

科技部

110年度大專學生研究計畫申請書

一、綜合資料：

申請條碼：110CFA0900192



申請人 【學生】	姓 名	于治維	身分證號碼	A12755****
	就 讀 學 校、 科 系 及 年 級	國立成功大學生物醫學工程學系 3 年級	電 話	0955391379
	學 生 研 究 計 畫 名 稱	探討腦波的希爾伯特黃頻域同步熵作為中風病患復健療效的生物指標		
	研 究 期 間	自110年7月1日至111年2月底止，計8個月		
	計 畫 歸 屬 司 別	工程司		
	研究學門代碼及名稱	E1705 -- 醫學資訊		
	上年度曾執行本部大專學生研究計畫	否		
指導教授	姓 名	林宙晴	身分證號碼	N12018****
	服 務 機 構 及 科 系(所)	國立成功大學醫學系神經科		
	職 稱	教授且兼任成大醫院神經科主任	電 話	06-2353535-2692
補助經費	每位學生每月6,000元研究助學金，研究期間為8個月，共計48,000元			

表C801

## 二、研究計畫內容：

### (一) 摘要

**研究動機：**臨床上常使用的行為量表並非腦部活化的直接證據而過去對 EEG 的研究又缺乏考慮非穩態與非線性的特性。故本計畫探討 fApEn (Fuzzy approximate entropy) 和 HHT (Hilbert–Huang transform) 是否可以做為慢性中風腦部活化的療效指標。

**研究方法：**本計畫預期收 15 位健康受試者與 15 位慢性中風病患。在治療前後為受試者作 6 項行為量表，並在靜止、想像指定動作、執行指定動作與治療中四個階段收集 EEG 訊號。在最後會計算 fApEn 與 HHT 頻域同步熵並與 6 項行為量表作相關性分析。

**預期結果：**HHT 頻域同步熵可以在中風病患的治療前後看出顯著差異，也可以藉由與健康組的比較看出鏡像治療對中風病患的意義。最後找到 HHT 頻域同步熵與 fApEn 適合的權重組合作為新的療效量化指標。

### (二) 研究動機與研究問題

#### 2.1 研究動機

慢性中風病患在鏡像治療結束後會進行療效的評估，一直以來臨床上都是使用行為量表在評估病患的恢復狀況。雖然就行為去評估符合醫療行為的原則，但這樣的恢復證據屬於間接證據，缺乏在腦部活化的直接證據。且量表的測量方式受很多因素影響，而鏡像治療主要能改善的是腦部的活化程度，要成為鏡像治療的量化指標，直接量化腦部活化程度的指標也相當重要。

許多研究使用功能性影像技術來達到此目標，如近紅外光譜(NIRS) [1]、核磁共振(Magnetic resonance imaging, MRI)的擴散張量影像(Diffusion tensor imaging) [2]和腦波(Electroencephalography, EEG)等。其中 EEG 是發展很久而成本相對較低，安裝又方便的功能性影像技術。因為應用潛力廣，近年被大量的研究。但過去針對中風復原指標的研究方法多數使用線性的算法，缺乏考慮 EEG 本身非穩態(non-stationary)且非線性的特性。

希爾伯特-黃轉換(Hilbert-Huang Transform, HHT)是一種針對非穩態與非線性訊號的算法，適合用於語音辨識、經濟數據與大氣科學等非線性或非穩態的資料分析上，而時常被應用在生醫訊號的處理與分析。在 EEG 領域也有被應用在 BCI 的分類上，且都有不錯的效果。但尚未有人使用過這個方法針對慢性中風病患的鏡像治療做過療效的量化指標，所以本計畫想藉由這個算法生成可以證明腦部活化的療效指標。

#### 2.2 研究問題

是否能藉由希爾伯特-黃轉換結合熵(entropy)的概念，分析 EEG 訊號並得出一個有效度的療效量化指標？

這樣的方式已經被應用在肌電訊號的分類上[3]，且得到不錯的效果。本計畫將探討這樣的方法是否能成為併行效度(Concurrent Validity)的效標。

### (三) 文獻回顧與探討

#### 3.1. 慢性中風的治療方式

##### 3.1.1 傳統鏡像治療

鏡像治療(Mirror Therapy, MT)的基礎是使用鏡子反射非患肢，從而看見患肢在活動的錯覺。MT 的一個用途是幫助中風偏癱患者在運動恢復的復健工具，但其與潛在的神經生理以及與運動想像的相互作用仍未明朗。在對健康者的研究[4]顯示，經過鏡像治療後，上肢的運動能力有顯著的改善，在左右的感覺運動皮質區也可以看到明顯的差異。對亞急性中風病患的研究[5]顯示，在單側手部運動測試中也可以看到顯著的改善。

整體而言，鏡像治療可以使感覺正常化(減少疼痛感)、減少半側忽略情況、改善因動作損傷造成的功能、改善日常生活活動表現，以及增加腦部活化[6]。

##### 3.1.2 虛擬鏡像治療

此治療方式使用虛擬實境(Virtual reality, VR)技術創造出一個沉浸式的虛擬環境，患者可以通過 VR 眼鏡及搖桿或動作追蹤技術與虛擬環境互動。

在 2011 的一份回顧研究[7]從各層面詳細的說明了 VR 對中風病患的療效：

- 不僅對訓練的動作有明顯改善，甚至在未訓練的動作也有所進步。
- 強化回饋之動作促進訓練，能顯著改善動作表現及動作功能，也能顯著地改善日常生活功能表現。
- 能改善日常生活的動作功能，使患手於日常生活活動的使用增加。
- 虛擬觸覺回饋訓練除了改善動作與日常能力，也能改善社會參與度。
- 增加練習與重複手部訓練可改善患側手的動作表現，且可以轉移至真實世界的活動。合併輔具訓練應用於中重度損傷病患，療效較不明顯，多數動作功能則未達顯著改善。手臂訓練應用於重度損傷病患，能改善動作表現（花費時間、移動距離及速度）以及一部份動作功能。

根據 2019 年的回顧[8]顯示各方面的功能恢復都有中等以上的效果；作為搭配常規治療的配套療程，除了運動層面，包括步行速度及平衡功能能得到長足的進步，也能強化肌力及日常活動能力。

#### 3.2 中風病患的 EEG 療效指標

##### 3.2.1 過去使用的方法

在 EEG 的分析上大致分為兩個方向：對稱性與相同步性。

在對稱性方面有兩個常用指標：Revised brain symmetry index (rBSI) [9-11] 與 Laterality Coefficient[10, 12]。前者是將對應通道作傅立葉轉換並去比較其係數的平均

差異，後者則是比較 ERD/ERS[13]的差異，相較於前者更加直觀，因為 ERD/ERS 就是皮質活動能量隨時間變化的指標。

在相同步性也有兩個指標分別用不同的方式計算：傅立葉轉換[14]與希爾伯特轉換[15]。前者缺乏考慮 EEG 的非線性及非穩態，後者的算法雖然有考慮到，但本身希爾伯特轉換的相分析並不適合寬頻訊號，通常要改用 filter-Hilbert，分多段頻帶分析其穩定性較高。

此外也有在分析肌肉與大腦皮質同步性的指標[16]。

### 3.2.2 經驗模態分解及希爾伯特-黃轉換

經驗模態分解(Empirical mode decomposition, EMD)及希爾伯特-黃轉換(Hilbert-Huang transform, HHT)在生物訊號分析方面，已經有許多應用，例如：表面肌電訊號(sEMG)[3]、心電圖(ECG)[17]、功能性核磁造影(fMRI)[18-20]以及腦電圖(EEG)[21-24]。

其中針對 EEG 的研究多數集中在腦機介面(BCI)的分類[24-26]上，僅少數研究使用此方法找出可量化的生物指標[27]。

### 3.2.3 複雜度分析(Complexity Analysis)

此方式被廣泛使用在生醫訊號分析，其中熵(entropy)是複雜度分析計算出的唯一指標，但不同的計算方法會得出不同特性的熵[28]。

近年在 EEG 領域最常被使用的複雜度分析為 Fuzzy approximate entropy (fApEn) [29-31]，而結合 EMD 的熵在心電圖領域已經有所使用[22]，卻尚未使用在 EEG 領域。

## (四) 研究方法及步驟

### 4.1. 受試者

**實驗組：**15 位慢性中風病患；**對照組：**15 位健康受試者。

**電極安裝：**10 頭部電極(左 (FC3, C3, Cz, T3, P3) 與右 (FC4, C4, Cz, T4, P4) [4]) + 2×2 手部電極(左右手各兩個電極)。

**治療對象：**實驗組會針對患側手進行治療，對照組則對非慣用手進行治療。

### 4.2. 治療和評估方式

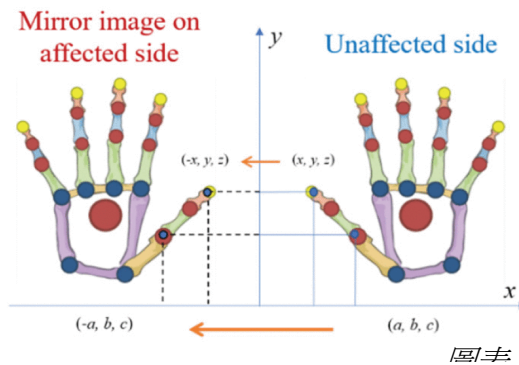
#### 4.2.1. 虛擬鏡像治療系統(Virtual Reality Mirror Therapy System, VRMT)

##### 動作基礎之 VRMT

受試者將戴著 VR 眼鏡坐在桌前，運動跟踪設備將捕捉受試者非患側的運動。本研究[32]中使用的虛擬現實眼鏡和運動跟踪設備分別是 Oculus Rift 和 Leap Motion Controller。受試者將會從 VR 眼鏡中看見軟體模擬出來的非患側手動作以及其鏡像動作，如圖表 1 所示。治療中將會要求受試者做出指定動作，並請受試者專注在患側手的觀察。

##### 任務為基礎的 VRMT

將 Leap Motion Controller 改為 Oculus Rift 之搖桿，並請受試者使用非患側手操作搖桿進行指定任務，如拿取硬幣並放入箱子等。



#### 4.2.2. 腦波儀

本計畫將會使用 16 通道，採樣率 256Hz 的腦波儀做資料收集。

EEG 訊號的產生是藉由電極在頭皮不同位置採集微弱的電壓變化，並經由濾波與放大產生的。這樣的訊號一般認為與腦神經活動有關。

EEG 在神經科學領域的應用已經行之有年，各式各樣的分析方法也應運而生，常見的分析工具有 event-related potentials (ERPs) [33]、Quantitative EEG (QEEG)、event-related desynchronization (ERD)、steady state visual evoked potentials (SSVEPs) [34]...等。

#### 4.2.3. 6 項恢復評估之行為量表

##### Fugl-Meyer motor assessment for upper extremities (FM-UE)

根據中風患者動作恢復進程理論設計而來。此評估量表除了按照恢復進程評估中風患者動作功能之外，亦評估動作協調與速度、平衡功能、感覺、關節活動度與關節疼痛等面向。每個面項評分從 0~3，分數越高，能力越好[35]。FM-UE 針對上肢的功能評分，共 11 面向，滿分 66 分。在研究中被認為與 BSI 及 LC 有顯著相關[10]。

##### Motor Activity Log (MAL)

主要評量患側手於日常生活中使用狀況，又分為患手使用量(amount of use, AOU)和使用品質(quality of movement, QOM)，分數為 0 到 5 分，分數越高表示患側手的使用量和品質越佳[36, 37]。

##### Box and blocks test (BBT)

受試者必須將 100 個小塊從一個容器移動到另一個容器，同時避免兩容器間的障礙。結果以一分鐘內移動的數量來衡量。在研究中被認為與 LC 有顯著相關[10]。

##### Semmes-Weinstein monofilament (SWM) test

測試會使用多種(5 種)粗細不同的單股線(代表不同壓力)對受試者手掌的不同部位(6 部位)進行測試。施測者從最細的單股線開始對指定區域戳刺，若受測者可以感受 2/3 個刺激，則紀錄為有感受。不同可感受的壓力代表不同的嚴重程度[38]。

##### Modified Ashworth scale (MAS)

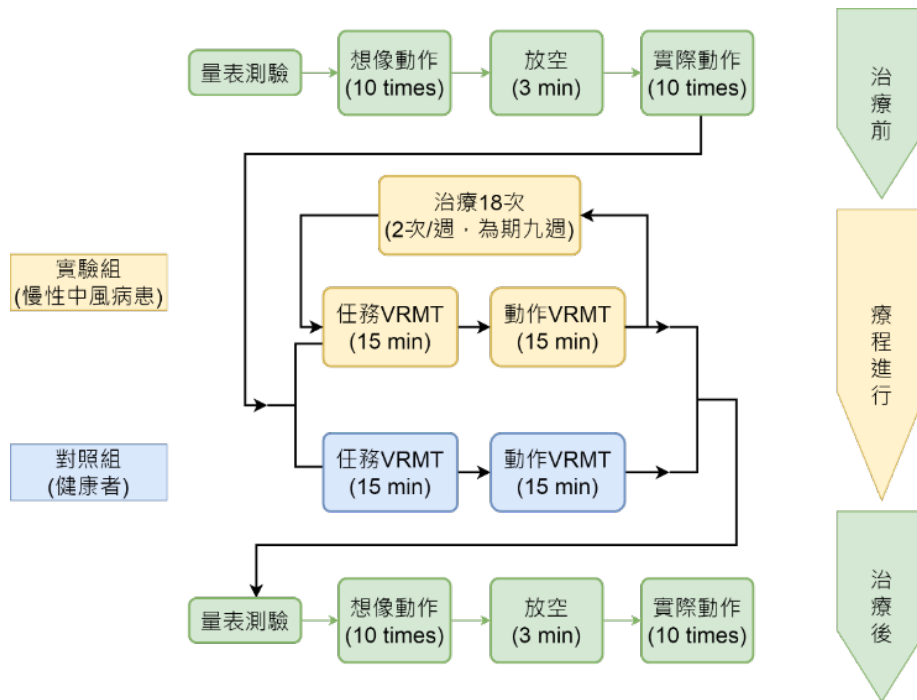
用肌張力評估每個患者的痙攣狀態，對於痙攣者，被動的運動範圍完全受到痙

攣限制。從最低分是 0 分（沒有痙攣），到滿分是 4 分。在研究中被認為與 LC 有顯著相關[12]。

### Brunnstrom stage

用於測量個案肢體動作能力，上臂與手部將分開測量，將要求受試者做指定動作。根據動作的難易度共分為 6 個階段，階段越高能力越好，從 1 代表癱軟無法完成動作，到 6 代表接近正常，只有在速度快或做交替動作時才會出現異樣[39]。

### 4.3. 實驗步驟



#### 4.3.1. 治療前

在療程開始前為受試者完成 6 項量表，並請受試者想像雙手握拳 10 次+放空 3 分鐘+實際雙手握拳 10 次，在此過程會收集受試者的 EEG+EMG 訊號。

#### 4.3.2. 進行治療

每次治療會有 15 分鐘任務為基礎的 VRMT+15 分鐘的動作基礎之 VRMT，每個動作執行 25 次，任務為基礎加動作為基礎之 VRMT 共 30 分鐘。

中風病患會執行一週 2 次治療，為期九週的療程，並在第一次及最後一次收 EEG+EMG 資料；健康受試者只會進行一次治療，並收 EEG+EMG 資料。

#### 4.3.3. 治療後

在療程結束後為受試者完成 6 項量表，並請受試者想像雙手握拳 10 次+放空 3 分鐘+實際雙手握拳 10 次，在此過程會收集受試者的 EEG+EMG 訊號。

### 4.4. 資料分析

#### 4.4.1. 分析方法

EEG：HHT 頻域同步熵

針對本計畫中的 EEG 訊號皆會進行以下同步性分析：

- (1) 對每個電極進行 HHT 把訊號轉換到頻域。



(2) 將左右相應的電極頻譜相減。

(3) 使用上述結果求出 Rényi entropy 作為同步性指標。

將以上指標稱作 **HHT 頻域同步熵**，將會是本計畫主要探討的目標。

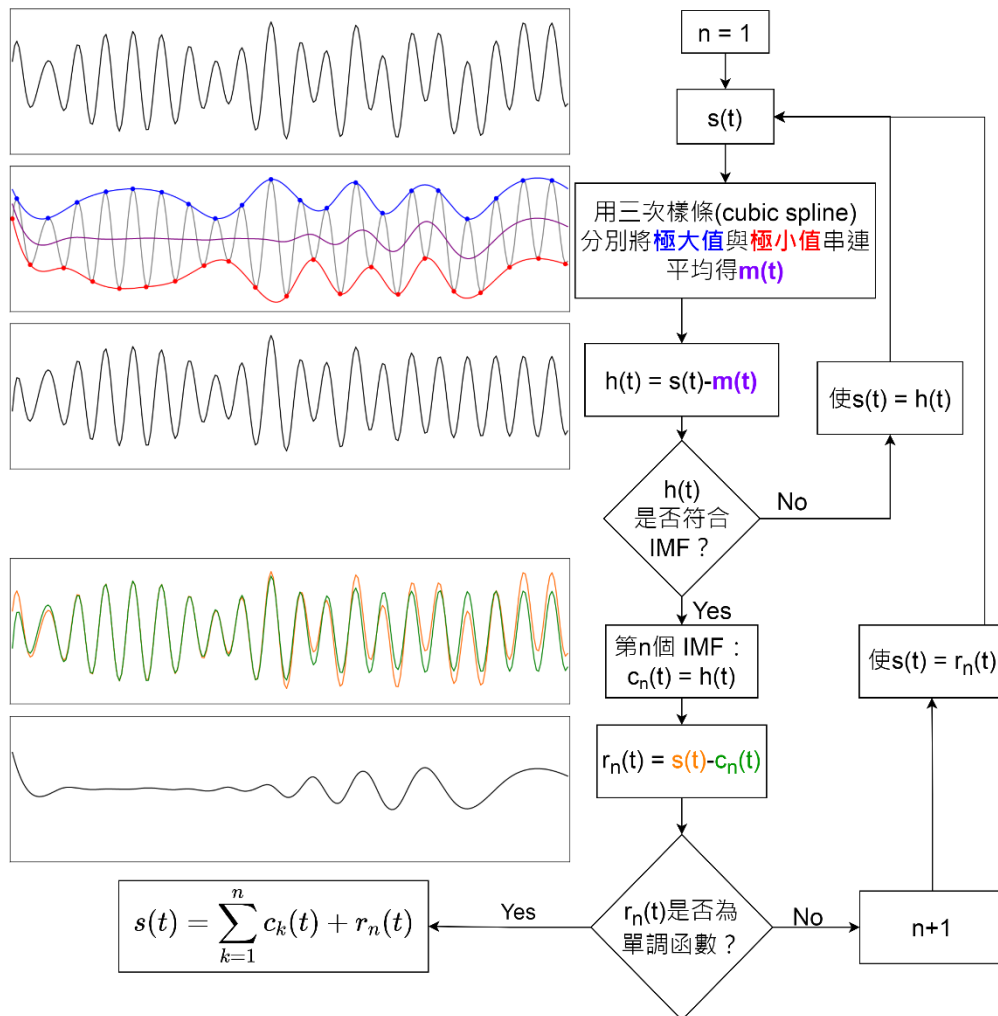
#### EMG：Cortico-Muscular Coherence

由於 EMG 與療效的關係沒有太多資料，故會先進行 Cortico-Muscular Coherence，其他關係將會在取得數據之後再做相關探討。

#### 4.4.2. 經驗模態分解及希爾伯特-黃轉換[40]

##### 經驗模態分解方法

該方法將訊號分解成本徵模函數(Intrinsic Mode Function, IMF)，所分解出來的各 IMF 份量包含了原信號的不同時間尺度的局部特徵信號，且無須預設任何基函數。這一點與傅里葉分解與小波分解方法具有本質性的差別。



##### 希爾伯特轉換(Hilbert Transform, HT)

HT 的特色在於對瞬時資訊的解析度，所以適合處理非線性的訊號。適合「頻帶窄、沒有雜訊、非複雜訊號、沒有突波、沒有騎波(riding wave)」的訊號。對  $X(t)$  做轉換：

$$Y(t) = H\{X(t)\} = \frac{1}{\pi} P \int_{-\infty}^{\infty} \frac{X(\tau)}{t - \tau} d\tau$$

轉換會將時域訊號轉換至希爾伯特頻域，其中包含了重要的瞬時訊息。

$$Z(t) = X(t) + iY(t) = a(t)e^{i\theta(t)}$$

$$a(t) = [X^2(t) + Y^2(t)]^{1/2}, \theta(t) = \arctan\left(\frac{Y(t)}{X(t)}\right), \quad \omega = \frac{d\theta(t)}{dt}$$

$a(t)$ 為瞬時震幅、 $\theta(t)$ 為瞬時相位、 $\omega$ 為瞬時頻率。

### 希爾伯特-黃轉換(Hilbert-Huang Transform, HHT)

中央研究院院士黃鵬於 1998 年提出的轉換方式。該方法的關鍵是 EMD，它能對非平穩數據進行平穩化處理，再進行 HT 獲得時頻譜圖，得到有物理意義的瞬時頻率。因為基函數是由數據本身所分解得到。由於分解是基於信號序列時間尺度的局部特性，因此具有自適應性。

#### 4.4.3. 複雜度分析

2020 年的一份研究[22]使用 EEMD 對多種熵對心律變異進行探討。本計畫將參考其中的頻域熵：Rényi entropy(RenEn)，做使用。多數研究的經驗顯示時域熵與頻域熵並存可以看出更多細節，故本計畫將加上時域熵的 Fuzzy approximate entropy (fApEn)，並對前 4 個 IMF 進行熵的計算。

#### Rényi entropy (RenEn)

其熵的定義如下[41]：

$$RenEn = \frac{1}{1-q} \log_2 \left( \sum_{i=1}^n p_i^q \right), \quad q > 0, q \neq 1$$

其中， $p_i = \frac{P_i}{\sum P_i}$ ， $P_i$ 是經傅立葉分析之後每個頻率的能量等級。在這份研究[22]中使用了  $q=2$ ，所以又被稱為二次熵(Rényi quadratic entropy)。

#### Fuzzy approximate entropy (fApEn)

一筆  $N$  個資料點的時間序列  $u(i): 1 \leq i \leq N$ ，其 fApEn 計算方式如下[42]：

(1) 從時間序列計算一個長度為  $m$  的向量：

$$X_i^m = \{u(i), \dots, u(i+m-1)\} - \frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} u(i+j) \text{ 中 } \frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} u(i+j) \text{ 是向量的基準線。}$$

(2)  $X_i^m$  與  $X_j^m$  之間的距離  $d_{ij}^m$  定義為：

$$d_{ij}^m = \max_{k \in (0, m-1)} |w(i+k) - w_0(i) - u(j+k) + u_0(j)|$$

(3) 模糊函數  $D_{ij}^m(n, r)$  用來計算  $X_i^m$  與  $X_j^m$  兩個向量的相似度。 $N$  與  $r$  是兩個參數，分別定義指數函數的邊界的距離和梯度：

$$D_{ij}^m(n, r) = \exp(-(d_{ij}^m/r)^n)$$

(4) 函數  $\phi^m$  計算所有時間序列中項量相似度的總和：

$$\phi^m(n, r) = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-m} \left( \frac{1}{N-m-1} \sum_{j=1, j \neq i}^{N-m} D_{ij}^m \right)$$

(5) 最後， $fApEn(m, n, r, N)$  由長度分別為  $m$  與  $m+1$  的函數差計算出來：

$$fApEn(m, n, r, N) = \ln \phi^m(n, r) - \ln \phi^{m+1}(n, r)$$



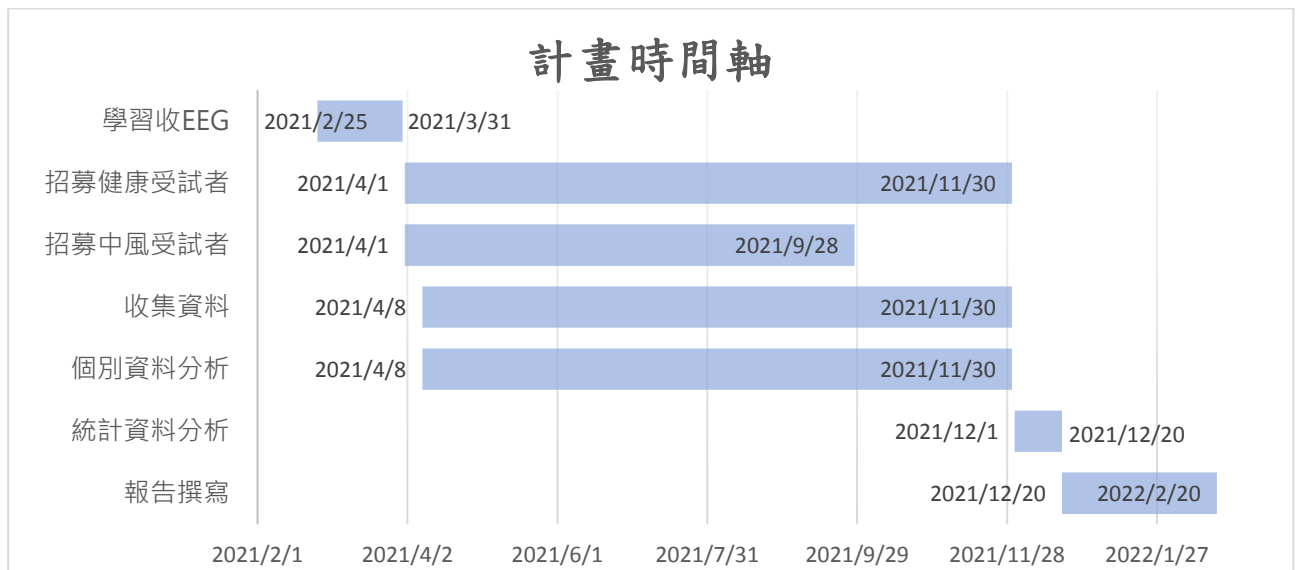
## 4.5. 統計分析

### 4.5.1. 相關性分析

參考這份研究[10]，熵與量表的相關性分析由 **Shapiro–Wilk test** 的結果決定。如果不拒絕常態分佈假設，用 **Pearson’s linear correlation test**；否則使用 **Spearman’s rank correlation test**。

### 4.5.2. 療效比較

將使用威爾卡森符號(Wilcoxon signed-rank)檢定比較一組治療前後的差異。並使用曼惠特尼 (Mann-Whitney) U 檢定比較實驗組治療後的變化及對照組治療後的變化。



## (五) 預期結果

- 5.1. 實驗組在治療前後差異與傳統量表呈現正相關。
- 5.2. 藉實驗組與對照組的療效比較，能看見 VRMT 對慢性中風病患的意義。
- 5.3. HHT 頻域同步熵可以成為新的腦部活動量化指標。
- 5.4. 調整熵的權重，期待找出新的腦部活動量化指標(與其他功能性造影比較)。

## (六) 參考文獻

- [1] Obrig, H., et al., *Non-invasive optical imaging of stroke*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2011. **369**(1955): p. 4470.
- [2] Gao, Y., et al., *The Effects of Transcranial Electrical Stimulation on Human Motor Functions: A Comprehensive Review of Functional Neuroimaging Studies*. Front. Neurosci., 2020. **14**: p. 744.
- [3] Hu, B., et al., *Spasticity assessment based on the Hilbert–Huang transform marginal spectrum entropy and the root mean square of surface electromyography signals: a preliminary study*. Biomed. Eng. Online, 2018. **17**(1): p. 27.
- [4] Jarmolowska, J., et al. *Effects of Mirror Therapy on Motor Imagery Elicited ERD/S: An EEG Study on Healthy Subjects*. in *8th European Medical and Biological Engineering Conference*. 2021. Cham: Springer International Publishing.
- [5] Bae, S.H., et al., *Effects of Mirror Therapy on Subacute Stroke Patients*; *Brain Waves*

- and Upper Extremity Functions. *Journal of Physical Therapy Science*, 2012. **24**(11): p. 1119.
- [6] 羅敏文, et al., 鏡像治療的臨床應用及腦部機制探討之文獻回顧. 臺灣職能治療研究與實務雜誌, 2010. **6**(1): p. 37.
  - [7] 古芳菱, et al., 虛擬實境對中風病患上肢復健療效之系統性文獻回顧. 臺灣職能治療研究與實務雜誌, 2011. **7**(1): p. 24.
  - [8] Lee, H.S., et al., *The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Biomed Res. Int.*, 2019. **2019**: p. 7595639.
  - [9] Agius Anastasi, A., et al., *Brain Symmetry Index in Healthy and Stroke Patients for Assessment and Prognosis*. *Stroke Research and Treatment*, 2017. **2017**: p. 8276136.
  - [10] Sebastian-Romagosa, M., et al., *EEG Biomarkers Related With the Functional State of Stroke Patients*. *Front Neurosci*, 2020. **14**: p. 582.
  - [11] Ang, K.K., et al., *A Randomized Controlled Trial of EEG-Based Motor Imagery Brain-Computer Interface Robotic Rehabilitation for Stroke*. *Clin. EEG Neurosci.*, 2014. **46**(4): p. 310.
  - [12] Kaiser, V., et al., *Relationship Between Electrical Brain Responses to Motor Imagery and Motor Impairment in Stroke*. *Stroke*, 2012. **43**(10): p. 2735.
  - [13] Graimann, B., et al., *Visualization of significant ERD/ERS patterns in multichannel EEG and ECoG data*. *Clin. Neurophysiol. Pract.*, 2002. **113**(1): p. 43.
  - [14] Kawano, T., et al., *Electroencephalographic Phase Synchrony Index as a Biomarker of Poststroke Motor Impairment and Recovery*. *Neurorehabil. Neural Repair*, 2020. **34**(8): p. 711.
  - [15] Wu, W., et al., *Impaired neuronal synchrony after focal ischemic stroke in elderly patients*. *Clin. Neurophysiol. Pract.*, 2011. **122**(1): p. 21.
  - [16] Krauth, R., et al., *Cortico-Muscular Coherence Is Reduced Acutely Post-stroke and Increases Bilaterally During Motor Recovery: A Pilot Study*. *Front. Neurol.*, 2019. **10**(126).
  - [17] Sood, S., et al., *APPLICATION OF EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION-BASED FEATURES FOR ANALYSIS OF NORMAL AND CAD HEART RATE SIGNALS*. *J. Mech. Med. Biol.*, 2016. **16**(01): p. 1640002.
  - [18] Yang, A.C., et al., *Frequency and amplitude modulation of resting-state fMRI signals and their functional relevance in normal aging*. *Neurobiol. Aging*, 2018. **70**: p. 59.
  - [19] Yu, H., et al., *Functional brain abnormalities in major depressive disorder using the Hilbert-Huang transform*. *Brain Imaging Behav.*, 2018. **12**(6): p. 1556.
  - [20] Shi, J., et al., *Stage detection of mild cognitive impairment via fMRI using Hilbert Huang transform based classification framework*. *Biol. Med. Phys. Biomed. Eng.*, 2020. **47**(7): p. 2902.
  - [21] Sweeney-Reed, C.M., et al., *Empirical Mode Decomposition and its Extensions Applied to EEG Analysis: A Review*. *Advances in Data Science and Adaptive Analysis*, 2018. **10**(02): p. 1840001.
  - [22] Shi, M., et al., *Early Detection of Sudden Cardiac Death by Using Ensemble Empirical Mode Decomposition-Based Entropy and Classical Linear Features From Heart Rate Variability Signals*. *Front. Physiol.*, 2020. **11**: p. 118.
  - [23] Wu, L., et al., *EEG Signal Processing Based on Multivariate Empirical Mode Decomposition and Common Spatial Pattern Hybrid Algorithm*. *Int. J. Pattern Recognit Artif Intell.*, 2019. **33**(09): p. 1959030.
  - [24] Gaur, P., et al. *An empirical mode decomposition based filtering method for classification of motor-imagery EEG signals for enhancing brain-computer interface*. in *2015 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. 2015.
  - [25] Lei, W., et al. *Application of Hilbert-Huang transform for the study of motor imagery tasks*. in *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2008.
  - [26] Dinarès-Ferran, J., et al., *A New Method to Generate Artificial Frames Using the Empirical Mode Decomposition for an EEG-Based Motor Imagery BCI*. *Front. Neurosci.*, 2018. **12**: p. 308.
  - [27] Aziz, F.A.A., et al. *EEG Brain Symmetry Index Using Hilbert Huang Transform*. in *Modeling, Design and Simulation of Systems*. 2017. Singapore: Springer Singapore.
  - [28] Sun, J., et al., *Complexity Analysis of EEG, MEG, and fMRI in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease: A Review*. *Entropy*, 2020. **22**(2): p. 239.
  - [29] Simons, S., et al., *Fuzzy Entropy Analysis of the Electroencephalogram in Patients with Alzheimer's Disease: Is the Method Superior to Sample Entropy?* *Entropy*, 2018. **20**(1).
  - [30] Sun, R., et al., *Changes in Electroencephalography Complexity using a Brain Computer Interface-Motor Observation Training in Chronic Stroke Patients: A Fuzzy Approximate Entropy Analysis*. *Front. Hum. Neurosci.*, 2017. **11**(444).
  - [31] Sun, R., et al., *Complexity Analysis of EMG Signals for Patients After Stroke During Robot-*

- Aided Rehabilitation Training Using Fuzzy Approximate Entropy*. IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., 2014. **22**(5): p. 1013.
- [32] Lin, C.W., et al., *Development and Testing of a Virtual Reality Mirror Therapy System for the Sensorimotor Performance of Upper Extremity: A Pilot Randomized Controlled Trial*. IEEE Access, 2021. **9**: p. 14725.
- [33] Teplan, M., *Fundamentals of EEG measurement*. Measurement science review, 2002. **2**(2): p. 1.
- [34] Brunner, C., et al., *A comparison of three brain-computer interfaces based on event-related desynchronization, steady state visual evoked potentials, or a hybrid approach using both signals*. J. Neural Eng., 2011. **8**(2): p. 025010.
- [35] 羅文琪, et al., 簡介傅格－梅爾評估量表及其在中風復健之應用. 物理治療, 2000. **25**(4): p. 239.
- [36] 楊文英, et al., 急性後期中風病患上肢動作缺損與日常生活功能之關聯分析. 醫學與健康期刊, 2017. **6**(2): p. 45.
- [37] Uswatte, G., et al., *Reliability and Validity of the Upper-Extremity Motor Activity Log-14 for Measuring Real-World Arm Use*. Stroke, 2005. **36**(11): p. 2493.
- [38] Schreuders, T., et al., *Sensory Evaluation of the Hands in Patients with Charcot-Marie-Tooth Disease Using Semmes-Weinstein Monofilaments*. Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists, 2008. **21**: p. 28.
- [39] Brunnstrom, S., *Motor Testing Procedures in Hemiplegia: Based on Sequential Recovery Stages*. J. Orthop. Sports Phys. Ther., 1966. **46**(4): p. 357.
- [40] Huang, N.E., et al., *The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis*. Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 1998. **454**(1971): p. 903.
- [41] Bromiley, P., et al., *Shannon entropy, Renyi entropy, and information*. Statistics and Inf. Series (2004-004), 2004.
- [42] Xie, H.-B., et al., *Complexity analysis of the biomedical signal using fuzzy entropy measurement*. Appl. Soft Comput., 2011. **11**(2): p. 2871.

## (七) 需要指導教授指導內容

### 7.1. 慢性中風的臨床復健場景

透過指導教授與系上林哲偉教授實驗室以及成大醫院復健科徐秀雲醫師合作，在實際臨床場景以及慢性中風的病理機制方面，給予專業的指導以及建議。

### 7.2. EEG 數據收集

在實驗操作的部分，過去一年雖然有觀摩過如何貼 EEG 的電極，但還未實際操作過。無論是學習如何操作實驗儀器或是實際收資料，都需要教授的實驗室設備來進行實驗，以及老師與前輩們的指導。

### 7.3. 資料處理

在訊號處理上 MATLAB 是很常被利用的平台，需要老師在此平台上訊號處理與演算法設計方面的經驗與指教。之後我將嘗試轉移至開源的 Python，可以增加未來程式碼的可擴充性，也方便未來資源的共享。

## 大專學生研究計畫指導教授初評意見表

### 一、學生潛力評估：

此學生已經在我的實驗室學習一年，態度積極，主動至腦波室和技術員學習腦波之黏貼和記錄技術，同時也和復健老師討論電生理資訊是否有助於評估復健之療效。

相信以此學生過去一年的學習態度和成果，應可順利執行計畫，達到學習目標。

### 二、對學生所提研究計畫內容之評述：

開始時我給予學生想法和題目，此學生幾乎獨立完成撰寫計畫，我是在計畫書大約完成後才介入給予意見和修改。此學生相當好學，大量閱讀，因此計畫中之回顧寫得很充實。然而相對提出太多種腦波之處理方法。雖然經過討論也些刪減，我認為還是太多，超出他的能力範圍。

不過以他積極的態度，縱使沒有全部做完，他仍然可以做出一些成果，也可以從中學習到很多東西。

### 三、指導方式：

學生將和復健科配合進行實驗。除了上屆學長姐可以輔助外，另外有一位博後可以請教訊號處理技術。

每兩周有一次專題生之討論會議，我親自監督專題計畫進度和解答學生問題和難點。

### 四、本人同意指導學生瞭解並遵照學術倫理規範；本計畫無違反學術倫理。

指導教授簽名： 林宙晴

110 年 2 月 22 日



# 國立成功大學學生歷年成績表

學 號	C54076055	姓名	于治維	出生日期	88 年 11 月 24 日	身 分 別	本地生				
學 院	工學院	入學年月	107 年 9 月	畢業年月		畢業成績					
系所組別	生物醫學工程學系學士班					畢業成績					
雙主修	*****					名 次					
輔 系	心理學系學士班										
類別	課程屬性碼	科目名稱	學分	成績	等第	類別	課程屬性碼	科目名稱	學分	成績	等第
<b>107學年第1學期107/09 - 108/01</b>											
抵必	OPE0300	體育 (一)	0	77	B+	通識	GE2214	心理學(社)	2	94	A+
抵必	LS1010	普通生物學 (一)	4	75	B	抵通	FLC1065	日文 (五) (人)	2	86	A
抵必	MATH1081	微積分 (一)	2	85	A	抵通	FLC1102	日語閱讀(人)	2	95	A+
抵必	CHEM1081	普通化學	3	85	A	修習學分:29.5 實得學分:29.5 累計實得學分:74.5					
抵必	LS1083	服務學習 (一)	0	優良		操行:87 學期平均:83.5 學期GPA:3.65 排名: 前50%					
抵必	LS2002	服務學習 (三)	0	TR		----- 學期備註 -----					
抵必	BME1601	醫學工程導論( I )	1	90	A+	108學年度由生科系1年級轉入醫工系2年級					
抵必	BME1671	醫學工程實驗 (一)	1	90	A+	<b>108學年第2學期109/02 - 109/06</b>					
抵選	LS1002	生命科學討論 (一)	1	79	B+	必修	OPE571	大專運動競賽體育 (男女)	0	90	A+
抵選	CHEM1082	普通化學實驗	1	79	B+	必修	MATH1022	微積分 (二)	3	80	A-
抵通	FLC1031	職場英文(英)	2	100	A+	必修	CSIE1002	程式設計 (二)	3	94	A+
抵通	CL1001	基礎國文(綜合文類) (一)	2	81	A-	必修	BME2002	工程數學 (二)	3	80	A-
抵通	GE1045	踏溯台南	△0	80	A-	必修	BME2501	生理學	3	83	A-
抵通	GE2310	光電科技導論(自)	2	93	A+	必修	BME2571	生理學實驗	1	89	A
抵通	FLC1063	日文 (三) (人)	2	93	A+	必修	BME2101	工程圖學	1	94	A+
修習學分:21	實得學分:21	累計實得學分:21									
操行:88	學期平均:85.6	學期GPA:3.83	排名: 前20%								
<b>107學年第2學期108/02 - 108/06</b>											
必修	MATH1082	微積分 (二)	2	89	A	選修	ES2320	作業系統	3	95	A+
抵必	OPE0381	飛輪有氣與健康體能	0	72	B-	選修	BME3301	電子學與實驗 (一)	4	85	A
抵必	PHYS1081	普通物理學	3	91	A+	選修	BME3301	嵌入式系統	3	91	A+
抵必	BME2401	程式語言	3	85	A	選修	CM7142	臨床研究資料分析與軟體實務	2	84	A-
抵必	BME1602	醫學工程導論( II )	1	91	A+	通識	GE2424	中藥與健康(生)	2	W	
抵必	BME1672	醫學工程實驗 (二)	1	91	A+	修習學分:26 實得學分:26 累計實得學分:100.5					
抵選	PHYS1082	普通物理學實驗	1	88	A	操行:85 學期平均:86.9 學期GPA:3.99 排名: 前50%					
抵選	LS1012	普通生物學 (二)	4	71	B-	<b>109學年第1學期109/09 - 110/01</b>					
抵選	LS1082	普通生物學實驗 (二)	1	92	A+	必修	PSY1101	心理學概論 (一)	3	73	B
抵通	FLC1030	餐旅英文(英)	2	99	A+	必修	BME1401	計算機概論	3	78	B+
抵通	CL1002	基礎國文(綜合文類) (二)	2	85	A	必修	BME3691	專題研究 (一)	1	87	A
抵通	GE2152	西方古典音樂(人)	2	98	A+	必修	BME3691	科技論文導讀 (一)	1	84	A-
抵通	FLC1064	日文 (四) (人)	2	88	A	選修	CSIE5013	人工智慧於醫療應用與服務	3	84	A-
修習學分:24	實得學分:24	累計實得學分:45									
操行:88	學期平均:87.2	學期GPA:3.91	排名: 前30%								
<b>108學年第1學期108/09 - 109/01</b>											
必修	OPE0206	西洋劍 (男女)	0	92	◎ A+	選修	BME3401	訊號與系統	3	W	
必修	LS2700	實驗室實習 (一)	1	94	A+	選修	BME3404	醫學資訊與影像系統	3	81	A-
必修	BME2001	工程數學 (一)	3	76	B	選修	CM7124	臨床與實驗神經科學	1	90	A+
必修	BME2501	臨床醫療概論	2	83	A-	通識	GE2158	基督思想(人)	2	W	
必修	BME2501	解剖學	3	84	A-	抵通	PSY3019	神經與認知模擬概論(社)	3	95	A+
必修	BME2571	解剖學實驗	1	88	A	抵通	EE4600	離散數學(自)	3	84	A-
必修	BME2301	電路學	3	71	B-	抵通	CSIE5009	影像處理、電腦視覺及深度學習概論(自)	3	99	A+
必修	BME2101	工程力學	3	76	B	修習學分:24 實得學分:24 累計實得學分:124.5					
必修	BME3691	科技論文導讀 (一)	1	W		操行:85 學期平均:85.1 學期GPA:3.75					
必修	BME3701	醫療器材專利與法規	2	80	A-	<b>109學年第2學期110/02 - 110/06</b>					
選修	BME3001	熱力學	3	85	A	必修	PSY1102	心理學概論 (二)	3	NO	
選修	BME3212	Matlab基礎概念及生醫訊號之初探	△1	99	A+	必修	PSY1104	心理與教育統計學 (二)	3	NO	
選修	COS5082	竊聽生物潛能：電生理之理論方法與應用	△1.5	86	A	必修	BME2201	材料科學導論	3	NO	
						必修	BME3301	醫學儀表與量測	3	NO	
						必修	BME3692	專題研究 (二)	1	NO	
						必修	BME3692	科技論文導讀 (二)	1	NO	
						必修	BME3001	醫學儀表與量測實驗	1	NO	
						選修	PSY3018	Eprime程式設計與心理學儀器應用	3	NO	



# 國立成功大學學生歷年成績表

學 號	C54076055	姓 名	于治維	出生日期	88 年 11 月 24 日	身 分 別	本地生				
學 院	工學院			入學年月	107 年 9 月	畢業年月					
系所組別	生物醫學工程學系學士班					畢業成績					
雙主修	*****					名 次					
輔 系	心理學系學士班										
類別	課程屬性碼	科目名稱	學分	成績	等第	類別	課程屬性碼	科目名稱	學分	成績	等第
選修	BME3101	動力學	3	NO							
修習學分:21    實得學分:0    累計實得學分:124.5 操行:            學期平均:0 ----- 承認學分：必修 87 選修 36.5 (含 暑修 0 抵免 55 輔系/雙主修 0) ----- 以下空白 -----											





# 國立成功大學成績單說明

## 壹、評分標準

一、本校於民國 104 年 7 月以前，採用百分制方式顯示學生成績，其標準如下：

學士班	學士班成績	100-80 分	79-70	69-60	59-50	49-0	碩博士班	研究生成績	80 分以上	79-70	低於 70
	等第制成績	A	B	C	D	E		等第制成績	A	B	C
	等第積分	4	3	2	1	0		備註:1.研究所課程 70 分為及格。 2.基礎課程係研究所先修課程，60 分為及格。			
	備註:60 分為學士班及格標準。										

二、本校於民國 104 年 8 月以後，採用百分制與等第制並列顯示學生成績，其標準如下：

成績	100-90分	89-85	84-80	79-77	76-73	72-70	69-67	66-63	62-60	59-0
等第制成績	A+	A	A-	B+	B	B-	C+	C	C-	F
成績積分	4.3	4.0	3.7	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	0
備註：60分為學士班及格標準；70分為研究生及格標準（研究生修習基礎課程，60分為及格）。										

※成績附註說明：

1.暑修成績不列入當學期平均，惟列入畢業平均成績。

2.TR：抵免 W：退選 NO：成績未到 \*：不及格 #：學分不抵免 ◎：英語授課(96 學年開始註記) △：彈性密集授課

貳、本校自 105 學年度起學生學期及畢業排名之呈現方式不顯示班級及年級之絕對排名，分別依百分比 5%、10%、20%、30%、50%、75%呈現。

參、本校自 102 學年度起加註課程屬性碼，其編碼原則由開課系所英文縮寫代號及 4 位數字組成：

課程屬性碼	備註	課程屬性碼	備註
0000-0999	學士班零學分課程	5000-5999	學士班高級或碩士班程度課程
1000-1999	學士班基本課程	6000-6999	碩士班程度課程
2000-2999	學士班中級程度課程	7000-8999	碩士或博士班程度課程
3000-4999	學士班高級程度課程	9000-	博士班程度課程

肆、其餘說明請詳見 <http://reg.acad.ncku.edu.tw/p/404-1041-166504.php?Lang=zh-tw>

## NATIONAL CHENG KUNG UNIVERSITY TRANSCRIPT GUIDE

### I. Grading System:

1. As of July 2015, NCKU adopted a numerical grading system on a scale of 0 to 100 to mark grades on the transcript, with the following equivalent values:

Undergraduate Grades	100-80 (Excellent)	79-70 (Good)	69-60 (Fair)	59-50 (Fail)	49-0 (Fail)
Letter Grade	A	B	C	D	E
Grade Points	4	3	2	1	0
Note: The lowest passing grade for any course is 60 for undergraduate programs.					

Graduate Grades	80 or more (Excellent)	79-70 (Good)	Less than 70
Letter Grade	A	B	C
Note: 1.The lowest passing grade for any course is 70 for graduate programs. 2. The lowest passing grade is 60 for any undergraduate course designated as a prerequisite course for graduate programs.			

2. Since August 2015, NCKU has used both a numerical grading system and a letter grading system to mark grades on the transcript, with the following equivalent values:

Grade	100-90	89-85	84-80	79-77	76-73	72-70	69-67	66-63	62-60	59-0
Letter Grade	A+	A	A-	B+	B	B-	C+	C	C-	F
Grade Points	4.3	4.0	3.7	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	0
Note: The lowest passing grade for any course is 60 for undergraduate programs and 70 for graduate programs. (The lowest passing grade is 60 for any undergraduate course designated as a prerequisite course for graduate programs.)										

※Abbreviations and Notations:

(1) The grades on any summer-session courses will be calculated into the graduation grade average, not into the semester grade average.

(2)TR：Credit Transfer W：Withdrawal NO：No Grade Reported EXC：Excellent △：Flexible Intensive Course

\*：Fail #：Not for Credit in a Degree Program ◎：English-taught (marked since fall of 2007)

II. Starting from the fall semester of the 2016-17 academic year, NCKU students shall be academically ranked by percentiles of 5%, 10%, 20%, 30%, 50% and 75%, instead of numerical-order class ranking indicators, on the transcripts.

III. Course Numbering System (established since the 2013-2014 academic year):

Each course is established with a 4-digit number prefixed with the department letter code.

Course numbers are classified as follows:

Course Numbers	Designated Courses	Course Numbers	Designated Courses
0000-0999	No-credit Undergraduate courses	5000-5999	Undergraduate high-level courses or Master's courses
1000-1999	Undergraduate basic courses	6000-6999	Master's courses
2000-2999	Undergraduate intermediate-level courses	7000-8999	Master's or doctoral courses
3000-4999	Undergraduate high-level courses	9000-	Doctoral courses

III. Further information about the academic transcript is available at [http://www.ncku.edu.tw/~register/chinese/score\\_desc.htm](http://www.ncku.edu.tw/~register/chinese/score_desc.htm)