

行政院國家科學委員會補助  
大專學生研究計畫研究成果報告

\* \*\*\*\*\*  
\* 計畫 隱形眼鏡材質抗紫外線輻射之生物防護效用探討 \*  
\* : (II): [週拋] 隱形眼鏡對於紫外線輻射之生物防護功 \*  
\* 名稱 效 \*  
\* \*\*\*\*\*

執行計畫學生： 尹翠萍  
學生計畫編號： NSC 101-2815-C-040-027-B  
研究期間： 101年07月01日至102年02月28日止，計8個月  
指導教授： 陳伯易

處理方式： 本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

執行單位： 中山醫學大學視光學系

中華民國 102年01月31日

# 隱形眼鏡材質抗紫外線輻射之生物防護效用探討(II)：

## 〔週拋〕隱形眼鏡對於紫外線輻射之生物防護功效

尹翠萍 (Cuiping Yin)

指導老師：林培正 教授 (David Pei-Cheng Lin, PhD)

陳伯易 副教授 (Bo-Yie Chen, PhD)

### ● 研究成果報告

#### 一、 摘要：

紫外線在生活中無所不在，過度照射紫外線會對眼球表面造成無法彌補的傷害。紫外線容易對眼睛造成強光性角結膜炎，而紫外線中又以紫外線B(UV-B)所造成的傷害最大，尤其是對角膜與水晶體有明顯的傷害。雖然目前在市場上販售之隱形眼鏡在外盒都有標榜抗紫外線〈UV-A；UV-B〉的能力，但其抗紫外線之能力皆是以物理光學的儀器測量，並未真正在生物體上實證其有抗紫外線的能力。此外，雖然在我們過去的物理實驗中，證實了隱形眼鏡擁有阻斷紫外線的能力，但是目前並無明確的實驗數據說明若是隱形眼鏡連續使用七天後，是否依然存在抗紫外線的能力？針對此議題，我們以小鼠實驗去驗證週拋的隱形眼鏡是否具有抗紫外線〈UV-B〉的實質功效。在本研究中，我們使用ICR品系的小鼠並分為五組：(1)空白對照組 (2)紫外線組 (3) A廠牌(Etafilcon A)隱形眼鏡+UV-B (4) B廠牌(Vifilcon A)隱形眼鏡+ UV-B (5) C廠牌(HEMA+MA)隱形眼鏡+ UV-B。UV-B的照射劑量為0.72 J/cm<sup>2</sup>/daily。0.72 J/cm<sup>2</sup>之劑量相當於中央氣象局曬紅劑量第IV組。小鼠照射UV-B七天後，第八天將小鼠麻醉並觀察角膜平滑度( Corneal smoothness test )、角膜損傷染色( Corneal staining test )與組織染色分析(HE, IHC stain)等評估角膜受UV-B所造成的損害程度。實驗結果發現：不使用週拋隱形眼鏡並照射UV-B小鼠相較陰性對照組(Bland control)小鼠受損程度，其角膜的平滑度、損傷染色、組織染色分析程度都較對照組來得嚴重。使用週拋隱形眼鏡可以使小鼠眼睛受傷程度減低，但非所有週拋隱形眼鏡廠牌皆可達到降低UV-B使眼睛損害的效果，A、C廠牌抗UV-B的效果遠大於B牌。另外，我們在物理光學的初步測試中有驚人的發現，隱形眼鏡阻斷UV的能力，會隨著使用時間的增加，而降低其對角膜的保護能力。

**關鍵字：**抗紫外線、UVB、隱形眼鏡、衰退

## 二、 方法：

A.實驗器材：ICR 品系母鼠(週齡：10 週)、紫外線照射燈、紫外線防護箱、Avertin 麻醉藥、週拋隱形眼鏡(隱形眼鏡為同度數)、軟套夾、保存水盒

B.隱形眼鏡介紹：

(a)隱形眼鏡主要分成兩大類：

I.硬式：

硬式隱形眼鏡材質主要為：

有機玻璃(Polymethyl methacrylate · P-MMA)、矽氧烷丙烯酸(Siloxane Acrylates · SAS) 俗稱為「矽膠」、氟矽氧烷丙烯酸(Fluoro-Siloxane Acrylates, FSAs) 俗稱為「氟矽膠」兩大類。硬式材質的特性是不含水。

II.軟式：

軟式隱形眼鏡材質主要為：水膠(Hydrogel)、矽膠(Silicone)、矽水膠(Silicone hydrogels)。

軟式隱形眼鏡由材質含水量多寡及材質是否有離子性又可分為四類：

第一類：低含水量 (<50%水份)、表面不帶電荷。

第二類：高含水量 (>50%水份)、表面不帶電荷。

第三類：低含水量 (<50%水份)、表面帶電荷。

第四類：高含水量 (>50%水份)、表面帶電荷。

含水量/離子性	含水量 < 50%	含水量 > 50%
無離子性	第一類	第二類
有離子性	第三類	第四類

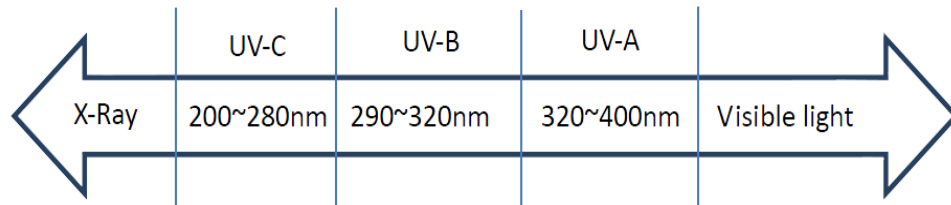
(b)隱形眼鏡的益處：

1.美觀 2.較眼鏡方便 3.抗UV

(c) 目前市場上所販售之多家隱形眼鏡標榜其產品有抗UV-B之功效。但卻沒有明確的證據，說明隱形眼鏡在生物體上的確有抗UV-B之功效。

C. 紫外線(UV)的介紹

(a)紫外線在日常生活中可分為三類：



I. UV-A：波長介於320~400奈米，可穿透雲層、玻璃進入室內及車內，許多室內燈、美容沙龍燈皆為UV-A。

II. UV-B：波長介於290~320奈米，會被平流層的臭氧所吸收，會引起白內障、紫外線炎、眼瞼癌。UVB致癌性最強。

III. UV-C：波長介於200~280奈米，波長更短、更危險，可被臭氧層所阻隔

不會到達地球表面，較不會侵害眼部。

(b)皮膚曬紅狀況：

一般來說，對於不同種類的皮膚，在一定能量的陽光曝曬下，會產生不同的反應，根據中央氣象局的分類結果，我們可將皮膚對太陽紫外線的反應分成：

- I.從未曬黑/總是曬紅
- II.有時曬黑/時常曬紅
- III.時常曬黑/有時曬紅
- IV.總是曬黑/極少曬紅

各類皮膚曬紅所需的能量如下表所示：

不同皮膚對紫外線反應情形	皮膚曬紅所需之能量
I、從未曬黑/總是曬紅	1~3百焦耳/平方公尺
II、有時曬黑/時常曬紅	3~5百焦耳/平方公尺
III、時常曬黑/有時曬紅	4~7.5百焦耳/平方公尺
IV、總是曬黑/極少曬紅	5~12百焦耳/平方公尺

D.紫外線對眼睛的常見傷害

- (a)白內障：低量與長時間曝露在太陽下所造成的傷害，在高強度紫外線地區照射的人，白內障形成的年齡會比在低度照射地區來得早，在戶外工作者也比室內工作者早發生。水晶體會吸收大部份的紫外線，攔阻這部份光線進入眼球，避免視網膜受到傷害，而水晶體因紫外線使其纖維中不溶性的蛋白質含量逐漸增加，而形成白內障。
- (b)翳狀贅片俗稱眼翳，一般認為其發生與與長期紫外線輻射UVA及UVB有密切的關聯。症狀為眼睛容易充血發紅，嚴重者甚至會影響視力。
- (c)雪盲在雪地由於乾淨的新雪會反射高達85%的UV，此種由地面反射來的UV，若無特別的防護，極易使眼睛受傷，就是所謂的雪盲。在沙漠和海邊沙灘也有類似的情形，不過其反射率約只有70%。而一般的土壤地面，反射率約只有2.5%，因此農夫等田野工作者，並不易遭至如雪盲的傷害。但短時間曝露在大量的UV下也會產生傷害。
- (d)視網膜病變白內障手術後無晶體症，或裝入人工水晶體者，同樣沒有水晶體吸收UV，因此這些UV會由視網膜吸收，很可能是造成老年性視網膜病變的一個因素。現代的人工水晶體多已加入吸收UV物質來保護手術後之視網膜，有些藥物會加強紫外線對身體產生的傷害，例如：磺胺藥、四環素、某些利尿劑、鎮定劑及口服避孕藥等，因此正服用這些藥物者更應特別注意防止UV的傷害。對於全身的保护應包括避免曝露在大太陽下，穿

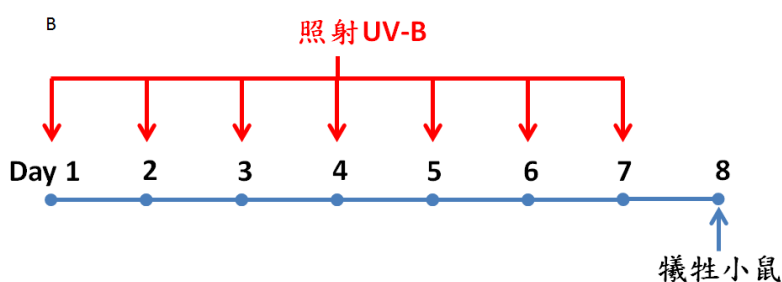
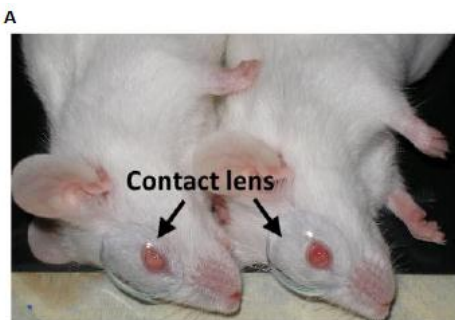
戴抗UV的衣帽，用防曬油保護皮膚等；對於眼部則以寬緣帽及能阻絕UV的太陽眼鏡保護眼睛。

- (e) 強光性角膜炎常見電焊工人因電弧光所造成的強光性角結膜炎。電焊會產生大量波長210至320nm高能量的UV，對生物體具有極大之殺傷力，若無適當的保護，角結膜表皮細胞將受到傷害。另外，在裝置有紫外線殺菌燈的實驗室、手術房、冷藏庫中的工作者，也常會意外的曝露在紫外線下而造成同樣的傷害。

<資料來源：<http://www.kmu.edu.tw/~kmcj/data/9007/4744.htm>>

#### E. 實驗方法：

- (a) 將ICR小鼠分成5組(4組實驗組、1組陽性對照組)，每組2隻小鼠。分別為：
- (I) 空白對照組(Blank control)：不使用隱形眼鏡、不照射紫外線B
  - (II) 紫外線照射組(UV-B group)：不使用隱形眼鏡+UV-B照射
  - (III) A廠牌隱形眼鏡-材質Etafilcon A(Contact lens Group A) +UV-B照射
  - (IV) B廠牌隱形眼鏡-材質Vifilcon A(Contact lens Group B) +UV-B照射
  - (V) C廠牌隱形眼鏡-材質HEMA+MA(Contact lens Group C) +UV-B照射
- (b) 小鼠配戴隱形眼鏡如圖A所示，隱形眼鏡覆蓋於眼球表面後，接受UV-B暴曬。以波長312nm的UV-B每天照射0.72J/cm<sup>2</sup>為期七天，如圖B所示。



Day 8 實驗流程：以麻藥麻醉小鼠後→使用角膜平滑度(Corneal smoothness text)、角膜損傷染色(Corneal staining text)以上方法觀察角膜的損傷程度→斷頸法犧牲老鼠→取出眼球與眼瞼組織  
取出的眼球與眼瞼組織：放入固定液→脫水處理→組織包埋處理→以5μm厚度進行組織切片→進行H-E stain(Hematoxylin Eosin)及組織免疫化學染色(immunohistochemistry, IHC)分析。

### 三、 實驗分析：

#### A. 實驗方法：

- (a) 空白對照組( Blank control )：不使用隱形眼鏡、不照射紫外線B
- (b) 紫外線照射組( UV-B group )：不使用隱形眼鏡+UV-B照射
  - ( I )第一天開始注射Avertin 麻藥並照射紫外線B
  - ( II )每天實施以上一步驟
  - ( III )第八天，麻醉小鼠後使用角膜平滑度( Corneal smoothness text)、角膜損傷染色( Corneal staining text)以上方法觀察角膜的損傷程度。
- (c) A廠牌隱形眼鏡-材質Etafilcon A (Contact lens Group A) +UV-B照射
  - ( I )第一天開始注射Avertin 麻藥並在小鼠眼上覆蓋A廠牌隱形眼鏡後照射 紫外線B
  - ( II )每天實施以上一步驟
  - ( III )第八天，麻醉小鼠後使用角膜平滑度( Corneal smoothness text)、角膜損傷染色( Corneal staining text)以上方法觀察角膜的損傷程度。
- (d) B廠牌隱形眼鏡-材質Vifilcon A(Contact lens Group B) +UV-B照射
  - ( I )第一天開始注射Avertin 麻藥並在小鼠眼上覆蓋B廠牌隱形眼鏡後照射 紫外線B
  - ( II )每天實施以上一步驟
  - ( III )第八天，麻醉小鼠後使用角膜平滑度( Corneal smoothness text )、角膜損傷染色( Corneal staining text )以上方法觀察角膜的損傷程度。
- (e) C廠牌隱形眼鏡-材質HEMA+MA(Contact lens Group C) +UV-B照射
  - ( I )第一天開始注射Avertin 麻藥並在小鼠眼上覆蓋C廠牌隱形眼鏡後照射 紫外線B
  - ( II )每天實施以上一步驟
  - ( III )第八天，麻醉小鼠後使用角膜平滑度( Corneal smoothness text)、角膜損傷染色( Corneal staining text)以上方法觀察角膜的損傷程度。

#### B. 實驗目的：

##### (a) 角膜平滑度(Corneal smoothness test)的檢驗：

實驗結果發現，UV 會使角膜平滑度下降。平滑度的降低會形成不規則的角膜曲率，容易形成高階像差或是散光。如果隱形眼鏡擁有實質的 UV 防護，則小鼠的角膜會保持平滑度；若隱形眼鏡沒有防護功能，則小鼠角膜的平滑度則降低。

##### (b) 角膜損傷程度(Corneal staining test )的染色試驗：

實驗結果發現，UV-B 會使角膜表面細胞受損。角膜表面細胞受損會使角膜抵抗外物入侵的能力降低，當微生物侵入受傷的角膜，更容易造成不可逆的傷害且形成更大的後遺症。如果隱形眼鏡擁有實質的 UV-B 防護，則小鼠的角膜表面細胞受損的情況會減少；若隱形眼鏡沒有防護功能，則小鼠角膜表面細胞受損的情況會十分嚴重。

分級	0	1	2	3	4
角膜損害染色	無染色	小於1/4區域	小於1/2區域	小於3/4區域	大於3/4區域

(c)組織染色分析(HE, IHC stain)：

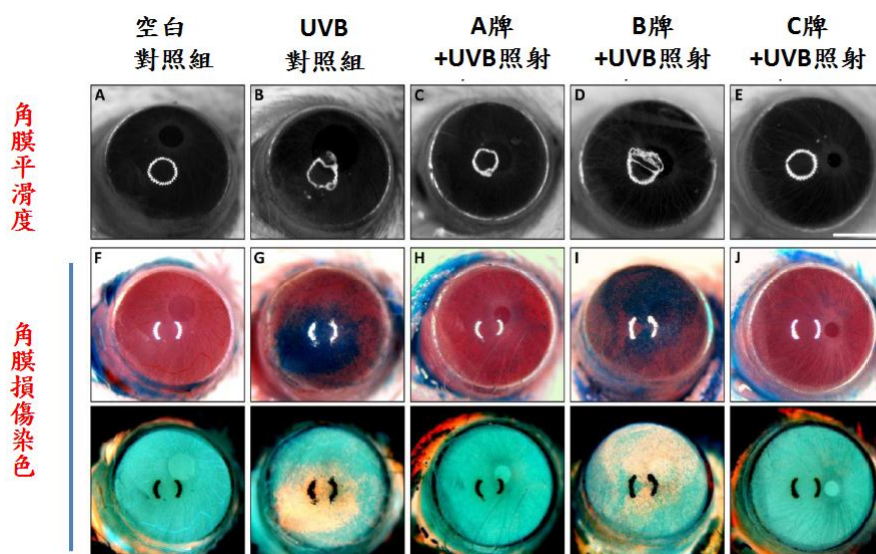
實驗結果發現，UV-B 會使角膜上皮細胞層變薄、細胞發炎及基礎細胞數量下降。角膜上皮細胞層變薄即表示細胞受損、死亡，使角膜表面的平滑度降低，造成眼睛成像能力變差、抵抗病菌力下降。細胞發炎、基礎細胞數量下降表示細胞抵抗力下降，使外來病菌有機可乘，損害上皮細胞。如果隱形眼鏡擁有實質的 UV-B 防護，則小鼠的角膜上皮細胞厚度會維持正常，不產生發炎反應；若隱形眼鏡沒有防護 UV-B 的功能，則小鼠角膜上皮細胞厚度愈薄，細胞發生浸潤現象嚴重，使視覺能力下降。

(d)UV-B 測量儀器：

單純以物理性儀器測量隱形眼鏡才質是否有抗 UV-B

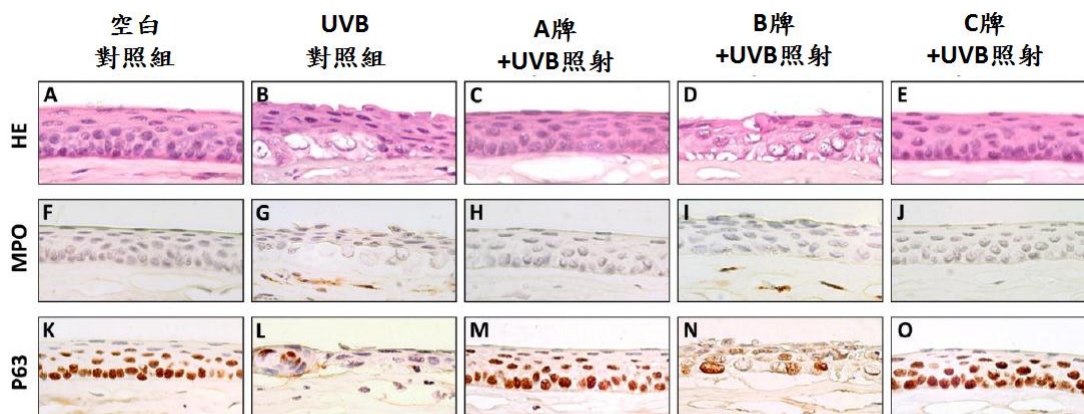
C.實驗結果：

(a)角膜平滑度、角膜損傷染色：



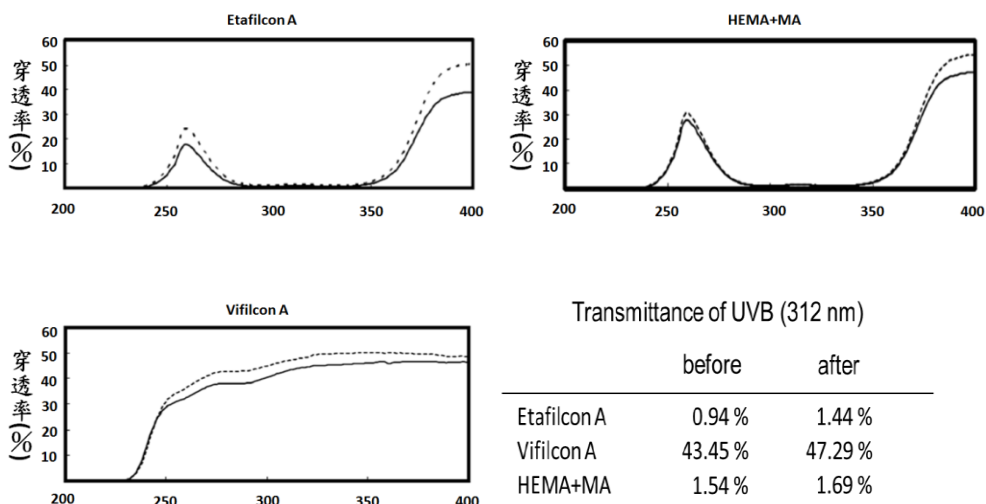
實驗發現角膜在接受 UVB 的暴露後，紫外線對照組(Fig. B.)的角膜平滑度不如空白組(Fig. A.)來得平順、平整且角膜損傷染色上也明顯的顯示 UV-B 對照組(Fig.G.)表面細胞有嚴重的受損以及死亡，空白對照組(Fig. F.)則構造完整、無染色。若配戴 A 牌- Etafilcon A (Fig. C, H.)和 C 牌-HEMA+MA ( Fig. E, J.)材質的「週拋」隱形眼鏡，可減緩 UVB 對於角膜組織所產生的危害。實驗結果明顯的呈現 B 牌-Vifilcon A(Fig. D, I.)角膜平滑度、損傷染色的表現對於抗 UVB 的功能最低。

(b)組織染色分析：



實驗發現角膜在接受 UV-B 的暴露後，紫外線對照組(Fig. B.)的上皮組織厚度比空白組(Fig. A.)薄且上皮細胞不平整，紫外線對照組甚至有嚴重的浸潤現象(Fig. G.)明顯的顯示紫外線對照組(Fig.G, L.)有嚴重的細胞受損以及死亡，空白對照組細胞數量正常、完整。若配戴 A 牌- Etafilcon A (Fig. C, H, M.)和 C 牌-HEMA+MA ( Fig. E, J, O.)材質的「週拋」隱形眼鏡，可減緩 UV-B 對於角膜上皮細胞所產生的危害。實驗結果明顯的呈現 Vifilcon A(Fig. D, I, N.)對於抗 UV-B 的效益最低。(P63：眼角膜基礎細胞的細胞標記；MPO：發炎細胞的細胞標記)

(d) UV 穿透率檢測儀器：



比較三種材質的隱形眼鏡 Etafilcon A、Vifilcon A、HEMA+MA 接受 UV-B 照射之前與照射之後的穿透率，整體來看 UV-B 穿透率都有上升的趨勢。說明隨著週拋隱形眼鏡的使用，抗 UV-B 輻射的能力會下降，尤其 VifilconA 材質穿透率的數值遠比其他兩種材質的數值高出許多。



#### 四、 結果與討論：

以角膜表面的平滑度及損傷度染色這兩種外部觀察發現，UV-B明顯造成角膜的不平整；若以HE染色觀察上皮細胞組織，發現UV-B會傷害角膜組織、細胞死亡、數量減少而使上皮細胞層的厚度降低；以IHC-P63染色分析上皮細胞，觀察到可被標記的眼角膜基礎細胞的細胞減少，表示UV-B傷害眼角膜基礎細胞；以IHC- MPO染色分析觀察到細胞的浸潤、發炎現象，表示角膜上皮細胞阻擋外來傷害的能力降低而發生發炎反應。結果顯示，UV-B照射會造成角膜上皮細胞的受損。

Etafilcon A與HEMA+MA使用前的UV-B穿透率分別為0.94%與1.54%，透過檢測UV-B穿透率儀器的檢測，確認了Etafilcon A與HEMA+MA兩款隱形眼鏡對於阻擋UV-B穿透的效果最好，而Vifilcon A UV-B的穿透率為43.45%，阻擋UV-B穿透的效果最低。我們再利用角膜平滑度(Corneal smoothness test)、角膜損傷程度(Corneal staining test)、組織染色(HE, IHC stain)等分析，分別測試三種不同材質的隱形眼鏡照射UV-B後所造成的影響，發現使用Etafilcon A與HEMA+MA兩種不同材質的週拋隱形眼鏡比起Vifilcon A更可有效的降低UV-B對角膜組織造成的傷害與發炎現象。本實驗結果證明，市面上以光學儀器檢測出具有抗UV的能力的鏡片，在生物體上並非絕對有抗UV-B的實質效果，所以本實驗對於檢測隱形眼鏡抗UV能力的精確性具有重大的意義。

此外，雖然市售的隱形眼鏡皆標示具有抗UV的能力，但並未明確指出其有效保護期限，也沒有確切數據能說明在長時間的使用後其抗UV能力是否會有變化。因此，根據本實驗的結果顯示，隨著使用時間的增加，此三款隱形眼鏡抗UV-B的能力皆會有下降的現象，其中Vifilcon A材質對於抗UV-B能力的衰退率更高達3.84%。

本研究主要的貢獻為提供實質的生物體證據來說明「隱形眼鏡」材質與抗UV-B輻射能力的關係，將來亦可發展成「生物測試平台」，以供國家衛生醫療機構用以評估市售「隱形眼鏡」抗UV-B能力的實質效果、程序與規格，以保障消費者購買隱形眼鏡的權益。本研究以ICR品種的小鼠建立隱形眼鏡生物體平台的檢測，建立隱形眼鏡抗UV功能的臨床意義與重要性。希望對於市面上標榜具有抗UV功能的隱形眼鏡商品皆能透過此生物體實驗的平台來加以認證，並提供隱形眼鏡外盒標示明確抗UV等級能力的實質證據，以建立消費者或國家衛生相關機構對於隱形眼鏡此商品的信心，同時益於市場行銷與發展。本研究將非常有助於隱形眼鏡科技產業對於抗UV能力的發展，以提升消費者使用更高品質隱形眼鏡的權利。

## 五、 參考文獻：

1. 隱形眼鏡學 Contact Lenses 王滿堂 藝軒圖書出版社
2. 一般眼科學 江尚宜 編譯 合計圖書出版社發行
3. 眼解剖生理學 Anatomy and physiology of the Eye 曾廣文 許淑芬 關孫翔 沈秉衡 編著 華格那企業有建公司發行
5. 揭開紫外線的奧秘 劉銘龍 柳中明 黃韋菁 合著 台灣地球日出版社發行
6. Ophthalmology and Visual Sciences
7. 中央氣象局：<http://residence.educities.edu.tw/atom/taco/note34.htm>
9. Cornea Structure and Function Washington University Physicians
10. CLINICAL PROCEDURES FOR OCULAR EXAMINATION ; Nancy B. Carlson ,Daniel Kurtz
11. Johnson：<http://www.acuvue.com.tw/>
12. UVB-induced epidermal pigmentation in mice eyes with no contact lens wear and non-UVB blocking and UVB blocking contact lens wear. Hiramoto K, Kobayashi H, Yamate Y, Ishii M, Sato T, Inoue M. Cont Lens Anterior Eye. 2013 Feb;36(1):28-31.
13. A Class I UV-blocking (senofilcon A) soft contact lens prevents UVA-induced yellow fluorescence and NADH loss in the rabbit lens nucleus in vivo. Giblin FJ, Lin LR, Simpanya MF, Leverenz VR, Fick CE. Exp Eye Res. 2012 Sep;102:17-27.
14. Inhibition of lens photodamage by UV-absorbing contact lenses. Andley UP, Malone JP, Townsend RR. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011 Oct 21;52(11):8330-41.
15. Ultraviolet absorption by contact lenses and the significance on the ocular anterior segment. Chandler H. Eye Contact Lens. 2011 Jul;37(4):259-66.
16. Ultraviolet absorption by contact lenses and the significance on the ocular anterior segment. Chandler H. Eye Contact Lens. 2011 Jul;37(4):259-66.
17. Ultraviolet radiation as a risk factor for cataract and macular degeneration. Roberts JE. Eye Contact Lens. 2011 Jul;37(4):246-9.
18. A class I (Senofilcon A) soft contact lens prevents UVB-induced ocular effects, including cataract, in the rabbit in vivo. Giblin FJ, Lin LR, Leverenz VR, Dang L. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011 Jun 1;52(6):3667-75.
19. In vitro ultraviolet-induced damage in human corneal, lens, and retinal pigment epithelial cells. Youn HY, McCanna DJ, Sivak JG, Jones LW. Mol Vis. 2011 Jan 21;17:237-46.
20. Prevention of UV-induced damage to the anterior segment using class I UV-absorbing hydrogel contact lenses. Chandler HL, Reuter KS, Sinnott LT, Nichols JJ. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2010 Jan;51(1):172-8.
21. Novel method for determining hydrogel and silicone hydrogel contact lens transmission curves and their spatially specific ultraviolet radiation protection factors. Walsh JE, Koehler LV, Fleming DP, Bergmanson JP. Eye Contact Lens. 2007 Mar;33(2):58-64.