

科技部補助  
大專學生研究計畫研究成果報告

計 畫  
名 稱 : 臺灣成人雙眼視覺功能與視覺困擾之相關研究

執行計畫學生：楊詠晴  
學生計畫編號：MOST 109-2813-C-040-042-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：鄭靜瑩

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04月01日

# 科技部補助

## 大專生研究計畫研究成果報告

\*\*\*\*\*  
\* 計畫 \*  
\* : 雙眼視覺機能與視覺行為表現之相關 \*  
\* 名稱 \*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*

執行計畫學生：楊詠晴

學生計畫編號：109-2813-C-040 -042 - B

研究期間：109年7月1日至110年2月底止，計8個月

指導教授：鄭靜瑩

處理方式(請勾選)：立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後

可公開查詢

執行單位：中山醫學大學視光學系

中華民國 110 年 3 月 24 日

# 雙眼視覺機能與視覺行為表現之相關 成果報告

Correlation between Visual Disturbance and Binocular Vision in Taiwan Adults

## 壹、研究動機與研究目的

### 一、研究背景

兩個眼睛將由外界所接收到的影像融和在一起，稱為雙眼視覺 ( Binocular vision ) ( 呂炯峰、吳泰雄，1983；Grosvenor, 2007 )；良好的雙眼視覺除了與知覺中三度空間或立體感、深度感以及影像的解析度有關之外，對於高階的閱讀、專注力、動作協調、平衡與運動等視覺表現，也會來得更有效率(Jones & Lee, 1981; Sheedy, Bailey, Buri, & Bass, 1986)。人類或靈長類的雙眼視覺之所以不同於其他的動物，乃在於人類或靈長類是擁有雙眼視野大面積重疊的動物，雙眼視覺的各項功能是否能協調，其重要性並不小於單純的視力值。人類的學習大約有 75%來自視覺；相關文獻指出，視覺的問題將會影響用眼的舒適度、閱讀與學習成效；而專業人員的介入主要目的在於找出問題，改善視覺功能，減緩用眼時的相關徵兆與症狀，進而提升用眼的效率。

過去的文獻顯示，除了腦傷(Conrad, Mitchell, & Kulp, 2017)、乾眼症(Rueff, Sinnott, Bailey, King-Smith, 2014; Rueff, King-Smith, Bailey, 2015)、偏頭痛(Harle, & Evans, 2006)、睡眠障礙(Horne, 1975; Tong et al., 2016; Stone, et al., 2019)、閱讀困難 ( 曾善裕、鄭靜瑩與張洋馨，2010 ) 與注意力不足(Lee, Moon et al. 2014; Redondo, et al., 2018)的患者以外，高科技產業(Wolffsohn, Sheppard, Vakani & Davies, 2011)以及運動員(Vicki, Patti, & Carly, 2017)等特殊人才，因為其用眼的特殊性，雙眼視覺功能也應該被重視，加上近年來虛擬互動實境科技 ( Virtual Reality, 簡稱VR ) 的掘起，業界所重視但又無法徹底解決的動暈症 ( Motion Sickness ) 與平衡問題，於某個程度也被證實與雙眼視覺問題有關(Jackson, & Bedell, 2012, 如下圖)。

在視覺與學習的流程圖中(圖 1-1)，身體、眼球以及神經系統的健康 ( 包括語言、聽覺以及大肌肉運動 ) 為學習之基礎要素；其次才是雙眼視覺 ( Binocular Vision )，而雙眼的共同運作除了達到良好的視覺效率 ( Visual Efficiency ) 外，對於末端複雜的神經系統整合與建構，視知覺技能 ( Visual Perceptual Skills )、視動協調與空間意識，甚至是更高階的閱讀及拼字學習等，都必須整合所有下層的各项能力才能順利完成，而其他如立體視覺與眼動系統也相當重要(Grosvenor, 2007)。想要有良好的平衡感、閱讀效率、空間感、視知覺與視動整合能力必須從雙眼視覺的基礎開始做起。

雙眼視覺機能異常常見的分類，以下列舉非外傷性、非藥物性、非遺傳性以及非明顯眼位分離之雙眼視覺機能異常，此類異常並未被定義在疾病，因此一般人並不容易被發現與被診斷。雙眼視覺機能異常的分類(Griffin, Grisham, & Ciuffreda, 1995)如下：

(一) 聚散力異常(Vergence Anomalies)：

聚散力異常可分為六大類，主要以不同距離的眼位狀態來判定其類型；六大類的類型分別為：**1.聚合不足** ( Convergence Insufficiency；簡稱CI )、**2.基本型外斜位** ( Basic Exophoria；簡稱BX )、**3.開散過度** ( Divergence Excess；簡稱DE )、**4.開散不足** ( Divergence Insufficiency；簡稱DI )、**5.基本型內斜位** ( Basic Esophoria；簡稱BE )、**6.聚合過度** ( Convergence Excess；簡稱CE )。

(二) 調節異常(Accommodation Anomalies)

調節異常可分為四大類，分別為：**1.調節不足** ( Accommodation Insufficiency )、**2.調節過度** ( excess of accommodation )、**3.調節靈敏度不佳** ( infacility of accommodation )、**4.調節持續力不佳** ( ill-sustained accommodation )。

根據相關文獻，上述的雙眼視覺異常類型當中，又以調節不足的發生率在所有視覺機能問題中占最大的比例，調節不足型的視覺機能異常會導致患者在近方工作或閱讀時出現症狀，如閱讀時須依賴手指視讀、容易跳行、字體反轉或鏡像 ( Letter Reversal )、甚至對任何與近距離視覺相關的工作(如：閱讀、寫字及讀書等)沒有興趣，研究指出，學習障礙的學生有很高的比例有雙眼視覺 ( Binocular Vision ) 的困擾，如調節 ( Accommodation ) 與眼動 ( Ocular Motility ) ([Grisham & Simons, 1986](#))。雙眼視覺問題嚴重者可能會有頭痛、眼睛疲勞或不適、複視、喪失集中力、揉眼睛、過度眨眼、畏光(Photophobia)等症狀([Borsting et al., 2003](#); [Letourneau et al., 1988](#); [Rouse et al., 1998](#); [Ciuffreda, Scheiman, Ong, Rosenfield, & Solan, 1997](#); [Sterner, Abrahamsson, & Sjostrom, 1999](#); [FAAO, 1992](#))。此外，雙眼視覺機能若發生異常，可能會導致其他相關的生理性問題，例如睡眠障礙([Hysing, et al., 2015](#))、週邊感知能力([Francis & Owens, 1983](#))與運動能力([Erickson, 2007](#))，甚至整個空間、方向感的喪失而使人無法辨認身在何處(Kaplan, 2005)。上述徵兆通常是家長及教師在觀察學齡孩童學習時所發現，然而在傳統觀念中，這些孩童卻往往被誤判為不認真、注意力不集中 ( Inattention )、甚至是閱讀障礙 ( Dyslexia ) 與神經認知發展障礙 ( Neurodevelopmental Disorder )；實際上，臨床發現這些學童有可能同時伴隨有雙眼視覺的問題，或是雙眼視覺其實才是問題的來源。

此外，視知覺的能力亦與認知發展有所關連，當雙眼接收到影像訊息後，視覺認知會將所接收到的視覺資訊進行心理操作，並將整理後的視覺訊息再與其他感覺資訊作統整合理，這樣的技巧使我們有能力解決問題、產生計畫、並作出決策([Hendee, 1997](#))。為了能夠建立良好的視知覺就必須要有一定能力的雙眼視覺機能作為基礎，若雙眼視覺機能低弱甚至出現異常，將無法持久且精準的執行雙眼共視能力而導致注意力難以維持，再者可能進一步導致許多視覺感官上的不適症狀，例如在執行閱讀時可能會產生視力模糊、頭痛、眼睛疲勞或不適、複影、喪失集中力等抱怨，嚴重時甚至會影響日常生活([Ciuffreda, Scheiman, Ong, Rosenfield, & Solan, 1997](#); [Bowen, 2002](#))。

## 二、研究目的

根據上述研究動機，本研究的研究目的有二：

- (一) 視覺困擾組之雙眼視覺功能是否與無視覺困擾組有顯著差異？
- (二) 雙眼視覺功能與主訴視覺困擾是否達顯著相關？

## 貳、文獻探討

視覺是學習的重要途徑之一，視力不佳或視覺機能異常在生活及學習上都會出現問題 (Nandakumar & Leat, 2008; Grisham, Powers, & Riles, 2007; Fulk & Goss, 2001; Rosner, 1997; Eames, 1955; Grisham & Simons, 1986)。與學習相關的視覺功能可分成兩大類：視覺影像處理的效率 (Visual efficiency)；與視覺訊息處理分析的能力 (Visual information processing)。視覺影像處理效率依賴眼球運動、調節與融像繼而產立體視覺，互相配合而達成快速精確的眼球注視效率，若其搭配不良，則影響眼睛在執行視覺任務的問題 (例如閱讀、駕駛、體育運動或課堂學習)，甚至有眼疲勞或不舒服症狀產生 (Dutton & Jacobson, 2001)。而視覺訊息處理分析技能是使用大腦來理解周圍世界所看到的東西，當視覺影像處理效率發展落後時，視覺訊息處理分析技能可能產生延宕，需要更多的認知和努力來彌補學習過程的不足。因此，雙眼視覺機能若發生異常，其影響可能是深遠且嚴重的，輕度患者會出現閱讀困難與其他學科的學習困難 (曾善裕、鄭靜瑩、張洋馨, 2010)，嚴重患者甚至會導致平衡感與整個空間、方向感的喪失 (Kaplan, 2005)。過去許多學者在雙眼視覺機能方面的研究結果 (Letourneau, & Duci, 1988; Porcar & Martinez-Palomera, 1997; Rouse, Hyman, Hussein, & Solan, 1998; Borsting et al., 2003; Abdi & Rydberg, 2005) 發現，在眼位系統六種異常與四種調節機能異常中，患者在近方工作或閱讀時會有無法專注、無法持續閱讀、眼睛疲勞、頭痛、複視等症狀 (Borsting et al., 2003; Letourneau et al., 1988; Rouse et al., 1998; Ciuffreda, Scheiman, Ong, Rosenfield, & Solan, 1997; Sterner, Abrahamsson, & Sjostrom, 1999; FAAO, 1992)。以下針對本研究自變項與依變項之相關文獻分別說明：

### 一、雙眼視覺與注意力

美國的研究指出，在注意力不足的族群中，雙眼視覺異常的盛行率比一般人明顯高出三倍之多 (Granet, Gomi, Ventura, & Miller-Scholte, 2005)；許多國外的學者已證實注意力不足患者經常有雙眼視覺機能的問題，例如聚合不足 (Borsting, Rouse, & Chu, 2005; Doyle, Mick, & Biederman, 2007; Granet, et al., 2005)、注視能力差 (Munoz, Armstrong, Hampton, & Moore, 2003)、與調節異常 (Accommodation Anomalies) (Farrar, Call, & Maples, 2001) 等；Cepeda, Cepeda, 與 Kramer (2000) 的研究也支持注意力不足過動症的學童，在注意力轉移的作業上，其正確率和反應時間都較一般學童差。

研究指出注意力不足與雙眼的調節問題似乎存在著關連性，會如此推測的原因，主要是因為注意力不足與調節不足的症狀呈現某種程度的重疊 (Borsting, Rouse, & Chu, 2005; Granet et al., 2005; Grönlund, Aring, Landgren, & Hellstrom, 2007; Rouse et al., 2009)。Borsting 等人 (2005) 的研究中發現，調節不足學童的許

多症狀(例如：閱讀時失去注意力、閱讀緩慢)與注意力不足學童的行為特質很類似(例如：無法完成指派任務、課堂上無法專注)。這樣的現象可能只是代表一種關聯性，而非因果關係，但也因為注意力不足與調節不足的一些相同症狀，有時會造成診斷上的混淆(DeCarlo, Swanson, McGwin, Visscher, & Owsley, 2016)。相對於注意力相關的藥物使用方面，臨床上或相關研究也指出某些藥物可能會加劇內聚不足的症狀(Wallace, 2008)，且服用藥物之後出現調節困難、視力模糊的問題(Bennett, Brown, Craver, & Anderson, 1999)；Granet 等人(2005)的研究中也發現正在服藥的 ADHD 學童中有 76.9%的比例出現內聚不足症狀，而未服藥或已經停藥數月的 ADHD 學童中則僅有 23.1%診斷為內聚不足。所以本來就好發於注意力不足學童雙眼視覺機能異常問題，雖然透過藥物控制後對於情緒上有較穩定的表現，但卻可能造成雙眼視覺異常的發生率提高。

## 二、雙眼視覺與閱讀效率

**閱讀效率**取決於對閱讀的定義，廣義的閱讀包括認字與閱讀理解、閱讀正確率、閱讀速度或閱讀完成率、與閱讀持久力(duration)或稱眼睛的疲勞程度(fatigue)(Mangold, & Mangold, 1989; Afflerbach, Pearson, & Paris, 2008)，本研究較著重最後者。Lyon(1995)的研究中指出，有許多學習障礙者都有閱讀困難的情況，且由於學校成就表現不佳，有三分之一學生會中輟。Blackorby 和 Wagner (1996)以及 Shin, Park, 與 Park(2009)的研究也提出，視覺機能與學童的閱讀成就有顯著的相關。在 Dusek 等人(2011)的研究裡，針對智商 (intelligence quotient) 皆在 70 以上，有閱讀困難的兒童進行研究，他們發現這些閱讀困難的兒童與閱讀正常的兒童相比，除了屈光度數、遠距離眼位的方向與量、以及近方內斜眼位沒有顯著的差異之外，其他方面如：近方眼位、近距視力、調節幅度、雙眼調節靈敏度、單眼調節靈敏度、近點聚合力、閱讀時間皆有顯著的差異。同樣的，Hussaindeen 等人(2018)也發表了對於聚合不足且閱讀困難的兒童進行視覺機能處置，在給予不同的視覺機能處置 (home visual therapy system, HTS 與 8 稜鏡 Base In 的近用眼鏡) 後，學童的閱讀速度都有明顯的改善。此與 Allison 等人以及 Gallaway 等人在 2007 年均對閱讀有困難學童進行雙眼視異常的處置對比，有相同的結果 (表 2-1) (Horwood, Toor, & Riddell, 2014)。

國內針對雙眼視覺功能探討閱讀的論文僅有一份，詹益智 (2013) 以 622 位國小三到六年級學童為篩選對象，所有視覺機能全部合格的僅有 78 位 (僅占總數的 12.06%)，研究結果顯示視覺機能完全正常學童的閱讀固視與回視平均次數均較視覺機能異常學童低；而正常組學童的固視間期平均時間較異常組學童低。此外，正常組學童的閱讀速率平均較異常組學童閱讀速率快，眼球運動參數與雙眼視覺機能之間，以固視次數與回視次數，和近方水平眼位、躍視、聚合近點破裂以及聚合近點回復有顯著的相關。眼睛聚合與注視、躍視、追視，同為眼睛肌肉的運動，差別在同向與反相的動作，皆需要有細微的神經傳導與肌肉的控制，此一研究同時也驗證學童雙眼視覺檢測的重要性。

### 三、雙眼視覺與知覺動作整合

在雙眼視覺與知覺動作整合能力方面，包含視知覺與動作協調兩方面的問題，視知覺乃負責將此類資訊加以運用的視覺認知 ( visual cognition ) 能力，也就是將視覺資訊在心智中進行操弄整合的能力。視知覺關係著感覺統合的表現，尤其可能影響前庭與本體感知的反應。視知覺的要素很多，主要有視覺注意力 ( visual attention )、視覺記憶力 ( visual memory )、視覺區辨 ( visual discrimination ) 等；Jung, Woo, Kang, Choi 與 Kim(2014)的研究證實注意力不足患者的視知覺能力明顯低下。

雙眼視覺所扮演的角色即是知覺與動作重要輸入關卡(Howard, 2012)，長期未處理的雙眼視覺問題將造成視知覺與動作協調發展的困難(Garcia-Munoz, Carbonell-Bonete, & Cacho-Martinez, 2014)。Kulp 與 Schmidt(2002)以 5-7 歲的幼兒為研究對象，其研究指出調節靈敏度與立體視覺是預測知覺動作發展的重要指標，同時也是預測未來閱讀能力的好方法(Quaid & Simpson, 2013)。Rafique 與 Northway (2015)比較知覺動作協調正常與不正常的學童發現，兩者的調節功能有很大的落差；同樣的結果也發生在神經性發展障礙(neurodevelopmental disorders)的學童身上。

#### 參、研究方法

##### 一、研究設計與研究對象

本計畫旨在探討研究對象的雙眼視覺與主訴視覺困擾之相關，計畫收納與排除的研究對象標準如表 3-2 所列。

表 3-2

##### 研究對象收納與排除標準

收納條件	排除條件
1. 18-22 歲之大學生及研究生 2. 除雙眼視覺問題外，無其他眼疾及身心疾患	1.經醫師診斷為眼睛相關疾病，如視神經受損、眼角膜受損 2.曾接受眼睛或腦部手術 3.經醫師診斷為精神疾患，如憂鬱症、思覺失調...

##### 二、研究工具與檢查項目

本計畫相關的檢查項目與訓練均為非侵入性、無危險性且無任何用藥及影響受測者健康之檢查項目。除眼科與驗光所常做的度數量測與視力檢查外，其他的檢查項目如下：

### (一) 視覺困擾調查表

視覺困擾常見症狀如頭痛、複影、閱讀困難或疲勞，但這些主觀症狀常難以量化來表示，本研究問卷參考 COVD-QOL(Maples, 2000)、CISS(Borsting et al., 2012)以及學生視覺狀況調查表(王俊諺, 2014)，由三位驗光師及一位統計學專家挑選適當題目編制而成。內容包括閱讀、拼讀與書寫、動作與姿態、平衡與空間知覺、眼睛生理與舒適度四大向度，量表整體信度為 Cronbach' alpha=0.898，相關的內容及檢查紀錄表可參考附件。

### (二) 驗光機與視力檢查.

研究擬以 shinipon wideview refraction 進行電腦驗光，未散瞳之自動驗光儀屈光檢查數據僅提供後續檢影鏡檢查與最佳矯正視力時參考，數據分析則以檢影鏡檢查與受測者表達的最佳矯正視力或最佳的視覺反應之度數為主。遠距離視力檢查以 ACP-1500 視標投影機投射於 6 公尺遠之投影板上，檢測受測者遠距離慣用視力及矯正視力值之工具；以近距離視力檢查表檢查受測者近距離慣用視力及矯正視力值之工具。視標由大到小進行，該行視標答對超過一半為達到該行視力，並分別測量右眼、左眼及雙眼視力且紀錄於紀錄表上。視力合格標準為 0.8(含)，低於 0.8 則紀錄為異常。

### (三) 綜合驗光儀

綜合驗光儀不僅可執行屈光不正檢查，亦可執行輻輳能力、調節能力等各種視覺機能檢查。主要結構為多組轉輪系統，將各種視光檢查所需用到的鏡片加入其中，利用轉輪系統便可快速且有效率地轉換鏡片及切換各種功能，操作上比試鏡架搭配插片組更加簡潔，為專業視光工作人員的基本檢查工具，其作用無可取代。本研究透過綜合驗光儀執行的檢查有 MSR(Monocular Subjective Refraction)、雙眼平衡 Balance、斜位 Von Graefe、以及與調節相關的 FCC、NRA、PRA、Vergence Range。

### (四) 雙眼內聚與調節能力測試

測試雙眼非共軛(異向)轉動能力，測試方式為聚合近點 NPC (Near Point of Convergence)與調節近點(Near Point of Accommodation)，使用工具為 RAF ruler。受測者配戴最佳矯正度數後，檢查者手持 RAF ruler 進行檢查。聚合近點檢查時，檢查者提醒患者如果發現注視目標變成二個時要告知檢查者，而當有一眼發生偏離或回報注視目標變成二個時，檢查者將受測者與目標物之間距測出，計錄為破裂點的距離。產生破裂點後將目標物慢慢遠離受測者，同時觀察受測者的眼睛，並提醒受測者如果發現注視目標變成一個時要告知檢查者，而注視目標變成一個或雙眼重合時，再次測量受測者與目標物之間距，其距離稱為恢復點。檢查者將所測得之兩種距離記錄至記錄表上。期望值為破裂點  $3\text{cm}\pm 4\text{cm}$ 、恢復點  $5\text{cm}\pm 5\text{cm}$ ，因此破裂點超過 7cm，回復點超過 10cm 視為異常。

調節近點用於測量受測者最大調節力，當目標靠近，眼球發揮最大調節力量仍無法克服視標開始感到模糊時的距離。使用工具為視標細棒與量尺。受測者在最佳矯正度數下，檢查者手持近用視標卡與受測者面對面距離約 30 公分



至 40 公分，受測者遮蓋劣眼，僅檢查優眼，指示受測者將注意力集中於近距離視力的上一行視標並保持清晰，將視標逐漸移近受測者，並要求當視標模糊且持續模糊時回報。測量鏡框平面到視標之距離並紀錄於紀錄表，單位為公分。

#### (六) 調節靈敏度檢查與馬篤氏鏡檢查

測試受測者在雙眼狀態下快速改變調節狀態的能力，使用的工具有：屈光度分別為+1.50D/-1.50D 的翻轉鏡、Rock card 與計時器。受測者配戴最佳矯正視力之度數，檢查者手持翻轉鏡，受測者手持 Rock card 於 30 公分之前，檢查者將翻轉鏡+1.50D 置於受測者雙眼之前，並請受測者念出 Rock card 的第一格文字。當受測者正確唸出第一格的文字之後，檢查者將翻轉鏡翻轉至-1.50D 再次置於受測者雙眼之前，請受測者念出第二格的文字。1 與 2 步驟為一個循環，重複 1 與 2 步驟接續念出格子中的文字，計算一分鐘能夠完成幾個循環，並將循環數紀錄於紀錄表上。此外，Saladin card 與旋轉式馬篤氏鏡也應用在馬篤氏鏡眼位檢查，如 Fixation Disparity, Accommodative Facility, and Vergence Facility。

#### (七) 立體視覺檢查本

通過融合雙眼立體視影像測量受測者的深度感覺，使用的工具有偏光眼鏡與 Titmus 立體視測試本。受測者配戴最佳矯正度數，並將偏光眼鏡置於矯正眼鏡之前，立體視測試本置於眼前 40 公分進行測試。

### 三、統計方法

依本研究的研究目的，本研究預期以獨立樣本t檢定的方式及chi-square卡方檢定的方式來回答研究問題一。此外，以Pearson相關或Speraman相關的方式來回答研究問題二。

### 肆、研究結果

經過各項檢查及數據統整後，將先前納入與標準值或期望值分析之二十二項雙眼視覺機能與視覺行為表現進行相關性分析（如表 1 及表 2）。

總量表中，近方注視偏差量（ $r = 0.121, p = 0.062$ , 單側考驗顯著）及近方基底朝內稜鏡至回復點（ $r = 0.162, p = 0.012$ ）達顯著相關，可說視覺行為表現與近方相關的雙眼視覺檢查較為相關。以下依表中縱向的各項度作說明：

在近距離工作向度中，近方基底朝內稜鏡至模糊點（ $r = 0.150, p = 0.02$ ）及雙眼調節靈敏度（ $r = -0.119, p = 0.066$ , 單側考驗顯著）達統計上的顯著相關。近方基底朝內稜鏡至模糊點即表示受試者無法利用自身調節至清晰之稜鏡度數值，由上表可知，不論個別向度或是整體得分較高的受試者，其模糊點數據皆略高於得分較低者；另外先前研究指出，雙眼調節靈敏度不佳將使受試者在進行近距離工作時易產生困擾，本研究中近距離工作向度與雙眼調節靈敏度呈現負相關之情形，亦證實了文獻中的說法。

知覺行為向度中僅近方基底朝內稜鏡至模糊點 ( $r = 0.145, p = 0.024$ ) 達統計上的顯著相關。視知覺的路徑可說明為雙眼透過調節和融像獲得單一清晰的影像，再經由視神經傳遞至視覺皮質進行整合，綜合上述視覺機能才整合為視知覺。在這複雜的路徑中，其中一個環節若出現狀況，便有可能造成視知覺上的困擾，因此在雙眼視覺機能方面僅和近方基底朝內稜鏡至模糊點有顯著相關，說明視知覺的複雜性。

舒適度向度中，統計結果指出有近方基底朝內稜鏡至模糊點 ( $r = 0.166, p = 0.01$ )、近方基底朝內稜鏡至破裂點 ( $r = 0.173, p = 0.007$ ) 及近方基底朝內稜鏡至回復點 ( $r = 0.158, p = 0.014$ ) 達顯著相關。近方基底朝內稜鏡三項測驗(模糊點、破裂點、回復點)中，得分較高者皆有較高的稜鏡度，可能以原有之聚散能力使用眼睛；而在相同聚散條件下，得分較低者可透過巴諾姆融像區 (Panum's fusional area) 使用眼睛，因此在相同強度或時間，得分較低者便能以較輕鬆的方式減少用眼的負擔。

與肢體平衡有顯著相關的雙眼視覺檢查包括近方注視偏差量 ( $r = 0.173, p = 0.007$ )、近方基底朝內稜鏡至回復點 ( $r = 0.140, p = 0.03$ )、近方基底朝外稜鏡至破裂點 ( $r = 0.140, p = 0.032$ ) 及近方基底朝外稜鏡至回復點 ( $r = 0.151, p = 0.022$ )。肢體平衡乃需要仰賴眼動能力、聚散能力和調節能力，隨時調控我們動態和靜態的身體平衡及姿態，在本研究中，肢體平衡向度僅近方注視偏差量和近方基底朝內稜鏡至模糊點具顯著相關，推估可能是源自量表中肢體平衡向度包含動態和靜態，而本研究只調查靜態的雙眼視覺機能，因此較少表現出相關性。

總歸來說，在納入期望值中的二十二項雙眼視覺機能與視覺行為表現的相關性分析中，有部分項目顯示出顯著相關，而各向度中也對應到特定雙眼視覺機能，同樣能提供相當程度的解釋。

當調節能力和聚散能力能夠協調作用，近距離工作上就能有良好的表現，而雙眼視覺靈敏度即可同時檢測調節和聚散的作用，反映出近距離工作向度與雙眼視覺靈敏度的顯著相關性；視知覺係指雙眼得到的影像訊息經由視覺皮質整合，並進行解釋，而雙眼視覺機能中的聚散能力、融像能力、立體視和深度知覺將提供影像單一、清晰和分辨距離的能力，進而達到視知覺的作用；舒適度向度較少項目表現出相關，退測可能原因與光線、色彩或溫度等外在因素或是心理因素有所關聯，因此雙眼視覺機能對於舒適度的影響可能還有待探討；至於人體對於肢體動作或平衡都需多種機能協同掌控，而本研究收納之受試者皆為健康成人，故假定除了視覺方面其餘可能導致肢體平衡產生抱怨之機能皆為正常，而其中注視偏差量的變化已被證實是姿態造成的，基底朝外稜鏡所誘發的內聚將會造成距離看似較為接近，這種距離感知出現錯誤時就有可能造成肢體平衡上的困擾。

視覺行為表現對於某些特定雙眼視覺機能有無異常具一定的敏感度，但並不代表雙眼視覺機能異常能以行為表現概括而完成鑑別，傳統的雙眼視覺機能檢測流程仍然有其必要性。然而並非所有受試者都能接受長時間完整的檢查步驟，因此若能透過行為表現初步評估，針對受試者之異常狀態選擇必須施行的檢測方式，便能縮短檢測時間。

表 1 視覺行為量表與雙眼視覺機能相關性分析

		近距離工作	知覺行為	舒適度	肢體平衡	總量表
遠方基礎眼位	皮爾森相關	-.047	.106	-.09	.112	.004
	顯著性 (雙尾)	.469	.102	.166	.083	.945
近方基礎眼位	皮爾森相關	-.031	.070	-.064	.108	.003
	顯著性 (雙尾)	.635	.280	.324	.096	.957
近方注視偏差量	皮爾森相關	.096	.081	.065	.173**	.121#
	顯著性 (雙尾)	.138	.209	.313	.007	.062
梯度 AC/A (正度數)	皮爾森相關	-.063	-.045	-.026	.007	-.049
	顯著性 (雙尾)	.328	.483	.685	.911	.448
梯度 AC/A (負度數)	皮爾森相關	.100	.071	.085	.050	.097
	顯著性 (雙尾)	.120	.269	.191	.441	.135
遠方基底朝內稜鏡 至破裂點	皮爾森相關	.009	-.030	.073	-.008	.006
	顯著性 (雙尾)	.890	.649	.258	.902	.920
遠方基底朝內稜鏡 至回復點	皮爾森相關	.062	.077	.087	-.014	.073
	顯著性 (雙尾)	.339	.234	.179	.832	.260
遠方基底朝外稜鏡 至模糊點	皮爾森相關	-.060	.012	.001	-.031	-.034
	顯著性 (雙尾)	.354	.851	.987	.633	.602
遠方基底朝外稜鏡 至破裂點	皮爾森相關	-.016	.026	.004	.105	.013
	顯著性 (雙尾)	.809	.698	.951	.111	.849
遠方基底朝外稜鏡 至回復點	皮爾森相關	-.091	-.064	-.008	-.022	-.056
	顯著性 (雙尾)	.171	.337	.905	.742	.400

\*\*p < 0.01 \* p < 0.05, #單側考驗顯著

表 2 視覺行為量表與雙眼視覺機能相關性分析

		近距離工作	知覺	舒適度	肢體平衡	總量表
近方基底朝內稜鏡	皮爾森相關	.150*	.145*	.166**	.140*	.162*
至模糊點	顯著性 (雙尾)	.020	.024	.010	.030	.012
近方基底朝內稜鏡	皮爾森相關	.056	-.025	.173**	.013	.060
至破裂點	顯著性 (雙尾)	.385	.705	.007	.842	.352
近方基底朝內稜鏡	皮爾森相關	.015	-.079	.158*	-.006	.019
至回復點	顯著性 (雙尾)	.821	.226	.014	.929	.768
近方基底朝外稜鏡	皮爾森相關	.014	.057	.012	.026	-.003
至模糊點	顯著性 (雙尾)	.831	.380	.853	.684	.965
近方基底朝外稜鏡	皮爾森相關	.010	.010	-.031	.140*	.002
至破裂點	顯著性 (雙尾)	.877	.883	.635	.032	.976
近方基底朝外稜鏡	皮爾森相關	-.049	.024	-.038	.151*	.002
至回復點	顯著性 (雙尾)	.460	.719	.566	.022	.974
聚合近點	皮爾森相關	.027	-.056	-.039	-.062	-.004
	顯著性 (雙尾)	.675	.388	.547	.342	.952
單眼調節靈敏度	皮爾森相關	-.047	-.017	-.025	.051	-.030
	顯著性 (雙尾)	.466	.798	.698	.428	.638
雙眼調節靈敏度	皮爾森相關	-.119#	-.095	-.028	.017	-.090
	顯著性 (雙尾)	.066	.143	.666	.797	.166
負相對性調節力	皮爾森相關	-.036	.031	.031	-.060	-.018
	顯著性 (雙尾)	.582	.629	.631	.350	.785
正相對性調節力	皮爾森相關	.061	.051	-.071	.080	.027
	顯著性 (雙尾)	.343	.431	.275	.217	.671
調節幅度	皮爾森相關	.051	.053	.053	.075	.061
	顯著性 (雙尾)	.429	.414	.415	.248	.348

\*\*p<0.01, \* p<0.05, #單側考驗顯著

## 伍、參考文獻

- Abdi, S., & Rydberg, A. (2005). Asthenopia in schoolchildren, orthoptic and ophthalmological findings and treatment. *Documenta ophthalmologica*, 111(2), 65-72.
- Afflerbach, P., Pearson, P. D., & Paris, S. G. (2008). Clarifying differences between reading skills and reading strategies. *The Reading Teacher*, 61(5), 364.

- Bennett, F. C., Brown, R. T., Craver, J., & Anderson, D. (1999). Stimulant medication for the child with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatr Clin North Am*, 46(5), 929-944.
- Borsting, E., Rouse, M., Deland, P. N., Hovett, S., Kimura, D., Park, M., & Stephens, B. (2003). Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry*, 74(1), 25-34.
- Borsting, E., Rouse, M., & Chu, R. (2005). Measuring ADHD behaviors in children with symptomatic accommodative dysfunction or convergence insufficiency: a preliminary study. *Optometry*, 76(10), 588-592.
- Borsting, E., Mitchell, G. L., Kulp, M. T., Scheiman, M., Amster, D. M., Cotter, S., . . . Group, C. S. (2012). Improvement in academic behaviors after successful treatment of convergence insufficiency. *Optom Vis Sci*, 89(1), 12-18. doi:10.1097/OPX.0b013e318238ffc3.
- Bowan, M. D. (2002). Learning disabilities, dyslexia, and vision: A subject review—a rebuttal, literature review, and commentary. *Optometry*, 73(9), 553-575.
- Cepeda, N. J., Cepeda, M. L., & Kramer, A. F. (2000). Task switching and attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 28, 213-226.
- Ciuffreda, K. J., Scheiman, M., Ong, E., Rosenfield, M., & Solan, H. A. (1997). Irlen lenses do not improve accommodative accuracy at near. *Optom Vis Sci*, 74(5), 298-302.
- Conrad, J. S., Mitchell, G. L., Kulp, M. T. (2017). Vision Therapy for Binocular Dysfunction Post Brain Injury. *Optom Vis Sci*, 94(1), 101-107. doi: 10.1097/OPX.0000000000000937.
- DeCarlo, D. K., Swanson, M., McGwin, G., Visscher, K., & Owsley, C. (2016). ADHD and Vision Problems in the National Survey of Children's Health. *Optom Vis Sci*, 93(5), 459-465. doi:10.1097/OPX.0000000000000823.
- Doyle, R., Mick, E., & Biederman, J. (2007). Convergence between the Achenbach youth self-report and structured diagnostic interview diagnoses in ADHD and non-ADHD youth. *J Nerv Ment Dis*, 195(4), 350-352. doi:10.1097/01.nmd.0000253732.79172.43
- Dutton, G. N., & Jacobson, L. K. (2001). Cerebral visual impairment in children. *Seminars in Neonatology*, 6, 47-485.
- Dusek, W. A., Pierscionek, B. K., McClelland, J. F. (2011). An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with reading difficulties. *BMC Ophthalmol.*, 11, 21-26.
- Eames, T. H. (1955). The influence of hypermetropia and myopia on reading achievement. *Am J Ophthalmol*, 39(3), 375-377.
- Erickson, G. B. (2007). *Sports vision: vision care for the enhancement of sports performance*. Elsevier Health Sciences.
- Farrar, R., Call, M., & Maples, W. (2001). A comparison of the visual symptoms between ADD/ADHD and normal children. *Optometry*, 72(7), 441-451.
- FAAO, P. (1992). The prevalence of vergence accommodation disorders in a school-age population. *Clinical & Experimental Optometry*, 75(1), 10-18.
- Francis, E. L., & Owens, D. A. (1983). The accuracy of binocular vergence for peripheral stimuli. *Vision Research*, 23(1), 13-19. doi: 10.1016/0042-6989(83)90036-6.

- Fulk, G. W., & Goss, D. A. (2001). Relationship between refractive status and teacher evaluations of school achievement. *Journal of Optometric Vision Development*, 32, 80-82.
- García-Muñoz, Á., Carbonell-Bonete S., & Cacho-Martínez, P. (2014). Symptomatology associated with accommodative and binocular vision anomalies. *J Optom*, 7(4), 178-92. doi:10.1016/j.optom.
- Granet, D. B., Gomi, C. F., Ventura, R., & Miller-Scholte, A. (2005). The Relationship between Convergence Insufficiency and ADHD. *Strabismus*, 13(4), 163-168. doi:10.1080/09273970500455436
- Griffin, J. R., Grisham, J. D., & Ciuffreda, K. J. (1995). *Binocular anomalies: diagnosis and vision therapy*. Butterworth-Heinemann.
- Grisham, J. D., & Simons, H. D. (1986). Refractive error and the reading process: A literature analysis. *J Am Optom Assoc*, 57(1), 44-55.
- Grisham, D., Powers, M., & Riles, P. (2007). Visual skills of poor readers in high school. *Optometry*, 78(10), 542-549.
- Grönlund, M., Aring, E., Landgren, M., & Hellström, A. (2007). Visual function and ocular features in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder, with and without treatment with stimulants. *Eye*, 21(4), 494-502.
- Grosvenor, T. (2007). *Primary care optometry*. Elsevier Health Sciences.
- Harle, D. E., Evans, B. J. (2006). Subtle binocular vision anomalies in migraine. *Ophthalmic Physiol Opt*, 26(6), 587-96. doi: 10.1111/j.1475-1313.2006.00410.
- Hendee, W.(1997). Cognitive interpretation of visual signals. In Hendee, W. R., Wells, P. N. T. (Eds.). *Perception of visual information*, 149-175. New York: Springer-Verlag.
- Howard, I. P. (2012). *Perceiving in Depth Volume 3 Other Mechanisms of Depth Perception*. Oxford University
- Horne, J. A. (1975). Binocular convergence in man during total sleep deprivation. *Biol Psychol* 3, 309–319.
- Horwood, A. M., Toor, S. S., & Riddell, P. M. (2014). Change in convergence and accommodation after two weeks of eye exercises in typical young adults. *J Am Assoc Pediatric Ophthal and Strabismus*, 18(2), 162-168.
- Hussaindeen, J. R., Shah, P., Ramani, K. K., & Ramanujan, L. (2018). Efficacy of vision therapy in children with learning disability and associated binocular vision anomalies. *J Optom*. 11(1), 40-48. doi: 10.1016/j.optom.2017.02.002.
- Hysing, M., Pallesen, S., Stormark, K. M., Jakobsen, R., Lundervold, A. J., & Sivertsen, B. (2015). Sleep and use of electronic devices in adolescence: results from a large population-based study. *BMJ*, 5(1): e006748.
- Jackson, D. N. & Bedell, H. E. (2012). Vertical Heterophoria and Susceptibility to Visually-induced Motion Sickness. *Strabismus*, 20(1), 17–23. doi: [10.3109/09273972.2011.650813](https://doi.org/10.3109/09273972.2011.650813)
- Jones, R. K., & Lee, D. N. (1981). Why two eyes are better than one: the two views of binocular vision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(1), 30.
- Jung, H., Woo, Y. J., Kang, J. W., Choi, Y. W., & Kim, K. M. (2014). Visual perception of ADHD children with sensory processing disorder. *Psychiatry Investig*, 11(2), 119-123. doi:10.4306/pi.2014.11.2.119

- Kaplan, M. (2005). *Seeing through new eyes: Changing the lives of children with autism, Asperger syndrome and other developmental disabilities through vision therapy*. Jessica Kingsley.
- Kulp, M. T., & Schmidt, P. P. (2002). A pilot study. Depth perception and near stereoacuity: is it related to academic performance in young children? *Binocul Vis Strabismus*, 17(2), 129-134.
- Lee, S. H., & Moon, et al. (2014). "Improvement of Vergence Movements by Vision Therapy Decreases K-ARS Scores of Symptomatic ADHD Children." *J Phys Ther Sci*, 26(2), 223-227.
- Letourneau, J. E., & Ducic, S. (1988). Prevalence of convergence insufficiency among elementary school children. *Can J Optom*, 50, 194-197.
- Mangold, S., & Mangold, P. (1989). Selecting the most appropriate primary learning medium for students with functional vision. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 83, 294-296.
- Maples, W. C. (2000). Test-retest reliability of the College of Optometrists in Vision Development Quality of Life Outcomes Assessment. *Optometry*, 71(9), 579-585.
- Munoz, D. P., Armstrong, I. T., Hampton, K. A., & Moore, K. D. (2003). Altered control of visual fixation and saccadic eye movements in attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of neurophysiology*, 90(1), 503-514.
- Nandakumar, K., & Leat, S. J. (2008). Dyslexia: a review of two theories. *Clinical and Experimental Optometry*, 91(4), 333-340
- Porcar, E., & Martinez-Palomera, A. (1997). Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optometry & Vision Science*, 74(2), 111-113.
- Quaid, P. & Simpson, T. (2013). Association between reading speed, cycloplegic refractive error, and oculomotor function in reading disabled children versus controls. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 251(1), 169-187. doi: 10.1007/s00417-012-2135-0.
- Rafique, S. A., & Northway, N. (2015). Relationship of ocular accommodation and motor skills performance in developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci*, 42, 1-14. doi: 10.1016/j.humov.
- Redondo, B., et al. (2018). Attention-deficit/hyperactivity disorder children exhibit an impaired accommodative response." *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 256(5), 1023-1030.
- Rosner, J. (1997). The relationship between moderate hyperopia and academic achievement: how much plus is enough?. *Journal of the American Optometric Association*, 68(10), 648.
- Rouse, M. W., Hyman, L., Hussein, M., & Solan, H. (1998). Frequency of convergence insufficiency in optometry clinic settings. *Optometry & Vision Science*, 75(2), 88-96.
- Rouse, M., Borsting, E., Mitchell, G. L., Kulp, M. T., Scheiman, M., Amster, D., . . . Group, C. S. (2009). Academic behaviors in children with convergence insufficiency with and without parent-reported ADHD. *Optom Vis Sci*, 86(10), 1169-1177. doi:10.1097/OPX.0b013e3181baad13
- Rueff, E. M., Sinnott, L. T., Bailey, M. D. & King-Smith, P. E. (2014). The similarity between symptoms of binocular vision disorders and dry eye. *Ophthalmology & Visual Science*, 55, 1990.

- Rueff, E. M., . King-Smith, P. E., & Bailey, M. D. (2015). Can Binocular Vision Disorders Contribute to Contact Lens Discomfort. *Optom Vis Sci*, 92(9), e214-21. doi: 10.1097/OPX.0000000000000671
- Scheiman, M., & Wick, B. (2013). *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*. Wolters Kluwer Health.
- Sheedy, J. E., Bailey, I. L., Buri, M., & Bass, E. (1986). Binocular vs. monocular task performance. *Optometry & Vision Science*, 63(10), 839-846.
- Shin, H. S., Park, S. C., & Park, C. M. (2009). Relationship between accommodative and vergence dysfunctions and academic achievement for primary school children. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 29(6), 615-624.
- Sterner, B., Abrahamsson, M., & Sjostrom, A. (1999). Accommodative facility training with a long term follow up in a sample of school aged children showing accommodative dysfunction. *Doc Ophthalmol*, 99(1), 93-101.
- Steinman, B. S., Steinman, A. B., & Garzia, R. P. (2000). *Foundations of Binocular Vision*(1 ed.): McGraw-Hill Companies.
- Stone, L. S., Tyson, T. L., Cravalho, P. F., Feick, N. H., & Flynn-Evans, E. E. (2019). Distinct pattern of oculomotor impairment associated with acute sleep loss and circadian misalignment. *J Physiol*, 597(17), 4643-4660. doi: 10.1113/JP277779
- Tong, J., Maruta, J., Heaton, K. J., Maule, A. L., Rajashekar, U., Spielman, L. A., & Ghajar, J. (2016). Degradation of binocular coordination during sleep deprivation. *Front Neurol* 7, 90.
- Vicki, M., Patti, M., & Carley, T. (2017). Comparison of Three Types of Vision Therapy Exercises on Visual Skills of Sports Performance. *Optometry & Visual Performance*, 5, 7-12.
- Wallace, D. K. (2008). Treatment options for symptomatic convergence insufficiency. *Arch Ophthalmol*, 126(10), 1455-1456. doi:10.1001/archophth.126.10.1455
- Wolffsohn, J. S., Sheppard, A. L., Vakani, S., & Davies, L. N. (2011). Accommodative amplitude required for sustained near work. *Ophthalmic Physiol Opt*, 31, 480-486. doi: 10.1111/j.1475-1313.2011.00847.