1 2 1

医療現場に於けるパーソナルコンピュータを用いた画像診断

-CT画像による肺気腫の定量的評価-

細田 浩[○] (細田医院)

Image diagnosis in hospital using Personal Computer

-Quantitative analysis of pulmonary emphysema in CT-

Hiroshi Hosoda

ABSTRACT

As an example of image analysis and diagnosis which are done in use of personal compute in the hospital, we introduce a quantitative analysis of pulmonary emphysema. The cause of pulmonary emphysema is smoking and this disease expands bronchiolar and alveolar besides destroying them. The criteria (standardization) of qualitative evaluation and diagnosis in use of computed tomography with few stimulation are expected on this account. We use the NIH Image, an image soft of personal computer, and carried out quanlitave grasp of picture of inspiratory and expiratory of lungs both healthy and emphysema. The evaluation index of emphysema was shown at the meeting for the study of pulmonary emphysema in 1999, and with this index, we tried a comparison and reevaluation of our analysis result of NIH Image.

Keywords: Image diagnosis, Pulmonary emphysema, Pulmonary structure

1. はじめに

肺気腫(慢性肺気腫)は喫煙や種々の外的組織障害因子^{7,8,22,30)}により変化を受けやすく慢性的に肺胞壁の破壊的变化を呈する疾患である³⁰⁾。

確定診断は病理学的に肺胞壁破壊の有無や程度の確認が必要である³⁰⁾。方法は開胸肺生検を行う³⁰⁾。しかしすべての患者に病理的検査を行う事は不可能なため、現在は胸部X線、臨床症状、血液ガス分析を含む肺機能検査などで診断されている^{6,30)}。だがこれらの検査は本来の形態学的変化を捉えているとはいえない。他の検査方法には選択的肺胞造影(selective alveolo - bronchography)があり肺気腫の診断、分類には有用である³⁰⁾。しかし、この方法も侵襲的で描出可能な領域に限られ肺内の分布を正確に評価する事は難しい、また施設や対象患者も限定されてしまうなどの問題がある。

これら限られた方法は完成された肺気腫に用いられてきたが、軽症および中等症の肺気腫、進行段階の肺気腫の診断を行うことは容易ではない。このようなことから平成5年に肺気腫研究会より早期肺気腫の臨床診断の必要性が提案された。

2. 検討と方法

検討1:

肺気腫研究会で横山らにより「臨床診断基準の条件」が提示された³⁰⁾。

臨床診断基準の条件:

(1) 普遍的な診断技術に立脚する(特殊な検査・日常の診療では採用できないような特殊な検査にはよらない)

こと。ある程度の診断機器を備えた施設であればその基準を採用することが出来ること。

(2) 患者(被検者)に対する侵襲がなるべく小さいこと。

(3) 早期の肺気腫の診断のための客観性をもった診断基準であって欲しい。

(4) わが国の呼吸器専門研究者ならびに医師に受け入れられる基準であって欲しい。

(5) 日本の中で通用するだけでなく、国際的にも評価される基準であって欲しい。

以上の条件は質的評価、定量的評価ができ、しかも侵襲の少ない方法である必要性がある。

特に高齢者における肺気腫の診断はかなりのリスクを伴うため非侵襲的な検査方法が望まれてきた。

近年、診断装置の飛躍的進歩により、CT(computed tomography)による有用性が多く報告され、肺気腫の診断にCTを用いる検討が始まった。しかし各施設のCT診断装置で同じ条件を得られるものではなく、各施設で同等の条件を設定するためCT写真を用いる方法で検討してみた。

我々は平成5年に当方のCTで典型的嚢胞性肺気腫の1症例のCT写真を用い、ウインドレベル(WL)、ウインド幅(WW)の最も見易い値を得て、それらを汎用パーソナルコンピュータ(PC)を用いCT写真の測定を試みた。

方法1:

普及型である横河メデカルCT9000、写真は標準サイズの吸気位、呼気位の5mm、2mmスライスで横軸にWLを縦軸にWWを表示、WLは-600、-650、-700、-750、

-800、-850、-900、-950、-1000、WWは400、500、750、1000、1500、2000のCT写真を作成し呼吸器内科医師10人に見やすいWL、WWを示してもらうためのアンケート調査を行い易認識度レベルを検索した。

画像測定はPCで行った。PCはQuadra700、RAM36M、画像は35mm写真をPhotoCDにし、計測ソフトはNIH Image(National Institutes of Health)を用いた。

結果 1 :

視覚的条件設定は標準サイズではWL-800、WW500を中心として散在した。

CT画像の色調コントロールは256階調で最大値は248、最小値は66であった。正常肺の5mmは最大値210、最小値66であった。

次に、標準サイズの吸気位と呼気位、拡大サイズの吸気位と呼気位のPlot Profileを測定した。

標準サイズの吸気位では5mmは最大値234、最小値107、2mmでは最大値239、最小値111。

呼気位では5mmは最大値240、最小値135、2mmでは最大値237、最小値123。

拡大サイズの吸気位では5mmは最大値235、最小値106、2mmでは最大値237、最小値99。

呼気位では5mmは最大値243、最小値125、2mmでは最大値240、最小値106であった。

健康人のPlot Profileの最高値が210であることに比べると肺気腫のPlot Profileは明らかに差が認められた。また拡大像の吸気位と呼気位でも差が認められた。

検討 2 :

平成11年、肺気腫研究会で山口らにより「肺気腫の診断のためのCT撮影条件と評価指標についての提案」が提示された³²⁾。

肺気腫の診断用CT撮影条件 :

1. 呼気レベル 深吸気位
2. 電圧 120kV付近
3. 電流 150~250mA
4. スライス幅 3mm以下
5. FOV(field of view) 30cm前後 (通常体型)
6. ウィンドウレベル -700~-900HU
7. ウィンドウ幅 800~1000HU
8. 撮影部位 上・中・下肺野

上 : 大動脈弓の上縁もしくは胸腔内気管の中心付近

中 : 気管分岐部付近

下 : 右横隔膜上1~3cm付近

以上の詳細は

1. 深吸気位とは最大吸気でバルサルバのかからない程度。

2. 肺野をtargetとするかぎり、あまり影響をうけない。

3. 低すぎるとノイズが増え、低吸収領域が過小評価される。スライスが薄いほど、この影響をうけやすい。高すぎると被爆量が多くなる。

4. 厚すぎると小さな低吸収領域の判断が困難になる。

5. 拡大再構成画像は初期病変を診断するには必須。

6. 低値ほど画質が白く、高値ほど黒くなる。

7. 低値だとコントラストがつきすぎ、高値だと低下する。

と以上が報告された。

この他にCTの定量的指標も報告されているが、今回我々は肺気腫の診断用CT撮影条件に基づき撮影したCT写真を、PCとNIH Imageを用いて撮影条件の違いを比較することで、診断用CT撮影条件の有用性を検討してみた。

方法 2 :

GE CTパーテックス3000による胸部CTを用い、スライス幅10mmと3mmでスキャンし、肺野の上部、中部、下部を撮影しWW900、WL-800と当施設で行われている設定で3mmエンハンス(E)のWW1654、WL-773を撮影した。写真はEPSON ES-8000でスキャンを行った。

スキャン画像はTIFF、PICT 8bit、800、400、300、200と12bit、800、400、300、200で出力した。

計測器はMacintoshの7300/200、144MB、画像はPICT Resolution 200pixels/inchを使用、測定はNIH Imageで行った。

CT写真をスキャンした後、写真上の色調コントロールをPlot Profileで表した。各画像をPlot Profileを256値で示し、Surface Plotで凹凸の変化を見た。Thresholdで256値から任意の値で二値化し、現れた部分の面積を加え各部の総面積を比較した。

結果 2 :

コントロールは16階調で示されている、この画像の256データをプロットすると、画像は多少Sinカーブを描いており7階調を中心に両側面が中心側に寄っている。これは両側は広がり大きく中心は密になっていることを表している。

次に二値化の値を決める測定を行った。10mmスライスの写真は180以上ではカウントされなかったため値の上限を180以下とした。しかし180以下で170から180の間に10階調目があり二値化のポイントを決めるにはデータが多すぎた。そこで10階調の平均値と標準偏差を求めその上限で測定してみた。平均値は175.423で標準偏差は1.18であったためポイント値を上限の177とし、また平均値の175も測定してみた。

測定値 177

結果	上肺野	中肺野	下肺野
10mm	7	16	4780
3mm	1341	2504	9158
E3mm	791	426	1488

測定値 175

結果	上肺野	中肺野	下肺野
10mm	測定不能	144	2147
3mm	測定不能	4787	12144
E3mm	測定不能	891	561

以上から177では全てのスライスで下肺野の透過性が亢進していることがわかる。特に3mmでは3肺野で肺の崩壊像を示す透過性が亢進している。

E3mmを見てみると習慣的なCT画像設定では帯域を狭めてしまい、数値を均一にさせ全体に低くさせてしまう。

今回測定に用いたCT装置のCT写真は研究会が示したものと同様の結果となり、共通条件を示すには適当であることがわかった。

3. 考案

Sandersらが胸部X線写真、CT、肺機能検査を比較検討し¹⁾、BerginらはCTによる重症度をスコア化を示し⁴⁾、山岸らは、伸展固定肺の病理像との対比を検討し²⁾、Goddard、BerginらはCTによる視覚的解析を行っている^{3,4)}、これは左右肺野の上、中、下それぞれ6肺野毎に気腫化の程度をスコア化しvisual score化(視覚点評価)したものである。また、剖検例と肺機能とCTの検討を報告しているものもある。Kunudsonらは、最大吸気位、最大呼気位で上肺野の2カ所のCT像を換気機能、肺メカニクス、肺拡散能の検査結果を比較しており⁵⁾、ほかにも数多くが報告がされている。これらは肺気腫のCT画像診断の有用性が広く認められるものである。基になるスライス幅は10~2mmで、測定レベルはWL-500~-800、WW 400⁶⁾、1200~1500と評価がさまざまであるが、最近の報告ではhigh resolution CTで行われているものが多い^{6,7,17,21,25,26,27)}。スライス幅は1mmで行われているものもある^{17,19,23)}。CT値はWL-820から-950、WWは910という報告もある¹⁸⁾。数々の評価に相違がありまだ統一した見解は得られていないが、多くの報告があり見解は少しずつ絞り込まれてきている²⁷⁾。またKunudsonらは最大呼気位⁵⁾が、他では最大吸気位のハンスフィールド・ユニットが、高値を示すと評価はさまざまである²⁸⁾。CT装置によりLAA%の差を調べると最大5%の差を認めるという報告もあり²⁹⁾、各方面の検査との比較なども再検討されている。また多角的な検討も行われ、肺機能とCTのLAA%^{19,20,24,35)}との関連付けに肺野の外側と内側の違いがあることなどが報告されている²⁹⁾。

検討1ではCTの有用性は認められている。設定の基から検証するために視覚的に肺気腫を易認識しやすいスライス幅、WL、WW、最大呼気位と最大吸気位について同一部位にしぼり、PCと測定ソフトのNIH Imageで比較検討を行った。結果は有用であった。

検討2では肺気腫研究会の肺気腫の診断のためのCT撮影条件と評価指標についての提案により、検討1でPCとNIH Imageの有用性が認められたため同様の計測を行った。

我々も2機種 of CT装置により検討を行ったが視覚的に処理条件が異なることはWL、WWの状態を見てもわかった。各施設のCT装置の設定条件は装置の問題ばかりでなくオペレーションシステムの問題も関係する。これによ

る処理画像は撮影条件が異なるため、違った結果を生む可能性が出現してくる。

4. まとめ

本邦で撮影条件の方向性が提案されたことにより、各施設でバラバラに設定されている条件をまとめることができ、肺気腫の診断に役立つと思われる。今後、CT診断装置の発展も含め、変化が捉えにくい早期肺気腫の撮影条件も変更があると考えられる。我々は今後撮影条件の変更も視野に入れ、CT写真をスキャンする方法を検討している。つまりPCのソフト上で条件の設定変更が可能のために各CT装置固有の癖をカバーすることができると考えられる。これも幾つかの問題があるが設定を示すことで、出力されるCT写真を一定条件で検討することができる。CT写真の画像処理にPCを用いPlot Profileを行うことは、過去の写真や異なる機種においても以前の写真と比較が可能にする、しかも大がかりな設備が必要ないというメリットもあり、PCによる画像診断測定は有用と思われる。今回は肺気腫の診断のためのCT撮影条件と評価指標についての提案を基にPCによる画像診断測定の有用性を検討してみた。

参考文献

- 1) Sanders C, Nath PH, Bailey WC: Detection of emphysema with computed tomography correlation with pulmonary function tests and chest radiography, *Invest Radiol*, Vol.23(1988), PP.262-266
- 2) 山岸雅彦: 汎細葉性肺気腫のCT像, *日胸疾会誌*, Vol.29, No.11, (1991), PP.1407-1413
- 3) Goddard PR, Nicholson EU, Laszlo G, Watt I: Computed tomography in pulmonary emphysema, *Clin Radiol*, Vol.33(1982), PP.379-387
- 4) Bergin, C.J., Muller, N.L. & Miller, R.R.: CT in the qualitative assessment of emphysema, *J. Thorac. Imag*, Vol.133(1986), PP.541-546
- 5) Kunudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B: Changes in the normal maximum expiratory flow-volume curve with growth and aging, *Am Rev Respir Dis*, Vol.127(1983), 725-734
- 6) 松葉健一, 桑野和喜, 池田東吾, 村上純滋, 石田照佳, 安元公正, 重松信昭: CTによる肺気腫の診断、高分解能CT所見と切除肺所見との対比, *日胸疾会誌*, Vol.29, No.7(1991), PP.858-865
- 7) 池田東吾, 犬塚悟, 桑野和喜, 村上純滋, 荒木昭輝, 松葉健一, 重松信昭: 高分解能CTによる肺の気腫性変化の評価と喫煙の影響対比, *日胸疾会誌*, Vol.29, No.2(1991), PP.202-205
- 8) 山岸雅彦, 鈴木明: 肺気腫のCT所見, *医学のあゆみ*, Vol.160, No1(1992), PP.12-16
- 9) 進藤 丈, 石川善久, 片野義明, 堀場通明, 原通広, 井上広治: 肺気腫CTのgradingと肺機能検査・映像情報, Vol.23, No.11(1991), PP.559-561
- 10) 横山哲朗: 呼吸機能障害の進展と予後, *日胸疾会誌*, Vol.27, No5(1989), PP.533-543
- 11) Colette D, Parviz Habibi, Duncan JP: Matthew, Isky Gordon. Lobar Emphysema: Long-term Imaging Follow-up, *Radiology*, Vol.180, No.1(1991), PP.189-194
- 12) Mario Kinsella, Nestor L. Muller, Raja T. Abboud, Nancy J. Morrison, Anne DyBuncio: Quantitation of Emphysema by

- Computed Tomography Using a "Density Mask" Program and Correlation with Pulmonary Function Tests, *Chest*, Vol. 97 (1990), PP. 315-321
- 13) Kazuyoshi Kuwano: The Diagnosis of Mild Emphysema. *AM REV RESPIR DIS*, Vol. 141 (1990), PP. 169-178
 - 14) G.A. Gould, W. Macnee, A. Mcleal, P.M. Warren, A. Redpath, J.J.K. Best, D. Lamb, D.C. Flenley. CT Measurements of Lung Density in Life Can Quantitate Distal Airspace Enlargement-An Essential Defining Feature of Human Emphysema. *AM REV RESPIR DIS*, Vol. 137 (1988), PP. 360-392
 - 15) Knudson RJ, Standen JR, Kaltenborn WT, Knudson DE, Rehm K, Habib MP, Newell JD: Expiratory computed tomography for assessment of suspected pulmonary emphysema, *Chest*, Vol. 99, No. 6 (1991), PP. 1357-1366
 - 16) Roberta R. Miller, Nestor L. Muller, Sverre Vedal, Nancy J. Morrison: Limitations of Computer Tomography in the Assessment of Emphysema, *AM REV RESPIR DIS*, Vol. 139 (1989), PP. 980-983
 - 17) Miniati M, Filippi E, Falaschi F, Carozzi L, Milne EN, Sostman HD, Pistolesi M: Radiologic evaluation of emphysema in patients with chronic obstructive pulmonary disease, *Chest radiography versus high resolution computed tomography*, *Am J Respir Crit Care Med*, Vol. 151, No. 5 (1995), PP. 1359-1367
 - 18) Gevenois PA, De Vuyst P, Sy M, Scillia P, Chaminade L, de Maetelaer V, Zanen J, Yernault JC: Pulmonary emphysema: quantitative CT during expiration, *Radiology*, Vol. 199, No. 3 (1996), PP. 825-829
 - 19) Mishima M, Oku Y, Kawakami K, Sakai N, Fukui M, Hirai T, Chin K, Ohi M, Nishimura K, Itoh H, Tanemura M, Kuno K: Quantitative assessment of the spatial distribution of low attenuation areas on X-ray CT using texture analysis in patients with chronic pulmonary emphysema, *Front Med Biol Eng*, Vol. 8, No. 1 (1997), PP. 19-34
 - 20) Zompatori M, Fasano L, Fabbri M, Maraldi F, Carvelli P, Laporta T, Pacilli A: Assessment of the severity of pulmonary emphysema by computed tomography, *Monaldi Arch Chest Dis*, Vol. 52, No. 2 (1997), PP. 147-154
 - 21) Zompatori M, Battaglia M, Rimondi MR, Fasano L, Cavina M, Pacilli AM, Guerrieri A, Fabbri M, Vivacqua D, Biscarini M: Quantitative assessment of pulmonary emphysema with computerized tomography. Comparison of the visual score and high resolution computerized tomography, expiratory density mask with spiral computerized tomography and respiratory function tests, *Radiol Med (Torino)*, Vol. 93, No. 4 (1997), PP. 374-381
 - 22) 川上雅彦: 形態、呼吸細気管支における上皮細胞の分布、とくに喫煙による影響について, *日胸疾会誌*, Vol. 27, No. 5 (1989), PP. 546-549
 - 23) Adams H, Bernard MS, McConnochie K: An appraisal of CT pulmonary density mapping in normal subjects, *Clin Radiol*, Vol. 43, No. 4 (1991), PP. 238-242
 - 24) Sakai N, Mishima M, Nishimura K, Itoh H, Kuno K: An automated method to assess the distribution of low attenuation areas on chest CT scans in chronic pulmonary emphysema patients, *Chest*, Vol. 106, No. 5 (1994), PP. 1319-1325
 - 25) Gevenois PA, Yernault JC: Can computed tomography quantify pulmonary emphysema?, *Eur Respir J*, Vol. 8, No. 5 (1995), PP. 843-848
 - 26) Falaschi F, Miniati M, Battolla L, Filippi E, Sostman HD, Laiolo E, Pistolesi M, Bartolozzi C: Quantification of pulmonary emphysema with computerized tomography. Comparison with various methods, *Radiol Med (Torino)*, Vol. 90, No. 1-2 (1995), PP. 16-23
 - 27) Zompatori M, Battaglia M, Rimondi MR, Fasano L, Cavina M, Pacilli AM, Guerrieri A, Fabbri M, Vivacqua D, Biscarini M: [Quantitative assessment of pulmonary emphysema with computerized tomography, Comparison of the visual score and high resolution computerized tomography, expiratory density mask with spiral computerized tomography and respiratory function tests], *Radiol Med (Torino)*, Vol. 93, No. 4 (1997), PP. 374-381
 - 28) Nishimura K, Murata K, Yamagishi M, Itoh H, Ikeda A, Tsukino M, Koyama H, Sakai N, Mishima M, Izumi T: Comparison of different computed tomography scanning methods for quantifying emphysema, *J Thorac Imaging*, Vol. 13, No. 3 (1998), PP. 193-198
 - 29) Nakano Y, Sakai H, Muro S, Hirai T, Oku Y, Nishimura K, Mishima M: Comparison of low attenuation areas on computed tomographic scans between inner and outer segments of the lung in patients with chronic obstructive pulmonary disease: incidence and contribution to lung function, *Thorax*, Vol. 54, No. 5 (1999), PP. 384-389
 - 30) 渡部昌平, 角坂: 肺気腫, 臨床呼吸器病学, PP. 446-458
 - 31) 横山哲朗: 慢性肺気腫の診断基準の必要性について, 第46回閉塞性肺疾患研究会プログラム, PP. 39-41
 - 32) 山口佳寿博: 肺気腫の診断のためのCT撮影条件と評価指標についての提案, 第58回閉塞性肺疾患研究会プログラム, PP. 29-31
 - 33) 川上義和: 内科学第4版, PP. 417-424
 - 34) Murao M: Chronic pulmonary emphysema (author's transl), *Nippon Naika Gakkai Zasshi*, Vol. 68, No. 7 (1979), PP. 697-711
 - 35) Aoi K, Aida A, Nakano T, Yoshioka A, Yamamoto M, Akiyama Y, Nishimura M, Miyamoto K, Kishi F, Kawakami Y: Efficacy of conventional CT in diagnosis of pulmonary emphysema: evaluation of low attenuation area by multiple observers, *Nihon Kyobu Shikkan Gakkai Zasshi*, Vol. 31, No. 3 (1993), PP. 303-309