

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

量化胸腔電腦斷層與磁振造影檢查

Quantitative Chest Computed and Magnetic Resonance Imaging

計畫編號：NSC 90-2314-B-002-416-Y

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：張允中 國立台灣大學醫學院放射線科

共同主持人：蘇振隆 中原大學醫學工程研究所

李瑤華 國立台灣大學醫學院放射線科

陸希平 國立台灣大學醫學院外科

一、摘要

胸部電腦斷層攝影 (computed tomography, CT)，尤其使用螺旋式 CT，能夠提供三維肺臟影像，並對於各種不同肺臟實質的病變，提供診斷的依據、處置疾病的方向與追蹤疾病的變化。肺臟疾病的診斷主要基於形態特徵、對於肺臟實質之定量分析，包括肺體積、呼吸道截面積、血管壁厚及肺臟實質之衰減值，是十分重要，而這些變化以目視是不敏感的。本研究發展一基於肺臟 CT 影像之肺功能參數擷取與分析系統，並由分析中獲得之參數對照傳統肺功能分析。在肺臟型態分析上包括肺支氣管壁、截面積及肺氣腫程度參數等。而藉由研究系統的開發與發展，對於肺量及肺臟動態形態之動態變化，有極大幫助。本研究並測試磁振造影在正常志願者所得肺量之變化。初步結果顯示，CT 定量分析肺量、pixel index、bullae index、支氣管壁厚等對於日後之分析應可提供重要知識及數據，MRI 在肺量上相對於傳統檢查數據，但由數實驗仍需進一步研究。

關鍵詞：電腦斷層掃描影像、肺、三維影像、肺功能、磁振造影

Abstract

Chest computed tomography (CT) provides three-dimensional (3D) information of the lung parenchyma, which is more

enhanced with the use of spiral or helical scanner. Diagnosis of lung disease is based on the morphologic features. Quantitative measurement of lung parenchymal changes, including lung volume, cross-section area of airway, bronchial wall thickness and parenchymal attenuation, is important to detect subtle morphologic change which is insensitive to human eyes. In this study, we develop a system for analysis of pulmonary images, including imaging archiving, segmentation, measurement and volumetric processing. Validation of the CT measurement of bronchial wall and correlation of pulmonary function test were performed. Dynamic evaluation of high-resolution CT (HRCT) was also obtained to quantitatively measure both morphologic and volumetric change in full inspiration and expiration. In addition, volume correlation of lung volume in full inspiration and expiration in three volunteers was obtained with magnetic resonance imaging (MRI).

Our results showed linear correlation between CT determined and spirometrical data in vital capacity. We concluded that quantitative analysis of pulmonary CT

imaging is important to detect subtle image change and correlate well with total lung capacity.

Keywords: computed tomography, lung, three-dimension, pulmonary function, magnetic resonance

二、研究背景與目的

傳統肺功能評估以肺量測量法 (spirometry) 來評估，此數據所反應的為整體肺功能，而對於部份肺部異常或較小受損肺部，則在肺功能檢查會無法測知。胸部電腦斷層 (computed tomography, CT) 影像對於胸部影像及解剖學提供了三維的了解，對於各種不同肺臟實質的病變，提供了臨床診斷的依據、處置疾病的方向與追蹤疾病的變化[1-3]。

在高解晰度胸部電腦斷層檢查 (high-resolution CT, HRCT) 則與巨觀病理學檢查有十分高的相同性，在間質性肺臟疾病 (interstitial lung disease) 有十分重要的臨床價值[4]。結合胸部電腦斷層的特性與典型正常肺臟的電腦斷層密度值分辨正常與不正常肺組織的型態為定量分析胸部電腦斷層之基礎，並可作肺功能之評估[5-6]。

由於肺臟內部相當複雜，內含有許多的組織如氣管、血管、支氣管束等，因此在國外有不少有關於肺臟組織的辨別及肺臟腫瘤偵測之相關文獻，這些研究利用解剖學上面的定義以及在不同組織在 CT 影像上面所表現的灰階值的差異來進行分析。

因此本研究利用影像處理技術來對於 CT 肺臟影像進行分析，配合三維肺臟影像之成像技術進行肺部型態分析及肺功能參數擷取，藉以提供臨床醫師在肺臟疾病上的診斷輔助。由於磁共振造影檢查 (MRI) 具有無輻射之優點，且能提供胸腔影像，本研究中也嘗試比較 MRI 所得之肺臟體積。

三、研究方法

本研究流程如圖 1 所示，利用 Spiral CT 所照射之病人肺臟 CT 序列影像，取得其所產生的 DICOM (Digital Imaging-archieving Communication in Medicine) 檔案，直接讀入系統當中計算分析。透過影像處理函式：window level、二值化、細線化及空間濾波器，對影像進行影像增強、半自動化影像分割等處理函式後取得肺臟或其他組織之邊緣輪廓點。將其輪廓點輸入利用 OpenGL 繪圖函式的支援及 Marching Cube 三角形產生之演算法來形成 surface render 之三維物件，並可計算肺部容積參數。

另一部份則是將 12 張的 1mm 厚度之 HRCT 切片影像透過區域成長、Ray-casting、Voxel-highlight 等影像處理函式，取得病患之氣管壁厚度、氣管截面積、氣管中心點及走向角度變化、肺氣腫程度參數 (BI) 等量化數值。志願受測者同時接受傳統肺功能之檢查，藉以獲得肺功能之相關參數 (如最大呼氣量、肺部體積、FEV1、FVC 等)。這些參數與上述經程式所擷取之參數間比較及正規化後，進而尋找出經由電腦輔助分析影像後，即可獲得之肺功能輔助評估參數。

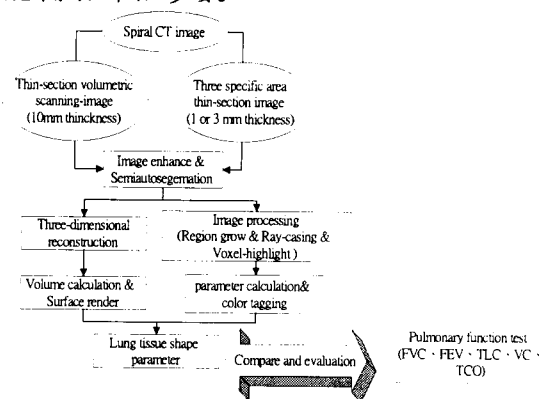


圖 1、本研究之研究流程

MRI 檢查部份，則使用最大吸氣狀態及最大吐氣狀態之橫切面影像，波序為 2D FLASH，無心電圖導引及無顯影劑注射。總共 3 位受試者，同時並獲得肺功能測量。

四、研究結果與討論

本研究設計一肺臟 CT 影像參數的擷取系統，透過此系統可以讀取 spiral CT 所照射之肺臟 DICOM 影像，使用自行開發

之影像處理函式加以處理後顯示，並可以透過親善的使用者介面來進行參數擷取動作。圖 2 便為本系統之主畫面。

圖 3 為參數計算及三維影像顯示之介面，此介面主要提供有：三維影像顯示(輪廓、Marching cube 貼圖)、三維物件旋轉、二維影像瀏覽(分為：原影像、邊緣點、二值化肺部區域、原肺部圈選區域)、影像雜訊消除(區塊消除、區域成長消除)、line profile、參數運算(肺容量參數、氣管壁厚度參數、氣管截面積、氣管中心點、氣管角度)等功能。

為了確定系統之顯示、參數計算是否可以真實的提供影像資訊，而且能與傳統肺功能的檢查結果診斷有所符合，因此設計了影像假體及玻璃管假體來進行測試。並經由測試得知系統參數之計算是相當正確後，才對實際取得之正常人及病患影像進行參數測量，透過系統計算參數及傳統肺功能檢查參數間之比較來探討系統之可行性，以及兩類參數間之相關性。另外並進行正常人及病患間計算參數比較，探討系統計算參數所表現出之病理因素，最後針對實際測量上所遭遇的問題作一討論。

在實際測量肺活量的實驗中，本研究取得五位正常人的 CT 影像，五位正常人為 4 位男性及 1 位女性，年齡分佈在 29~24 歲，均無抽煙之習慣，並在照射 CT 影像之前進行傳統肺功能之檢查，兩項檢查時間前後相差不到 2 小時，主要是為了避免兩項檢查參數因為時間變異而造成肺功能上的差異。此外，所有受測者均必須接受照射兩組影像：一為吸氣吸到飽即閉氣之序列影像，主要是希望反應出最大吸氣量時之肺容積；另一則為吐氣吐盡即閉氣之序列影像，主要是反應最大吐氣後之殘餘肺容積，並透過以上兩項容積之相減，應能得到肺活量。圖 4 將五位正常人之兩組影像透過系統計算後所得到的最大吸氣量時之肺部容積(TLC)、最大吐氣時之殘餘容積(RV)、相減所得之肺活量(VC)等參數值，並與傳統肺功能所計算出之三項參數作一比較，表中實際值所代表為利用傳統肺功能所測出之結果，計算值為系統讀入影像計算所得之結果。

針對 TLC 及 RV 及 VC 的測量上主要

誤差的原因，與之前進行假體評估時所遭遇到問題是相同的，而且除了部分體積效應、voxel 近似的誤差外，研究也發現到實際測量上的困難點。當對正常受測者要求必須吸氣吸飽而閉氣照射影像上較無太大問題，但在吐氣吐盡末端閉氣接受照射時，常會有受測者無法吐氣吐盡或無法閉氣撐到照射時間結束的情形，這兩種情形都很容易造成影像上的誤差，因而造成計算上的錯誤。另外，由於人在躺著的時候，肺部無法如坐著或站著時般擴張，所以吸氣量及吐氣量均無法到達坐著或站著時的程度，而傳統肺功能檢查時是坐著進行測量，而照射 CT 影像時則必須躺在受測台上，因此其兩者所測量出的肺活量仍有本質上的差異。

BI(bullae index)參數主要是反映出肺氣腫病患的嚴重程度，因此此部分也是針對四位正常人及兩位病患的影像來進行分析，病患均經臨床醫師判斷具有肺氣腫的症狀。每位受測者所照射的影像為 1mm 厚度，所選取區域為 lung zone 的三個區域，每個區域選取 4 張共 12 張影像來進行分析，且 voxel-highlight 所使用之閾值為-1000~-950。結果針對四個類別(class 1~4)分別計算出區塊數目、點數、所佔全肺之比例、PI 參數及 BI 參數等來進行比較。

從研究後可以得知病患與正常人在 class 1 及 class 2 及 PI 均沒有明顯的差異，而在 class 3 及 class 4 上則是有所差異，尤其是病患 1 所取出之那三張影像及病患 2 的影像組在 class 3 及 class 4 的數值更是高於正常人，且 BI 參數在定義時便對於 class 3 及 class 4 的比例加權值較高，因此透過運算後更能夠突顯出肺氣腫病患及正常者在影像上的差異性。

圖 5 為兩名病患經過 BI 參數運算後所呈現的 color tagging 圖示，其中(a)為程度輕微者；圖(b)為程度嚴重者。

由病理上來探討，由於肺氣腫的病患會因為患病的嚴重程度而影響到其肺泡合併的程度，當病況越嚴重時，其肺泡所合併的區塊也就越大，因此其影像上大區域的大小及點數也會增加。這個參數便是針對肺泡區域的 CT number 作選取，因此透過區域成長對於區塊的大小及數目進行運

算後分類為四種大小不同的區域，是與病理學及影像特徵上相當符合的，也因此能夠正確的表現出肺氣腫程度。

有關於 MRI 所測得之肺體積與肺功能所測得之 Vital capacity 之數值，如圖 6。由於病人為平躺測試，因此肺量數值較少，但呈現線性相關。

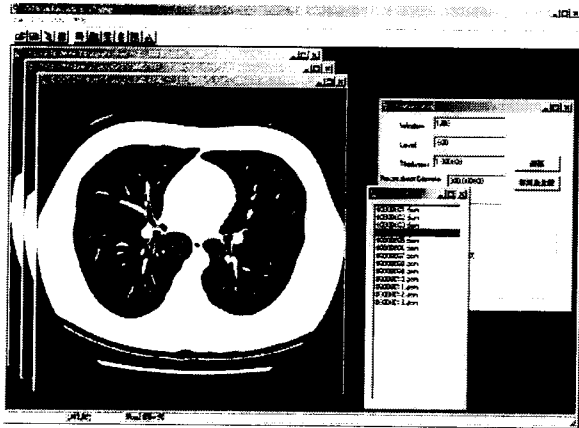


圖 2、系統主畫面

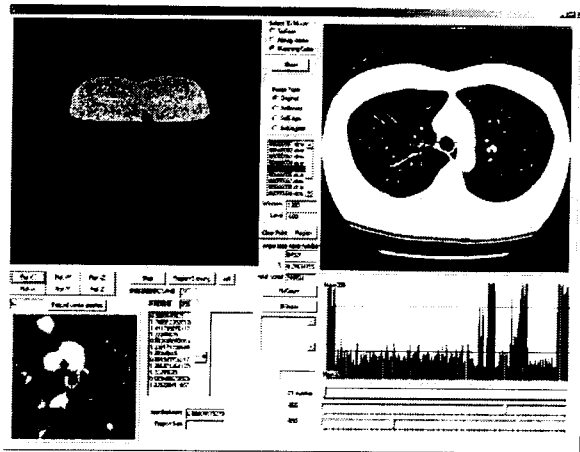


圖 3、參數介面實際使用圖示

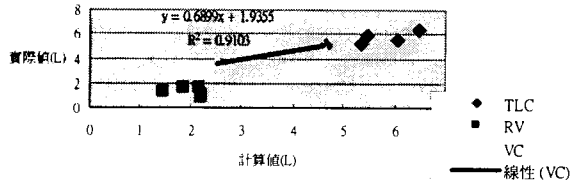
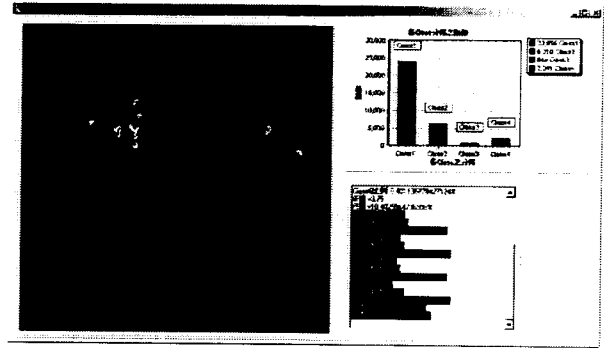
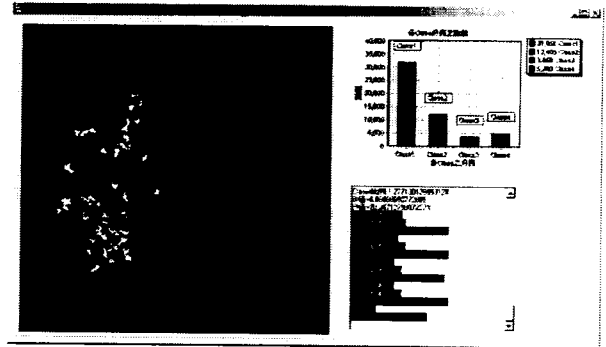


圖 4 傳統肺功能結果與程式計算值之 TLC、RV、VC 參數對應圖



(a)



(b)

圖 5 兩病患經 BI 參數運算後之 color tagging 圖 (a)病患肺氣腫程度輕微 (b)病患肺氣腫程度

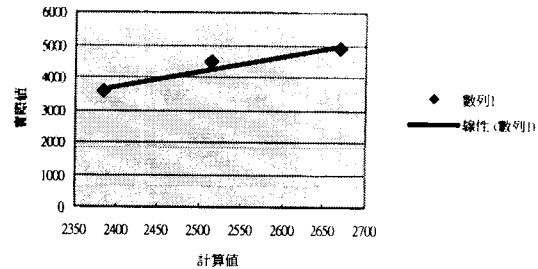


圖 6 肺活量 (縱軸) 及 MRI 所測之肺量比較，呈現線性關係。

五、結論

本研究設計一肺臟 CT 影像肺功能參數擷取系統，透過直接讀取斷層掃描所產生之 DICOM 影像，經過影像增強及邊緣選取後，將其邊緣點利用 Marching cube 的三角形貼圖方式，將二維序列影像重組為三維 Surface render 立體物件。另一方面也將影像經過區域成長、Ray-casting、Voxel-highlight 等影像處理函式加以分析，進而擷取出肺活量、氣管截面積、氣管壁厚、氣管走向及角度、肺氣腫程度參數等量化參數，並透過親善及簡單的使用者介面提供視覺化的參數分析結果，提

供臨床上診斷決策的輔助。

針對正常人及病患之 CT 影像進行分析。研究中發現到利用序列影像來偵測肺活量參數，將程式計算值與傳統肺功能檢查結果比較所得 R.R 參數為 0.910，其相關性不高的原因在於測量姿勢的不同及部分體績效應等因素所造成；對於正常人及支氣管擴張病患的”氣管截面積/氣管厚度”參數進行比較，經 T-test 統計之結果，其 p 值均小於 0.05 可知，利用此參數可以正確診斷出支氣管擴張及氣喘之病患；在 BI 參數研究上則是針對肺氣腫病患與正常人的 1mm 厚度影像進行分析，結果顯示計算 BI 參數時所呈現的 class 3 及 class 4 部分對於肺氣腫的偵測相當重要，經過 T-test 統計方式所得 P 值均小於 0.05，因此可以利用 class 3 及 class 4 的點數及比例判斷是否患有肺氣腫，並透過 BI 參數來對於肺氣腫程度進行量化。

MRI 之測試由測試值太少，因此得到之數值仍需更多測試。在肺臟影像方面以 CT 分析得到之訊息較為重要。

參考文獻

- [1] N.L. Muller, R.R. Miller, "Diseases of the bronchioles: CT and histopathologic findings." *Radiology* 1995;196:3-12.
- [2] W.R. Webb, "Radiology of obstructive pulmonary disease". *AJR* 1997;169:637-647.
- [3] M.T. Wu, J.M. Chang, A.A. Chiang, "Use of quantitative CT to predict postoperative lung function in patients with lung cancer.", *Radiology* 1994;191:257-262.
- [4] W.R. Webb, N.L. Muller, Naidich, *High-Resolution CT of The Lung*, 3rd edition. Lippincott, Philadelphia, 20