

出國報告（出國類別：進修）

雷納生系統人才培育方案－ 實施脊椎微創與變形矯正

服務機關：臺中榮民總醫院骨科部

姓名職稱：洪麗焜 / 主治醫師

派赴國家 / 地區：美國 / 紐約亞倫脊椎專科醫院

出國期間：108年6月1日至108年7月31日

報告日期：108年9月2日

摘要（含關鍵字）

脊椎變形 (spinal deformity) 是脊椎醫學最傳統亦是最具挑戰性的手術。此領域近數十年飛速發展，自從 1988 年椎弓根螺釘問世後，其強大的椎體三柱固定力，讓脊椎三維矯正的觀念得以真正實踐，使脊椎變形手術矯正率大增。施打椎弓根螺釘的方式為徒手或影像導引，還有近年的機器手臂導引。21 世紀初，軍事衛星科技應用至醫學機器手臂，使其變得更精準，應用於脊椎手術進展迅速，其精準度及速度都能和外科醫師的手並駕其驅，甚至超越之。機器手臂導引讓外科醫師能更安全的完成手術，成為一股新的潮流。而脊椎變形的矯正觀念，除了傳統冠狀面變形矯正之外，近二十年發現在矢狀面變形矯正之重要性與日俱增。有鑑於此，國內脊椎變形手術中，對於機器手臂時代的來臨及矢狀面變形矯正新觀念的衝擊之下，讓個人想向國外脊椎變形大師學習，希望能把脊椎變形矯正手術的新觀念帶回台灣，在新式機器手臂導引之下，安全地完成手術，以增加台灣人民的健康福祉。

關鍵字：脊椎變形、脊椎變形矯正手術、機器手臂導引脊椎手術。

目 次

一、摘要	1
二、目的	3
三、過程	4
四、心得	6
五、建議(包括改進做法)	11

一、 目的

本次進修醫院是位在美國紐約的亞倫脊椎專科醫院 (Allen Spine Hospital) ，隸屬於哥倫比亞大學醫學院 (Columbia University College of Physicians and Surgeons) 及紐約基督教長老會醫院 (NewYork-Presbyterian Hospital) 之下。醫院規模只有 196 床，但病人卻蜂湧而至，原因是 Dr. Lawrence G. Lenke, MD 率領的脊椎專科醫院醫療團隊進駐於此。

Dr. Lenke 在 2001 年發表了重要的研究結果，在青少年特發性脊椎側彎 (Adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 的 Lenke 分類法 (Lenke classification system for AIS) ，打破 1983 年 King-Moe 分類法只著重影像學冠狀面分析的觀念，並宣告矢狀面分析在脊椎變形的重要性。

Dr. Lenke 的分類法改善了青少年特發性脊椎側彎治療的原則及成功率，他對矢狀面分析的重視，也漸次改變所有脊椎變形的手術觀念。Dr. Lenke 不只處理青少年特發性脊椎側彎，也治療成人脊椎變形 (Adult spinal deformity) 及早發性脊椎側彎 (Early onset scoliosis) ，是脊椎變形專科醫師 (Spine deformity surgeon) 。Dr. Lenke 在脊椎變形的領域，無疑是大師級的人物。此次能近距離向 Dr. Lenke 學習，實在是職的榮耀。

機器手臂用於骨科手術，在上個世紀還只是存在於幻想之中。但 21 世紀初，以色列及美國為首的軍事強國，將軍用衛星科技，轉而應用於醫學領域，改良了傳統機器手臂及導航手術的精準度。近二十年來，商業化醫療用機器手臂應用於脊椎手術進展迅速，研究顯示機器的精準度及速度都能和外科醫師的手並駕其驅，甚至超越之。有了醫療用機器手臂，讓外科醫師能更安全迅速的完成手術，病人也更安全。

Dr. Lenke 率領的團隊約有十名主治醫師，包括骨科及神經外科醫師，團隊主治範圍很廣。Dr. Lenke 以脊椎變形矯正手術為主，另外還有主治頸椎的 Dr. K. Daniel Riew, MD，主治機器手臂微創手術的 Dr. Ronald A. Lehman, Jr., MD，以及多位神經外科醫師主治脊椎硬腦膜內腫瘤及脊椎腫瘤。脊椎專科醫院每年可招收四名臨床研究員，通常是美國骨科及神經外科醫師。在本部李政鴻部長推薦之下，職有幸能至該院成為 Dr. Lenke 之臨床觀察研究員。本次進修主要是向 Dr. Lenke 團隊學習最新脊椎變形矯正觀念及機器手臂在脊椎變形手術的應用。

二、 過程：

在亞倫脊椎專科醫院的學習過程，主要是見習 Dr. Lenke 的手術及門診工作。因為我沒有美國醫師執照，所以沒有辦法刷手上刀近距離觀察手術，也沒有辦法直接向病人問診及身體檢查。雖然沒有辦法直接接觸病人，但在台灣已有診視脊椎病人及脊椎手術的經驗，倒也沒有隔靴搔癢之感。反而因為沒有臨床工作的束縛而得到更大的自由及更多的時間來觀察教授手術及請教問題。

美國的醫生生活步調是很快的，體驗之後，覺得美國人還滿勤奮的。他們醫院的作息是禮拜一早上六點準時晨會，報告前一週手術的病人以及這一週即將手術的病人。然後七點半就去看第一台開刀的病人，病人都是當天住院當天手術，原因是住院費太貴了，一天費用五千至一萬美金不等，所以能少住一天就少一天。沒有晨會的日子也是七點就來醫院開始臨床工作。

八點病人進入手術室，八點半左右麻醉準備完成、進行翻身擺位。Dr. Lenke 是很仔細的醫師，一定會參與手術前的擺位。他的手術都是困難的脊椎變形，所以他本人一定從頭到尾親自完成手術。Dr. Lenke 的團隊很完整，刷手護理師都由同一人擔任，所以相當熟練。流動護理師及廠商隨侍在側，如果需要器械就立刻處理。麻醉醫師及麻醉護理師都有豐富的脊椎變形麻醉經驗，採用全靜脈麻醉以監測神經功能。血液循環師也會協助收集自體血液回輸病人，以減少異體血的需求。術中神經監測團隊在手術全程監測，團隊有醫師及七名技師，能測的項目相當的多，減少術中神經損傷。放射師可以執行術中全身 36 吋 X 光照射以了解目前矯正的狀況，執行術中電腦斷層檢查 (O-arm) 以了解是否有螺釘打出骨頭。機器手臂團隊可以執行雷納生機械手臂之操作，以減少手術時間及增加螺釘精準度。

雷納生機器手臂系統使用很容易，病人在手術前只要做過脊椎的電腦斷層檢查，就可以把影像檔放進雷納生機器手臂的電腦中，做手術前的規劃。醫師可以在電腦上就計畫好即將打螺釘或是骨泥的位置，提早知道螺釘的長度以免傷害神經血管，亦可以在極度變形的脊椎上打入徒手難以放置的螺釘。

一般手術在八點半至九點下刀，大約十點可以把需要的部位顯露完成，然後開始作基本的截骨術 (Osteotomy)，如後柱截骨術 (Posterior column osteotomy, PCO) 等。然後打螺釘，有時使用機器手臂來打，有時徒手打。如果需要做經椎孔椎體間融合 (Transforaminal interbody fusion, TLIF)，就在打完螺釘後做。打完全部螺釘大約中午十二點，用術中電腦斷層檢查 (O-arm) 確定螺釘及所有植入物位置。如果有螺釘位置不佳就立刻重打，也可以用神經監測的方式 (Trigger EMG) 來確定螺釘有沒有傷害到神經根。有的醫師喜歡徒手打釘就比較常有

螺釘位置不好的問題。但是使用雷納生機器手臂系統的醫師倒是很少發生螺釘位置不好或是傷害神經根的狀況。

大約下午一至二點可以完成所有植入物的放置，如果還有需要做更大的截骨術，如經椎弓根楔形截骨術 (Pedicle subtraction osteotomy, PSO) 或全椎體切除術 (Vertebral column resection, VCR)，就架好暫時的連接桿(rod)，再做 PSO 或 VCR。完成所有截骨術後，就開始進行最困難也最危險的矯正，放入連接桿來改變椎體的位置，這時最容易有神經學的損傷，所以神經監測團隊會全神貫注地監測。矯正完成後，如果神經沒有問題，就會請放射師來照射全身 X 光照來確定矯正成果。

如果神經訊號有變化，則需要團隊合作來診斷原因。我在這兩個月看到四次神經學有變化的狀況，Dr. Lenke 都能沉著地鑑別診斷出原因，然後解決之，病人也部份或完全恢復神經功能。這個團隊已經合作十八年，一起度過許多難關，相當成熟。Dr. Lenke 能有今日的成功，團隊互助功不可沒。

如果 X 光檢查沒有問題的話，就會開始植入異體骨作融合術。Dr. Lenke 做融合術的去皮質化 (Decortication) 這個步驟相當講究，一定會磨到骨頭出血才停止，通常會用到好幾支磨鑽。而異體骨材料則是台灣不可及的，每位病人會使用 100-150mL 的冷凍異體骨 (Fresh frozen allograft)，需要時再加上骨塑型蛋白 (Bone morphogenetic protein, BMP) 做更強的融合。用的材料好，所以他們的融合率及手術結果是相當好的。美國花費大量的成本完成融合術，台灣的保險覺得浪費，但是美國得到的成果也是台灣永遠追不上的。

Dr. Lenke 的門診更讓我覺得收穫良多。美國的門診和台灣不一樣，他們講求隱私，所以一個病人一個診間，醫師是換診間看診。而他們也講求高品質，所以一個病人看 15 分鐘算是快的，困難的或是手術前評估則可能談 30-60 分鐘不等，所以一天能看 20 個病人已經很多了。Dr. Lenke 常常都從早上八點看到下午六點，中午不休息。脊椎科的門診相比於一般骨科門診更是困難，除了病史取得比較複雜，還需要做神經學檢查。Dr. Lenke 的病人又常常是十分困難的或是曾經手術過的，所以每個病人對我來說都是從未看過的挑戰。要能完全吸收 Dr. Lenke 的想法十分困難，但是對 Dr. Lenke 來說好像小菜一碟一樣簡單，不常在他表情看到困難或疲憊。跟他的門診收穫良多，雖然整日站著很辛苦，但是就算再累還是會打起精神努力看完。經過兩個月的努力，對於脊椎變形的了解也似乎能接近大師一點點。

三、心得：

1. 醫療用機器手臂用於脊椎手術的精準度是令人信賴的。亞倫脊椎專科醫院用的醫療用機器手臂就是本院使用的雷納生系統。雷納生機器手臂系統，目前廣泛的用在美國，在美國的市場占有率是第一名。各大研究中，雷納生機器手臂系統的準確率等於或超越有經驗的醫師。放置螺釘的精確率達到 97-99%，勝過徒手施打的 91-95%精確率。
2. 脊椎變形矯正手術最重要的事就是需要有強而有力的椎弓根螺釘，此螺釘若能固定椎體前、中、後柱，就能得到最強大的固定力，執行脊椎三維矯正就不是問題。但如果施打位置不良，就容易造成手術失敗。有好的螺釘，就能得到好的矯正率，自然就有好的手術成功率。
3. 使用雷納生機器手臂系統打椎弓根螺釘平均一支只要一分鐘，而傳統技術可能需要五至十分鐘不等。而所有螺釘都事前規畫，只要讓螺釘都整齊的排成一排，架設矯正用的連接桿就變得十分容易，快速打好螺釘及架設連接桿都可以減少手術時間及傷口暴露，除了減少出血量之外，對於手術部位感染 (Surgical site infection) 的減少也有幫助。
4. Dr. Lenke 從事的長節脊椎變形矯正手術，手術時間長，傷口大，一般的感染率為 2-10% 不等，但 Dr. Lenke 本人說他的感染率近五年來已經降到 0.25%。他說減少手術部位感染 (Surgical site infection) 的方法，除了縮短手術時間之外，還有以下傷口內抗生素使用的方法：
 - (1) Dr. Lenke 的常規使用是傷口顯露後先塗 2gm vancomycin 在肌肉層，要關傷口時再塗 2gm vancomycin + 2.5gm tobramycin 在肌肉層。因為 vancomycin 和蛋白質會結合，所以傷口顯露完就可以先塗在肌肉上，直到肌肉吸收後，肉眼看不到粉末為止。這樣藥物會一直作用在傷口處，就算十幾個小時的長時間手術也不用怕。
 - (2) 他說他年輕時做過一個未發表的實驗，但因為 vancomycin 仿單沒有傷口使用，所以當時才沒有發表這個結果。但是目前已經有不少論文指出傷口內使用抗生素可以減少脊椎手術的手術部位感染率。
 - (3) 實驗的過程如下。在 25 個病人傷口內用 vancomycin，術後每天測量傷口引流管和血液的 vancomycin 濃度，結果傷口引流管是平常的 10-20 倍治療藥物濃度，而血液測不到藥物濃度。所以理論上局部用 vancomycin 應該不影響腎功能。
 - (4) 然後再找 25 人用靜脈注射 vancomycin 1gm q12h，術後每天測量傷口引流管和血液的 vancomycin 濃度。結果血液到達治療濃度時，傷口引流管還是測不到 vancomycin。所以他認為傷口使用 vancomycin 用來減少手術部位感染 (Surgical site infection) 效果勝過於靜脈給予。

5. 如何用雷納生機器手臂系統行螺釘再置換。當原來已經有螺釘，而又需要重打螺釘時，術前電腦斷層一定是有螺釘和連接桿的，但又沒有術中電腦斷層 (O-arm) 怎麼辦? 這個技術我在台灣時從來沒有學過，算是比較進階的技術。但是對於亞倫脊椎專科醫院的機器手臂團隊來說是很容易的事，它的解決方式如下：
 - (1) 傷口顯露完後，拿掉連接桿，留螺釘。
 - (2) 此時開始註冊，通常會通過。如果沒有通過可能是分節段 (Segmentation) 出問題，再手動分節段一下，通常會通過註冊。
 - (3) 小心的拔掉螺釘，再用雷納生打新的螺釘。
 - (4) 因為機器是看明暗度及相對位置來導航的，所以要給他一個和術前電腦斷層類似的環境。那如果保留連接桿，就可以得到和術前電腦斷層一樣的環境，但是拿掉連接桿可能造成椎體的位移，造成誤差，所以不建議保留連接桿。

6. 有關骨質疏鬆的成人退化性變形治療：
 - (1) 骨質疏鬆症是雙能量 X 光吸光式測定儀(Dual energy X-ray Absorptiometry, DXA)測得 T score < -2.5 的病人，或曾經有過壓迫性骨折的病人。基本上 Dr. Lenke 是不建議骨質疏鬆症病人開矯正手術的。
 - (2) 如果病人太嚴重需要開矯正手術，或是病人真的願意冒險進行手術，那會建議先用副甲狀腺素造骨促進劑 (Teriparatide, 商品名:骨穩 Forteo) 治療至少 6 個月，原則上進步到低骨量 (Low bone mass, $-2.5 < T \text{ score} < -1$) 才開刀，而且術後至少再接著治療骨質疏鬆症 18 個月。
 - (3) 特例：如果胸椎已經開過刀確定已融合了，而病因是因為腰椎退化性關節炎，那就不論骨密度還是可以開。因為需要融合的節數比較少，而且胸椎上段沒有破壞肌肉，比較沒有近端交界後凸變形的問題。最下節段一定是釘到骨盆，因為骨盆的螺釘很粗不用擔心骨質疏鬆症問題。
 - (4) Dr. Lenke 整理自己的矯正手術案例發現，69 歲以上合併骨質疏鬆症，是最容易有併發症的族群。所以他建議超過 69 歲和骨質疏鬆症不適合開矯正手術。

7. 青少年特發性脊椎側彎 (Adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 的治療心得：
 - (1) Dr. Lenke 近年來已經少用側彎 X-ray (Side bending view) 來確定主要曲線及次要曲線(major and minor curve)。因為他說當時會計他說會設在 25 度的原因是他分析了所有成功和失敗的案例，發現在次要曲線沒有做融合術的成功案例中，其角度大概都落在小於 20-30 度之間，所以以當時的有限的分析方式，就設定了 25 度。但使用側彎 X-ray 照不準確的原因是不同技師照相技術不同，及病人側彎時疼痛，導致每次量到的角度都不會一樣。Dr. Lenke 覺得 20-30 度都是可接受的，不然 24 度和 26 度怎麼辦呢? Dr. Lenke 也用了自己的經驗來決定要不要融合次要曲線。
 - (2) Dr. Lenke 融合的原則是，Lenke 分類是 double major curve 及 type C 如果能夠做選擇

性胸椎融合術 (Selective thoracic fusion) 就做。如果不能，才會固定到第四腰椎以下。但是 Dr. Lenke 發現大部分案例都可以成功固定在第三腰椎之上。所以他又打破了主要曲線必須固定的原則。

- (3) Dr. Lenke 決定最低固定節段 (Lowest instrumentation vertebra, LIV) 是用 Touch vertebra 的方法，他希望放進新的治療準則內，但是理論還沒有完成，所以還沒有發表。Touch vertebra 決定的原則：冠狀面畫出薦椎中垂線 (Central Sacral Vertical Line, CSVL)，線碰觸到最頭端的椎體就是冠狀面的 Touch vertebra。矢狀面在薦椎終板後上角落畫一垂線，線碰觸到最頭端的椎體就是矢狀面的 touch vertebra。綜合以上冠狀面和矢狀面取最尾端那節做為最低固定節段。
- (4) AIS 的最高固定節段 (Upper instrumentation vertebra, UIV) 有公式，看肩高決定第二、第三或第四胸椎，左肩高釘到第二胸椎（多一節可以壓縮左側），平肩第三胸椎，右高第四胸椎。因為大部分主要曲線的凸側在右邊，壓縮右邊造成肩高改變，左變高右變低，所以需要壓縮上胸椎來調整。原本左高，左會更高，所以釘到第二胸椎可以再多壓縮減少左高。原本右高，剛好抵消所以第四胸椎就可以。推出這個公式用在若是用在不常見的凸側在左案例，則剛好相反。
- (5) 但是如果矢狀面不平衡要考量的就更多，因為脊椎三維矯正的觀念，加上我們只在後路做截骨術，所以壓縮側會減少後凸，牽引側會增加後凸。需綜合考量，通常會釘到第二胸椎，可以擁有最多的矯正空間，根據後凸的程度決定何側需壓縮或牽引，或是同時進行。

8. Dr. Lenke 十分注意全身矢狀面平衡 (Global sagittal alignment)，在門診會用顱矢狀垂直軸 (Cranial sagittal vertical axis, Cr-SVA) 和髖部的相對位置來確定病人有沒有全身矢狀面不平衡。再接著分析骨盆入射角度 (Pelvic incidence, PI)，來推估頸椎、胸椎、腰椎及薦椎的矢狀面參數是否足夠。對於胸腰椎變形，最重要的是胸椎後凸 (Thoracic kyphosis, TK) 及腰椎前凸 (Lumbar lordosis, LL) 是否平衡。除了大方向之外，他更會注意局部的角度，希望把病人每個節段都調整回生理應該有的角度，常用的節段分析如下，上段胸椎、中段胸椎、下段胸椎、胸腰椎交界、第一至三節腰椎及第四腰椎至薦椎的矢狀面參數。所以 Dr. Lenke 矢狀面平衡觀念相當細緻，除了全身矢狀面平衡之外，他也注意到每一個節段之間的平衡。近年來，Dr. Lenke 的手術從常做經椎弓根楔形截骨術 (Pedicule subtraction osteotomy, PSO) 或全椎體切除術 (Vertebral column resection, VCR) 等大手術，轉變為八成病患做多節後柱截骨術 (Posterior column osteotomy, PCO) 來矯正，就可以看出他改變了觀念，也改變了作法。除了多節 PCO 比 PSO, VCR 簡單安全之外，另一個目的是多節 PCO 能漸進式的調整回生理應該有的角度，最不會發生近端交界後凸變形 (Proximal junctional kyphosis, PJK) 及近端交界後凸變形 (Distal junctional kyphosis, DJK) 的問題。而 PSO, VCR 的適應症則變成需要極大角度的矯正及局部矯正 (focal correction) 使用。

9. 在某位第四至六胸椎先天性脊柱後側凸 (Congenital kyphoscoliosis) 病人身上，執行非對稱全椎體切除術 (Asymmetric VCR) 步驟：
- (1) 打好所有的螺釘之後，在凹側架上暫時連接桿，暫時固定上三節及下三節。
 - (2) 在需要 VCR 的節段使用高速磨鑽 (High speed burr) 做全椎板切除術，再切除雙側橫突及肋骨頭，再把雙側椎弓根切除。
 - (3) 由於椎體旋轉相當大，所以分出凸側的椎體側面，如果看到椎體節段動脈 (Segmental artery) 可以使用雙極電燒處理之，以減少出血。
 - (4) 使用高速磨鑽及骨刮匙 (Curette) 經椎弓根，移除所有海棉骨。把椎體前壁及外壁磨得越薄越好，但是不可以破。再用器械打斷椎體後壁，用咬骨鉗把碎骨清除。
 - (5) 使用壓縮器械 (Compressor) 先縮短先前的凹側暫時連接桿。在凸側面架上二節及下二節暫時連接桿以維持矢狀面。再拿掉凹側暫時連接桿，換上全長的凹側永久連接桿，用旋棒、牽引 (Distraction)、壓縮 (Compression) 等技術矯正後側凸變形。
 - (6) 移除凸側面暫時連接桿，在全長的凹側永久連接桿狀況下，放置椎體間融合器在 VCR 處以完成椎間融合，使用壓縮器械 (Compressor) 固定之。
 - (7) 架上全長的凸側永久連接桿，用器械微調連接桿弧度。再加上第三及第四支連接桿，完成手術。
10. 在某位第四至六胸椎先天性脊柱後側凸 (Congenital kyphoscoliosis) 病人身上執行術中神經監測 (Intra-operative neuromonitor, IONM) 的重要性：
- (1) 因為這個病人七年前第一次手術後就癱瘓了，經過兩年的復健治療，即使最後有回復大部分功能，但還是有永久的訊號異常。所以基準的運動及感覺訊號都不正常，也不強。波形的判斷不容易，所以從手術一開始，神經內科醫師一直在旁監測。
 - (2) 開始傷口顯露後，就發現訊號比較弱一點，可能是低血壓導致脊髓灌流不佳，或手術擺位導致脊髓壓迫。
 - (3) Dr. Lenke 先做腰椎及下胸椎的多節 PCO 時就發現右下肢運動訊號消失了，只剩右腰肌及右足還有微弱的訊號，但感覺訊號和手術前差不多。術中升血壓及神經減壓都做了，效果有限。因為微弱的運動訊號一直存在，沒有消失，而且感覺訊號沒有改變，神經科醫師建議使用下行神經源性誘發電位 (Descending Neurogenic Evoked Potentials, DNEP) 來定位脊髓病變位置，定位結果是第一胸椎以上沒有訊號，但是第六胸椎以下有訊號，所以 Dr. Lenke 初步排除腰椎及下胸椎問題，應該是第四至六胸椎後側凸導致，決定再繼續後側凸矯正手術。
 - (4) 而完成胸椎後側凸的全椎板切除術後，再使用 DNEP 定位，結果是可能在第四至六胸椎之間的脊髓病變，正好是變形頂點位置。所以只要把脊髓完全減壓，減少變形角度，完成 VCR 就有可能會回復。但如果微弱的信號一旦消失，則可能要有永久的神經損傷。

- (5) 脊髓已經損傷，重點不是趕著做，反而要更加「冷靜、小心、找原因」。Dr. Lenke 動作更加小心，花了約三小時完成第四至六胸椎 VCR，之後下肢的運動訊號有回來一點點。
 - (6) 隨著時間過去，下肢運動訊號有越來越好，雖然和術前的基準還有一段距離，但此時可以很有信心的不需要做喚醒測試。
 - (7) 術後一天，左下肢肌力和術前一樣，右下肢較術前弱一點。經過復健應該有可能回復。
11. 在某位第四至六胸椎先天性脊柱後側凸 (Congenital kyphoscoliosis) 病人手術後心得：
- (1) 只有脊髓挫傷才需要提早結束手術。這個病人第一次術中癱瘓了，手術緊急中止，以現在的技術及原則是錯誤的。癱瘓對病患的生活影響相當大，要不是他還年輕，應該可能無法回復。Dr. Lenke 說病患做了兩年的復健後，還可以走路真是奇蹟。
 - (2) 如果只是因為脊髓牽引、壓迫造成脊髓損傷，訊號消失，那應該要更“冷靜、小心、找原因”，完成手術，減少神經壓迫，讓信號可能恢復。但做到何時需停止手術，需經驗。而訊號消失的巨大壓力，對外科醫師來說很難承受。只有完全了解目前手術的狀況，神經監測的原理，麻醉的狀況，還有經驗，才能下正確的決定。
 - (3) 體感覺誘發電位 (Somatosensory evoked potential, SSEP) 很敏感，可能會因血流、體溫、姿勢而改變。運動誘發電位 (Motor evoked potentials, MEP) 很重要，但是沒有標準值只有參考值，所以判斷不易。下行神經源性誘發電位 (Descending Neurogenic Evoked Potentials, DNEP) 是定位術中脊髓損傷的好工具。但是本質上 DNEP 是用感覺的路徑，不是運動。要得到真實的運動訊號需要刺激大腦皮質才能得到。所以如果感覺訊號也消失，DNEP 也可能異常，這點在判斷上還需要更小心。
 - (4) 術中神經監測團隊需要五年磨合。至少需要二年訓練。要訓練好一支自己的隊伍相當重要，也得來不易。

四、 建議(包括改進做法)：

這次能到美國向世界知名的 Dr. Lenke 學習脊椎變形矯正，要感謝臺中榮總院長及各級長官讓職有機會出去看看，感謝骨科部部長李政鴻主任的引薦 Dr. Lenke，吳蘊哲醫師協助聯絡 Dr. Lenke 的秘書，及部內各同仁在出國期間的幫忙，讓職在國外的這段時間沒有任何擔心，能夠專心致志向 Dr. Lenke 學習。

經過這次的學習，發現我們對於脊椎變形手術方面，基本技術都能了解及熟練。但是我們反而對於整體矯正觀念這個大戰略方向，目前比較沒有辦法完全了解透澈。職認為問題可能在於美國很重視脊椎變形矯正術，所以他們投入了很多醫師研究、很多資源及手術衛材增加成功率(如新式螺釘及大量異體骨融合)、很高的保險給付。所以美國脊椎外科有很多醫師願意投身其中，執行困難又高風險的手術，希望改善病人的不適。而美國醫師也能在手術的經驗中，對整體矯正觀念一直修正進步，幾十年的經驗及知識累積自然成為世界脊椎變形矯正的領頭羊。而台灣相關醫療人材及手術衛材都不足美國，目前亦沒有術中神經監測團隊協助減少術中神經損傷機率，保險給付的衛材和手術費也大大不如美國，所以目前我們沒有辦法得到穩定的手術結果。如果台灣沒有人執行這種手術，我們將越來越落後美國，這是我們還要努力的方向。職提出一些可以改進的做法，希望本院的脊椎變形手術能更加進步。

雷納生機器手臂系統在脊椎手術已經是可以穩定施行的技術，手術醫師只要了解機器手臂運作原理，就能很容易操作機器成功完成手術。本院目前機器手臂技術才剛起步，還有許多需要學習的地方，比如在困難脊椎變形的應用、翻修手術困難植釘的應用、微創手術的應用。這些除了需要有國外有經驗的醫師指點之外，還需要回國後的實戰經驗累積。職回國後將提高雷納生機器手臂系統的使用率，熟練後就面對各種困難案例相信都不是問題。

減少手術部位感染 (Surgical site infection)是目前世界的潮流，傷口使用抗生素 vancomycin 已經有不少文章證明可以減少脊椎手術部位感染。Dr. Lenke 的手術配方並不會增加很多醫療成本，但如果能降低手術部位感染，將減少治療傷口感染的巨大成本及病人的痛苦。職建議骨科部可以和感染科醫師共同研擬屬於本院的傷口內使用抗生素的治療配方，及日後評估療效的研究計畫，共同減少手術部位感染的發生。

全身 36 吋 X 光，是可以照全部脊椎及全部骨盆的正面及側量照的 X 光技術，在術中可以看到最立即的矯正結果。本院放射線部在門診可以精準執行該項檢查，但是在手術室因為空間狹窄、又得兼顧手術無菌面、及手術室的機器精準度不佳，所以就無法在手術中完成。希望能有更好的方法，能夠執行術中的全身 36 吋 X 光，以增加手術品質。

脊椎變形手術的神經功能很重要，術中監測神經功能不只是保護病人的功能，也在保護醫師免於醫療糾紛。監測團隊不只是神經科醫師及技師，還有麻醉科的麻醉方式還有主刀醫師。職體會最深的就是主刀醫師通常很難承受神經受損的巨大壓力，但是 Dr. Lenke 創立一個團隊，支撐著他，讓他能有所依據地向前走，最後突破難關。職認為只有主刀醫師及團隊完全了解目前手術的狀況、神經監測的原理、麻醉的狀況、還有足夠的經驗，才能在這麼大的壓力之下做出正確的決定。所以職建議骨科部能建立自己的神經監測團隊以減少手術風險，向神經科及麻醉科合作以增加經驗及品質。以三至五年的時間磨合及訓練，希望在脊椎變形術中監測方面，能接軌國際，保障品質。

另外職也建議國內有志投身脊椎變形矯正的醫師，能夠一起向外國學習最新的觀念和作法。雖然台灣醫療受限於保險、設備及使用衛材的限制，沒有辦法向美國一樣以高額經費購置先進儀器，高額醫療費使用無上限的衛材，以追求現今科技可達成的高成功率。但是我們應該還是能把最新的觀念帶回來，以免落後美國太多。目前我們也可以選擇台灣的陽春版保險做得到的手術，幫助病人。等高級的儀器及衛材進台灣之後，台灣醫師就像撿到槍，立刻可以上手使用，直追國際水準，才是病人之福。