

脊椎終板之靜水壓抗壓強度與破壞模式分析

王奇文 曾雯莉 徐于鈞 王兆麟

國立台灣大學

摘要

將椎間核替代物或可刺激細胞再生的物質以注射的方式注入椎間核，是新一代治療椎間盤退化的方法之一。了解椎終板的靜水壓抗壓強度與液體在椎間盤內的擴散模式，可決定此治療方式的有效性以及適合此方法的病人篩選準則。取得17個人體腰椎以及8個豬腰椎，將顯影劑(2ml) 注射入椎間盤，量測椎終板的飽和壓力，並以電腦斷層掃描儀拍攝注射過程。以影像分析程式將電腦斷層影像重建成三維模型後，分別從椎終板的橫切面及椎間盤的正中冠狀切面觀察顯影劑的洩露路徑。最後以迴歸分析法計算並檢驗人體椎終板飽和壓與椎骨骨密度的線性關係。結果顯示人體椎終板的飽和靜水壓強度小於豬隻椎終板，並且與椎骨骨質密度呈線性正相關。顯影劑大部分由椎終板的中央區域或是椎骨的骨刺生成處流出。

關鍵字：椎終板、電腦斷層掃描影像、骨密度、靜水壓

一、緒論

隨著再生醫學的興起以及組織工程技術的進步，將液態椎間核替代物或可刺激細胞再生的物質以注射的方式注入椎間核，成為新一代治療椎間盤退化的方法之一。椎終板是液態椎間核替代物的主要承載體，因此了解椎終板的靜水壓抗壓強度以及液體在椎間盤內的擴散模式，將有助於決定此治療方式的有效性以及適合此方法的病人篩選準則。椎終板靜水壓的量測目前並無法在活體進行，因此必須以另一種臨床上常用的量測參數，來推測病人的椎終板強度。椎終板依組成成份可分為骨質椎終板(osteous endplate)和軟骨椎終板(cartilage endplate)兩部分，骨質椎終板亦會隨年紀增長而有骨質流失現象，因此椎骨骨密度是推測椎終板強度的合理選擇，但兩者間的關係目前尚未明確地建立。本研究的目的在於比較年輕椎終板與老化椎終板的破壞強度，並建立人體椎骨骨密度與椎終板破壞強度的關係。最後以電腦斷層影像來分析液體於椎間盤內的流動情形，以及從椎間盤以及椎終板洩露的位置。

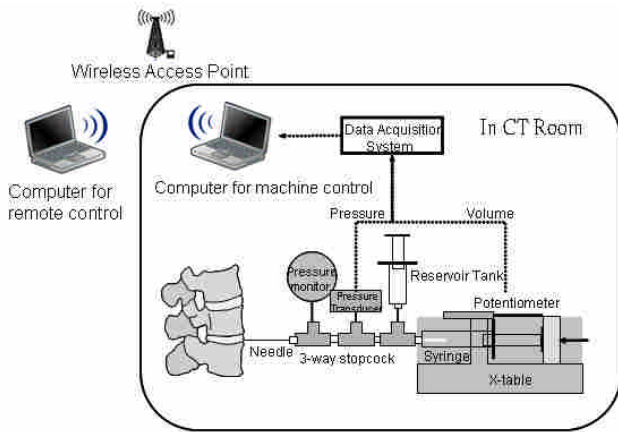
二、研究方法

實驗試樣為人體腰椎椎間盤(n=17)以及豬隻腰椎椎間盤(n=8)。經骨質密度測定儀(DEXA)掃描後，得到人體腰椎平均骨質密度為 0.82 g/cm^2 。豬隻試樣平均六個月大，可比擬年輕人的椎間盤。本實驗假設注射入椎間盤的液體最後會從椎終板洩露，因此以椎間盤的飽和壓代表椎終板的破壞強度。椎間盤的飽和壓量測系統包含「椎間盤內液體體積-壓力」量測儀(quantitative discomanometry, QD)，與可程式控

制的針筒注射器和資料擷取系統(圖一)。實驗在電腦斷層掃描室內進行。首先將試樣與椎間盤飽和壓量測系統放置於電腦斷層掃描平台上，穿刺針由椎間盤前側(anterior)中點穿刺進椎間核。以電腦遠端連線的方式，在電腦斷層室外同時啟動飽和壓量測系統與電腦斷層掃描機後，針筒注射器則以 1ml/min 的速度將 1ml 顯影劑注射入椎間核內，與此同時，電腦斷層掃描機也以每秒 16 張的速度，進行為期 1 分鐘的掃描。電腦斷層動態掃描範圍(field of view)為 $16\text{cm}^2(4\text{cm}\times 4\text{cm}, 512\times 512 \text{ pixels})$ 。每一個椎間盤共進行 2 次飽和壓的量測。由 QD 系統得到的針筒的位移與壓力資料，可轉換為「體積與壓力關係曲線」。曲線中最大的壓力定義為飽和壓力。

另一方面，利用自行撰寫的影像處理程式，將顯影劑注射過程的電腦斷層掃描影像重建成三維立體影像後，沿著椎終板表面切出上、下椎終板的橫切面(transverse section)，以及沿著椎間盤中線，切出椎間盤的冠狀切面(coronal section)。從前者可分析顯影劑在椎終板的流動情形，由後者可分析顯影劑於椎間盤內部的流向。

採用重複量數(repeated measures)比較兩次顯影劑注射後椎間盤內飽和壓力的變化，並且比較人體和豬隻椎間盤飽和壓力的差異。利用顯影劑第一次注射後測得的飽和壓以及椎骨的骨密度，以線性迴歸分析計算兩者的線性迴歸公式，並檢驗其線性度。以 $p<0.05$ 視為顯著。



圖一 「椎間盤內液體體積-壓力」量測機台示意圖

三、結果與討論

人體椎間盤的飽和壓力顯著小於豬隻椎間盤的飽和壓力，無論是人體試樣或是豬隻試樣，第一次注射時的飽和壓力都高於第二次注射時的飽和壓力(表一)。

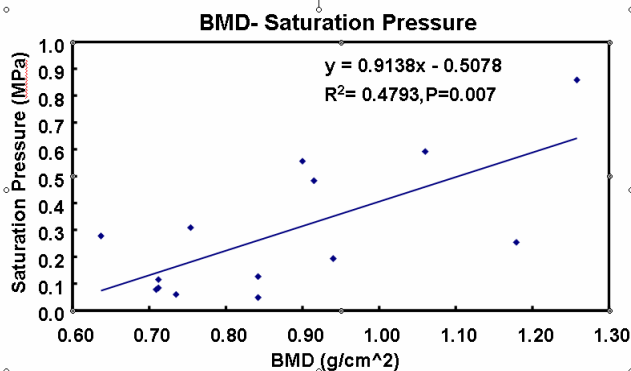
表(一) 試樣的平均飽和壓以及統計 p 值

	豬椎間盤	人椎間盤	P value
第一次飽和壓(MPa)	3.59 (0.42)	0.29 (0.25)	p=0.000
第二次飽和壓(MPa)	2.18 (1.33)	0.23 (0.19)	P=0.000
P value	P=0.000	p>0.05	

人體腰椎的骨質密度與第一次注射時所獲得的飽和壓力呈現線性正相關，如圖二所示，試樣的骨質密度(x)散佈在 0.6~1.3 g/cm²，對應的飽和壓力(y)介於 0~1 MPa，兩者具有顯著的線性關係(p=0.007)：

$$y = 0.8606x - 0.5155$$

由此證明骨質密度對椎終板強度的預測具有可信度，造成此結果的原因可能是骨質椎終板的骨質隨年齡增加不斷流失。



圖(二) 人體試樣的飽和壓力與 BMD 關係圖

由椎間盤的冠狀切面可觀察到，15 個椎間盤中有 14 個椎間盤內的顯影劑最後流向椎終板；若椎骨上有骨刺生成，骨刺也是顯影劑的流出破口之一。從椎終板的橫切面可觀察到，30 個切面中有 20 個顯示椎終板的中間區域有顯影劑穿透的路徑。此結果證明椎終板的強度以中央區域最弱，因此推測椎間盤的液體傳輸(convection)路徑應以中央為主，與養分傳輸路徑相同(Fagan et al., 2003)。

表(二) 顯影劑橫切面流向統計表

	橫切面(n=30)		冠狀切面(n=15)			
	中間區域	周圍區域	骨刺/終板	椎間盤/終板	終板	無
個數	20	10	6	6	2	1

四、結論與建議

本研究顯示，退化後的椎終板強度降低，以中央區最弱，因此未來對老年病患施打椎間核替代物質時，應審慎考慮注射物的體積和重量。臨床上，可用患者的椎骨骨密度做為篩選適合接受注射椎間盤替換物質的病人標準。

五、參考文獻

Fagan A, Moore R, Vernon Roberts B, et al. ISSLS prize winner: The innervation of the intervertebral disc: a quantitative analysis. *Spine* 2003;28:2570-6.

六、致謝

本研究感謝國科會(NSC 97-2628-E-002-224-MY2)之研究經費支持)。