

2022 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 130005
參展科別 行為與社會科學
作品名稱 助長!抑制?讓眼動與腦科學數據說「真」話
得獎獎項

就讀學校 嘉義縣私立協同高級中學
高雄市立高雄高級中學

指導教師 歐志昌、陳致澄

作者姓名 陳炳君、林觀平

關鍵詞 問題解決、眼動追蹤技術、腦波儀

作者簡介



我是林觀平（左），目前就讀於高雄市立高雄中學二年級，平時喜歡閱讀有關數學、科學與人文…等相關的書籍，也樂於探索這些領域，從中提出問題並利用科學方法論證，尤其喜歡動手操作實驗，行為科學這個主題更是深深的吸引我的注意。

我是陳炳君（右），目前就讀於嘉義縣基督教協同高級中學二年級，平

時喜歡研究、比較 3C 產品的功能，也喜歡觀察不同的人，遇到一些事情與狀況下的反應，並尋找相關的書籍加以佐證。因此，對於心理及行為社會科學逐漸產生了興趣。

我們兩位作者，是在父母熟識的老師引薦下而認識，並且在閒聊時，發現我們都喜歡 3C 產品，且不贊同社會上關於「使用手機會影響學習」的說法。因此，決定合作探討此議題。很感謝兩位指導老師利用這次機會讓我們深入了解與使用有關「**眼動儀**」與「**腦波儀**」這兩項屬於認知神經科學的新興儀器，使我們更了解行為社會科學的相關知識與奧妙。我們希望未來能在臨床心理學或是認知神經科學等有關心理學或醫學的相關領域，能做出更多的貢獻。

很高興這次有機會參加 2022 臺灣國際科展，讓我們將研究獲得的成果在如此盛大的場合中呈現，希望未來我們能有更好的表現。

中文摘要

隨著資訊科技日新月異，每位中學生幾乎都有智慧型手機等 3C 產品。下課時，教室「人手一機」景象已屢見不鮮。對此，學生是否適合在下課時間使用智慧型手機等 3C 產品？各方觀點尚未有定論。因此，本研究使用「眼動儀」與「腦波儀」等腦神經科學儀器，邀請 48 位 15 歲中學生參與本實驗，探究他們從事不同類型「下課活動或行為」歷程，其「專注度」與「放鬆度」差異情形。本研究的主要結果是：1. 中學生無論從事哪一種「下課活動或行為」，對於他們後續進行「問題解決」時「專注度」的影響，並沒有顯著性的差異。此結果「反駁」當前多數師長主張「把玩 3C 產品影響學習」論述。2. 中學生從事「回交友訊息」活動時，其「專注度」呈現「先上升後下降」的趨勢。因此，本研究建議中學生於下課時段，可以在前 3 分鐘先「閱讀或複習重點」，然後「閉目養神」，如此，可能在後續學習能獲得較佳的學習效果。但是，本研究仍建議中學生在下課時盡量避免從事「玩線上遊戲」活動，以避免後續學習「專注度」下降。

英文摘要

With the rapid development of information technology, almost every high school student has 3C products such as smartphones. During recess, the scene of "a phone for every hand" in the classroom is commonly seen. In this regard, is it suitable for students to use 3C products such as smartphones during recess? no conclusion has yet been reached on this matter. Therefore, this research used "Eye Tracking Technology" and "Mind Wave Mobile" neuroscience instruments exploring whether there were difference between "attention" and "meditation" for 48 15-years-old middle school students engaged different types of activities or behaviors during recess. The results showed that: 1.No matter what kinds of "activities or behaviors during recess" middle school students engaged in, there is no significant difference in the effect of their "attention" in their subsequent "problem solving". 2.When middle school students engaged in the activity of "replying messages to friends", their "attention" showed a trend of "increase first and then decrease". Therefore, this study suggested that middle school students can "read or review important content for next class" in the first 3 minutes of recess, and then "resting with eyes closed". In this way, students can obtain better learning effects in subsequent learning.

壹、前言

一、研究動機

隨著資訊科技技術日新月異的發展與普及化，當前青少年使用「智慧型手機」的比例，比起上一個世代來說，已經更加頻繁 (Owen, Healy, Matthews, & Dunstan, 2010)。依據《金車文教基金會》於 2017 年的調查發現：臺灣已有 95% 的青少年學生都持有「智慧型手機」(金車文教基金會，2017)；但是，有超過 60% 的教師認為，當前教育新難題是「學生在上課時，使用手機 (62.1%)」的情形氾濫，此現象顯示當前校園中學生使用「3C 產品」已成為一種習慣甚至是依賴 (金車文教基金會，2016)。

基於「3C 產品」造成臺灣許多教師困擾的現象，我翻閱文獻資料後，發現各國對於學生在下課時間「使用手機」的現象，其實有不同的見解。【加拿大】於 2016 年的調查發現，卑詩省高中生手機成癮的人數驚人，他們會出現焦慮、注意力不集中、自我沉醉在小眾世界、收發色情短信...等脫序現象 (駐溫哥華辦事處教育組，2016)；王譽樺 (2018) 也提出「學生使用愈多類別的互動式 3C 產品，其專注力的表現則愈不佳」的看法。但是，【日本】卻發現，他們國家已有超過 90% 的中學生在學習的時候，會出現使用手機檢索單字、尋找問題的解法以及觀看上課動畫...等行為 (臺北駐大阪經濟文化辦事處派駐人員，2017)；而【英國】倫敦政經學院 (The London School of Economics and Political Science) 的調查報告也顯示，中學生在禁用手機後，成績顯著成長，並且，以來自經濟困難家庭的學生成績進步最為顯著 (駐法國代表處教育組，2018)。此外，陳萌智、龔祥賀 (2019) 的研究發現，「虛擬實境專注力訓練遊戲，能讓玩家在身心愉悅的狀態下進行專注力訓練，達成大腦活化、腦部延緩退化，提升專注力的目標」；范莉翎 (2019) 的研究指出，「使用行動式裝置如智慧型手機、平板電腦等器材，透過 Flash CS5、Scratch 動畫及 MIT App Inventor 2 APP 遊戲的練習，可有效提升學生的專注力」。此現象顯示，學生在下課時間使用「智慧型手機」或「3C 產品」，是否對於學習造成「完全負面」的影響？似乎尚未有定論。

此外，對岸中國大陸教育部網站於 2021 年 2 月 1 日發布：為了保護學生視力，讓學生在學校專心學習，防止沉迷網路和遊戲，促進學生身心健康發展，近日印發《關於加強中小學生手機管理工作的通知》。該通知要求，中小學生原則上不得將個人手機帶入校園。確有需求的，須經家長同意、書面提出申請，進校後應將手機由學校統一保管，禁止帶入課堂。顯然地，對岸中央對於「學生攜帶手機進入校園」的態度，是抱持較為負面的看法 (參見圖 1)。

禁止中小學生校園用手機 中國教育部被 質疑搞政治騷

2021-02-02

Tweet

Share 0



電郵本文 評論 分享 打印



中國教育部發通知，明文規定學生不能攜帶手機回校。

圖 1：中國大陸教育部：中小學生不得帶手機入校

資料來源：<https://www.rfa.org/cantonese/news/phone-02022021042940.html>

雖然本校也訂有「攜帶手機到校的同學，進教室後請關機後放到手機櫃，放學後再領回」以及「每節下課時間嚴禁在球場及任何地方打球；也禁止學生打牌、打電動玩具、看漫畫（書刊）等活動」的規定，但是，我卻發現班上同學在下課時，會出現「使用手機」、「看報章雜誌」、「在走廊運動與打球」、「閉目養神」...等行為。這引發我好奇的思考：同學在下課時間所出現使用手機、看報章雜誌、運動與打球、閉目養神...等行為，會影響到下一堂課的學習嗎？

以上關於國內外「學生使用手機是否對學生學習產生負面影響？」以及我所觀察「班上同學在下課時出現違反學校規定」等兩個有趣的現象，引發我們的好奇心：「學生在下課時間所從事的活動或行為，那些活動或行為會對於後續學習產生什麼影響」？「那些活動或行為會促進後續的學習」？「那些活動或行為會抑制後續的學習」？要回答這些問題，我們發現過去的研究大多是利用「問卷調查法」、「晤談法」等方式進行探討，對此，我們決定藉由更科學且嚴謹的儀器（眼動儀與腦波儀），來進行研究實驗的工具，探討「學生在下課時間從事的活動或行為，對於後續的學習，是產生促進？或是抑制的影響？」這是本研究的研究動機。

二、研究目的

- (一) 探討中學生從事不同活動或行為後，在後續問題解決的歷程中，於「**眼球運動參數**」之「**平均凝視時間**」表現的差異情形。
- (二) 以「**腦波儀**」的觀點，比較中學生從事不同活動或行為的歷程中，在「**專注**

度」與「放鬆度」的差異情形。

(三) 以「腦波儀」的觀點，比較中學生從事不同活動或行為後，在後續問題解決的歷程中，於「專注度」與「放鬆度」的差異情形。

(四) 探討眼動「平均凝視時間」與腦波「專注度」之相關性。

三、文獻回顧與名詞解釋

Pellegrini (2005)在《下課時間：在教育與發育上的角色》一書中提到，許多國家都讓學生在上課 40 分鐘後，就提供學生 10 分鐘的休息時間。這種現象，同樣在【芬蘭】的教室中發生。並且，Pellegrini 發現，學生在短暫「休息」後，上課似乎更加專注。對於「休息」，【芬蘭】的老師會讓學生到戶外休息，由學生自己決定下課時間要做什麼活動；【美國】的老師則是讓學生到操場自由活動。Pellegrini 觀察、比較後發現，無論學生在下課時間待在室內或是待在室外，當下課時間結束後，他們上課的精神都更為專注。此結果顯然與當前普羅大眾的顧慮（金車文教基金會，2016）以及相關調查研究（王譽樺，2018；范莉翎，2019）的結果都有所出入。本研究綜合這些文獻資料後發現，目前這些研究多以「問卷調查法」與「晤談法」等方式進行探討，實屬「受訪者自我覺察」之研究，並非以較為客觀、科學的方式進行檢視。

像這種關於學生在學習歷程中的「專注力」、「學習表現」…等議題之探討，很難找到強而有力的證據進行解釋（Zhang, Zuo, Erskine & Hu, 2016）。近年來，有越來越多的研究建議，這些關於「認知過程」或「情意檢測」的研究，可以結合「認知神經生理學」的方法進行探究（Liu, Huang, Liu, Chien, Lai & Huang, 2015）。因此，本研究選擇利用「眼球追蹤技術」與「腦波儀」等認知神經科學技術進行相關資料蒐集，探究中學生在下課時間從事不同類型的活動或行為，對後續數學解題是否產生影響。

本研究實驗的設計，首先，編製一份「中學生下課時間的活動類型調查」的 Google 表單，以「問卷調查」的方式（表單 QR code 如下圖 2 所示），理解目前中學生下課時間較常從事的活動或行為，並決定本研究實驗操弄的「下課活動或行為」的類型。



圖 2：本研究 Google 問卷調查表單 QR code

其次，由指導老師透過他熟識的中學，在獲得校方許可的前提下，徵求 48 位「自願參加」且「獲得監護人同意」的 15 歲中學生參與本研究實驗施測；接續，依據他們平時下課時間較常從事的活動進行分組（分別為到校園中走一走，遠離教室、閉目養神、滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息、滑手機-玩手機內建遊戲與線上遊戲等四類），並由指導老師與我們共同向受測學生說明實驗流程與注意事項，讓參與者完全知曉受測的全程內容。最後，進行「各類下課活動或行為」以及「數學解題」等任務。

而本研究將透過「眼球儀」與「腦波儀」所獲得的訊息與數據進行分析，以探討中學生在下課時間從事不同類型活動或行為後，是否對後續問題解決產生促進或是抑制的影響？為了能回答本研究所設定的問題，本研究後續探討涉及的專有名詞說明如下：

（一）「眼球追蹤技術」所獲得的「眼球運動參數」

近年來，國內外許多關於學習者進行認知活動歷程的研究（例如：閱讀、問題解決、注意力...等），都會利用眼球運動的資料進行詮釋與說明（蕭米珊，2011）。由於本研究主要是探討中學生在下課時間從事不同的活動或行為後，對其進行「數學解題」的歷程是否產生影響？此目的恰符合上述「眼球追蹤技術有助於探究學習者之問題解決歷程」的功能。

Rayner、Foorman、Perfetti、Pesetsky 與 Seidenberg (2001)提到，關於「眼球運動參數」的分析項目，包括凝視 (fixation)、掃視 (又稱跳視, saccade) 與回視 (regression)。其中，「凝視」象徵「眼睛靜止不動」。Henderson 與 Hollingworth (2003)指出，學習者在閱讀的歷程中，「凝視」幾乎佔了 90%的閱讀時間，因此，本研究決定以「眼球運動參數」中的「平均凝視時間」(average fixation duration)進行分析。

「平均凝視時間」是指受試者在凝視「某一個區域」時，在「這一個區域」裡「平均每一個凝視點的凝視時間」。Rayner、Serenio、Morris、Schmauder 與 Clifton (1989)指出，受試者利用眼球進行視覺的文字搜尋時，每一個凝視點的「平均凝視時間」約為 275 毫秒；而觀看影像或圖片時，則每一個凝視點的「平均凝視時間」約為 330 毫秒。並且，觀看時間的長短可能與影像或圖片的細節豐富程度有關 (Salthouse & Ellis, 1980)。Rayner (1998)進一步指出，「平均凝視時間」與學習有關，會受到信號提示以及先備知識的影響。而且隨著對先備知識的增加，個體傾向在與任務相關的訊息上有更快速與更多的凝視 (Canham & Hegarty, 2010)。

(二)「腦波儀」的 EEG 數據轉化而成的專注度與放鬆度

過去，認知心理學派典均同意，應以科學的方法研究「人類心智歷程的架構及發展以及外界訊息如何在人類的內部進行處理」，進而探究「人類知識的產生與使用」。而這一切，都與「大腦」息息相關。但是，此派典對於那些所推論「影響學習的因子」，實際上，是如何產生「促進學習發展的機制」？仍然尚不能完全確定。因為，我們無法直接觀察到人類的認知歷程，因此，只能利用其他外顯的形式（例如：測驗或任務）來量測與評估學習者的學習情形，進而推出可能的認知學習歷程（鄭麗玉，2006）。

為了瞭解人類在認知歷程中，「大腦」的實際運作情形，有些研究（Finelli, Baumann, Borbealy, & Chermann, 2000; Kober, Kurzmann, & Neuper, 2012)開始利用「腦電圖」(electroencephalogram, EEG)來探討人類在不同學習情境中，大腦腦波 (brain wave)的變化情形。

陳昆顯、何淑君（2013）以「腦電圖」(EEG)作為關鍵字，蒐集 42 篇「評價較高且令人信服」的期刊論文進行分析，將有關「腦電圖」(EEG)之研究分為「腦波發生位置」、「常見腦波」與「腦機介面」等三大類別。其中，「腦機介面」的相關研究大多是將「腦電圖」(EEG)應用在輔助肢體殘障患者的醫療上，與本研究要探討的主題較不相符。此外，由於本研究所使用的「腦波儀」是由【美國】矽谷《神念科技》授權《勝宏精密科技股份有限公司》經銷的「Brainlink 舒適型腦波儀」。該儀器是一款非侵入式且為可攜式的「腦波儀」，透過儀器對大腦皮質的額葉 (Frontal Lobe)部分採集 α 、 β 、 θ 、 δ 波等腦波數據，並顯示「大腦」的「專注度」 (Attention)與「放鬆度」 (Meditation)。故，本研究決定透過中學生在下課時間「從事不同活動或行為」後，並進行數學解題的過程中，蒐集受測者所呈現「腦電圖」(EEG) 之「專注度」與「放鬆度」數據，分析中學生在下課時間從事不同活動或行為後，對其後續進行「數學解題」的歷程，是否產生影響？

1. 專注度 (Attention)

Hu 與 Hui (2012)指出，影響學習成效最關鍵的因素，在於學習時的專注投入與否。也就是說，「專注度」的高低會影響學習事物的成效。Reif (2008)也提到，「專注度」是學習行為上的一個關鍵角色，影響訊息處理的深度及學習的成效。因此，如果一位學習者要有良好的學習成效，那麼，他在學習任何事物時，必須保有選擇性 (Moran, 2004)、持續性 (David, 2005)與集中性 (Moran, 2004)的專注力。因此，本研究利用腦波儀提供的「專注度」數據來輔助檢測中學生在進行下課活動與數學解題活動過程中的專注程度。

2.放鬆度 (Meditation)

此外，「放鬆度」是指一個人情緒的放鬆程度，它與 α 波有關。當學習者以平常心從事熟悉的事物時，他的放鬆指數會提高；閉上眼睛時，也可提高放鬆的程度，這是因為閉眼時， α 波會增加，當 α 波為優勢波時，較能接受任何挑戰、有條理的學習並思考問題。因此，本研究透過腦波儀所提供的「專注度」與「放鬆度」等數據，有效掌握研究參與的學生其行為表現（下圖 3 即為受測者呈現的「專注度」與「放鬆度」之腦波線圖舉例）。

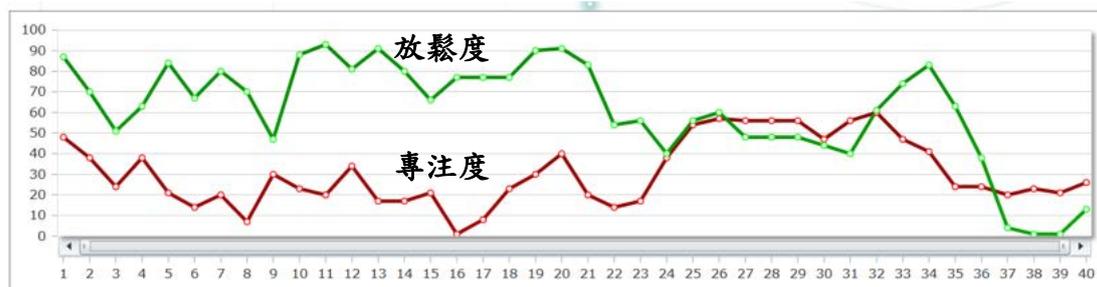


圖 3：受測者呈現的「專注度」（紅色線）與「放鬆度」（綠色線）腦波線圖舉例

貳、研究方法與過程

一、中學生在下課時間實際從事的不同活動或行為調查

為了真正了解中學生下課從事活動的現況，本研究以 Google 表單調查當前中學生下課時間所從事的活動類型與比例，提供本研究設定實驗操弄組別類型的決策依據。

請您仔細回想，在下課時間裡，您經常從事的活動是？

71 則回應

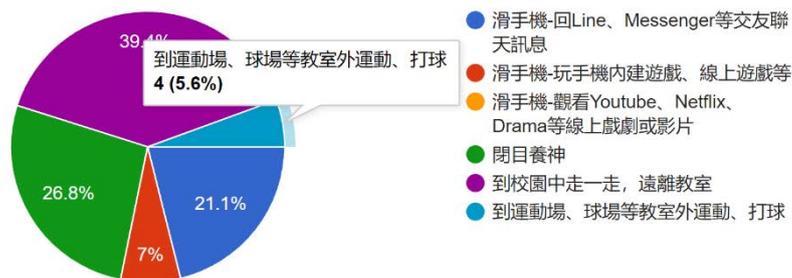


圖 4：中學生在下課時間經常從事的活動比率分析

調查結果所獲得的數據（參見圖 4）顯示：有 39.4% 的中學生在下課時間經常從事「到校園中走一走，遠離教室」；有 26.8% 的中學生會「閉目養神」；有 21.1% 的中學生會「滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息」；有 7% 的中學生會「滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲」；有 5.6% 的中學生會「到運動場、球場等教室外運動、打球」。

基於上面結果，本研究將實驗設計的「下課活動或行為」定為「走路組：離開座位，做適當的走動」、「睡覺組：閉目養神」、「訊息組：滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息」、「手遊組：滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲」等四類。

二、研究參與者

參與本研究的對象，依其參與先後，分為「問卷調查組」以及「實驗受試組」兩組：

（一）問卷調查組

我們觀察班上同學在下課時間從事的活動與行為包括「使用手機」（有些人看影片；有些人玩線上遊戲；有些人回交友訊息…）、看報章雜誌、運動與打球、閉目養神…等行為。本研究考量接下來要設定的「下課活動」類別不宜過多，否則，未來在資料蒐集與分析過程，可能因為每一類資料數量不夠多而導致無法產生顯著性差異。因此，我們和指導老師討論後，決定以「問卷調查」的方式，初步理解目前中學生下課時間較常從事的活動與行為有

哪些？

於是，我們首先編製一份「中學生下課時間的活動類型調查」Google 表單

(<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdEM5HyIhPVI-Qbt9rjtSofb3vSRyXwJJBcTF4FYzOFVrfPGQ/viewform>) (表單內容參見下圖 5)。表單建置完成後，由指導老師協助發出「填寫邀請」，合計有 71 位來自高雄市、臺中市、臺南市、南投縣、臺東縣等縣市的中學生完成填答。其中，男生有 38 人 (53.5%)；女生 33 人 (46.5%)。國中階段學生有 24 人 (33.8%)；高中階段學生有 47 人 (66.2%)。其中，七年級有 14 人；八年級有 3 人；九年級有 7 人；十年級有 17 人；十一年級有 15 人；十二年級有 15 人。



圖 5：本研究設計的「中學生下課時間的活動類型調查」Google 表單

本研究針對這 71 位學生填答的結果分析如下：

1. 中學生在下課時間，「實際」與「最希望」從事的下課活動或行為之比較

研究者設計本題之目的，是希望比較中學生「實際」從事的下課活動是否與「希望」從事的下課活動是否一致？下表 2 是 71 位填答學生「實際」與「希望」從事的各類下課活動或行為分析：

表 2：中學生「實際」與「希望」從事的各類下課活動或行為

各類下課活動或行為	實際從事	希望從事
滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息	21.1%	18.3%
滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲	7%	12.7%
滑手機-觀看 Youtube、Netflix、Drama 等線上戲劇或影片	0%	4.2%
閉目養神	26.8%	21.1%
到校園中走一走，遠離教室	39.4%	28.2%
到運動場、球場等教室外運動、打球	5.6%	15.5%

從上述數據發現，中學生對於下課時間「滑手機」的行為，存有「喜愛」的正向感受（實際從事的人佔 28.1%；希望從事的人佔 35.2%）；也有一部分中學生希望能到運動場、球場...等教室外運動、打球（實際從事的人佔 5.6%；希望從事的人佔 15.5%）。

顯然地，中學生下課時間「希望從事」「滑手機」或「到運動場、球場...等教室外運動、打球」活動的人數遠高於「實際從事」這些活動的人數。本研究透過指導老師詢問有填答的學生所屬學校教師得知：這可能和多數中學「禁止學生於下課時間運動、打球」；也明令規定「學生到校後須將手機置放於統一保管處」有關。

2. 中學生對於「下課時間從事的活動或行為是否影響後續專注力」的看法

針對本研究設定的各類「下課時間從事的活動或行為」，有 35 位（49.3%）中學生認為「閉目養神」對於下一節課的「專注力」影響最小；有 22 位（31%）中學生則認為「到校園中走一走，遠離教室」對於下一節課的「專注力」影響最小；有 8 位（11.3%）中學生認為「滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息」對於下一節課的「專注力」影響最小；有 3 位（4.2%）中學生認為「滑手機-玩手机內建遊戲、線上遊戲」對於下一節課的「專注力」影響最小；有 2 位（2.8%）中學生認為「到運動場、球場等教室外運動、打球」對於下一節課的「專注力」影響最小；只有 1 位（1.4%）中學生認為「滑手機-觀看 Youtube、Netflix、Drama 等線上戲劇或影片」對於下一節課的「專注力」影響最小（整體結果參見下圖 6）。

您認為從事下列哪一個活動，對下一節課的專注力影響最小？

71 則回應



圖 6：學生對於「下課時間從事的活動或行為是否影響後續專注力」看法之分析

針對上述結果發現，幾乎全數（70 位，98.6%）的中學生都認為「滑手機-觀看 Youtube、Netflix、Drama 等線上戲劇或影片」會影響下一節課的「專注力」。此結果與普羅大眾的看法一致。但是，此結果存在一個有趣的現象：卻有 11 位（15.5%）中學生認為

「滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息/玩手機內建遊戲、線上遊戲」對於下一節課的「專注力」影響最小。研究者認為，這有待本研究以較具科學性的「眼球追蹤技術」與「腦波儀」等認知神經科學技術之數據加以驗證了。

(二) 實驗受試組

參與本研究實驗施測的對象，是由指導老師尋求他所熟識的中學教師，透過中學教師對他任課班級的學生詳細說明本研究的目的是、要實施那些實驗步驟與內容以及可能進行施測的時間後，徵求「自願參加」且「獲得監護人同意」者（學生與監護人所簽署之同意書舉隅如附件二所示），參與本研究。故研究對象的選擇，屬方便取樣 (Convenience sampling)。本研究邀請的 15 歲中學學生，共計 48 位。我們依據他們平時下課時間較常從事的活動進行分組（分別為「走路組：離開座位，做適當的走動^{註1}（到校園中走一走，遠離教室）」、「睡覺組：閉目養神」、「訊息組：滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息」、「手遊組：滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲」等四類）。在初審報告書中，本研究蒐集、分析每組的人數為 3 人（共計 12 人）；本次複審說明書增加邀請參與實驗研究的對象，共計 48 位（參見下表 3）。其中有 24 位（參與每一類下課活動或行為的人數皆為 6 人）從事的下課活動或行為是 3 分鐘；但是，為了符合中學生真實下課的時間，本研究另外邀請 24 位中學生（參與每一類下課活動或行為的人數皆為 6 人）從事 10 分鐘的下課活動或行為，希望能貼近真實的中學生活動型態，也能比較兩種「從事不同時間長度」下課活動或行為的中學生，他們在「眼球運動參數」、「解題正確率」表現及在「腦波儀」呈現的「專注度」與「放鬆度」之差異。

表 3：從事不同類下課活動或行為之學生分布情形與編碼摘要表

從事下課活動時間	全體樣本 (n=48)	人數	百分比	學生代碼
3 分鐘	走路組：離開座位，做適當的走動 ^{註1}	6	12.5	WB1, WB5, WB6, W403, W503, W603
	睡覺組：閉目養神	6	12.5	WB3, WB4, WG2, T103-1, T103-111, T103-222
	訊息組：滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息	6	12.5	b6, b7, b8, m103-1, m103-2, m103-3
	手遊組：滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲	6	12.5	b1, b4, b5, b2, b3, G603
10 分鐘	走路組：離開座位，做適當的走動 ^{註1}	6	12.5	w110, w210, w310, w410, w510, w610
	睡覺組：閉目養神	6	12.5	s410, S210, S310, S810, S510, S610
	訊息組：滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息	6	12.5	m103-11, m103-12, m103-13, m103-777, m103-888, m103-999
	手遊組：滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲	6	12.5	G110, G210, G310, G410, G510, G610
	有效總和	48	100	
註 1：由於受測者從事該活動（到校園中走一走，遠離教室）時，需穿戴「腦波儀」，為了避免儀器之藍芽接				

收失效，將該活動修改為「離開座位，做適當的走動」。

資料來源：本研究整理

三、數學解題內容

為了瞭解中學生在下課時間從事「不同類型的活動或行為」對後續學習是否產生「促進學習」或「抑制學習」的效果？本研究鑑於考量「數學問題相較於其他領域的文本來說，更能夠盡快讓閱讀者迅速投入專注力與思考的狀態」。因此，決定設計2道數學問題（如下圖7），提供受測者進行解題活動，來評估中學生從事不同類型活動對後續學習「專注度」與「放鬆度」的影響。

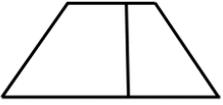
<p>有一個等腰梯形 腰長10公分、高6公分 兩底之和為20公分 問較短之底長為多少公分？</p> 	<p>有一個3X3的方格 其橫列、縱列及對角線皆為 等差數列(如右圖) 試求$A + B + C + D + E + F$ 之值。</p> <table border="1" data-bbox="1182 810 1422 1030"><tr><td>1</td><td>C</td><td>D</td></tr><tr><td>A</td><td>9</td><td>E</td></tr><tr><td>B</td><td>12</td><td>F</td></tr></table>	1	C	D	A	9	E	B	12	F
1	C	D								
A	9	E								
B	12	F								
<p>圖 7-1：數學問題 I</p>	<p>圖 7-2：數學問題 II</p>									

圖 7：中學生進行數學解題的內容

由於本研究邀請接受施測的實驗對象，為 110 學年度就讀國中三年級或高中一年級的學生（出生年份與月份介於 2005 年 8 月~2006 年 7 月之間，實際年齡為 15 歲）。考量他們接受本實驗測驗時，所具備的數學知識與能力，應為國中階段的數學相關內容。依據教育部（2018）《十二年國民基本教育數學領域課程綱要》中，對於國民中學 7~9 年級階段數學主題的界定，分為「數」、「代數」、「幾何」、「統計與機率」等四大主題。上圖 7-1 之「數學問題 I」涉及的主題與內涵為「數」與「幾何」；而圖 7-2 之「數學問題 II」涉及的主題與內涵為「數」、「代數」。這兩道問題恰涵蓋國民中學 7~9 年級階段的「數」、「代數」與「幾何」等三大主題，具有其代表性。

此外，從「認知負荷」(cognitive load theory)的觀點來看，Sweller (2010)提到，「認知負荷」包括「內在負荷」、「外在負荷」與「增生負荷」等三個要素。其中，「內在負荷」是由「學生要學習、理解的材料及其複雜程度」而決定；「外在負荷」則是因「學生要學習、理解材料時，需額外占據工作記憶容量」而產生；至於「增生負荷」，則與學生本身的特性有關，它代表「學生為了克服『內在負荷』，而投入與學習任務有關的認知資源」。因此，「數

學問題」是否需要較高的「認知負荷量」？則取決於「內在負荷」與「外在負荷」。研究者考量「數學問題 I」若只有「文字敘述」而無「圖示」輔助學生理解題意，則學生必須在解這道問題時，操弄「心像」促進理解，會增加本題之「外在負荷」。因此，研究者與指導老師討論後，決定隨題附上「圖示」，以降低學生在解本道數學問題時所需的「認知負荷量」。而「數學問題 II」則因題幹中的「圖示」需要同時思考「等差數列」概念與執行「加減計算」之程序運算能力，複雜度高，也就是屬於需要的「內在負荷量」較高之數學問題。故，這兩道數學問題各自具有「認知負荷」的代表性。

四、設備

(一) 眼球追蹤技術 (Eye tracking technology)

本研究藉以蒐集「眼球運動參數」的「眼動儀」(參見圖 8)是購自 Pupil Labs 的「Pupil Invisible 佩戴式眼動儀」(eye-tracker)。此設備像眼鏡般輕巧、攜帶方便，眼鏡上附有磁吸式的實景攝影機，可依需求隨時拆卸、收納，並有記錄聲音的功能。此外，此設備不須校正就可記錄雙眼的眼動資料(硬體採樣率為雙眼 200Hz @ 192*192px IR illumination/即時採樣率為 66Hz)，內建的 IMU 不會因為頭部移動而影響數據的蒐集。

由於本研究進行實驗操作時，受試者需要配戴「腦波儀」，先「閉上眼睛」30 秒，再進行 3 分鐘/10 分鐘的「下課活動或行為」(例如：到校園中走一走，遠離教室；閉目養神；滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息；滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲)；接著，再同時戴上「眼動儀」，繼續完成兩道數學問題之解題。因此，無法像單一使用「眼動儀」般，固定坐在某位置上，完成解題任務。故，本次實驗選擇比較為輕巧的「眼動儀」儀器，蒐集受測者在此歷程中呈現的「眼球運動參數」。



圖 8：本研究蒐集「眼球運動參數」之儀器與示意圖

(二)「腦波儀」(Mind Wave Mobile)

本研究所使用的「腦波儀」，是由 Neurosky 公司生產。NeuroSky 近年來致力於發展輕

量化的腦機介面 (Brain Computer Interface; BCI)裝置，MindWave 為其發展的腦波耳機（參見圖 9-1），藉由單一乾式電極傳感器，置於前額葉處，採集大腦產生之生物訊號，其參考電極和電路接地系統連接於左耳垂，大人、小孩皆可配戴。採樣頻率為 512Hz。其獨家技術 ThinkGear™ 晶片整合了對原始腦電訊號進行採集、濾波、放大、轉換、分析等數位訊號處理功能，通過 eSense™ 演算法將個人之心理狀態以數字化作一個呈現的方式，並且可區分為「專注度」(Attention)與「放鬆度」(Mediation)，而該精神（專注度與放鬆度）的狀態，是以 0 到 100 表示。

研究者則在受測者從事各類「下課活動或行為」以及進行「數學解題」的歷程中，蒐集每一位受試學生的「專注度」以及「放鬆度」等腦波信號之數據進行分析。



圖 9-1：本研究使用之腦波儀器示意圖（WB3）

圖 9-2：腦波蒐集情形

圖 9：本研究蒐集「腦波」(EEG)之儀器與示意圖

資料來源：http://www.brain-sh.tw/product_content.php?p_id=142

五、行為實驗方法

本研究進行實驗施測前，首先由指導老師教導我們實驗流程，並由我們實際操作練習（如下圖 10）；接著，於正式實驗階段，再由我們（指導老師從旁協助指導）向受測學生說明實驗流程以及「腦波儀偵測」、「眼動儀施測」的情形與注意事項（注意事項說明如下圖 11）；並略述「數學解題」的大致內涵與過程中應注意的事項，讓參與者完全知曉受測的全程內容。



圖 10：指導老師教導我們實驗流程

1. 戴上腦波儀，按打開
2. 閉眼30秒
3. 進行活動3/10分鐘
4. 戴上眼動儀，按下錄製
5. 每題施測最多3分鐘，提前結束也可以，不會寫請說不會寫
6. 整個結束，小心摘下儀器，寫出解題過程。

感謝參與

圖 11：本研究的實驗流程說明

以下，首先呈現本研究的三階段正式實驗流程圖（如圖 12 所示）；接續，再逐一說明各階段的工作實施內容如下：

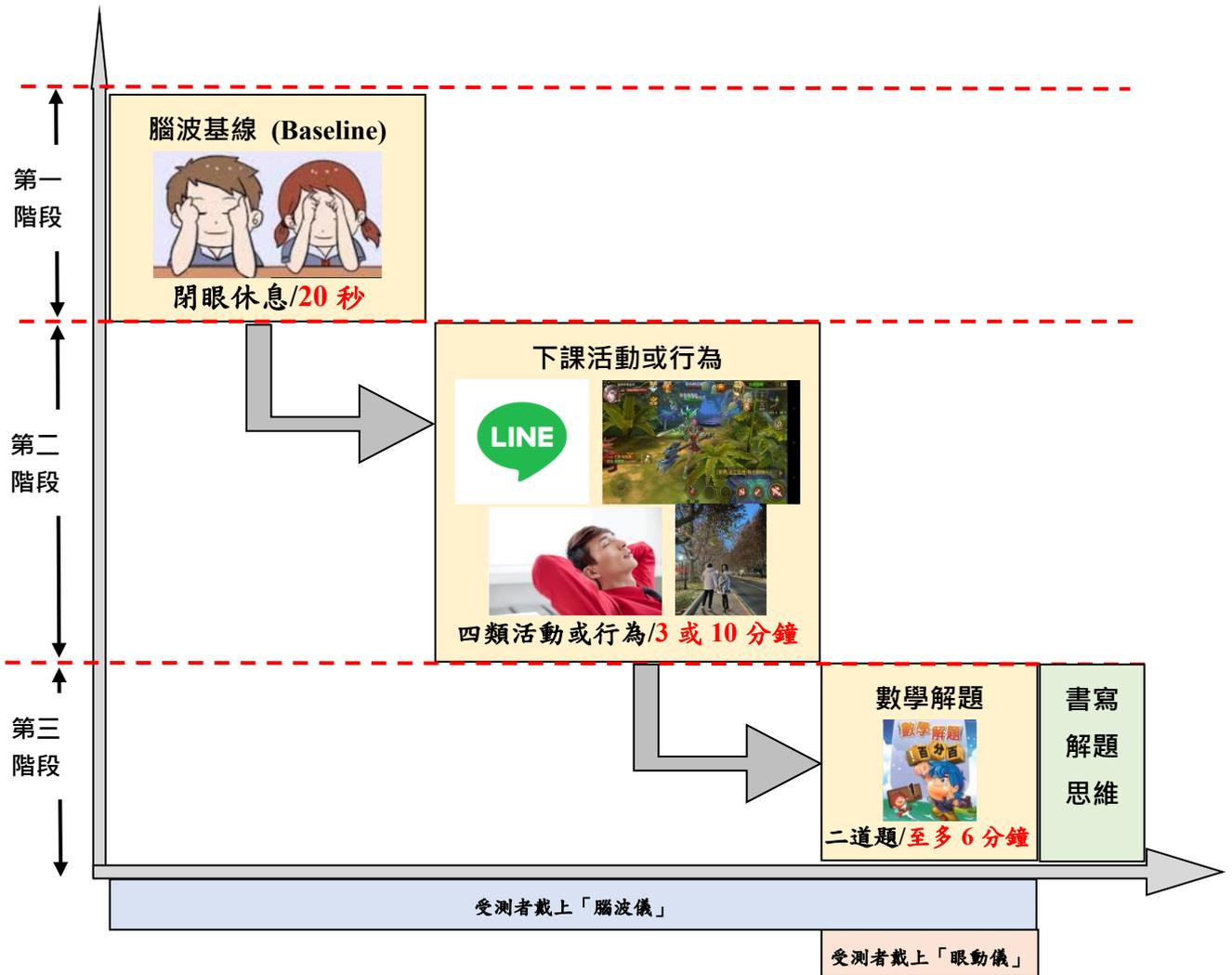


圖 12：實驗流程圖

(一) 第一階段 (時間為 30 秒)

第一階段，請學生戴上「腦波儀」，閉上眼睛 30 秒（本研究實際採用、計算的時間是扣除此階段的前、後 5 秒，只計算第 6~25 秒，總計 20 秒），蒐集腦波相關數據，作為腦波的基線 (Baseline)（參見圖 13）。



圖 13：受測學生戴上「腦波儀」蒐集腦波基線舉隅

(二) 第二階段 (時間為 3 分鐘或 10 分鐘)

第二階段是讓參與受測的中學生戴上「腦波儀」，從事一項下課活動或行為（各類活動或行為的時間分為 3 分鐘組與 10 分鐘組），過程中，本研究紀錄受測者的「腦波」之「專注度」以及「放鬆度」相關數據。其中，從事「離開座位，做適當的走動」的受測者，是在研究者所布置的「數學解題」施測教室外面，附近的校園中活動；從事「閉目養神」的受測者，是在研究者所布置的「數學解題」施測教室內進行；從事「滑手機-回 Line, Messenger 等交友聊天訊息」的受測者，是在研究者所布置的「數學解題」施測教室內，與研究者指定的兩位同學透過 Line 或 Messenger 等 APP 進行聊天、傳訊息；從事「滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲」的受測者，則是在研究者所布置的「數學解題」施測教室內，利用手機玩《Doodle 冠軍島運動會》線上遊戲（參見圖 14）。



圖 14-1：受測者從事的線上遊戲



圖 14-2：線上遊戲《Doodle 冠軍島運動會》畫面

圖 14：「滑手機-玩手機內建遊戲、線上遊戲」受測者所玩之線上遊戲

資料來源：<https://www.google.com/doodles/doodle-champion-island-games-begin?hl=zh-TW>

(三) 第三階段 (時間至多為 6 分鐘)

第三階段為「數學解題」活動。所有受測者會在本研究布置的「數學解題」施測教室內，同時戴上「腦波儀」與「眼動儀」進行「數學解題」。每道數學問題的解題時間

上限為 3 分鐘 (180 秒)，因此，本階段總解題時間最多為 6 分鐘 (360 秒)。施測過程中，本研究同時收集受測者的「腦波」與「眼動」相關數據。當學生完成「數學解題」後，研究者再提供一張「解題思維紀錄單」，請受測者回憶並寫下他針對這兩道數學問題的解題思維 (參見下圖 15)，以利本研究後續進行「眼球運動參數」意義判讀的佐證資料。

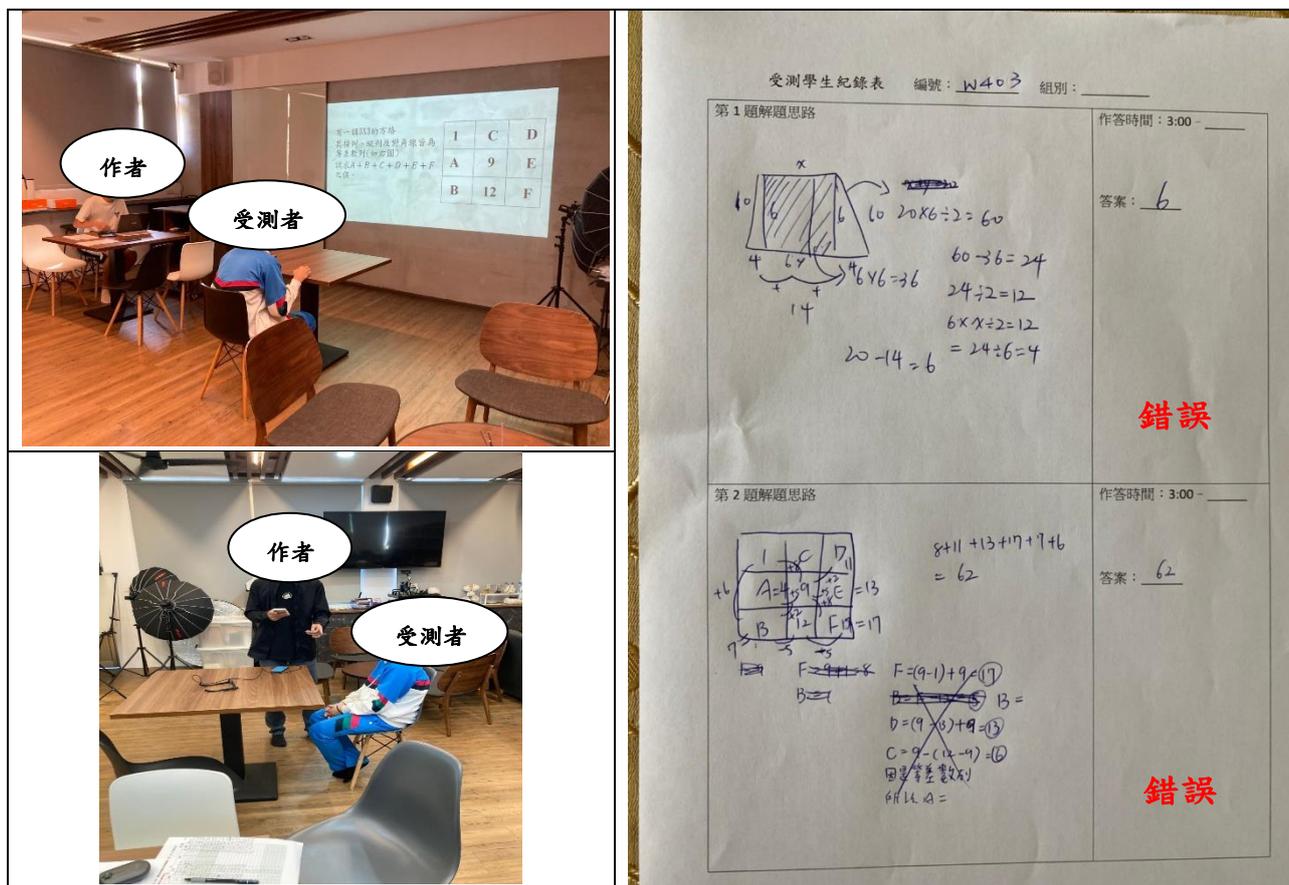


圖 15：受測學生解題情形與回顧數學解題思維紀錄單舉隅

六、實驗結果描述方法

本研究將「原始腦電波」轉化而得的「專注度」與「放鬆度」等數據以及運用「眼球追蹤技術」所獲得的「眼球運動參數」，以 SPSS 26 版統計軟體進行後續分析。研究者以「單因子變異數分析」 (Analysis of Variance, ANOVA) 比較、探討 2 組中學生從事 4 類「不同類型的下課活動或行為」後，在「平均解題時間」與「平均凝視時間」的表現，是否存在顯著性差異？且以「共變異數分析」 (Analysis of Covariance, ANCOVA) 比較、探討 2 組中學生從事 4 類「不同類型的下課活動或行為」時，以及在後續進行「數學解題」的歷程中，其「腦波信號」(包括專注度、放鬆度) 的表現，是否存在顯著性差異？

七、研究倫理

參與本研究的受測者是 15 歲的中學生。本研究基於研究倫理原則之自主、知情同意及不傷害參與者之考量，遵守「國立成功大學人類研究倫理治理架構」(2021) 規範之《研究倫理相關之規範與政策》之相關規定，並於 2021 年 5 月 22 日獲國立成功大學人類研究倫理審查委員會審查通過（審查通過證明編號 NCKU HREC-E-109-441-2）。本研究考量「告知同意」與「資訊保密」等兩個面向，相關內容說明如下：

（一）告知同意

本研究執行實驗施測前，會由指導老師向受測學生詳細解釋研究目的、實驗實施過程以及研究進行施測的相關細節。過程中，會讓受測者充分發問，以增進受測者對本研究的實驗流程有全盤性的了解，也給予受測者足夠的時間進行考慮，力求受測者是自由意願參與。

（二）資訊保密

本研究在實驗前，會向受測學生說明他們提供的「基本資料」與「具隱私性」的相關內容，研究者必定遵循「絕對保密，絕不對外公開」的原則；並且，研究的結果，僅會以數據或文字詮釋的方式呈現，以作為參加「國際科展」或「學術期刊發表」等用途。本研究不會在文中呈現任何有關個人的訊息。

參、研究結果與討論

一、研究結果

以下，針對本研究設定之研究目的進行結果分析：

(一) 從事不同下課活動或行為的學生在「數學解題」歷程的「眼球運動參數」表現

本研究參考Duchowski (2003)的建議，採用「平均凝視時間」此眼動指標，以「單因子變異數分析」(Analysis of Variance, ANOVA)統計方法，分析從事不同下課活動的中學生，他們在「數學解題」歷程中的表現差異。

1. 從事「3分鐘」不同下課活動或行為的學生在「平均凝視時間」表現的比較

以下，首先呈現的是學生從事「3分鐘」不同下課活動或行為後，他們在「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」表現（如表4）以及比較圖（如圖16）：

表4：學生從事「3分鐘」各類下課活動後於解題歷程中的「平均凝視時間」

下課活動類型	人數	平均凝視時間	標準差
手遊組(1)	6	165.23	20.61
走路組(2)	6	104.61	15.20
訊息組(3)	6	139.89	31.96
睡覺組(4)	6	95.87	16.05

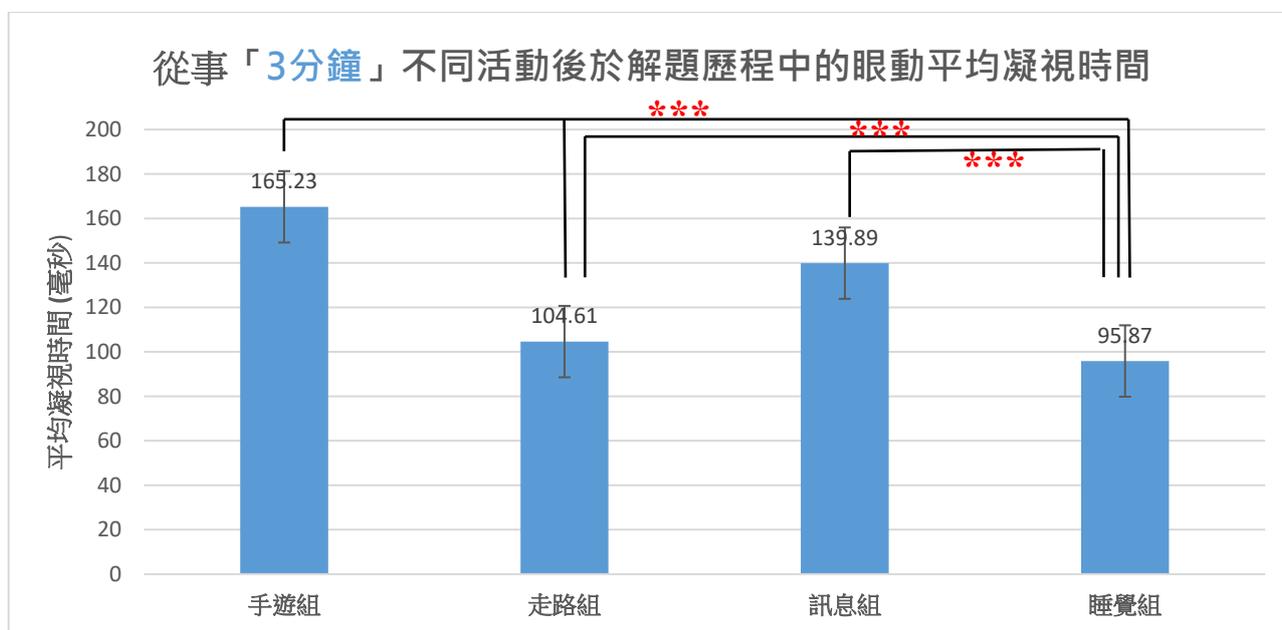


圖16：學生從事「3分鐘」各類下課活動後於解題歷程中的「平均凝視時間」比較圖

其次，再以「單因子變異數分析」(Analysis of Variance, ANOVA)統計方法，比較從事「3分鐘」不同下課活動的中學生，他們在「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」表現，

是否存在顯著性差異？

表5：學生從事「3分鐘」各類下課活動後於解題歷程中的「平均凝視時間」比較 (N=24)

	平方和	df	平均平方和	F值	P 顯著性	Scheffee法 事後比較
群組之間	18579.720	3	6193.240	12.802	<.001***	1>2
組內	9675.138	20	483.757			1>4
總計	28254.858	23				2>4 3>4

註：* p<0.05, ** P<0.01, *** p<0.001

針對上表5，我們提出以下總結：

- (1) 上表5顯示，透過ANOVA分析，學生從事四類不同下課活動「3分鐘」後，於「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」達顯著性差異。
- (2) 透過 Scheffee事後比較發現，「手遊組」於「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」顯著多於「走路組」(1>2)與「睡覺組」(1>4)；「走路組」與「訊息組」於「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」也顯著多於「睡覺組」(2>4; 3>4)。
- (3) 結合表5與表6與圖16發現，學生無論從事「玩手遊」、「走路」或是「看訊息」等不同下課活動「3分鐘」後，於「數學解題歷程中的「平均凝視時間」都比「睡覺組」多；其中，又以「手遊組」的「平均凝視時間」最長。此結果顯示「手遊組」的學生在下課時間，眼睛最沒有獲得充分休息；而「睡覺組」的學生在下課時間，眼睛有獲得最充分的休息。

2.從事「10分鐘」不同下課活動或行為的學生在「平均凝視時間」表現的比較

以下，首先呈現的是學生從事「10分鐘」不同下課活動或行為後，他們在「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」表現（如表5）以及比較圖（如圖17）：

表5：學生從事「10分鐘」各類下課活動後於解題歷程中的「平均凝視時間」

下課活動類型	人數	平均凝視時間	標準差
手遊組(1)	6	180.97	11.76
走路組(2)	6	125.37	17.75
訊息組(3)	6	157.28	31.28
睡覺組(4)	6	100.55	11.16

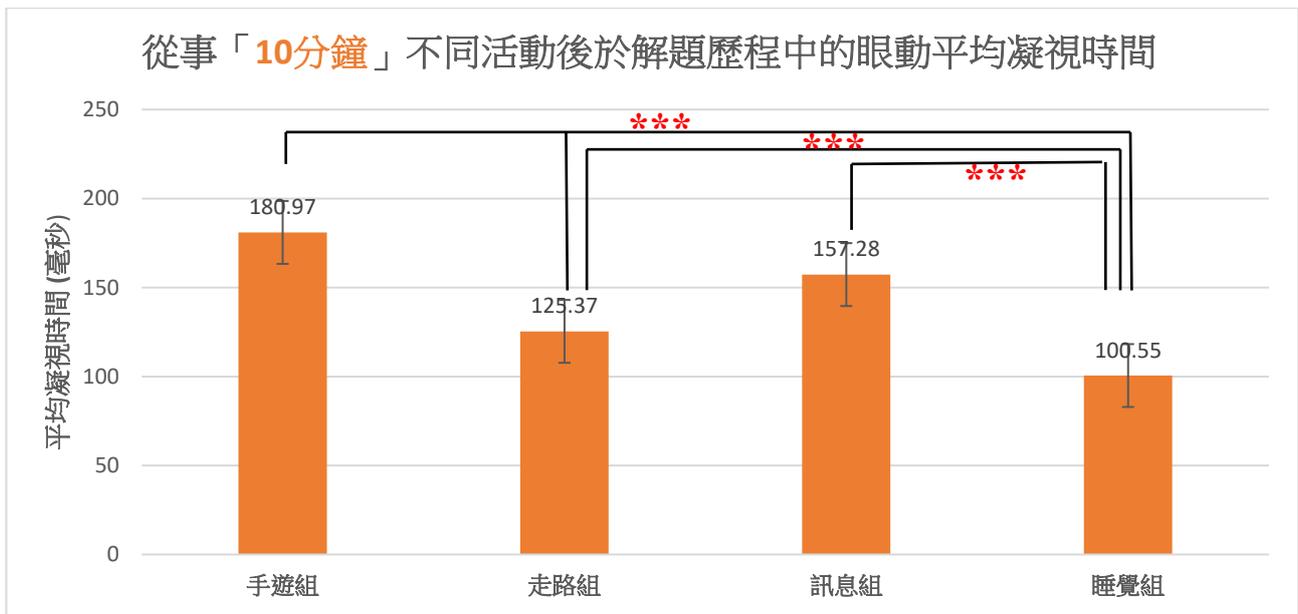


圖17：學生從事「10分鐘」各類下課活動後於解題歷程中的「平均凝視時間」比較圖

其次，再以「單因子變異數分析」(Analysis of Variance, ANOVA)統計方法，比較從事「10分鐘」不同下課活動的中學生，他們在「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」表現，是否存在顯著性差異？

表6：學生從事「10分鐘」各類下課活動後於解題歷程中的「平均凝視時間」比較 (N=24)

	平方和	df	平均平方和	F值	P 顯著性	Scheffee法事後比較
群組之間	22461.215	3	7487.072	19.243	<.001***	1>2
組內	7781.652	20	389.083			1>4
總計	30242.867	23				2>4
						3>4

註：* p<0.05, ** P<0.01, *** p<0.001

針對上表6，我們提出以下總結：

- (1) 上表6顯示，透過ANOVA分析，學生從事四類不同下課活動「10分鐘」後，於「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」達顯著性差異。
- (2) 透過 Scheffee事後比較發現，「手遊組」於「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」顯著多於「走路組」(1>2)與「睡覺組」(1>4)；「走路組」與「訊息組」於「數學解題」歷程中的「平均凝視時間」也顯著多於「睡覺組」(2>4; 3>4)。
- (3) 結合表5與表6與圖17發現，學生無論從事「玩手遊」、「走路」或是「看訊息」等不同下課活動「10分鐘」後，於「數學解題歷程中的「平均凝視時間」都比「睡覺組」多；其中，又以「手遊組」的「平均凝視時間」最長。此結果顯示「手遊組」的學生在下課時間，眼睛最沒有獲得充分休息；而「睡覺組」的學生在下課時間，眼睛有獲得最充分的休息。

(三) 2組學生在從事4類不同下課活動或行為時的「腦波信號」比較

本研究以各組學生閉上眼睛的 30 秒（本研究實際採用、計算的時間是扣除此階段的前、後 5 秒，只計算第 6~25 秒，總計 20 秒）之腦波基線 (Baseline) 作為「共變數」，採「共變異數分析」 (Analysis of Covariance, ANCOVA)比較 2 組中學生從事 4 類「不同類型的下課活動或行為」時，其呈現的「腦波信號」（包括專注度、放鬆度）表現，是否存在顯著性差異？

1.從事「3分鐘」不同下課活動或行為的學生在此歷程中的「專注度」與「放鬆度」比較

以下，首先呈現的是學生在從事「3分鐘」不同下課活動或行為時的「專注度」與「放鬆度」表現（如表7）以及比較圖（如圖18）：

表7：學生從事「3分鐘」各類下課活動時的「專注度」與「放鬆度」

腦波信號	下課活動類型	人數	平均數	標準差
專注度	手遊組(1)	6	48.32	4.55
	走路組(2)	6	49.19	7.82
	訊息組(3)	6	47.02	16.43
	睡覺組(4)	6	42.47	6.42
放鬆度	手遊組(1)	6	51.81	8.14
	走路組(2)	6	56.80	6.54
	訊息組(3)	6	54.46	8.77
	睡覺組(4)	6	60.03	4.65

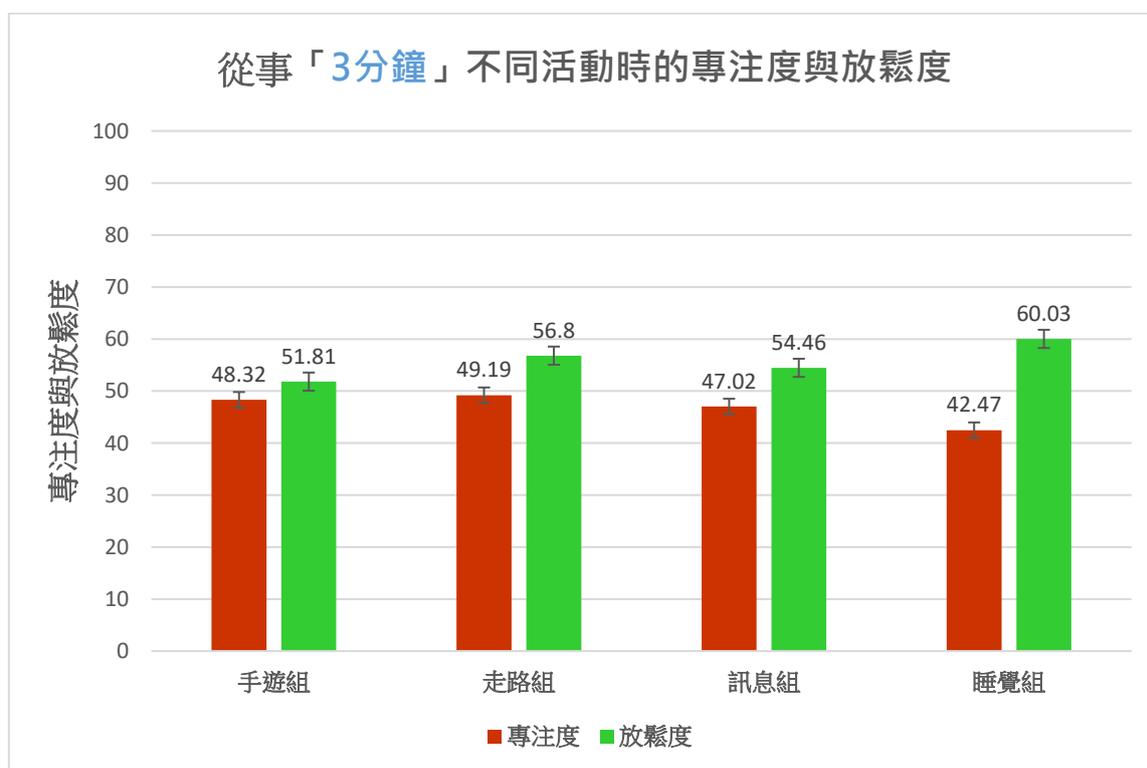


圖18：學生從事「3分鐘」各類下課活動時的「腦波信號」比較圖

接著，再以各組學生閉上眼睛的 30 秒之腦波基線 (Baseline) 作為「共變數」，採「共變異數分析」(Analysis of Covariance, ANCOVA)比較學生在從事「3 分鐘」不同下課活動或行為時的「腦波信號」(包括專注度、放鬆度)表現，是否存在顯著性差異？

表 8：學生從事「3 分鐘」各類下課活動時的「腦波信號」比較 (N=24)

腦波信號	來源	第 III 類平方和	df	平均平方和	F	P 顯著性
專注度	修正的模型	166.012 ^a	4	41.503	.402	.805
	截距	2089.304	1	2089.304	20.256	.000
	變因組別	155.922	3	51.974	.504	.684
	前測專注力	5.213	1	5.213	.051	.825
	錯誤	1959.775	19	103.146		
	總計	54583.158	24			
	校正後總計	2125.787	23			
放鬆度	修正的模型	348.195 ^a	4	87.049	1.819	.167
	截距	4552.134	1	4552.134	95.126	.000
	變因組別	128.710	1	128.710	2.690	.117
	前測專注力	162.610	3	54.203	1.133	.361
	錯誤	909.221	19	47.854		
	總計	75909.142	24			
	校正後總計	1257.416	23			

註1：「專注度」a. R 平方 = .078 (調整的 R 平方 = -.116)

註2：「放鬆度」a. R 平方 = .320 (調整的 R 平方 = .177)

針對上8，我們提出以下總結：

- (1) 上表8顯示，透過ANCOVA分析，學生在從事「3分鐘」4類不同下課活動時的「專注度」與「放鬆度」並未達顯著性差異。
- (2) 從圖18可發現，從事「離開座位，適當走動」(走路組)的學生其「專注度」最高；從事「閉目養神動」(睡覺組)的學生其「放鬆度」最高。

2.從事「10分鐘」不同下課活動或行為的學生在此歷程中的「專注度」與「放鬆度」比較

以下，首先呈現的是學生在從事「10分鐘」不同下課活動或行為時的「專注度」與「放鬆度」表現(如表9)以及比較圖(如圖19)：

表 9：學生從事「10分鐘」各類下課活動時的「專注度」與「放鬆度」

腦波信號	下課活動類型	人數	平均數	標準差
專注度	手遊組(1)	6	54.83	6.55
	走路組(2)	6	44.98	7.39
	訊息組(3)	6	48.28	8.21
	睡覺組(4)	6	52.19	7.50
放鬆度	手遊組(1)	6	54.10	8.82
	走路組(2)	6	54.55	5.55
	訊息組(3)	6	58.63	5.51
	睡覺組(4)	6	60.60	0.72

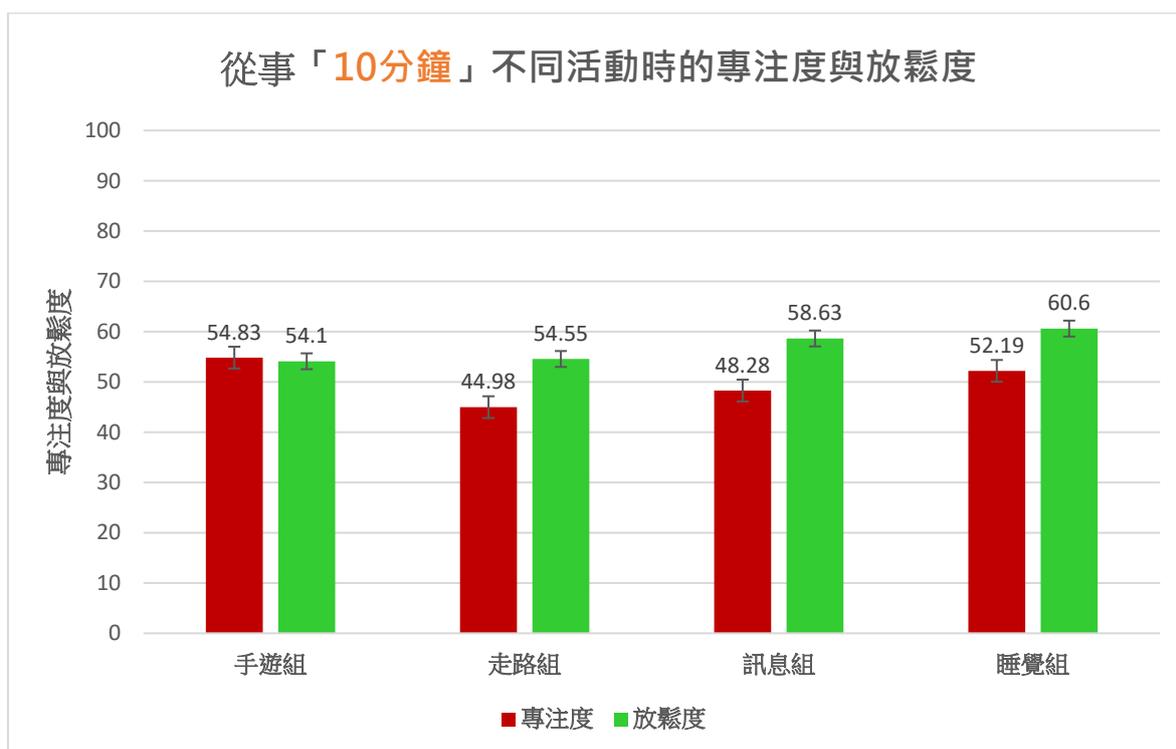


圖19：學生從事「10分鐘」各類下課活動時的「腦波信號」比較圖

接著，再以各組學生閉上眼睛的30秒之腦波基線 (Baseline) 作為「共變數」，採「共變異數分析」 (Analysis of Covariance, ANCOVA) 比較學生在從事「10分鐘」不同下課活動或行為時的「腦波信號」(包括專注度、放鬆度) 表現，是否存在顯著性差異？

表 10：學生從事「10分鐘」各類下課活動時的「腦波信號」比較 (N=24)

腦波信號	來源	第 III 類平方和	df	平均平方和	F	P 顯著性
專注度	修正的模型	469.814 ^a	4	117.454	2.292	.097
	截距	1607.117	1	1607.117	31.365	.000
	變因組別	132.511	1	132.511	2.586	.124
	前測專注力	110.812	3	36.937	.721	.552
	錯誤	973.556	19	51.240		
	總計	61613.491	24			
	校正後總計	1443.371	23			
放鬆度	修正的模型	196.017 ^a	4	49.004	1.367	.282
	截距	2880.282	1	2880.282	80.375	.000
	變因組別	15.965	1	15.965	.446	.513
	前測專注力	195.999	3	65.333	1.823	.177
	錯誤	680.874	19	35.835		
	總計	78766.275	24			
	校正後總計	876.891	23			

註1：「專注度」a. R 平方 = .325 (調整的 R 平方 = .183)

註2：「放鬆度」a. R 平方 = .224 (調整的 R 平方 = .060)

針對上表10，我們提出以下總結：

- (1) 上表10顯示，透過ANCOVA分析，學生在從事「10分鐘」4類不同下課活動時的「專注度」與「放鬆度」並未達顯著性差異。

(2) 從圖19可發現，從事「線上遊戲」(手遊組)的學生其「專注度」最高；從事「閉目養神動」(睡覺組)的學生其「放鬆度」最高。

(3) 綜合「3分鐘」與「10分鐘」等2組的比較發現，從事「閉目養神動」(睡覺組)的學生其「放鬆度」都呈現最高的樣態。

(四) 2組學生從事4類不同下課活動或行為後在「數學解題」歷程的「腦波信號」比較

本研究再以各組學生之腦波基線 (Baseline) 作為「共變數」，採「共變異數分析」(Analysis of Covariance, ANCOVA)比較 2 組中學生從事 4 類「不同類型的下課活動或行為」後，於「數學解題」歷程中的「腦波信號」(包括專注度、放鬆度)表現，是否存在顯著性差異？

1. 學生從事「3分鐘」不同下課活動後在「數學解題」歷程的「專注度」與「放鬆度」比較

以下，首先呈現的是學生從事「3分鐘」不同下課活動或行為後，於「數學解題」歷程的「專注度」與「放鬆度」表現(如表11)以及比較圖(如圖20)：

表11：學生從事「3分鐘」各類下課活動後在「數學解題」歷程的「專注度」與「放鬆度」

腦波信號	下課活動類型	人數	平均數	標準差
專注度	手遊組(1)	6	47.17	4.67
	走路組(2)	6	48.17	8.18
	訊息組(3)	6	56.83	12.42
	睡覺組(4)	6	43.67	6.41
放鬆度	手遊組(1)	6	52.50	7.50
	走路組(2)	6	55.00	6.51
	訊息組(3)	6	53.17	9.20
	睡覺組(4)	6	59.33	4.37

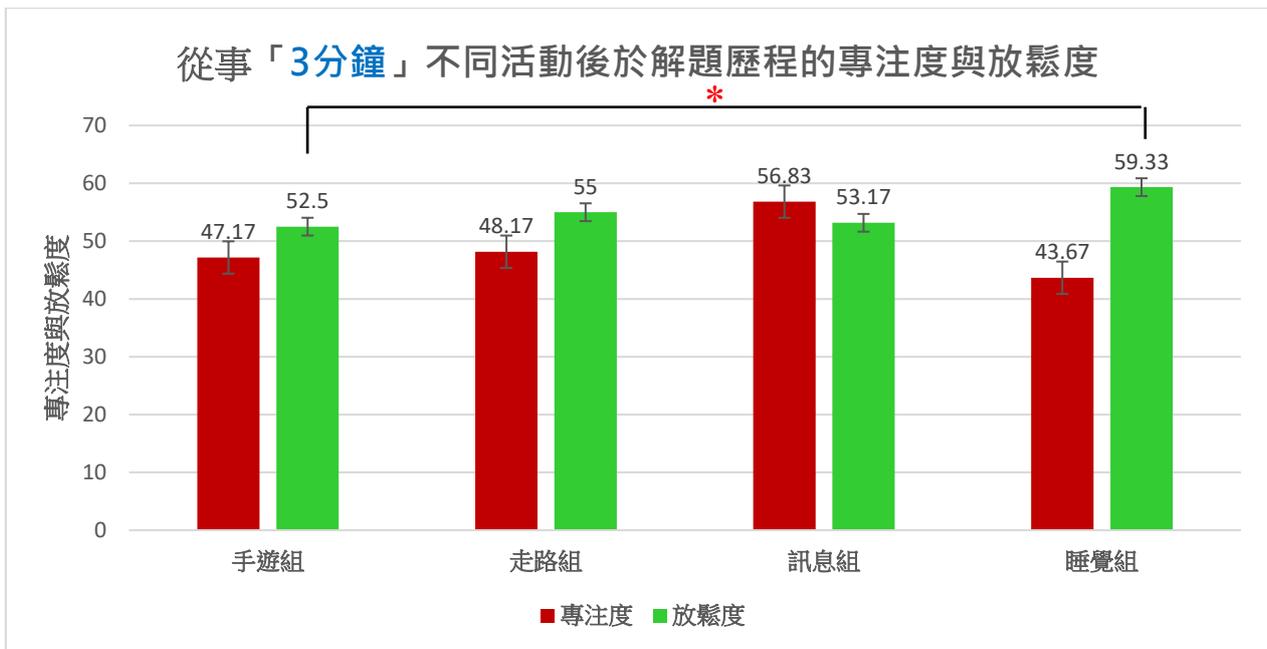


圖20：學生從事「3分鐘」各類下課活動後於「數學解題」歷程的「腦波信號」比較圖

接著，再以各組學生閉上眼睛的30秒之腦波基線 (Baseline) 作為「共變數」，採「共變異數分析」 (Analysis of Covariance, ANCOVA) 比較學生在從事「3分鐘」不同下課活動或行為後，於「數學解題」歷程的「腦波信號」(包括專注度、放鬆度) 表現，是否存在顯著性差異？

表 12：學生從事「3分鐘」各類下課活動後於「數學解題」歷程的「腦波信號」比較(N=24)

腦波信號	來源	第 III 類平方和	df	平均平方和	F	P 顯著性
專注度	修正的模型	614.460 ^a	4	153.615	2.133	.116
	截距	1866.087	1	1866.087	25.908	.000
	變因組別	611.040	3	203.680	2.828	.066
	前測專注力	51.335	1	51.335	.713	.409
	錯誤	1368.498	19	72.026		
	總計	59509.000	24			
	校正後總計	1982.958	23			
放鬆度	修正的模型	438.680 ^a	4	109.670	2.803	.055
	截距	5129.054	1	5129.054	131.104	.000
	變因組別	268.347	1	268.347	6.859	.017*
	前測專注力	88.185	3	29.395	.751	.535
	錯誤	743.320	19	39.122		
	總計	73782.000	24			
	校正後總計	1182.000	23			

註1：「專注度」a. R 平方 = .310 (調整的 R 平方 = .165)

註2：「放鬆度」a. R 平方 = .224 (調整的 R 平方 = .060)

註3：* p<0.05, ** P<0.01, *** p<0.001

針對上表12，我們提出以下總結：

(1) 上表12顯示，透過ANCOVA分析，學生在從事「3分鐘」4類不同下課活動後，於「數

學解題」歷程的「放鬆度」達顯著性差異。

(2) 從圖20可發現，從事「閉目養神動」（睡覺組）的學生其「放鬆度」顯著高於從事「線上遊戲」（手遊組）的學生。

2. 學生從事「10分鐘」不同下課活動後在「數學解題」歷程的「專注度」與「放鬆度」比較

以下，首先呈現的是學生從事「10分鐘」不同下課活動或行為後，於「數學解題」歷程的「專注度」與「放鬆度」表現（如表13）以及比較圖（如圖21）：

表13：學生從事「10分鐘」各類下課活動後在「數學解題」歷程的「專注度」與「放鬆度」

腦波信號	下課活動類型	人數	平均數	標準差
專注度	手遊組(1)	6	52.83	4.92
	走路組(2)	6	45.33	6.02
	訊息組(3)	6	48.50	4.23
	睡覺組(4)	6	52.50	4.64
放鬆度	手遊組(1)	6	51.00	6.60
	走路組(2)	6	55.00	5.90
	訊息組(3)	6	55.67	4.55
	睡覺組(4)	6	55.17	2.04

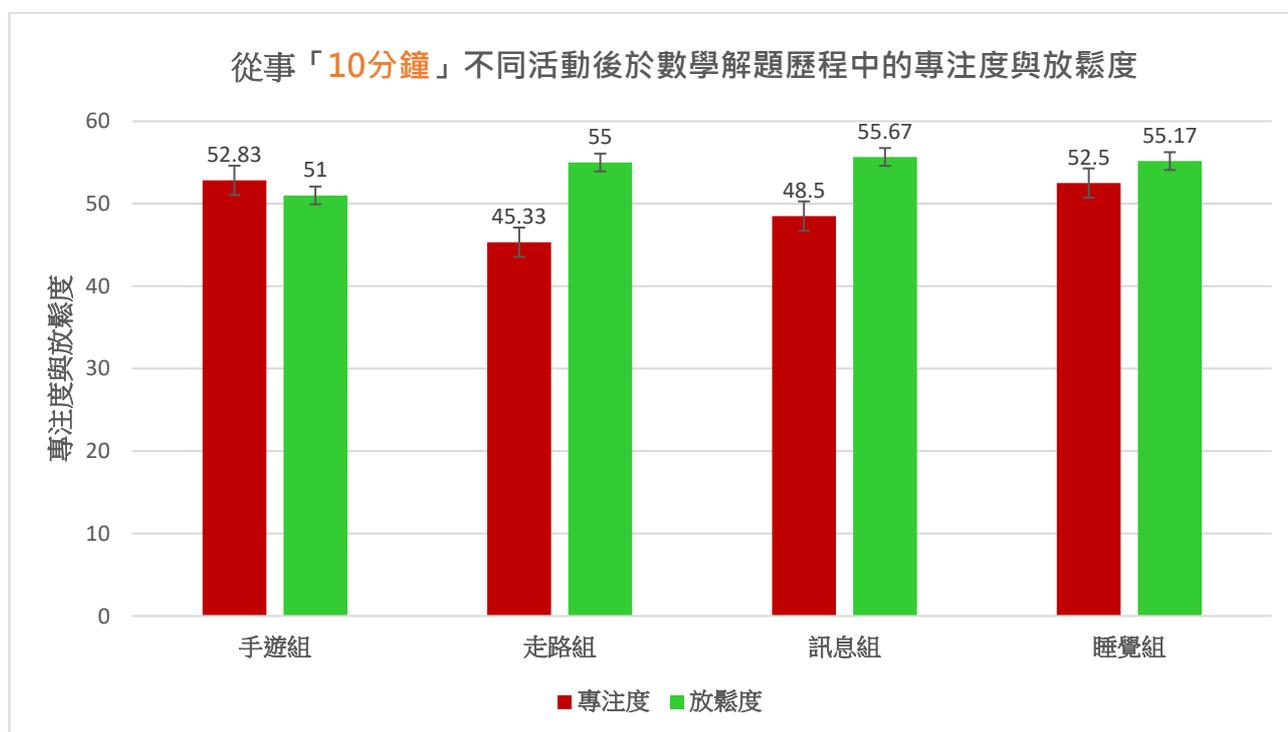


圖21：學生從事「10分鐘」各類下課活動後於「數學解題」歷程的「腦波信號」比較圖

接著，再以各組學生閉上眼睛的30秒之腦波基線 (Baseline) 作為「共變數」，採「共變異數分析」 (Analysis of Covariance, ANCOVA) 比較學生在從事「10分鐘」不同下課活動或行為後，於「數學解題」歷程的「腦波信號」（包括專注度、放鬆度）表現，是否存在顯著

性差異？

表 14：學生從事「10 分鐘」各類下課活動後於「數學解題」歷程的「腦波信號」比較(N=24)

腦波信號	來源	第 III 類平方和	df	平均平方和	F	P 顯著性
專注度	修正的模型	233.284 ^a	4	58.321	2.240	.103
	截距	2399.653	1	2399.653	92.169	.000
	變因組別	4.493	1	4.493	.173	.682
	前測專注力	150.898	3	50.299	1.932	.159
	錯誤	494.674	19	26.035		
	總計	60229.000	24			
	校正後總計	727.958	23			
放鬆度	修正的模型	136.014 ^a	4	34.003	1.393	.274
	截距	2276.946	1	2276.946	93.248	.000
	變因組別	52.222	1	52.222	2.139	.160
	前測專注力	97.274	3	32.425	1.328	.295
	錯誤	463.944	19	24.418		
	總計	71125.000	24			
	校正後總計	599.958	23			

註1：「專注度」a. R 平方 = .320 (調整的 R 平方 = .177)

註2：「放鬆度」a. R 平方 = .227 (調整的 R 平方 = .064)

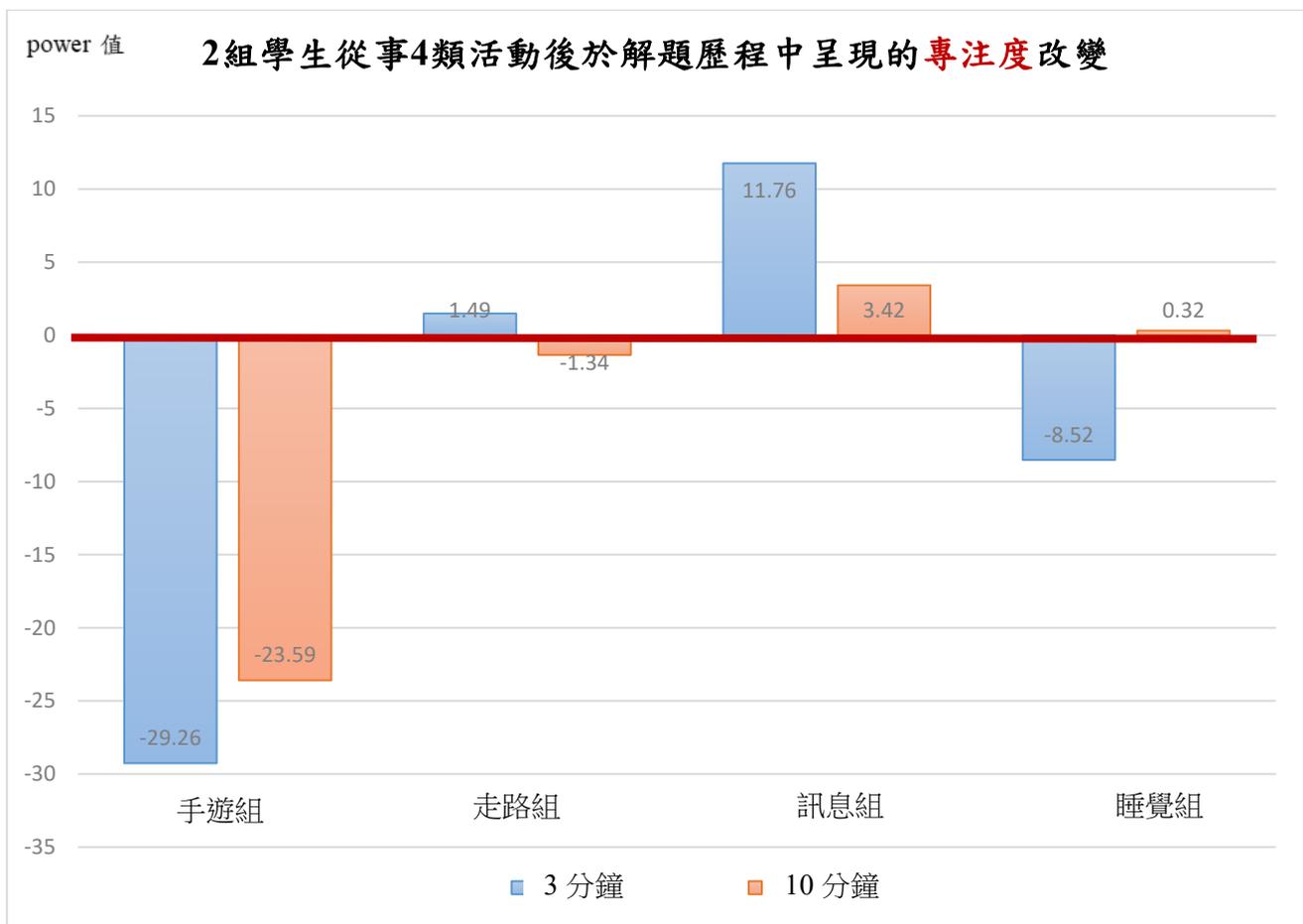
針對上表14，我們提出以下總結：

- (1) 上表14顯示，透過ANCOVA分析，學生在從事「10分鐘」4類不同下課活動後，於「數學解題」歷程的「專注度」與「放鬆度」並未達顯著性差異。
- (2) 上述結果意味學生於下課時，無論從事「離開座位，適當走動」（走路組）、「閉目養神」（睡覺組）、「回交友訊息」（訊息組）或是「線上遊戲」（手遊組），都不會影響接下來上課時的「專注度」與「放鬆度」。

(五) 2組學生從事4類不同下課活動或行為後在「數學解題」歷程的「腦波信號」綜合比較

接下來，我們將各組學生閉上眼睛的30秒之腦波基線 (Baseline)與其進行「數學解題」歷程的「腦波信號」進行比對，以檢視2組學生從事4類不同下課活動或行為後，他們所呈現的「專注度」與「放鬆度」，究竟呈現「增長」或是「消退」的樣態？由於本數值為「解題歷程的平均數值 - 腦波基線數值」的比較圖，因此，我們可將學生的「腦波基線數值」當成原點（數值為0）。相減後的數值為「負數」時，表示「專注度」或「放鬆度」呈現「下降」的樣態；相減後的數值為「正數」時，表示「專注度」或「放鬆度」呈現「上升」的樣態。

下圖22為2組學生從事4類不同下課活動或行為後，他們「專注度」呈現的「增長」或是「消退」情形：



註 1：腦波power值為 μV (微伏特)轉換百分比之數值(無單位)。

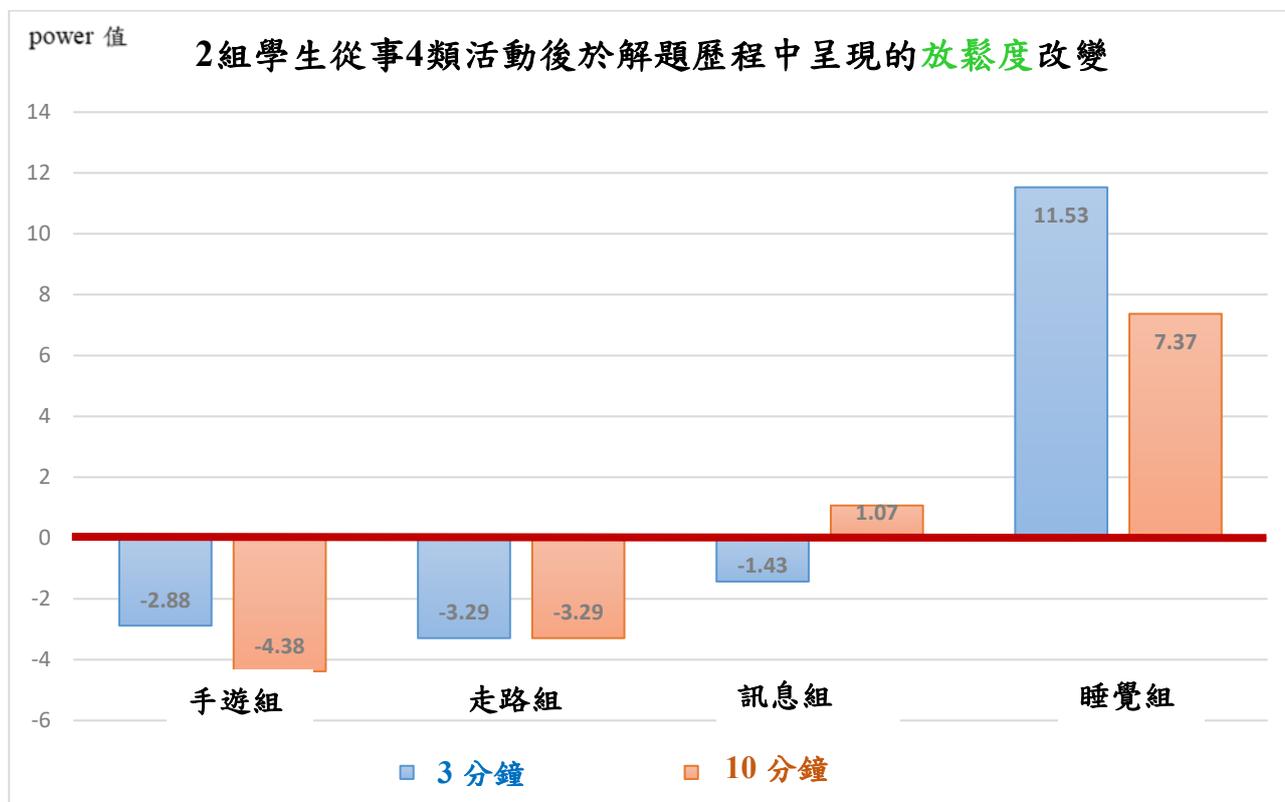
註 2：本數值為腦波(解題歷程的平均數值-腦波基線數值)之比較圖。

圖22：2組學生從事4類不同活動後於解題歷程中的「專注度」改變

由圖22可發現：

- (1) 從事「線上遊戲」活動(手遊組)3分鐘與10分鐘的這群學生，其「腦波信號」中的「專注度」呈現「下降」的趨勢，並且，下降的數值遠比從事其他3類活動的學生多。
- (2) 從事「離開座位，適當走動」活動(走路組)與從事「回交友訊息」活動(訊息組)的2類學生，他們無論是從事「3分鐘」或是「10分鐘」，其「腦波信號」中的「專注度」都呈現「先上升後下降」的趨勢。此現象似乎意味如果學生在下課時間從事「離開座位，適當走動」或是「閱讀訊息」活動3分鐘，能促進「專注度」「提升」；但是，若持續活動長達10分鐘，反而會使「專注度」「下降」。
- (3) 從事「閉目養神」活動(睡覺組)的學生，其「腦波信號」中的「專注度」呈現「先下降後上升」的趨勢。也就是說，當學生從事「閉目養神」活動3分鐘時，其「腦波信號」中的「專注度」會下降(這顯示其大腦確實進行休息)，而從事「閉目養神」活動10分鐘後，其「腦波信號」中的「專注度」反而會上升。

下圖23為2組學生從事4類不同下課活動或行為後，他們「放鬆度」呈現的「增長」或是「消退」情形：



註 1：腦波power值為 μV (微伏特)轉換百分比之數值(無單位)。

註 2：本數值為腦波(解題歷程的平均數值-腦波基線數值)之比較圖。

圖23：2組學生從事4類不同活動後於解題歷程中的「放鬆度」改變

由圖23可發現：

- (1) 學生無論從事「線上遊戲」活動(手遊組)或是「離開座位，適當走動」活動(走路組)3分鐘或10分鐘，其「腦波信號」中的「放鬆度」都呈現下降的趨勢。此結果意味著從事「線上遊戲」這類活動，無法讓學生的大腦放鬆或休息。
- (2) 從事「回交友訊息」活動(訊息組)3分鐘時，其「腦波信號」中的「放鬆度」呈現下降的趨勢；但是，結合圖24呈現的「專注度」來看，可看見此時的「專注度」是呈現提升的樣態。此結果讓我們思考，若是在下課時段中的前3分鐘「閱讀或複習重點」，可能因其「專注度」提升，而產生較佳的效果。
- (3) 學生無論從事「閉目養神」活動(睡覺組)3分鐘或10分鐘，其「腦波信號」中的「放鬆度」都呈現上升的趨勢。此結果意味著從事「閉目養神」這類活動，可以讓學生的大腦完全的放鬆或休息。

(六) 學生從事4類不同下課活動後在腦波「專注度」與「眼球運動參數」的相關性分析

鑑於Lin & Lin (2014)指出，「眼球運動參數」的「平均凝視時間」(average fixation durations)愈高，代表對於閱讀者來說，該閱讀材料或問題的「認知負荷越高」、「難度也愈高」。這也意味著閱讀者需要花費更多「注意力」在閱讀的材料上。由此看來，「平均凝視時間」似乎與「腦波信號」中的「專注度」存在些關聯性。因此，本研究將「眼球運動參數」的「平均凝視時間」與「腦波信號」中的「專注度」以「皮爾森積差相關」(Pearson Correlation)進行分析（參見下表15）。

表15：腦波的「專注度」與眼動的「平均凝視時間」之相關性分析

	3分鐘腦波專注度	3分鐘平均凝視時間	10分鐘腦波專注度	10分鐘平均凝視時間
3分鐘腦波專注度		.133		
3分鐘平均凝視時間	.133			
10分鐘腦波專注度				.129
10分鐘平均凝視時間			.129	

由表15可發現：

- (1) 「3分鐘」組呈現的腦波「專注度」與「3分鐘」組呈現的眼動「平均凝視時間」，顯示兩者存在低度正相關，但未達顯著差異。
- (2) 「10分鐘」組呈現的腦波「專注度」與「10分鐘」組呈現的眼動「平均凝視時間」，顯示兩者存在低度正相關，但未達顯著差異。

二、討論

本研究從「科學儀器」(眼動儀與腦波儀)的觀點,提供普羅大眾一個相較於過去「問卷調查」或「訪談」等研究方法,更具「科學性」的研究取向,為身為「數位原生世代」的中學生,提出對當前許多中等學校規範的「在校園中不可玩手機...等3C產品」政策一個「反駁」之證據;也針對中學生如何善用下課的10分鐘?提出一個建議的模式。

以下,是本研究的主要研究結果:

(一) 從學生從事4類不同下課活動時的表現來看

- 1.學生無論從事「3分鐘」或「10分鐘」的4類不同下課活動時,其呈現的腦波「專注度」與「放鬆度」皆未達顯著性差異。
- 2.學生無論從事「3分鐘」或「10分鐘」的「線上遊戲」活動(手遊組)或是「離開座位,適當走動」活動(走路組),其「腦波信號」中的「放鬆度」都呈現下降的趨勢。這顯示「線上遊戲」與「離開座位,適當走動」等活動,無法讓大腦放鬆或休息。
- 3.學生無論從事「閉目養神」活動(睡覺組)3分鐘或10分鐘,其「腦波信號」中的「放鬆度」都呈現上升的趨勢。這顯示「閉目養神」活動可以讓大腦完全的放鬆或休息。
- 4.學生無論從事「3分鐘」或「10分鐘」的「回交友訊息」活動(訊息組),其「腦波信號」中的「專注度」都呈現「先上升後下降」的趨勢。但是,從事「閉目養神」活動(睡覺組)的學生,其「腦波信號」中的「專注度」卻呈現「先下降後上升」的趨勢。因此,本研究建議中學生於下課時段,可以在前3分鐘先「閱讀或複習重點」,然後「閉目養神」,如此,可能在後續上課時獲得最佳的學習效果。

(二) 從學生從事4類不同下課活動後的「解題歷程」表現來看

- 1.學生無論從事「3分鐘」或「10分鐘」的4類不同下課活動後,其呈現的眼動「平均凝視時間」達顯著性差異。其中,「手遊組」顯著多於「走路組」(1>2)與「睡覺組」(1>4);「走路組」與「訊息組」顯著多於「睡覺組」(2>4; 3>4)。
- 2.學生無論從事「3分鐘」或「10分鐘」的4類不同下課活動後,於「數學解題」歷程的「專注度」皆未達顯著性差異。
- 3.學生從事「10分鐘」的4類不同下課活動後,於「數學解題」歷程的「放鬆度」未達顯著性差異。但是,從事「3分鐘」4類不同下課活動後,其「放鬆度」達顯著性差異。

4.從事「3分鐘」與「10分鐘」線上遊戲活動（手遊組）的這2群學生，其「腦波信號」的「專注度」呈現「下降」的趨勢。因此，**本研究雖提出「在校園中不可玩手机...等3C產品」的「反駁」證據，但是，仍建議學生下課時間盡量以不從事「線上遊戲」活動為宜。**

（三）從腦波的「專注度」與眼動的「平均凝視時間」之相關性來看

1.無論是「3分鐘」組或是「10分鐘」組，其腦波「專注度」與眼動「平均凝視時間」呈現低度正相關，但未達顯著差異。

然而，回顧本研究的實驗設計與流程，由於本研究所安排的後續「數學解題」時間最多僅有6分鐘，與中學生實際一堂課上課時間為50分鐘還未達一致。是否研究結果能夠推論至實際的學校課堂運作情形？可能有待後續在行深入探討。

肆、結論與應用

一、結論

隨著資訊科技日新月異，每一位中學生幾乎都擁有智慧型手機等3C產品。下課時，教室裡「人手一機」的景象已屢見不鮮。對此，學生是否適合在下課時間使用智慧型手機等3C產品？各方觀點似乎尚未有定論。因此，本研究使用「眼動儀」與「腦波儀」等腦神經科學儀器，邀請48位15歲的中學生參與本實驗，探究它們從事不同類型「下課活動或行為」的歷程中，其「專注度」與「放鬆度」是否存在差異？本研究的主要結果是：

（一）學生無論從事「3分鐘」或「10分鐘」的4類不同下課活動時，其呈現的腦波「專注度」與「放鬆度」皆未達顯著性差異。**此結果意味學生於下課時，無論從事任何活動，都不會影響接下來上課時的「專注度」與「放鬆度」。**

（二）學生無論從事「3分鐘」或「10分鐘」的4類不同下課活動後，其呈現的眼動「平均凝視時間」**達顯著性差異。**

（三）學生從事「3分鐘」或「10分鐘」的「回交友訊息」活動時，其腦波的「專注度」呈現「先上升後下降」趨勢。但是，從事「閉目養神」活動的學生，其腦波的「專注度」卻呈現「先下降後上升」趨勢。因此，**本研究建議中學生於下課時段，可以在前3分鐘先「閱讀或複習重點」，然後「閉目養神」，如此，可能在後續上課時獲得最佳的學習效果。**

(四) 腦波「專注度」與眼動「平均凝視時間」呈現低度正相關，但未達顯著性。

二、未來展望與應用

(一) 未來展望

1. 認識與理解腦神經科學的「眼動儀」與「腦波儀」工具，有助深入探究心理領域

本研究進行實驗設計時，考量腦波儀需具備「容易配戴」的便利性以及眼動儀需具備「可即時配戴完成」的需求性，我們僅使用「簡易」的「眼動儀」與「腦波儀」，來進行實驗資料的蒐集。本研究評估，這也許會影響資料的「精準性」與研究結果的「可推論性」。未來，希望「眼動儀」與「腦波儀」這兩種關於腦神經科學探究的儀器，其價格能更為平民化，才能讓真正具有「科學性」的資料能被蒐集與獲得。

2. 考量本次象徵下課活動後「上課情境」的「問題解決歷程」，建議未來延長解題思考時間

《商業週刊》指出，關於「注意力」的研究顯示，人能維持專注的時間約在10到18分鐘，過了18分鐘後，人的身體因為能量耗盡，需要提供更多營養給大腦來維持專注力，因此時間一久容易感到疲累，這也是為什麼TED演講通常約 18 分鐘或少於 18 分鐘的原因。而本研究為了探討「從事不同活動」是否影響後續「專注力」？因此設計讓中學生分別從事「3分鐘」與「10分鐘」的不同類型活動。未來，可朝向讓學生從事「15分鐘」的不同類型活動進行設計。

(二) 應用

本研究獲得的結論，有助於普羅大眾與學習機構的政策制定者，重新思考「自我覺知」與「腦神經科學儀器」所偵測的數據之差異，提醒我們能謹慎使用「客觀的儀器」，而不要一直落入「主觀的判斷」。也期望本研究的成果，能讓教學者或學習者「善用、不濫用也不需完全不用」數位科技產品，讓當代的數位時代產物，能發揮促進學習的功效。

另外，目前學術界關於「眼動儀」與「腦波儀」的研究方向，較多將研究重心放在「認知的學習」，像本研究藉以用來重新思考「連結生活」與「認知學習」的相關議題較為少見。期望本研究的成果，能讓學術界更關注普羅大眾的生活、學生的生活經驗...等議題，期待「眼動儀」與「腦波儀」的研究領域，能擴大至生活應用領域之中。

參考文獻

- 王譽樺 (2018)。中部地區家長和幼兒 3C 產品使用情形與幼兒專注力表現之相關研究。未出版之碩士論文，國立臺中教育大學幼兒教育學系，臺中市。
- 金車文教基金會 (2016)。教師問卷-手機和翹課 教師新難題。查詢日期：2020 年 6 月 20 日，檢索自 <https://kingcar.org.tw/survey/406>。
- 金車文教基金會 (2017)。九成四青少年手機能上網，兩成小學生上網吃到飽。查詢日期：2020 年 6 月 20 日，檢索自 <https://kingcar.org.tw/survey/500280>。
- 陳昆顯、何淑君 (2013)。腦波儀研究在各領域之應用。發表於 TANET2013 臺灣網際網路研討會論文集。
- 陳萌智、龔祥賀 (2019)。虛擬實境遊戲提升銀髮族專注力。福祉科技與服務管理學刊，7(2)，150-166。
- 陳琪瑤、吳昭容 (2012)。幾何證明文本閱讀的眼動研究：圖文比重及圖示著色效果。教育實踐與研究，25(2)，35-66。
- 教部 (2018)。國民中小學暨普通型高級等校十二年國民基本教育課程綱要：數學領域。臺北市：教育部。
- 國立成功大學人類研究倫理治理架構 (2021)。研究倫理相關之規範與政策。2021 年 08 月 01 日檢索自 https://rec.chass.ncku.edu.tw/about_research_ethics/definition/regulation_and_policy
- 臺北駐大阪經濟文化辦事處派駐人員 (2017)。日本超過九成以上國高中生於學習時，運用智慧型手機檢索單字等。國家教育研究院國際教育訊息電子報，140。查詢日期：2021 年 2 月 20 日，檢索自 https://fepaper.naer.edu.tw/index.php?edm_no=140&content_no=6808。
- 鄭麗玉 (2006)。認知心理學：理論與應用。臺北市：五南出版社。
- 劉嘉茹、侯依伶 (2011)。以眼動追蹤技術探討先備知識對科學圖形理解的影響。教育心理學報，43，227-250。
- 駐法國代表處教育組 (2018)。法國中小學禁用手機，支持與反對意見皆有。國家教育研究院國際教育訊息電子報，140。查詢日期：2021 年 2 月 20 日，檢索自 https://fepaper.naer.edu.tw/index.php?edm_no=140&content_no=6791。
- 駐溫哥華辦事處教育組 (2016)。加拿大卑詩省高中學生沉迷手機的省思。國家教育研究院國際教育訊息電子報，109。查詢日期：2021 年 2 月 20 日，檢索自 https://fepaper.naer.edu.tw/index.php?edm_no=109&content_no=5726。
- 蕭米珊 (2011)。運用腦波及眼動探討 2D 和 3D 動畫對學生科學概念建構與心智模式之影響。未出版之碩士論文，交通大學教育研究所，新竹市。
- Avram, J., Balteş, F. R., Miclea, M., & Miu, A. C. (2010). Frontal EEG activation asymmetry reflects cognitive biases in anxiety: Evidence from an emotional face stroop task. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 35(4), 285-292.
- Finelli, L. A., Baumann, H., Borbély, A. A., & Chermann, P. A. (2000). Dual Electroencephalogram markers of human sleep homeostasis: Correlation between Theta activity in waking and slow-wave activity in sleep. *Neuroscience*, 101(3), 523-529.
- Gutierrez, S., & Corsi-Cabrera, M. (1988). EEG activity during performance of cognitive tasks demanding verbal and/or spatial processing. *International journal of neuroscience*, 42(1-2), 149-155.
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (2003). Global transsaccadic change blindness during scene perception. *Psychological Science*, 14(5), 493-497.
- Hu, P. J. H., & Hui, W. (2012). Examining the role of learning engagement in technology-mediated learning and its effects on learning effectiveness and satisfaction. *Decision Support Systems*, 53(4), 782-792.
- Kober, S. E., Kurzmann, J., & Neuper, C. (2012). Cortical correlate of spatial presence in 2D and

- 3D interactive virtual reality: An EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, 83, 365–374.
- Lin, J. J. H., & Lin, S. S. J. (2014). Cognitive load for configuration comprehension in computer supported geometry problem solving: An eye movement perspective. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(3), 605-627.
- Liu, T., Shi, J., Zhao, D., & Yang, J. (2008). The event-related low-frequency activity of highly and average intelligent children. *High Ability Studies*, 19, 131-139.
- Liu, C. J., Huang, C. F., Liu, M. C., Chien, Y. C., Lai, C. H., Huang, Y. M. (2015). Does gender influence emotions resulting from positive applause feedback in self-assessment testing? Evidence from neuroscience. *Education Technology Society*, 18, 337–350.
- Loftus, G. R., & Mackworth, N. H. (1978). Cognitive determinants of fixation location during picture viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(4), 565–572.
- Moran, A. (2004). Attention and Concentration Training in Sport. *Encyclopedia of Applied Psychology*, 1, 209-214.
- Nunez, P. L. (1995). *Neocortical Dynamics and Human EEG Rhythms*. Oxford University Press, New York, NY.
- Owen, N., Healy, G. N., Matthews, C. E., & Dunstan, D. W. (2010). Too much sitting: The population health science of sedentary behavior. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 38(3), 105.
- Palva, S., & Palva, J. M. (2007). New vistas for alpha-frequency band oscillations. *Trends in Neurosciences*, 30(4), 150-158.
- Pellegrini, A. D. (2005). *Recess: Its role in education and development*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Poupard, L., Sartène, R., & Wallet, J. C. (2001). Scaling behavior in beta-wave amplitude modulation and its relationship to alertness. *Biol Cybern*, 85(1), 19-26.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*, 124(3), 372.
- Rayner, K., Sereno, S., Morris, R., Schmauder, R., & Clifton, C. J. (1989). Eye movements and on-line language comprehension processes. *Language and Cognitive Processes*, 4, 21-50.
- Rayner, K., Foorman, B. R., Perfetti, C. A., Pesetsky, D., & Seidenberg, M. S. (2001). How psychological science informs the teaching of reading. *Psychological science in the public interest*, 2(2), 31-74.
- Reif, F. (2008). *Applying Cognitive Science to Education: Thinking and Learning in Scientific or Other Complex Domains*. Cambridge, MA: MIT.
- Salthouse, T., & Ellis, C. (1980). Determinants of eye-fixation duration. *The American journal of psychology*, 93(2), 207–234.
- Salvucci, D. D., & Goldberg, J. H. (2000). *Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols*. Paper presented at the Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications.
- Sandkühler, S., & Bhattacharya, J. (2008). Deconstructing Insight: EEG Correlates of Insightful Problem Solving. *PLOS ONE*, 3(1), 14-59.
- She, H. C., & Chen, Y. Z. (2009). The impact of multimedia effect on science learning: Evidence from eye movements. *Computers & Education*, 53(4), 1297-1307.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 123–138.
- Vecchiato, G., Toppi, J., Astolfi, L., De Vico Fallani, F., Cincotti, F., Mattia, D., Bez, F., & Babiloni, F. (2011). Spectral EEG frontal asymmetries correlate with the experienced pleasantness of TV commercial advertisements. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 49(5), 579-583.
- Zhang, X., Zuo, B., Erskine, K., Hu, T. (2016). Feeling light or dark? Emotions affect perception of brightness. *Journal of Environment Psychology*, 47, 107–111.

附件一：學生與家長簽署之同意書

「助長！抑制？讓眼動與腦波科學數據說『真』話」家長同意書

貴家長您好：

本校與 _____ 教授合作，進行「助長！抑制？讓眼動與腦波科學數據說『真』話」之研究，運用眼動技術與腦電圖等儀器進行實驗施測，探討中學生在下課時間從事不同類的下課活動，是否會影響他在接下來的「數學解題」的表現。測驗過程中，學生會配戴穿戴式腦波儀執行他被指定類型的活動；數學解題的過程中，電腦內有眼動儀，用來追蹤學生眼球的運動情形，施測結果可提供科學證據說明學生在下課時間從事哪一類的活動，會影響後續的學習表現。但是，學生的真實姓名及個人資料不會出現在報告上。本次實驗施測時間約為 15~20 分鐘（包括施測前說明 3~5 分鐘）。相關內容說明如下：

1. 研究參與者選取條件

- | |
|--|
| ①研究參與者亦指研究對象或受試者；②選取條件及預估人數；③請分年或階段說明；④如為整合型計畫，請說明與其他子計畫有無招募相同研究參與者。 |
| ①研究參與者亦指研究對象或受試者：15 歲中學生 12 位。
②選取條件及預估人數：經研究者對學生及其監護人說明研究預計實施的過程後，獲得學生本人與監護人同意者。無其他選取條件。 |

2. 研究參與補償或成果回饋

- | |
|---|
| ①參與的每一位學生將於受測結束後，提供價值約 100 元的文具；
②中途退出者亦相同。
③參與本次受測的學生，本研究會前往參與受測學生的學校進行施測。 |
|---|

3 研究參與者需參加的研究活動及資料蒐集類別

- | |
|--|
| 1.參與本研究的學生其參與的研究活動為「體驗一類下課活動」以及「數學解題」。
2.參加次數為 1 次。
3.每人參加本次施測的時間約需 15-20 分鐘。
4.腦波儀與眼動儀偵測是在學生「體驗一類下課活動」與「數學解題」的過程中進行。
5.研究者在過程中會進行拍照（作為佐證本研究實施的資料），另外會以紙本紀錄的方式，記錄學生的答案資料，電腦也會將「腦波儀」與「眼動儀」傳輸的資料轉譯成為「腦波數據」與「眼動追蹤數據」。 |
|--|

4. 研究資料的儲存與保密規劃

- | |
|--|
| 1.眼動數據資料將以代碼命名，相關文件與報告均無法辨識個人的資訊。
2.這些眼動資料將由計畫主持人保存（資料放於所屬筆記型電腦中）。
3.眼動資料保存年限預計 3 年，相關資料可使用人員僅有研究者。
4. 3 年期限到期後，研究者將全數刪除本次研究相關資料。 |
|--|

5. 研究資料使用範圍

本次所獲得的資料，將進行分析撰寫成研究報告，參加 2021 年臺灣國際科展（後續可能有機會獲選代表臺灣參加國際科展競賽）以及投稿於學術期刊。
--

「助長！抑制？讓眼動與腦波科學數據說『真』話」家長同意書

____年 ____班 ____號 姓名：_____

同意子弟參加「助長！抑制？讓眼動與腦波科學數據說『真』話」之測驗，必要時
拍照（須遵守研究倫理將影像進行處理）

不同意
此致

_____中學

家長簽名: _____

____年 ____月 ____日

研究參與者知情同意書

親愛的少年夥伴:

您好!我們很誠摯的邀請您協助我們探討中學生在下課時間從事不同類的下課活動，是否會影響他在接下來的「數學解題」的表現。請您能在評估下列資訊後，考慮是否同意協助我們的研究。您也可以提出所想到的任何問題，讓我們能夠更妥善地思考:

◆ **研究名稱：助長！抑制？讓眼動與腦波科學數據說『真』話**

研究指導教授：

聯絡電話：_____，E-mail: _____

◆ **我們的研究內容是**為了探討中學生在下課時間從事不同類的下課活動，是否會影響他在接下來的「數學解題」的表現之議題。

◆ **這個研究將會怎麼進行呢?**

如果您有意願參與，得到家長同意後，我們將會進行下面的安排：

【一】**時間及地點：**在徵得學校、教師及您的同意後，我們會利用非上課時間，於學生所在學校進行「體驗一類休憩活動」及「數學解題」。

【二】**參與方式：**我們的研究團隊將會請您協助「體驗一類休憩活動」及「數學解題」。過程中，您會配戴外掛式腦波儀，配合眼動儀器進行，時間約需 15~20 分鐘。

【三】**您所填答的所有資料將受到妥善保密!**

【四】**本計畫無申請專利及商業應用規劃。**

➤ **您提供的資料將被如何使用?**

1. 未來研究成果呈現時，您的真實姓名及個人資料不會出現在報告上。
2. 如果您或您的家長對這個研究的結果，感到興趣，我們會在研究成果完成後，提供 pdf 檔供您參考。

請於研究成果完成後，E-mail 給我 pdf 檔

聯絡用 E-mail：_____

感謝您耐心閱讀上述資訊，您可以依照自己的意願，決定是否參與我們的研究。!

簽署欄： 學生簽名：_____ 家長簽名：_____

主持人簽名：_____ 日期： 年 月

日

註：本研究已由國立臺南大學委託國立成功大學人類研究倫理審查委員會審查通過（通過日期：2021 年 5 月 20 日）。

【評語】 130005

1. 以下的敘述是否為真，必須再做確認：『學生所花費『總凝視時間』越長，就是『處理訊息的過程越長』，因此可能得到的『學習成效也較佳』』？
2. 使用一個 channel 的 EEG recording 是否能真正代表整體 EEGs 的實際變化？
3. 腦波為腦內神經細胞活性的整體表現，在解釋或運用各種波形 (alpha, beta, theta and delta waves) 可能參與的 cognitive functions 時，需要更加謹慎，不能以單一波形來判斷，因此在判斷『專注力』以及『放鬆度』的 algorithm 為何，必須更清楚的說明。
4. 本研究探討下課從事不同類型活動對下一堂課學習（數學解題）的影響，評量工具眼動指標（凝視時間），以及腦波測得的 alpha and Beta 波，分別用以反映放鬆與專心程度。研究動機有趣，並可化為實際的實驗設計，進行假設檢驗。但在資料分析上，如何呈現比較結果，以及現在有的腦波測量，只有單一電極，放置於額葉，但此處並非最

適於量測 alpha 波的位置。可能因此導致只有眼動指標能呈現出不同類型活動的的差異。

5. 研究主題很吸引人，也符合年輕世代會關注的議題，但研究假設與設計出現問題。例如腦波類型與意義其實具有爭議，須提供更多參考資料。將 baseline 當成共變數？這樣的處理是否合理？須有更多討論。將學生分為兩組後，其眼動模式是否有差異？此部分沒有進一步分析。