡片前須先使用生理食鹽水沖洗鏡片。考慮到鏡片潤滑液與人工淚液也可能造成此染色反應，如果需要的話應改用不含防腐劑的人工淚液。

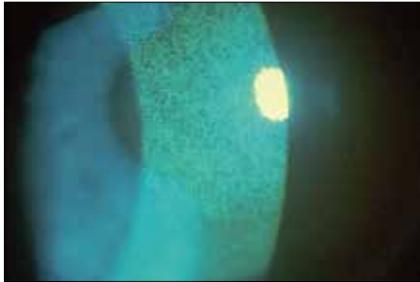


圖63.受到藥水毒性影響隱形眼鏡下所覆蓋區域之角膜染色擴散

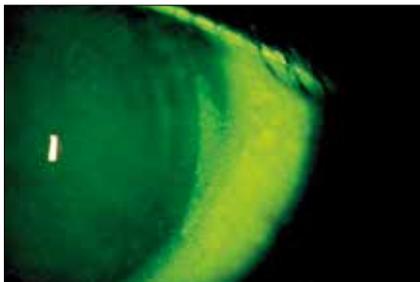


圖64. 3點鐘與9點鐘方向的角膜染色

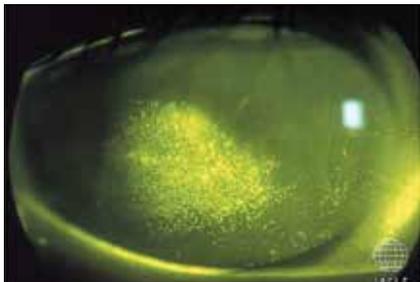


圖65.聯合性點狀角膜染色

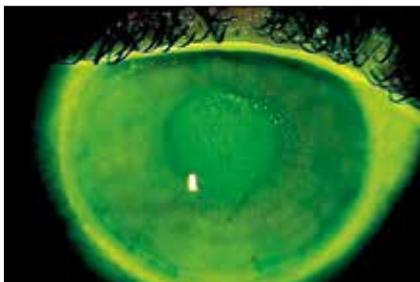


圖66.跨越圓錐的螺紋染色：過小的直徑且陡峭(偏位)

#### 3點鐘與9點鐘染色

3點鐘與9點鐘方向染色是多項與鏡片配適及眼球表面相關的因素綜合影響下的結果。4點與8點鐘方向染色較常見於鏡片位置偏低且固定不動使得眨眼不完全的情況(圖64)。如果鏡片的邊緣輪廓較厚或AEC較高，鄰近鏡片周圍的區域將會變得乾燥導致角膜染色。如果鏡片太小，露出的角膜會脫水並染色，尤其是在眼睛較乾的病人身上。圓錐角膜患者可能會有與過敏疾病及瞼板腺失能有關的乾眼症，這兩者皆會導致角膜周圍染色。為了改善這種狀況，我們可以：

- 加大鏡片直徑。
- 將鏡片前表面削薄以減少邊緣厚度。
- 確定鏡片的邊緣有適當空隙與鏡片中心定位。

為確保足夠的鏡片配戴時間，適當的眼瞼清潔與乾眼照護也一樣是非常重要的。

## 擦傷或異物引起的點狀或線狀染色

聯合性點狀角膜染色可見於被鏡片後表面摩擦或刺激的角膜表面，通常是過度接觸所造成的結果，再結合鏡片上的沉澱物後，這些因素可能損害角膜上皮(圖65)。我們應該考慮利用角膜地形圖與鏡片後表面結構圖來試著解決這個問題。解決方法可能包含清潔鏡片的後表面、拋光邊弧的接合處或更換非球面設計。

## 頂點染色

頂點染色(通常呈現螺旋狀)發生於鏡片弧度太平碰到圓錐頂點與鏡片過度移動(頂點旋轉)(圖66)。這種接觸性的刺激可能會導致角膜結痂(圖67)。我們只要從圓錐頂點位置釋放鏡片壓力就可以改善這種狀況。

## 面紗狀淺凹

面紗狀淺凹是角膜表面由氣泡造成的壓痕。他們並沒有長期生理上的重要性，但可能與配戴不適的症狀相關。這些角膜上的淺凹如果位於角膜中心可能會影響視力，在拿掉鏡片30分鐘內，角膜表面上的氣泡壓痕就會消失不見。我們可以透過減少圓錐和鏡片間的空隙來解決這個問題：

- 減少頂點空隙(如果氣泡位在圓錐上方)。
- 減少BOZD(如果氣泡位在圓錐附近)。
- 減少AEC(如果氣泡位在鏡片周邊)(圖68)。

## 視力

和圓錐角膜的錐體尺寸比較起來，有著過大BOZD的鏡片將會有過大的頂點空隙，並且可能在圓錐上方和附近產生氣泡影響視力表現。BOZD過小的鏡片可能會有偏位的問題，此外還可能造成閃光與降低視力表現。將鏡片BOZD大小與圓錐直徑相符也許可以解決此一視力問題。

若頂點空隙過大，鏡片會在角膜上彎曲導致眨眼時視力模糊。鏡片應該對齊圓錐頂點，如果在調整基弧後鏡片仍會彎曲，就應修改鏡片的中心厚度。鏡片配適不需過度接觸頂點，以達到良好的視力(Zadnick (CLEK) Sorbara等人)。最小鏡片頂點接觸可能產生最好的視力效果。

圓錐角膜有高度不正常的高階像差，特別是會降低視力的球面像差與慧差。應用前表面非球面光學區設計嘗試矯正某些像差問題可能對於部分圓錐角膜者有幫助。

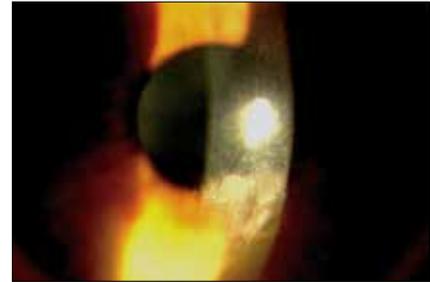


圖67.圓錐上的角膜結痂

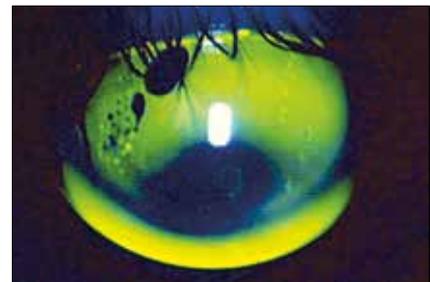


圖68.面紗狀淺凹

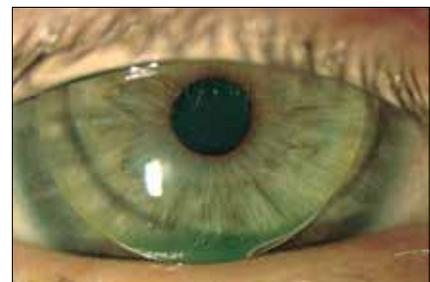


圖69.邊弧太平(偏位)

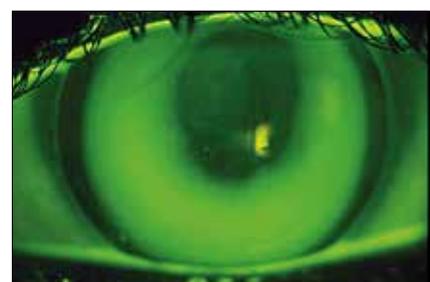


圖70.邊弧太陡(偏下方)

## 鏡片偏位

如果鏡片的BOZD小於圓錐的大小，那麼縮小的矢深將會使鏡片四處滑動並易造成偏位。相同地，如果鏡片的邊弧過鬆(邊緣空隙多)有時會使鏡片被上眼皮帶動造成偏離中心的現象(圖69)。這種偏鬆的配適會影響視力表現並可能導致不良的生理反應。低AEC及頂點空隙過多的鏡片大多會向下及朝圓錐頂點的位置偏離，導致病患出現不完全眨眼及乾眼症狀(圖70)。



圖71.因鏡片過緊導致的角膜壓痕

## 角膜壓痕

如果較平的鏡片邊弧剛好吻合配戴者較平的角膜邊緣，那麼鏡片就會偏離光心，換句話說，較陡的鏡片邊弧可以防止鏡片移動(偶而會黏附角膜)。鏡片黏附通常發生在隔夜配戴隱形眼鏡，但由於圓錐角膜患者本身鏡片與角膜中間淚液層的缺乏，此種狀況亦可能出現在配戴日戴型隱形眼鏡的圓錐角膜患者身上。在這些情況，就應修正鏡片配適並且全天候使用人工淚液以維持鏡片濕潤及滑動(圖71)。

## 9. 參考文獻

- Al Mezaine HS, Al Amro SA, Kangave D, et al. Comparison between central corneal thickness measurements by oculus pentacam and ultrasonic pachymetry. *Int Ophthalmol* 2008;28:333–8.
- Aldave AJ, Yellore VS, Salem AK, et al. No VSX1 gene mutations associated with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:2820–2.
- Ang M, Mehta JS, Arundhati A, Tan DT. Anterior Lamellar Keratoplasty Over Penetrating Keratoplasty for Optical, Therapeutic, and Tectonic Indications: A Case Series. *Am J Ophthalmol* 2008.
- Auffarth GU, Wang L, Volcker HE. Keratoconus evaluation using the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:222–8.
- Bahar I, Kaiserman I, Srinivasan S, et al. Comparison of three different techniques of corneal transplantation for keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2008;146:905–12.
- Betts AM, Mitchell LG, Zadnik K. Visual performance and comfort with the Rose K lens for keratoconus. *Optom Vis Sci* 2002;79:493–501.
- Bilgihan K, Ozdek SC, Sari A, Hasanreisoglu B. Microkeratome-assisted lamellar keratoplasty for keratoconus: stromal sandwich. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1267–72.
- Binder PS, Lindstrom RL, Stulting RD, et al. Keratoconus and corneal ectasia after LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2035–8.
- Brancati F, Valente EM, Sarkozy A, et al. A locus for autosomal dominant keratoconus maps to human chromosome 3p14–q13. *J Med Genet* 2004;41:188–92.
- Brennan NA, Efron N, Carney LG. Critical oxygen requirements to avoid oedema of the central and peripheral cornea. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1987;65:556–64.
- Burger D, Zadnik K. Keratoconus: Contact Lenses for Pre- and Post-Surgery. St. Louis, Missouri. Mosby, 1997;21-52.
- Cheng AC, Rao SK, Lau S, et al. Central corneal thickness measurements by ultrasound, Orbscan II, and Visante OCT after LASIK for myopia. *J Refract Surg* 2008;24:361–5.
- Colin J, Velou S. Current surgical options for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:379–86.
- Crews MJ, Driebe WT, Stern GA. The clinical management of keratoconus: a 6 year retrospective study. *CLAO J* 1994;20:194–7.
- Dao CL, Kok JH, Brinkman CJ, van M. Corneal eccentricity as a tool for the diagnosis of keratoconus. *Cornea* 1994;13:339–44.
- de Brabander, Chateau N, Marin G, et al. Simulated optical performance of custom wavefront soft contact lenses for keratoconus. *Optom Vis Sci* 2003;80:637–43.
- DeNaeyer GW, Breece R. Fitting techniques for a scleral lens design. *Contact Lens Spectrum* 2009;34–7.
- Donshik P, et al. The Use of Computerized Videokeratography as an aid in Fitting Rigid Gas Permeable Contact Lenses. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1996;XCIV:135–45.
- Dupps WJ, Wilson SE. Biomechanics and wound healing in the cornea. *Exp Eye Res* 2006;83:709–20.
- Edrington TB, Barr JT, Zadnik K, et al. Standardized rigid contact lens fitting protocol for keratoconus. *Optom Vis Sci* 1996;73:369–75.
- Edrington TB, Szczotka LB, Barr JT, et al. Rigid contact lens fitting relationships in keratoconus. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study Group. *Optom Vis Sci* 1999;76:692–9.
- Edrington TB, Szczotka LB, Begley CG, et al. Repeatability and agreement of two corneal-curvature assessments in keratoconus: keratometry and the first definite apical clearance lens (FDACL). CLEK Study Group. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus. *Cornea* 1998;17:267–77.

- Ertan A, Kamburoglu G. INTACS implantation using a femtosecond laser for management of keratoconus: Comparison of 306 cases in different stages. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1521–6.
- Galin M, Berger R. Atopy and Keratoconus. *Am J Ophthalmol* 1958;45:904–6.
- Gasset AR, Lobo L. Dura-T semiflexible lenses for keratoconus. *Ann Ophthalmol* 1975;7:1353–7.
- Gemoules G. A novel method of fitting scleral lenses using high resolution optical coherence tomography. *Eye Contact Lens* 2008;34:80–3.
- Giasson CJ, Perreault N, Brazeau D. Oxygen tension beneath piggyback contact lenses and clinical outcomes of users. *CLAO J* 2001;27:144–50.
- Girard LJ, Soper JW. Indications for contact lenses or keratoplasty in keratoconus. *Ophthalmologica* 1965;150:161–6.
- Gonzalez-Meijome JM, Jorge J, de A, Parafita MA. Soft contact lenses for keratoconus: case report. *Eye Contact Lens* 2006;32:143–7.
- Gundel RE, Libassi DP, Zadnik K, et al. Feasibility of fitting contact lenses with apical clearance in keratoconus. *Optom Vis Sci* 1996;73:729–32.
- Haque S, Jones L, Simpson T. Thickness mapping of the cornea and epithelium using optical coherence tomography. *Optom Vis Sci* 2008;85:E963–E976.
- Haque S, Simpson T, Jones L. Corneal and epithelial thickness in keratoconus: a comparison of ultrasonic pachymetry, Orbscan II, and optical coherence tomography. *J Refract Surg* 2006;22:486–93.
- Hom MM. Another perspective on keratoconus contact lens fitting. *J Am Optom Assoc* 1986;57:886–8.
- Hood A. Advanced contact lens fitting: part 3 – hospital contact lens practice. *Optician* 1997;214:16–22.
- Hughes AE, Dash DP, Jackson AJ, et al. Familial keratoconus with cataract: linkage to the long arm of chromosome 15 and exclusion of candidate genes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:5063–6.
- Hutchings H, Ginisty H, Le G, et al. Identification of a new locus for isolated familial keratoconus at 2p24. *J Med Genet* 2005;42:88–94.
- Kaluzny BJ, Fojt W, Szkulmowska A, et al. Spectral optical coherence tomography in video-rate and 3D imaging of contact lens wear. *Optom Vis Sci* 2007;84:1104–9.
- Kaluzny BJ, Kaluzny JJ, Szkulmowska A, et al. Spectral optical coherence tomography: a new imaging technique in contact lens practice. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006;26:127–32.
- Karabatsas CH, Cook SD. Topographic analysis in pellucid marginal corneal degeneration and keratoglobus. *Eye* 1996;10 ( Pt 4):451–5.
- Kayazawa F, Nishimura K, Kodama Y, et al. Keratoconus with pellucid marginal corneal degeneration. *Arch Ophthalmol* 1984;102:895–6.
- Kenney MC, Chwa M, Atilano SR, et al. Increased levels of catalase and cathepsin V/L2 but decreased TIMP-1 in keratoconus corneas: evidence that oxidative stress plays a role in this disorder. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:823–32.
- Kohlhaas M, Spoerl E, Schilde T, et al. Biomechanical evidence of the distribution of cross-links in corneas treated with riboflavin and ultraviolet A light. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:279–83.
- Kok JH, van M. Piggyback lenses in keratoconus. *Cornea* 1993;12:60–4.
- Korb DR, Finnemore VM, Herman JP. Apical changes and scarring in keratoconus as related to contact lens fitting techniques. *J Am Optom Assoc* 1982;53:199–205.
- Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol* 1984;28:293–322.
- Krachmer JH. Eye rubbing can cause keratoconus. *Cornea* 2004;23:539–40.
- Kymionis G, Portaliou D. Corneal crosslinking with riboflavin and UVA for the treatment of keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1143–4.

- Kymionis GD, Siganos CS, Tsiklis NS, et al. Long-term follow-up of INTACS in keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2007;143:236–44.
- Lawless M, Coster DJ, Phillips AJ, Loane M. Keratoconus: diagnosis and management. *Aust NZ J Ophthalmol* 1989;17:33–60.
- Lee BW, Jurkunas UV, Harissi-Dagher M, et al. Ectatic disorders associated with a claw-shaped pattern on corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;144:154–6.
- Lee LR, Readshaw G, Hirst LW. Keratoconus: the clinical experience of a Brisbane ophthalmologist. *Ophthalmic Epidemiol* 1996;3:119–25.
- Lee R, Ahmed I. Anterior segment optical coherence tomography: Non-contact high resolution imaging of the anterior chamber. *Techniques in Ophthalmology* 2006;4:120–7.
- Leung KK. RGP fitting philosophies for keratoconus. *Clin Exp Optom* 1999;82:230–5.
- Li X, Rabinowitz YS, Tang YG, et al. Two-stage genome-wide linkage scan in keratoconus sib pair families. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:3791–5.
- Lim L, Wei RH, Chan WK, Tan DT. Evaluation of keratoconus in Asians: role of Orbscan II and Tomey TMS-2 corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;143:390–400.
- Lu F, Simpson T, Fonn D, et al. Validity of pachymetric measurements by manipulating the acoustic factor of Orbscan II. *Eye Contact Lens* 2006;32:78–83.
- Mackie IA. Management of keratoconus with hard corneal lenses: The lens lid attachment technique. *Trans Ophthalmol Soc U K* 1977;97:131–5.
- Maguire LJ, Klyce SD, McDonald MB, Kaufman HE. Corneal topography of pellucid marginal degeneration. *Ophthalmology* 1987;94:519–24.
- Mandell RB. Contemporary management of keratoconus. *Int Contact Lens Clin* 1997;24:43–58.
- Mannis MJ, Zadnik K. Contact lens fitting in keratoconus. *CLAO J* 1989;15:282–9.
- Marsack JD, Parker KE, Applegate RA. Performance of wavefront-guided soft lenses in three keratoconus subjects. *Optom Vis Sci* 2008;85:E1172–E1178.
- Matsuda J, Hieda O, Kinoshita S. Comparison of central corneal thickness measurements by Orbscan II and Pentacam after corneal refractive surgery. *Jpn J Ophthalmol* 2008;52:245–9.
- Mazzotta C, Balestrazzi A, Traversi C, et al. Treatment of progressive keratoconus by riboflavin-UVA-induced cross-linking of corneal collagen: ultrastructural analysis by Heidelberg Retinal Tomograph II in vivo confocal microscopy in humans. *Cornea* 2007;26:390–7.
- McMonnies CW. Keratoconus fittings: apical clearance or apical support? *Eye Contact Lens* 2004;30:147–55.
- McMonnies CW. The evidentiary significance of case reports: eye rubbing and keratoconus. *Optom Vis Sci* 2008;85:262–9.
- Moezzi AM, Fonn D, Simpson TL, Sorbara L. Contact lens-induced corneal swelling and surface changes measured with the Orbscan II corneal topographer. *Optom Vis Sci* 2004;81:189–93.
- Nilforoushan MR, Speaker M, Marmor M, et al. Comparative evaluation of refractive surgery candidates with Placido topography, Orbscan II, Pentacam, and wavefront analysis. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:623–31.
- Norman C, Caroline PJ. Step-by-step approach to managing keratoconus patients with RGPs. *Contact Lens Forum* 1986;11:25–31.
- O'Donnell C, Codina CM. A hyper-Dk piggyback contact lens system for keratoconus. *Eye Contact Lens* 2004;30:44–8.
- Owen H, Watters GA. An evaluation of the keratoconic cornea using computerised corneal mapping and ultrasonic measurements of corneal thickness. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996;16:115–23.
- Ozkurt YB, Sengor T, Kurna S, et al. Rose K contact lens fitting for keratoconus. *Int Ophthalmol* 2007.

- Paik DC, Wen Q, Braunstein RE, et al. Initial Studies Using Aliphatic Nitro Alcohols for Therapeutic Corneal Cross-linking. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008.
- Parker J, Ko WW, Pavlopoulos G, et al. Videokeratography of keratoconus in monozygotic twins. *J Refract Surg* 1996;12:180–3.
- Paul T, Lim M, Starr CE, et al. Central corneal thickness measured by the Orbscan II system, contact ultrasound pachymetry, and the Artemis 2 system. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1906–12.
- Rabinowitz Y, Dong L, Wistow G. Gene expression profile studies in human keratoconus cornea for NEIBank. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:1239–46.
- Rabinowitz YS, Garbus JJ, Garbus C, McDonnell PJ. Contact lens selection for keratoconus using a computer-assisted videophotokeratoscope. *CLAO J* 1991;17:88–93.
- Rabinowitz YS, Rasheed K, Yang H, Elashoff J. Accuracy of ultrasonic pachymetry and videokeratography in detecting keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:196–201.
- Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42:297–319.
- Raiskup-Wolf F, Spoerl E. Reply: Long-term results of collagen crosslinking with riboflavin and UVA in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1617.
- Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, Stulting RD. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008;115:37–50.
- Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, Epstein RJ. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. *Ophthalmology* 2002;109:1642–6.
- Rose P. Improving a keratoconus lens design. *Contact Lens Spectrum* 2005;20:38–42.
- Shapiro MB, France TD. The ocular features of Down's syndrome. *Am J Ophthalmol* 1985;99:659–63.
- Shovlin JP. Primary Eyecare: Contact lens “fits” over problem eyes. Vol. 3. 1984;67–9.
- Sindt CW. Basic scleral lens fitting and design. *Contact Lens Spectrum* 2008;23:32–6.
- Sonmez B, Doan MP, Hamilton DR. Identification of scanning slit-beam topographic parameters important in distinguishing normal from keratoconic corneal morphologic features. *Am J Ophthalmol* 2007;143:401–8.
- Sorbara L, Chong T, Fonn D. Visual acuity, lens flexure, and residual astigmatism of keratoconic eyes as a function of back optic zone radius of rigid lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2000;23:48–52.
- Sorbara L, Fonn D, Holden BA, Wong R. Centrally fitted versus upper lid-attached rigid gas permeable lenses: part I. design parameters affecting vertical decentration. *Int Cont Lens Clin* 1996;23:99–104.
- Sorbara L, Fonn D, Holden BA, Wong R. Centrally fitted versus upper lid-attached rigid gas permeable lenses: part II. a comparison of the clinical performance. *Int Cont Lens Clin* 1996;23:121–7.
- Sorbara L, Luong J. Contact lens fitting guidelines for the keratoconic patient using videokeratographic data. *Practical Optometry* 1999;10:238–43.
- Sridhar MS, Mahesh S, Bansal AK, et al. Pellucid marginal corneal degeneration. *Ophthalmology* 2004;111:1102–7.
- Steele C. Contact lens fitting today – fitting for the irregular cornea. *Optometry Today(UK)* 2005;45:32–9.
- Szczotka LB, Thomas J. Comparison of axial and instantaneous videokeratographic data in keratoconus and utility in contact lens curvature prediction. *CLAO J* 1998;24:22–8.
- Tabbara KE, Kotb AA. Risk factors for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology* 2006;113:1618–22.
- Tan BU, Purcell TL, Torres LE, Schanzlin DJ. New surgical approaches to the management of keratoconus and post-LASIK ectasia. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2006;104:212–20.
- Tang M, Shekhar R, Miranda D, Huang D. Characteristics of keratoconus and pellucid marginal degeneration in mean curvature maps. *Am J Ophthalmol* 2005;140:993–1001.
- Teng C. Electron microscope study of the pathology of Keratoconus: Part 1. *Am J Ophthalmol* 1963;55:18–47.

- Trimarchi F, Poppi E, Klersy C. [Deep lamellar keratoplasty]. *J Fr Ophthalmol* 2002;25:718–21.
- Tsubota K, Mashima Y, Murata H, Yamada M. A piggyback contact lens for the correction of irregular astigmatism in keratoconus. *Ophthalmology* 1994;101:134–9.
- Tyynismaa H, Sistonen P, Tuupanen S, et al. A locus for autosomal dominant keratoconus: linkage to 16q22.3–q23.1 in Finnish families. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:3160–4.
- Visser ES, Visser R, van Lier HJJ, Otten HM. Modern scleral lenses, Part I: Clinical features. *Eye Contact Lens* 2007;33:13–20.
- Visser ES. Advanced contact lens fitting: part 5 – the scleral contact lens – clinical indications. *Optician* 1997;214:15–20.
- Wang Y, Rabinowitz YS, Rotter JL, Yang H. Genetic epidemiological study of keratoconus: evidence for major gene determination. *Am J Med Genet* 2000;93:403–9.
- Ward MA, Artunduaga G, Thompson KP, et al. Phototherapeutic keratectomy for the treatment of nodular subepithelial corneal scars in patients with keratoconus who are contact lens intolerant. *CLAO J* 1995;21:130–2.
- Wasserman D, Itzkowitz J, Kamenar T, Asbell P. Corneal topographic data: its use in fitting aspheric contact lenses. *CLAO J* 1992;18:83–5.
- Wei RH, Lim L, Chan WK, Tan DT. Evaluation of Orbscan II corneal topography in individuals with myopia. *Ophthalmology* 2006;113:177–83.
- Winkler T. Corneo-scleral rigid gas permeable contact lens prescribed following penetrating keratoplasty. *Int Cont Lens Clin* 1998;25:86–8.
- Wollensak G, Sporn E, Reber F, et al. Corneal endothelial cytotoxicity of riboflavin/UVA treatment in vitro. *Ophthalmic Res* 2003;35:324–8.
- Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:356–60.
- Woodward E. The role of rigid contact lenses in the management of keratoconus. *J Brit Contact Lens Assoc* 1991;14:211–7.
- Zadnik K, Barr JT, Edrington TB, et al. Baseline findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1998;39:2537–46.
- Zadnik K, Barr JT, Steger-May K, et al. Comparison of flat and steep rigid contact lens fitting methods in keratoconus. *Optom Vis Sci* 2005;82:1014–21.
- Zadnik K, Mutti DO. Contact lens fitting relation and visual acuity in keratoconus. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:698–702.
- Zadnik K. Meet the challenge of fitting the irregular cornea. *Rev Optom* 1994;131:77–83.

## 病原學與遺傳學

目前圓錐角膜確切的因果關係尚屬未知數。許多因素都與此病有關，包括：

- 揉眼睛。
- 配戴隱形眼鏡。
- 過敏與/或過敏性疾病。
- 唐氏症。
- 結締組織疾病。
- 家族病史。

Rabinowitz在1998年發現絕大部分的圓錐角膜病人都很愛揉眼睛：據報導在一般人中，比起58%患有圓錐角膜但無揉眼睛習慣者，有80%愛揉眼睛者皆罹患此病。相同的研究指出，有44%圓錐角膜族群與36%正常人皆有過敏症。同樣地，有15%圓錐角膜族群與12%正常人有關節活動度異常的問題。10%圓錐角膜族群有家族病史(有1人或超過1人罹患此病)，而比起一般正常人，只有0.5%有此疾病。

據報導有九種染色體與圓錐角膜相關，有許多可變因素都指出病因可能是遺傳性的，包含：

- 兩側對稱(96%案例)
- 角膜地形圖(使用角膜攝影術觀察)
- 家族病史(據報導，約10%~23%)
- 家族聚集性
- 雙胞胎研究 - 同卵雙胞胎之一致性即等同遺傳性
- 分離分析(比例 = 平均在一個兄弟姐妹群體中有小部分的人出現此疾病)
- 基因連鎖反應研究

離胺基氧化酶(LOX)基因扮演使膠原蛋白交聯的角色，當基因突變時可能會造成圓錐角膜病變。一個基因表現研究率先發現在圓錐角膜患者的角膜上皮中的水通道蛋白質5(一種能夠使傷口癒合的水通道基因)有抑制作用。這是第一個可以用來分辨是否為圓錐角膜的分子缺陷。

另一方面，部分研究指出環境因素也可能與此疾病發展有關。

Kenny等人在2005年證明圓錐角膜上的氧化壓力會導致角膜變薄，這種壓力導致細胞凋亡與物理的不穩定性增加。降解酵素的活化作用也造成不正常的癒合，致使角膜過度發炎與基質混濁。Dupps, Randleman, Binder 及 Rabinowitz 與 Tabbara在雷射屈光角膜層狀重塑術(LASIK)術後角膜擴張研究中有更進一步的證據指出這種病變的形成即是肇因於手術本身所造成角膜上的氧化壓力，造成不正常抗氧化酵素的累積，像是超氧化物(superoxide)、過氧化物( Peroxide)、一氧化氮(nitric oxide)等等，進而引發細胞功能異常以及角膜變薄。

究竟在角膜上皮層(外胚層的)還是基質層(間質的或膠原蛋白)所發現的缺陷是否為圓錐角膜的病源目前尚有爭議。無論此種缺陷是先位在上皮基質再接著基底層，反之亦然，最終兩者皆會受到影響。

多種基因造成圓錐角膜是比較有可能的，這些基因都與此病最終共同路徑有關，當它們結合其他物理因素時即誘使病患發病。

## 圓錐角膜的手術治療方式

### 全層角膜移植術

大約有26%的圓錐角膜患者需要進行手術治療，而全層角膜移植是最常見的手術項目。這項手術約有80~90%的成功率。全層角膜移植需要移除患者直徑8mm的角膜全層及捐贈者直徑8.25mm的角膜全層。移植後的角膜利用雙重連續縫合（double running suture），包含4到8針的間斷縫合（圖一）。手術後6周到6個月間，患者就可驗配隱形眼鏡來矯正術後通常以這項技術會引起的規則性散光。此項手術之排斥率約為18%，多因患者原有之角膜新生血管造成。

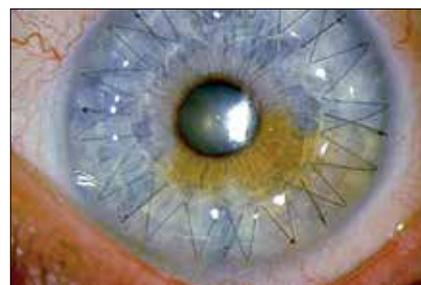


圖1.全層角膜移植術及其縫線

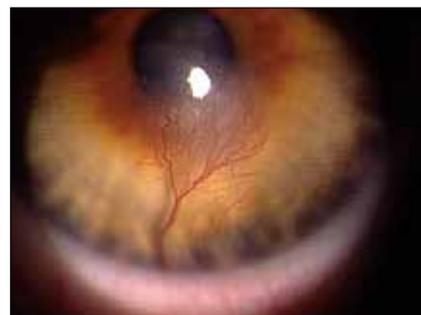


圖2.新生血管及圓錐角膜

### 層狀角膜移植術

#### 深板層角膜移植術

深板層角膜移植術會移除患者90%的上皮細胞及基質層(板層狀分離)，並移植捐贈者去除德士密氏層的全層角膜。深板層角膜移植術不會造成內皮細胞損失，因此也不會發生內皮細胞排斥。此項手術方式也能夠保持角膜結構完整性、降低術後散光並能提早拆除縫線。然而，更厚的角膜將可能造成角膜後房突出及間質霧化，降低術後最佳矯正視力。

#### 異層角膜移植術

此項手術方式旨在修復角膜正常厚度。利用將患者角膜厚度減少200微米以及將捐贈者角膜厚度減少400微米後，採用與深板層角膜移植術相同之方式進行。系列病例報告的結果表示預後較深板層角膜移植術佳，作者並認為在某些案例上能夠代替全層角膜移植術（Tan et al, 2006）。

#### 內板層角膜移植術

利用板層刀在患者角膜切割出9mm大之瓣膜，並在捐贈者角膜上以7.0~7.5mm的環鋸鑽取移植片。捐贈者角膜隨後被縫合在患者的基質床。這樣的手術方式被稱為內板層組織移植。術後六個月後，可進行雷射屈光角膜切削術(PRK)或LASIK來矯正殘餘散光。

也有在患者角膜上利用飛秒雷射切割出約10mm的板層囊，並將9mm大、200~300微米厚的捐贈者角膜植入基質的板層囊中。然而，此種方式容易造成角膜瓣層間異物殘留、輕度水腫並使角膜厚度增加100~200微米。

## 角膜環

角膜環為PMMA材質所車削成形之150度大小環狀結構（圖三）。植入角膜環時，需先以飛秒雷射製造出一個置入角膜環的通道。角膜環下方較厚，直徑約0.45mm，弧度8.1mm，可將角膜頂起；而角膜環上方較薄，直徑約0.25mm、弧度6.8，可使角膜變平。

以下狀況可提高角膜環的成功率

- 初期或中期偏下方的圓錐（例如：清澈性角膜邊緣變性，PMD）
- 角膜K值低於54.00D（6.25mm）且等值球面小於-5.00D
- 若手術切口位於最陡的子午線
- 視軸上有輕微的角膜結痂

角膜環可取出或更換，取出或更換的手術侵入性較低，且角膜變平的預期量或許可改善患者的裸視。角膜環的缺點是植入後所造成的角膜扭曲及/或未矯正的屈光度使驗配隱形眼鏡更難。

## 交聯劑

角膜膠原蛋白交聯術乃利用0.1%的核黃素磷酸以及20%的葡聚糖T500溶液進行角膜內膠原蛋白的交聯。

對於進展中的圓錐角膜，現在可利用膠原蛋白交聯術

來進行治療。此項技術利用感光物質C3-R以及UVA經由基質纖維的光聚合固化，宣稱可增加角膜硬度及角膜基質的延展性。可在局部麻醉後，使用約1小時的療程治療輕度及中度的圓錐角膜患者（最低角膜中心厚度為400微米）。

進行此項手術時，需移除直徑約9mm之角膜上皮，並在實施UVA放射前施點核黃素磷酸溶液，點完後每五分鐘進行一次UVA放射治療直到30分鐘。然後將7mm大小的角膜區域再照射30分鐘的UVA。術後需點抗生素並配戴治療型隱形眼鏡來保護角膜表面直到上皮癒合。

雖然膠原蛋白交聯術是一種永久性的手術，但角膜強化的效果可能因為時間減弱而需要進行再治療。多數利用豬或兔眼進行的研究指出，交聯的效果在整層角膜並無同質性分佈，強化的效果在角膜前半部200~300微米處較明顯，因該處為UVA吸收量最高之處。但使用人眼的長期觀察結果則得到較樂觀的結果：50~60%受試者的最佳矯正視力增加多於一行；20~29%的受試者在三年內維持相同視力。使用共軛焦顯微鏡觀察的結果顯示，因交聯所造成的基質水腫約需3至6個月可消除並使基質中的角膜細胞再生。而超過350微米較深層的基質細胞以及內皮細胞密度和形狀較不受交聯療法的影響。但動物實驗顯示，若角膜厚度低於400微米，則會顯現內皮細胞毒性。表示若角膜厚度較薄之患者並不適合進行此項治療。



圖3.白光照射下的角膜環

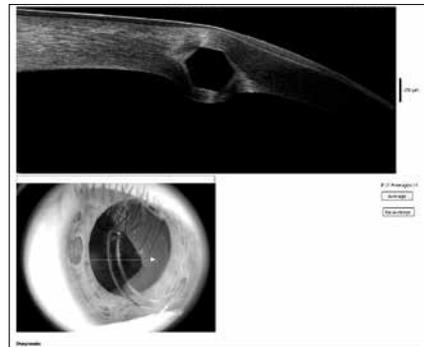


圖4.配戴角膜環的剖面圖

## 利用Orbscan II來偵測圓錐角膜

Orbscan II是一種利用狹縫掃描攝影技術與包含光三角測量的數學運算來偵測角膜前、後表面的儀器。此儀器選擇最符合角膜表面中周(零高度)特定曲率半徑的球面並以微米或釐米為單位描述最佳配適球面(BFS)之上或之下的角膜高度(圖8)。相較於最佳配適球面，這些高度地形圖使用以下指數說明與其他曾被報導用以分類角膜是否在正常範圍的特徵：

- 角膜厚度最薄值小於470微米
- 中心7釐米的角膜厚度不同而且最小差異值大於100微米
- 角膜最薄點在地圖中心半徑2.5mm之外
- 平均角膜最大K值(在中心7mm範圍內)大於45.50D(7.42mm)
- 在前切線地形圖看到破裂/不規則/非對稱的領結
- 前軸度數地形圖的中心3mm區差異>-3.00D
- 角膜後半部的最佳配適球面曲率半徑 $\geq 55.00D(6.14mm)$
- 角膜後表面中央5mm最大高度>50微米
- 前、後高度地形圖上看見彎曲/變形的不對稱
- 最大前高度位置與最大後高度位置或最大前切線曲率半徑位置或最小厚度點位置一致(+/-1mm)
- 角膜前後高度地形圖的高點位於下方/顛側
- 角膜前半部最佳配適球面的曲率半徑(mm)與角膜後半部最佳配適球面的曲率半徑(釐米)之比例大於1.2

研究顯示最好的早期圓錐角膜指標是中央角膜後半部的高度大於40至50微米。



圖1 Orbscan II 最佳配適球面之高度地形圖

## 驗配半及小鞏膜片

使用角膜矢深量測值驗配直徑如14.5~18.2的大直徑鏡片是最好的方法，Visante OCT使用頻域相干斷層掃瞄術使眼睛前半部影像化，讓視光從業人員可用軟體提供的測量游標卡尺在任何的弦長手動測量角膜矢深。目前較新的角膜地圖儀也能測量角膜矢深。這個量測值能幫助您挑選最初的試片，特別是對於進展期的圓錐角膜或術後的患者而言。小鞏膜設計的鏡片是以矢深的量測值使試片更符合角膜的矢深，其他未告知矢深的鏡片，或許可從鏡片的直徑、e值及中心角膜弧度計算鏡片的矢深(公式請參照前文)，或透過基於角膜中央K值及角膜散光的驗配公式得知。當您評估這些鏡片的配適時，請記得於患者戴上鏡片前，在充滿生理食鹽水或無防腐劑的舒潤液的碗狀鏡片中滴入螢光液。

### 中央矢深的配適

當鏡片的矢深小於角膜矢深時，鏡片會有較平的配適(圖1)。過平的鏡片加上輪部-鞏膜交接處的邊緣空隙較高，將會看到如圖2中的氣泡。若鏡片的矢深明顯大於角膜矢深，將會產生過度的角膜空隙及在中央出現大氣泡，如圖3所示。減少鏡片的矢深將會使出現在中央的氣泡消失。當角膜及鏡片矢深一致時，就會在角膜上出現平行到微陡的配適。(圖4)

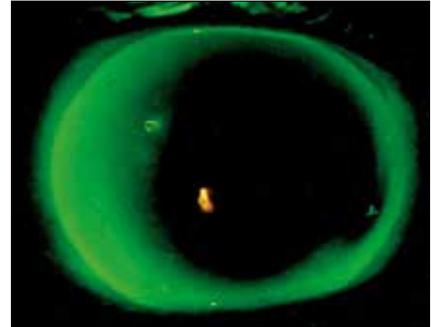


圖1.較平鏡片配適的螢光圖

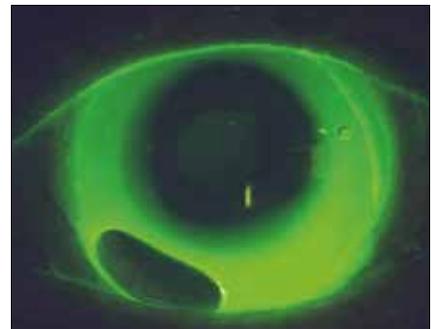


圖2.較平鏡片加上周邊有氣泡的螢光圖



圖3.較陡的鏡片加上中央有氣泡的螢光圖

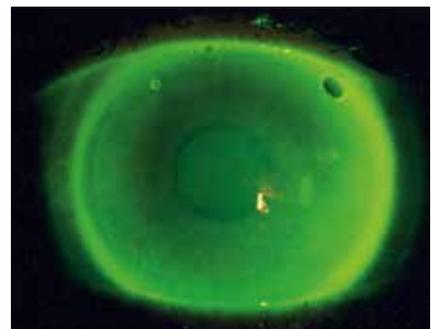


圖4.理想配適的螢光圖

### 中周邊或輪部區的配適

在鏡片中周邊應有空隙，鏡片的這個區域是位在輪部區之上，可透過螢光液看到。鏡片在此區的任何侵犯會造成擦傷及不適感，相反的，過多的空隙會導致氣泡的出現，可能因此使得角膜乾燥。您或許可放平鏡片的中周邊，當此區有太多接觸時；或加陡鏡片的中周邊，當此區有氣泡時。當試片中的直徑都無法獲得可接受的配適時，您也可以增加鏡片的直徑，當鏡片中周邊有太多接觸時；或減少鏡片直徑，當鏡片中周邊有氣泡時。

### 鞏膜驗配區

鏡片的鞏膜區應在結膜上與結膜平行而不侵犯或沒有過多的空隙以最大化配戴的舒適度及容易取下鏡片，即便使用吸棒，例如：DMV。當鞏膜區太陡且侵犯結膜時，結膜血管會在鏡片及結膜交接處的邊緣變白。配戴者可能會在取下鏡片後在輪部及鏡片邊緣間發現明顯的水腫。此時會需要較平的邊弧，但要注意邊弧不可過平。過平的邊弧會導致配戴的不適感，並可能使鏡片偏位，故必須避免。

# 驗配範例

## 中央型或乳突狀的圓錐角膜(早期)

某位17歲的患者進您店裡抱怨最近已換過眼鏡處方，但視力仍不佳，尤其是在晚上。此患者有過敏病史且因有乾眼症偶爾使用舒潤液。無眼睛、個人及家族病史，且他未服用任何藥物。

### 眼睛的測量數據

HVID=11mm, 瞼裂寬=10mm, 適光環境下的瞳孔大小=1.78mm

雙眼淚液破裂時間：9秒

視網膜鏡：檢查者可看到剪刀狀反射，且由於在上一次回診時注意到的非正交或不規則散光及從順規性到斜軸性散光的度數及軸度改變很難決定最後的度數處方。

矯正視力可達0.8<sup>-2</sup>

裂隙燈顯微鏡檢查：角膜、結膜、眼瞼及睫毛

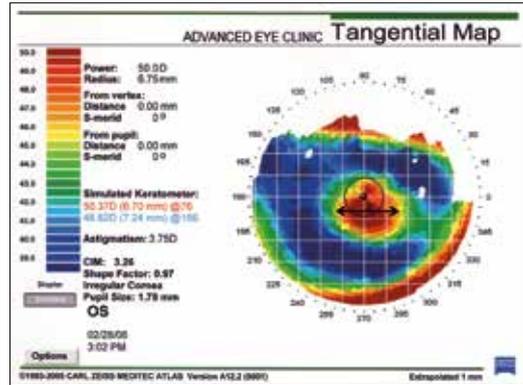


圖1:中央型圓錐角膜的角膜地形圖

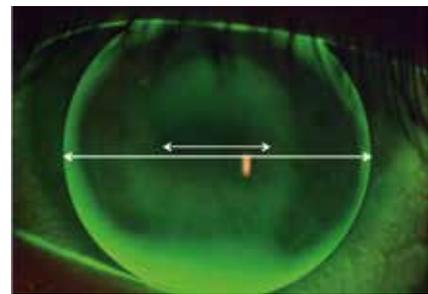


圖2:中央型圓錐角膜的螢光圖

徵象	有	無
向下看時在下眼瞼緣觀察到角膜突出的形狀(蒙森氏徵)		■
弗來舍爾氏環	■	
伏格特式圓錐角膜紋		■
上皮下的纖維線條	■	
突出的角膜神經	■	
角膜結痂		■
角膜變薄	■	
新生血管		■
結膜充血	■	
中央角膜染色		■
周邊角膜染色		■
瞼緣炎	■	
瞼板腺功能障礙	■	

## 角膜地形圖

模擬K值(D, mm)	46.62 (7.24) @166 / 50.37 (6.7) @076
角膜散光(D)	-3.75 x 166
平均K值	(D, mm) 48.50 (6.96)
陡K值	(D) 50.00
最陡的圓錐直徑	2
整體圓錐直徑	4.5
Q, e and p values*	0.97, 0.98, 0.03

\*Q(角膜不規則值) = e<sup>2</sup>、e(角膜離心率)、P(形狀因子) = 1-Q

## 驗配步驟

### 第一步：決定鏡片的後光學區直徑及總直徑

這位患者有早期的中央型或乳突狀圓錐，當圓錐變陡時，圓錐的直徑會變小。由於BOZD較小且和基弧相關，浮動式BOZD的試片會較適合這位患者，雖然您可驗配任何小BOZD的試片。將鏡片的BOZD符合圓錐的直徑會使角膜矢深及跨越光學區的弦之鏡片矢深更一致。

圓錐類型	圓錐直徑	BOZD範圍	鏡片直徑範圍
輕度中央型圓錐角膜	4.0 ~ 5.0 mm	7.4 ~ 8.1 mm	9.4 ~ 9.6 mm

以下是驗配者依第13頁表2所選擇的試片

圓錐類型	圓錐直徑	BOZD範圍	鏡片直徑範圍
輕度中央型圓錐角膜	4.0 mm	5.5 mm	9.4 mm

## 決定鏡片基弧

決定鏡片基弧要考慮兩個參數：第一：角膜散光量(表A)及第二BOZD的大小(表B)

使用右方的公式將mm的單位改為D：
$$\frac{337.5}{\text{mm 或 D}} = \text{mm 或 D}$$

(參照附錄F：K值轉換表)

### 表A：角膜散光

ΔK (D) 角膜散光度數	BOZR (D) (9.4LD)
-0.25D ~ -3.75D	平 K (D) - 0.609 x (ΔK)
-4.00D ~ -7.50D	平 K (D) - 0.491 x (ΔK)*
-7.75D ~ -16.75D	平 K (D) - 0.354 x (ΔK)

\* 7.4的BOZD用平均K

**表B：BOZD的大小**

浮動的BOZD	基弧(mm)
3.0–3.7 mm	平均 (mm) – 0.4 mm
3.8–4.9 mm	平均 (mm) – 0.35 mm
5.0–6.1 mm	平均 (mm) – 0.3 mm
6.2–7.3 mm	平均 (mm) – 0.2 mm
7.4–8.0 mm	平均 (mm)
> 8.1 BOZD	平均 (mm) + 0.2 mm

使用此種鏡片設計搭配9.4的鏡片直徑、7.4的BOZD及球面的中央部分，最初的鏡片基弧計算如下：

$\Delta K$ (D)	BOZR (D) (9.4LD/7.4 BOZD)
-3.75 D	平均 K = 48.50 D (6.96 mm)

### 第三步：挑選試片

參照第13頁的表2是一個挑選試片參數的範例，其BOZD不只隨鏡片直徑改變，也隨鏡片基弧而變。當基弧變陡時，BOZD會縮小，挑選的鏡片有小的BOZD(以5.5取代7.4)故基弧需調整(6.96-0.3mm)=6.66mm，請參照表B

基弧	BOZD	周邊的AEL	度數
6.66	5.50	“標準”	-6.00 D

### 步驟四：評估配適

評估鏡片跟隨眨眼的中央定位及滑動，然後以鈷藍光及Wratten #12黃色濾光片評估螢光圖，請參照第27頁的流程圖。在此案例，中央的配適是可接受的，但周邊的配適太陡。這是由於角膜的e值太高及鏡片的AEL無法在眼睛上提供足夠的AEC

	最初	調整
<b>BOZR</b>	6.66	未改變
<b>BOZD</b>	5.50	未改變
<b>TD</b>	9.40	未改變
<b>Periphery (AEL)</b>	“標準”	平兩格

### 第五步：戴鏡驗光以決定最後的度數

讓患者配戴試片實施戴鏡驗光以預測鏡片的度數，由於這些患者通常只有少量的殘餘散光，故以視網膜鏡決定度數是困難的，而使用電腦驗光儀可能對這些病人是有幫助的。電腦驗光儀能提供相當好的起點讓您進行

主覺式的戴鏡驗光。以戴鏡驗光決定最佳球面度數，若超過-4.00D就需考慮頂點距離再加上試片的度數，即為您想訂的鏡片度數。由於角膜的不規則，散光設計無法用來矯正殘餘散光。測量患者高對比的視力值。

隱形眼鏡度數	-6.00D
以電腦驗光儀進行戴鏡驗光	-4.00/-1.25 x 152
最佳球面度數	-5.00
頂點距離換算/高對比的視力	-4.75 D 6/6 HCVA
最後的鏡片度數=隱形眼鏡度數+頂點距離換算的最佳球面度數	-10.75 D

## 第六步：訂片

最後的鏡片訂單將包含：

最終鏡片設計：透氣硬性隱形眼鏡								
<input type="checkbox"/> spherical(球面) <input type="checkbox"/> aspheric(非球面) <input type="checkbox"/> multicurve(多弧)								
Lab(廠造廠名):					Lens name(鏡片名稱):			
	BOZR 基弧	SCR/W 第二道弧 度/寬度	PCR/W 邊弧弧 度/寬度	Diameter 直徑	BOZD 後光學區 直徑	Power 度數	CT 中心厚度	Color 顏色
<b>R</b>								
<b>L</b>	6.66	Flat #2 平2格	Flat #2 平2格	9.4	5.5	-10.75	0.14	blue 藍色
附註：____，以正載體削薄_____交接弧_____中周弧_____								
建議：_____將鏡片基弧以0.05mm為單位加陡變成6.55mm，度數將修正為-11.25D，這是由於周邊較平改變矢深所做的補償								

## 患者取片及回診

以高DK的材質訂製鏡片優化角膜生理健康並以電漿增加配戴的舒適度。告知患者在配戴鏡片時繼續點人工淚液，當患者拿到鏡片時，鏡片配適及視力表現都和使用試片一致。兩周後的回診顯示非常好的效果。建議患者每三個月定期回診以監控鏡片的配適及角膜對鏡片的生理反應且在每六個月的回診時，應重複測量角膜地形圖及角膜厚度。

## 驗配範例： 橢圓形圓錐(重度)

某位49歲的患者進入您的店裡抱怨視力不好，尤其在晚上，而且在最近更換眼鏡處方後仍覺得沒有以前看得清楚，他有過敏病史且由於乾眼症偶爾點人工淚液。無眼睛、個人及家族病史，他也未服用任何藥物。

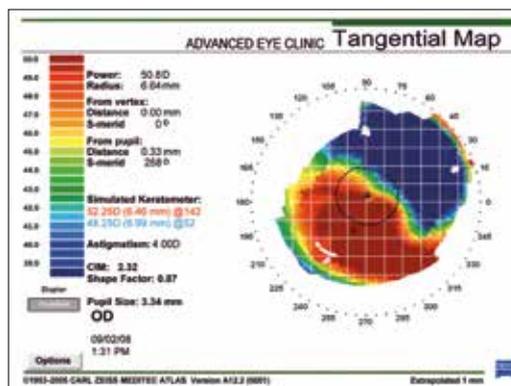


圖3:橢圓形圓錐角膜的角膜地形圖

### 眼睛的測量數據

HVID=11mm、瞼裂寬=10mm、適光環境下的瞳孔大小=3.34mm

雙眼淚液破裂時間：8秒

視網膜鏡：檢查者可看到剪刀狀反射，且由於在上一次回診時注意到的非正交或不規則散光及從順規性到斜軸性散光的度數及軸度改變很難決定最後的度數處方。

矯正視力可達0.8<sup>-2</sup>

裂隙燈顯微鏡檢查：角膜、結膜、眼瞼及睫毛

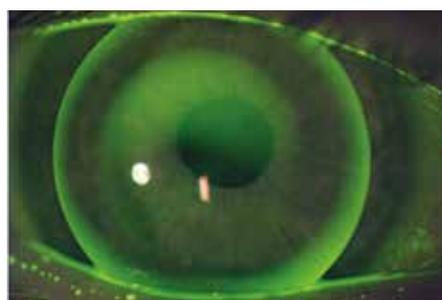


圖4:橢圓形圓錐角膜的螢光圖

徵象	有	無
向下看時在下眼瞼緣觀察到角膜突出的形狀(蒙森氏徵)	■	
弗來舍爾氏環	■	
伏格特氏圓錐角膜紋	■	
上皮下的纖維線條	■	
突出的角膜神經	■	
角膜結痂		■
角膜變薄	■	
新生血管		■
結膜充血	■	
中央角膜染色	■	
周邊角膜染色		■
瞼緣炎		■
瞼板腺功能障礙	■	

## 角膜地形圖

模擬K值 (D, mm)	48.25 (6.99) @052 / 52.25 (6.46) @142
角膜散光 (D)	-4.00 x 052
平均K值	(D, mm) 50.25 (6.7)
陡K值	(D) 54.00
最陡的圓錐直徑	5.5
整體圓錐直徑	6
Q, e 和 p values*	0.87, 0.93, 0.07

\*Q(角膜不規則值) = e<sup>2</sup>, e(角膜離心率)、P(形狀因子) = 1-Q

## 驗配步驟

### 第一步：決定後光學區直徑及鏡片總直徑

此位患者有進展期的橢圓形圓錐角膜，當圓錐變陡時，圓錐的直徑會變更大。固定BOZD的試片會較適合這種病人，因為BOZD較大且和基弧無關，雖然也能驗配任何大BOZD的試片。

圓錐類型		圓錐直徑	BOZD的範圍	鏡片直徑的範圍
橢圓形	重度	6.1 ~ 8.0 mm	8.10 ~ 9.40 mm	10.2 ~ 11.2 mm

驗配者挑選多弧設計加上10.4mm直徑及8.4mm的BOZD為試片

### 第二步：決定鏡片基弧

決定鏡片基弧要考慮兩個參數：第一：角膜散光度(表C)及第二：BOZD的大小(表D)

使用右方的公式將mm的單位改為D：
$$\frac{337.5}{\text{mm 或 D}} = \text{mm 或 D}$$

(參照附錄F：K值轉換表)

**Table C: Corneal Astigmatism**

ΔK (D) 角膜散光度數	BOZR (D) (9.4LD)
-0.25D ~ -3.75 D	平 K (D) - 0.609 x (ΔK)
-4.00D ~ -7.50 D	平 K (D) - 0.491 x (ΔK)*
-7.75D ~ -16.75 D	平 K (D) - 0.354 x (ΔK)

\*7.4的BOZD用平均K

**表D: BOZD大小**

固定的BOZD/鏡片直徑	基弧(mm)
5.25-6.5/8.5-8.8 mm	平均 K (mm) - 0.2 mm
7.2-7.5/9.2-9.6 mm	平均 K (mm)
7.6-8.1/9.8-10.1 mm	平均 K (mm) + 0.15 mm
8.2-8.6/10.2-10.7	平均 K (mm) + 0.2 to 0.3 mm
8.7-9.4/10.8-11.4	平均 K (mm) + 0.4 mm

這種鏡片設計加上鏡片的中央部分的球面，最初挑選的基弧如下：

$\Delta K$ (D)	BOZR (D) (9.4LD/7.4 BOZD)
-4.00 D	平均 K = 50.25 D (6.7 mm)

驗配者挑選的BOZD為8.4mm，鏡片的最終基弧將調整為：

$\Delta K$ (D)	BOZR (D) (9.4LD/7.4 BOZD)	BOZR adjusted
-4.00 D	平均 K = 50.25 D (6.7 mm)	平均 K + 0.25 mm (6.7 + 0.25) = 6.95 mm

### 第三步：挑選試片

10,2-10,6 TD																		
基弧	7.94	7.76	7.58	7.42	7.18	7.11	7.03	6.96	6.89	6.82	6.75	6.68	6.62	6.55	6.49	6.37	6.25	6.14
BOZD	<b>8.20</b>	<b>8.20</b>	<b>8.20</b>	<b>8.20</b>	<b>8.20</b>	<b>8.20</b>	<b>8.40</b>	<b>8.40</b>	<b>8.40</b>	<b>8.40</b>	<b>8.40</b>	<b>8.40</b>	<b>8.60</b>	<b>8.60</b>	<b>8.60</b>	<b>8.60</b>	<b>8.60</b>	<b>8.60</b>
第二道弧度	8.94	8.76	8.58	8.42	7.98	7.91	7.83	7.76	7.69	7.62	7.55	7.48	7.42	7.50	7.40	7.30	7.25	7.20
第二道弧寬度	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
第三道弧度	10.15	10.10	10.00	9.80	8.98	8.91	8.83	8.76	8.69	8.62	8.55	8.48	8.42	8.55	8.40	8.30	8.25	8.20
第三道弧寬度	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
第四道	11.50	11.40	11.30	11.00	10.18	10.11	10.03	9.96	9.89	9.82	9.75	9.68	9.62	9.65	9.55	9.35	9.35	9.25
第四道弧寬度	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
邊弧	12.15	12.15	12.10	12.00	11.68	11.61	11.53	11.46	11.39	11.32	11.25	11.18	11.12	11.00	11.00	10.85	10.80	10.75
邊弧寬度	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
AEL	0.245	0.266	0.287	0.303	0.310	0.319	0.349	0.361	0.373	0.386	0.400	0.415	0.457	0.486	0.501	0.538	0.591	0.644

參照上表多弧試片的參數顯示BOZD是固定的，只會隨著鏡片的直徑而變，而非隨著基弧而變。當鏡片直徑增加時，BOZD也增加。請注意當角膜變陡及e值增加時，鏡片的AEL也會增加。試片如下表所示：

基弧	BOZD/鏡片直徑	周邊的 AEL	鏡片度數
6.95	8.4/10.4	0.36	-8.00 D

### 第四步：鏡片配適評估

評估鏡片跟隨眨眼的中央定位及滑動，然後以鈷藍光及Wratten #12黃色濾光片評估螢光圖，請參照第27頁的流程圖。在此案例，中央的配適是可接受的，但周邊的配適太緊。由於患者角膜有高e值，鏡片標準的AEL無法在眼睛上提供足夠的AEC，故在訂片時藉由增加AEL 0.2mm將周邊放平。

	最初	調整
基弧	6.95	未改變
<b>BOZD</b>	8.4	未改變
鏡片直徑	10.4	未改變
<b>Periphery (AEL)</b>	0.36	0.56

### 第五步：戴鏡驗光以決定最後度數

讓患者配戴試片實施戴鏡驗光以預測鏡片的度數，由於這些患者通常只有少量的殘餘散光，故以視網膜鏡決定度數是困難的，而使用電腦驗光儀可能對這些病人是有幫助的。電腦驗光儀能提供相當好的起點讓您進行主覺式的戴鏡驗光。以戴鏡驗光決定最佳球面度數，若超過-4.00D就需考慮頂點距離再加上試片的度數，即為您想定的鏡片度數。由於角膜的不規則，散光設計無法用來矯正殘餘散光。測量患者高對比的視力值。

隱形眼鏡度數	-8.00 D
以電腦驗光儀進行戴鏡驗光	-6.00/-1.75 x 032
最佳球面度數	-7.00
頂點距離換算/高對比的視力	-6.25D 6/6 HCVA
最後的鏡片度數=隱形眼鏡度數+頂點距離換算的最佳球面度數	-14.25 D

### 第六步：最終的鏡片訂單

最後的鏡片訂單包含：

最終鏡片設計：透氣硬性隱形眼鏡 <input type="checkbox"/> spherical(球面) <input type="checkbox"/> aspheric(非球面) <input type="checkbox"/> multicurve(多弧)										
Lab(廠造廠名):					Lens name(鏡片名稱):					
	<b>BOZR</b> 基弧	<b>SCR/W</b> 第二~四道弧弧度/寬度			<b>PCR/W</b> 邊弧弧度/ 邊弧寬度	<b>Diameter</b> 直徑	<b>BOZD</b> 後光學 區直徑	<b>Power</b> 度數	<b>CT</b> 中心厚 度	<b>Color</b> 顏色
<b>R</b>	6.95	8.0/0.2	9.76/0.2	10.96/0.3	12.25/0.3	10.4	8.4	-14.25	0.16	blue
<b>L</b>										
附註：____，以正載體削薄____ 交接弧 ____ 中周弧 ____ 右眼加點記號 _____										
建議：____ 軸向邊緣翹角 = 0.561 _____										

### 第七步：鏡片運送與回診

以高DK的材質訂製鏡片優化角膜生理健康並以電漿增加配戴的舒適度。告知患者在配戴鏡片時繼續點人工淚液，當患者拿到鏡片時，鏡片配適及視力表現都和使用試片一致。兩周後的回診顯示非常好的效果。建議患者每三個月定期回診以監控鏡片的配適及角膜對鏡片的生理反應且在每六個月的回診時，應重複測量角膜地形圖及角膜厚度。

## 附錄 F: 值轉換表

使用右方的公式將mm的單位改為D:

$$\frac{337.5}{\text{mm 或 D}} = \text{mm 或 D}$$

mm to D

mm	D	mm	D
4.70	71.81	6.65	50.75
4.75	71.05	6.70	50.37
4.80	70.31	6.75	50.00
4.85	69.59	6.80	49.63
4.90	68.88	6.85	49.27
4.95	68.18	6.90	48.91
4.75	71.05	6.95	48.56
4.80	70.31	7.00	48.21
4.85	69.59	7.05	47.87
4.90	68.88	7.10	47.54
4.95	68.18	7.15	47.20
5.00	67.50	7.20	46.88
5.05	66.83	7.25	46.55
5.10	66.18	7.30	46.23
5.15	65.53	7.35	45.92
5.20	64.90	7.40	45.61
5.25	64.29	7.45	45.30
5.30	63.68	7.50	45.00
5.35	63.08	7.55	44.70
5.40	62.50	7.60	44.41
5.45	61.93	7.65	44.12
5.50	61.36	7.70	43.83
5.55	60.81	7.75	43.55
5.60	60.27	7.80	43.27
5.65	59.73	7.85	42.99
5.70	59.21	7.90	42.72
5.75	58.70	7.95	42.45
5.80	58.19	8.00	42.19
5.85	57.69	8.05	41.93
5.90	57.20	8.10	41.67
5.95	56.72	8.15	41.41
6.00	56.25	8.20	41.16
6.05	55.79	8.25	40.91
6.10	55.33	8.30	40.66
6.15	54.88	8.35	40.42
6.20	54.44	8.40	40.18
6.25	54.00	8.45	39.94
6.30	53.57	8.50	39.71
6.35	53.15	8.55	39.47
6.40	52.73	8.60	39.24
6.45	52.33	8.65	39.02
6.50	51.92	8.70	38.79
6.55	51.53	8.75	38.57
6.60	51.14	8.80	38.35

D to mm

D	mm	D	mm	D	mm
38.00	8.88	49.00	6.89	60.00	5.63
38.25	8.82	49.25	6.85	60.25	5.60
38.50	8.77	49.50	6.82	60.50	5.58
38.75	8.71	49.75	6.78	60.75	5.56
39.00	8.65	50.00	6.75	61.00	5.53
39.25	8.60	50.25	6.72	61.25	5.51
39.50	8.54	50.50	6.68	61.50	5.49
39.75	8.49	50.75	6.65	61.75	5.47
40.00	8.44	51.00	6.62	62.00	5.44
40.25	8.39	51.25	6.59	62.25	5.42
40.50	8.33	51.50	6.55	62.50	5.40
40.75	8.28	51.75	6.52	62.75	5.38
41.00	8.23	52.00	6.49	63.00	5.36
41.25	8.18	52.25	6.46	63.25	5.34
41.50	8.13	52.50	6.43	63.50	5.31
41.75	8.08	52.75	6.40	63.75	5.29
42.00	8.04	53.00	6.37	64.00	5.27
42.25	7.99	53.25	6.34	64.25	5.25
42.50	7.94	53.50	6.31	64.50	5.23
42.75	7.89	53.75	6.28	64.75	5.21
43.00	7.85	54.00	6.25	65.00	5.19
43.25	7.80	54.25	6.22	65.25	5.17
43.50	7.76	54.50	6.19	65.50	5.15
43.75	7.71	54.75	6.16	65.75	5.13
44.00	7.67	55.00	6.14	66.00	5.11
44.25	7.63	55.25	6.11	66.25	5.09
44.50	7.58	55.50	6.08	66.50	5.08
44.75	7.54	55.75	6.05	66.75	5.06
45.00	7.50	56.00	6.03	67.00	5.04
45.25	7.46	56.25	6.00	67.25	5.02
45.50	7.42	56.50	5.97	67.50	5.00
45.75	7.38	56.75	5.95	67.75	4.98
46.00	7.34	57.00	5.92	68.00	4.96
46.25	7.30	57.25	5.90	68.25	4.95
46.50	7.26	57.50	5.87	68.50	4.93
46.75	7.22	57.75	5.84	68.75	4.91
47.00	7.18	58.00	5.82	69.00	4.89
47.25	7.14	58.25	5.79	69.25	4.87
47.50	7.11	58.50	5.77	69.50	4.86
47.75	7.07	58.75	5.74	69.75	4.84
48.00	7.03	59.00	5.72	70.00	4.82
48.25	6.99	59.25	5.70	70.25	4.80
48.50	6.96	59.50	5.67	70.50	4.79
48.75	6.92	59.75	5.65	70.75	4.77

## 附錄G: 遠距離視力的轉換表

Snellen (英尺)	Snellen (公尺)	對數	弧分
20/200	6/60	1.0	0.1
20/160	6/48	0.9	0.125
20/100	6/30	0.8	0.2
20/80	6/24	0.7	0.25
20/70	6/23	0.6	0.28
20/63	6/18	0.5	0.32
20/50	6/15	0.4	0.4
20/40	6/12	0.3	0.5
20/32	6/9	0.2	0.64
20/25	6/7.5	0.1	0.8
20/20	6/6	0.0	1.0



隱形眼鏡研究中心  
滑鐵盧大學視光學系  
200 University Avenue West  
Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1  
519 888-4742  
<http://cclr.uwaterloo.ca>