

科技部補助
大專學生研究計畫研究成果報告

計 畫
名 稱 : 使用頭戴式虛擬實境(VR)對視覺疲勞之評估

執行計畫學生：邱文俐
學生計畫編號：MOST 109-2813-C-040-038-B
研究期間：109年07月01日至110年02月28日止，計8個月
指導教授：陳佳琪

處理方式：本計畫可公開查詢

執行單位：中山醫學大學視光學系(所)

中華民國 110年03月29日

摘要

前言

近年強勢崛起的虛擬實境，是一個非常有趣的科技，透過顯示器看到壯闊的風景與場景，又或是透過虛擬實境讓我們可以在不必要到特地點就能觀看想要購買商品。然而更多的民間使用是成為最吸睛的娛樂產業，更是使非常多的年輕人沉迷。但是仔細去注意會發現目前關於虛擬實境的相關注意事項以及危險使用的定義，其實蠻不明確的，無法實際了解虛擬實境與「眼睛生理變化」及「3D 暈」之間的關聯，由於預測未來虛擬實境會更加的普及與廣泛使用，因此與眼睛之間的關聯是有必要被發現與提出，來讓我們在未來的使用上更加的放心。

研究目的

雖然已經有眾多文獻甚至是世界衛生組織都在宣導如何正確的使用 3C 產品才能在不傷害眼睛的情況下有效的使用，但是真正有在配合的民眾真的是少之又少。雖然關於 3C 產品以及電腦的文獻相當的多而且齊全，但是在網路上想要尋找“3D 虛擬實境與雙眼視關係”的文章是少之又少，雖然有找到幾篇相關的文章，但是內容在經過思考以及與指導老師討論過後發現，都是針對一次性的使用 VR 頭戴式顯示器來評估受試者的雙眼視表現，甚至在受試者的選取條件以及實驗設計上有一些值得調整的地方，因此規劃出屬於自己的一套研究，研究目的為藉由調查年輕人長期玩 VR 後的雙眼視覺變化是否有差異及疲勞程度去

推測對生活的影響。

研究方法

前測會先做視力的測試，並且會用角膜地圖儀同時測量受測者視力(Visual Acuity)及角膜地圖(corneal topography)，接著依序為眼位(phoria)、眨眼測試、輻奏(vergence)、調節(accommodation)、立體視、眼壓(IOP)、調節靈敏度(Flipper)最後再做淚液破裂時間測試(TBUT)，做完以上測試後會立即讓受測者進行 30 分鐘虛擬實境的體驗，在體驗完虛擬實境後將立刻進行後測，而後測的順序則會將淚液破裂時間移到最前面去進行，以確保可以測得受測者在接收完虛擬實境得影像刺激後眼球淚液分泌的情況，並且排除掉其他外界及自身調節的影響。而其他的測試則會依照前測的順序去實施檢測。

結果

短時間使用虛擬實境，會對遠與近水平眼位(Horizontal phoria)、眼壓(IOP)、調節靈敏度(Flipper)有統計上顯著差異的變化，但是實際上數字上的變化是不影響眼睛健康與舒適度。對於眨眼測試、輻奏(vergence)、調節(accommodation)、立體視、淚液破裂時間測試(TBUT)沒有統計上的顯著差異的。

關鍵字

虛擬實境、雙眼視、視力、眼位、輻奏、調節、淚液破裂時間測試

Summary

Preface:

Virtual reality, which has risen strongly in recent years, is a very interesting technology. Through the display, we can see magnificent scenery and scenes, or through virtual reality, we can watch the products we want to buy without going to special places. However, more civilian use has become the most eye-catching entertainment industry, and it has made a lot of young people addicted. However, if you pay careful attention, you will find that the current precautions for virtual reality and the definition of dangerous use are actually quite unclear. It is impossible to actually understand the relationship between virtual reality and "eye physiological changes" and "3D halo". It is predicted that virtual reality will become more popular and widely used in the future, so it is necessary to discover and propose the relationship between the eyes and the eyes, so that we can be more assured in the future use.

Purposes:

Although there are many documents and even the World Health Organization preaching how to use 3C products correctly to effectively use them without hurting the eyes, there are really few people who really cooperate. Although the literature on 3C products and computers is quite large and complete, there are very few articles on the Internet that want to find the relationship between 3D virtual reality and binocular vision. Although I have found several related articles, After thinking about the content and discussing with the instructor, it is found that it is aimed at the one-time use of VR head-mounted displays to evaluate the binocular performance of the subjects, and even has some merits in the selection conditions of the subjects and the experimental design. For adjustments, I planned a set of research of my own. The purpose of the research is to infer the impact on life by investigating whether there is a difference in binocular vision changes and the degree of fatigue after young people play VR for a long time.

Method:

In the pre-test, the visual acuity test will be done first, and the subject's visual acuity and corneal topography will be measured at the same time with a corneal map device, followed by phoria, blink test, vergence, accommodation, stereopsis, intraocular pressure (IOP), adjustment sensitivity (Flipper) and finally the tear burst time test (TBUT). After completing the above tests, the subject will be immediately subjected to 30 minutes of virtual reality Experience, after experiencing the virtual reality, the post-test will be performed immediately, and the sequence of the post-test will move the tear break time to the front to ensure that the testee can be measured after receiving the image stimulus from the virtual reality The secretion of tears in the eyeball, and exclude other external and self-regulating influences. Other tests will be carried out in accordance with the order of the pre-test.

Result:

Short-term use of virtual reality will have statistically significant changes in the distance and near horizontal phoria, intraocular pressure (IOP), and adjustment sensitivity (Flipper), but in fact, the changes in numbers do not affect the eyes. Health and comfort. There are no statistically significant differences in blink test, vergence, accommodation, stereopsis, tear break time test (TBUT).

Keyword:

Virtual reality, binocular vision, vision, eye position, radiance, adjustment, tear break time test

目錄

前言.....	1
研究目的.....	1
文獻探討.....	2
研究方法.....	3-4
問卷.....	5-7
儀器圖.....	8
結果與討論.....	9-14
參考文獻.....	14

前言

21 世紀開始，科技發展開始突飛猛進，像是筆記型電腦、手機等現在隨處可見的產品，在過去的時代都是既笨重且昂貴的科技產物，反觀現在，在大眾運輸上放眼望去，大家都是低頭猛盯著自己的手機或平板，時時刻刻接收著即時訊息，或是透過方便的通訊軟體與人交流著。

隨著現在這種大家見怪不怪的 3C 產品時代，我們更是必須時時刻刻注意 3C 產品帶來的危害。關燈使用手機對眼睛會造成傷害，長時間盯著中近距離的螢幕或顯示器會對眼睛造成傷害．．．等資訊，大家早就見怪不怪了，然而，雖然目前各大眼科以及健康教育單位有在宣導的基本保護眼睛的方式，3C 產品有來自廠商的安全使用守則，但是其實近年 3C 世界已不再只局限於各種大家所熟知的這些而已了。

近年強勢崛起的虛擬實境，是一個非常有趣的科技，也許不如電影裡的那樣神通廣大，但是卻已經能讓現在的我們可以在一個狹小的空間，透過顯示器看到壯闊的風景與場景，又或是透過虛擬實境讓我們可以在不必要到特地點就能觀看想要購買商品，這些優勢都是現在開始很多公司將虛擬實境應用在商業上的原因。然而更多的民間使用是成為最吸睛的娛樂產業，身歷其境成為遊戲裡的主角奮勇殺敵，更是使非常多的年輕人沉迷。但是仔細去注意會發現目前關於虛擬實境的相關注意事項以及危險使用的定義，其實蠻不明確的，無法實際了解虛擬實境與「眼睛生理變化」及「3D 暈」之間的關聯，由於預測未來虛擬實

境會更加的普及與廣泛使用，因此與眼睛之間的關聯是有必要被發現與提出，來讓我們在未來的使用上更佳的放心。

研究目的

身在科技十分發達的 21 世紀,3C 產品使用的情況是十分的氾濫，從隨處可見的人手一支智慧型手機、可以用來當筆記本的平板、甚至是到目前還沒辦法很常出現在一般民眾家庭的虛擬實境系統，都是已經在相當程度的影響我們的生活習慣。

雖然已經有眾多文獻甚至是世界衛生組織都在宣導如何正確的使用 3C 產品才能在不傷害眼睛的情況下有效的使用，但是真正有在配合的民眾真的是少之又少。雖然關於 3C 產品以及電腦的文獻相當的多而且齊全，但是在網路上想要尋找“3D 虛擬實境與雙眼視關係”的文章是少之又少，雖然有找到幾篇相關的文章，但是內容在經過思考以及與指導老師討論過後發現，都是針對一次性的使用 VR 頭戴式顯示器來評估受試者的雙眼視表現，甚至在受試者的選取條件以及實驗設計上有一些值得調整的地方，因此規劃出屬於自己的一套研究，研究目的為藉由調查年輕人長期玩 VR 後的雙眼視覺變化是否有差異及疲勞程度去推測對生活的影響。

文獻探討

為了瞭解過去是否有人做過相關的研究，閱讀了Virtual reality games on

accommodation and convergence[1]、Using biomechanics to investigate the effect of VR on eye vergence system[2]、Exergaming With Beat Saber: An Investigation of Virtual Reality Aftereffects[3]三篇期刊裡的文章。從三篇文章中，配合上自己專業所學，知道眼睛並不是所有人都是完美的，首先最不同的生理差異就是眼位，可能因為肌肉強度、肌肉長度而導致每個人不同，而這樣的不同會進一步影響一個人的看近時的融像能力。再來就是調節的能力，人的眼睛就像相機一樣是可以調整焦距的，但是這項能力會隨著年齡的增長而變弱。兩篇文章中我得到幾個結論：

1. 透過觀看頭戴式 VR 的影像，在經歷一段時間的躍視運動 (Saccadic)，普遍人的水平眼位是會變大的，但垂直眼位不變。而經歷過一段時間的追蹤運動 (Pursuit)，普遍人的水平/垂直眼位是沒有變化的。[2]
2. 透過觀看頭戴式 VR 看影像，普遍人的調節能力 (Accommodative) 在一段時間後會下降且達到具有統計學上的顯著差異。[2]
3. 在文[1]中共收了 34 位受試者，所有的受試者都會有不同種類的不適。
4. 在文[1-2]中提到，人會覺得在使用頭戴式 VR 後引發的不適是因為為了看近的螢幕，人的眼睛自動發生內聚行為 (Convergence)，但是大腦感受到的影像卻是在遠方導致調節能力 (Accommodative) 不介入，間接導致內聚行為 (Convergence) 混亂，大腦接收到的訊號太多太雜亂，所以導致引發眼腦的不適。
5. 當視覺體驗與身體或身體的體驗不匹配時，可以在 VR 中引入視覺與前庭的衝突。視覺和前庭 (即身體) 感覺的整合在個人移動和與周圍環境互動的

能力中起著根本性的作用。[3]

6. 如果傳遞回大腦的視覺和前庭感覺之間存在衝突，則個人可能會感覺統合失調，從而導致出現暈車症狀，例如噁心或迷失方向。[3]

再來看看虛擬實境在醫療上的應用舉例:

利用虛擬實境作為腹腔鏡手術中外科學員的虛擬現實培訓的方式再顯再是相當的常見，藉由虛擬實境的訓練可以發現使用虛擬實境訓練的高風險手術人員在完成此類型手術的時間會少於未受過虛擬實境訓練，有此可以推估虛擬實境在高風險手術熟練度的訓練上是有幫助的[4]。除了利用虛擬實境訓練手術以外，虛擬實境被發現可以改善情緒健康，尤其是幫助癌症化療或是腫瘤開刀等重大術後的病人維持心理的健康，使他們能夠接受之療的同時保持良好的情緒健康[5]。

最後瞭解虛擬實境在復健上的應用舉例:

現在利用虛擬實境在復健方面也有許多著實的進展，透過螢幕顯示可以指示病患如何確實的執行復健動作，並且透過虛擬實境的紀錄，進行客製化的復健行程記錄，透過以上幾點虛擬實境提供的幫助，可以在復健上面提供不少的助力[7]。過去有人研究過利用互動式遊戲去幫助中風後的病患去復健，經過驗證後發現病患在接受互動式遊戲後雖然在行動力上沒有提升，但是在平衡方面卻有顯示出對於中風後的病患是有幫助的[6]，如果將虛擬實境與互動式遊戲結合，透過更高度的擬真，也許對於中風後健的病患有更多幫助。

雖然虛擬實境在醫療復健體系中前景看似大好，有許多不同的面相藉由虛擬實境的輔助能夠有效的達到相較於過往更優秀的效果，但是在同時許多研究也都碰到了類似的問題，如何有效的控管使用時間才能在眼睛疲勞及體驗效率方面達成最好的收益，相信這個問題是在虛擬實境應用時，同時需要去探討研究的問題。

研究方法

本研究受測者為 20 ~ 30 歲的年輕族群，男女生比例約各占 50%；排除確診或已有眼球疾病、眼球手術、斜視、弱視、眼球震顫、雙眼不等視大於 2.00D 之對象，可接受無藥物治療之乾眼症狀；受試者之眼睛度數可接受球面為 +2.00D~-10.00D、散光度數 \leq -4.00D

本次測試使用的頭戴式虛擬實境(VR-HMD)為 HTC 的 VIVE(螢幕: 直徑 3.6 吋 Dual AMOLED 顯示螢幕;裝置解析度: 單眼解析度 1080×1200 像素(雙眼 2160 x 1200 像素); 螢幕更新率: 90 Hz; 視野: 110 度)及 VIVE 控制器。

比較受測者使用虛擬實境前後的數據，以受測前各項數據為對照組，受測後各項數據做為比較組。受測者將會接受到一款遊戲。遊戲內容為第一人稱空間探索遊戲，使用時間為 30 分鐘，結束後立即進行檢查；另外我們會告知受試者一旦在使用虛擬實境時開始感到疲憊時立即告知，由此來觀察多數人對於虛擬實境使用的耐受度。

檢查項目為測量其視力(VA)、調節(accommodation)、眼位(phoria)、輻奏

(vergence)、淚液破裂時間(TBUT)、眨眼測試、立體視(stereopsis)及眼壓(IOP)、調節靈敏度(Flipper)，受試者之視力、眼位及融像性聚散力數值將會測量其遠用及近用距離之數據，並統計其測量結果前後之差異性。

測量方面視力會分別測量遠和近兩種不一樣的視力。調節力的部分則是採用近用視標桿卡配上綜合驗光儀去分別測量左右眼的最大調節力(圖 4)加上翻轉鏡計時 1 分鐘去測試受試者的調節靈敏度(圖 5)。眼位則是使用 Von Graefe Technique(圖 6)及遮蓋測試去測量受測者雙眼是否有斜視或是隱斜視等問題，並且測量使用完虛擬實境前後受測者的眼位是否有所變化。Von Graefe Technique 具有調節效益，受測者可以藉由調節控制來得到比較穩定的數據，且過度調節時會出現 eso-phoria。聚散力的量測將使用綜合驗光儀去測量受測者的內聚力(convergence)及開散力(divergence)數值，並觀察受測者是否有因為眼睛疲勞而降低數據。淚液破裂時間點會使用角膜弧度儀去檢查受試者眼球表面淚液的破裂時間(圖 3)，以客觀的角度去了解受測者眼球的狀況進而推估其乾眼的情形。眨眼測試會計時 1 分鐘，並觀察受測者在 1 分鐘內的眨眼頻率，此項測量也可以評估受測者的乾眼情況。立體視的量測將透過立體視測驗本(butterfly)去測量受測者對於立體視的反應。眼壓則會使用自動眼壓儀去分別測量左右眼各 3 次並平均出各眼的眼壓(圖 2)。

測量順序方面，前測會先做視力的測試，並且會用角膜地圖儀同時測量受測者視力及角膜地圖(圖 1)，接著依序為眼位、眨眼測試、輻奏、調節、立體視、眼壓、調節靈敏度最後再做淚液破裂時間測試，做完以上測試後會立即讓受測

者進行 30 分鐘虛擬實境的體驗，在體驗完虛擬實境後將立刻進行後測，而後測的順序則會將淚液破裂時間移到最前面去進行，以確保可以測得受測者在接收完虛擬實境得影像刺激後眼球淚液分泌的情況，並且排除掉其他外界及自身調節的影響。而其他的測試則會依照前測的順序去實施檢測。

問卷的部分將會分成受測前與受測後分開去了解受測者平常生活習慣及受測後的生理感受。受測前的問卷最主要的目的是了解受測者是否使用過虛擬實境及受測者平時對於 3C 產品的使用習慣，如平常使用 3C 產品頻率等等。本問卷有 2 個部分會於前測之前實且會根據受測者回答內容對其進行衛教宣導。受測後的問卷將會在受測者使用完虛擬實境並且接受後測後進行問題，本部分的問題著重在受測者在使用完虛擬實境之後對於生理的主觀感受如受否有眼睛不適或是頭暈想吐等負面感受，透過記錄下來的數據(含前面受測者開始感到不適的時間)去分析虛擬實境需要在生理哪些方面注意避免去影響到使用者的體驗或者在使用時間上規劃以達到使用虛擬實境的最高效能。

問卷內容如下：

使用前 調查表

第一部分

1. 請問之前是否有使用過虛擬實境(Virtual Reality)? (如果沒有請跳至第 5 題)

有 沒有

2. 請問使用虛擬實境(Virtual Reality)之次數為何?

每天 一週一次 二到三週一天 一個月一次 其他：

3. 請問您使用一次為多久時間?

小於 30 分鐘 30~60 分鐘 1~2小時 2~3 小時

4. 請問您是否會設定遊玩時間，避免使用時間太長?

會，大約設定 小時 不會

5. 請問目前您所使用之 3C 產品有哪些? (可複選)

手機平板電腦 桌上型電腦 筆記型電腦 智慧型手錶

遊戲機() 其他：

6. 您目前有搭配濾藍光產品(如眼鏡、隱形眼鏡、濾光片等)使用 3C 產品嗎?

有 → 眼鏡 隱形眼鏡 電腦螢幕濾光片 其他：

沒有

7. 請問您一星期使用 3C 產品之次數為何?

每天 五到六天 三到四天 二到一天 一星期小於一天

8. 請問您一天最多使用幾小時?

4~6 小時 6~8 小時 8~10 小時 10~12 小時 12 小時以上

9. 請問您使用 3C 產品之用途為何? (可複選)

看電子書 查資料 玩遊戲 上社群網站 聽音樂

看影片 拍照 通話 其他：

10. 請問您是否玩過第一人稱視角的空間小時探索遊戲(如：迷宮、密室逃脫)?

有： 沒有

11. 在時間允許下，是否會去諮詢視光師(或眼科醫師)對自己眼睛狀況作檢查?

會 不會

第二部分

		有		
總	經		偶	從來
		時		
是	常		爾	沒有
		候		

第二部分

1. 使用 3C 產品時，是否會提醒自己眼睛要離產品 30~40 公分，甚至更遠？
2. 請問您使用 3C 產品時是否會配合環境光源去調整螢幕亮度？
3. 請問您是否會在無燈光的情況下使用 3C 產品？
4. 請問在使用 3C 產品時，是否會提醒自己已用一段時間並該休息放鬆？
5. 請問您會熬夜(晚上 12 點過後) 使用 3C 產品嗎？
6. 請問一整天下來用完 3C 產品後眼睛是否會有疲憊感？
7. 請問一整天下來用完 3C 產品後眼睛是否會乾澀，想眨眼？

第二部分

8. 請問一整天下來用完 3C 產品後眼睛
是否會乾澀，想眨眼？

9. 請問一整天下來用完 3C 產品後是否
看東西會有些模糊？

10. 即使眼睛在不舒服的情況下(如痠
痛、乾澀)，是否會繼續使用 3C 產
品？在眼睛不舒服的情況下(如痠
痛、乾澀)，是否會補充對眼睛有益
的維他命？

使用後 調查表

依感受程度分為 0 到 4 (0 代表與使用前感受程度相同
4 代表感受程度最明顯)

0 1 2 3 4

- | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. 視覺清晰度與使用前相比較不清晰嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. 張開眼睛會感覺到的暈眩嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. 閉起眼睛會感覺到的暈眩嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. 會因為暈眩而冒冷汗嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. 會因為暈眩而口水增加嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. 會因為暈眩而打嗝嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. 會覺得噁心嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. 頭部會疼嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. 頭部會有脹脹的感覺嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10. 看物體會有的扭曲變形的現象嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11. 眼睛會有壓迫嗎？ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

依感受程度分為 0 到 4(0 代表與使用前感受程度相同
4 代表感受程度最明顯)

0 1 2 3 4

12. 眼睛看物體聚焦的能力為何？
13. 專注在一件事或物體上會有困難嗎？
14. 眼睛會有疲勞嗎？
15. 整體來說，眼睛的情況與使用前比較不好嗎？

如果有上述沒有詢問到的狀況，請填寫至下面空白處：

本問卷內容參考[11] [12]



(圖 1)使用角膜地圖儀

型號: "NidekCorneal" Topography



(圖 2)使用自動眼壓儀測量眼壓

型號: "TAKAGI" Keratometer



(圖 3)使用角膜弧度儀進行 TBUT

型號: "TOPCON" COMPUTERIZED TONOMETER



(圖 4)使用自覺式驗光儀測量調節力

TESTER



(圖 5)使用翻轉鏡測量調節力靈敏度



(圖 6)使用馬篤氏鏡(Maddox)測量眼位

結果與討論

收集完 31 人次的受試者，使用 SPSS 進行數據的分析，分析結果列舉如下

1. 視力變化分析:

成對樣本統計資料

	平均數	N	標準偏差	標準錯誤平均值
對組 1 VAOD	1.158 ^a	115	.0816	.0076
postVAOD	1.158 ^a	115	.0816	.0076
對組 2 VAOS	1.158 ^a	115	.0816	.0076
postVAOS	1.158 ^a	115	.0816	.0076
對組 3 VAOU	1.158 ^a	115	.0816	.0076
postVAOU	1.158 ^a	115	.0816	.0076

a. 因為差異數的標準差是零，所以無法計算相關性和 t。

從data庫中會發現，幾乎所有的受試者在結束30分鐘的虛擬實境體驗後不論是單眼或雙眼視力狀況並未受到任何改變，導致此成對樣本的標準差為0，故無法建立成對樣本相關性以及成對樣本檢定表格。

2. 眼位變化分析:

此項目我們使用了兩種檢查來驗證眼位的變化情形，分別為遮蓋測試(Cover test)以及遠/近眼位測試(Von Greafe)並作分析

成對樣本統計資料

	平均數	N	標準偏差	標準錯誤平均值
對組 1 PreCTDist.H	.6774	31	1.22167	.21942
PostCTDist.H	.9355	31	1.34004	.24068

對組 2	PreCTDist.V	.0000 ^a	31	.00000	.00000
	PostCTDist.V	.0000 ^a	31	.00000	.00000
對組 3	PreCTNearH	1.8065	31	3.64618	.65487
	PostCTNearH	2.5806	31	4.38767	.78805
對組 4	PreCTNearV	.0000 ^a	31	.00000	.00000
	PostCTNearV	.0000 ^a	31	.00000	.00000

a. 因為差異數的標準差是零，所以無法計算相關性和 t。

成對樣本檢定

	成對差異數					T	df	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準偏差	標準錯誤平均值	95% 差異數的信賴區間				
				下限	上限			
對組 1 PreCTDist.H - PostCTDist.H	-.25806	1.31574	.23631	-.74068	.22455	-1.092	30	.284
對組 3 PreCTNearH - PostCTNearH	-.77419	3.12740	.56170	-1.92133	.37295	-1.378	30	.178

透過 SPSS 分析遮蓋測試的結果可以得知，使用虛擬實境會對不會是遠或是近的水平眼位造成影響，但是並不會對垂直眼位造成影響。雖然在水平眼位位會造成影響，但是透過成對樣本檢定的結果可以看到，使用虛擬實境前後的眼位變化量是沒有統計上的顯著性，故可以解釋為：使用虛擬實境 30 分鐘是不會對眼位造成傷害，只會出現輕微的且可以在一段時間後恢復的變化。

成對樣本統計資料

	平均數	N	標準偏差	標準錯誤平均值
--	-----	---	------	---------

對組 1	PreVonGreafe.Dist.H	.2258	31	2.34463	.42111
	PostVonGreafe.Dist.H	.8387	31	2.32876	.41826
對組 2	PreVonGreafed.Dist.V	.1129	31	.28017	.05032
	PostVonGreafe.Dist.V	.0968	31	.30054	.05398
對組 3	PreVonGreafe.NearH	.9355	31	4.25194	.76367
	PostVonGreafe.NearH	2.0645	31	5.56139	.99885
對組 4	PreVonGreafe.NearV	.0968	31	.39622	.07116
	PostVonGreafe.NearV	.0323	31	.17961	.03226

成對樣本檢定

	程對差異數					T	df	顯著性 (雙 尾)
	平均數	標準偏 差	標準錯 誤平均 值	95% 差異數的信賴 區間				
				下限	上限			
對組 1 PreVonGreafe.Dist.H - PostVonGreafe.Dist.H	-.61290	1.43591	.25790	-1.13960	-.08621	-2.377	30	.024
對組 2 PreVonGreafed.Dist.V - PostVonGreafe.Dist.V	.01613	.30232	.05430	-.09476	.12702	.297	30	.768
對組 3 PreVonGreafe.NearH - PostVonGreafe.NearH	-1.12903	4.28168	.76901	-2.69957	.44150	-1.468	30	.152
對組 4 PreVonGreafe.NearV - PostVonGreafe.NearV	.06452	.44238	.07945	-.09775	.22678	.812	30	.423

再來看Von Greafe 造成的影響，會發現結論與遮蓋測試類似，在遠與近的水平眼位是會造影響，但是對垂直眼位會有極小的影響。若從SPSS分析地的結果來看，可以得知遠的水平眼位的變化量是具有統計上的顯著差異，但是對於遠的垂直眼位、近的水平眼位以及近的垂直眼位是沒有顯著的差異的。

3. 眼壓變化分析:

成對樣本統計資料

	平均數	N	標準偏差	標準錯誤平均值
對組 1 PreIOPD	17.6065	31	2.24973	.40406
Post IOPD	17.0710	31	2.18376	.39221
對組 2 PreIOPD	17.3258	31	2.54951	.45790
Post IOPD	17.3129	31	2.39857	.43080

成對樣本檢定

	程對差異數					T	df	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準偏差	標準錯誤平均值	95% 差異數的信賴區間				
				下限	上限			
對組 1 PreIOPD - Post IOPD	.53548	1.25713	.22579	.07437	.99660	2.372	30	.024
對組 2 PreIOPD - Post IOPD	.01290	1.84042	.33055	-.66217	.68798	.039	30	.969

透過 SPSS 分析可以得知，31 位受試者眼壓在使用 30 分鐘的虛擬實境後，可能會對眼睛產生眼壓的變化，不論是前測或後測，不論是右眼還是左眼，可以發現同四個階段的眼壓平均值是十分的接近，但是當我們把後測與前測結果相減並分析會發現右眼的變化情形在統計上是有顯著差異的，左眼卻是沒有統計上的顯著差異。

4. 調節靈敏度變化分析:

成對樣本統計資料

	平均數	N	標準偏差	標準錯誤平均值
對組 1 PreFlip.OU	12.1452	31	3.14694	.56521
PostFlip.OU	13.0484	31	2.81175	.50500
對組 2 PreFlip.OD	11.2258	31	2.88917	.51891
PostFlip.OD	11.8710	31	2.31289	.41541
對組 3 PreFlip.OS	11.6452	31	2.84369	.51074
PostFlip.OS	12.6290	31	2.50655	.45019

成對樣本檢定

	程對差異數					T	df	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準偏差	標準錯誤 平均值	95% 差異數的信賴區 間				
				下限	上限			
對組 1 PreFlip.OU - PostFlip.OU	-.90323	2.19248	.39378	-1.70744	-.09902	-2.294	30	.029
對組 2 PreFlip.OD - PostFlip.OD	-.64516	2.70245	.48537	-1.63643	.34610	-1.329	30	.194
對組 3 PreFlip.OS - PostFlip.OS	-.98387	2.06351	.37062	-1.74077	-.22697	-2.655	30	.013

透過 SPSS 分析可以得知，31 位受試者調節靈敏度在使用 30 分鐘的虛擬實境後，雙眼以及左眼的翻轉鏡平均表現較使用前佳，但右眼幾乎是維持。觀察顯著性的部分，會發現果然在雙眼以及左眼的表現差異是具有統計上的顯著差異，這代表單眼以及雙眼的調節靈敏度都有機會因為使用虛擬實境而有所提升。

5. 調節幅度變化分析:

成對樣本統計資料

	平均數	N	標準偏差	標準錯誤平均值
對組 1 PreAA.OD	10.2984	31	1.71685	.30836
PostAA.OD	10.9452	31	2.00289	.35973
對組 2 PreAA.OS	10.5645	31	1.62014	.29099
PostAA.OS	10.6613	31	1.78483	.32056

成對樣本檢定

	程對差異數				T	df	顯著性 (雙 尾)
	平均數	標準偏差	標準錯誤平 均值	95% 差異數的信賴區 間			

				下限	上限				
對組 1	PreAA.OD - PostAA.OD	-.64677	1.99633	.35855	-1.37903	.08548	-1.804	30	.081
對組 2	PreAA.OS - PostAA.OS	-.09677	1.59645	.28673	-.68236	.48881	-.338	30	.738

透過SPSS分析可以得知，31位受試者調節幅度情形在使用30分鐘的虛擬實境後是沒有太多的變化。先看平均值的部分，不論是右眼或是左眼的前後測平均值都是相當穩定，再從成對樣本檢定的結果來看，果然都沒有統計上的顯著差異，故可以認定在短暫使用虛擬實境後對於調節是沒有造成任何影響。

6. 淚液破裂時間變化分析:

成對樣本統計資料

	平均數	N	標準偏差	標準錯誤平均值	
對組 1	PreNIKBTODmean	6.4516	31	3.24970	.58366
	PostNIKBTODmean	4.8774	31	3.50131	.62885
對組 2	PreNIKBTOSmean	7.2387	31	4.00472	.71927
	PostNIKBTOSmean	5.7581	31	3.96953	.71295

成對樣本檢定

	程對差異數					T	df	顯著性 (雙尾)	
	平均數	標準偏差	標準錯誤 平均值	95% 差異數的信賴 區間					
				下限	上限				
對組 1	PreNIKBTODmean - PostNIKBTODmean	1.57419	4.79298	.86084	-.18389	3.33227	1.829	30	.077
對組 2	PreNIKBTOSmean - PostNIKBTOSmean	1.48065	5.20803	.93539	-.42968	3.39097	1.583	30	.124

透過SPSS分析可以得知，31位受試者淚液破裂時間在使用30分鐘的虛擬實境後是沒有太多的變化。雖然從平均值來看淚液破裂的時間於後測時會少於前測約1.5秒鐘的時間，但是當進行成對樣本檢定會發現，其實並沒有統計上的顯著差異，所以可以解釋為，雖然短時間使用虛擬實境會加速淚液膜破裂，但是並沒有造成統計上的差異，且透過訪問受試者，並沒有明顯類似乾眼情況的發生，故並不會對人體造成不適感。

在一系列的測驗期間，遇到最大的困難為無法掌控受試者的作息，雖然與受試者溝通時有特別強調，應避免於前一天有晚睡、酗酒、過度勞動等可能造成隔天生理性疲憊的行為，以及避免於受測前長時間使用3C產品避免影響雙眼檢查內容，但是這也只能相信受試者有誠實的於前測前回答真正的精神狀況。再來看一下所獲得的結果，經過與教授討論後發現，像是眼壓變化以及調節靈敏度，居然出現於單眼出現統計上的顯著差異，但是於另一隻眼睛的結果卻無統計上的顯著差異的狀況，推測造成的原因是收案人員操作上的手法落差導致，可能是環境設置，像是視標距離眼睛位置有落差，或是燈光是否有完整直射在視標上，或並未讓受試者清楚了解實驗流程，導致受試者於錯誤的時間點提出反饋，這都是下次收案人員必須於第一時間發現的問題。

參考文獻

1. Mohamed Elias, Z., Batumalai, U. M., & Azmi, A. N. H. (2019). Virtual reality games on accommodation and convergence. *Applied Ergonomics*, 81, 102879. doi:10.1016/j.apergo.2019.102879
2. Iskander, J., Hossny, M., & Nahavandi, S. (2019). Using biomechanics to investigate

the effect of VR on eye vergence system. *Applied Ergonomics*, 81, 102883. doi:10.1016/j.apergo.2019.102883

3. Ancret Szpak, PhD; Stefan Carlo Michalski, BPsych(Hons); Tobias Loetscher, PhD. Exergaming With Beat Saber: An Investigation of Virtual Reality Aftereffects. *J Med Internet Res* 2020 | vol. 22 | iss. 10 | e19840
4. Nagendran, M., et al. (2013). "Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery." *Cochrane Database Syst Rev*(8): Cd006575.
5. Chirico, A., et al. (2016). "Virtual Reality in Health System: Beyond Entertainment. A Mini-Review on the Efficacy of VR During Cancer Treatment." *J Cell Physiol* 231(2): 275-287.
6. V. Ferreira¹, et al. (2018). "Video Gaming Improves Functional Balance in Poststroke Individuals: Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials," *Evaluation & the Health Professions*.
7. Ferreira Dos Santos, L., et al. (2016). "Movement visualization In virtual reality rehabilitation of the lower limb: a systematic review." *Biomed Eng Online* 15(Suppl 3): 144.