

原著

佛教禪坐時環境因子對腦波之影響

黃武達

華梵大學東方人文思想研究所，台北，台灣

一般的禪坐時腦波研究，皆忽略身體外部的環境干擾變數，為了彌補這種研究缺失，故引發本研究之動機。本研究目的，試圖為往後腦科學的實驗設計，構建出一套具完整性且科學化的研究架構模式。本論主題，探討佛教禪坐時腦波受環境變化干擾對專注力影響之比較研究，運用腦波儀器工具量測，共蒐集 72 筆資料作為研究樣本。研究方法採量化的「社會科學」，以線性結構關係模式 (Linear Structural RELation model, LISREL) 之工具分析。實驗期間：自 2013 年 09 月 15 日起至 2013 年 11 月 30 日止，為期 2 個半月。資料包括：專注與放鬆總評量分數、以及每一秒鐘的個別數據「專注、放鬆、 δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波」等。本研究觀念性架構依據佛學概念「因、緣、果」相待關係建立，包括 3 個變數以及 11 項構面。實驗分析結果顯示，本模型具有顯著水準以上的信度和效度，且具有顯著高程度的解釋力。腦波對專注力變化實驗結果顯示：1. 整體上禪坐時腦波受環境變化的干擾，對專注力具有顯著且呈現不同方向(去同步化)的影響效果。2. 當 α 波與 β 波漸漸顯示低電位慢波時，專注力受環境直接干擾程度，溫度最顯著，溼度最不顯著。3. 當 α 波、 β 波漸漸消失時，腦波受環境因素干擾程度，漸漸趨向於不具顯著狀況。4. 當禪坐入定之後 δ 波與 θ 波出現時，專注力受環境干擾皆呈現不顯著。5. 禪坐時腦波受環境變化的干擾，對禪坐者的放鬆及專注皆具有相同方向與不相同方向的顯著性。

關鍵詞：禪坐、腦波 專注、放鬆

壹、前言

關於腦波的研究至今，已有相當多的研究文獻資料，例如國內醫學界腦神經科學專家朱迺欣(2010)¹教授指出，根據統計，有關禪坐時腦波的研究，目前國內、外學者的研究報告已經有 500 多篇。又根據戴維森(Davidson)²教授指出，到目前為止，禪坐相關的科學論文已經超過一千篇。本研究作者經過對禪坐時腦波相關文獻資料的探討，發現關於針對佛教禪坐時腦波，受到身體外部環境變數干

聯絡人：黃武達，華梵大學東方人文思想研究所，台北，台灣

Email: glite@ms15.hinet.net

的研究架構設計、並且以量化「社會科學」方式，進行研究分析的相關論文或報告，至目前為止尚未找到真正具完整性架構的報告。綜觀相關論文或報告所採用的研究方式，嚴格說來，皆偏向於個案之比較分析、不然就是採用結果論，或以目測直接判讀腦波資料的質性分析方式，這樣的研究結果，無法針對研究議題再作進一步更為深遠的觀測，或預測未來發展的趨向。由於禪坐時腦波的顯化非常微細、敏感，極容易受外部隱性因素的干擾，因此腦波干擾變項是多樣化的，所以實驗時最好將這些變項一起列入考慮，這樣將能讓研究結果達到周遍性，基於為了彌補這項研究的缺失，故引發本研究的研究動機。

本實驗模型設計主要目的：(一) 針對整體實驗之研究架構、實驗方法與步驟作進行檢測，確認模型之信度與效度以及是否具有分析之解釋力，以確定模型之可行性，並且藉此構建出一套，具可行性的實驗模式。(二) 期望能透過「社會科學」的量化實驗研究、分析之後，整理出一套具明確、有效性、且適合普遍大眾的禪修方法與環境，提供佛教界禪坐行者與學界研究之參考。

本研究之假說，根據研究背景、動機、以及研究目的之陳述，依此而導引推論出二項研究假說，敘述如下：

(假說一) 禪坐時腦波與專注力之關係

H1：禪坐時腦波對專注力的影響具有顯著效果。

(假說二) 禪坐時腦波、環境與專注力之關係

H2：禪坐時腦波受到不同環境因素變化的干擾，對專注力具有顯著的影響效果。

貳、文獻探討

前額葉不僅能測量出專注與放鬆之外，尚且包含腦波中的 δ 、 θ 、 α 、 β 、 r 等，因為大腦前額葉的遺傳性多巴胺 (Dopamine)³ 是專職掌管專注及注意力。依據吳京一(1972年8月)⁴ 科學月刊第32期內文指出：腦波就是腦細胞集團所發出之電位變動，以電位為縱軸，時間為橫軸而記錄者。記錄腦波有兩種形式：(1) 雙極記錄法：即記錄腦本身或頭皮兩點間之電位差者稱之。(2) 單極記錄法：即記錄腦或頭皮(額葉)之一點與耳朵或其他無關處電極 (Indifferent electrode) 之間之電位差者稱之。林景福譯(1990)⁵，「單極記錄法」即記錄前額葉一點與耳朵之耳垂部位兩點間的電位差。美國腦神經醫學專家 Austim 教授⁶ 有次實驗利用「腦波地形圖」的方法實證，發現實驗者在坐禪中出現的腦波，主要為 θ 波。另外在針對一位資深曹洞宗和尚，在坐禪 32 分鐘後已經進入深層階段時， α 和 θ 波充滿「額葉」和「頂葉」。又如陳素秋等人(2009)⁷：在網狀活化系統 RAS 內 (小腦、基底核和前額葉皮質)，都富含主管注意力的多巴胺。朱迪欣著書中指出⁸，禪坐出現 θ 波，一般在額葉最為明顯，尤其是額葉間的中線地帶， θ 波和慢 α 波的不同步化，被認為與內在專注有關，以及當焦慮解除放鬆時亦會出現，因此

禪坐是一種「放鬆的專注」狀態。

佛教禪修目的旨在追求達到空性的證悟，一般禪修時腦波產生的次第皆趨向由快速波漸漸轉成慢波，當禪定越深時 α 波會變慢或會有 θ 波的出現。例如印度醫學研究院的神經科主任 Anand (1961)⁹ 發表的論文以及 Kasamatsu A. and Hirai T(1966)¹⁰ 發表了一篇有關「坐禪與腦波」的研究報告中結論指出：當針對 48 名曹洞宗或臨濟宗的禪師和僧眾進行禪坐時腦波量測，分成四組對照，其中一組為控制組，另外三組為實驗組。第 1 組有 20 名具禪修經驗 1-5 年的僧眾。第 2 組有 12 名具禪修經驗 5-20 年的僧眾。第 3 組有 16 名具禪修經驗 20 年以上的禪師。第 4 組控制組有 18 名研究生皆無禪修禪坐經驗，禪坐時候眼睛是睜開的。實驗組禪坐方式以雙盤坐或單盤坐為主，採行腹式呼吸法，眼微闔凝視前下方一公尺處，禪坐時間一次 30 分鐘。研究實驗時紀錄到，當禪坐開始還不到一分鐘就出現 α 波分布在額葉和中央區，接著漸漸地 α 波的振幅變大，再接下來禪坐時間越久 α 波的頻率變慢，漸漸地 θ 波開始出現了。這樣的結果顯示：禪坐時腦波由開始的不很穩定狀態，經過禪坐時間的延長之後，腦波頻率變慢、振幅漸小慢速波越來越明顯出現，屬於專注力的參數「專注與放鬆」程度的變化，也隨著腦波越深微細化漸漸提高穩定程度，因此腦波頻率與專注力反應呈現反向(去同步化)作用關係。也就是說當腦波頻率越快時，專注力反應越不穩定，反之當腦波頻率越慢時，振幅就越小，專注力反應就變得越穩定。李嗣涔、張楊全 (1991)¹¹ 實驗發現佛家的「禪坐」與道家的「放空」，對腦 α 波頻率的影響就是大幅降低 α 波的振幅，愈是高段的師父，壓抑 α 波的能力就愈強，甚至整個 α 波都消失了。

透過對文獻的探討得知，當入禪定時腦波出現在額葉最明顯，但是其他腦區域可能含清醒。例如低電位快波仍然遍佈在特別感覺視丘核、視丘枕部和低腦幹。這表示禪坐者的其他腦部位，雖然已經進入似嗜睡或睡眠狀況，因為視丘核、視丘枕部和低腦幹區域還保持清醒，還可以被突然的活動或感覺刺激激化。因為當進入潛意識裡，腦會自動轉換它的調節器，產生不分好、不分壞的接受。由以上的實驗文獻能引證，禪坐入定時雖然額前葉腦波進入 α 慢波或 θ 波與 δ 波的「無意識清醒」狀態。這清醒狀態的保持應該就是，腦部在大腦後面內部的「視丘核、視丘枕部和低腦幹區域」還保持著清醒狀態，也許這種「無意識的清醒」狀態，就是一種入禪定期間的腦波狀態，覺性的源頭。

參、研究方法

一、觀念性架構

本研究模型之觀念性架構，採用佛學的「因、緣、果」相待關係概念，建構一套研究計畫。本研究採用「禪坐時腦波」(因)作為自變數。關於其他變數的規劃，經過考量認為「禪坐時腦波」受到「內六根」(眼、耳、鼻、舌、身、意)的

感知，產生腦波頻率，同時又會受到，「六根」所對應的外部「環境」(緣)「干擾變數」之「六塵」(色、聲、香、味、觸、法)外緣變項的干擾刺激作用，對「專注力」(果)「應變數」之「專注與放鬆」，產生直接和間接不同程度的影響效果。本研究使用 3 個變數：1.自變數(因)禪坐時腦波；2.干擾變數(緣)環境；3.應變數(果)專注力。11 項構面：「禪坐時腦波」自變數部分有：「 δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波」等四項構面。「環境」干擾變數部分有：「光度、聲音、溫度、溼度、電磁波」等五項構面。3.「專注力」應變數部分有：「專注、放鬆」等二項構面，如圖 1 所示。

二、變數操作性定義

禪坐時腦波受環境干擾對專注力反應之操作性定義，本研究對「禪坐」的定義，將「禪坐」解釋為，禪修者依據佛教經論典所指導方法，採用一定形式、動作的導引，如調身、調息、調心之後，將意念安住在所緣臍中丹田處，透過靜慮、觀照方式，能讓禪修者的意識轉變成般若智慧，達到能感受覺醒、解脫煩惱、開悟的神祕經驗。本研究將「專注力」定義為禪坐者，在禪坐期間身心變化所產生的精神狀態，衡量參數採用「專注與放鬆」。本研究自變數為「腦波」，因為專注力反應是直接受到腦波變化所生起的反應，所以「腦波」是「專注力」主要直接影響的變數。故在此將「腦波」定義為禪坐者，在禪坐期間透過腦波檢測儀器所量測到之腦波頻率數據。衡量參數採用「 δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波」等四項構面，以做為衡量「腦波」之參數。本研究另一項重要的干擾變數「環境」因素，在模型架構中加入「環境」變數，更具微分效果可強化差異性作用，藉此消除同質性。因為專注力反應除了直接受到腦波變化的影響，還有可能會受的環境變化的直接或是間接因素的影響，因此環境因素必須列入考慮因素。所以「環境」是「腦波」主要直接影響的變數，同時也是「專注力」反應的直接或是間接的影響因素。故在此將「環境」定義為禪坐者，在禪坐期間能影響到禪坐時腦波變化的空間範圍之所有因素。所以衡量「環境」反應的參數，是根據人類身心對環境的感知因素，作為衡量「環境」的參數，包括有六根「眼、耳、鼻、舌、身、意」所觸覺之外環境六塵「色、聲、香、味、觸、法」，故本研究「環境」的參數包括：眼對色，取「光度」為環境第一個參數。耳對聲，取「聲音」作為「環境」之第二個參數。鼻和舌所對應的「香與味」，本研究作者認為，由於香與味的觸覺，傾向於主觀知覺的判定，而且無法轉換成為具客觀性的衡量數據化，故在效果程度方面，較不具顯著性水準，因此排除不用。身對觸，因為人體的觸覺會有比較敏感之可能，所以取空氣中的「溫度與濕度」作為「環境」之第三和第四項參數。由於目前環境到處都會有很多不可見各種「電磁波」干擾，因此本研究以「電磁波」作為最後一項「環境」的衡量參數。

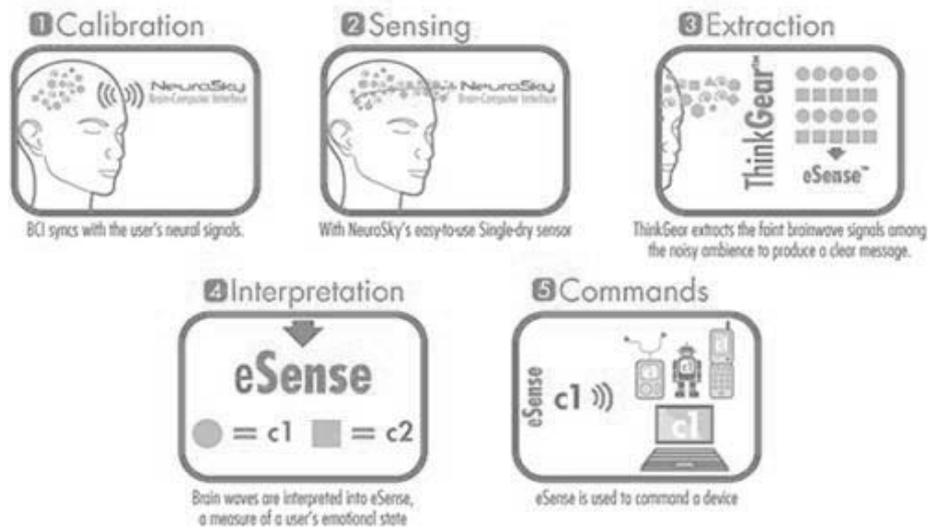
三、資料蒐集

本研究實驗時間共持續 2 個半月：自 2013 年 09 月 20 日起至 2013 年 11 月 30 日止，平均約每天測試一次，每次約 3 分鐘，全部數據資料皆為作者個人實驗完成。資料蒐集方法採用單極記錄法，即記錄額前葉頭皮之一點與耳朵之耳垂處，兩點之間的電位差。研究工具，為意念控制的腦電波貓耳朵儀器，它是日本 neurowear 公司運用 NeuroSky（神念科技）的腦電波技術開發出來，用來量測受測者腦部之生理訊號，經由資料擷取模組，將受測者腦部訊號傳送至電腦，把檢測到的腦波進行數字化處理，以及轉變成圖形化語言。透過系統的量測，讓我們可以即時觀察，當受測者正在接受測試時，電腦畫面立即呈現出腦波各個頻率波段(δ 、 θ 、 α 、 β 、 γ)之變化，再經由比較分析，分析方式採取統計、歸納比較之質性分析法，之後即能比較出禪定方法的優劣順序結果。透過儀器測試之後，分別得出不同腦波數據與腦波心境模式圖、專注評分、放鬆評分、以及專注、放鬆之數值等資料。

由於實驗當下環境中有許多干擾因素存在，將會對禪坐時腦波產生極為敏感的干擾作用，導致影響樣本資料的客觀性，因此採用單一母體，在不同環境處所、及不相同的時空背景條件下，進行腦波資料蒐集。實驗設備包含腦波儀器、電腦、溫度計、濕度計、分貝計、光度計、電磁波測試器等。實驗場所之選擇，採以日常生活領域空間，例如室內無燈光聲音暗室、機器、電器室內、冷氣房室內、戶外樹林區、室外陽光下-----等等各種處所。實驗母體只有一位，為本研究作者獨自一人完成，(受測者簡介：本研究作者，學佛、打坐經歷 15 年，學佛前曾經學習道家打坐，對佛教各宗派之禪修法皆有所研究，目前身體狀況健康良好。)環境參數包括：「電磁波、光度、聲音、溫度、濕度」等干擾因素。禪坐方式，依據佛教經典《修習止觀坐禪法要》¹²所教導方法進行實驗。佛教的禪修目的，主要是追求明心見性、解脫證道、成佛，這跟道家所追求的強身延壽、長生不老的仙道目的、以及一般超覺靜坐，目的只要求減輕焦慮和獲得內心的平靜之目標是截然不同的。

四、腦電波信號的探測及分析

本研究透過腦波監控分析系統，即時擷取腦波訊號，將腦波訊號做即時小波轉換分析，經由資料擷取模組，將受測者腦部訊號傳送至電腦，把檢測到的腦波進行數字化處理，以及轉變成圖形化語言。本研究儀器腦波耳機技術源自於對大腦思維過程中產生的腦電波信號的探測及分析。NeuroSky 腦波耳機技術通過幹態電極傳感器採集大腦產生的生物電信號，並將這些採集的信號送入 ThinkGear™晶片 ThinkGear™將混雜在信號中的噪音以及運動產生的擾動進行濾除，並將有用信號進行放大，然後通過 NeuroSky eSense™專利算法解讀出使用者當前精神狀態的 eSense™參數（專注、放鬆），最後通過這些量化的參數輸出到電腦、手機等智能設備，實現智能腦電波的人機交互，即通常所說的意念控制。參考如圖：



腦電波信號的探測及分析。參考資料來源：

<http://www.alchemytech.com.tw/brain.php>

- 1.訊號校準，對不同的使用者腦電訊號進行計算及同步輸出，以達到訊號的準確度。
- 2.訊號採集採用 NeuroSky 單導幹電極技術，使得腦電訊號採集變得簡單易用且準確。
- 3.訊號提取，晶片 ThinkGear™從噪音環境中分離出腦電波信號，經過放大處理，產生清晰的腦電波訊號。
- 4.信息解讀：通過 eSense™專利算法將腦電波解讀為 eSense 參數，表示用戶目前的精神狀態。
- 5.人機交互：將 eSense™參數傳遞給計算機，手機等智能設備，進而可以通過腦電波進行人機交互。

五、量測方法

本研究量測方法，受測時戴上測量感應儀器倒數 10 秒之後開始測量，紀錄時間約 3 分鐘，截取中段(60 秒)數據，測量完畢電腦立即顯示(a)腦波曲線圖以及(b)專注與放鬆之數據由 0 至 100。(c)各種腦波頻率：包含 δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波、 r 波之數據。共蒐集 72 筆數據作為樣本資料。

透過本系統的量測，即時觀察受測者禪坐時腦波各個頻率波段(δ 、 θ 、 α 、 β 、 r)之變化，再經由統計、分析之後得出結果。本研究禪坐時腦波的量測方式參考(吳京一，1972 年 8 月)與(林景福 譯，1990)採用「單極記錄法」，即記錄前額葉一點與耳朵之耳垂部位兩點間的電位差。

六、衡量方式

(一) 研究模式之建立

1、結構方程模式(structural equation modeling, SEM)的整體適配度重要的指標值

結構方程模式¹³又稱為共變異數結構分析，可以用來指定和估計變數們的線性關係模式，也常用在因果模式、因果分析、同時間的方程模式、共變的結構分析、潛在變數路徑分析和驗證性的因數分析。從過去的文獻中發現適配度的指標值一直有爭議，不同的研究面向將有不同的見解，因此目前多數的研究都採用多元指標來判定結構方程模式的整體適配度。SEM 適配度的建議指標和解釋如(表 1)說明。

2、線性結構關係模式(LInear Structural RELation model, LISREL)之架構圖

本研究探討佛教禪坐時之「腦波」(包含四個構面 δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波)受到「環境」(含有五個構面光度、聲音、溫度、溼度、電磁波)的干擾對「專注力」(專注、放鬆)之影響，並以線性結構關係模式¹⁴，驗證各基礎構面間之互動關係及整體模式適合度的檢定，以驗證本研究之研究假說。

線性結構關係模式，是由衡量可觀測變數和不可觀測變數(隱藏變數)之間關係的衡量模式，以及分析內、外生變數間因果關係的結構模式所構成。如(圖 2)所示：X1： δ 波。X2： θ 波。X3： α 波。X4： β 波。Y1：光度。Y2：聲音。Y3：溫度。Y4：濕度。Y5：電磁波。Y6：專注。Y7：放鬆。 ξ 1：腦波， η 1：環境， η 2：專注力。 ζ 1： η 1 殘餘誤差， ζ 2： η 2 殘餘誤差。

(二) 驗證分析步驟

本研究取樣標準：於常態分佈中依正負三個標準差取樣，在常態分佈中的比率合起來為 99.7%樣本資料之擷取，亦即當量測一次性的禪坐時腦波(約 3 分鐘=180 秒)經過電腦程式，進行數字化處理之後，便可得到一筆完整的數據資料

(共蒐集 72 筆)。然後再針對每一筆資料的中段部分(約 60 組)，分別針對每一筆資料取正負 3 個標準差作為驗證分析資料【於每一筆資料中(約 180 秒=180 組資料)，蒐集中段部分之 60 組數字(60 秒)，每 1 秒鐘分別各有 1 組數字資料(包含：專注、放鬆、 δ 波、 θ 波、高 α 波、低 α 波、高 β 波、低 β 波、高 r 波、低 r 波)，因此 60 秒就有 60 組禪坐時腦波數字資料】，目的旨在排除異常數據，讓取樣更為客觀。分析步驟說明：步驟 1、標靶分析。步驟 2、信度與效度檢測。步驟 3、多變量分析：分析工具以線性結構關係模式(因果關係)進行，LISREL 架構圖的結構方程式完整模式，是由兩個部份的模型所構成。本研究之量測模式與結構模式以路徑圖方程式呈現分析之程序如以下說明：(1) 發展理論基礎模式(建構系統參數影響模型)。(2) 建構變項間之因果關係的路徑圖。(3) 將路徑圖轉化為一套結構等式，並指定其測量模式。(4) 選擇輸入矩陣類型(相關矩陣或變異數—共變數矩陣)，並對研究假設之理論模式進行測量與驗證。

本研究之結構模型分析步驟方式，依研究目的、研究設計將蒐集資料透過電腦整理、運算、歸納、統計之後，再依研究方法將已整理資料轉換成為 LISREL 程式語言，套入路徑模型進行 LISREL 程式分析，模型之路徑分析結果以矩陣、報表、路徑圖等各種形式輸出。因此，本研究報告文中各式圖、表內之數據，並非物理量單位，在矩陣內的數值、或其他相關係數之數值，一般並無顯示單位名稱，其數據資料僅表示在同一研究模型組中，比較各變數間之相關性程度(或影響程度、干擾程度)相對的強、或相對的弱，研究報告的撰寫，依此數據判讀、分析、評論、推估、預測研究模組之發展趨勢。圖、表內數據之(+)正、(-)負符號，乃是表示變數之(+)正相關(同步化)、或(-)負相關(去同步化)。

肆、研究結果

實驗結果顯示，靜坐對禪修行者之專注與放鬆均能提昇，具有正面的效果。而禪坐入定前禪作者腦波受到環境的干擾對專注力的影響，比較於禪坐入定之後，禪作者腦波受到環境的干擾程度更為顯著。本研究根據觀念性架構圖 1 所示，針對環境、腦波與專注力的相關文獻探討，以及依據本研究的背景、動機目的之推論所導引出來的研究假說，經過路徑圖分析之後，分析結果整理如以下說明：

一、線性結構關係整體模式適合度分析

本研究模型分析工具 LISREL 8.9 統計分析軟體，採用全球科學軟體專業代理商全傑科技股份有限公司之產品，透過路徑圖表現出本研究的模式架構，進行假設模型的分析，假說驗證結果如圖 3 與表 2 所示。

由圖 3 之路徑圖分析結果得知，卡方值 (chi-square) χ^2 值=20.97，自由度 df

(degree of freedom, df)值=41，本理論模式之卡方值比率(chi-square Ratio) χ^2/df 值=0.514 < 3.0 低於判別指標 3.0 故可被接受，表示理論模式在解釋觀察資料時，具有相當的解釋能力。

本研究假設模型，經過 LISREL8.9 統計分析軟體的運算之後，最後結果經由電腦輸出如表 2 所示。藉由表 2 之數據資料經過本研究之整理，分別得出整體模式評估結果如表 3(假設模型絕對的適配度統計量表)、表 4(假設模型增量的適配度統計量表)、表 5(假設模型簡約的適配度統計量表)所示。

表 3 說明，在絕對的適配度統計量中，本理論模式適合度指標值 GFI (Goodness of Fit Index)值=0.95 大於理想數值 0.9，表示模式解釋能力的程度很高；指標 SRMR (standardized residual mean root)值=0.063 符合期望值，表示此模式具有不錯的，絕對的適配度，故本研究之理論模式應有相當高的絕對適配程度。

如表 4 所示，在增量的適配度統計量中，可以觀察到調整後適合度的指標值 AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index)值=0.92 大於理想數值 0.8，表示適合度佳，不會受到樣本數的大小而影響分析結果；NFI (Normed Fit Index)值=0.89 尚可接受；NNFI (Non-Normed Fit Index)值=1.22；CFI (Comparative Fit Index)值=1.0；RFI (Relative Fit Index)值=0.85 尚可接受；IFI (Incremental Fit Index)值=1.15 大於 0.9。以上所有指標符合期望值，表示此模式具有絕對的適配度。表 6 顯示在簡約的適配度統計量中，可以觀察到 PNFI (Parsimony Normed Fit Index)值=0.66 大於期望值 0.5；PGFI (Parsimony Goodness of Fit Index)值=0.59 大於 0.5；CN (Critical N)值=227.11 大於期望值 200。以上所有指標皆符合期望值。表示此模式具有極佳之絕對的適配度。

二、測量模式相關性因素分析

本研究 SEM 理論模型之測量模式相關性因素分析結果，整理如(表 6)的說明，研究模型具有不錯絕對的適配度以及很高程度的模式解釋能力，如表 6 顯示，潛在變數與觀測變項間的「信度」方面：專注力(值=0.915)、環境(值=0.99)、腦波(值=0.979)。全部構面皆在 0.9 水準以上，遠大於理想值 0.7 以上水準，表示此一模型具有很好的「信度」。在效度方面：專注力(值=0.82)、環境(值=0.84)、腦波(值=0.82)。全部構面皆在 0.8 水準以上，全部都符合理想期望值大於 0.5，表示研究模式具有良好的收斂效度。

觀測構面與潛在變數專注力之關聯性的比較，放鬆(值=0.97 佔 42%)與專注力的相關性程度，比專注(值=1.33 佔 58%)與專注力的相關性程度低。在潛在變數禪坐時腦波與觀測構面間之相關性程度的比較上，依相關性程度高低順序為： δ 波(值=4.75 佔 47%) > θ 波(值=2.19 佔 21%) > α 波(值=1.78 佔 17%) > β 波(值=1.5 佔 15%)。潛在變數環境與觀測五項構面之相關性，依相關性程度高低順

序為：溫度(值=13.49 佔 58%) > 濕度(值=4.93 佔 21%) > 光度(值=3.22 佔 14%) > 聲音(值=1.31 佔 5.8%) > 電磁波(值=0.28 佔 1.2%)。如表 6 所示：

三、假說檢驗結果

本研究理論模型之研究假說是否成立，依據實證分析結果整理如表 7 所示，本研究假說驗證結果說明如下：

假說 1(H1)：禪坐時腦波對專注力的影響，具有顯著效果。根據路徑圖分析結果顯示，禪坐時腦波對專注力的影響，具有去同步化的直接影響效果，直接影響參數估計值為-0.26($t=-1.60$)，表示禪坐時腦波對專注力的影響效果，呈現接近顯著的負相關。故假說 1 免強可以成立。

假說 2(H2)：禪坐時腦波受到不同環境因素變化的干擾，對專注力具有顯著的影響效果。根據路徑圖分析結果顯示，環境的變化對禪坐時腦波之影響，具有正相關的直接影響效果，直接影響參數估計值為 0.22($t=1.35$)，表示禪坐時腦波受到環境的直接影響效果，呈現接近顯著的正相關；環境的變化對禪坐者專注力之影響，具有正相關的直接影響效果，直接影響參數估計值為 0.04($t=0.47$)，呈現不顯著的正相關；環境的變化對禪坐者專注力之間接影響部分，具有負相關的影響效果，間接影響參數估計值為 0.06($t=2.0$)，呈現顯著的負相關。在整體的效果上，禪坐時腦波受到不同環境因素變化的干擾，對專注力具有顯著正相關(相同方向)與負相關(不相同方向)的影響效果，整體性影響之參數估計值為 0.04、-0.06。符號(-)：表示不同方向的影響效果。由此證明禪坐時腦波受到環境變化的干擾，對專注力具有同步化(正向效果)與去同步化(反向效果)的影響作用，其總和之顯著性達到 $t > 1.96$ ， $p < 0.05$ ，達到中等的顯著水準以上。故假說 2 可以成立。

伍、討論與分析

本研究經過 LISREL 8.9 統計分析軟體，進行假設模型分析得到結果如圖 3(結構方程模式路徑圖分析結果輸出)與表 8(結構方程模式共變異數矩陣輸出表)說明如下：

一、禪坐時腦波與專注力的關係：

禪坐時腦波對專注力反應，具有不同方向的影響效果。本研究參考表 8 數據資料整理出如表 9(腦波與專注力之關係)所示。

由表 9 資料顯示，專注力(專注與放鬆)與禪坐時腦波的關係，呈現去同步化效果。這表示，當禪修者越漸入深定時候，腦波頻率就越趨於慢速波、振幅就越低、波長越長、對能量的代謝(耗損)越低，所以對專注力參數專注與放鬆就越呈現具穩定性效果；相反的，當禪修者越無法入定、念頭活動越多時候，腦波頻率

就越快、振幅越高、波長就越短、能量的代謝就越高，對專注力的參數專注與放鬆就產生越不穩定情況。因此禪坐時腦波頻率與專注力間的關係，具有顯著去同步化的影響效果。

二、環境與專注力之關係：

環境對專注力的影響效果，同時具有相同方向與不同方向的影響效果。本研究參考表 8 數據資料整理出如(表 10：環境與專注力之關係)所示。

由表 11 資料顯示，環境與專注力(專注與放鬆)的關係，呈現相同方向與不相同方向的影響效果。這表示，禪坐時候的環境對專注力的影響，具有相同方向與不同方向的影響效果，本研究分析方向針對佛教所追求的「放鬆的專注」為主要目標，如以下說明：環境與專注力的關係，研究結果顯示，環境對專注的影響效果，依影響程度高低次序為：光度(值=0.19) > 濕度(值=-0.15) > 溫度(值=0.13) > 電磁波(值=-0.07) > 聲音(值=0.05)。環境對放鬆的影響效果，依影響程度高低次序為：溫度(值=-0.5) > 濕度(值=0.17) > 光度(值=0.06) > 電磁波(值=0.05)、聲音(值=-0.05)。

環境參數對專注與放鬆的影響效果之比較，說明如下：(一) 當禪修時越漸入定境時候，光度對專注力的影響程度：光度對「專注」(值=0.19)的直接效果，比較於對「放鬆」(值=0.06)的直接影響效果大。(二) 聲音對專注力的影響效果相等，專注(值=0.05)=「放鬆」(值=-0.05)，但是兩者間具有不同方向的連結。這表示聲音越大，對「專注(值=0.05)的干擾 > 對「放鬆」(值=-0.05)的干擾。反之太過於安靜的環境，對「放鬆」的干擾 > 對「專注」的干擾。(三) 溫度對專注力影響：當溫度越高時對「專注」的干擾程度 > 對「放鬆」的干擾程度。當溫度越低時，低於人體最舒適溫度 18 度以下時(人體最舒適溫度約攝氏 24 度~18 度) 對「放鬆」的干擾程度(值=-0.5) > 對「專注」(值=0.13)的干擾程度。(四) 濕度對專注力影響：當濕度越高時，濕度高於 67% (人體舒適度約 57%~67%) 對「放鬆」(值=0.17)的干擾程度 > 對「專注」(值=-0.15)的干擾程度。當濕度越低時(溼度低過於人體舒適度約 57%)對「專注」的干擾程度 > 對「放鬆」的干擾程度。(五) 電磁波對專注力影響：當電磁波頻率越高時對「放鬆」(值=0.05)的干擾程度 > 對「專注」(值=-0.07)的干擾程度。當電磁波頻率越低時對「專注」的干擾程度 > 對「放鬆」的干擾程度。

三、環境與禪坐時腦波的關係：

環境對專注力的影響效果，具有相同方向與不同方向的影響效果。本研究參考表 8 數據資料整理如(表 11：環境與腦波之關係與表 12：環境對腦波之干擾程度比較)所示。由表 11、12 資料顯示，環境與腦波的關係呈現相同方向與不相

同方向的影響效果。這表示環境對禪坐時腦波的直接效果，同時具有正反方向的影響，如以下說明：

(一) 光度對禪坐時腦波影響：

- 1、光度與禪坐時腦波頻率具有相同方向的影響關係。
- 2、相同的光度，對禪坐越慢速的腦波頻率影響越不顯著。
- 3、光度越強，對禪定腦波的穩定程度影響越大。

(二) 聲音對禪坐時腦波影響：

- 1、聲音與禪坐時腦波頻率具有不同方向的影響關係。
- 2、聲音愈大時，對禪坐慢速腦波頻率影響越大，具有相同方向的影響效果。
- 3、當在越接近無聲的環境中禪坐時，在禪坐初期或尚未進入禪定階段時，產生專注力緊張現象，影響禪坐時腦波越顯示出高速頻率的短波長。
- 4、當禪坐進入越深禪定時，聲音對低頻慢速的 δ 波與 θ 波越顯現不顯著效果。

(三) 溫度對禪坐時腦波影響：

- 1、溫度與禪坐時腦波頻率，具有相同方向的影響效果。
- 2、當環境中之溫度越接近人體最適溫度(約 $18^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$)時，溫度對禪坐時腦波的慢波頻率影響程度越顯著。反過來說：當環境中之溫度越低，比人體最適溫度(攝氏 18 度)低時，溫度對禪坐時腦波的穩定性程度越差。
- 3、當越接近人體最適溫度的環境中禪坐時，在禪坐初期或尚未進入禪定階段時，產生專注力緊張 現象，影響禪坐時腦波，顯示出高速頻率的短波長。
- 4、當禪坐越入禪定時，溫度對 α 波與 β 波之快速頻率腦波，出現不顯著效果。

(四) 濕度對禪坐時腦波影響：

- 1、濕度與禪坐時腦波的高頻率 α 波與 β 波，具有相同方向的影響關係。
- 2、相同的濕度，對越慢速的禪坐時腦波頻率影響越不顯著。
- 3、濕度越高(67%以上)，對禪坐時腦波的穩定影響越大。

(五) 電磁波對禪坐時腦波影響：

- 1、電磁波與禪坐時腦波，具有不同方向的影響關係。
- 2、相同的電磁波，對越慢速的禪坐時腦波頻率影響越顯著。
- 3、電磁波越強，對禪坐時腦波的穩定程度影響越大。

四、禪坐時腦波受到環境的干擾對專注力影響效果

禪坐時腦波受到環境的干擾對專注力影響效果具有如下特性：當禪坐越進入深定的時候，環境對禪坐時腦波的影響，顯示呈現出越趨於不顯著狀態。表示禪坐越進入深定時，禪坐時腦波越不受環境因素的干擾。環境對 δ 波的干擾消失情況，光度最先消失，對溫度的感覺最後消失，依消失先後順序：光度→濕度→聲音→電磁波→溫度。當禪坐達到入定階段的時候，環境對禪坐時腦波的影響，顯示呈現出越趨於不顯著狀態。表示禪坐越進入禪定時，禪坐時腦波 θ 波與 δ 波同樣越不受環境因素的干擾。環境對 θ 波的干擾消失情況，光度與濕度最先消失，對溫度的感覺最後消失，依消失先後順序：光度與濕度→聲音→電磁波→溫度。當禪坐進入定境時。腦波開始出現 θ 慢波，此時候對外界的刺激呈現趨近不反應。

五、研究限制與後續發展

本研究目的針對實驗設計的研究模型架構和衡量工具、以及分析方法與步驟進行檢測，以確認模型之信度與效度是否具有解釋力，並且藉此建構一套，具標準化之實驗模式。本次實驗經過統計分析之後，結果顯示，本研究模型具有水準以上之信度與效度，且具有高程度之解釋力，故可以確定本研究理論模型具可行性。

陸、結論

經由實驗數據分析結果顯示：1.透過因素分析之路徑圖顯示(圖 3)，整體上禪修腦波受環境變化的干擾，對專注力同時具有相同與不同方向的影響效果。2.當優勢腦波 α 波與 β 波出現階段時，專注力受環境干擾之程度高低依序為：溫度 > 光度 > 電磁波 > 聲音 > 溼度。3.當優勢腦波 α 波、 β 波漸漸消失時干擾之程度高低依序為：溫度 > 光度 > 聲音 > 溼度 > 電磁波」，同時依序呈現出漸漸趨向於不具顯著狀況。4.當優勢腦波 δ 波與 θ 波出現階段時，專注力受環境干擾之程度高低依序為：電磁波 > 溼度 > 聲音 > 光度 > 溫度。5.環境變化的干擾，對禪修者之放鬆及專注皆具有顯著的影響效果。環境對放鬆的干擾程度大於對專注的干擾。6.當禪修入禪定時腦波變化在額葉最明顯，但是其他腦區域可能含有清醒狀態。

參考文獻

1. 朱迺欣。禪坐與腦-禪坐的腦中腳印。臺北縣新店市：立緒文化，2010年7月，頁202
2. James H. Austim 原著，朱迺欣 譯。禪與腦-開悟如何改變大腦的運作。2008年8月，頁274

3. Barkley RA. *Attention-deficit hyperactivity disorder*. *Sci. Am.* 1998 , 279:66-71
4. 吳京一。淺說「腦波」～腦波的常識。《科學月刊》，1972;32 期(8 月號)
5. 林景福 譯。《圖解腦波入門》。合記圖書出版社，第二版，1990 年 6 月，頁 10
6. 同 2，頁 76
7. 陳素秋、臧汝芬、黃武達、楊斐適、黃榮貴、莊奇容。注意力缺陷過動症及相關磁振頻譜檢查。《台灣應用輻射與同位素雜誌》，2009;5:613-622
8. 同 1，頁 244
9. Anand B.K., Chhina G.S. Investigations on yogis claiming to stop their heart beats. *Indian J Med Res.*1961; 49: 90-94.
10. Kasamatsu A. and Hirai T. An Electroencephalographic study of the Zen Meditation-Zezon. *Folia Psychiatrica et Neurologia Japonica*, 1996;20:315-336
11. 李嗣涔、張揚全。由腦 α 波所定義的兩種氣功。《中國醫藥學刊》，1991；2：30-46
12. 隋·釋智顛撰。《修習止觀坐禪法要》調和第四。《大正藏》·第 46 冊 1915 經
13. 蕭文龍。多變量分析最佳入門實用書 - *SPSS+LISREAL(SEM)*。台北市：基峰資訊股份有限公司，2007 年，頁 14-2
14. 同 13，頁 14-5

附圖與附表

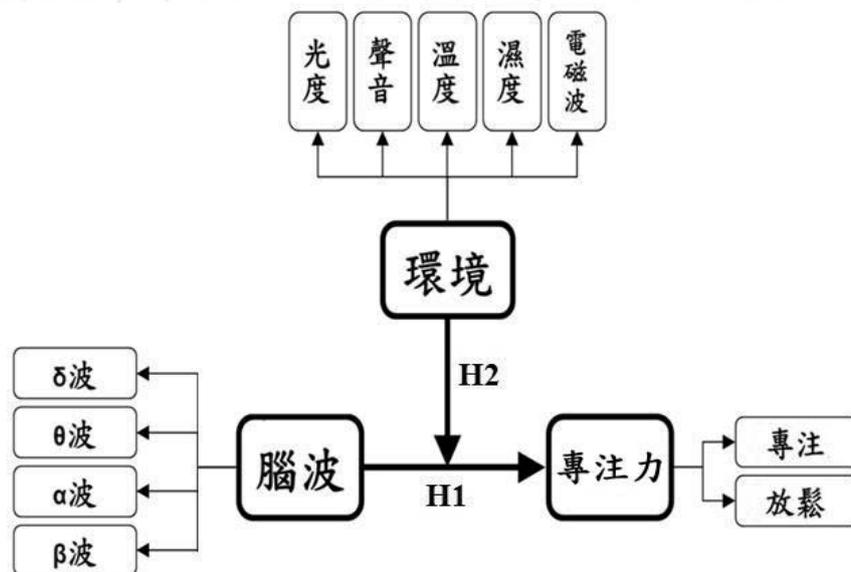


圖 1：禪坐時腦波受環境干擾對專注力反應(觀念性架構圖)

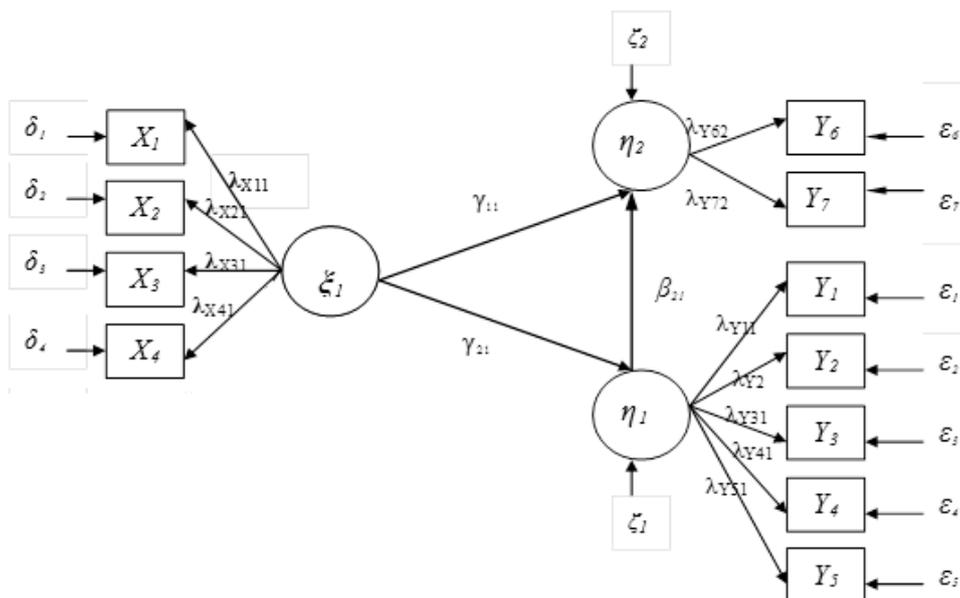


圖2：線性結構關係模式（結構模式）

表 1：SEM 的整體適配度重要的指標值(整理自本研究模型路徑分析結果電腦輸出表與圖 3)

適配項	評鑑項目	理想評鑑結果
基本適配標準	誤差變異	不能為負
	標準誤	達到顯著水準
		不能過大
整體模式適配程度	χ^2	...
	d.f.	...
	$\frac{\chi^2}{d.f.}$	≤ 3.0 ; 或 ≤ 5.0 亦可接受
	GFI值	≥ 0.9
	AGFI值	≥ 0.8
	CFI值	≥ 0.9
	RMSEA值	≤ 0.08
內在結構適配程度	個別項目信度	≥ 0.5
	估計參數	達到顯著水準

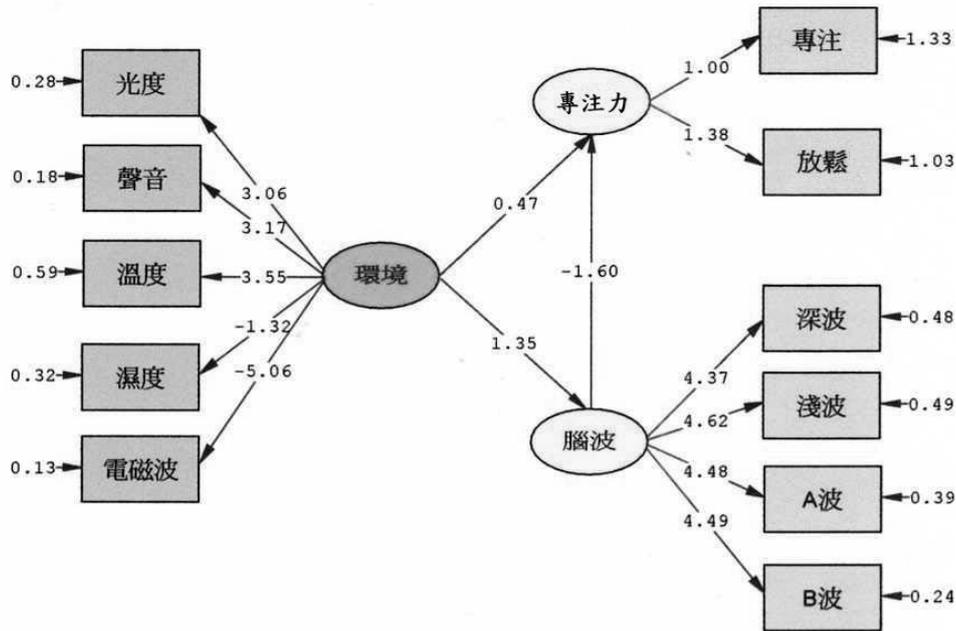


圖 3：結構方程模式路徑圖分析結果(本研究模型路徑分析結果電腦輸出)

表 2：假設模型絕對的適配度統計量表(節錄自本研究模型路徑分析結果電腦輸出表)

Degrees of Freedom = 41
 Minimum Fit Function Chi-Square = 20.39 (P = 1.00)
 Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 20.97 (P = 1.00)
 Chi-Square Difference with 0 Degree of Freedom = 0.00 (P = 1.00)
 Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 0.0
 90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 0.0)
 Minimum Fit Function Value = 0.29
 Population Discrepancy Function Value (FO) = 0.0
 90 Percent Confidence Interval for FO = (0.0 ; 0.0)
 Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0
 90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.0)
 P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 1.00
 Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 1.28
 90 Percent Confidence Interval for ECVI = (1.28 ; 1.28)
 ECVI for Saturated Model = 1.86
 ECVI for Independence Model = 2.84
 Chi-Square for Independence Model with 55 Degrees of Freedom = 179.53
 Independence AIC = 201.53
 Model AIC = 70.97
 Saturated AIC = 132.00
 Independence CAIC = 237.57
 Model CAIC = 152.89
 Saturated CAIC = 348.26
 Normed Fit Index (NFI) = 0.89
 Non-Normed Fit Index (NNFI) = 1.22
 Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.66
 Comparative Fit Index (CFI) = 1.00
 Incremental Fit Index (IFI) = 1.15
 Relative Fit Index (RFI) = 0.85
 Critical N (CN) = 227.11
 Root Mean Square Residual (RMR) = 0.33
 Standardized RMR = 0.063
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.95
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.92
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.59
 Time used: 0.016 Seconds

表 3：研究假設模型絕對的適配度統計量表(整理自本研究模型路徑分析結果電腦輸出表與圖 3)

假設模型絕對的適配度統計量表				
指標	理想數值	本模型數值	接受與否	代表意義
d.f.		41		符號代表：自由度
X ²		20.97		符號代表：卡方值
X ² /d.f.	≤3.0	0.514	OK	研究之理論模式在解釋觀察資料時，具有相當的解釋能力
GFI	≥0.9	0.95	OK	研究模式具理想之解釋力
SRMR	≤0.1	0.063	OK	研究之理論模式應有相當高的絕對適配度

用來評估整體的適配情形，但未考慮可能發生的過度適配問題

表 4：研究假設模型增量的適配度統計量表(整理自本研究模型路徑分析結果電腦輸出表與圖 3)

假設模型增量的適配度統計量表				
指標	理想數值	本模型數值	接受與否	代表意義
AGFI	≥0.8	0.92	OK	本研究理論模型之數值皆達到理想數值指標，完全符合期望值，代表理論模式與獨立模式相較之下，具有極佳的適配度
NFI	≥0.9	0.89	OK(尚可)	
NNFI	≥0.9	1.22	OK	
CFI	≥0.9	1.00	OK	
RFI	≥0.9	0.85	OK(尚可)	
IFI	≥0.9	1.15	OK	

用來比較建議模式和研究人員的研究模式的指標

表 5：研究假設模型簡約的適配度統計量表(整理自本研究模型路徑分析結果電腦輸出表與圖 3)

假設模型簡約的適配度統計量表				
指標	理想數值	本模型數值	接受與否	代表意義
PNFI	≥0.5	0.66	OK	研究模式具理想之適配度
PGFI	≥0.5	0.59	OK	研究模式具良好之適配度
CN	≥200	227.11	OK	本研究模式達到適配水準，故可以進行模式因果關係之驗證

提供不同估計係數下，適配度指標的值

表 6：測量模式相關性因數分析(整理自本研究模型路徑分析結果電腦輸出表與圖 3)

變數與構面(相關性)之信度及效度分析						
潛在變數	觀測項目	因素負荷量	測量誤差	t值	構面信度	構面效度
專注力	專注	1.33	0.24	5.48***	0.915	0.82
	放鬆	0.97	0.25	3.82***		
環境	光度	3.22	0.6	5.33***	0.99	0.84
	聲音	1.31	0.25	5.26***		
	溫度	13.49	2.73	4.95***		
	濕度	4.93	0.84	5.87***		
	電磁波	0.28	0.15	1.92		
腦波	δ 波	4.75	1.09	4.37***	0.979	0.82
	θ 波	2.19	0.49	4.47***		
	α 波	1.78	0.39	4.56***		
	β 波	1.50	0.32	4.67***		

構面「信度」大於0.7以上水準表示此模型具有很好的「信度」。構面「效度」大於0.5以上水準表示此模型具有很好的「效度」。

註：*表示 $t > 1.96$, $p < 0.05$ 。 **表示 $t > 2.85$, $p < 0.01$ 。 ***表示 $t > 3.29$, $p < 0.001$

表 7：潛在變數之因果關係估計值(整理自本研究模型路徑分析結果電腦輸出表與圖 3)

潛在變數之因果關係估計值				
潛在變數	專注力		腦波	
	直接	間接	直接	間接
腦波	(-)0.26 (0.16) (-)1.60			
環境	0.04 (0.083) 0.47	(-)0.06 (0.03) (-)2.0*	0.22 (0.16) 1.35	

註：*表示 $t > 1.96$, $p < 0.05$ 。 **表示 $t > 2.85$, $p < 0.01$ 。 ***表示 $t > 3.29$, $p < 0.001$

表 8：結構方程模式共變異數矩陣輸出表(整理自本研究模型路徑分析結果電腦輸出報表)

Covariance Matrix											
	專注	放鬆	δ 波	θ 波	α 波	β 波	光度	聲音	溫度	濕度	電磁波
專注	1.33										
放鬆	-0.01	0.96									
δ 波	-0.51	-0.85	9.29								
θ 波	-0.43	-0.54	2.99	4.15							
α 波	-0.27	-0.38	2.47	1.67	3.24						
β 波	-0.18	-0.36	2.27	1.45	1.44	2.66					
光度	0.19	0.06	0.01	-0.04	-0.19	-0.23	3.93				
聲音	0.05	-0.05	0.16	0.08	-0.04	-0.11	1.02	1.63			
溫度	0.13	-0.5	2.09	1.37	1.01	0.67	0.85	0.57	17.93		
濕度	-0.15	0.17	-0.03	0.04	0.02	0.22	-0.5	-0.5	-2.37	5.11	
電磁波	-0.07	0.05	-0.5	-0.27	-0.16	-0.14	-0.54	-0.36	-1.55	0.13	0.73

表 9：腦波與專注力之關係(整理自本研究表 8)

腦波與專注力之關係							
專注	δ 波	>	θ 波	>	α 波	>	β 波
	-0.51	>	-0.43	>	-0.27	>	-0.18
放鬆	δ 波	>	θ 波	>	α 波	>	β 波
	-0.85	>	-0.54	>	-0.38	>	-0.36

表 10：環境與專注力之關係(整理自本研究表 8)

環境與專注力之關係									
專注	光度	>	濕度	>	溫度	>	電磁波	>	聲音
	0.19	>	-0.15	>	0.13	>	-0.07	>	0.05
放鬆	溫度	>	濕度	>	光度	>	電磁波 聲音		
	-0.5	>	0.17	>	0.06	>	0.05	0.05	

表 11：環境與腦波之關係(整理自本研究表 8)

環境與腦波之關係									
δ 波	溫度	>	電磁波	>	聲音	>	濕度	>	光度
	2.09		-0.5		0.16		-0.03		0.01
θ 波	溫度	>	電磁波	>	聲音	>	濕度 光度		
	1.37		-0.27		0.08		0.04	-0.04	
α 波	溫度	>	光度	>	電磁波	>	聲音	>	濕度
	1.01		-0.19		-0.16		-0.04		0.02
β 波	溫度	>	光度	>	濕度	>	電磁波	>	聲音
	0.67		-0.23		0.22		-0.14		-0.11

表 12：環境對腦波之干擾程度比較(整理自本研究表 8)

環境對腦波之干擾程度比較							
光度	β 波	>	α 波	>	θ 波	>	δ 波
	-0.23		-0.19		-0.04		0.01
聲音	δ 波	>	β 波	>	θ 波	>	α 波
	0.16		-0.11		0.08		-0.04
溫度	δ 波	>	θ 波	>	α 波	>	β 波
	2.09		1.37		1.01		0.67
濕度	β 波	>	θ 波	>	δ 波	>	α 波
	0.22		0.04		-0.03		0.02
電磁波	δ 波	>	θ 波	>	α 波	>	β 波
	-0.5		-0.27		-0.16		-0.14

壹大仰字貳伍圓音陪壹得物陪 貳伍化

The Effects of Environmental Factors on the Brainwaves during Buddhistical Meditation.

Wu-Ta Huang

Doctoral Student, Graduate Institute of Asian Humanities, Huafan University, Taipei, Taiwan

Most studies of brainwave electroencephalogram (EEG) do not take into account the effects of environmental interference. Motivated by the wish to fill in this gap, the present study attempts to build a comprehensive, scientific framework and research model for the future designs of experiments in brainwave studies.

In this study we explore the effect of environmental interference on concentration during Buddhist meditation through EEG measurement. In total we have collected 72 samples, which are analyzed by the quantitative research methods for social sciences, specifically the Linear Structural Relation Model (LISREL). The period of experiment lasted 2 and ½ months, beginning on September 15, 2013 and concluding on November 30, 2013. Information collected from the samples includes the overall evaluation of the degrees of concentration and relaxation, as well as the per-minute data of concentration, relaxation, delta wave, theta wave, alpha wave and beta wave, etc. The conceptual framework of this research is established on the basis of the Buddhist thought concerning the interdependent relations between “Causes, Conditions and Results,” which includes 3 variables and 11 dimensions.

The results of this experiment indicate that our research model has a significant (an above-average) level of reliability and validity, as well as the powerful capability of explanation. The results of EEG study on the degrees of concentration reveal: (1) In general brainwaves are influenced by environmental changes. The effects of such changes on concentration are significant and multi-directional. [A change in an environmental factor and that of concentration and relaxation can be unidirectional or counter-directional.] (2) When alpha and beta waves gradually become low potential waves, concentration is most notably affected by interferences. Among those interfering factors, temperature is the most significant, and humidity the least. (3) When alpha and beta waves gradually disappear, there is less and less environmental interference on brainwaves, to the point where no effect can be detected. (4) In the deep meditational state when delta and theta waves appear, the effects of environmental interference on concentration are not significant. (5) Brainwaves in meditation are affected by environmental interference, which has significant effects, whether unidirectional or counter-directional, on the relaxation and concentration of a meditator.

Keywords : meditation, electroencephalogram (EEG), concentration, relaxation