

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：研究)

## 手術中神經生理功能監測技術

服務機關：國立成功大學醫學院附設醫院麻醉科

出國人職稱：副教授兼任主治醫師

姓名：陳宗鷹

出國地區：美國

出國期間：民國90年12月31日~民國92年06月30日

報告日期：民國92年08月25日

系統識別號:C09202200

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 10 含附件: 否

報告名稱:

手術中神經生理功能監測技術

主辦機關:

國立成功大學醫學院附設醫院

聯絡人/電話:

陳秀梅/06-2353535轉2049

出國人員:

陳宗鷹 國立成功大學醫學院附設醫院 麻醉部 副教授兼主治醫師

出國類別: 研究

出國地區: 美國

出國期間: 民國 90 年 12 月 31 日 -民國 92 年 06 月 30 日

報告日期: 民國 92 年 08 月 25 日

分類號/目: J2/西醫 J3/醫療

關鍵詞: 手術中神經生理監測 (Intra-Operative Monitoring), 腦波圖 (Electroencephalography, EEG), 誘發電位 (Evoked Potentials, EP), 麻醉醫師 (Anesthesiologist)

內容摘要: 外科手術之神經生理監測自1970年代中期開始發展,其主要目的在協助外科手術醫師調整手術策略,確認外科手術醫師之判別和提供改善後續相關程序。由於手術中神經生理之腦波圖(EEG)和誘發電位(evoked potentials EP)之變化監測,以評估性檢測有效的減低外科神經生理手術之困難度。尤其對局部缺血(ischemia)和外科器械牽引對腦部、脊髓或周圍神經的過度壓迫損害(compressive damage)和腦部皮質神經外科手術之定位。麻醉劑對EEG和EPs的改變是以神經生理的變化評估麻醉深度。手術中神經生理監測為外科醫師、麻醉醫師和神經生理學專家組成的團隊工作,由(1)讀取臨床神經生理訊號(2)神經生理訊號圖譜的辨識解讀(3)神經生理訊號圖譜的臨床性整合之運作完成最理想的外科手術成果。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## < 內容 >

### 中文摘要

外科手術之神經生理監測自 1970 年代中期開始發展，其主要目的在協助外科手術醫師調整手術策略，確認外科手術醫師之判別和提供改善後續相關程序。由於手術中神經生理之腦波圖(EEG)和誘發電位(evoked potentials EP)之變化監測，以評估性檢測有效的減低外科神經生理手術之困難度。尤其對局部缺血(ischemia)和外科器械牽引對腦部、脊髓或周圍神經的過度壓迫損害(compressive damage)和腦部皮質神經外科手術之定位。麻醉劑對 EEG 和 EPs 的改變是以神經生理的變化評估麻醉深度。手術中神經生理監測為外科醫師、麻醉醫師和神經生理學專家組成的團隊工作，由(1)讀取臨床神經生理訊號(2)神經生理訊號圖譜的辨識解讀(3)神經生理訊號圖譜的臨床性整合之運作完成最理想的外科手術成果。

### Abstract

The history of neuromonitoring in the operating room (OR) dates back to the mid-1970. Neuromonitoring has a threefold purpose: to warn the surgeon that he has to adjust his strategy, to confirm his decision, and to help improve subsequent procedures. The pathophysiology of intraoperative events liable to alter the EEG or evoked potential (EP) is first considered. The usefulness of neuromonitoring in preventing neurological complication relies on its ability to detect neurological dysfunction at a reversible stage. This applies especially to ischemia and compressive damage. The anesthetic influence on EEG and EPs are then considered. Knowledge of use neurophysiological parameters to evaluate the depth of anesthesia. Third, the main indications and limitations of neuromonitoring are considered: prevention of ischemia brain or spinal cord damage, prevention of the mechanical injuries of the brain, spinal cord or peripheral nerve, and localization of the motor cortex in cortical neurosurgery or of cranial nerves in posterior fossa surgery. Finally, the three

levels of neuromonitoring (neurophysiological pattern recognition, clinical integration of the neurophysiological feature extraction, neurophysiological pattern recognition, clinical integration of the neurophysiological patterns) are discussed together with the rules that should guide the dialogue between the surgeon, the anesthesiologist, and the neurophysiologist.

## <目的>

Intraoperative monitoring looks at the integrity of neural pathways in both the central nervous system (brain and spinal cord) and the peripheral nervous system during surgery. It can help the surgeon in two ways: (1) when those pathways may be at risk of injury during the surgery from some secondary effect the surgeon can be notified and investigate the cause of injury and then reverse that injury before it does permanent damage; (2) to help guide the surgeon in the amount of resection being done on the specific area.

手術中神經生理監測 (Intra-Operative Monitoring) 包含腦波圖 (electroencephalogram EEG)、肌電圖 (electromyogram EMG) 和誘發電位 (evoked potentials EP) 和大腦皮層刺激產生結構性功能區域解析 (cortical stimulation for brain mapping) 等技術，手術中神經生理監測是一個團隊工作，其運作分為三個部份：(1) 讀取臨床神經生理訊號 (2) 神經生理訊號圖譜的辨識解讀 (3) 神經生理訊號圖譜的臨床性整合。其中臨床性整合可以避免將與監測目標不相干之 EEG 或 EP 變化列入合併判讀。其主要目標為：

1. 立即性鑑判新神經損害做出即時修正，此種損害可能是容易修正如循環損害 (circulatory impairment)、外科器械牽引過度壓迫 (over compression from retraction)、骨質結構 (bony structures)、血腫 (hematomas) 或器械性伸張 (mechanical stretching)。
2. 立即性鑑判如低氧 (hypoxia) 或低血壓 (hypotension) 引起的全身性損害，電生理測試的變化在生命徵兆 (vital sign) 改變之前顯現。EEG, EP 或 EMG 訊號的

顯現或消失能夠助於區分有害或無害之全身性損害。麻醉深度不足也會在病人能動作前由 EEG 和 EMG 確認。

3. 手術中神經生理監測能夠幫助手術醫師鑑別不確定或無法確認之組織，尤其是外環纏繞神經纖維的組織和腫瘤內結構。
4. 經由監測證實神經組織或管道的功能而鑑別損害的確切位置。
5. 手術中神經生理監測增高外科醫師對手術進程掌握度，因監測所指認之確切範圍能夠使手術醫師在最理想的條件下完成最高的手術成果。
6. 對因術前評估為高危險性病人提供其接受手術的機會並給予接受手術之病患和其家屬最低手術風險的術前信心。

#### 國際間相關之重要成果:

1. 脊髓手術(Spinal Cord Surgery) / 運動神經誘發電位(MEP)生理學 (Motor Evoked Potential (MEP) Physiology) / 手術中運動神經誘發電位 (MEP)之監測 (Methodology of Intraoperative MEP Monitoring)  
Deletis V, New York, NY (USA), Epstein FJ, New York, NY (USA), Amassian VE, New York (USA)
2. 脊髓髓內部腫瘤運動神經誘發電位監測(MEP Monitoring in Surgery of Intramedullary Spinal Cord Tumors) / 脊髓功能性結構解析(Spinal Cord Mapping)  
Epstein FJ, New York, NY (USA), Kothbauer K, New York, NY (USA), Krzan M, New York, NY (USA)
3. 治療疼痛和痙攣之選擇性脊髓病變組織破壞 Selective Spinal cord Lesioning for Treatment of Pain and Spasticity / 馬尾椎外科手術置放 Pedicle Screw 之神經生理監測(Mapping and Monitoring in Conus Cauda Equina Surgery) / 置放 Pedicle Screw 手術中功能性結構解析 (Mapping during Pedicle Screw Placement)  
Sindou M, Lyon (France), Toleikis RJ, Columbus, GE (USA), Deletis V, New York, NY (USA)
4. 腦幹病變組織之外科手術(Surgery of Brain Stem Lesions) / 腦幹功能性結構解析(Brain Stem Mapping )

Bricolo A, Verona (Italy), Morota N, Nagoya (Japan)

5. 運動神經誘發電位之臨床性整合(Clinical Experience with Motor Evoked Potentials) / 深層腦部神經生理監測 (Monitoring of Supratentorial Procedures )

Abbott RI, New York, NY (USA), Schramm J, Bonn (Germany), Kothbauer K, New York, NY (USA)

### <過程及心得>

2000年十二月下旬，在宋院長及麻醉部曾主任及同仁支持下，我帶著全家到美國公費進修一年。由於是毛遂自薦到 Johns Hopkins 的麻醉部，初到 Baltimore 時，人生地不熟，全家人還真不知從何著手，還好有在此地的台灣人幫忙，雖然彼此素未謀面，但在他們熱心幫忙下全家人的食、衣、住、行也逐漸安頓下來，心中由衷的感謝他們。

我申請的是 Division of Neuroanesthesia and Critical Care Medicine 的 Post-Doctoral Fellowship。記得剛到 Director Dr. Mirski 的辦公室報到時，他便送我一本書 *Neuroanesthesia and Neurosurgery* 並親切的告訴我這裡的 Staff 都很有衝勁只要我想學就可以幫我安排。接著到行政部門報到，便又拿到一本厚厚的“*Postdoctoral Survival Handbook*”。心想 Johns Hopkins 大概不容易混。後來逐漸了解 Johns Hopkins 的麻醉部，共有 100 多位的 faculties 包含 M.D. , M.D.& PhD, 及 PhD。麻醉部之下分為 Ambulatory, Cardiac, Critical care (SICU, PICU, RICU), Neurosurgical (NCCU&NVCU), Obstetrical, Pain medicine, Pediatrics, perioperative, vascular-thoracic 九個 Divisions。一年 faculty 申請到的研究經費大概有美金 12 millions，在 2002 年共發表 70 篇文章及 25 章節書籍。住院醫師訓練方面，有一位 Director、兩位 Co-directors 及一位行政助理負則規劃及組織會議討論與執行。2002 年有超過 400 位醫師來競爭 22 個住院醫師缺。至於我所在的 NCCM 則有六位 Neuroanesthesia attending anesthesiologists，負責

麻醉一年超過 2200 例神經外科案例，其中包括 100 例腦血管瘤及 486 例腦腫瘤手術。而在 Neuroscience Critical Care Unit (NCCU) 則由有 Critical Care 經歷的 Anesthesiologist, Neurologist, (或同時擁有兩者身份)的醫師負責照顧 10 床非常不穩定的病人及 12 床仍須加護照顧的 Neurovascular 病人。這個團隊目前是全美最大的 comprehensively managed Neuroscience ICU。其 faculty 一年有超過 10 個 funded grants 及 30 多篇的文章。

個人在 Director Dr. Mirski 的安排下，臨床於他個人與童瑞恭教授指導下觀摩學習神經手術之麻醉，並經由 Dr. Mirski 介紹進入 Johns Hopkins Hospital 手術中神經功能監測小組 (Intraoperative Neuromonitoring team) 學習如何在手術中監測神經功能，幫助外科醫師完成手術，使病人得到更安全、完善之照顧；學習過程包括：

- 脊柱手術中脊髓和神經根節監測與相關之程序

1. 脊髓通路監測 (Monitoring of spinal cord pathway)

- 非侵入性軀體感覺神經誘發電位監測(Noninvasive somatosensory evoked potential monitoring)
- 直接脊髓刺激後由頭皮記錄軀體感覺神經誘發電位(Scalp recorded somatosensory evoked potentials after direct spinal cord stimulation)
- 由脊柱刺激脊柱記錄感覺神經和運動神經混合電位(Spine-to-spine stimulation and recording: mixed sensory-motor potentials)
- 由脊髓刺激和周圍神經記錄:神經性運動神經誘發電位 (NMEP)(Spinal cord stimulation and peripheral nerve recordings: neurogenic motor evoked potentials)
- 由脊髓刺激和肌肉記錄(Spinal cord stimulation and muscle recordings)
- 由穿顱刺激大腦皮層運動神經監測運動神經誘發電位(Transcranial stimulation of the motor cortex for MEP monitoring)

2. 感覺神經根和運動神經根監測(Monitoring sensory and motor roots)

- 置放 pedicle screw 之監測(Monitoring during pedicle screw placement)
- S2-S4 神經之感覺神經和運動神經纖維之監測和功能性解析(Monitoring and mapping of sensory and motor fibers of the pudendal nerve)

- S2-S4 運動神經纖維之功能性解析(Mapping of pudendal motor fibers)
  - 球海綿體肌反射弧(Bulbocavernosus reflex BCR)
3. 麻醉劑對手術中產生和解讀誘發電位之作用(Influence of anesthetic management on the production and interpretation of evoked potentials)
- 麻醉劑濃度對誘發電位之抑制(Anesthetic concentrations and EP depression)
  - 肌肉鬆弛劑與運動神經誘發電位之監測(Muscle relaxants and MEP monitoring)
  - 中樞神經系統灌流與平均動脈血壓(Central nervous system perfusion and mean arterial pressure)
- 個別之手術
    1. 脊椎手術
      - 使用之監測：
        - a. 持續監測之肌電圖
        - b. 誘發性肌電圖
        - c. 肌肉神經阻斷之監測
        - d. 誘發感覺神經電位之監測
    2. 胸椎手術
      - 使用之監測：
        - 誘發感覺神經電位之監測
    3. 胸椎手術
      - 使用之監測：
        - 誘發感覺神經電位之監測
    4. Hemispheric intracranial tumor
      - 使用之監測：
        - a. 誘發感覺神經電位之監測
        - b. 動作區之配置測試
        - c. 聽覺神經誘發電位之監測



- d. 腦波監測
- 5. 聽神經瘤及其他顱底手術
  - 使用之監測：
    - a. 誘發感覺神經電位之監測
    - b. 持續性肌電圖
    - c. 誘發性肌電圖
    - d. 聽覺神經誘發電位之監測
    - e. 直接聽神經功能監測
- 6. 腦血管瘤
  - 使用之監測：
    - a. 誘發感覺神經電位之監測
    - b. 腦波監測
    - c. 聽覺神經誘發電位之監測

### <建議>

1. 建立術中神經生理監測(Intra-Operative Monitoring , IOM)團隊 (包括運動神經功能監測)，使神經外科手術和脊椎整型外科手術之成果更加完善。
2. 提昇成大醫院醫療團隊的服務並參與或帶動其他醫學中心推行"術中神經生理監測"之醫療水準。
3. 與成大醫學院內或國內其他研究中心合作進行神經生理、神經科學相關之臨床醫學研究。
4. 與國外術中神經生理監測發展研究維持最佳的互動性研討活動。

進修一年半最大的感覺是 Johns Hopkins 的學術氣氛真的很濃。每天 e-mail 都會收到 Hopkins 的最新消息，每個月底亦會收到下個月的 Science Calendar。醫院裏隨處可見佈告欄張貼著不同的學術演講。另外他們很重視專業，重視實力，更重視團隊，因此，他們對工作均十分的敬業及投入。最後，感謝宋院長及蔡主任、曾主任及全科同仁的支持使我有這個機會到美國一流的學府進修一年半，學習與體驗更多的知識與經驗。

## **References**

1. Rodi Z, Straus I, Denic K, Deletis V, Vodusek DB. Transient paraplegia revealed by intraoperative neurophysiological monitoring: was it caused by the epidural anesthetic or an epidural hematoma? *Anesth Analg.* 2003 Jun; 96(6): 1785-8
2. Vodusek DB, Fowler CJ, Deletis V, Podnar S. Clinical neurophysiology of pelvic floor disorders. *Suppl Clin Neurophysiol.* 2000;53:220-7. Review.
3. Szelenyi A, Bueno de Camargo A, Deletis V. Neurophysiological evaluation of the corticospinal tract by D-wave recordings in young children. *Childs Nerv Syst.* 2003 Jan;19(1):30-4. Epub 2002 Dec 12.
4. Deletis V, Bueno De Camargo A. Interventional neurophysiological mapping during spinal cord procedures. *Stereotact Funct Neurosurg.* 2001;77(1-4):25-8. Review.
5. Sala F, Krzan MJ, Deletis V. Intraoperative neurophysiological monitoring in pediatric neurosurgery: why, when, how? *Childs Nerv Syst.* 2002 Jul;18(6-7):264-87. Epub 2002 Jun 13. Review.
6. Deletis V, Camargo AB. Transcranial electrical motor evoked potential monitoring for brain tumor resection. *Neurosurgery.* 2001 Dec;49(6):1488-9.
7. Deletis V, Sala F. The role of intraoperative neurophysiology in the protection or documentation of surgically induced injury to the spinal cord. *Ann N Y Acad Sci.* 2001 Jun;939:137-44. Review.
8. Sala F, Niimi Y, Berenstein A, Deletis V. Neuroprotective role of neurophysiological monitoring during endovascular procedures in the spinal cord. *Ann N Y Acad Sci.* 2001 Jun;939:126-36.
9. Deletis V. The 'motor' inaccuracy in neurogenic motor evoked potentials. *Clin Neurophysiol.* 2001 Aug;112(8):1365-6.
10. Deletis V, Rodi Z, Amassian VE. Neurophysiological mechanisms underlying motor evoked potentials in anesthetized humans. Part 2. Relationship between epidurally and muscle recorded MEPs in man.

- Clin Neurophysiol. 2001 Mar;112(3):445-52.
11. Deletis V, Isgum V, Amassian VE. Neurophysiological mechanisms underlying motor evoked potentials in anesthetized humans. Part 1. Recovery time of corticospinal tract direct waves elicited by pairs of transcranial electrical stimuli.  
Clin Neurophysiol. 2001 Mar;112(3):438-44.
  12. Sala F, Krzan MJ, Jallo G, Epstein FJ, Deletis V. Prognostic value of motor evoked potentials elicited by multipulse magnetic stimulation in a surgically induced transitory lesion of the supplementary motor area: a case report.  
J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2000 Dec;69(6):828-31.
  13. Liscic RM, Morota N, Deletis V. Intramedullar stimulation of the facial and hypoglossal nerves: estimation of the stimulated site.  
Croat Med J. 2000 Dec;41(4):384-8.
  14. Amassian VE, Deletis V. Relationships between animal and human corticospinal responses. Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl. 1999;51:79-92. Review.
  15. Sala F, Niimi Y, Krzan MJ, Berenstein A, Deletis V. Embolization of a spinal arteriovenous malformation: correlation between motor evoked potentials and angiographic findings: technical case report. Neurosurgery. 1999 Oct;45(4):932-7; discussion 937-8.
  16. Kofler M, Morota N, Deletis V. Preserved motor evoked potentials fail to predict functional outcome in quadriplegia because of bilateral lesions of the supplementary motor areas: a brief report.  
Am J Phys Med Rehabil. 1999 Jan-Feb;78(1):66-71.