대한영상의학회지 2007;57:229 - 233

전횡격막의 CT 해부학: 64채널 다절편 전산화단층촬영 소견[1]

조범상 · 김성진 · 박길선 · 차상훈 · 한기석 · 배일헌 · 이승영 · 전민희

목적: MDCT를 이용하여 전횡격막의 모양을 재분석하고자 하였다.
대상과 방법: 64절편 MDCT로 흉부 CT를 촬영한 연속된 81명의 환자를 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. 전횡격막의 모양은 5 mm 두께의 횡단면 영상에서 검상돌기 뒤쪽의 선상음영, 연속되지 않고 앞쪽으로 벌어진 형태, 그리고 경계가 불분명한 연조직 음영의 세 가지 형태(type 1 - 3)로 분류하였고, 2 mm 두께의 시상면 재구성 영상에서 중심 날개가 심낭막 기저부로부터 검상돌기에 부착하는 주행방향이 위에서 아래, 아래에서 위, 그리고 평행한 경우의 세 가지 형태(type A - C)로 분류하였으며 이들 형태간의 연관성을 통계를 통해 검정 분석하였다.
결과: 5 mm 횡단면 영상과 2 mm 시상면 재구성 영상 모두에서 모든 환자의 전횡격막 모양을 분류할 수 있었다. 횡단면 영상에서 type 1, 2, 3는 각각 30.8%, 38.3%, 30.8%이었고, 시상면 재구성 영상에서 type A, B, C는 각각 33.3%, 22.2%, 44.4%이었다. Type 1의 92%에서 type A의 형태를 보였고, type 3의 88%에서 type C의 형태를, 그리고 type 2의 54.8%에서 type B의 형태를 보였으며, 이들 형태는 유의한 연관성을 보였다($r=0.868$, $p < 0.01$).
결론: 전횡격막의 모양은 심낭막 기저부와 검상돌기의 위치관계에 연관되어 있었다.

전횡격막의 중심건(central tendon)은 얇고 강한 건막으로 삼엽으로 구성된다. 좌, 우측엽은 혀모양(linguiform)으로 후하방을 향하고, 중간엽(middle leaf)은 등변삼각형으로 그 첨부는 검상돌기를 향한다. 중앙부는 심막의 아래쪽에 있으며, 부분적으로 심막과 혼합된다. 전체적으로는 외측과 후방에서 위치가 낮고, 앞쪽으로 검상돌기를 향해 올라가며 안쪽으로 모이는 모양을 보인다(1, 2).

전횡격막은 길이가 짧고, 다른 부위에 비해 상대적으로 얇아서 분석에 어려움이 많으나 전횡격막 주위의 병변을 정확히 이해하려면 전횡격막의 모양에 익숙해야하며 이를 위해 고식적 나선식 CT와 MRI의 기울기 에코 영상(gradient echo image) 등을 이용해왔다(3 - 8). Gale(3)은 고식적 나선식 CT에서 심낭막의 기저부와 검상돌기의 위치관계를 이용하여 전횡격막의 CT 모양을 3가지 형태로 분류하였으며 지금까지 여러 연구에서 이용되어왔다(4 - 6). 그러나 Gale(3)의 분류는 정확한 해부학적 분석이 어려운 10 mm 두께의 횡단면 영상에서 이루어졌다는 한계점이 있었다. MRI는 다중 영상을 얻을 수 있다는 장점이 있어 이용되었으나 긴 영상획득 시간으로 말미암아 구조 자체에 대한 연구보다는 횡격막의 움직임에 국한되어 이용되었다(8).

최근에 Multi - detector row CT (MDCT)가 도입되어 고식적 나선식 CT보다 얇은 절편으로 고해상의 다중 영상을 얻을 수 있게 됨으로써 해부학적 구조를 좀 더 자세히 분석할 수 있게 되었으나 저자 등이 아는 한 지금까지 전횡격막 형태의 분석에서 시상면 등 다중영상을 이용한 연구는 없었다.

이 연구에서는 64절편 MDCT에서 얻은 횡단면 및 시상면 재구성 영상을 비교하여 전횡격막의 모양을 재분석하고, Gale 분류의 적절성을 알고자 하였다.

대상과 방법

2006년 4월부터 6월까지 본 병원을 방문하여 흉부 CT를 촬영한 연속적인 환자 중, 늑막염, 복수, 림프절 종대, 폐경결 등 횡격막 모양의 분석에 방해가 될 수 있는 질환이 없었던 81명을 대상으로 하였다. 남자가 37명, 여자가 44명이었고, 연령분포는 19세에서 82세로, 평균연령은 59세이었다.

모든 예에서 Brilliance 64 CT scanner(Philips Medical Systems, Cleveland, U.S.A.)를 사용하였고, 경정맥 조영제 100 mL(Genetics, Guerbet, France)를 초당 3 mL의 속도로 주입한 후 20초 지연 후 스캔을 시작하였다. CT 스캔은 흡기

[1]충북대학교 의과대학 영상의학과학교실, 의학연구소
이 논문은 2006학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.
이 논문은 2007년 1월 25일 접수하여 2007년 7월 13일에 채택되었음.

상태에서 폐첨부터 제1요추체의 하방까지 포함하도록 촬영하였고, 조건은 120 kVp, 250 mAs, 스캔시간 0.7초, pitch 1.3, 두께 2 mm로 하였고 1mm 간격으로 재구성하였다.

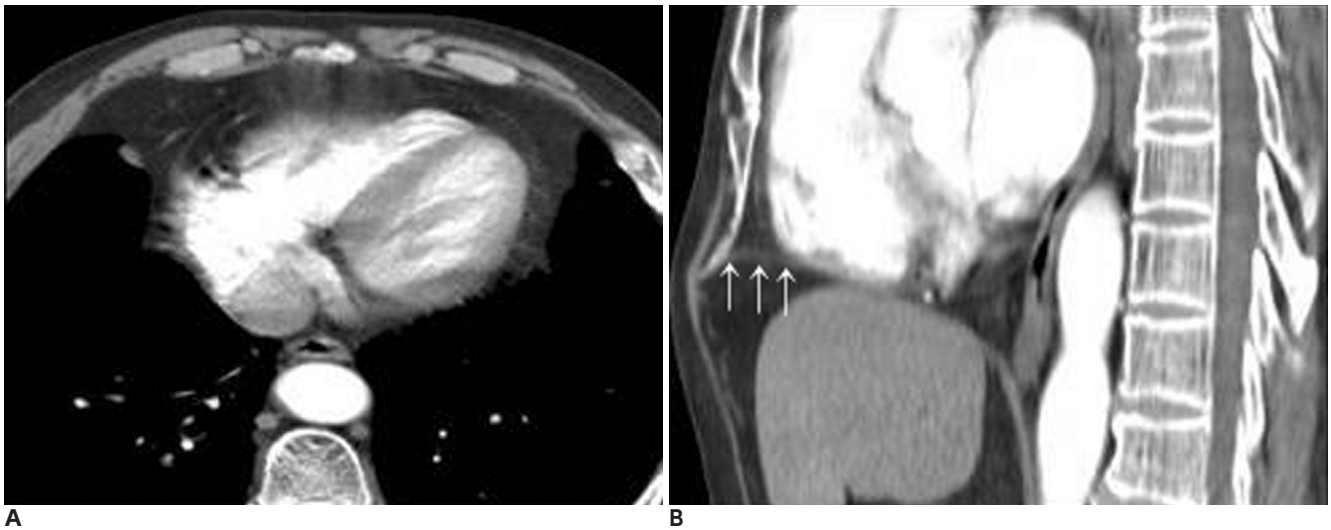
모든 영상은 삼차원 영상 재구성 소프트웨어(Lucion version 1.1, Mevisys, Korea)를 이용하여 PC 모니터 상에서 window width/level을 400/25 HU로 고정하여 분석하였다. 전횡격막의 모양에 대해 2명의 방사선과 의사가 독립적으로 분석하였고, 이견이 있는 경우 토론을 통해 결정하였다.

횡단면 영상은 Gale의 결과와 비교하고자 5 mm 두께로 재구성하였고, 전횡격막의 모양은 Gale의 분류에 따라 검상돌기의 뒤쪽에서 선상으로 보인 경우를 type 1, 횡격막에 분명한 불연속성이 있고 앞쪽으로 벌어져 있는 경우를 type 2, 그리고 경계가 불분명한 연조직 음영으로 보이는 경우를 type 3로 분류하였다. 시상면 재구성 영상은 두께 2 mm, 간격 1 mm로 재구성하여 분석하였고, 검상돌기의 중앙에서 중심 날개가 심낭막 기저부로부터 검상돌기에 부착하는 방향을 기준으로, 위에서 아래로 주행하는 경우 type A, 아래에서 위로 주행하는 경우 type B, 그리고 평행하게 주행하는 경우 type C로 정의하였다.

횡단면과 시상면 재구성 영상에서 얻은 결과를 비교하여 일치 관계를 통계를 통해 분석하였고, 통계는 SPSS(12.0 Korea version)를 이용하여 감마치(Gamma value)와 p 값(p-value)

A B

Fig. 1. The appearances of the anterior diaphragm show type 1 on axial (**A**) and type A on sagittal reformatted CT images (**B**) of chest CT in the 52 year-old woman. The anterior diaphragm appears as a smooth concave line across the midline and continuous with the lateral diaphragmatic fiber on axial image (**A**) and as a downward slope (white arrow) from the base of the pericardium to the xiphoid process on sagittal image (**B**).



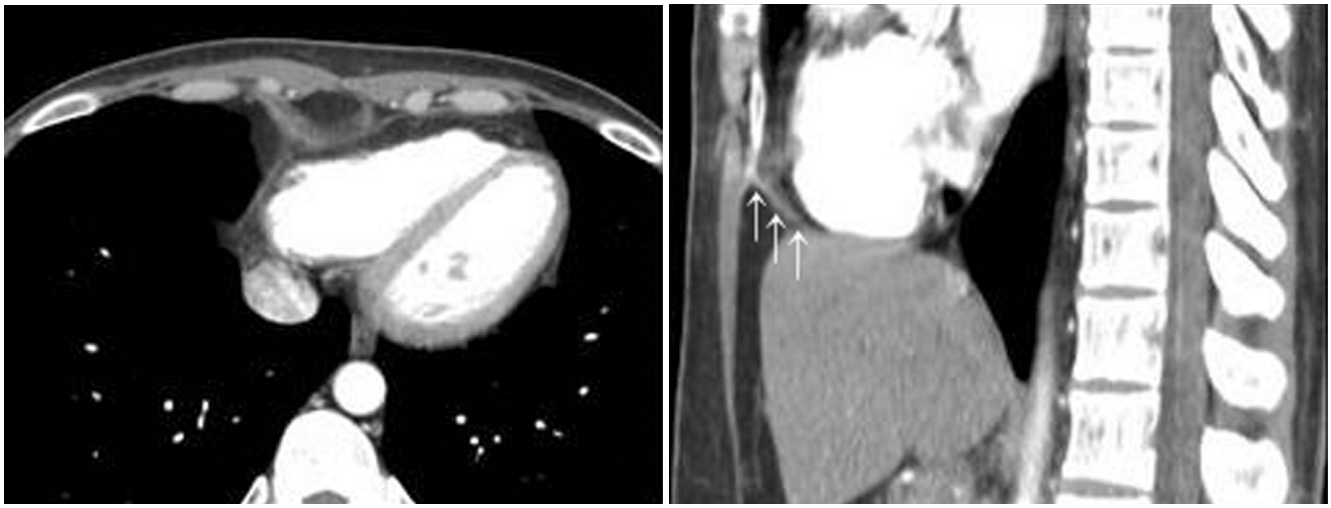
A B

Fig. 2. The appearances of the anterior diaphragm show type 3 on axial (**A**) and type C on sagittal reformatted CT images (**B**) of chest CT in the 66 year-old man. The anterior diaphragm appears as a broad and poorly defined bands on axial image (**A**) and the relationship of anterior diaphragmatic fibers (white arrow) between the base of the pericardium and the xiphoid is flat on sagittal image (**B**).

으로 검정 분석하였으며, p-value 0.05 이하일 때 통계적으로 유의하다고 평가하였다.

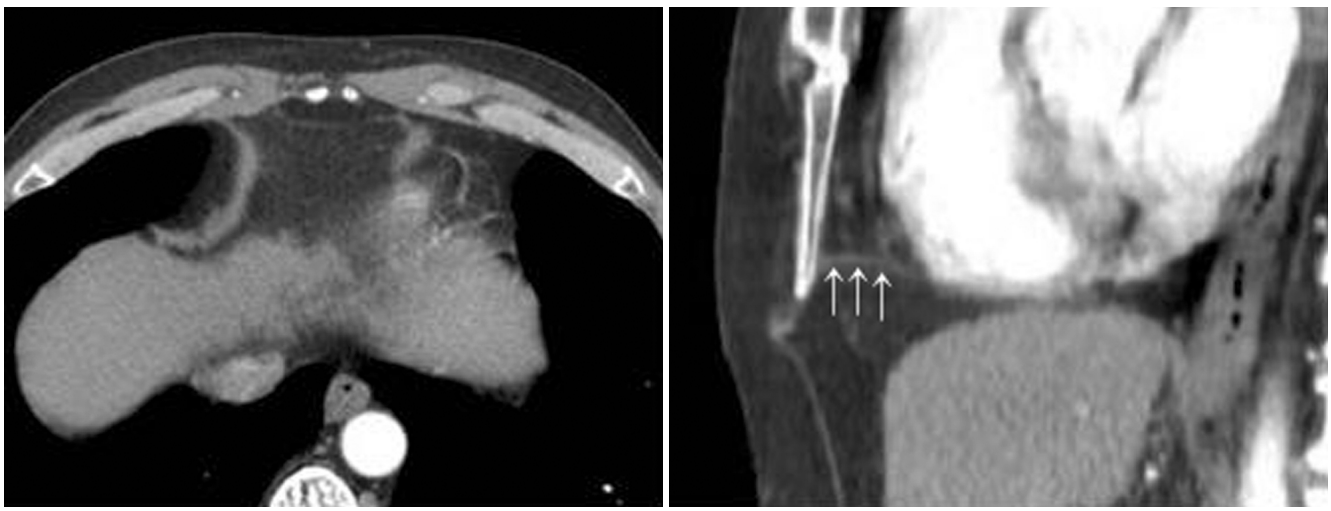
결 과

5 mm 횡단면 영상을 분석한 결과, 모든 예에서 전횡격막 모양을 분석할 수 있었다. Type 2가 31명(38.3%)으로 가장 많았지만, type 1이 25명(30.9%), 그리고 type 3은 25명(30.9%)으로 고른 분포를 보였다. 2 mm 시상면 재구성 영상에서도 전횡격막의 모양은 모든 예에서 분석할 수 있었으며, type C(36명, 44.4%)가 가장 많았고, type A(27명, 33.3%), type B(18명, 22.2%)의 순이었다. 횡단면과 시상면 재구성 영상의 전횡격막 모양을 비교하였을 때, 횡단면 영상에서 Type 1이었던 25명의 환자 중 23명(92%)이 시상면 영상에서 type A의 형태를(Fig. 1), 횡단면 영상에서 type 3이었던 25명 중 22명(88%)이 type C(Fig. 2)의 형태를 보여 높은 일치도를 보였다. 그러나 횡단면 영상에서 type 2의 형태를 보였던 31명 중 type B가 17명(54.8%) (Fig. 3)으로 가장 많았으나, type C 역시 13명(41.9%) (Fig. 4)으로 비교적 높은 비율을 보였고, 1예에서 type A의 형태를 보였다(Table 1). 횡단면과 시상면 재구성 영상의 세 가지 형태는 통계적으로 유의하게 일치하는 것으로 평가되었다(Gamma value: 0.868, $p < 0.01$).



A B

Fig. 3. The appearances of the anterior diaphragm show type 2 on axial (**A**) and type B on sagittal reformatted CT images (**B**) of chest CT in the 40 year-old woman. The lateral portion of the diaphragm diverges and opens anteriorly toward the sternum on axial image (**A**) and the anterior diaphragmatic fibers (white arrow) has a upward slope from the base of the pericardium to the xiphoid process on sagittal image (**B**).



A B

Fig. 4. The appearances of the anterior diaphragm show type 2 on axial (**A**) and type C on sagittal reformatted CT images (**B**) of chest CT in the 65 year-old man. The lateral portion of the diaphragm diverges and opens anteriorly toward the sternum on axial image (**A**). However, the relationship of anterior diaphragmatic fibers (white arrow) between the base of the pericardium and the xiphoid is flat on sagittal image (**B**).

Table 1. Comparison of the Type of Anterior Diaphragm Between Axial and Sagittal Image

Type	1	2	3	Total
A	23	1	3	27 (33.3%)
B	1	17	0	18 (22.2%)
C	1	13	22	36 (44.4%)
Total	25 (30.9%)	31 (38.3%)	25 (30.9%)	

고 찰

흉골횡격막(sternal part)은 검상돌기의 뒤쪽에 두개의 가는 띠(slip)로 부착한다. 중심건에 부착하는 근섬유는 짧고, 약간의 경사를 보이며, 종종 건막으로만 구성될 수가 있다. 반면, 늑골횡격막은 늑골 안쪽에 있는 가로복근(transversus abdominis)과 융합한다. 근섬유는 길며, 처음에는 수직 방향으로 위치하나, 점차적으로 중심건을 향하는 곡선을 그린다.

전횡격막의 모양은 횡격막의 중심건과 검상돌기 사이의 위치관계에 따라 결정되는 것으로 알려졌다. 지금까지 전횡격막 모양의 분류에서 Gale(3)의 분류가 주로 이용됐는데, 심낭막 기저부와 검상돌기의 위치관계에 따라 type 1은 심낭막 기저부가 검상돌기보다 상방에, type 2는 하방에, 그리고 type 3는 동일 평면에 있을 것으로 가정하였다. 그러나 Gale의 연구는 중심건의 중간엽과 같은 미세구조의 분석에 적절치 않은 10 mm 두께의 횡단면 영상만을 사용하였고, 다평면 영상을 이용할 수 없어 자신의 가설을 증명할 수 없었다.

Gale(3)은 전체 176예 중 22예(13%)에서, 그리고 한 등(5)은 350예 중 43예(12.3%)에서 모양을 분석할 수 없었다고 하였으나 본 연구에서는 모든 예에서 분석할 수 있었다. 이는 Gale과 한 등의 연구가 10 mm 두께의 영상을 분석한 데 비해, 본 연구에서는 5 mm 두께의 영상에서 분석하였기 때문으로 생각된다. 따라서 전횡격막을 정확히 분석하기 위해서는 5 mm 이하 절편 두께의 영상을 이용하여야 할 것이다.

Gale(3)의 연구에서 type 1은 176예 중 85예(48%), type 2는 50예(28%), type C는 19예(11%)의 분포를 보였고, 한 등(5)의 연구에서 type 1은 350예 중 88예(25.1%), type 2는 129예(36.9%), type 3는 90예(25.7%)의 분포를 보여 두 연구 사이에 많은 차이가 있었다. 이에 대해 한 등(5)은 두 연구의 차이가 호흡상태의 차이에 의해 나타난 것으로 추정하였고, 김 등(6)은 동일 환자에서 호기와 흡기시의 CT를 비교하여 전횡격막의 모양이 호흡에 따라 변할 수 있다는 것을 확인하였다. 본 연구에서 횡단면 영상에서의 type 1-3는 각각 30.9%, 38.3%, 30.9%로 비교적 고른 분포를 보여 Gale(3)의 연구보다는 한 등(5)의 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 그러나 시상면 재구성 영상에서는 type A 33.3%, type B 22.2%, type C 44.4%로 Gale(3)의 연구와 유사한 결과를 보였다. 이러한 차이는 한 등(5)과 본 연구에서는 횡단면 영상에서 보인 전횡격막의 모양만을 분석한 반면, Gale(3)은 모양뿐만 아니라 심낭막 기저부와 검상돌기의 위치관계를 함께 고려하여 분석한 때문이 아닌가 생각된다.

시상면 재구성 영상에서 전횡격막의 모양을 분석한 것은 본 연구가 처음으로 Gale의 가설이 정확한 것인가를 증명하고자 하였다. 횡단면과 시상면 재구성 영상에서의 전횡격막의 모양을 비교하였을 때 type 1과 type A는 92%, type 3과 type C는 88%에서 일치하였고, type 2와 type B는 54.8%로 다른 형태에 비해 낮은 일치도를 보였으나, 세 가지 형태는 통계적으로 유의하게 일치하였다($p < 0.01$). Type 2와 type B가 다른 군에 비해 비교적 낮은 일치도를 보인 이유는 횡단면과 시상면의 관계가 일치하지 않았던 type 2의 대부분은 전횡격막이 상당히 두꺼웠거나, 종단면상에서 완만한 경사를 보여 type C로 분류되었기 때문으로 생각된다(Fig. 4). 이에 저자 등은 Gale의 가정과 분류가 적절함을 확인할 수 있었고, 횡단면상의 전횡격막 모양과 심낭막 기저부와 검상돌기의 위치 사이에 의미 있는 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구에는 몇 가지 문제점이 있다. 첫째로 시상면 상에서 심낭막 기저부와 검상돌기 하단의 위치를 직접 비교하지 않고 그 사이에서 보이는 횡격막의 모양 자체를 분석하여 오류가 발생할 수 있다는 점이다. 그러나 횡격막 모양 자체를 분석하는 것이 실제 횡격막의 모양을 비교하는데 있어 더 정확할 수 있으리라 생각된다. 둘째, 주관적으로 상행, 하행, 횡행을 정의하였을 뿐 객관적인 각도를 이용하여 분석하지 않았다는 점인데, 종종 검상돌기 중앙과 외측에서의 모양에 변화가 있어 각도를 측정할 수 없었다. 셋째, 심낭막 기저부와 검상돌기 하단의 위치관계가 지속적인지 호흡에 따라 변할 수 있는 것인지 분석하지 않았는데 이 부분에 대해서는 앞으로 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다. 넷째, 횡격막 모양의 분석에 방해가 될 수 있는 질환이 있는 환자군을 제외하여 빈도 수 분석상의 문제점이 있을 수 있다는 점이다.

결론적으로 전횡격막의 모양에 대한 Gale의 분류는 시상면 재구성 영상에서의 분류와 유의하게 일치하여 적절한 분류임을 알 수 있었고, 전횡격막의 모양은 심낭막 기저부와 검상돌기의 위치관계와 연관되어 있었다. Type 1은 심낭막 기저부로부터 검상돌기까지 전횡격막이 아래쪽으로 기울어져 있었고, type 2는 위쪽으로 기울어져 있었으며 type 3는 동일 평면에 있었다.

참 고 문 헌

1. Netter FH. *The Ciba collection of medical illustrations vol. 7 Respiratory system 2nd ed*. New Jersey: Pharmaceuticals Division, CIBA-GEIGY Corporation, 1988:12
2. Warwick R, Williams PL, Dyson M, Bannister LH. *Gray's anatomy. 37th ed*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1989:592-594
3. Gale M. Anterior Diaphragm: Variations in the CT Appearance. *Radiology* 1986;61:635-639
4. 박길선, 김성진, 이승영. 검상돌기 하방에서의 전횡격막: CT 소견. *대한영상의학회지* 2005;53:337-342
5. 한혜자, 김성진, 조성태, 한기석, 차상훈, 박길선 등. 횡격막의 형태: 전산화단층촬영 분석. *대한방사선의학회지* 1994;31:1067-1072

6. 김성진, 한혜자, 김왕중, 배일헌, 한기석, 차상훈 등. 횡격막의 전산화단층촬영 해부학: 흡기와 호기시의 모양의 변화. *대한방사선의학회지* 1997;36:241-245
7. Panicek D, Benson C, Gottlieb R, Heitzman E. The diaphragm: anatomic, pathologic, and radiologic considerations. *Radiographics* 1988;8:385-425
8. Gierada D, Curtin J, Erickson S, Prost R, Strandt J, Goodman L. Diaphragmatic motion: fast gradient-recalled-echo MR imaging in healthy subjects. *Radiology* 1995;194:879-884

J Korean Radiol Soc 2007;57:229 - 233

Computed Tomographic Appearance of the Anterior Diaphragm: Evaluation with 64-slice MDCT[1]

Bum Sang Cho, M.D., Sung Jin Kim, M.D., Kil Sun Park, M.D., Sang Hoon Cha, M.D., Gi Seok Han, M.D., Il Hun Bae, M.D., Seung Young Lee, M.D., Min Hee Jeon, M.D.

[1]*Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine and Medical Research Institute, Chungbuk National University*

Purpose: To re-evaluate the appearance of the anterior diaphragm by the use of MDCT.

Materials and Methods: We performed a retrospective review of 81 consecutive patients that underwent chest CT by using 64 channel MDCT. We classified the anterior diaphragm as three types (types 1 - 3) based on 5 mm axial scans: a line behind the xiphoid, a discontinuity and opening anteriorly, and the presence of broad and poorly defined bands. We also classified the anterior diaphragm as three types (types A - C) using 2 mm sagittal reformation images, based on the shape of the anterior diaphragmatic fibers traveling from the base of the pericardium to the xiphoid: a downward slope, an upward slope, and a flat shape, and compared the two groups using a correlation determined by statistical analysis.

Results: We could classify the appearance of the anterior diaphragm for all cases on the axial scans and sagittal reformation images. The number of types 1, 2, 3 on the axial scans was 30.9%, 38.3%, and 30.9% and the number of types A, B, C on the sagittal reformation images was 33.3%, 22.2%, and 44.4%, respectively. Type A was seen for 92% of type 1 cases, type C was seen for 88% of type 3 cases, and type B was seen for 54.8% of type 2 cases. The types seen between the axial and sagittal reformation images showed a significant agreement ($r = 0.868$, $p < 0.01$).

Conclusion: The shape of the anterior diaphragm correlated with the relationship between the base of the pericardium and the xiphoid.

Index words : Diaphragm
Anatomy
Tomography, X-Ray Computed
Xiphoid Bone

Address reprint requests to : Sung Jin Kim, M.D., Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine and Medical Research Institute, Chungbuk National University, 12 Gaeshin-dong, Heungduk-gu, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea
Tel. 82-43-269-6476 Fax. 82-43-269-6479 E-mail: sjkim@chungbuk.ac.kr