

# 2023 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100006

參展科別 工程學

作品名稱 PBC~ A home-use detection device for brain tumors that compress the brain stem and optic nerve

得獎獎項 四等獎

就讀學校 桃園市私立育達高級中學

省立桃園高級中學

新興學校財團法人桃園市新興高級中等學校

指導教師 林自明

作者姓名 張李駿、陳正綸、歐陽知皓

關鍵詞 pupil detection、OpenCV、mcu

## 作者簡介



## 摘要

腦部腫瘤是沉默殺手，藏匿在腦中數十年。一旦發作，通常都會造成巨大的影響。雖有數種高階儀器，可以檢測。但檢測過程繁複、等待時間以及價格，對於民眾都是不小的負擔。

腦部腫瘤的診斷方式為：神經內、外醫生會用筆燈對患者做初步的瞳孔光反應檢查。藉由患者瞳孔縮小的速率，判斷是否要安排進階的檢查。但此行為仰賴醫生的經驗，沒有統一的方法及數據可供判斷。

本研究設計一款成本約\$1,300 元，重量僅 159 g，圓柱直徑與柱高皆約為 7cm 的隨身裝置。藉由 MCU 控制攝影機，頂部 1.44 吋 TFT 螢幕可即時顯示患者眼部狀態，檢查結果計算後，也會立即顯示在螢幕上。除提供醫護人員即時數據化的解讀患者狀態。更協助醫護人員在做瞳孔光刺激檢查時，有科學化的標準。

## Abstract

Brain tumors are silent killers, hiding in the brain for decades. Once it occurs, it usually has a huge impact on our health. Although lots of advanced instruments can detect brain tumors the complicated process, long waiting time and the price of testing is not a small burden for the public.

The diagnosis method of brain tumor is as follows: Neurologists and neurosurgeons will use a penlight to perform a preliminary pupillary light response examination on the patient. Based on the rate of the patient's pupillary constriction, he will determine whether to arrange an advanced examination. However, this behavior relies on the experience of doctors, and there is no unified method and data for judgment.

This research designs a portable device with a cost of about \$1,300, a weight of only 159 g, and a cylinder diameter and height of 7cm. The camera is controlled by the MCU, and the top 1.44-inch TFT screen can display the patient's eye status in real-time. After the examination result is calculated, it will also be displayed on the screen immediately. In addition to providing medical staff with real-time data interpretation of patient status. It also helps medical staff to have scientific standards when doing pupillary light stimulation examinations.

## 壹、研究動機

腦部腫瘤生成的原因，目前醫學界尚未有定論。僅暫時將腦腫瘤分類為原發性與轉移性<sup>[01]</sup>。轉移性腦瘤通常又稱為轉移性腦癌，成因為患者本身罹患其他癌症，癌細胞經由血液轉移到腦部，形成腫瘤。此狀況通常因為已經有其他部位的癌症，所以相對原發性腦瘤，較易被發現。而原發性腦瘤，成長的速度很緩慢，通常患者不易察覺，大多是因為發生意外事故甚至是發生遺憾後，才會發現。新聞回顧：

2022年10月07日，女星陳筱蓓在個人臉書上分享了她個人罹患聽神經瘤的治療過程，提到了因為腦幹受到腫瘤壓迫變形，導致種種的身體不適。<sup>[02]</sup>

2021年11月26日晚上，有位中年女性，沒有三高，卻頭痛三年，眼睛時常會脹痛且淚流不止，在一次運動過後，頭部劇痛病昏迷，送醫發現是腦動脈瘤破裂，所幸經過搶救，救回一命，日前已經康復出院。<sup>[03]</sup>

2021年11月23日奇美醫學中心加護醫學部主治醫師陳志金在個人臉書上分享他的行醫故事。經過與患者的聊天，他發現患者一個月內車禍兩次的原因是因為眼睛視野縮小到如同進入隧道般。因此才會沒注意到周圍環境狀況，進而造成車禍意外。<sup>[04]</sup>

以上的新聞主角在發現罹患腦部腫瘤前，身體都已經有明顯的不適，有暈眩、腳步不穩、視力受到影響…等。但礙於個人的醫學知識侷限，都未能提早就醫。所幸雖然都經歷一段辛苦的治療過程，但總歸是驚險的平安度過。

根據台灣神經外科醫學會統計108年<sup>[05]</sup>，台灣民眾在各級醫院總計共有4452例腦部手術，其中95.01%集中在下表列出的前8大醫療院所。根據診斷內容統計，腦部手術患者術前約有91.23%有偶發性行走不順以及視力障礙問題。

表一：台灣神經外科醫學會108年統計

醫院	神經外科 住院	A 腦瘤開刀	占比	B 腦血管開刀	占比	A+B
林口長庚	7644	799	10.45%	310	4.06%	14.51%
台北榮總	5092	717	14.08%	137	2.69%	16.77%
臺大醫院	2715	447	16.46%	106	3.90%	20.37%
中國醫大	4802	319	6.64%	142	2.96%	9.60%
台中榮總	2577	296	11.49%	120	4.66%	16.14%
高雄長庚	2856	266	9.31%	79	2.77%	12.08%
高雄醫大	2972	228	7.67%	72	2.42%	10.09%
成大醫院	1539	158	10.27%	34	2.21%	12.48%

目前神經內科判定患者是否罹患腦部腫瘤的流程是：根據患者的自述，醫生會先做初步的診斷，並做簡易的神經學測試，例如藉由筆燈的照射去檢查患者的瞳孔，並觀察瞳孔受到光線刺激後縮小的速度，來初步判斷患者是否可能罹患腦部腫瘤的狀況。當醫生做完初步檢測後，會再依據收集到的資料，決定是否安排進一步的檢查，例如：電腦斷層(CT)或是更高階的核磁共振(MRI)。當患者確定罹患腦瘤並手術完後，神經外科醫生或是神經外科專科護理師每日查房時，也是需要利用筆燈來檢查患者術後的瞳孔對光刺激的反應，來判定患者術後的狀況。

## 貳、研究目的

用筆燈來對患者做瞳孔對光刺激的反應，在確認腦部腫瘤患者的術前術後，是一個很重要的步驟。但這步驟長久以來取決於操作的醫護人員的經驗。縱使操作人員是經驗豐富的醫護人員。礙於設備及操作方式，亦無法定性及定量的去記錄患者的瞳孔變化過程。

為了解決此一問題，我們希望藉由現在發展進步的 MCU(microcontroller)，來為醫護人員設計一款專用的儀器。除了可以避免因為經驗的落差，造成患者狀態判讀的失誤，更希望能藉由數據的收集，來協助醫護人員能更準確的判讀患者狀態，除了能達到早期發現，早期治療的目的，也希望減少不必要的高階醫療儀器的使用，節省有限的健保資源。

## 參、研究方法及過程

### (一)現行瞳孔簡易的檢測方法



圖一：醫生用筆燈檢查患者對光刺激瞳孔的反應<sup>[06]</sup>



圖二：筆燈<sup>[07]</sup>

目前當醫生在門診時或者是查房時，若須檢測患者的瞳孔對光刺激的反應。會採用上圖一的方式。用手稍微接觸患者的眼眶周圍，並用筆燈照射患者的眼球中間。同時觀察患者瞳孔對光刺激的反應。此方式相當的簡便，成本也低廉。但準確度就需要靠醫生的經驗，且判斷出的讀數，亦是自由心證。無統一的標準。且因為無過濾光反射的裝置，時常會出現資淺醫護人員需反覆照射患者瞳孔，以求確認狀況的窘境。

(二)現行檢測瞳孔的儀器



圖三：裂隙燈<sup>[08]</sup>



圖四：NeurOptics' NPi®-300<sup>[09]</sup>

表二：現有儀器比較表

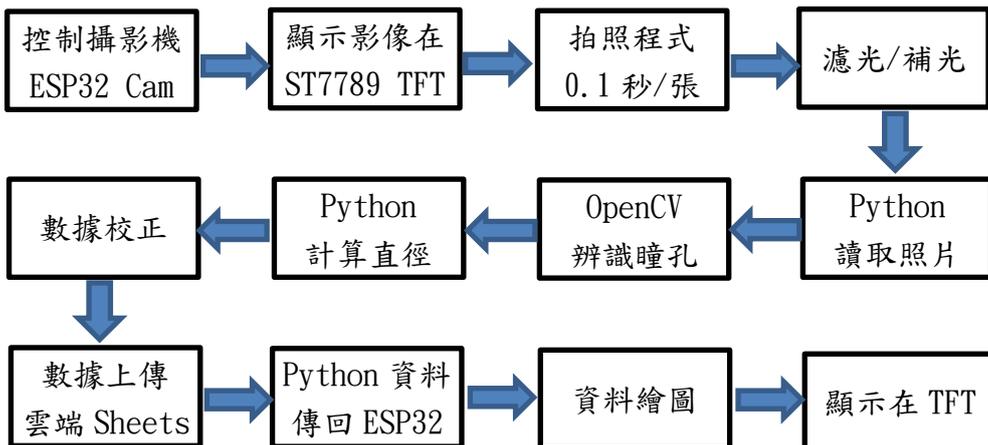
名稱	裂隙燈	NeurOptics' NPi®-300
用途	用於檢查眼瞼、結膜、鞏膜、角膜、虹膜、瞳孔、水晶體…等。	測量瞳孔大小
售價	\$350,000 起	\$180,000 起
優點	可完整檢查眼睛狀態	體積、重量相對輕便
缺點	體積大、重量重，造價高	功能單一、售價高

專業眼科檢查儀器，可以克服簡易檢測設備的困境。但有以下幾點缺點：

1. 體積大，重量重。
2. 不易隨身攜帶。
3. 造價不菲。

因此，我們希望能藉由 MCU(Microcontroller Unit)設計出一款，製作低成本，體積小的隨身裝置。來協助醫護人員在臨床診斷及照護上，能更簡便及準確。

(三)研究流程圖



#### (四)研究成品

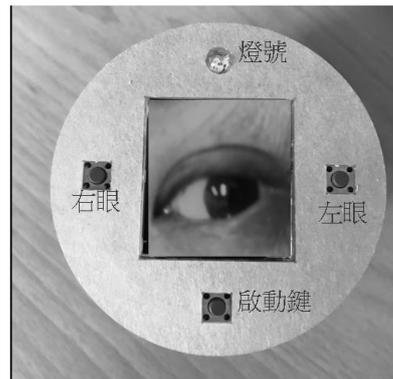
我們的研究目標很明確，要將用筆燈檢查瞳孔的行為量化。用 MCU 來當作運算平台，藉由程式的協助，計算出瞳孔的直徑與受光刺激時的變化。

我們將成品名稱取為 PBC，P 代表的是保護(Protect)，B 代表的是腦部(Brain)，C 代表的是作品的形狀圓柱體(Cylinder)，更代表的是夥伴(Companion)。以下是本成品的介紹。

##### A. PBC 成品圖

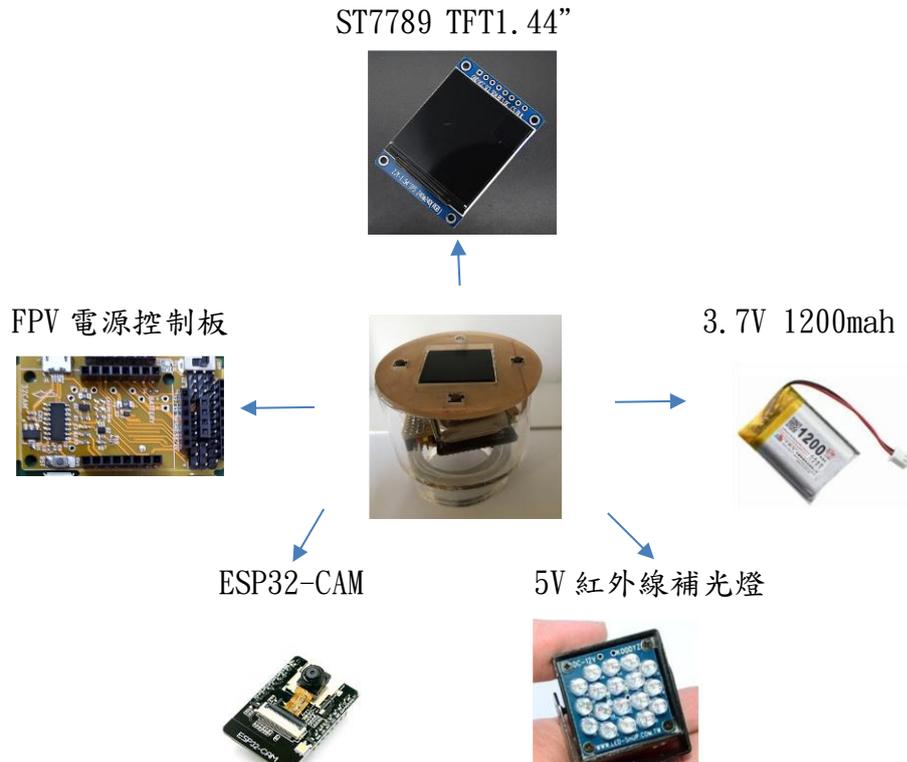


圖五：成品圖



圖六：面板按鍵說明

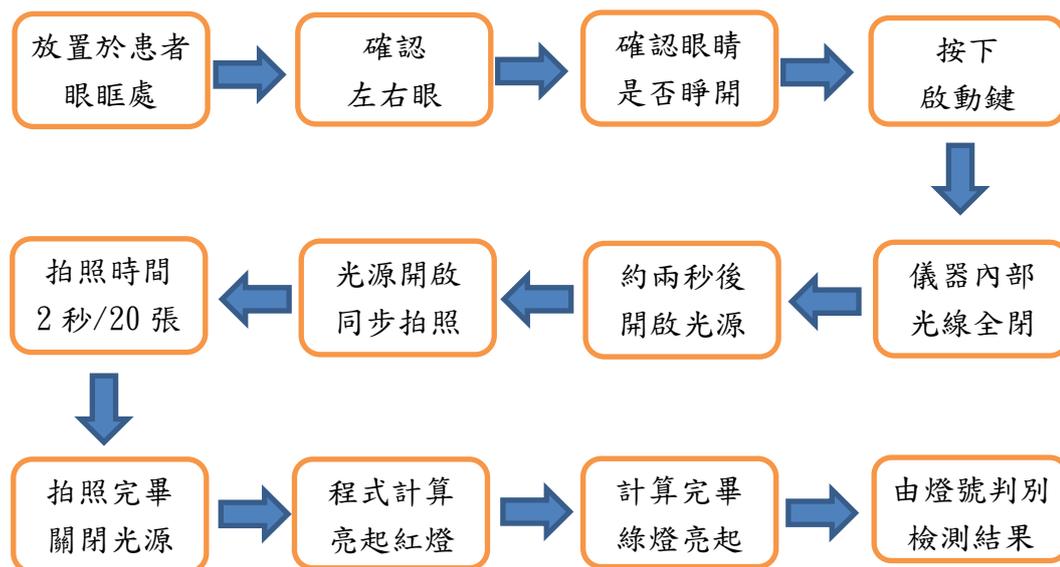
##### B. PBC 分解圖



C. PBC 完整運作流程：



PBC 原本是透明的材質，但實際使用時，為了避免環境光源影響拍照的結果，所以我們將周圍用黑色不透光膠帶全部貼起來，有效提高拍照的效果。



(五)成品功能測試：

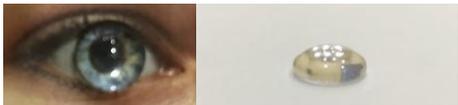
A. 人造眼珠

在進入人體實驗前，我們要先確認研發的裝置測量的準確度，以及模擬角膜反光的狀態。因此選用下列數種材質來做模擬實驗。

(A)材料說明

編號	項目名稱	表面材質	規格
01	塑膠眼珠	塑膠	直徑 12mm
02	塑膠眼珠	塑膠	直徑 14mm
03	半球形玻璃眼珠	玻璃	直徑 12mm
04	半球形玻璃眼珠	玻璃	直徑 14mm
05	正圓形玻璃眼珠	玻璃	直徑 12mm
06	正圓形玻璃眼珠	玻璃	直徑 14mm

(B)材料圖示

編號	項目名稱	圖示
01	塑膠眼珠	
02	半球形玻璃眼珠	
03	正圓型玻璃眼珠	

(C)實驗用人造眼球說明

採用兩種不同材質的人造眼球目的是為了瞭解不同材質對於燈光反射的影響。而選用兩種造型的玻璃珠是為了比較不同曲率對光線折射的效果。並藉由 GeoGebra 作圖，製作精準的瞳孔直徑。以便確認本研究裝置的判讀精準度。

B. 軟體部分

名稱	用途
Arduino IDE	編寫 Arduino 程式
OpenCV	辨識瞳孔位置並計算瞳孔直徑
Python	協助 OpenCV 運算並與 Esp32 溝通
Google Sheets	將 MCU 收集到資料儲存在雲端及做進一步的分析
GeoGebra	用於精確的瞳孔繪製

C. 實驗數據處理方式：

每個實驗主題中的小實驗，皆實驗 7 次。扣除差異較大的兩筆資料後，剩餘 5 筆資料計算該實驗的數據平均值，用四捨五入法取到小數第一位。

## 肆、研究結果與討論

### (一)儀器運作實驗部分：

#### A. 網路影片測試

本研究成品完成後，我們即在網路上找到紀錄瞳孔縮小的影片<sup>[10]</sup>。藉由影片剪輯軟體的協助，以 0.1 秒/張的速度，擷取了 10 張影像。並將影像結果交由我們自行撰寫的 OpenCV 程式來偵測圖形上的瞳孔位置，並交由 Python 程式來偵測瞳孔直徑，將所得到的數據輸出成 excel 檔。繪製成曲線圖。結果如下：



圖七：瞳孔示意圖

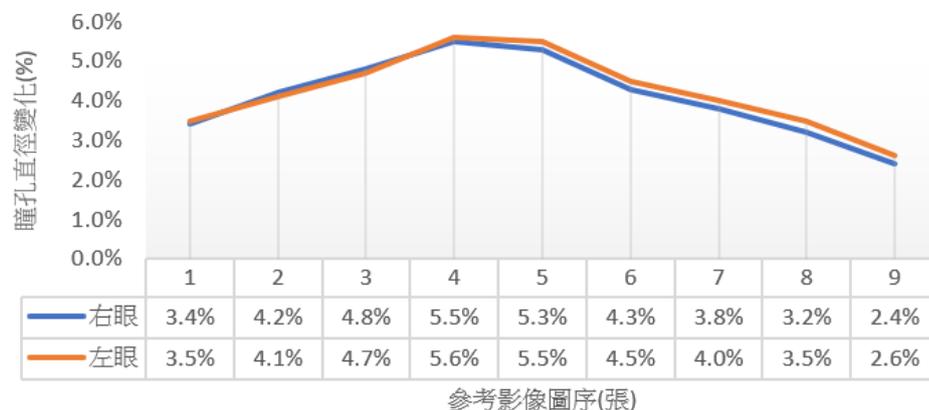
表三：影像圖序與瞳孔直徑

張數	01	02	03	04	05
直徑	6.75	6.52	6.25	5.95	5.62
張數	06	07	08	09	10
直徑	5.32	5.09	4.90	4.74	4.62

[單位]：mm

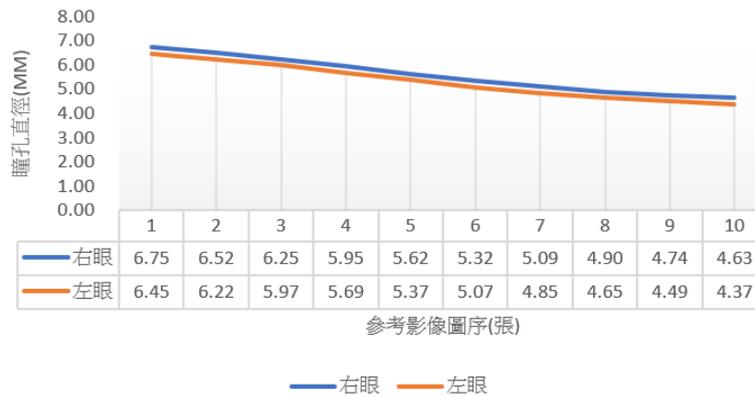
我們將本作品用來分析參考的網路影片人物的左右眼受光刺激時，左右眼的瞳孔變化，得到以下兩張圖。從圖形我們可以清楚得知，雖然左右眼偵測出來的直徑不同，但對於光刺激時，縮小的速率幾乎一致。

(A)左、右眼對光刺激時，瞳孔縮小的速率曲線圖。



眼睛在第一張圖時受到光刺激，上圖中的影像圖序 1 代表的是第二張圖與第一張圖的變化比較。眼睛受到光刺激後，也需些微的反應時間，才會做出較大的反應。

(B)左、右眼瞳孔直徑的差異。



由此實驗結果可以確認本研究開發的 OpenCV + Python 程式，在影像偵測上的功能是順利的。但畢竟影像是借用影片資料，而非實際拍攝，所以無法確認瞳孔直徑的判斷是否正確。因此，我們設計了第二個實驗。

#### B. 塑膠黑白眼珠

此實驗目的是確認本研究設計的作品，是否能順利的拍攝出瞳孔的照片，並用自行開發的 OpenCV + Python 程式偵測並計算出瞳孔的直徑。此實驗我們採用了瞳孔直徑 4 mm~8 mm，共 5 種直徑的塑膠黑白眼珠，將其中黑色部分定義為瞳孔，進行拍攝照片，再將這五張照片的結果用程式計算。以下是實驗結果。



圖八：瞳孔示意圖

表四：眼珠直徑 18 mm 與 15 mm 的瞳孔直徑值

直徑 \ 張數	01	02	03	04	05
18mm	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
15mm	3.86	4.96	5.97	6.98	7.99

[單位]：mm

由上列實驗我們確認了本研究開發的程式，可以偵測出影像中瞳孔的位置及大小。但在實驗的過程中，我們發現，若更換不同大小的眼珠，一開始的實驗數據並不準確。

根據我們目前所得到的結論。裝置與眼球的距離不同，同一張照片檢測出的瞳孔直徑也會略有不同。以實驗 B 為例，因為距離不同，照片中瞳孔直徑經由程式判斷也會略有不同。但經由分析實驗 A 中影片人物瞳孔變化，我們發現此狀況並不影響瞳孔對光刺激收縮的曲線圖。

但因裝置與眼球距離不同，導致數據可能有誤差這點，我們目前著手在研究在鏡頭前方加上一個物鏡，除了可以減少進光，避免周圍光源對於影像的判讀干擾，更可藉由物鏡的焦距來計算出精確地瞳孔直徑以及放大成像有助影像分析。

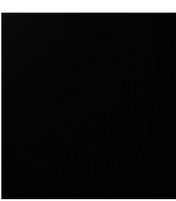
經過資料研讀，我們發現，這是因為眼珠直徑不同，眼珠頂端與鏡頭的距離就不同。就如同眼球上的角膜一樣。因此我們在拍照時，有時候照片眼睛出會出現紅點，有時候會出現反光。我們針對了這些問題，做了資料搜尋及學習，得到了以下的兩點結論：

第一、虹膜的睫狀肌遇到瞬間強光時會反應不及，因此相機會拍攝到視網膜的微血管造成紅眼現象。

第二、眼球表面的角膜與瞳孔的相對位置會影響拍攝時光線反光的位置，在眼科檢查時，有一種被稱為眼位檢查，就是利用光線在角膜上產生的反光位置，來判斷會者是否有斜視。

根據我們學習到的知識，拍攝時有反光是無法避免的。但可以經過濾光，來控制反光的位置與大小。經過與物理老師以及眼科醫生討論後，我們嘗試以將 ESP32-CAM 的鏡頭換成夜視鏡頭，並在鏡頭前方加上濾光片，將 850nm 以下的波長全部過濾。原本我們的裝置直接拍攝天花板的 LED 炭燈時，會出現一個圓形的光影，但不易分辨形狀。當我們在鏡頭前方加裝濾光片後，我們可以清楚的照出天花板上的圓形炭燈。

但拿來照射塑膠眼睛時，畫質卻不甚理想。我們苦思了幾小時後，判斷應該是因為加上濾光片後，鏡頭的進光不足，使得塑膠眼珠的亮度不夠。因此，我們又增加了紅外線的補光模組，讓鏡頭可清楚的拍攝到眼睛整體。以下是各種成像照片。

	相機模組	相機模組 濾光片	相機夜視模組 濾光片 紅外線補光燈
天花板 LED 燈			
塑膠眼珠			

有了上述實驗的經驗，我們將眼珠前端的塑膠曲面，換成透光度與折射率都較佳的玻璃材質，為了模擬不同眼球曲率，我們選用了半球型與正圓形兩種形狀的玻璃材質，並藉由 GeoGebra 繪製出精確的瞳孔直徑，希望能更進一步的模擬出瞳孔的狀態。並精確的紀錄下瞳孔的尺寸。

### C. 玻璃眼珠

原本我們認為將檢測裝置直接放在眼眶上，可以避免鏡頭與眼球頂端距離不一樣的問題。在塑膠眼珠實驗中，我們領悟到每個人的眼睛是不一樣的，就如同我們的實驗中，若調整參數讓半球型眼珠的數據準確度達到 100%，則正圓形眼珠的數據就沒辦法達到 100%，反之亦然。這問題提醒了我們，每個人都是獨一無二的，甚至因為近視與否或者是身體狀況不同。可能一年前的數據跟現在就會有落差。我們應該把重心擺在瞳孔受光刺激時縮小的速率曲線圖上。而非糾結在某個時刻點上，單一瞳孔的尺寸上。

本研究已經完成兩種材質、三種形式的眼珠模擬實驗。在材質實驗中，塑膠眼珠的反光效果比較差，因此在影像中發生疊影的狀況比較少；玻璃材質的透光度高，反光效果好，很容易得到有疊影的狀況。玻璃材質中，半球型的眼珠疊影狀況也比正圓形的來的多。我們推測是因為形狀造成的反光不同所致。但以上的狀況，都可以在更換夜視鏡頭，並在鏡頭前加上波長 850nm 的紅外線濾光片，先將可見光過濾後，再用紅外線燈補光，來得到清楚的影像。

#### D. 人體眼球

在上述影片中，受攝者是一個國小的女生。我們可以初步得到『健康年輕人的瞳孔，對於光刺激時，左右眼的瞳孔縮小速率是接近的』這個結論。但不同年紀及性別的人，還有不同身體狀況，其瞳孔對光刺激的縮小速率關係，我們尚未能確認。

本研究目前已經完成作品的基本功能實驗與測試。並與台北榮總神經外科合作，待通過院內 IRB 後，將到神經外科專責病房做實際的收案。相信複審時，我們就能收集到真實的人體數據，並對本作品做進一步的修正與展示。

#### (二) 各代作品優缺點比較

	第一代	第二代	第三代
作品構造	(1)相機模組 (2)TFT 螢幕顯示	(1)相機模組 (2)TFT 螢幕顯示 (3)濾光片	(1)相機模組 (2)TFT 螢幕顯示 (3)濾光片 (4)紅外線補光燈
缺點	拍攝眼睛時，會有明顯反光	可避免眼睛反光問題，但因為進光不足。畫面不是很清楚。	進光度不足，導致影像不清晰。
優點	設計簡易	眼睛反光問題已解決。	前列問題都已解決。

本作品目前偵測完畢後，會將測得數據上傳雲端 Google Sheets。且由於尚未有人體實驗數據，因此尚未能判定瞳孔檢測結果是正常或有問題。這部分需待完成收案分析後。就能正確顯示。

## 伍、結論與未來展望

### 一、結論

- (一) 本作品可以清楚的分辨影像中瞳孔的位置與尺寸。
- (二) 可以精準計算出瞳孔受光刺激後兩秒內，瞳孔縮小速率的曲線圖。
- (三) 本作品為成本僅約\$1300 元，重量約 159 g，圓柱直徑與柱高皆約為 7 公分的隨身裝置。

### 二、未來展望

醫療的演進，是靠眾人的努力。醫療儀器的演進更是扮演了醫療進步的重要助力。進步的醫療儀器有以下兩個用途：(1)協助醫生可以更有效率的治療患者。(2)分擔護理人員照護患者的負擔。舉例來說：血壓機。在民國 69 年左右，傳統式血壓機造價昂貴，且需要專業的醫護人員操作。當年一台傳統的水銀血壓計售價約為\$1200 元，而一位正式的護理人員月薪約為\$10000 元。所以在當時，民眾不容易發現自己有高血壓問題。因此有很多的憾事發生。到了民國 77 年前後，水銀血壓計的售價提高到\$3000 元，當時一位正式的護理人員月薪約為\$18000 元。到了民國 80 年，血壓計的售價大幅下降到\$500 元，原因是電子式的血壓計正式量產上市了。電子式血壓計的發明，有效的減輕醫護人員的負擔，也使一般民眾，可以每天在家測量自己的血壓。電子式血壓計並無法取代醫護人員，但卻能在某種程度上減輕醫護人員的時間負擔，也能提供一般民眾相對可信的數據。

同樣的，本研究設計的 PBC，可以提供一般民眾可信的數據，當檢測出的數據發生異常，患者因為受到警示，就知道該到專業的醫療院所，接受專業醫生的進一步診斷。因為本成品造價低廉，操作方便。有機會成為繼電子血壓計後，另一劃時代的家用醫用檢測裝置。

## 陸、參考文獻：

- [01] 腦瘤。取自：<https://reurl.cc/n0k5x1>
- [02] 女星筱蕾腦瘤復發「鬼剃頭」走路不穩 休養一年近況曝光。  
取自：<https://reurl.cc/XVol3e>
- [03] 中年女頭暈查出腦動脈瘤！新血流導向裝置來助力。  
取自：<https://reurl.cc/RXAbmx>
- [04] 頻繁擦撞車禍，不是卡到陰或不小心！醫師雞婆竟「聊出了一個腫瘤」。  
取自：<https://reurl.cc/zN0W7a>
- [05] 台灣神經外科醫學會 108 年年報。台北市。
- [06] 醫生檢查患者對光刺激瞳孔的反應。取自：<https://reurl.cc/8pKn9M>
- [07] 筆燈。取自：<https://reurl.cc/ER3zmv>
- [08] 裂隙燈。取自：<https://reurl.cc/qNy1qN>
- [09] Neuroptics' NPi®-300。取自：<https://reurl.cc/2mXo00>
- [10] 瞳孔對光刺激的變化。取自：<https://reurl.cc/YXMDqa>

## 【評語】 100006

1. 本研究採 ESP32 作為運算平台，足部搭配具有陀螺儀及磁場偵測的感測模組。膝部搭配具有 EMG Sensor 及陀螺儀的感測模組，本作品相較現有市售產品，可以更真實的紀錄患者行走時，足部與腿部的狀態。
2. 本成品造價低廉，重量輕便，充電一次可連續使用高效使用 6 小時，低效使用甚至可以超過 48 小時。能為臨床研究提供強而有力的協助。
3. 藉由 IMU 來偵測物體的三軸角速度與加速度。收集到的資料本身存在很大的噪音。各種演算法雖可減少資料的誤差，但牽涉到初始值的取樣方式及數量。因此數據的精準度與初始值校正問題相當的麻煩。
4. 報告書宜說明分辨影像中瞳孔的位置與尺寸之作法以及瞳孔縮小速率的曲線辨識之條件。實際應用時人眼會有眼球移動或晃動現象如何有效因應，誤判之情形為何？