

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

032917

心動瞬間-藉由心率變異度探討影響國中生專注力的因素

學校名稱：南投縣私立普台高級中學

作者： 國三 陳昀青 國三 徐秉駿	指導老師： 蘇明俐
---------------------------------	------------------

關鍵詞：心率變異度、心率、專心度

摘要

身處學生階段，專心度的高低將很大程度影響學生的學習。本研究探討專心度與學業成就、運動時數、睡眠時數等各項變因的相關性，並建構專心度變因研究的實驗模式。實驗選定 30 位國三學生，測得其以站姿和坐姿讀書時之自評專心度、心率變異度、心情沉靜狀態，並整合為專心度總分，與各項變因做相關性分析。結果顯示睡眠時數與學業成就和專心度有顯著正相關、運動習慣則和專心度有顯著負相關性；而坐姿狀態的專心度高於站姿。本實驗建構專心度測試模式，且證實實驗變因與專心度的相關性，為學生提供增加專心度的有效方向。期待未來可以以此模式為基礎，進行更深入的專心度變因研究。

壹、研究動機

這篇科展研究起源於生物課時進行的一場實驗。在實驗過程中，我們發現心率因人而異，而且在測試過程中，發現心跳會因為不同的狀況而有所不同。於是，產生濃厚好奇心的我們，便利用課餘時間進行相關資料查訊。查詢過程中，發現醫學在研究心率時，常會進一步分析心率變異度，而心率變異度又與專心度有很大的關係，與正在求學階段的我們息息相關。於是我們便決定以心率變異度作為主題，藉由心率變異度，測試不同條件對同學專心度的影響。

貳、研究目的

一、研究目的

- (一) 探討影響專心度的變因，並探討相關性。
- (二) 建立專心度變因研究的實驗模式，以期未來能進行加深加廣研究。

參、研究器材與設備

一、硬體：

	Arduino 主機板 PlayDuino R3		心率感測器 Pulse Sensor
---	-----------------------------	--	-----------------------

二、軟體：

	Arduino 數據測量		Excel 傅立葉分析
---	-----------------	--	----------------

肆、研究過程與方法

一、研究原理

(一) 注意力與專注力

1. 注意力：

定義：具有複雜多面向的建構。James 在一百年前為注意力下了定義：「每個人都知道什麼是注意力，那是以清晰且生動的形式，在幾個同時呈現的物體，或一連串的思緒中，挑選出一個來佔據我們的心智，它的精髓是集中（focalization）、專注（concentration）與意識（consciousness）。」注意力向度分為集中性注意力、持續性注意力、選擇性注意力以及交替性注意力。注意力相關問卷有「兒童認知功能綜合測驗」（陳振宇等人，2003）。

2. 專注力

定義：根據 James 在一百多年前就對注意力作的詮釋：「它的精髓是集中（focalization）、專注（concentration）與意識（consciousness）。」可以推論專注

力是注意力其中一個面向，而在相關論文中，給專注力所下的定義為：在一段時間內，個體有意識地運用資訊並且持續於特定情境活動上（楊雅婷，2014）。

（二）專注力量測

目前用來量測專注力方式，大致有心率變異度、腦波、問卷調查等。考慮測量時非侵入性、器材體積小、干擾受試者的程度低、存放簡單以及不須在特殊設備下操作的特性，我們選擇了跟心率相關的心率變異度、心情沉靜狀態以及問卷調查。

1. 問卷調查

藉由專心度問卷，得知受試者在施測過程中的主觀意識，讓受試者評估自己是否在過程中保持一定的專心程度。我們參考了其他研究的問卷(楊雅婷, 2014)，嘗試依據實驗需要的資訊自製問卷，問卷內容分為前測與後測，前測為個人基本資料調查，調查內容含假設中的預設變因，以及其延伸。後測問卷則是讓受試者填寫測試過程中自己的專心程度、分心程度、疲累程度等等。後測問卷中的答案分為可作為變因的一類，用以計算專心度總分的一類。

2. 心率變異度 (HRV)

心率變異度是利用拆解心電圖數據而得。心電圖上會偵測出 P、Q、R、S、T 五種波形，而 QRS 三種波形較容易被偵測到。心率變異度是心臟跳動的速度變化，藉由觀察心臟跳動變化是否正常，來判斷人體生理調節有無異樣。心率變異度 (HRV) 可分為時域分析與頻域分析。

(1)時域分析

適合長時間分析，常見指標有 SDNN、SDANN、SDNN index、RMSSD、NN50、PNN50。藉由 SDNN 可檢測受測者是否為心肌梗塞的高危險群，亦可做自律神經整體評估，但本次實驗沒有檢驗測試者的心臟疾病，且時域分析適合評估長時間的狀態，而本次實驗取短時間，因此時域分析的所有生理參數值不在研究範圍內。

(2) 頻域分析

分析方法：將心率透過傅立葉轉換，計算各頻域功率並依其功率分為超級低頻功率、極低頻功率、低頻功率與高頻功率。如表一（邱慧珊，2013）：

表一、頻域分析指標

指標	頻域範圍	意義
總功率（TP）	0-0.4Hz	正常心跳間期的變異數
超極低頻功率（ULF）	0-0.003Hz	0-0.003Hz 的正常心跳期間變異數
極低頻功率（VLF）	0.003-0.04Hz	0.003-0.04Hz 的正常心跳期間變異數
低頻功率（LF）	0.04-0.15Hz	0.04-0.15Hz 的正常心跳期間變異數
高頻功率（HF）	0.15-0.4Hz	0.15-0.4Hz 的正常心跳期間變異數
標準化低頻功率（nLFP）		LF/（TP-VLF）
標準化高頻功率（nHFP）		HF/（TP-VLF）
低、高頻功率比（LF/HF）		低、高頻功率的比值

代表意義：適合分析短時間內狀態變化。目前除了超級低頻功率、極低頻功率與交感神經及副交感神經的關連尚未被明確定義外，研究顯示低頻功率代表交感神經活性、高頻功率代表副交感神經活性。而計算低頻功率及扣除頻率在其下的總功率，稱作常規化低頻功率比，代表偏向交感神經的程度；而計算高頻功率及扣除極低頻及其下功率，則稱常規化高頻功率比，代表偏向副交感神經的程度。

(3) 心率變異度與專心度

而研究顯示交感神經及副交感神經對情緒有相當程度的相關如表二，因此本實驗將以此作為專心度的參考依據。交感神經系統分布於胸脊髓至腰脊髓，副交感神經系統分布於腦幹和薦椎脊髓。當人感到緊張、亢奮、恐懼、壓力時，

交感神經系統開始作用，體內能量使用迅速增加：血壓上升、心跳加快、呼吸變快、體溫增高、保持警覺、提高專心度；副交感神經和交感神經相反，輕鬆、休息、睡覺或緊張後，則是副交感神經系統開始作用，以儲備能量。副交感神經活性大於交感神經活性時，會有血壓降低、心跳變慢的現象。廖建智在研究中提到，感到壓力時，交感神經活性會提高，而輕微的壓力可以促進記憶或專注等認知策略。由此推論當交感神經適度的提高，專注力可得到提升。

表二、頻域分析與正副交感神經之關聯

指標	頻域範圍	自律神經活性指標	情緒特徵
總功率	0-0.4Hz		
超極低頻功率	0-0.003Hz		
極低頻功率	0.003-0.04Hz		
低頻功率	0.04-0.15Hz	交感神經指標	緊張、亢奮、焦慮
高頻功率	0.15-0.4Hz	副交感神經指標	愉悅、平靜、緩和、倦怠

3. 心情沉靜狀態 (SD_2)

許多研究結果顯示，身心沉靜後的注意力可以得到提升。先前的研究文獻也有將心情沉靜狀態列入專注力評估的先例（楊雅婷，2014），假定心情愈沉靜則專注力愈高，而實驗結果也支持該假定。因此本次實驗將心情沉靜狀態納入專心度評估中，並且假定心情愈沉靜，專注力愈好。

計算方法：將五分鐘內的心跳間距序列以龐卡萊圖呈現，x 軸為第 i 個心跳間距時間 R_i ，y 軸為第 $i + 1$ 個心跳間距時間 $R_{i + 1}$ 。再順時針 45 度旋轉出新軸向（ x_1 及 x_2 ），算出心率變異性非線性參數 SD_2 。 SD_2 為轉換後新的資料點分布於 x_2 軸向上的標準差，觀察其分布，判斷心率值間的差異。若是心率間的變化很大，則 SD_2 值會較大，代表這段時間受試者的心情無法維持在一個穩定的狀態；相對的，若是心率值間的差距不大， SD_2 值較小，則代表受試者在五分鐘內的心情可以維持在穩定的狀態。

二、研究對象

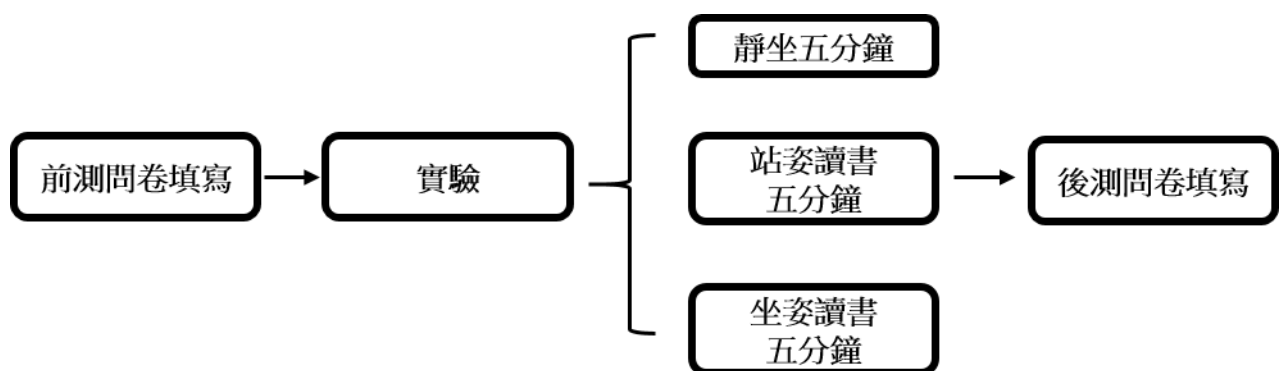
(一) 研究對象

本研究選定國中三年級同一班級的受試者參與研究，經詢問皆無心臟相關疾病史，且在實驗時並無服用任何會影響自律神經系統之藥物。實驗進行的時間固定為夜自習時間晚上 19：00 至 22：00 間，於學校的電腦教室進行。每次安排三位受試者同時收案，實驗過程中保持安靜，彼此互不交談。扣除問卷填答不全以及心電訊號測量時發生訊號異常或資料遺漏的受試者，共得有效樣本 30 名為資料分析對象，其中男生 14 名，女生 16 名。

(二) 研究對象選定條件

國中三年級除了為國中階段較為成熟穩重的年齡層之外，因正在準備會考，專心度及影響專心度的因素，對於其相對重要。同時也因備考階段需要較高的專注力，可減少因沒有讀書壓力而無心專注於書本的變因。實驗結果也能幫助國三同學更了解專心度的影響因素，並協助其提升專心度。因此，本次實驗對象選定為國中三年級的學生。

三、研究流程



圖一、實驗流程圖

本實驗分為三個步驟如圖一：第一部分為前測問卷的填寫，第二部分為實驗測試，第三部分則是專心度後測問卷填寫。其中第二部分實驗測試中，又分為三個時間段：受試者先靜坐五分鐘，確保施測者在實測期間不受先前情緒干擾而影響實驗結果；接下來

讓受試者站著念書五分鐘，坐著念書五分鐘。根據歐美心臟學會專家所訂的標準，認為短程 HRV 測量最適合的時間為五分鐘，故一個姿勢的施測為五分鐘。測試完畢後，做初步數據歸檔，將每個受試者的數據歸檔於個別的 EXCEL 工作表中，並請受試者填寫專心度問卷。其中，因受試時分站姿及坐姿，因此受試者須分別填寫站姿時的專心度以及坐姿時的專心度，兩者問題並無差異。收集數據後進行後續數據分析。

四、影響專心度的變因

我們歸納出研究證實與專心度相關的變因，納入問卷前測與後測中作為本次測試專心度相關性的變因。問卷內容分別為以下八個項目：

(一) 性別：

曾有研究提到性別會影響心率變異性中交感神經與副交感神經的作用。研究結果指出女性的副交感神經較男性活躍，而男性的交感神經則較女性活躍(陳悅，2010)。由於本次實驗的測試部分有包含心率變異度中的交感神經與副交感神經活性比例(LF/HF)，因此將性別也納入變因之一，探討除了心率變異性上的差別以外，是否和其他判斷專心度的指標有相關，進而影響專心度。

(二) BMI (身高體重指數)：

曾有研究以頻域分析法，探討肥胖與自主神經的功能的關係並比較其心率變異，結果顯示肥胖組的 LF/HF 比值較控制組高(陳怡瑜、蔡忠昌，2008)。由於本次實驗的測試部分有包含心率變異度中的 LF/HF(心率低高頻功率比)，因此將 BMI 也納入變因之一，探討除了心率變異性上的差別以外，是否和其他判斷專心度的指標有相關，進而影響專心度。

(三) 午間睡眠習慣：

由於學生午休的時間是固定的，但學生有可能因比賽練習或補作業等等的原因而沒有午休，因此以一周做為時間間距，以次數統計反映其習慣。我們將午睡習慣納入變因參考之一，探討午睡習慣是否會影響國三學生專心度。

(四) 夜晚睡眠時數：

為評估前一晚及近期睡眠時數對受試者的影響，又再細分為昨晚睡眠時數與一周睡眠時數。美國布朗醫學院在一項名為「學生睡眠與學習」的研究調查小學生的睡眠和上課狀況，結果顯示睡眠減少使學生出現遲鈍、記憶力下降以及注意力不集中等現象，表示睡眠時數與專心度為正相關。因此我們將睡眠時數納入變因之一，探討睡眠時數與國三學生專心度的關聯性。

(五) 運動時數：

為評估前一晚及近期運動時數對受試者的影響，又再細分為一天運動時數與每周運動時數。曾有實驗測試國小學童跳繩與專心度的關聯，結果指出足夠的運動可讓專心度提升，也可使反應時間縮短（楊慧蓮，2014）；也有研究指出，經十週有氧運動課程訓練後，學童的注意力明顯得到提升（林素君，2011）。因此我們將運動時數納入變因之一，探討運動時數和專心度的關聯性。

(六) 是否有學習音樂：

有研究指出，經過音樂療程後，特殊幼兒的注意力得到明顯提升（李玲玉，2007）。因此我們進一步發想，將音樂學習納入變因之一，探討音樂的學習是否是否會影響國三學生專心度。

(七) 學業成就：

曾有一個對國中生進行的研究，發現學生專心度與學業成就有顯著正相關（張新仁，傅粹馨，2008）。也有研究觀察國小學生注意力表現之差異，發現學業成就高者，其專心度較高（李偉俊，2020）。因此我們將學業成就納入變因之一，並且將理科及文科的個別成績延伸作為變因，探討學業成就是否與國三學生專心度有關聯性。

(八) 後測問卷內容：

1. 自評分心度：

由於專心與分心是兩種對立的狀態，因此我們將自評分心度納入變因之一，探討分心度是否與專心度有關連性。後測問卷中將自評分心度以 25 為一分界線，提供從 0-100 的五個選項。最後也將專心度總分與自評分心度分數做分析，探討自評分心度是否會影響國三學生專心度。

2. 疲累程度：

根據相關文獻，可以知道疲勞狀態將會具有以下症狀：容易分心、無法持續注意力等（龔喬琳，2012）。因此我們將疲累程度納入變因之一，探討疲累程度是否會影響國三學生專心度。

五、專注度評估

(一) 心率變異度

將受試者量測出的 ECG 值，使用 excel 取出 RR Interval，並使用內插法取至 0.1 秒時間間距進行傅立葉分析，再計算出各頻域功率比，進而計算低高頻功率比值。

研究結果指出，交感神經適度提高時能擁有較好的專心度，因此我們將 30 筆低高頻功率比值取出最高值和最低值之間的差，做出四等分區間，加回最低值成為四個標的分數，分別將 30 筆數據依據數值所在區間，由低到高給出 1-4 的分數，後再計算為專心度總分。

(二) 心情沉靜狀態 (SD₂)

將受試者每五分鐘之心跳間距序列以龐卡萊圖形式呈現，x 軸為第 i 個心跳的間距時間 R_i ，y 軸為第 i+1 個心跳的間距時間 R_{i+1} 。再將龐卡萊圖順時針 45 度旋轉出新軸向 (x_1 及 x_2)，算出心率變異性非線性參數 SD₁ 及 SD₂。轉換算式如下 (旋轉角 $\theta = \pi/4$)：

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_i \\ R_{i+1} \end{bmatrix}$$

SD₂ 為轉換後新的資料點分布於 x₂ 軸向上的標準差，反映了心率變異的起伏，若是分佈越密集，則 SD₂ 值越小，表示此五分鐘內心率變異愈小，代表受試者可以維持在心率穩定且不隨時間有任意起伏的狀態；反之，若是分佈不密集，SD₂ 值則會較大，表示此五分鐘內心率變異愈大，代表受試者在受試期間心情有較大的變動，無法達到穩定沉靜的狀態。

因此我們將 30 筆低高頻功率比值取出最高值和最低值之間的差，做出四等分區間，加回最低值成為四個標的分數，分別將 30 筆數據依據數值所在區間，由高到低給出 1-4 的分數，後再計算為專心度總分。

(三) 專心度自評

由於專心度也受到主觀意識影響，我們讓受試者在受試完畢後填寫專心度自評表，做為參考依據，表單如下：

表三、專心度自評表

提問	選項				
自己在過程中的專心度?	(1) 0	(2) 25	(3) 50	(4) 75	(5) 100
現在的疲累程度?	(1) 0	(2) 25	(3) 50	(4) 75	(5) 100
在過程中，分心的狀況?	(1) 0	(2) 25	(3) 50	(4) 75	(5) 100

因此我們將 30 筆專心度自評數值，分別以 100 對應到 4 分，75 對應到 3 分，50 對應到 2 分，25 對應到 1 分，0 對應到 0 分的方式，給出 1-4 的分數，後再計算為專心度總分。

(四) 專心度總評估：

將前面專心度自評、SD₂、低高頻功率比所給出 1-4 的分數相加，得到介於 3-12 的數字。我們將此數值介於 1-4 之間的人定義為不專心、介於 5-8 之間的人定義為普通、介於 9-12 的人定義為專心，藉此得到專心度的評估數值。

六、變因相關性分析

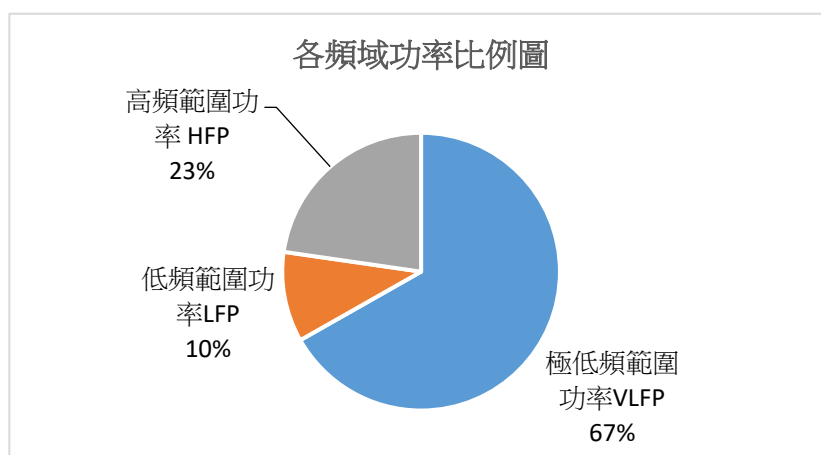
將各變因的數值與專心度的評估值做相關係數分析，得到正負相關的程度，大於 0.7 的變因為高度正相關，大於 0.3 且小於 0.7 的變因為中度正相關，介於 0 至 0.3 與低度正相關。小於 -0.7 的變因為高度負相關，小於 -0.3 且大於 -0.7 的變因為中度負相關，介於 0 至 -0.3 之間的變因為低度負相關。並進行後續變因分析。

伍、研究結果

一、心率變異度 (HRV) 頻率參數結果分析範例

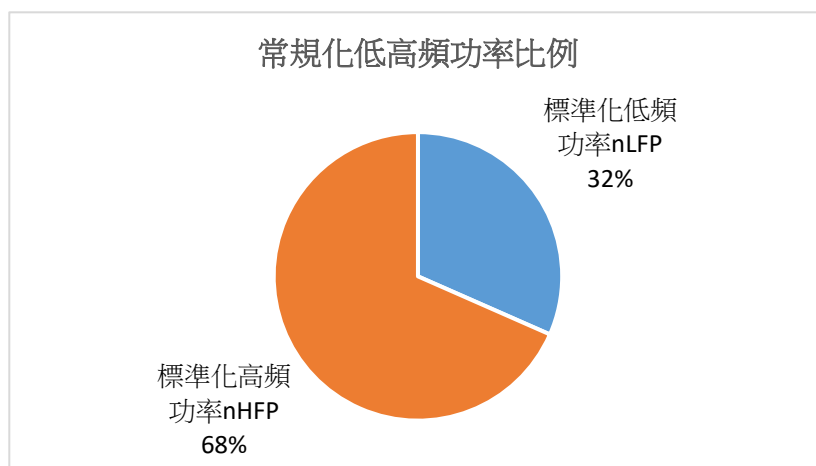
將受試者十分鐘內的 RR Interval 套入傅立葉公式，換算出各頻率的功率，再進一步計算常規化低頻功率以及常規化高頻功率，分析受試者在 5 分鐘的實驗過程中交感與副交感神經的活化程度。本次實驗將代表交感神經活性的低頻功率 (LFP)、常規化低頻功率 (nLFP)，以及代表副交感神經的高頻功率 (HFP)、常規化高頻功率 (nHFP) 納入專心度的評估。最後將各頻域功率與欲知之變因數據，利用相關係數進行分析，測試兩者之間是否有正相關或負相關。以下以一組數據 (編號一同學) 做為範例，呈現我們的分析過程：

(一) 計算出「極低頻功率 (VLFP)」、「低頻功率 (LFP)」、「高頻功率 (HFP)」三者之間各佔的成份比例，繪製成下圖：



圖二、各頻域功率比例圖

(二) 計算出「常規化低頻功率比 (nLFP)」與「常規化高頻功率比 (nHFP)」的比例後，繪製成下圖：



圖三、常規化低高頻功率比例圖

上圖取自編號一的同学站姿時的生理訊號，極低頻範圍功率：67%、低頻範圍功率 10%、高頻範圍功率 23%；標準化低頻功率 32%、標準化高頻功率 68%。可見此時編號一同学的副交感神經活性明顯大於交感神經活性，所表現的情緒為較平靜、放鬆。

二、心情沉靜狀態參數結果分析範例

心情沉靜狀態 (SD₂) 將受試者每五分鐘之心跳間距序列計算出心率變異性非線性參數 SD₂。並由低到高換算出 1-4 的分數。下圖為 excel 計算範例。

x軸	y軸			theta	sd2
RR 第i個心跳 間隔	RR+1 第i+1個心 跳間隔	x1	x2	0.785398	0.087722
	0	0.415	-0.29345	0.293449	
	0.415	0.281	0.094752	0.492146	
	0.281	0.187	0.066468	0.330926	
	0.187	0.233	-0.03253	0.296985	
	0.233	0.609	-0.26587	0.595384	
	0.609	0.281	0.231931	0.629325	
	0.281	0.421	-0.09899	0.496389	
	0.421	0.185	0.166877	0.428507	
	0.185	0.423	-0.16829	0.429921	

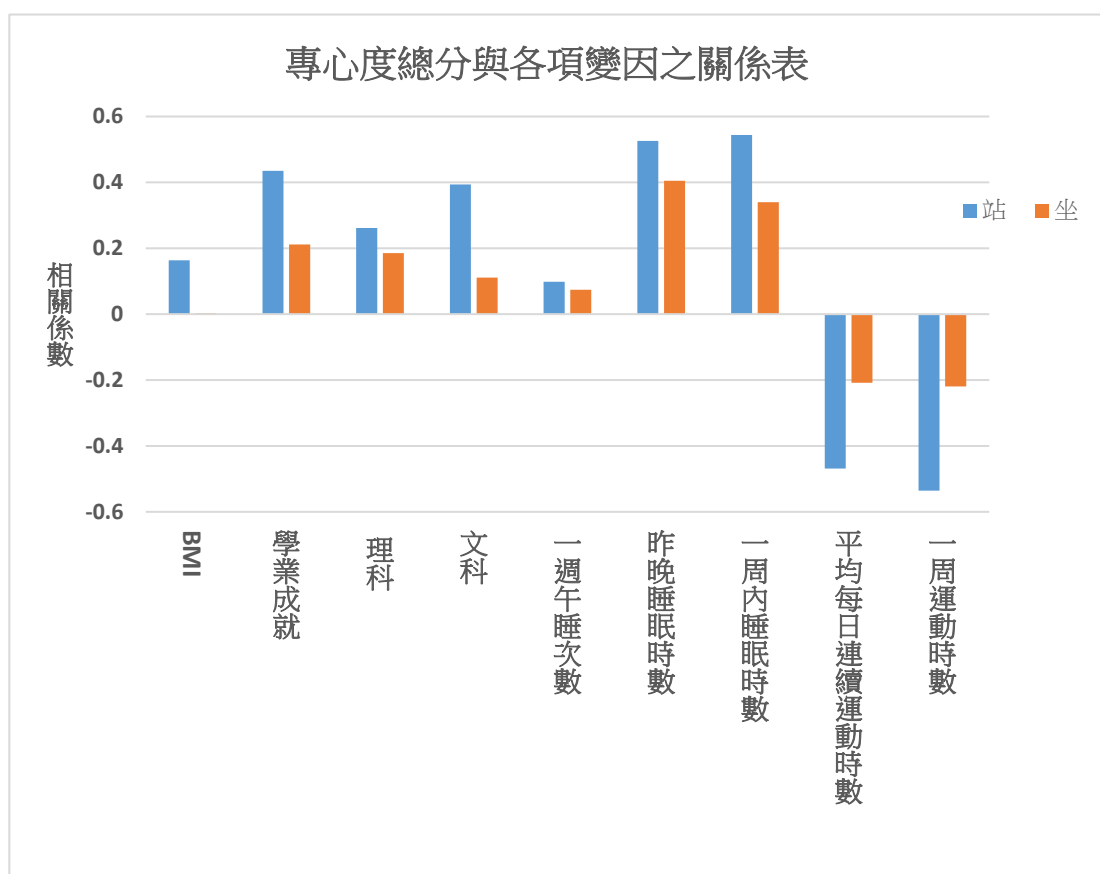
三、專心度總評估

將低高頻功率比、心情沉靜狀態、自評專心度的分數加總為一個專心度分數。以下列舉部分 excel 運算過程。

受試者	SD2分數	自評專心度分數	低、高頻功率的比值分數	專心度總分
1	3	4	2	9
2	2	3	2	7
3	2	2	2	6
4	2	3	1	6
5	2	2	3	7
6	1	3	3	7

四、專心度變因相關性分析

將專心度總分與問卷中的各項變因做相關係數分析後，歸納整理出高度相關與中度相關的項目，即判定為本次實驗中影響專心度的變因。



圖四、專心度總分與各項變因之關係圖

表四、專心度總分與各項變因之關係表

變因	站姿	坐姿
BMI	0.164	0.003
學業成就	0.435	0.212
理科	0.261	0.185
文科	0.394	0.111
一週午睡次數	0.098	0.074
昨晚睡眠時數	0.526	0.405
一週睡眠時數	0.544	0.340
平均每日連續運動時數	-0.469	-0.208
一週運動時數	-0.536	-0.219

由上表可知，對於站姿而言，有中高度正相關的變因為學業成就、昨晚睡眠時數與一周睡眠時數；有中高度負相關的則為每日運動時數與一周運動時數。對於坐姿而言，有中高度正相關的為學業成就、昨晚睡眠時數、一周睡眠時數；有中高度負相關的則為每日運動時數、一周運動時數。站姿與坐姿時的專心度均和昨晚睡眠時數、學業成就、一周內睡眠時數有顯著正相關，而跟與運動量有副相關。

五、非連續性變因

由於相關係數分析僅適用於連續性數值，而性別、音樂學習與否、疲累程度與自評分心度不屬於連續性數值，因此本實驗用算術平均數以及等第人數來分析性別和音樂學習與否與專心度的相關性。詳列如下：

(一)性別

表四、性別與姿勢之專心度分析表

姿勢	站姿		坐姿	
	男性	女性	男性	女性
專心度平均分數	6.786	7.938	7.214	7.688
專心人數	4	4	4	4
普通人數	7	12	9	12
不專心人數	3	0	1	0

表四為性別與姿勢之專心度分析表，無論是站姿或坐姿，女性專心度為普通的人數較高，並且沒有不專心的案例，男性專心度為普通的人數較低，且皆有不專心的案例。其中男性坐姿不專心的人較少。而專心度平均值皆為女性高於男性，其中女性的站姿專心度平均值高於男性約 1.1 分。

(二)音樂學習與否

表五、音樂學習與姿勢之專心度分析表

姿勢	站姿		坐姿	
	有學音樂	無學音樂	有學音樂	無學音樂
專心度平均分數	7.059	7.846	7.471	7.466
專心人數	3	5	5	3
普通人數	12	7	11	10
不專心人數	2	1	1	0

表五為音樂學習與姿勢之專心度分析表，其中無學習音樂與有學習音樂的專心度平均差異度不高，無論是站姿或坐姿皆無大於 1 的差距，而坐姿的數據更是十分接近。

(三)疲累程度

表六、站姿疲累程度之專心度分析表

站姿疲累程度	100分	75分	50分	25分	0分
專心度平均分數	7.75	7	7.417	7.3	8
專心人數	1	1	3	3	0
普通人數	3	1	9	7	1
不專心人數	0	1	0	0	0

表七、坐姿疲累程度之專心度分析表

坐姿疲累程度	100分	75分	50分	25分	0分
專心度平均分數	7.75	6.333	7.583	7.6	7
專心人數	1	1	3	3	0
普通人數	3	1	9	7	1
不專心人數	0	1	0	0	0

表六、表七分別為站姿以及坐姿疲累程度之專心度分析表，比較兩表可以發現疲累程度的每個等第專心度平均差異不大，但是疲累程度較低的等第，如 50 分、25 分，專心度為普通以上的人數也越多。

(四)自評分心度

表八、站姿分心程度之專心度分析表

站姿分心程度	100分	75分	50分	25分	0分
專心度平均分數	0	5.667	6.75	7.889	9
專心人數	0	0	1	3	4
普通人數	0	4	6	6	3
不專心人數	0	2	1	0	0

表九、坐姿分心程度之專心度分析表

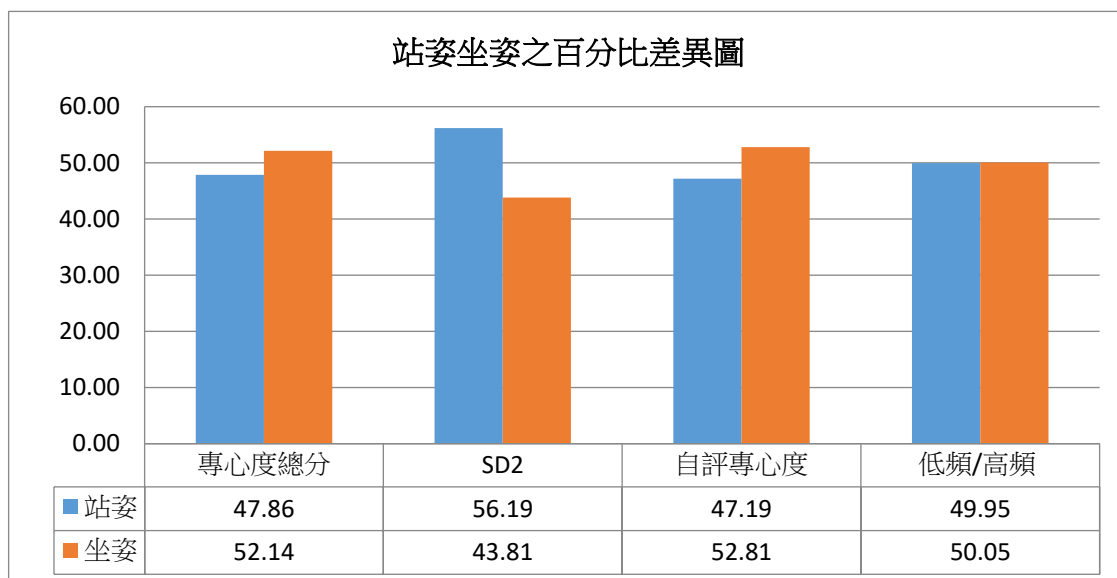
坐姿分心程度	100分	75分	50分	25分	0分
專心度平均分數	0	6	7.5	7.777778	8.142857
專心人數	0	0	2	2	4
普通人數	0	5	6	7	3
不專心人數	0	1	0	0	0

由上表可知，受試者自評分心度的等第愈高，相對應的專心度平均分數愈低，專心度較高的人數分布也較少。由此可推知分心度較高分者，專心度分數較低。

六、姿勢與專心度的相關性分析

將專心度總分、心情沉靜狀態、低高頻功率比、自評專心度在不同的姿勢下的變化進行比較、分析後，歸納出姿勢對於專心度的影響。

(一) 總分析

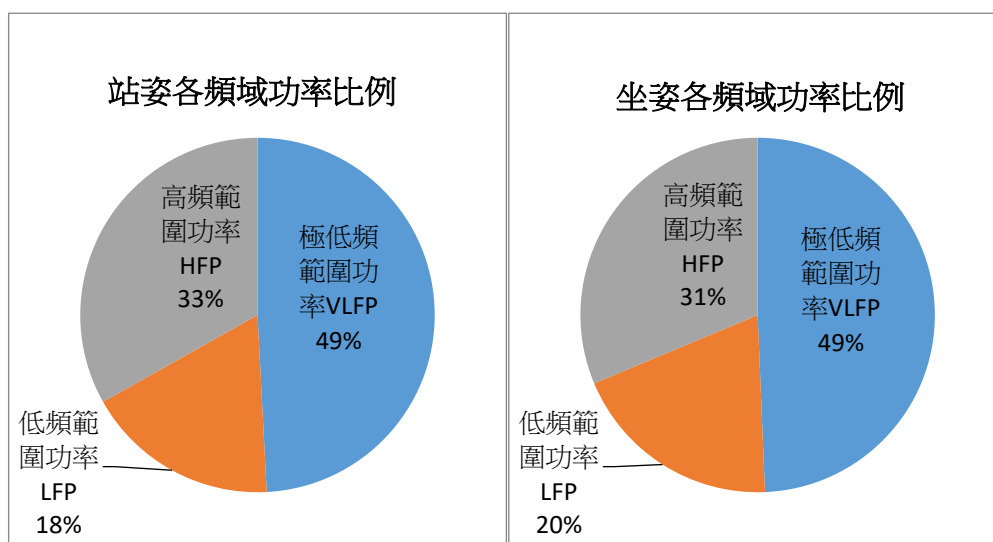


圖五、站姿坐姿之百分比差異圖

由圖表數據可知，在站姿時，心情沉靜狀態數值較高，自評專心度較低，低高頻功率比值略低於坐姿，而專心度總分則低於坐姿。在坐姿時，心情沉靜狀態數值較低、自評專心度較高、低高頻功率比則略高於站姿，而三項數值最後歸納出的專心度總分也高於站姿。

(二) 心率變異度

1. 將所有站姿、坐姿的數據取出平均，計算出「極低頻功率 (VLFP)」、「低頻功率 (LFP)」、「高頻功率 (HFP)」三者之間各佔的成份比例，繪製下圖：



圖六、站姿及坐姿各頻域功率比例圖

由上圖可知，採取坐姿的低頻範圍功率（LFP）略高於站姿 2%，採取坐姿的高頻範圍功率（HFP）略低於站姿 2%，顯示坐姿時的交感神經活性較副交感高。

陸、討論

一、與專心度呈正相關之變因：

（一）睡眠時數

根據站坐姿專心度與各變因之相關係數，可以發現無論是坐姿或站姿，均與睡眠時數有中度正相關。代表大部分受試者睡眠時數愈長，愈能夠專心；反之，睡眠時數愈短，則愈無法集中注意力。曾有研究顯示剝奪健康人的睡眠後注意力將明顯下降，並且剝奪越多時間越明顯。美國布朗醫學院在研究中調查了小學生的睡眠和上課狀況，結果顯示睡眠減少使學生出現遲鈍、記憶力下降以及注意力不集中等現象，表示睡眠時數與專心度為正相關，符合我們的結果。由本次實驗結果可得知：睡眠時數與專心度呈正相關。意即睡眠時數較長的受試者，在實驗中表現的專心度較佳。

（二）學業成就

根據站坐姿專心度與各變因之相關係數，可以發現在站姿的資料中，專心度與學業成就有中度正相關。曾有一個對國中生進行的研究，發現學生專心度與學業成就有顯著正相關（張新仁，傅粹馨，2008）。也有研究觀察國小學生注意力表現之差異，發現學業成就高者，其專心度較高（李偉俊，2020），與我們的結果相符。由本次實驗結果可得知：學業成就與專心度呈正相關。意即學業成就較高的受試者，在實驗中表現的專心度較佳。而分科成就中，文科高於理科，站姿高於坐姿。實驗數據顯示站姿專心度總分高者文科成績多高於理科成績，但兩者水平仍高出整體平均 5-6 分，學業成就也高於平均 5 分。坐姿專心度高者則無特別偏科，兩者成績僅高出平均 1-2 分。推測受試人中站姿專心度較高者大多較擅長文科，而理科成績則相較文科之下沒有特別突出；坐姿專心度高者則大部分文理科都無特別突出表現。

二、與專心度呈負相關之變因

（一）運動量

本研究結果顯示，無論是每日運動時數或者一週運動時數均和專心度總分呈現中度負相關。根據參考文獻的研究結果，可以發現多數研究都證實了運動和專心度的正相關性。李偉文在天下雜誌的投稿中提到，運動時會產生三種激素：多巴胺、血清素與正腎上腺素。而血清素可以幫助提升注意力。也曾有研究指出足夠的運動可讓專心度提升，也可使反應時間縮短（楊慧蓮，2014）。多數的研究報告都指出適當運動對於專心度有助益，然而根據本實驗站坐姿專心度與各變因之相關係數，可以發現無論是坐姿或站姿，均與運動量有中度負相關。代表運動量大的受試者較無法集中注意力。但有許多研究結果顯示運動量與專心度應呈正相關。因此，我們將 30 筆受試者的一周運動量與其他變因進行相關性分析，發現一周運動量與學業成就相關性為-0.399，與一周睡眠時數相關性為-0.550。由以上數據及實際訪問我們推測運動時數較多的同學，可能為學業成就較差的一群，同時可能玩心較高，於夜間並未準時就寢，因此睡眠時數較低。此族群可能因心思較

不放在課業上，或者平時沒有固定的讀書計畫或讀書計畫效果不彰，而造成注意力集中較困難。也因本次實驗群體小，小族群的特殊性易被放大，造成實驗結果與多數文獻提出的結果不符。

三、與專心度呈低度相關之變因

(一) BMI (身高體重指數)

本研究結果顯示 BMI 與專心度總分相關度極低，幾乎不相關。曾有研究顯示，BMI 值較高者，心率低高頻功率比也會較高 (陳怡瑜，蔡忠昌，2008)。而 LF/HF 會影響專心度總分。且嚴重肥胖者亦有衝動且專注力不易集中的現象。而本次實驗數據顯示，BMI 值較高的受試者心率低高頻功率、SD₂ 與自評專心度與 BMI 值較低者皆無明顯差異，最後與專心度總分的分析也無明顯相關性。但也因本次實驗的樣本數少，特殊性易被放大，實際上 BMI 與專心度的相關性仍有待進一步實驗證實。

(二) 一週午睡次數

本研究結果顯示一週午睡次數和專心度總分相關度極低，幾乎不相關。推測可能該實驗時段離午睡時間有 6-7 個小時，受其影響小，造成本實驗的結果。實際上午睡次數與專心度的專心度還有待進一步實驗證實。

四、非連續性變因

(一) 性別

本次實驗結果顯示，女性整體平均專心度分數高於男性，分佈也較男性靠前，也就是大部分女性專心度高於男性。過去的研究中，曾提到性別會影響心率變異性中交感神經與副交感神經的作用。研究結果指出女性的副交感神經較男性活躍，而男性的交感神經則較女性活躍 (陳悅，2010)。實驗數據確實也顯示男性的低高頻功率比較高，但由於自評專心度、SD₂ 分數皆較女性低，造成最後男性專心度總分低於女性。推測其原因可能是因為受試者中男性的學業成就平均低於女性、

睡眠時數也低於女性，且研究結果中運動時數較高、專心度較低的受試者也主要分佈於男性，造成男性整體專心度低於女性。判斷在此群體實驗時，女性專心度高於男性。也因實驗群體小，小族群的特殊性易被放大，整體性別是否會影響專心度還有待進一步實驗證實。

（二） 是否有學習音樂

本實驗結果顯示學習音樂與否的專心度彼此相差並不大。但曾有研究指出，經過音樂療程後，特殊幼兒的注意力得到明顯提升（李玲玉，2007）。推測變因應該設定為是否有持續學習音樂以及一週練琴時數，而非單純是否有學習音樂。經訪問受試者後發現，多數有學習音樂的受試者因國三備考而停止或減少練習頻率，造成本實驗的結果。實際上音樂學習是否會影響專心度還有待進一步實驗證實。

（三） 自評分心度

研究結果顯示自評分心度愈高則專心度愈低。因專心與分心為對立的兩種狀態，因此分心度高的受試者專心度低、分心度低的受試者專心度高，這個結果非常合理，也間接證實了此專心度評估方式有其正確性。

（四） 疲累程度

本研究結果顯示疲累程度的每個等第專心度平均差異不大，但是其中疲累程度較低的等第，如 50 分、25 分，專心度為普通以上的人數較多，這代表疲累程度較低仍可以反映出專心度較高。根據相關文獻，可以知道疲勞狀態將會具有以下症狀：容易分心、無法持續注意力等（龔喬琳，2012）。至於疲累程度最低的等第人數不高，可能跟受試者群體有關，疲累程度較低者人數本就較少，因此未來可以增加受試者人數，進一步實驗證實。

五、坐姿之專心度較站姿為高

實驗結果顯示坐姿時的交感神經活性較副交感略高 2%，但曾有研究指出，站姿的心率低高頻功率比應高於坐姿，也就是交感神經應為站姿較高（陳悅，2010）。推測可能是因該實驗中維持姿勢時，讓受試者盡量放輕鬆，而本實驗讓受試者念書。因此推論念書這個行為對心率變異度可能有所影響。有研究提到，感到壓力時，交感神經活性會提高，而輕微的壓力可以促進記憶或專注等認知策略（廖建智，2018）。由此推論當交感神經適度的提高，專注力可得到提升。而坐姿時的 SD2、自評專心度皆較站姿高，因此坐姿的心率低高頻功率比較高也符合實驗中其它評估專心度的工具的實驗結果。推測坐姿的專心度較高，可能由於坐姿相對於站姿較為穩定的緣故。也因受試者平時念書的姿勢即是坐姿，面對不習慣的站姿可能影響實驗結果，由此可知實驗結果可能也受到該群體的習慣影響。

柒、結論

- 一、本研究使用心律變異度進行多個數據的專心度分析，並以相關性分析專心度相關因子，其研究結果顯現正相關性及負相關性的因子皆符合過去相關研究資料，表示此專心度評分方式有其準確意義，同時此方式也可以有效分析專心度因子對於群體的影響，可做為一個有效模式進行其他分析。
- 二、本研究顯示睡眠時數及姿勢對於專心度的影響，可以提供國三同學做為增加專心度的方式。
- 三、由運動量的負相關我們可以得知，母群體的人群性格及行為模式，也造成影響因子和專心度的關係有所不同，所以母群體人群最好能固定時空背景，同時也了解其生活作息等細節一起分析。
- 四、未來可以使用此模式進行加深加廣的資料分析，也可以增加母群體的人數，以達到更加精確的相關性數值，此模式相當具有未來的應用價值。

捌、參考資料

1. 邱慧珊（2013）• 基於生理訊號變化即時偵測音樂誘發情緒研究 • 國立交通大學：碩士論文。
2. 楊雅婷（2014）• 認知策略、心情沉靜狀態、課室專心度與學業成就之關聯：以台灣一所高級職業學校為例 • 教育學報，42（2），23 - 50。
3. 陳益民（2008）• 跳繩及扯鈴運動訓練對國小學童心率變異度之影響 • 國立台北教育大學體育學系（所）：碩士論文。
4. 蔡文興、陳裕鏞（2012.07）• 射擊運動訓練對心跳率與專心度的影響—以楓樹國小為例 • 體育學系系刊，12，1-12。
5. 彭華、賀斌、趙忠新、趙明霞、李雁鵬、夏斌、黃流清 • 睡眠剝奪對健康人注意力的影響 • 知網空間期刊 • 取自 <https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotat-LCSJ200902025.htm>
6. 楊雅婷、陳奕樺（2013）• 課室專心度量表之建構 • 教育研究及發展期刊，9（4），1-28。
7. 尤克玲（2015）• 探討人格特質與心率變異的相關性 • 國立台北健康護理大學中西醫結合護理研究所：碩士論文。
8. 李偉文（2011年04月28日）• 用運動來幫助學習 • 取自 <https://www.cw.com.tw/article/5006123>
9. 張騰升、陳柏勳、程志堅 • 青少年的專注力調查 • 新北市石碇高中。
10. 陳悅（2010）• 正常台灣族群心率變異性之性別與姿勢差異 • 國立交通大學生物科技學系：碩士論文。
11. 高萱芳（2016）• 以時頻分析方法量化自主神經活性 • 臺北市立中山女子高級中學。
12. 龔喬琳（2012）• 人臉偵測應用於學習專注力與群組參與度之分析 • 國立臺中教育大學數位內容科技學系：碩士論文。
13. 林鉉宇、周台傑（2010）• 國小兒童注意力測驗之編製 • 特殊教育研究學刊，35（2），29-53。
14. 林素君、黃立婷、林春鳳（2011）• 有氧體適能課程對改善兒童注意力之個案研究 • 屏東教大體育，14，423-435。

15. 廖建智（2018）• 佛教專注力與壓力調適學習 • 佛教圖書館館刊，64。
16. 李玲玉（2007）• 運用音樂治療提升特殊幼兒注意力之成效探討 • 朝陽人文社會學刊，5（1），211-240。
17. 楊慧蓮（2014）• 運動強度對學習專注力與反應時間的影響——以跳繩為例 • 國立屏東教育大學體育學系：碩士論文。
18. 張錦櫻、黃奕清、黃金龍、郭堉圻（2017）• 禪坐與動禪對中老年人男性良導絡及心率變異之影響 • 臺灣體育學術研究，63，133-148。
19. 龔喬琳(2012)• 人臉偵測應用於學習專注力與群組參與度之分析 • 國立臺中教育大學：碩士論文。
20. 陳秋坪（2008年2月3日）• 學童過胖，影響人格發展，易衝動、注意力較差 • 自由時報 • 取自 <https://blog.xuite.net/therapydna314/twblog/list-view/128352711>。
21. 李偉俊（2020）• 國小學生美塔學注意力訓練之行動研究。
22. 黃聖捷（2016）• 睡眠與學習—探討睡眠的重要及熬夜對學習的影響。
23. 陳怡瑜&蔡忠昌（2008）• 應用心率變異分析於肥胖研究之探討。

【評語】 032917

1. 本作品取材有新穎性，但很可惜因為人體反應的變異度大，這一類的試驗還是需要統計的介入，方能有清楚的答案。
2. 善用科技輔助實驗，唯數據分析及說明較為薄弱。
3. 研究中假定心情愈沉靜，專注度愈好，但沉靜指標不易訂定，而交感神經作用時常會使個體作出戰或逃的判斷，此時的專注力是高的，但可能不符合我們對「沈靜」的定義。
4. 研究中以站姿和坐姿測試5分鐘讀書測試專著度，基本上，5分鐘都還在可專注的範圍，不是很合宜的評估時間。
5. 其它研究內容意見請參考
 - (1)照片上的偵測器只有單極，無法測 ECG。
 - (2)至少有雙電極的 ECG，電極貼附位置與貼附方式為何？
 - (3)ECG 取樣時間多久？若沒超過一分鐘， $<0.04\text{Hz}$ 的資料無意義。
 - (4)心跳頻率約 $1\text{-}2\text{Hz}$ ，為何看 0.4Hz 以下？一般 HRV 約幾十 ms，心跳頻率應在 $1.1\text{-}1.2\text{Hz}$ 間的變動。

作品簡報



心動瞬間

藉由心率變異度探討影響
國中生專注力的因素

國中組

生活與應用科學科(二)

前言

研究目的

- 一、探討影響專注力的變因，並探討相關性。
- 二、建立專注力變因研究的實驗模式，以期未來能進行加深加廣研究。

文獻探討

專注力

定義：
個體有意識地運用資訊並且持續於特定情境活動上（楊雅婷，2014）。

心率變異度

壓力會造成交感神經活性提高，且輕微壓力可以使人更容易專注與記憶（廖建智，2018）。
➔ 當交感神經適度的提高，專注力可得到提升。

專心度測試

心情沉靜狀態（SD₂）

身心沉靜時注意力較佳，因此假定愈沉靜，專注力愈好（楊雅婷，2014）。

自評專心度

由受試者的主觀意識判斷過程中的專心度（楊雅婷，2014）。

前言

研究變因

性別

男性的交感神經較女性活躍
(陳悅, 2010)。

BMI (身高體重指數)

嚴重肥胖者易有專注力不易集中的現象，且LF/HF比值較高 (陳怡瑜, 2008)。

午間睡眠習慣

以一周為一單位，次數反映其習慣。

夜晚睡眠時數

分為昨晚睡眠時數與一周睡眠時數。睡眠減少使學生注意力不集中
(駱明潔, 2013)。

是否有學習音樂

經過音樂療程後，特殊幼兒的注意力得到明顯提升
(李玲玉, 2007)。

學業成就

學業成就高者，其專心度較高 (李偉俊, 2020)。

自評分心度

由於專心與分心是兩種對立的狀態，因此我們將自評分心度納入變因之一。

疲累程度

疲勞將會無法持續注意力
(龔喬琳, 2012)。

運動時數

分為一天運動時數與每周運動時數。足夠的運動可讓專心度提升 (楊慧蓮, 2014)。

實驗方法

實驗對象

國中三年級30位同學，男生14名，女生16名。無心臟相關疾病史，無服用影響自律神經系統之藥物。施測時間為晚上19:00至22:00間。

實驗流程

前測問卷
填寫

靜坐
五分鐘

站著念書
五分鐘

坐著念書
五分鐘

填寫專心度
自評

數據量測

心率變異度分析

ECG
數據
擷取

取RR
Interval

內插RR
Interval

傅立葉
轉換

計算
功率

極低頻功率： $\leq 0.04\text{Hz}$

低頻功率： $0.04-0.15\text{Hz}$

高頻功率： $0.15-0.4\text{Hz}$

心狀態沉靜分析

ECG
數據
擷取

取RR
Interval

畫出
龐卡
萊圖

旋轉
分布
圖

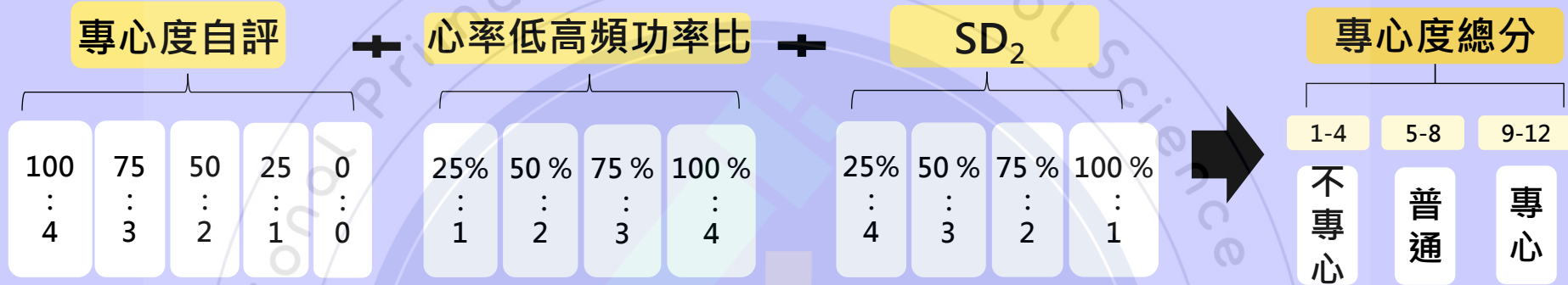
計算
密集區
半徑

數值高：心情狀態不穩定

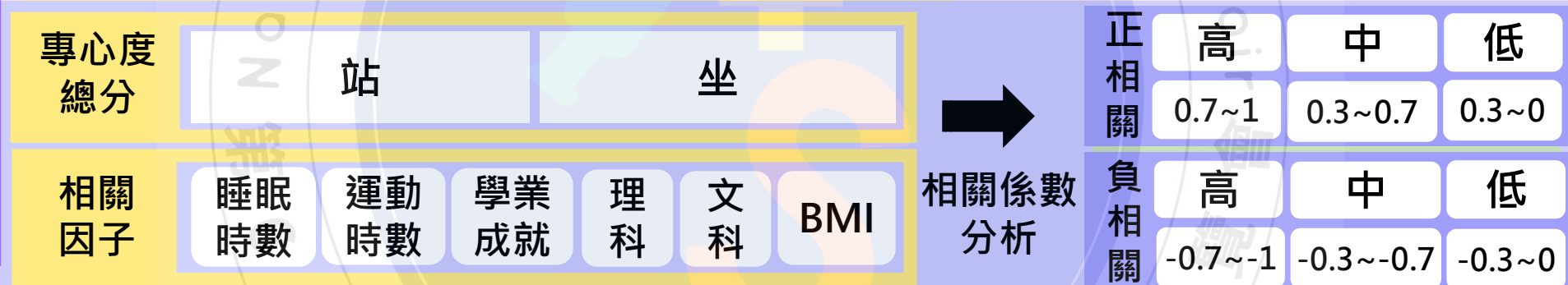
數值低：心情狀態穩定

實驗方法

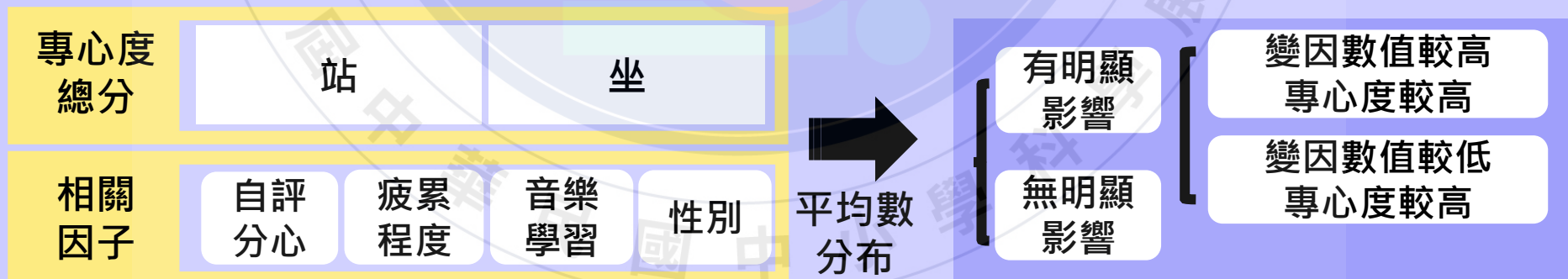
專心度計算



相關性分析



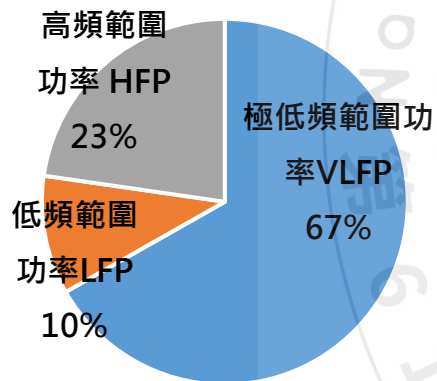
變因連續性分析



研究結果與討論——結果範例

計算各頻域 功率比例

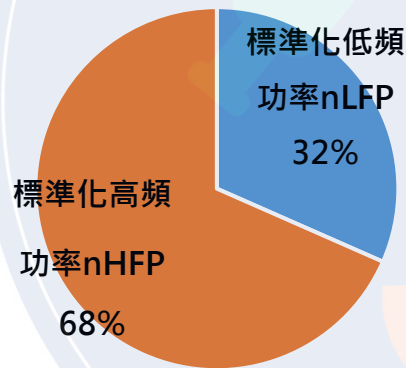
各頻域功率
比例圖



將受試者十分鐘內的 RR Interval 套入傅立葉公式，計算常規化低頻功率和常規化高頻功率。

計算低高頻 功率比例

常規化低高頻
功率比例



接下來由前面取得的數據算出低高頻功率比。

計算心情 沉靜狀態

x軸	y軸	欄1	欄2	theta
RR 第i個心跳間隔	RR+1 第i+1個心跳間隔	x1	x2	0.785
0	0.415	-0.29	0.29	SD2
0.41	0.281	0.09	0.49	0.088
0.28	0.187	0.06	0.33	
0.18	0.233	-0.03	0.29	

將受試者的心跳間距序列以龐卡萊圖呈現。再旋轉算出SD2。

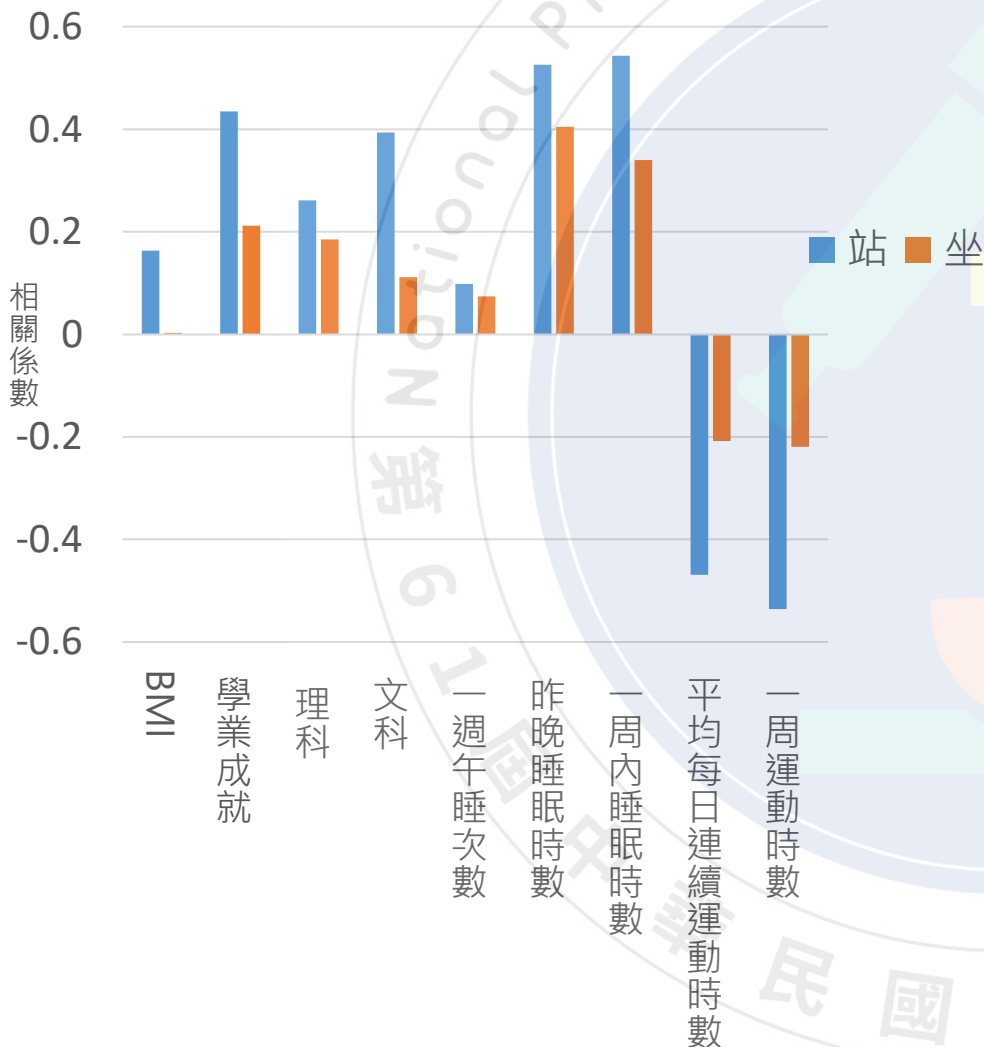
計算專心度 總分

樣本	SD2 分數	自評專心度分數	低、高頻功率比值分數	專心度總分
1	1	4	2	7
2	1	3	2	6
3	2	2	2	6
4	1	4	2	7
5	2	3	1	6
6	3	3	2	8
7	4	2	2	8
8	3	3	2	8

將低高頻功率比、SD2、自評專心度以25百分位數為界線，給出1-4的分數，並算出專心度總分。

研究結果與討論—專心度總分與各項變因

專心度總分與各項變因之關係表



一、與專心度呈正相關之變因

(一) 睡眠時數

- 睡眠時間愈長，愈專心
- 睡眠減少使學生出現注意力不集中 (黃聖健，2016)
- 符合

(二) 學業成就

- 學業成就較高者，較專心
- 學生專心度與學業成就有顯著正相關 (李偉俊，2020)
- 符合

二、與專心度呈負相關之變因

(一) 運動量

- 運動時數高者，較不專心
- 足夠運動可讓專心度提升 (楊慧蓮，2014)
- 不符合，推測運動時數較多者的學業成就及睡眠時數低

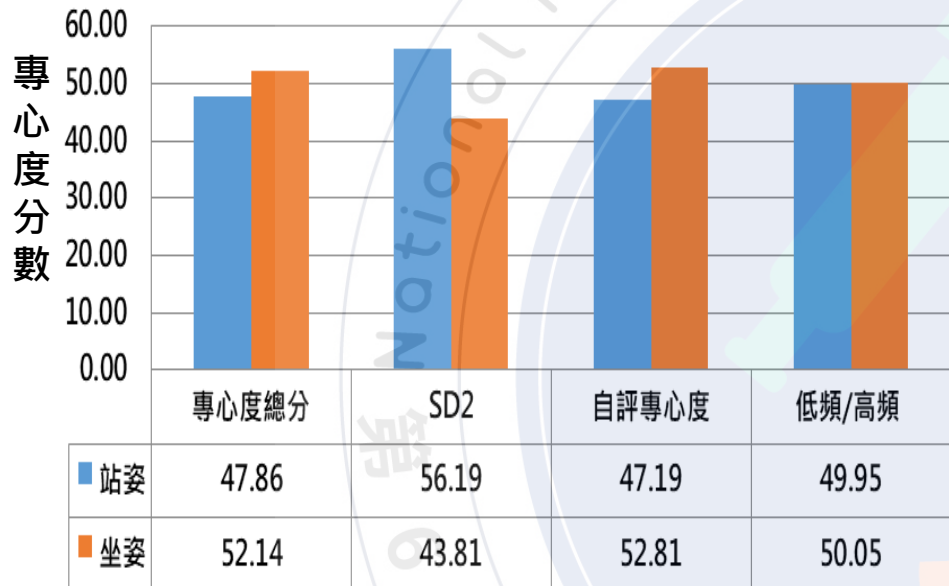
三、與專心度呈低度相關之變因

(一) BMI (身高體重指數)

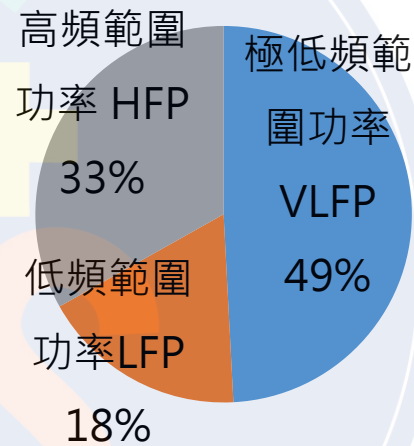
- BMI值較高者，專心度總分較高
- BMI值高者，LF/HF較高 (陳怡瑜、蔡忠昌，2008)
- 待實驗證實，因LF/HF會影響專心度總分

研究結果與討論——專心度總分與姿勢

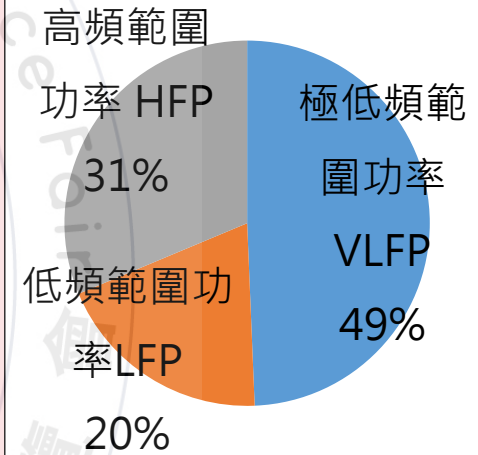
站姿坐姿之百分比差異圖



站姿各頻域
功率比例



坐姿各頻域
功率比例



- 坐姿的SD₂較站姿低，而自評專心度、LF/HF和專心度總分高於站姿
- 坐姿的交感神經較站姿活躍
- 坐姿專心度較高

- 站姿的交感神經較高 (陳悅, 2010)
- 不符合文獻結果，坐姿低頻功率較高
 - 推測坐姿相對站姿較為穩定
 - 也因受試者平時以坐姿念書，專心度可能受習慣影響

研究結果與討論——非連續性變因

一、性別

姿勢	站姿		坐姿	
	男性	女性	男性	女性
專心度平均分數	6.786	7.938	7.214	7.688
專心人數	4	4	4	4
普通人數	7	12	9	12
不專心人數	3	0	1	0

- 女性的站坐姿整體平均專心度分數皆高於男性
- 男性的交感神經則較女性活躍 (陳悅, 2010)
- 符合, 但男性的學業成就、睡眠時數皆低於女性, 造成男性整體專心度低於女性。

二、自評分心度

分心程度	100分		75分		50分		25分		0分	
	站	坐	站	坐	站	坐	站	坐	站	坐
專心度平均分數	0	0	5.67	6	6.75	7.5	7.89	7.78	9	8.14
專心人數	0	0	0	0	1	2	3	2	4	4
普通人數	0	0	4	5	6	6	6	7	3	3
不專心人數	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0

- 自評分心度愈高則專心度愈低
- 結果合理
- 間接證實此專心度評估方式有其正確性

研究結果與討論

與專心度呈正相關之變因

(一) 睡眠時數

睡眠時數高者，其專心度較高。符合睡眠減少使學生出現注意力不集中的現象(黃聖捷，2016)。

(二) 學業成就

學業成就高者，其專心度較高。符合學生專心度與學業成就有正相關(張新仁，傅粹馨，2008)。

與專心度呈低度相關變因

(一) BMI

BMI值較高者LF/HF、SD₂與自評專心度與BMI值較低者無明顯差異，相關性待進一步實驗證實。

(二) 一週午睡次數

與專心度呈低度相關。推測實驗時段離午睡時間有6-7個小時，受其影響小。相關性有待進一步實驗證實。

與專心度呈負相關之變因

(一) 運動時數

運動時數高者，專心度較低。不符合參考文獻(楊慧蓮，2014)。推測群體中運動時數較多者，其學業成就較差，且睡眠時數較低，造成注意力集中較困難。

坐姿之專心度較站姿高

推測坐姿的專心度較高，可能由於坐姿相對站姿較為穩定。也因受試者平時以坐姿念書，面對不習慣的站姿可能影響實驗結果，由此可知實驗結果可能也受到該群體的習慣影響。

非連續性變因

(一) 性別

女性專心度高於男性。但男性的學業成就、睡眠時數皆低於女性，且運動時數較高、專心度較低的受試者主要是男性。

(二) 自評分心度

自評分心度愈高則專心度愈低。間接證實了此專心度評估方式有其正確性。

專心度總分

LF/HF、自評專心度、心情沉靜狀態分數皆為坐姿高於站姿，最終專心度總分也是坐姿高於站姿。且研究結果顯現正相關及負相關的因子多數符合過去相關研究資料，可見此計分方式有其準確性。

結論

- 一、**此專心度評分方式有其準確意義**。本研究使用心率變異度進行多個數據的專心度分析，並以相關性分析專心度相關因子，其研究結果顯現正相關及負相關性的因子多數符合過去相關研究資料，表示此專心度評分方式有其準確意義，同時此方式也可以有效分析專心度因子對於群體的影響，可作為一個有效模式進行其他分析。
- 二、**研究結果可供國三學生參考**。本研究顯示睡眠時數及姿勢對於專心度的影響，可以提供國三同學做為增加專心度的方式。
- 三、**母群體特性可能影響結果**。由運動量的負相關我們可以得知，母群體的人群性格及行為模式，也造成影響因子和專心度的關係有所不同，所以母群體人群最好能固定時空背景，同時也了解其生活作息等細節一起分析。
- 四、**此模式具未來應用價值**。未來可以使用此模式進行加深加廣的資料分析，也可以增加母群體的人數，以達到更加精確的相關性數值，此模式相當具有未來的應用價值。

參考資料

1. 邱慧珊 (2013)。基於生理訊號變化即時偵測音樂誘發情緒研究。國立交通大學：碩士論文。
2. 李玲玉 (2007)。運用音樂治療提升特殊幼兒注意力之成效 探討。朝陽人文社會學刊，5 (1)，211-240。
3. 陳怡瑜 & 蔡忠昌 (2008)。應用心率變異分析於肥胖研究之探討。
4. 廖建智 (2018)。佛教專注力與壓力調適學習。佛教圖書館館刊，64。
5. 蔡文興、陳裕鏞 (2012.07)。射擊運動訓練對心跳率與專注力的影響—以楓樹國小為例。體育學系系刊，12，1-12。
6. 楊雅婷、陳奕樺 (2013)。課室專心度量表之建構。教育研究及發展期刊，9 (4)，1-28。
7. 陳悅 (2010)。正常台灣族群心率變異性之性別與姿勢差異。國立交通大學生物科技學系：碩士論文。
8. 高萱芳 (2016)。以時頻分析方法量化自主神經活性。臺北市立中山女子高級中學。
9. 李偉俊 (2020)。國小學生美塔學注意力訓練之行動研究。
10. 李偉文 (2011年04月28日)。用運動來幫助學習。取自 <https://www.cw.com.tw/article/5006123>
11. 楊雅婷 (2014)。認知策略、心情沉靜狀態、課室專心度與 學業成就之關聯：以台灣一所高級職業學校為例。教育學報，42 (2)，23-50。
12. 楊慧蓮 (2014)。運動強度對學習專注力與反應時間的影響——以跳繩為例。國立屏東教育大學體育學系：碩士論文。
13. 龔喬琳 (2012)。人臉偵測應用於學習專注力與群組參與度之分析。國立臺中教育大學：碩士論文。
14. 黃聖捷 (2016)。睡眠與學習 - 探討睡眠的重要及熬夜對學習的影響。
15. 林鋹宇、周台傑 (2010)。國小兒童注意力測驗之編製。特殊教育研究學刊，35 (2)，29-53。
16. 陳益民 (2008)。跳繩及扯鈴運動訓練對國小學童心率變異 度之影響。國立台北教育大學體育學系 (所)：碩士論文。
17. 林素君、黃立婷、林春鳳 (2011)。有氧體適能課程對改善兒童注意力之個案研究。屏東教大體育，14，423-435。