

不同型式人工頸椎椎間盤對頸椎活動度與椎體間應力分佈的有限元分析

簡元禹 楊世偉 陳敏弘 陳志杰

國立陽明大學醫學工程研究所

E-mail:foxpikachu@yahoo.com.tw

摘要

人工椎間盤除提供頸椎適當的活動度外，並可避免了上下鄰節的不當受力而老化。然而人工頸椎椎間盤為近年之產品，其使用效果尚在評估中，但是鮮有相關之生物力學研究。本研究的目的即使用電腦數值模擬-有限元素法，探討市售頸椎人工椎間盤Bryan Disc、Prodisc-C 與Prestige 其椎體活動度與應力分佈情形，作為新型椎間盤設計的參考。

結果顯示在頸椎人工椎間盤的植入模擬，鄰節椎間盤的活動度與應力沒有增加的現象，但是在C5 椎體卻會有較大的活動度產生，特別是在Prodisc-C 的植入更導致小面關節的應力增加。因此，從現有的數據顯示Bryan Disc 此種多關節設並包含PU 或PE 髓核的人工椎間盤，對頸椎的生物力學特性有較好的結果。

關鍵字：人工頸椎椎間盤置換、有限元、位移控制

一、緒論

對於頸椎椎間盤退化及損傷的治療，最普遍的方法為補骨融合手術，這手術方法在臨床上已證實可舒緩病人的疼痛，但是卻有鄰節椎間盤加速退化的情形¹。同時，不論是大體測試或是數值分析的方法，都發現鄰節椎間盤的應力都有上升的現象²。於是，現在更研發出使用人工椎間盤，替換原先退化或損傷的椎間盤。目前市面上已研發出多種廠牌的人工椎間盤，而在近年才開始使用在人體上，現有的文獻，大多對個案進行長達兩年的觀察，進而比較椎間融合與人工頸椎椎間盤置換的差異^{3,4}，結果主要都顯示在置換當節維持了正常的活動度，但在鄰節的活動度會有些微的增加。此外，目前利用有限元素法做研究的文獻，大多為單節置換的模型，並且使用「負載控制」作為邊界條件⁵。因此，本研究將使用多節頸椎模型進行頸椎融合與人工頸椎椎間盤置換的模擬，以分析頸椎在經過手術治療後對其生物力學特性所造成的影響。

二、研究方法

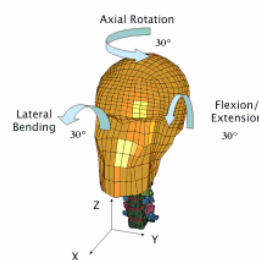
以現有的頸椎模型為頭部至 T1(圖一)椎間融合的模擬，在之前的研究中，已經透過墜落測試以及鞭甩測試的驗證，而本研究將會以 Panjabi 發表的文獻比較本研究針對其各節椎體間的活動度去做驗證⁶。椎間融合的模擬是將頸椎模型中 C5~C6 間的前縱韌帶與纖維環移除，而人工頸椎椎間盤的模型則是選擇 Bryan Disc、Prodisc-C 與 Prestige 作植入的模擬，透過專利與型錄得知外型與尺寸，而後建立 CAD 模型並

加以網格化。

在本研究中，為了分析頸部在同樣彎曲角度下，完整頸椎、椎間融合與人工頸椎椎間盤置換的差異，因此使用 LS-Dyna 進行動態有限元分析，以「位移控制」作為邊界條件，使頭部對 T1 底部中心作 30° 之旋轉位移，使頸椎彎曲、伸直、側向彎曲及軸向旋轉的動作(圖二)，並比較各節椎間盤與小面關節受力、各椎體間的活動度與頸部徑度。其中，椎體間的活動度是透過各節椎體的「區域座標」並使用尤拉角作計算，此方法可便於觀察軸向旋轉與側向彎曲時的耦合運動。



圖一 現有之頸椎模型(Head~T1)



圖二 施加於頭部使頸部作動之邊界條件

三、結果與討論

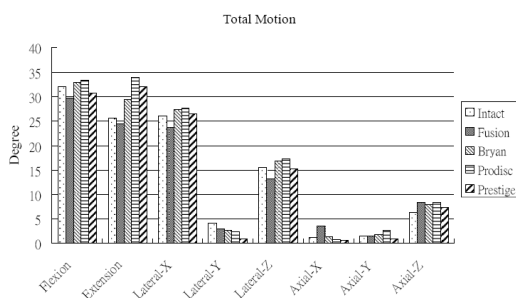
(一)椎體活動度與椎間盤受力

在彎曲的動作下，頸椎融合模擬的模型在融合的鄰節 C4~C5 與 C6~C7，活動度與椎間盤應力與完整的頸椎模型相比，都有增加的現象。而在不同類型的人工頸椎椎間盤植入後，在置換當節的活動範圍有上升的情形，然而在鄰節的結果則是與完整頸椎相近。

在伸直的動作時，由於小面關節也提供了支撐的作用，因此頸椎融合並沒有造成鄰節活動度與椎間盤應力明顯的改變，反倒是在人工頸椎椎間盤植入的模擬下，由於前縱韌帶的移除，並且在頸部周圍沒有軟組織與肌肉的包附，所以會有分離的現象。

在不同類型的人工椎間盤置換，以 **Prodisc-C** 植入後的椎間盤會擁有最大應力，這顯示此種類型的關節設計會提供較多的活動度給頸椎，然而，這也代表著所擁有的穩定度降低。

在頸椎整體的活動度中，可發現當融合模擬的頸椎，除了軸向旋轉的動作外，其餘動作的活動度都有下降的趨勢，這代表著當頸部經過融合手術後，確實會降低頸椎的活動範圍。而在不同類型人工頸椎椎間盤置換的情形下，整體頸椎的活動度皆與完整頸椎相似，除了在伸直動作下，由於人工頸椎椎間盤會有分離的情形產生，所以整體活動度有明顯增加。

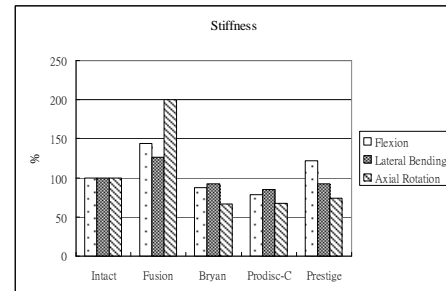


圖三 C3 椎體在不同動作與不同模擬下的整體活動度

(二)頸部勁度

頸椎的勁度值同時表示了活動度與穩定度，在本研究是透過存在於 C3 椎體的力矩變化與其活動度的關係所得知(圖三)。以完整頸椎的勁度作為標準(100%)，而後比較椎間融合與人工頸椎椎間盤置換的模擬，在不同運動時勁度增加或減少的比例。從活動度的結果可得知在本研究的模擬中，椎體在頸部伸展的動作時會有分離的現象，因此主要觀察另外三種動作下的結果。當頸部經過融合模擬後，不論是在彎曲、

側向彎曲或軸向旋轉的動作，其勁度都較完整的頸椎增加，特別是在軸向旋轉時甚至高達 2 倍的增加。在 **Prestige** 的植入下，由於其金屬對金屬的接觸設計，沒有像 **PU** 或 **PE** 的緩衝效果，因此頸椎的勁度會上升。但是在 **Prodisc-C** 頸部人工椎間盤植入後，勁度值的下降最為明顯，也呼應了植入此人工椎間盤活動度上升的結果，即穩定度的降低(圖四)。



圖四 頸部在彎曲、側向彎曲與軸向旋轉時的勁度

四、結論與建議

當頸椎經過融合模擬後，在彎曲與側向彎曲的動作時，鄰節的椎間盤會有最大的 **von-Mises** 應力值。而雖然經過人工頸椎椎間盤置換後，鄰節椎體的活動度與椎間盤應力都沒有增加的情形，但是因為人工頸椎椎間盤的關節設計，使置換當節的活動度增加，特別在 **Prodisc-C** 植入後，此現象最為明顯。而在伸展動作下，頸椎植入 **Prodisc-C** 後的小面關節受力，也較另外兩種人工椎間盤高。然而在 **Prestige** 此種金屬對金屬的關節設計，由於少了 **PU** 或 **PE** 的緩衝，使頸椎的勁度上升。因此，從本研究現有的結果推論，**Bryan Disc** 植入可提供頸椎較好的效果，即人工頸椎椎間盤的設計以多關節設計與金屬對 **PU** 或 **PE** 的接觸面較佳。

五、參考文獻

- [1]. Hilibrand, AS and Dina TS, *Orthop Clin North Am* 29(4): 591-601, 1998.
- [2]. Maiman DJ, Kumaresan S, et al., *Biomed Mater Eng* 9(1): 27-38, 1999.
- [3]. Goffin J., *Neurosurgery* 51, 2002.
- [4]. Duggal, N, et al. *Neurosurge* 17(3): E9, 2004.
- [5]. Galbusera F, et al., *Biomech Model Mechanobiol* 5(4): 253-61, 2006
- [6]. Panjabi, et al. *Spine* 26(24): 2692-700, 2001.