

Helical CT densitometryによる局所肺換気能評価の試み

久米 典彦 菅 一能 西垣内一哉
高野 勝之 小池 晋司 松本 常男 松永 尚文

山口大学医学部放射線医学講座

Attempt of Helical CT Densitometry for Assessing Regional Pulmonary Ventilation

Norihiko Kume, Kazuyoshi Suga,
Kazuya Nishigauchi, Katsuyuki Takano,
Shinji Koike, Tsuneo Matsumoto
and Naofumi Matsunaga

Pulmonary dynamic CT densitometry during steady-state breathing was recorded and analyzed using helical CT scan in 14 patients with obstructive disorders involving small and large airways, and 2 with restrictive lung disease. The data set of 7-second, continuous helical scan at constant table position were reconstructed as 35 one-second temporarily overlapping images at 0.2-second intervals over 2-3 respiratory cycles, and regional CT densitometry was displayed. Normal lungs (5 volunteers) showed a regular sinusoidal curve, and maximal lung density change (LDC) was greater independent lungs than in independent lungs, with an average difference of 29.5 HU, indicating the gravitational effect. In contrast, a regular sinusoidal curve was not shown in obstructive disorders, and a significant reduction in maximal LDC (33.7 ± 22.6 HU) compared with the normal lungs (60.8 ± 25.9 HU) ($P < 0.001$) was indicated. In contrast, no marked reduction in maximal LDC (53.7 ± 28.6 HU) was shown in restrictive disorders. This method is fast and easy, and appears useful for the detection of ventilation abnormalities in obstructive lung disorders.

はじめに

ヘリカルCTの連続スキニングの特性を生かし、画像再構成法を工夫して安静呼吸下のCT densitometryを健常肺および各種肺疾患で試み、肺局所の換気異常の検出に有用と考えられたので報告する。

対象と方法

対象は正常ボランティア5例(25-41歳, 全例男性)と、各種肺疾患16例(39-72歳, 男性12, 女性4)である。肺疾患の内訳は末梢または中枢側気道に閉塞性変化を有する肺気腫7例(巨大肺嚢胞合併例2例), 慢性気管支炎2例と気管支喘息, 珪肺症, びまん性汎細気管支炎, 肺結核症, 肺癌の各1例, および拘束性病変の膠原病(SLE)と放射線肺臓炎の各1例である。

ヘリカルCTは東芝TCT-900Sを用い、背臥位で安静呼吸下に一定の肺レベルで5mm sliceで7秒間の連続スキニングを行った。占拠性病変では病変部で、他の症例では胸部大動脈弓部付近の上肺野、気管分岐部付近の中肺野および気管分岐部から5cm尾側の下肺野の各レベルでスキニングを施行した。

収集したデータから0.2秒の間隔でオーバーラップさせた1秒ごとのデータにより再構成した35画像を得た。すなわち1番目の画像はスキニング開始から1秒間のデータにより、2番目の画像はスキニング開始後0.2秒から1.2秒の間のデータ(以下、同様)により再構成した。個々の画像はhigh-resolution algorithmで再構成し、一定のwindowの設定(level: -700HUから-800HU, width: 1000 HU)で表示した。

得られた画像群を視覚的に観察した後、両側の腹側肺と背側肺の辺縁部で血管影を避け、15-20ピクセルの関心領域を設定してdensitometryを得た。疾患群では充実性の異常影部位は避け、airが存在し比較的淡い濃度上昇を示す病変部を選択して関心領域を設定した。この際、関心領域内に呼吸の動きにより上下肺の血管影や胸壁あるいは充実性病変部が描出されていないことを確認した。

Research Code No. : 204.722

Key words : CT, Lung, Ventilation, Densitometry

Received Oct. 31, 1995 ; revision accepted Jan. 23, 1996

Department of Radiology, Yamaguchi University, School of Medicine

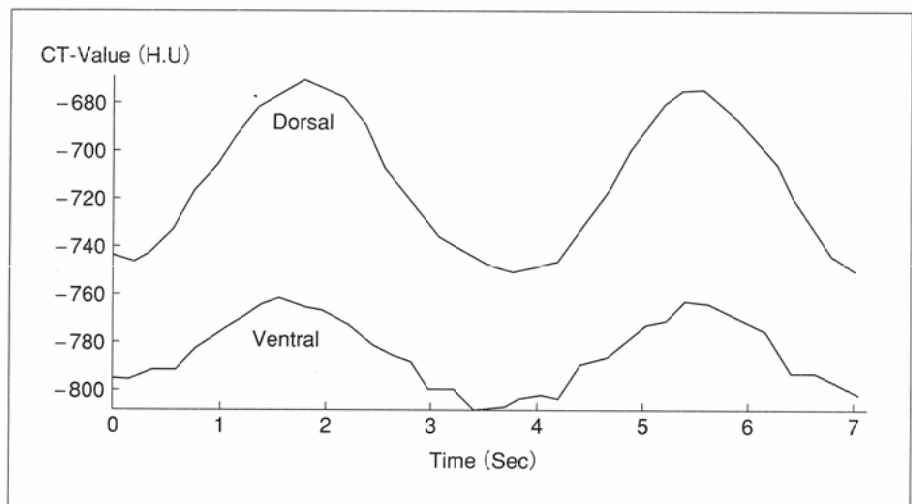


Fig.1 (A) Chest X-ray CT in a normal subject shows circle ROIs to obtain CT densitometry. (B) Densitometry obtained at right middle lung shows regular, sinusoidal waves. Maximal amplitude of lung density change during respiration in dorsal portion (63 HU) is greater than that (42 HU) in ventral portion.

結 果

再構成画像の画質は動きによるアーティファクトなく良好であった。健常例では呼吸時に、5例中3例は肺野全体ではほぼ均等に肺野濃度は軽度上昇したが、2例では背側肺の胸膜直下付近に局所的濃度上昇が認められた。健常群のdensitometryでは吸気時にCT値が低下し呼吸時に上昇する規則的波形(sinusoidal curve)が2-3呼吸のサイクルで認められた。胸膜直下付近の局所的濃度上昇部位でも同様であった(Fig.1)。両側のCT値の最大と最小の差(maximal amplitude of lung density change: 以下, maximal LDC)の平均は 60.8 ± 25.9 HU (32.5-162.7 HUの範囲)で、いずれのレベルにおいても背側肺(dependent lung)では腹側肺に比べmaximal LDCは大きく(差の平均: 29.5 HU) (Fig.1)、重力効果を反映したものと考えられた¹⁾。

閉塞性肺疾患の14例では、呼吸時に他健常肺野と逆にCT値が低下し位相がずれる所見が8症例に見られた。肺嚢胞を含め、densitometryでは平坦化または不規則な鋸歯状を示すものが9症例あり、maximal LDCの平均は 33.7 ± 22.6 HUで

健常群に比し有意に低下していた($P < 0.001$)。また健常肺に比較して腹側肺と背側肺のLDCの差異が20 HU以下と乏しいものが11症例と多く、逆に腹側肺の方が背側肺よりLDCが大きい症例も認められた(Fig.2)。これに対し、拘束性肺疾患ではdensitometryでの波形の形態とmaximal LDC(平均は 53.7 ± 28.6 HU)は健常群のそれとと明らかな差異は認められなかった。なお、呼吸時に他健常肺野と逆にCT値が低下し位相がずれる所見が珪肺症、気管支喘息と放射線肺臓炎に認められた(Fig.2)。

考 察

肺CT値の呼吸性変化の解析が換気異常の把握に有用とする報告は多く¹⁾⁻³⁾、主に最大呼気時と最大吸気時のCT値の変化のみで解析されている。最近、超高速CTを用いdensitometryを得て呼吸性の肺CT値の変動を連続的に検討する方法の有用性が報告されているが¹⁾⁻³⁾、現状では、コスト面から広く普及するに至っていない。

しかし、今回のヘリカルCTによる方法は特別なソフトウ

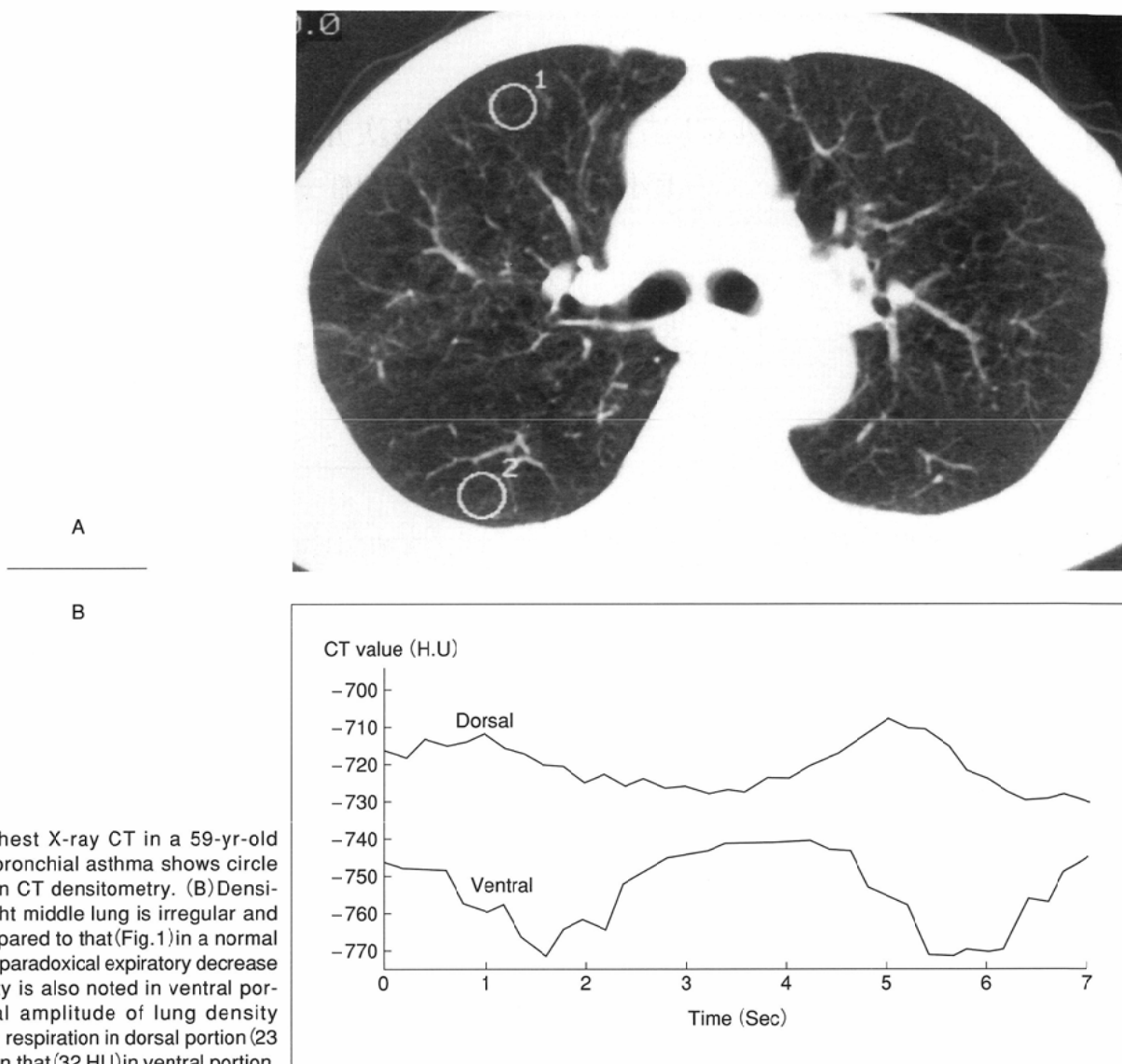


Fig.2 (A) Chest X-ray CT in a 59-yr-old woman with bronchial asthma shows circle ROIs to obtain CT densitometry. (B) Densitometry at right middle lung is irregular and flattened compared to that (Fig.1) in a normal subject, and a paradoxical expiratory decrease in lung density is also noted in ventral portion. Maximal amplitude of lung density change during respiration in dorsal portion (23 HU) is less than that (32 HU) in ventral portion.

エアを必要とせず簡便に検査可能であり、超高速CTと同様の結果を得ることができた。健常例で重力効果と考えられる腹側肺と背側肺のLDCの差異が認められたが、われわれのXenon-133 SPECTによる換気検査でも背側肺で換気率は高く、重力効果を反映したものと考えられる⁴⁾。densitometryでの波形の不規則性、LDCの減少および他肺野との位相のずれなどが種々の疾患の換気異常を反映し得る可能性が示されたが、これらの所見は超高速CTによる方法でも同様

に指摘されている¹⁾⁻³⁾。今回は特別な呼吸をすることなく、安静呼吸下で検査したのでより生理的であり、小児にも簡便に施行できると思われる。なお拘束性肺病変におけるdensitometryの波形は健常肺と比べ大きな変化はなく、本法により拘束性肺病変と閉塞性肺病変との換気異常の差異を明らかにし得る可能性も示された。今後、症例を重ね、検討していきたい。

文 献

- 1) Webb WR, Stern EJ, Kanth N, et al : Dynamic pulmonary CT : Findings in healthy adult men. *Radiology* 186 : 117-124, 1993
- 2) Stern EJ, Webb WR, Golden JA, et al : Cystic lung disease associated with eosinophilic granuloma and tuberous sclerosis : air trapping at dynamic ultrafast high-resolution CT. *Radiology* 182 : 325-329, 1992
- 3) Stern EJ, Webb WR : Dynamic imaging of lung morphology with

ultrafast high-resolution computed tomography. *J Thoracic Imaging* 8 : 273-282, 1993

- 4) K Suga, K Nishigauchi, N Kume, et al : Regional ventilatory evaluation using dynamic SPET imaging of Xenon-133 wash-out in obstructive lung disease : an initial study. *Eur J Nucl Med* 22 : 220-226, 1995