대한방사선의학회지 1999;41:321-326

단순흉부사진에서 기흉의 정량적 측정 : 삼차원 CT를 기준으로 한 Collins 방법과 Axel 방법간의 정확도 비교[1]

이창근 · 김형진 · 한 헌[2] · 이경희 · 김정택[3] · 김광호[3] · 서창해

목적 : 이 연구는 예비실험을 통하여 기흉의 체적 측정에서 삼차원 CT의 정확도를 알아보고, 적절한 postprocessing 방법을 선택하여 본실험에서의 기초자료를 제공하고자 하였으며, 본실험에서는 예비실험의 자료를 토대로 영상화된 삼차원 CT를 기준으로 하였을 때, 단순흉부사진에서 기흉의 체적 측정에 사용되는 Collins 방법과 Axel 방법 중 어느 방법이 더 삼차원 CT의 측정치에 근접하는지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 예비실험에서 manual contour delineation과 thresholding의 두가지 postprocessing 방법을 이용하여 모형과 4명의 기흉 환자를 대상으로 삼차원 CT를 시행하여 삼차원 CT의 정확도를 알아보았으며 두 postprocessing 방법간의 정확도를 비교하였다. 본실험은 13명의 기흉 환자를 대상으로 하였는데 모든 환자에서 단순흉부사진으로 기흉의 양을 측정하기 위해 CT의 localizer scan을 이용하여 각각 Collins 방법과 Axel 방법으로 기흉의 체적을 측정하였고, 그 결과를 삼차원 CT를 이용한 기흉의 측정치와 비교하였다.

결과 : 모형과 4명의 기흉 환자를 대상으로 한 예비실험에서 삼차원 CT로 정확하게 기흉의 양을 측정할 수 있었으며 두 postprocessing 방법간에 측정치의 차이는 없었다. 그러나 thresholding 이 manual contour delineation 보다 소요되는 시간이 짧아 (5분 대 30분) 전자를 이용하여 본실험을 시행하였다. 본실험에서 삼차원 CT를 이용한 측정치와 단순흉부사진에서 Collins 방법을 이용한 측정치와는 좋은 상관관계를 보였으나 ($r=0.95$, $p<0.05$) Axel 방법을 이용한 측정치와 삼차원 CT의 측정치와는 낮은 상관관계를 보였다 ($r=0.55$, $p>0.05$).

결론 : 삼차원 CT는 정확하게 기흉의 체적을 측정할 수 있으며, 단순흉부사진으로 기흉의 체적을 측정하는 데에는 Collins 방법이 Axel 방법보다 우수한 것으로 생각된다.

기흉은 흉강내에 비정상적 공기가 유출된 상태로 기흉의 양은 치료에 있어 중요하다 (1-5). 임상적으로 전체 폐용적의 25% 이상의 기흉이 있는 경우는 저산소혈증이 발생하고 (6) 폐포의 저환기 (alveolar hypoventilation)가 나타나며 (7) 환기-관류 (ventilation-perfusion)의 부조화에 의해서 동맥의 산소분압의 감소를 초래하며 폐의 탄성 (compliance)과 폐활량 (vital capacity), 총폐기량 (total lung capacity), 기능적 잔기량 (functional residual capacity)의 감소를 초래한다 (8).

건강한 사람의 자발성 기흉의 경우 단순흉부사진상의 기흉의 양과 허탈된 폐의 장측흉막의 모서리의 위치에 따라 치료가 달라지며 기존에 폐질환을 지니고 있던 경우는 기흉의 양과 폐기능을 종합적으로 고려하여 치료를 결정하게 된다 (9).

지금까지 단순흉부사진을 이용하여 기흉의 용적을 구하려는 많은 시도가 있었는데 Kircher와 Swartzel (10)은 흉곽과 허탈된 폐의 면적을 구하여 기흉의 양을 백분율로 나타낼 수 있다고 하였으나 이 방법은 이차원적인 넓이 개념으로 계산된 것으로 삼차원 구조인 폐의 실제 용적을 계산하는데는 많은 한계를 지니고 있다. Axel (11)은 폐를 일직선으로 이루어진 육면체로 간주하여 계산하여 이를 실험적으로 모형에 적용하여, 적은 양의 기흉에 있어서 이론적인 수식에 의한 수치가 실험에 의한 측정치와 비슷하다고 하였다. Collins 등 (9)은 16명의 기흉 환자를 대상으로 단순흉부사진에서 흉막간의 길이와 삼차원 CT에서 측정한 기흉의 용적과의 관계를 연구하였다. 그러나 이들 단순흉부사진을 근거로 한 기흉의 체적 측정방법들간의 비교에 관한 연구는 거의 없다.

이 연구는 첫째, 모형과 환자를 대상으로 한 예비실험을 통하여 기흉의 체적 측정에 있어 삼차원 CT의 정확도를 알아보고, 또한 적절한 postprocessing 방법을 선택하여 본실험에서의 기초자료를 제공하고자 하였으며, 둘째, 13명의 환자를 대상으로 한 본실험에서는 예비실험의 자료를 토대로 영상화된

[1]인하대학교 의과대학 방사선과학교실
[2]강원대학교 의과대학 방사선과학교실
[3]인하대학교 의과대학 흉부외과학교실
이 논문은 1999년 2월 10일 접수하여 1999년 6월 2일에 채택되었음.

삼차원 CT를 기준으로 하였을 때 단순흉부사진에서 기흉의 체적 측정에 사용되는 Axel 방법 (11)과 Collins 방법 (9)을 비교하여 어느 방법이 더 효과적인지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

예비실험

아크릴판으로 된 지름 21.5cm, 높이 10cm 크기의 원통형 모형에 물을 채운 후 100ml, 200ml, 300ml의 물을 각각 덜어내고 삼차원 CT를 시행하여 물대신 채워진 공기의 양을 측정하였다. CT는 Hi Speed Advantage (General Electric Medical Systems, Milwaukee, Wis, U.S.A.)를 사용하였으며 나선형 방식을 이용하여 10mm 절편두께와 10mm/sec의 테이블 이동속도로 촬영한 후 8mm 간격으로 영상을 재구성하였다. 재구성된 영상은 workstation (Sun Microsystems Inc, California, U.S.A.)을 이용하여 manual contour delineation 과 thresholding의 두 가지 방법으로 postprocessing을 하였다. 전자는 각 단면에서 공기에 해당되는 부분을 mouse를 이용하여 직접 도해한 후 이를 computer로 재구성하여 공기의 체적을 구하였고, 후자는 각 단면에서 공기의 최대 CT수치를 측정하여 이 수치와 CT 기기의 측정 가능 최소치인 -1024 HU 의 범위 내에 해당되는 부분만의 삼차원 영상을 얻어 그 양을 측정하였다.

또한 4명의 기흉 환자를 대상으로 모형에 사용하였던 것과 같은 방법으로 삼차원 CT를 시행한 후 두 가지의 postprocessing 방법으로 기흉의 양을 측정하여 흉곽에 대한 기흉의 백분율을 구하였다. manual contour delineation을 사용한 경우 먼저 흉곽의 용적을 구하였는데 병변의 흉곽 내벽과 중격동, 심장의 외측벽을 경계면으로 도해하였으며 주기관지와 좌, 우 폐동맥은 제외시켰다. 기흉에 대하여는 흉곽 내벽과 허탈된 폐의 외측 벽을 직접 도해하였다. 이상과 같이 각 단면에서 선택된 부분들을 모형실험에서와 마찬가지로 workstation에서 재구성하여 흉곽과 기흉의 체적을 구한 후 다음의 공식을 이용하여 기흉 용적의 백분율을 얻었다.

$$V(\%) = V_{Pth} / V_{th} \times 100$$

$V(\%)$: 기흉 용적의 백분율
V_{Pth} : 기흉의 용적
V_{th} : 흉곽의 용적

thresholding 법을 사용한 경우, 기도, 식도, 및 위내에 있는 공기를 제외시킨 영상에서 지름 0.5cm 크기의 원형선택자 (cursor)를 이용하여 3개 이상의 단면에서 각각 5회 이상 폐실질의 CT 수치를 측정하여 측정된 최대 CT 수치 이하에 해당하는 부분의 용적을 구하여 흉곽의 체적을 얻었다. 또한, 기흉에 해당하는 공기의 최고 CT 수치 이하의 공기의 용적을 구하여 기흉의 체적을 측정한 후 위 공식에 대입하여 기흉 용적의 백분율을 구하였다.

두 방법 모두 1명의 방사선과 전공의가 모형과 기흉 환자에서 각각 3번에 걸쳐 체적을 측정하여 평균값을 산출하였으며, 두 가지의 postprocessing 방법을 비교하여 우월한 방법을 선택하여 본실험에 적용하고자 하였다. 모형의 실제 공기 양과 두 가지 postprocessing 방법간의 차이는 ANOVA test, 기흉 환자에서 두 가지 postprocessing 방법간의 차이는 paired t test를 사용하여 $p<0.05$일 경우 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

본실험

13명의 기흉 환자가 본실험의 대상이 되었다. 13명은 모두 남자로 16-65세였으며, 13명 모두 CT 검사전에 세침 흡인이나 배액관 삽입등의 치료는 시행되지 않았다.

삼차원 CT는 예비실험에서와 동일한 방법으로 촬영하였으며 manual contour delineation 과 thresholding 중 예비실험을 바탕으로 선정된 방법을 사용하여 기흉의 양을 측정하였다. CT는 앙와위에서 최대 흡기상태에서 촬영하였으며, 고식적 흉부사진을 대신하여 CT촬영 전 최대 흡기시의 localizer scan을 얻어 단순흉부사진상의 기흉의 체적측정에 이용하였

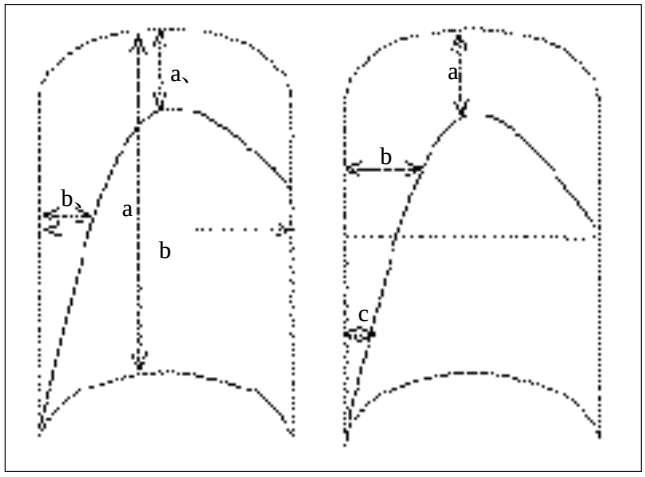

Fig. 1. Quantification of pneumothorax volume on chest radiographs.
A. The Axel 's method. In the absence of pleural adhesions or other major underlying pulmonary disease, the percentage of pneumothorax volume was obtained from the formula, $V(\%) = [3\Delta X/X - 3(\Delta X/X)^2 + (\Delta X/X)^3] \times 100$, where X is the initial characteristic linear dimension, which decrease by amounts of ΔX. The initial characteristic linear dimension X can be formulated by $X = (a + b)/2$, where a and b are height and width of the initial lung, respectively. The representative change in linear dimension ΔX can be formulated by $\Delta X = (a、+ b、)/2$, where a、and b、are the distances between the parietal and visceral pleurae at the apex and mid portion of thorax, respectively.
B. The Collins 'method. On chest radiographs, the percentage of pneumothorax volume was obtained from the formula, $V(\%) = 4.2 + [4.7 \times (a + b + c)]$, where a, b and c are the distances between the parietal and visceral pleurae measured at the apex and the midpoints of the upper and lower halves of collapsed lung, respectively.

다.

단순흉부사진에서의 기흉의 체적측정은 Axel 방법과 Collins 방법의 두가지 방법을 병행하였다. Axel 방법 (Fig. 1A)에 의한 기흉의 체적 측정은 기흉으로 인해 생긴 폐첨부와 폐의 중간부위의 흉막간의 폭을 측정하여 평균값 (ΔX)을 구하여 정상 폐의 높이와 폭의 평균값 (X)에 대하여 다음의 공식에 대입하여 정상 폐용적에 대한 기흉 용적의 백분율을 구하였다.

$$V(\%) = [3\Delta X/X - 3\{\Delta X/X\}^2 + \{\Delta X/X\}^3] \times 100$$

Collins 방법 (Fig. 1B)에 의한 기흉의 체적 측정은 기흉으로 인한 폐첨부에서의 흉막간 거리(a), 흉곽 상부 중간 부위(b) 및 흉곽 하부 중간부위(c)에서의 흉막간 거리를 측정하여 다음의 공식을 이용하여 기흉 용적의 백분율을 구하였다.

$$V(\%) = 4.2 + [4.7 \times (a + b + c)]$$

Axel 방법과 Collins 방법으로 측정된 기흉의 체적을 삼차원 CT로 계산된 기흉의 체적과 비교하여 어느 방법이 삼차원 CT의 결과에 근접하는지 알아보았으며 Pearson correlation coefficient를 이용하여 $p<0.05$일 때 통계적으로 유의한 상관관계가 있다고 판정하였다.

결 과

모형과 기흉 환자를 대상으로 한 예비실험의 결과

삼차원 CT를 이용하여 manual contour delineation 과 thresholding 으로 측정한 모형내의 공기의 양은 실제 주입한 공기의 양과 좋은 상관관계를 보였으며 ($r=0.998$), 실제 값과 manual contour delineation 또는 thresholding 으로 얻은 측정치와는 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수가 없었다 ($p>0.05$, ANOVA test) (Table 1). 기흉 환자를 대상으로 한 임상 실험에서도 두 가지 postprocessing 방법간에 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 ($p>0.05$, paired t test) (Table 2) manual contour delineation 방법은 평균 30분, thresholding 방법은 평균 5분이 소요되었다.

Collins 방법과 Axel 방법을 비교한 본실험의 결과 (Table 3)

Collins 방법을 이용하여 계산된 기흉의 양은 삼차원 CT로 얻은 기흉의 양을 기준으로 하였을 때 좋은 상관관계가 있었으나 ($r=0.95$, $p<0.05$) (Fig. 2), Axel 방법을 이용하였을 때는

Table 1. Comparison of Manual Contour Delineation and Thresholding in the Phantom Study*

Actual air(ml)	Volume of air estimated by 3-D CT(mean±SD in ml)	
	Manual contour delineation	Thresholding
100	102.1 ± 2.5	98.3 ± 3.1
200	203.1 ± 3.2	198.8 ± 3.2
300	297.4 ± 3.7	302.5 ± 4.1

* statistically insignificant in all conditions between actual and estimated volumes of air ($p > 0.05$, ANOVA test)

Table 2. Comparison of Manual Contour Delineation and Thresholding in Four Patients with Pneumothorax

Patient	Volume of pneumothorax estimated by 3-D CT(mean±SD in ml)	
	Manual contour delineation	Thresholding
1	612.1 ± 7.5	610.2 ± 6.4
2	974.3 ± 8.2	978.8 ± 5.5
3	1061.5 ± 9.3	1026.8 ± 5.8
4	639.7 ± 6.5	678.3 ± 5.5

* statistically insignificant in all patients between volumes of air estimated by manual contour delineation and thresholding ($p > 0.05$, paired t test)

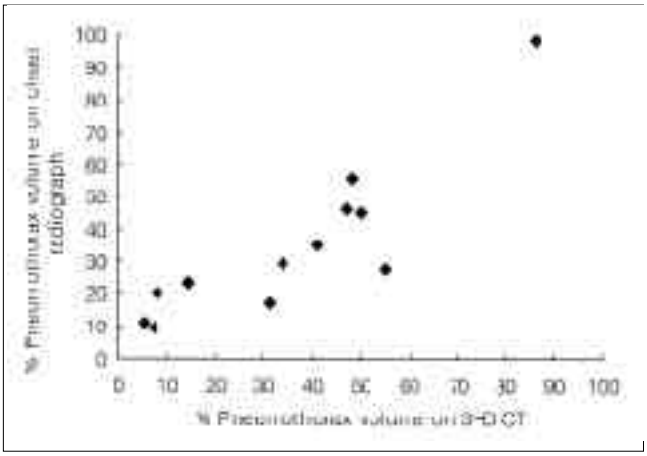

Fig. 2. Scatter diagram shows pneumothorax volume measured by 3-D CT and the Collins 'method on chest radiographs. There is a good correlation between the volume measurements obtained by the Collins 'method on chest radiographs and by 3-D CT($r = 0.95$, $P < 0.05$).

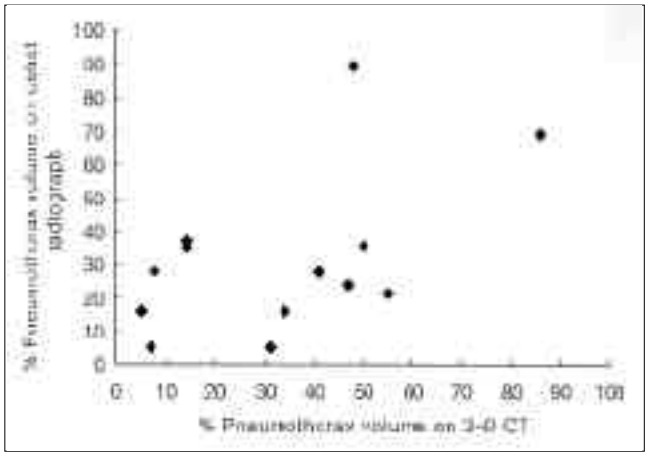

Fig. 3. Scatter diagram shows pneumothorax volume measured by 3-D CT and the Axel 's method on chest radiographs. There is a poor correlation between the volume measurements obtained by the Collins 'method on chest radiographs and by 3-D CT ($r = 0.55$, $P > 0.05$).

Table 3. Pneumothorax Volumes in 13 Patients Measured by 3-D CT and Collins' and Axel's Methods on Chest Radiographs

Patient	Estimated pneumothorax volume(%)		
	3-D CT	Collins' method	Axel's method
1	5.1	11.3	16.2
2	7.2	9.3	5.1
3	7.9	20.2	27.9
4	14.1	24.3	35.1
5	14.2	23.1	37.2
6	31.2	17.1	5.1
7	34.2	29.6	16.1
8	40.9	35.3	28.1
9	47.1	46.5	24.1
10	48.1	55.9	89.7
11	50.1	45.1	35.9
12	55.1	28.2	21.3
13	86.1	98.2	69.2

통계적으로 낮은 상관관계를 보였다 ($r=0.55$, $p>0.05$) (Fig. 3).

고 찰

기흉 환자를 직면한 임상의는 치료방법을 신속하게 결정하여야 한다. 이 선택은 임상증상과 환자의 나이, 병력 등에 좌우되며 기흉의 크기도 중요한 역할을 한다 (5). Miller 등 (12)은 만성 폐질환이 있는 경우 심장의 경계부위를 기준으로 흉벽으로 1/2 이상 폐허탈이 발생하면 세침 흡인 후 경과를 지켜보아야 하고, 세침 흡인이 용이하지 않으면 늑간 배액관 삽입을 하며, 만성 폐질환이 없을 경우는 전폐가 허탈되었을 때 세침 흡인을 할 것을 제안하였다.

흉부 CT 촬영은 공기와 폐조직간의 경계를 잘 구별할 수 있어 폐와 흉막강을 검사하는데 아주 유용한 검사방법이 되고 있으며 폐와 흉곽을 삼차원적으로 나타낼 수 있으므로 폐허탈의 정도를 결정하는데 중요한 방법으로 이용될 수 있다 (5,13). 특히 Nawaratne 등 (14)은 물을 채운 모형을 제작하여 나선식 CT을 이용하여 영상을 얻고 thresholding 방법으로 체적을 측정하였을 때 호흡과 관계없이 정확하게 측정됨을 입증하였다. 본 연구에서도 삼차원 CT를 이용한 측정치는 정확하게 실제 모형내의 공기의 양을 측정하였으며 manual contour delineation 방법과 thresholding 방법간의 차이를 보이지 않다. 그러나 임상실험에서 manual contour delineation 방법은 평균 30분, thresholding 방법은 평균 5분이 소요되어 본실험에서는 thresholding 방법을 사용하여 기흉의 양을 측정하였다. Mergo 등 (15)은 thresholding 방법으로 정상 폐의 용적을 구하고자 할 경우 폐의 CT 수치 중 최고값을 흡기와 호기 모두 -500 HU으로 기준으로 삼고 측정을 하였으나 본 연구에서는 폐실질의 최고 CT 수치가 -250 HU에서 -512 HU로 서로 차이가 있었기 때문에 폐의 최고 CT 수치를 각각 측정하여 이 결과를 바탕으로 폐의 용적을 구하였고 기흉의 경우에도 최고 CT 수치는 -751 HU에서 -854 HU로 다양하였으며 이 수치를 이용하여 기흉의 백분율을 구하였다.

Collins 등 (9)은 자세에 따라 폐와 흉곽의 용적이 변하고 (16, 17) 특히 앙와위에서는 횡격막이 상측으로 이동되어 폐의 용적이 감소하기 때문에 입위로 촬영한 단순흉부사진에서 기흉의 체적을 측정하여야 한다고 하였다. 본 연구에서는 단순흉부검사와 CT 간의 시간 차이를 최소한으로 줄이고 자세와 위치의 차이를 없애기 위하여 모든 환자에 대하여 CT촬영 직전에 앙와위에서 촬영한 최대 흡기시의 localizer scan으로 고식적흉부사진을 대신하였으나 입위의 단순흉부사진으로 측정한 Collins의 결과와 큰 차이를 보이지는 않았다.

본실험에서 Collins 방법을 이용하여 계산된 기흉의 용적은 삼차원 CT를 이용하여 측정된 양과 통계적으로 좋은 상관관계를 보였으나 ($r=0.95$, $p<0.05$) Axel 방법은 통계적으로 낮은 상관관계를 보였다 ($r=0.55$, $p>0.05$). 이는 Axel 방법이 비록 폐의 용적을 삼차원적 개념으로 계산한 것이지만 실제 기흉은 불규칙한 경계를 지닌 폐허탈을 동반하기 때문에 직선으로 이루어진 육면체와는 다르며, 허탈된 폐의 하부는 계산에 포함되지 않는다는 한계에 기인한 것으로 생각된다. 이에 비하여 Collins 방법은 허탈된 폐에서 폐첨부 흉막간 거리와 상부의 중간부위 흉막간 거리, 하부의 중간 부위에서의 흉막간 거리 등을 모두 고려하여 불규칙한 경계면을 계산에 적용시킬 수 있어 더 정확한 용적을 계산할 수 있었다. Collins 방법을 이용하여 얻은 기흉의 용적이 삼차원 CT로 측정된 양을 기준으로 하여 정확도가 80% 이상인 경우는 6례가 있었는데 이들의 경우 허탈된 폐의 경계면이 규칙적이고 흉곽에서의 거리가 일정하다는 특징이 있었다. Collins 방법으로 50% 이하의 정확도를 보인 경우가 4예가 있었는데 이들은 허탈된 폐의 경계면이 불규칙하고 비대칭적인 양상을 보였던 경우로 이러한 경우 단순흉부사진을 이용한 기흉의 체적 측정은 뚜렷한 한계가 있다. Engdahl 등 (5)은 기흉의 양이 작거나 매우 큰 경우는 규칙적인 모양을 유지하므로 실제 기흉의 용적과 단순촬영으로 얻은 값의 차이가 작을 것이라고 하였으나 본 연구에서 기흉의 크기에 따른 정확도의 차이는 보이지 않았다.

기흉의 양과 치료에 대하여는 아직 논란이 있는데, 기흉의 양이 정상 폐의 10% 미만인 경우 별다른 치료가 없이도 8일 후면 폐의 재팽창이 일어나며 30% 이상인 경우는 늑간 배액관 삽입과 함께 공기 흡입이 필요하다고 한다. Kircher 와 Swartzel (10)은 20% 보다 많은 기흉이 있을 때는 늑간 배액관 삽입이 필요하나 이보다 적은 기흉에서는 별다른 처치 없이 일정기간의 관찰만으로도 충분하다고 하였다 (10). 본 연구에서는 13명의 환자 중 삼차원 CT로 계산한 기흉의 체적이 10% 이하인 3명 모두 산소흡입만으로 5일 만에 기흉이 흡수되었다. 기흉의 양이 10%이상인 경우는 흉관삽관술 혹은 기포제거술을 병행하였다. 그러나 기흉의 양과 치료, 예후에 대한 상관관계는 더 많은 환자군을 대상으로 연구가 필요할 것으로 보인다.

결론적으로, 삼차원 CT는 기흉의 체적 측정에 있어 정확한 자료를 제공할 수 있으며 단순흉부사진에서의 기흉의 체적 측정은 Collins 방법이 Axel 방법보다 더 우수하였다. 이상의

연구 결과는 기흉의 정확한 양을 평가하고 치료 방침을 결정하는데 유용한 정보를 줄 수 있으리라 생각한다.

참 고 문 헌

1. Seremetis MG. The management of spontaneous pneumothorax. *Chest* 1970;57:65-68
2. Bevelaqua FA, Aranda C. Management of spontaneous pneumothorax with small lumen catheter manual aspiration. *Chest* 1982;81:693-694
3. Riordan JF. Management of spontaneous pneumothorax. *Br Med J* 1984;289:71
4. Engdahl O, Boe J. Quantification of aspirated air volume reduces treatment time in pneumothorax. *Eur Respir J* 1990;3:46-48
5. Engdahl O, Toe T, Boe J. Chest radiograph-a poor method for determining the size of a pneumothorax. *Chest* 1993;103:26-29
6. Moran JF, Jones RH, Wolfe WG. Regional pulmonary function during experimental unilateral pneumothorax in the awake state. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977;74:396-341
7. Norris RM, Jones JG, Bishop JM. Respiratory gas exchange in patients with spontaneous pneumothorax. *Thorax* 1968;23:427-432
8. Gilmartin JJ, Wright AJ, Gibson GJ. Effects of pneumothorax or pleural effusion on pulmonary function. *Thorax* 1985;40:60-65
9. Collins C D, Lopez A, Mathie A, Wood V, Jackson JE, Roddie ME. Quantification of pneumothorax size on chest radiographs using interpleural distance. *AJR* 1995;165:1127-1130
10. Kircher LT, Swartzel RL. Spontaneous pneumothorax and its treatment. *JAMA* 1954;155:24-29
11. Axel L. A simple way to estimate the size of a pneumothorax. *Invest Radiol* 1991;16:165-166
12. Millor AC, Harvey JE. Guidelines for the management of spontaneous pneumothorax. *Br Med J* 1993;307:114-116
13. Stromkag KE, Hauge O, Steen PA. Distribution of local anesthetics injected into the interpleural space studied by computerized tomography. *Acta Anesthesiol Scand* 1990;34:323-326
14. Nawartne S, Fabiny R, Brien JE et al.. Accuracy of volume measurement using helical CT. *J Comput Assist Tomogr* 1997:481-486
15. Mergo PJ, Williams WF, Rothi RG et al. Three-dimensional volumetric assessment of abnormally low attenuation of the lung from routine helical CT: inspiratory and expiratory quantification. *AJR* 1998;170:1355-1360
16. Blair E, Hickam JB. The effect of change in body posture on lung volume and intrapulmonary gas mixing in normal subjects. *J Clin Invest* 1955;34:383-389
17. Vollody VP, Nassery N, Druz WS, Sharp JT. Effect of body position change on thoracoabdominal motion. *J Appl Physiol* 1978;45:581-589

J Korean Radiol Soc 1999;41:321 - 326

Quantification of Pneumothorax Volume on Chest Radiographs : Comparison between the Collins' and the Axel's Methods with Three-Dimensional CT as the Standard of Reference[1]

Chang Keun Lee, M.D., Hyung-Jin Kim, M.D., Heon Han M.D.[2],
Kyung Hee Lee, M.D., Joung Taek Kim, M.D.[3], Kwang Ho Kim, M.D.[3], Chang Hae Suh, M.D.

[1]Department of Radiology, Inha University College of Medicine
[2]Department of Radiology, Kangwon University College of Medicine
[3]Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Inha University College of Medicine

Purpose : The purpose of this study was twofold. In a preliminary study, we evaluated the accuracy of 3-D (three-dimensional) CT for the estimation of pneumothorax volume and for providing the optimal postprocessing method for clinical study. In the clinical study, we determined which of the two methods, Collins' and Axel's, was more accurate for the estimation of pneumothorax volume, as seen on chest radiographs, using 3-D CT as the standard of reference.

Materials and Methods : In the preliminary study, 3-D CT was applied to phantoms and to four patients with pneumothorax using two different postprocessing methods, manual contour delineation and thresholding. In the clinical study, 3-D CT was performed in 13 patients with pneumothorax. For the purpose of evaluating conventional radiographs, a localizer scan was used for comparing the accuracy of Collins' method with that of Axel's method, with 3-D CT as the standard of reference.

Results : The preliminary study revealed that 3-D CT estimated pneumothorax volume with great accuracy and that manual contour delineation and thresholding measured volume equally well. Because of the shorter postprocessing time required with thresholding than with manual contour delineation (5 min versus 30 min), the former was used during clinical study. The results of this indicated close correlation between the measurements obtained using Collins' method on chest radiographs and those obtained by 3-D CT($r = 0.95$, $p < 0.05$). In contrast, measurements obtained using Axel's method correlated poorly with those obtained by 3-D CT ($r = 0.55$, $p > 0.05$).

Conclusion : 3-D CT can estimate pneumothorax volume with great accuracy. Collins' method is superior to Axel's method for the quantification of pneumothorax volume as seen on chest radiographs.

Index words : Lung, CT
Lung, radiography
Lung, volume
Pneumothorax

Address reprint requests to : Hyung-Jin Kim, M.D., Department of Radiology, Inha University Hospital,
#7-206 3rd St., Shinheung-dong, Choong-Ku, Inchon, 400-103, Korea.
Tel. 82-32-890-2769 Fax. 82-32-890-2743