臨床技術

胸部CTにおいて炎症性疾患判別を目的とした
重力効果改善撮影法の検討藤田 仁・森田 学・草加勝康¹⁾草加病院放射線科
1)草加病院内科論文受付
2007年12月22日論文受理
2008年4月16日

Code No. 251

緒言

高齢社会に伴い、寝たきりや意識のない患者が増加している。そのような患者において、胸部に炎症性疾患が疑われた場合、ほとんど胸部CTが施行されるが、呼吸停止や深吸気の不可能なことが多い。胸部CTにおいて、呼吸停止や深吸気の不可能な患者の場合、下肺野背側のCT値が上昇し浸潤様に描出され、炎症かどうかの判断に苦慮する人が多い。これらの原因と考えられているのが、いわゆる重力効果であり、いくつかの現象が影響しているといわれている^{1~3)}。この陰影の改善方法として、深吸気撮影や腹臥位または側臥位での撮影が提唱されている^{3~5)}。しかし、呼吸停止不可能な患者の場合、深吸気での撮

影はまず無理であり、また寝たきり患者の場合、腹臥位での撮影は基本的に困難である。

今回、われわれは、斜位(55度)から側臥位に近い体位では、重力効果が改善されることを利用し、この体位での撮影を追加した場合の臨床的効果を検討したので報告する。

1. 使用機器および撮影条件

CT装置は、single helical CT(Asteion KG, 東芝メディカルシステムズ株式会社)を使用した。斜位の体位保持には、ポリフォーム(W590×D250×H180, 株式会社岡本製作所)を使用し、角度は55度を選択した。

撮影条件は、呼吸停止可能な患者は、120KV、

Study of a CT Scanning Method that Improves Gravity Effects to Enable Differentiation of Inflammatory Diseases in Chest CT

Hitoshi Fujita, Manabu Morita, and Masayasu Kusaka¹⁾Department of Radiology, Kusaka Hospital
1)Department of Internal Medicine, Kusaka Hospital

Received Dec. 22, 2007; Revision accepted April 16, 2008; Code No. 251

Summary

In chest CT images, the dorsal lower lung field often shows an infiltration-like shadow in patients who cannot stop breathing or take a deep breath. The cause of this phenomenon might be due to the effects of gravity. Since we had observed decreased effects of gravity by conducting additional CT scanning for patients in an oblique position (55°) or a nearly lateral position, we conducted a clinical study to investigate this matter. Forty-three patients (23 patients in the normal group and 20 patients in the inflammatory disease group) who underwent additional CT scanning were included in this study. CT values for the region in which infiltration-like shadow was observed in both positions (dorsal position and oblique position) were measured. The ratio of fluctuation in the CT value of the dorsal lower lung field at a positional change from the dorsal to the oblique position was calculated as a coefficient of fluctuation C(%). As a result, the coefficient of fluctuation C(%) was 32.6 ± 13.6 in the normal group and 6.7 ± 6.8 in the inflammatory disease group. The effects of gravity were improved by additional CT scanning in an oblique position (55°) or a nearly lateral position, and this enabled differentiation of the effects of gravity vs. inflammatory diseases.

Key words: gravity effects, oblique computed tomography (CT), infiltration, deep breath, fluctuation rate

別刷資料請求先: 〒705-0021 備前市西片上1122
草加病院 放射線科 藤田 仁 宛

Fig. 1 Methods of CT scanning in an oblique position

180mA, 0.75sec, スライス厚10mmとし, 呼吸停止不可能な患者は, ハーフスキャンとして撮影し, 撮影条件は, 120kV, 200mA, 0.48sec, スライス厚10mmとした. 撮影はすべてnon-helicalで行い, 再構成関数はFC50を用いた.

2. 対象と方法

通常の撮影で, 下肺野背側が浸潤様に描出される症例において, 鑑別診断のために斜位(55度)から側臥位に近い体位において, 追加撮影した43例について検討した. 斜位での撮影方法をFig. 1(以下同じ)に示す. 斜位角度が55度以上になっているかどうかの確認は, 撮影終了後, モニター画面で, 角度計を使用して確認した. 計測方法は, axial画像の胸骨中央と脊椎中央を結ぶ線と寝台左右端を結ぶ線のなす角度を計測することにより, 体位を確認した. region of interest(ROI)を直径1cmの円形とし, 両体位(背臥位と斜位)ともに, 浸潤様に描出される同部位のCT値を測定した. 測定部分は3カ所とし, 3カ所のCT値の平均値とした(Fig. 2). ROIの大きさは, standard deviation(SD)の測定誤差を少なくできるような径とし, 限局した変化を除くため, 3カ所の平均を求めた. ROIの大きさ1cmの画素数は256であり, 100前後にて測定可能との報告があり, 測定条件を十分満たしていると考えられる⁶⁾. C-reactive protein(CRP)の上昇を指標として, 正常群(23例)と炎症性疾患群(間質性肺炎, 肺結核を除く20例)に分類し, そのCT値を比較した. 下肺野背側のCT値が, 背臥位から斜位に体位変換したときに, 変化した割合を変化率C(%)とし, Table 1の計算式で算出した.

3. 結果

変化率C(%)は, 正常群では, 32.6±13.6(平均±標準

Fig. 2 Methods of measuring ROI

(a)Supine CT
(b)Oblique CT

Table 1 Formula for calculating the rate of change(%)

$$\text{The rate of change(}\%) = \left| \frac{\text{CT density of oblique position} - \text{CT density of supine position}}{\text{CT density of supine position}} \times 100 \right|$$

偏差)であり, 炎症性疾患群では, 6.7±6.8であった. 変化率C(%)を10%ごとにクラス分けしたときの頻度をTable 2に示す. 正常群における器質的疾患の頻度をTable 3に, それぞれの疾患ごとの変化率C(%)をTable 4に示す. 器質的疾患の頻度は, 心臓肥大が52.2%, 右横隔膜挙上が8.7%, 食道裂孔ヘルニアが4.4%であった. それぞれの疾患ごとの変化率は, 心臓肥大が30.1±12.7, 右横隔膜挙上が29.8±3.8, 食道裂孔ヘルニアが38.1±0であった. 器質的疾患なしが36.3±16.2であった. また, 正常群における呼吸停止不良の頻度をTable 5に, その変化率C(%)をTable 6に示す. 呼吸停止不良の頻度は69.6%であり, 呼吸停止良は30.4%であった. 変化率C(%)は, 呼吸停止不良が34.9±15.3, 呼吸停止良が27.2±5.9であった. 実際の臨床症例をFig. 3~Fig. 6に示す. Fig. 3, Fig. 4は心臓肥大の症例

Table 2 Measured values of the rate of change in normal subjects and patients with inflammatory diseases

The rate of change C (%)	C<10	10≤C<20	20≤C<30	30≤C<40	40≤C<50	50≤C	Total
Normal (number)		3	10	4	3	3	23
Inflammatory diseases (number)	16	3	1				20

Table 3 Frequency of organic disease in normal subjects

	Cardiomegaly	Elevated right diaphragm	Esophageal hernia	No organic disease	Total
Frequency number (%)	12 (52.2)	2 (8.7)	1 (4.4)	8 (34.8)	23

Table 4 Rate of change of organic disease in normal subjects (%)

	Cardiomegaly	Elevated right diaphragm	Esophageal hernia	No organic disease
The rate of change C (%)	30.1±12.7	29.8±3.8	38.1±0	36.3±16.2

Table 5 Frequency of poor at stopping breathing in normal subjects

	Poor at stopping breathing	Normal	Total
Frequency number (%)	16 (69.6)	7 (30.4)	23

Table 6 Rate of change of poor at stopping breathing in normal subjects (%)

	Poor at stopping breathing	Normal
The rate of change C (%)	34.9±15.3	27.2±5.9

Fig. 3 Normal (cardiomegaly)
(a) Supine CT
(b) Oblique CT

a | b

Fig. 4 Normal (cardiomegaly)

(a) Supine CT
(b) Oblique CT

a | b

Fig. 5 Normal (esophageal hernia)

(a) Supine CT
(b) Oblique CT

a | b

Fig. 6 Inflammatory diseases (pneumonia)

(a) Supine CT
(b) Oblique CT

a | b

であり、左前斜位CTにより心臓が右側に移動し、背臥位で認められた浸潤陰影が改善している。Fig. 5は食道裂孔ヘルニアの症例であり、左前斜位CTにより、裂孔ヘルニアが右側に移動し、背臥位で認められた浸潤陰影が改善している。Fig. 6は肺炎の症例であり、右前斜位のCTにおいても、背臥位で認められた浸潤陰影は残存している。

4. 考 察

胸部CTにおいて、下肺野背側が浸潤様に描出される症例をよく経験する。その現象は、特に呼吸停止や深吸気の不可能な患者に多くみられ、炎症かどうかの判断に苦慮する人が多い。これらの原因と考えられているのが、いわゆる重力効果であり、①加重部では肺の体積の減少が起こりやすい、②加重部では静水圧が非加重部に比べて大きく、相対的に肺野濃度の上昇を生じる、③加重部では無気肺が生じやすい、の3点である¹⁻³⁾。この陰影の改善方法として、深吸気や腹臥位または側臥位での撮影が考えられている³⁻⁵⁾。

今回、われわれは、斜位(55度)から側臥位に近い体位を取ることににより、重力効果の影響(特に原因①)が改善できることに着目し、正常群および炎症性疾患群の臨床的検討を行った。その結果、統計学的には、変化率C(%)は、正常群では 32.6 ± 13.6 、炎症性疾患群では 6.7 ± 6.8 のデータが得られた。正常群の場合、変化率が高いのは、吸入空気量をほぼ一定とすると、重力効果の影響が改善され、肺の体積の増加がみられるためと考えられる。炎症性疾患群で変化率が低いのは、吸入空気量をほぼ一定とすると、その肺野への空気の流入が、何らかの原因で制限が生じているため、重力効果の影響をほとんど受けないためと考えられる³⁾。両者に有意差は認められなかったが、変化率C(%)に明らかな差が認められ、炎症なのか重力効果による陰影なのかの鑑別には、十分役立つと考えられる。特に今回、この撮影法が効果的だったのは、心臓肥大や右横隔膜挙上、食道裂孔ヘルニアの患者の場合である。心臓が大きい場合、心臓の重力効果による圧迫のため、左下葉の体積が縮小し、背側が浸潤様に描出される症例が多い。これは、吸気量の少ない下葉と同じ状態になるためである。この場合、斜位撮影することにより、心臓が右側に移動し、左下葉が膨張し、重力効果が改善される。今回、心臓肥大は、正常群の約半分(52.2%)を占め、重力効果改善を考えるうえで、重要な器質的疾患の一つであると考えられる。その場合の変化率C(%)は、 30.1 ± 12.7 であり、正常群全体の変化率C(%) 32.6 ± 13.6 とほとんど変わらなかった(変化率の差は10%以下)。ただし、器質的疾患なしの場合の 36.3 ± 16.2 と比較すると、やや変化率C(%)が低く、よ

り重力効果を改善する必要性が考えられた。すなわち、この撮影法の効果を高めるためには、斜位の体位をより側臥位に近い体位にし、心臓による重力効果を、少しでも減弱させる必要があると考えられる。右横隔膜挙上の場合は、肝臓の重力効果による圧迫により、右下葉の体積が縮小し、背側が浸潤様に描出される。この場合も斜位撮影により、肝臓が左側に移動し、右下葉が膨張し、重力効果が改善される。食道裂孔ヘルニアの場合は、ヘルニアの重力効果による圧迫により、左下葉の体積が減少し、背側が浸潤様に描出される。この場合も斜位撮影により、ヘルニアが右側へ移動し、左下葉が膨張し、重力効果が改善される。今回、右横隔膜挙上の症例は約10%、食道裂孔ヘルニアの症例は約5%と少なく、より正確な変化率C(%)を求めることができなかった。しかし、これらは、重力効果の改善が必要な、重要な器質的疾患であると考えられる。

今回の、主要テーマの一つである浸潤陰影に直接関係する、呼吸停止の有無については、呼吸停止不良症例が約70%あった。その場合の変化率C(%)は 34.9 ± 15.3 であり、正常群での 32.6 ± 13.6 とほぼ同等の値を示した(変化率の差は10%以下)。これは、呼吸停止不良であっても、斜位撮影することにより、重力効果改善が効果的であることを、示唆していると考えられる。

以上、重力効果改善を目的とした、われわれの撮影法について述べてきたが、従来からの撮影法である、深吸気や腹臥位、側臥位撮影法について述べてみたい。土井ら³⁾は、肺内への空気流入量が、各肺葉間にもどのように分布するかをCT値から分析し、肺野の重力効果について検討した。その結果、深吸気によって肺内に空気が充満することにより、CT値がほぼ均等になったと報告している。また、上葉より中葉、下葉、特に下葉において、空気流入量によるCT値の変化が大きく、上葉においては、空気流入量によるCT値の変化はほとんど認められなかったと報告し、深吸気撮影の重要性を指摘している。また、Millar⁷⁾、Verschakelen⁸⁾、Webbら⁹⁾は、肺容積の変化における肺濃度の差と、重力依存(重力効果)の関係性について検討し、全容量(深吸気)に近い場合に、重力依存(重力効果)が最少になると述べ、深吸気撮影の重要性を示唆している。特に、深吸気撮影が重要になってくるのは、肥満体の患者の場合である。肥満体の場合、腹圧により肺が挙上され、全体的に肺の体積が小さくなり、呼気撮影と同様な状態となる。この場合、深吸気撮影をすることにより、肺の体積が大きくなり、重力効果が改善される。ただし、深吸気撮影は、もともと呼吸停止の不可能な患者には、実施できない方法である。腹臥位撮影については、土井ら³⁾は、胸部CTにお

いて、背臥位と腹臥位での撮影で、同じ部位に濃度差ができることは、重力効果によるCT値の差であると報告している。そして、肺野の背側部が高輝度に描出されている場合には、腹臥位などの撮影を付け加えるように述べている。側臥位撮影については、山口ら⁵⁾がその有用性を指摘している。このように、腹臥位や側臥位での撮影が、重力効果を改善する重要な方法であり効果的な方法であるが、実際問題として、呼吸停止の不可能な患者の場合、寝たきりや気管内挿管している患者も多く、腹臥位や側臥位撮影することは、ほとんど困難である場合が多い。

浸潤陰影の有無は、炎症性疾患があるかないかであり、薬剤投与の実施の有無にかかわる重要な問題となってくる。炎症性疾患の場合、CRPが指標となるが、その値が軽度上昇(基準値0.3mg/dl)しているとき、炎症性疾患かどうかの判別がしにくい場合がある。いわゆる境界症例であるが、CRPが軽度上昇していて、浸潤陰影が明確に認められれば、炎症性疾患と診断される可能性が高くなる。今回、われわれの検討した炎症性疾患群のデータでは、CRPが1.5mg/dl以下でも、浸潤陰影が認められた症例が26.3%あった。

この方法の欠点であるが、ポリフォームを背中に入れる作業および追加撮影に手間と時間がかかることである。また、被ばく線量も増加する。忙しいときには

実施しにくい方法であるが、患者の利益を考えた場合、積極的に実施すべき撮影法だと考えている。

撮影体位である斜位の角度については、今回55度以上とした。どのくらいの角度以上であれば重力効果が改善され、炎症性疾患と正常なものとが鑑別できるのか、今後検討していきたい。

5. 結 語

CTの多列化に伴い、胸部もわずか数秒で撮影可能となった。それにより、呼吸停止不可能な患者も、呼吸停止なしで撮影ができ、鮮明な写真が提供できるようになった。しかし、今回のテーマである、下肺野背側に浸潤様に描出される陰影は、重力効果が影響するため、CTの多列化がいくら進んでも、解決できる問題ではない。重力効果を考慮した撮影法の場合、背臥位時に背側が高輝度を呈するとき、その高輝度部が上部に位置するように、体位を工夫する必要がある。したがって、斜位(55度)から側臥位に近い体位でCTを追加撮影することにより、重力効果が改善され、炎症性疾患との鑑別が容易となり、診断に役立つと考えられる。

なおこの論文の要旨は、日本放射線技術学会第63回総会学術大会にて発表した。

参考文献

- 1) 村田喜代史, 上甲 剛, 池添潤平. 胸部のCT 第2版. メディカル・サイエンス・インターナショナル, 東京, 2004: 509-530.
- 2) 水野吉将, 小田憲二, 野儀明宏, 他. 下肺野背側がわずかに高輝度に描出される症例に対する一考察(XCT-5 CT性能評価他). 第47回総会学術研究発表抄録. 日放技学誌 1991; 47(8): 1337.
- 3) 土井 司, 水野吉将. 胸部CTにおける吸入空気量がCT画像におよぼす影響について. 日放技学誌 1996; 52(4): 511-517.
- 4) 水野吉将, 野儀明宏, 舩田誠一, 他. 胸部CTにおける重量効果について 第4報-炎症性疾患における肺内空気分布について(CT-9 臨床応用). 第48回総会学術研究発表抄録. 日放技学誌 1992; 48(8): 1496.
- 5) VERSUS研究会 監, 平野 透, 井田義宏, 石風呂実, 他編. 超実践マニュアルCT. 医療科学社, 東京, 2006: 147-179.
- 6) 花井耕造, 石田智広, 井田義宏, 他. ラセンCTの物理的な画像特性の評価と測定法に関する報告. 日放技学誌 1997; 53(11): 1714-1732.
- 7) Millar AB, Denison DM. Vertical gradients of lung density in healthy supine men. Thorax 1989; 44(6): 485-490.
- 8) Verschakelen JA, Van fraeyenhoven L, Laureys G, et al. Differences in CT density between dependent and nondependent portions of the lung: influence of lung volume. AJR Am J Roentgenol 1993; 161(4): 713-717.
- 9) Webb WR, Stern EJ, Kanth N, et al. Dynamic pulmonary CT: findings in healthy adult men. Radiology 1993; 186(1): 117-124.

図表の説明

Fig. 1 斜位CTの撮影方法

Fig. 2 ROIの測定方法

(a)背臥位CT

(b)斜位CT

Fig. 3 正常(心臓肥大)

(a)背臥位CT

(b)斜位CT

Fig. 4 正常(心臓肥大)

(a)背臥位CT

(b)斜位CT

Fig. 5 正常(食道裂孔ヘルニア)

(a)背臥位CT

(b)斜位CT

Fig. 6 炎症性疾患(肺炎)

(a)背臥位CT

(b)斜位CT

Table 1 変化率(%)を求める計算式

Table 2 正常および炎症性疾患の変化率(%)の実測値

Table 3 正常群における器質的疾患の頻度

Table 4 正常群における器質的疾患の変化率(%)

Table 5 正常群における呼吸停止不良の頻度

Table 6 正常群における呼吸停止不良の変化率(%)