

出國報告（出國類別：進修）

# 以腦波分析為研究基礎發展非線性生理訊 號精準調控麻醉

服務機關：國立臺灣大學醫學院附設醫院

姓名：蔡奉芳

派赴國家：美國

出國期間：108年8月22日至109年8月21日

報告日期：109年10月20日

## 摘要

使用腦波頻譜分析裝置(新式腦波監測儀)做為手術當中監測麻醉藥物反應主在要監測神經外科的脊椎手術，其他手術並未使用新式腦波監測，西北大學教學醫院只有神經外科手術室配備新式的腦波監測儀，其他的手術室配備標準腦波監測儀。在西北醫學中心中，特別針對神經外科的脊椎手術使用腦波頻譜分析裝置，手術過程除了腦波分析，另外使用刺激電位監測，除了要監測個別腦波變化，也要監測骨骼肌的刺激誘發電位(SEP)，體感覺誘發電位(SSEP)。此處脊椎手術標準的麻醉是使用全面向式麻醉併排除任何肌肉鬆弛劑。Prof. Antoun Koht 將頻譜分析(DSA)合併腦波判讀使用在這類病人身上，看到有腦波抑制 (burst suppression) 可以直接將 DSA 與腦波比較並決定是否調整藥物，不用像使用 BIS 儀器時每三十秒為了計算 BIS 數值會暫停五秒鐘；如果有 EMG 顯示，也可以比對左右腦腦波確認是否為電刀干擾或是需要增加藥物輸注劑量。最重要的是在頻譜分析之下，依據之前發表期刊論述，可以依據 DSA 來維持病人腦波的能量在 alpha 波，如果 alpha 波明顯能量消失，會減少鎮靜藥物劑量而非止痛藥物劑量，在此方式之下，病人需要使用的藥物濃度受到了精準的調控。這類手術在西北大學醫學中心完全不用肌肉鬆弛劑；是根據 Kim et al. *Medicine* (2016) 的文章，文中是將腦部血管瘤手術病人分為使用低劑量的肌肉鬆弛劑與完全不使用肌肉鬆弛劑；術中比較病人非預期性動作發生率以及動作電位監測的失敗率來做比較。結果是使用手術當中發生非預期動作兩種方式都不會發生，而動作電位的偽陰性則是使用肌肉鬆弛劑組別比較高。相信他們也根據本篇做出了不使用肌肉鬆弛劑的配方。手術當中的腦波監測，不論手術時間長短或是複雜度，都會使用腦波監測麻醉深度，他們解釋並沒有病人自付額的問題，而神經外科術中監測四頻道腦波是麻醉醫師自由選擇，病人也無須負擔高額的費用(在臺灣約需自費五千，故目前都是研究經費購買)，Dr. Koht 的每個病人都會使用。

根據 *British Journal of Anaesthesia*, 122 (5): 622e634 (2019)文中，病人術後的神經學表現與術中退麻時的腦波時頻軌跡有相關。進修過程病例累積數量很多，正在嘗試比對觀察病人的時頻圖。將手術病人甦醒階段時 DSA 加以分類，並與睡眠的快速動眼期到清醒狀態腦波時頻圖做比對，歸類出四種病人甦醒腦波軌跡(Emergency Trajectory)，軌跡一顯示甦醒時以 delta 為主的低頻腦波(delta-dominant Slow Wave Anesthesia, ddSWA)，以及軌跡二顯示甦醒

時以 alpha 為主的低頻腦波(spindle-dominant Slow Wave Anesthesia, sdSWA)，是占比較大的比例，且甦醒時依這兩種軌跡甦醒的病患，甦醒狀況與睡眠甦醒時的快速動眼期到清醒狀態比較相近，甦醒品質較好。而甦醒時沒有前述腦波能量集中時頻階段的病人，會類似睡眠時突然從非快速動眼期直接甦醒一樣的混亂，使用腦波時頻監測下並維持病人 DSA 都有低頻腦波與使用傳統腦波監測下比較，是否可以縮短甦醒時間，且改善甦醒品質。

此次出國進修針對腦波分析應用在病人精準麻醉上有深刻的收穫，另外也激發研究的題目發想，除了讓麻醉更因人而異，作為發展精準醫療的一部分；也可以利用來臨床研究麻醉藥物與甦醒特性的關係。

## 目次

|              |    |
|--------------|----|
| 「目的」 .....   | 1  |
| 「過程」 .....   | 2  |
| 「心得」 .....   | 14 |
| 「建議事項」 ..... | 17 |

## 「目的」

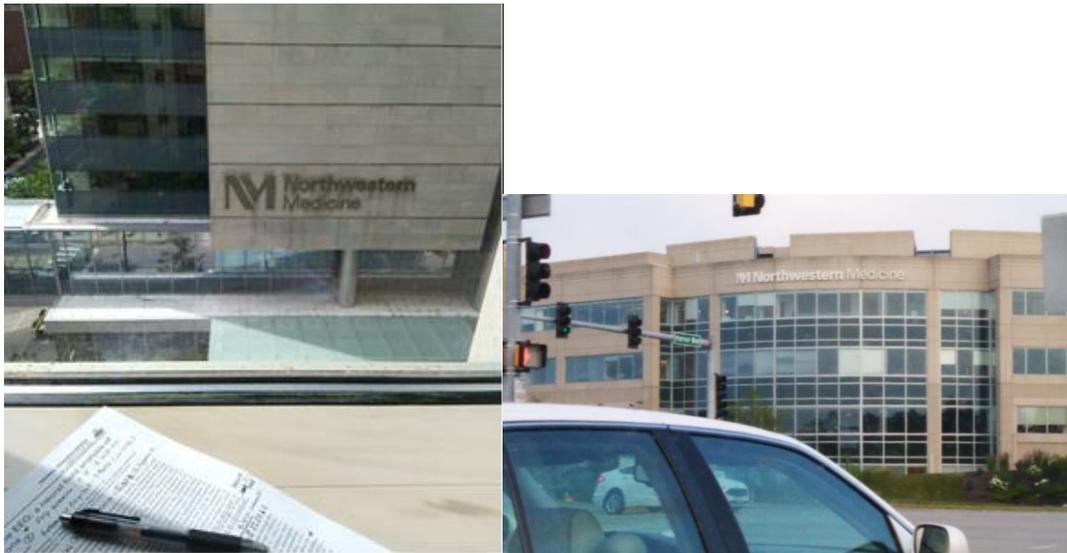
不同的麻醉藥物有專屬的藥理反映，在腦波表現上也有相異的動態表現。從額葉腦波的時頻圖可以看出每種藥物並不相同。但是，麻醉科醫師在開刀房中的實際麻醉會並用催眠藥、止痛藥物、肌鬆藥物以及失憶藥物，病人在實際臨床麻醉時使用複合式藥物，並無法從腦波時頻圖去分析病人使用的藥物；再來，目前對腦波的研究已經無法只用 FFT 來做分析，因為包含小波分析，亂度分析等等百家爭鳴。比較 BIS(麻醉深度監測儀) and Entropy(腦波亂度分析儀)在臨床上判讀的正確性，結論是沒有一種可以表達正確的麻醉狀態，麻醉科醫師應該自己判讀原始腦波。

本人的博士班研究是針對不同麻醉藥物在實際使用情形下的腦波變化作探討，希望將來能夠改善目前監測麻醉深度儀器的缺點，讓儀器可以判讀麻醉藥物種類，更能協助臨床醫師判斷依據。此次出國進修有三個目的：其一為與其他分析腦波的研究學者有所交流，除了自己使用的研究方法，在腦波能量定量(quantitative EEG)這領域以及功能性定位(functional mapping)希望有所發展。另一個目的也是在為日後發展精準醫療做訓練，本人去西北大學神經麻醉科了解麻醉科領域的精準醫療應用，日後加上 brain mapping 以及腦波的個人化分析，對精準醫療會有完整的呈現。第三個目的是了解該科的神經麻醉教學活動，針對麻醉神經醫學會(Society of Neuroscience in Anesthesiology and Critical care)的運作進行學習，並評估是否能夠促成回國後也成立麻醉醫師的神經監測儀器訓練單位。

## 「過程」

### 壹、臨床進修:

西北大學的醫院幅員遼闊，與臺大極為相似，在伊利諾州有數個據點，光主校區的工作區域就很多，所以醫學中心的主治醫師有八十幾位，住院醫師也八十幾位，編制相當龐大。我在西北紀念醫學中心作主要的進修地點。

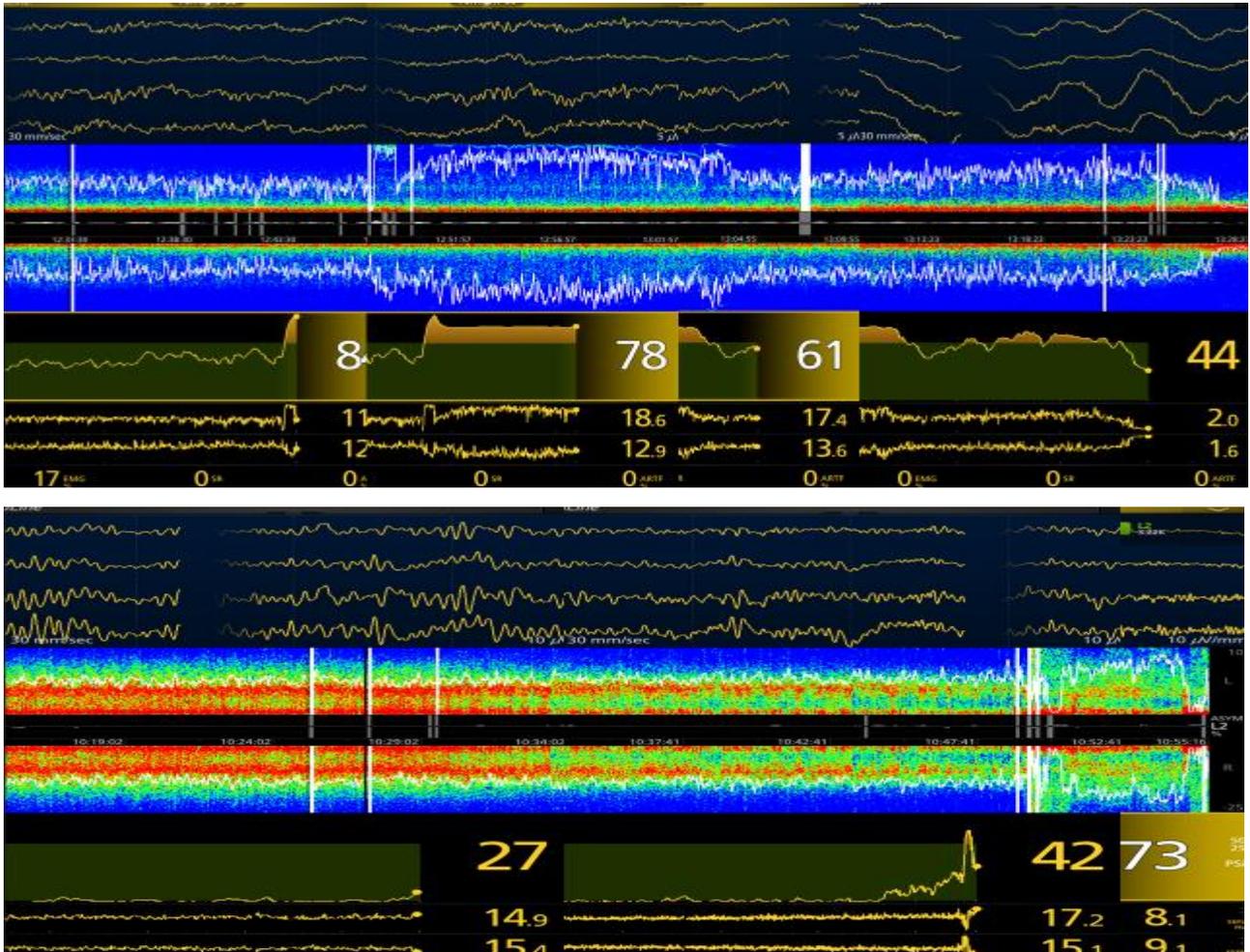


麻醉科的主治醫師在開刀房中每天約二到三個開刀房，每個刀房約三台刀。硬體部分開刀房與臺大醫院手術室一樣，較為不同之處有三個，其一是手術的螢幕不只是外科使用，麻醉科的教學插管也是連線到手術螢幕，對於教學以及臨床操作頗有助益；其二是手術房中配備電腦斷層設施，讓人印象深刻。其三是刷手服是刷卡取用，一人一套刷卡取還衣，對於刷手衣的管控很有幫助。整間醫院大部分的員工工作區域都是需要刷卡或是密碼(包含員工廁所)，對於安全的管控讓人放心。



目前使用新式腦波監測儀做手術當中監測在西北大學的醫學中心主要使用在神經外科的脊椎手術，不選其他神經外科手術的原因有開顱手術無法使用監測，該醫院神經外科以外的其他手術室標準配備較低階的腦波監測儀。在西北醫學中心中，特別針對神經外科的手術使用腦波頻譜分析裝置，其中脊椎手術過程當中使用刺激電位監測，除了要監測骨骼肌的刺激誘發電位(MEP)，體感覺誘發電位(SSEP)。西北大學標準的脊椎手術麻醉排除任何肌肉鬆弛劑，而是使用低劑量的氣體麻醉並用靜脈麻醉及止痛藥術中輸注麻醉。Prof. Antoun Koht 將新式腦波監測儀合併腦波判讀使用在這類病人身上，看到有腦波抑制（burst suppression）可以直接將 Density Spectral Array (DSA) 能量密度光譜分析與原始腦波波形比較並決定是否調整藥物，不用像使用傳統 BIS 儀器時每三十秒為了計算 BIS 數值會暫停五秒鐘；如果有 EMG 顯示，也可以比對左右腦腦波確認是否為電刀干擾或是需要增加藥物輸注劑量。最重要的是在頻譜分析之下，依據之前發表期刊論述，可以依據 DSA 來維持病人腦波的能量在 alpha 波，如果 alpha 波明顯能量消失，會減少鎮靜藥物劑量而非止痛藥物劑量，在此方式之下，病人需要使用的藥物濃度受到了精準的調控。脊椎手術中因為使用動作電位監測故手術中完全不使用肌肉鬆弛劑；根據 [Kim et al. Medicine \(2016\) 95:34 www.md-journal.com](#) 文章中是將腦部血管瘤手術病人分為使用低劑量的肌肉鬆弛劑與完全不使用肌肉鬆弛劑；術中比較病人非預期性動作發生率以及動作電位監測的失敗率來做比較。結果是使用手術當中發生非預期動作兩種方式都不會發生，而動作電位的偽陰性則是使用肌肉鬆弛

劑組別比較高。相信他們也根據本篇做出了不使用肌肉鬆弛劑的配方。手術當中的腦波監測，不論手術時間長短或是複雜度，都會使用腦波監測麻醉深度，他們解釋並沒有病人自付額的問題，而神經外科術中監測四頻道腦波是麻醉醫師自由選擇，病人也無須負擔高額的費用，所以 **Dr. Koht** 的每個病人都會使用。



術中收集新式腦波監測儀畫面所製作的監測圖

## 貳、研究交流

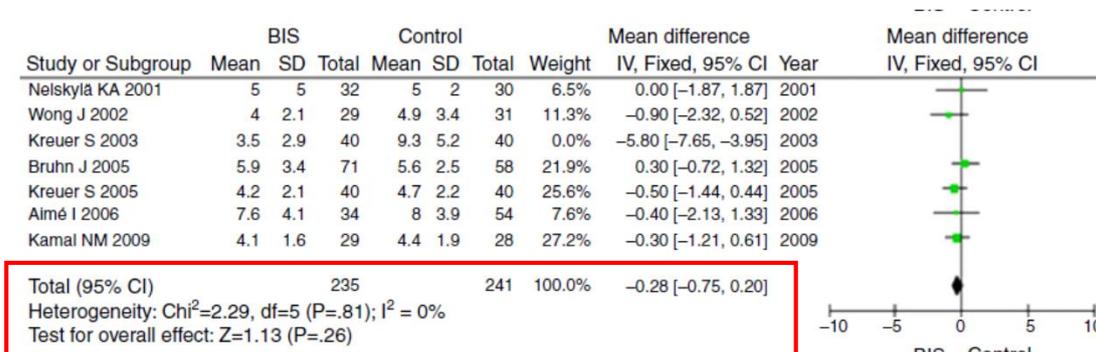
對新式腦波監測在臨床上的應用，除了交流也與 **Dr. Koht** 討論合作計畫，本人也申請了新式腦波監測應用的科技部研究計畫。因為全身麻醉是使用藥物誘導，讓接受全身麻醉者產生的一個無意識，失去記憶，對傷害性疼痛無反應以及無肌肉張力伴隨著穩定的生命徵象的可回復性狀態。平衡式全身麻醉為最基本普遍的麻醉照護處理策略，是並用多種不同藥物去創造全身麻醉的狀態。麻醉科醫師發展此一方法是避免單一藥物的使用，證據顯示並用多種藥物可以減少單一藥物使用劑量，所以使用平衡式全身麻醉可以利用藥物加乘作用達到理想藥效並且減少藥物劑量過高產生的副作用<sup>1</sup>。

目前平衡麻醉的臨床操作仰賴單一的誘導藥物，**propofol** 來做誘導且仰賴吸入式麻醉藥物選擇性併用 **propofol** 作為手術中維持。雖然 **Midazolam** 通常會在誘導前給予拿來作解焦慮使用，但也影響了病人的意識，隱含失憶的效果。還有使用肌肉鬆弛劑目的是造成骨骼肌放鬆，但吸入性氣體合併 **propofol** 也會造成相同的作用。而麻醉藥物併用嗎啡類藥物也會加深麻醉深度，現在討論的平衡麻醉多在並用多種嗎啡藥物，包含術中止痛是間接性使用還是持續性輸注銜接術後疼痛控制計畫的探討；並未強調術中並用多種麻醉藥物的重要性。

合理的平衡式全身麻醉不只是止痛計畫；應該是全面向(**multimodal**)的全身麻醉；包含以下四個面向:併用不同作用機制的止痛藥物。手術全程監測止痛效果以及意識狀態。使用具鎮靜作用的止痛藥以減少術中吸入及點滴式麻醉藥物。從術後開始持續全面向的止痛計畫持續到出院。

全面向的全身麻醉，在開刀房中應該用在所有病人身上；不只是對氣體麻醉有副作用的病人，換肝手術，長時間手術，進行 **ERAS** 計畫或是術中需要特別監測的神經外科手術等都是全面向麻醉的使用對象；不同麻醉科醫師執行差別在於使用藥物種類以及術中藥物的劑量；是精準醫療中的細微調控；最終達到增加病人舒適度以及外科醫師滿意度。術中麻醉深度監測儀針對全身麻醉當中的鎮靜藥物調控以及臨床判斷；在全面向麻醉中極具重要性。尤其是神經外科的手術，很大一部分在手術過程當中使用刺激電位監測，除了要監測骨骼肌的刺激誘發電位(**SEP**)，還要做體感覺誘發電位(**SSEP**)。此類手術標準的麻醉是使用全靜脈麻醉(**TIVA**)，並且手術過程排除任何肌肉鬆弛劑。在傳統 **BIS** 的監測之下進行全靜脈麻醉可

以有效的維持適當的麻醉深度且不會造成影響誘發電位，但是因為全靜脈麻醉主要藥物 propofol 的累積以及並用術後止痛藥物，延遲甦醒並不少見。很多針對使用 BIS 後的數據分析顯示，術中使用 BIS 對甦醒時間未必有加分作用。在一個大型的 meta-analysis 分析使用 BIS 與否與甦醒時間的相關性，結果 BIS 的表現不如預期，對病人清醒張眼時間使用 BIS 與否沒有顯著差異(表一)，文章當中對於使用 BIS 針對拔管時間，使用 BIS 則有減少小於一分鐘的助益(兩組差異為-0.87 分鐘)，本篇中 BIS 對於病人主要貢獻為意識回復正常時間，與未使用 BIS 組別有兩到三分鐘的差異<sup>2</sup>。更有一篇文章論述病人接受吸入式麻醉藥物，在 BIS 的協助之下甦醒時間比沒有使用監測的還更久<sup>3</sup>。在一篇探討手術後譫妄的統計中，神經外科的脊椎手術相較其他骨科手術，甦醒時間有大幅度的增加，延遲甦醒(大於十五分鐘)的相關性不論是否使用麻醉深度監測儀都是遠大於其他手術(表二)。



表一：預測病人甦醒時間的相關性上，BIS 使用與否並沒有幫助  
Figure 2 Time for spontaneous eye opening (min).

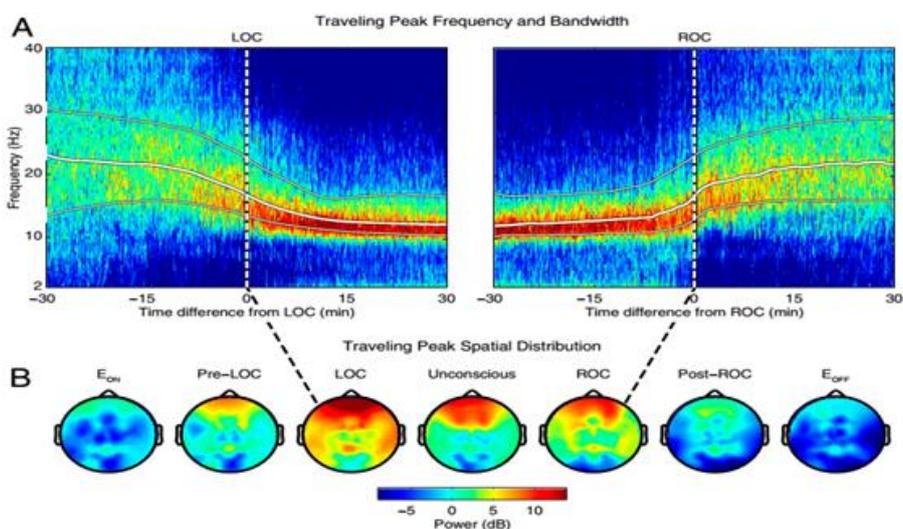
Table 1 Relevant results from univariable logistic regression of preoperative patient factors, interventions, and intra-/postoperative patient characteristics. CAM-ICU, Confusion Assessment Method for the Intensive Care Unit; CI, confidence interval; ddsWA, delta-dominant slow-wave anaesthesia; MAC, minimum alveolar concentration; nSWA, non-slow-wave anaesthesia; OR, odds ratio;

| Variable  | PACU delirium  |                 | P-value <sup>†</sup> | OR (95% CI) <sup>†</sup> | OR scaling factor <sup>†</sup> |
|---|----------------|-----------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
|   | Absent (n=501) | Present (n=125) |                      |                          |                                |
| <b>Interventions</b>                                |                |                 |                      |                          |                                |
| <b>Procedure characteristics</b>                    |                |                 |                      |                          |                                |
| Surgical discipline <sup>‡</sup>                    |                |                 |                      |                          |                                |
| Orthopaedics, not spine                             | 110 (22)       | 16 (13)         | 0.02                 | 0.52 (0.30–0.92)         |                                |
| Spine surgery                                       | 7 (1)          | 7 (6)           | 0.009                | 4.19 (1.44–12.17)        |                                |
| Ear/nose/throat                                     | 8 (2)          | 4 (3)           | 0.25                 |                          |                                |
| General   | 162 (32)       | 42 (34)         | 0.79                 |                          |                                |
| Gynaecology   | 57 (11)        | 17 (14)         | 0.49                 |                          |                                |
| Plastic   | 17 (3)         | 4 (3)           | 0.91                 |                          |                                |
| Thoracic  | 6 (1)          | 2 (2)           | 0.72                 |                          |                                |
| Urology   | 62 (12)        | 13 (10)         | 0.54                 |                          |                                |
| Vascular  | 57 (11)        | 15 (12)         | 0.85                 |                          |                                |
| Other   | 15 (3)         | 5 (4)           | 0.57                 |                          |                                |
| <b>Relevant pre- and intraoperative medications</b> |                |                 |                      |                          |                                |
| Pre-/intraoperative opioids (fentanyl equivalents)  |                |                 |                      |                          |                                |
| Absolute dose (µg) <sup>†</sup>                     | 250 (150, 350) | 300 (200, 475)  | 0.005                | 2.48 (1.32–4.65)         | 750                            |
| Relative dose (µg kg <sup>-1</sup> )                | 2.8 (1.8, 4.3) | 3.8 (2.2, 5.7)  | 0.001                | 2.50 (1.43–4.36)         | 8                              |
| Maintenance anaesthetics                            |                |                 |                      |                          |                                |
| Isflurane   | 5 (1)          | 3 (2)           | 0.22                 |                          |                                |
| Sevoflurane   | 414 (83)       | 95 (76)         | 0.1                  |                          |                                |
| Desflurane  | 81 (16)        | 21 (17)         | 0.82                 |                          |                                |
| Propofol bolus(es)                                  | 47 (9)         | 11 (9)          | 0.87                 |                          |                                |
| Propofol infusion, not TIVA <sup>‡</sup>            | 17 (3)         | 13 (10)         | 0.002                | 3.34 (1.58–7.09)         |                                |
| TIVA  | 8 (2)          | 4 (3)           | 0.24                 |                          |                                |
| Adjunct anaesthetic(s) <sup>‡</sup>                 |                |                 |                      |                          |                                |
| Ketamine  | 14 (3)         | 12 (10)         | 0.001                | 3.74 (1.68–8.30)         |                                |
| Nitrous oxide                                       | 5 (1)          | 5 (4)           | 0.03                 | 4.18 (1.19–14.67)        |                                |
|   | 9 (2)          | 7 (6)           | 0.02                 | 3.28 (1.20–8.99)         |                                |

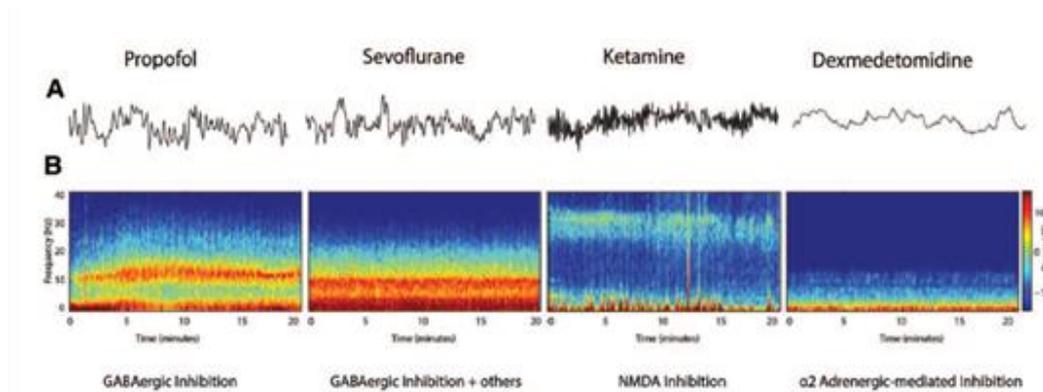
Continued

表二：脊椎手術相較其他手術，在麻醉深度監測下仍與延遲甦醒顯著相關且發生率高。

以上數據顯示全面向麻醉需要腦波監測儀器，但是傳統的麻醉深度監測有其臨床的極限，且運算方法沒有更新，臨床使用上仍有無法滿足全面向麻醉目前注重甦醒效率以及麻醉品質的需求。目前新式的四頻道腦波監測裝置設計的原理是從哈佛醫學院和 MIT 合聘教授 Emery N. Brown 的諸多論述中產出，他的論述一直以來就是強調麻醉科醫師利用腦波的頻譜分析對病人麻醉深度的掌握需要加強，方式就是學習麻醉中藥物對腦波的影響及即麻醉下額葉腦波組成能量的變化。病人在麻醉時和清醒時腦波能量集中在不同的地方，從 2012 年 PNAS 開始，Emery N. Brown 發表了麻醉時腦波頻率和能量上的移動和變化，他表示麻醉狀態下高頻的 gamma 以及 beta 波會減少，頻寬向 alpha 範圍移動。且腦波能量從清醒時候平均分散全腦到失去意識(LOC)階段腦波能量會朝額葉集中的情形(圖一)。在使用 propofol 麻醉狀態中，額葉腦波的能量主要集中在 alpha 波。除此之外，並在 2015 年發表單一麻醉藥物對病人額葉的腦波時頻分析能量分布作用的不同，相較於 propofol 的能量主要集中在 alpha 波，氣體麻醉藥 sevoflurane 主要集中在 delta 波，是新式四頻道腦波監測的理論基礎(圖二)。



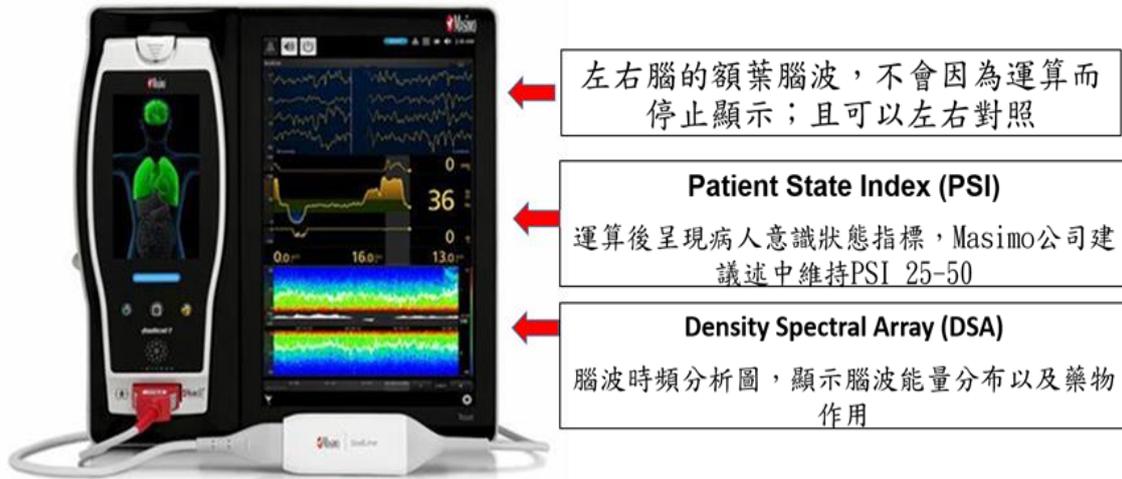
圖一：病人使用 propofol 失去意識(LOC)後能量往額葉集中，頻率往 8-12 赫茲集中



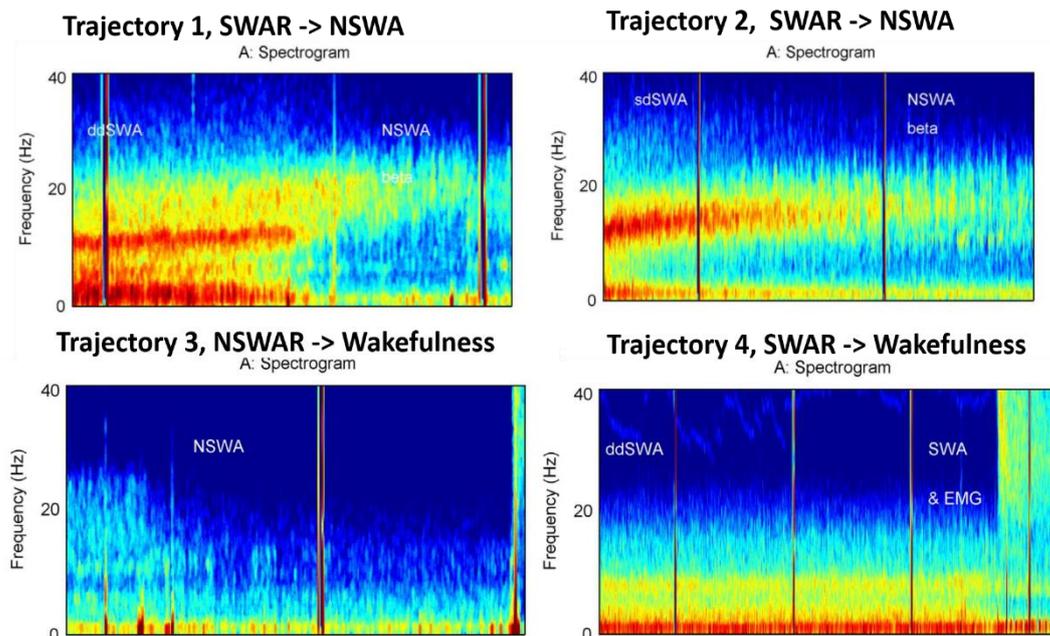
圖二:不同藥理作用的麻醉藥物造成的腦波時頻變化

腦波發展至此，新版麻醉學教科書 *Miller's Anesthesia* 中在病人意識評估章節中也對單一麻醉深度數值提出質疑，表示傳統麻醉深度數值變化可能受多因子的影響，無法單憑數值變化決定病人藥物劑量；建議捨棄使用單一數值評估病人，而是在麻醉中同步評估腦波時頻圖。因為 **alpha** 波形代表了丘腦(**thalamus**)和腦迴(**cortex**)的同步以及相位凝聚，在人類正常睡眠當中是快速動眼期的主要波形，所以在全身麻醉甦醒時期觀察到 **alpha** 波是否病人甦醒品質較好值得研究。

在開刀房中觀察病人腦波時頻分析的裝置應運而生，**BIS** 公司開發了新的麻醉深度分析裝置；**Masimo** 公司發表了 **SedLine**，此類儀器上市的重點是可以同時呈現左右腦的即時腦波，同時也執行腦波的頻譜分析運算 (**DSA**)，除了提供病人腦波分析資訊，多了藥物對腦波頻譜分布影響可供麻醉科醫師臨床判讀。在西北醫學中心中，特別針對神經外科的手術使用腦波頻譜分析裝置，其中脊椎手術過程當中使用刺激電位監測，除了要監測骨骼肌的刺激誘發電位(**SEP**)，體感覺誘發電位(**SSEP**)。西北大學標準的麻醉是使用全面向式麻醉併排除任何肌肉鬆弛劑。**Antoun Koht** 將 **DSA** 合併腦波判讀使用在這類病人身上，看到有腦波抑制 (**burst suppression**) 可以直接將 **DSA** 與腦波比較並決定是否調整藥物，不用像使用 **BIS** 儀器時每三十秒為了計算 **BIS** 數值會暫停五秒鐘；如果有 **EMG** 顯示，也可以比對左右腦腦波確認是否為電刀干擾或是需要增加藥物輸注劑量。最重要的是在頻譜分析之下，依據之前發表期刊論述，可以依據 **DSA** 來維持病人腦波的能量在 **alpha** 波，如果 **alpha** 波明顯能量消失，會減少鎮靜藥物劑量而非止痛藥物劑量，在此方式之下，病人需要使用的藥物濃度受到了精準的調控。



將手術病人甦醒階段時 DSA 加以分類，並與睡眠的快速動眼期到清醒狀態腦波時頻圖做比對已經發表，歸類出四種病人甦醒腦波軌跡(Emergency Trajectory)(圖四)，圖中的軌跡一顯示甦醒時以 delta 為主的低頻腦波(delta-dominant Slow Wave Anesthesia, ddSWA)，以及軌跡二顯示甦醒時以 alpha 為主的低頻腦波(spindle-dominant Slow Wave Anesthesia, sdSWA)，是占比較大的比例，且甦醒時依這兩種軌跡甦醒的病患，甦醒狀況與睡眠甦醒時的快速動眼期到清醒狀態比較相近，甦醒品質較好。而甦醒時沒有前述腦波能量集中時頻階段的病人(圖四中的軌跡三和四)，會類似睡眠時突然從非快速動眼期直接甦醒一樣的混亂



圖四：病人甦醒期的腦波軌跡(trajecory)，Trajectory1 占 31%；Trajectory 2 占 23%。

目前 BJA 發表亞特蘭大醫院主導的多國多中心的研究依據上述的甦醒軌跡，收集病人手術後甦醒階段的腦波分析時頻圖，並予甦醒軌跡當成發生術後譫妄相關因子比較；病人甦醒時如果腦波時頻圖沒有經過 alpha 能量集中的時期(sdSWA)，會顯著增加術後譫妄的發生風險。此篇文章當中把脊椎手術特別從其他手術種類中獨立出來，計算出脊椎手術的甦醒混亂的勝算比(odds ratio)為 4.19 (p=0.009)，顯示接受脊椎手術的病患顯著受到影響，但對於如何改善沒有著墨。

Table 2 Univariable logistic regression of EEG emergence trajectories. CI, confidence interval; ddSWA, delta-dominant slow-wave anaesthesia; nSWA, non-slow-wave anaesthesia; OR, odds ratio; sdSWA, spindle-dominant slow-wave anaesthesia. Data are presented as number (percentage of non-delirious or delirious patients).

| Emergence trajectory                        | PACU delirium |         | P-value   | OR (95% CI)      | Alternative P-value | Alternative OR (95% CI) |
|---|---------------|---------|-----------|------------------|---------------------|-------------------------|
|   | Absent        | Present |           |                  |                     |                         |
| 1: ddSWA to sdSWA to nSWA to wake           | 63 (13)       | 4 (3)   | 0.01      | 0.25 (0.09–0.76) | Reference           | —                       |
| 2: ddSWA to sdSWA to wake, with <120 s nSWA | 49 (10)       | 6 (5)   | 0.14      | 0.49 (0.19–1.26) | 0.33                | 1.93 (0.52–7.21)        |
| 3: ddSWA+nSWA to wake                       | 112 (22)      | 28 (22) | Reference | —                | 0.01                | 3.94 (1.32–11.74)       |
| 4: ddSWA to wake                            | 74 (15)       | 19 (15) | 0.94      | 1.03 (0.53–1.97) | 0.02                | 4.04 (1.31–12.51)       |
| 5: nSWA to wake                             | 46 (9)        | 23 (18) | 0.04      | 2.00 (1.04–3.83) | <0.001              | 7.88 (2.55–24.32)       |
| 6: sdSWA to wake                            | 34 (7)        | 5 (4)   | 0.31      | 0.59 (0.21–1.64) | 0.23                | 2.32 (0.58–9.20)        |
| 7: Other                                    | 30 (6)        | 8 (6)   | 0.89      | 1.07 (0.44–2.58) | 0.03                | 4.20 (1.17–15.05)       |

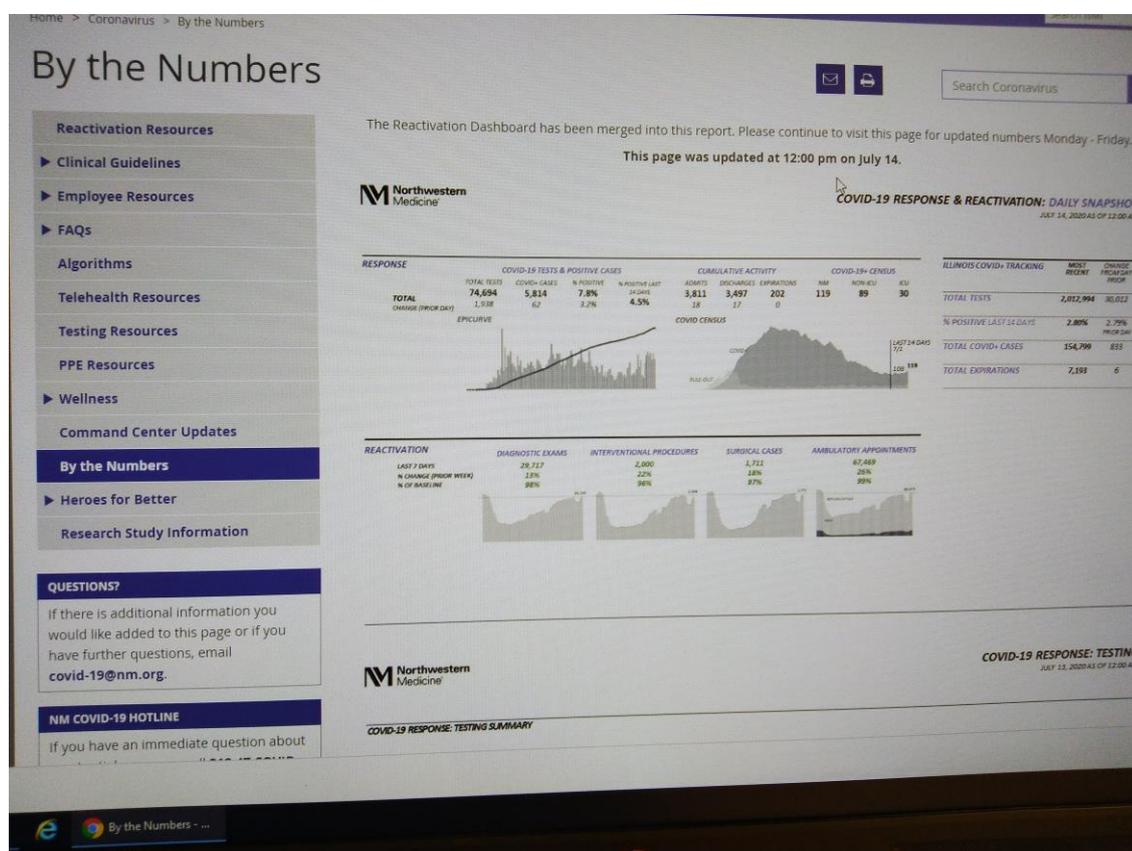
表三:病人甦醒時腦波時頻圖如果顯示 sdSWA 甦醒譫妄發生率顯著降低，反之則顯著相關且發生率高。

回國後欲將術中腦波時頻分析使用在臨床觀察脊椎手術的病人，觀察接受長時間手術同樣麻醉方式（全靜脈麻醉）的病人；使用腦波時頻監測下並維持病人 DSA 都有低頻腦波與使用傳統腦波監測下比較，是否可以縮短甦醒時間，且改善甦醒品質。也將傳統腦波監測裝置的腦波訊號也做後製時頻分析，觀察是否兩組甦醒階段時期 DSA 並不相同。本次的臨床研究針對精準醫療，利用麻醉時個別的腦波分析結果來調整術中使用藥物濃度，是否能減少病人延遲甦醒以提高手術室使用效能；並能減少病人藥物暴露以減少術後不適。提高手術室使用效能對有效運用醫療資源非常重要，針對如何減少手術室中人力時間，減少病人藥物暴露，或是手術室等待時的硬體成本或是加快病人換台都有幫助。在社會面向上，減少病人術後不適，減少禁食病人及家屬的等待手術時間對提高病人滿意度，或是提高恢復室使用效率有正向助益。

今年三月十七號開始，芝加哥地區因為新冠肺炎數量急遽上升，醫療量能為了保留給染病病患關閉了手術室，手術室只提供急診手術。在關閉期間無法到醫院，但是可以在家中分析收集到的數據；也可以透過線上參與教學以及會議或是跟指導醫師討論進度。閉關期間也

將傳統腦波監測裝置的腦波訊號也做後製時頻分析，把進修前在台大收案的腦波做相同的時頻分析，試圖比較是否甦醒軌跡是因為麻醉藥物的關係，係觀察是否兩組甦醒階段時期 DSA 並不相同。(也就是說，我想排除甦醒情況良好並不是因為腦波特定能量集中的關係，而是使用的麻醉藥物的關係)，花了月餘的時間，收穫頗豐。

手術室在兩個月半後開放，但是所有的配套措施實施得很完善，除了事前完成必須完成線上防疫教學，每天都要登記健康狀況，出入醫院分流制度，以及動線和人數限制的明顯標示都很齊全。另外，手術室工作人員一律 N95 口罩加上外科口罩，院內首頁還每日更新院內人員的健康監測狀況，並與伊利諾州的盛行率比較，資訊確實的透漏給所有的醫院同仁。



### 參、教學部分:

神經外科麻醉進修醫師 (fellow) 的狀況，他們是四個月為一單位，四個月在刀房獨立照顧病患，四個月在神經外科 ICU，四個月在顱內手術室。另給予 Society of Neuroscience in Anesthesiology and Critical care (SNACC) 的會員籍，包含參與該屆年會並報告，以及相關教學平台的訓練。除此之外進修醫師也要通過操作 SSEP, MEP 的訓練和執照考試。平常的科內會議在周五早上六點半舉辦，第一台刀是七點半開始，在嚴寒的冬天很是挑戰。印象最深

的是我剛在西北大學總院報到後沒多久，就遇到哈佛與 MIT 合聘教授 Emery Brown 來芝加哥演講，主要講題即是全面向麻醉，Emery 教授這幾年在美國麻醉醫學會年會都是主要的演講者，講題也都是與腦波分析相關，藉這個機會讓粉絲我得以與他有所交流，並相約要在今年五月去波士頓藉由參加醫學會的方式進行短期的參訪，可惜因為疫情而延誤了。



(與 Emery Brown 教授在西北大學麻醉部辦公室合影)

會在刀房獨立的住院醫師，一早要先去訪視當天手術病患並與主治醫師報告，準備刀房以及所有藥物。與臺大醫院不同的是，在麻醉前也有 TIME-OUT 的動作，必須有確認病人以及所有麻醉成員的過程；以及麻醉醫師對於誘發性動作電位監測(SSEP)也包含在訓練過程，值得我們參考。誘發性動作電位在醫院是由神經內科醫師監督執行，但是麻醉醫師對監測結果也有參與決策，本人就觀察到病人麻醉後誘發性動作電位遲滯，神經內科醫師建議減少麻醉劑量，而因為麻醉醫師 Dr. Koht 不認為是麻醉劑量的關係，堅持找其他原因，手術準備中斷，最後確定是因為擺位的關係，手術得以繼續而麻醉劑量也沒有任何調整。在教學中心，住院醫師除了第一線照顧病人，也需要支援其他年資的麻醉科同仁，包含接中午休息時間以及協助病人翻身擺位，這些我們住院醫師所受的訓練在西北醫院即使是主治醫師也天天複習。

參考資料:

## 1. Multimodal General Anesthesia: Theory and Practice

Emery N Brown, Kara J. Pavone, Marusa Naranjo

**Anesthesia-analgesia. November2018.Vol127. Number5**

**2. Benefit of general anesthesia monitor by bispectral index compared with monitoring guided only by clinical parameters, Systemic review and meta-analysis.**

**Caros R. F. Oliveria, Wanderley M. Bernardo, Victor M. Nunes**

**Rev Bras Anestesoil. 2017;67(1):72-84**

**3. Effect of bispectral index versus end-tidal anesthetic gas concentration-guided protocol on time to tracheal extubation for halothane-based general anesthesia**

**Neena Jain, Pooja R. Mathur, Shoyeb Khan, Arvind Khare, Veena Mathur, Surendra Sethi**

**Anesthesia: Essays and Researches; 10(3); Sep-Dec 2016**

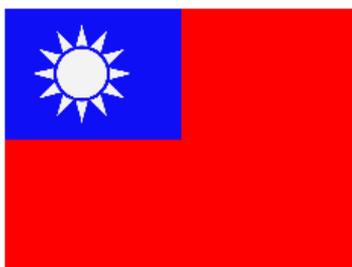
## 「心得」

本次出國機會實屬難得，進修生活真的是很特別，職在美國疫情艱困的時候，持續進修的計畫，在完成進修計畫之餘也度過了特別的防疫政策觀察。感謝臺大醫院長官給了我進修的機會，也感謝麻醉部的同仁們在職出國的期間，辛苦的維持了臨床龐大的服務工作。感謝臺北駐芝加哥辦事處的黃鈞耀處長以及教育部同仁董慶豐組長在本人進修期間的大力協助，從接機、過年、到送機處處感受到臺灣人的溫暖。感謝西北大學麻醉部的 **Dr. John Bebawy and Dr. Antoun Koht** 的溫暖接待和無私的提供資源，讓我在醫院進修期間除了開刀房還能有辦公室工作。感謝人事室的同仁在肺炎期間對我的關心以及提供必要的資訊，感謝我的老師范守仁醫師，在出國期間仍然維持天天開會以及討論研究進度，一個白天一個晚上的熱線進行了好久。感謝臺灣的家人壓抑自己的擔憂，用關心問候取代要求和讓我沒有心理壓力；也感謝我的先生和孩子，孩子們在我進修時能配合作息懂事體貼不來打擾，先生隨時接送和採買物資，我們一起堅毅地完成了這次的旅程。

駐芝加哥臺北辦事處給了我們很多的協助，除了接機以及生活上各類證件申請的建議，還常常邀請我們參加聚會聯繫在芝加哥臺灣人的感情。有黃處長以及董組長的努力，我認識了臺大醫院新竹分院到芝加哥大學進修的葉志凡醫師，也認識了奇美醫院到芝加哥 **Rush** 醫院進修的林敬為醫師，交換了很多國外不同單位的進修心得。



在芝加哥”小臺北”餐廳聚餐照片



The International Museum of Surgical Science, a Division of the International College of Surgeons, the ICS Taiwan Section, and the Taipei Economic and Cultural Office in Chicago

INVITE YOU TO ATTEND THE RECEPTION FOR

## The Taiwan Room

Re-Opening Reception  
Monday, September 30, 2019  
5:00PM - 7:00PM

THE TAIWAN ROOM HIGHLIGHTS THE MEDICINE, SURGERY, HEALTHCARE TOPICS AND INTERNATIONAL HEALTH COOPERATION IN TAIWAN TODAY



我也很榮幸受邀參加駐芝加哥臺北經濟文化辦事處與「國際外科學會」(ICS)及「國際外科學會中華民國總會」(ICSTW)在 2019 年 10 月共同舉辦的「國際外科醫學博物館」(IMSS)臺灣館開幕儀式。IMSS 主要在介紹外科醫學演進史、保存重要醫學文物與藝術品等，為一兼具教學功能的博物館。由於該館坐落於芝加哥市中心黃金地段，每年約有 4-5 萬人次參訪，曾獲國家地理雜誌、紐約時報及時代雜誌等主流媒體報導。臺灣館展覽內容包括 ICSTW 的我優秀外科醫師的卓越成就、7 位早年赴臺的國際傳教士對臺灣眾多貢獻事蹟、相關銅像及診療器具，另展出我 ICSTW 在國際執行義診地圖、ICSTW 相關醫療援助影片剪輯及國內醫療診斷人工智慧新創公司雲象科技展示該公司的診斷技術多媒體簡介。

會上黃處長致詞時表示，臺灣過去接受國際援助，盼以其目前卓越的醫療成就回饋國際社會。臺灣的醫療水準世界肯定，我盼提供臺灣卓越的醫療與援助，以加強在國際間的醫療健康合作，這段話猶言在耳，新冠病毒期間就馬上驗證，在醫院關閉期間，黃處長透過友人與我聯繫上，表達由花蓮門諾醫院麻醉科主治醫師賴賢勇自製的透明壓克力板「插管箱」防疫，直接罩在患者頭部執行治療程序，降低遭患者飛沫噴濺風險，受到各國醫護團隊青睞效法使用。臺灣除了捐口罩也希望捐「插管箱」給各醫院前線工作同仁，我擔任居中協調深感榮幸。

進修期間除了疫情，另一個很大的事件是黑人暴動，因為對警方執法的質疑聲浪造成各地抗議活動遍地開花，但是抗議過程出現了暴民，新聞中出現很多燒傷擄掠的暴行。我住在有色人種居多的芝加哥不免讓人擔心，其實伊利諾州屬於民主黨，位處中央偏北的芝加哥更是前總統歐巴馬的故鄉，所以本市黑人教育水準良好，位居要職的也很多。從市長，警察局長到小學校長都是非裔人種，很多 **essential worker** 包含公車司機，郵差等都是黑人擔任。在醫院工作環境與各色人種相處不覺得有特殊之處，也覺得謹守規矩準時上下班是很安全的。印象深刻的一次是早上開車途中只覺得往市中心的橋墩都立起來，到醫院後發現大廳特別空曠；一查新聞才知道前一天凌晨市中心的購物大道(密西根大道)被暴民搶劫了，市長立即發布市中心關閉，橋墩封鎖的消息，還好當天仍然平安返家。

## 「建議事項」

我建議準備出國進修的同儕需要一段準備期，除了對目的地要有一定的認識，包括對當地的租車，租屋，氣溫，還有治安以及申辦各類文件寄信等等有初步了解；當然最好在出發前有認識在當地可協助的人，並拿到聯繫方式。最好出發前已經確定住宿處，這樣除了會減少一些初期環境的不適應，辦理各項信用卡、買車、保險、借閱證等等也需要繳付租金的文件以資證明才能辦理。

在國外看到醫院麻醉科醫師分為臨床醫師，專責臨床麻醉工作；也分為研究醫師，負責研究進行。在進修時期 **Dr. Koht** 計畫進行神經手術的腦波研究計畫，除了先招募研究人員進行受訓得到認證，在準備時期就組好工作團隊，並預先提出申請，減少臨床業務以進行臨床研究。反觀在臺灣工作，教學中心對醫師的要求是臨床以及研究並重，但是因為麻醉部的臨床業務無法因為研究減少，所以臨床麻醉醫師面臨臨床以及研究需兼顧，且比重無法調整的困境。雖然有國情上的不同，但是追求工作等比分配應該可以做為改進的目標。