

# 토끼의 횡격막 파열 진단에 있어서 자기공명영상, 나선형전산화단층촬영 및 초음파의 가치 비교

김학희<sup>1</sup>, 정승은<sup>1</sup>, 문석환<sup>2</sup>, 이배영<sup>1</sup>, 이영준<sup>1</sup>, 최병길<sup>1</sup>, 이재문<sup>1</sup>, 신경섭<sup>1</sup>

**목 적** : 횡격막 파열은 그 진단이 어렵고 지연되는 경우가 많으며, 진단이 늦어지면 유병율과 사망율이 높아지므로 조기진단은 매우 중요하다. 저자들은 최근 많이 이용되는 영상진단법인 나선형 CT와 자기공명영상, 그리고 초음파검사중 어떤 방법이 가장 예민하고 정확한 진단방법인지 동물실험 모델을 통하여 평가하고자 하였다.

**대상 및 방법** : 토끼에서 인위적으로 횡격막파열을 대, 중, 소로 만든 후 1일, 3일, 7일째 나선형 CT와 자기공명영상, 그리고 초음파검사를 동시에 시행하였다.

**결 과** : 횡격막파열의 진단 민감도와 특이도는 초음파검사가 94.4%와 92.9%, 자기공명영상이 54.0%와 85.7%, 나선형 CT가 46.0%와 78.6%이었다. 횡격막 파열의 진단은 초음파검사, 자기공명영상, 나선형 CT 순으로 정확하였으며 초음파검사가 자기공명영상이나 나선형 CT 보다 유의하게 우월하였고( $P < 0.05$ ), 자기공명영상과 나선형 CT는 유의한 차이가 없었다.

초음파검사는 파열의 크기와 상관없이 횡격막파열의 구별이 용이하였고 자기공명영상과 나선형 CT는 파열의 크기가 클수록 횡격막파열의 구별이 용이하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $P > 0.05$ ).

수술후 1일에는 전예에서 늑막삼출액이나 혈흉을 동반하였다. 이때에는 초음파나 자기공명영상이 나선형 CT에 비해 우월하였다. 시간경과에 따라 초음파검사와 자기공명영상은 진단율이 상대적으로 저하되었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $P > 0.05$ ).

탈장을 동반한 경우에는 진단의 민감도가 자기공명영상, 나선형 CT, 초음파검사순으로 높았으며 초음파검사가 상대적으로 낮았다. 그러나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $P > 0.05$ ).

**결 론** : 초음파검사가 횡격막파열의 진단에 가장 유용한 것으로 밝혀졌으며, 이러한 결과는 앞으로 임상에 적용하여 검증되어야 할 필요가 있다고 생각된다.

## 서 론

외상성 횡격막 파열은 임상조건 및 증상이 애매하고 다른 장기의 심각한 손상을 흔히 동반한다. 단순흉부방사선소견상 횡격막 파열에서는 폐렴이나 늑막염, 폐허탈등과 같은 폐질환과 유사하게 보이는 경우가 많으므로 그 진단이 어렵고 지연되는 경우가 많다. 진단이 늦어지면 복부장기가 탈장되기 쉽고, 탈장된 장기가 괴사되면 유병율과 사망율이 높아지게 된다(1). 복부장기의 괴사가 합병된 환자는 20% 이상이 사망하므로 횡격

막파열의 조기진단은 매우 중요하다. 횡격막 파열을 수술전에 진단하는 방법으로는 단순흉부방사선검사(2) 이외에 Levin관(nasogastric tube)을 위장에 삽입 후 흉부방사선촬영(3), 방사선투시검사(4), 상부 및 하부 위장관촬영(5, 6), 조영제 또는 공기를 이용한 복막조영술(7), 간동위원소검사(8), 고식적 전산화단층촬영술(9, 10) 등이 이용되었으나 이들 검사법은 파열된 횡격막을 직접 관찰하기보다는 주로 탈장된 복부 장기를 관찰함으로써 횡격막 파열을 진단하는 방법이다. 따라서 횡격막 파열 급성기에 탈장을 동반하지 않았을 경우에는 진단이 매우 힘들다.

대한자기공명의과학회지 1: 154-161(1997)

<sup>1</sup>가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실

<sup>2</sup>가톨릭대학교 의과대학 흉부외과학교실

통신저자: 김학희 서울 서초구 반포동 505 가톨릭의대 강남성모병원 방사선과

Tel. 82-2-590-1576 Fax. 82-2-599-6771

최근 나선형전산화단층촬영(spiral computed tomography, 이하 나선형 CT로 표기)이 이용되고 있으며, 간혹 자기공명영상(magnetic resonance image, MRI)과 초음파검사(ultrasonography, US)가 횡격막 파열 진단에 이용되고 있다. 횡격막 파열이 임상적으로 그리 흔하지 않으며 한 환자에서 이러한 여러 방법을 동시에 시행하여 비교하기도 쉽지 않다. 따라서 각각의 진단방법 및 진단방법들 상호간의 상대적 민감도와 특이도에 대한 구체적 자료가 없다. 그러므로 최근 많이 이용되는 영상진단법인 나선형 CT와 자기공명영상, 그리고 초음파검사중 어떤 방법이 가장 예민하고 정확한 진단방법인지를 평가할 필요가 있다.

본 연구는 인위적으로 횡격막파열을 만든 동물실험 모델에서 나선형 CT와 자기공명영상, 그리고 초음파검사를 동시에 시행하여 각 방법의 진단 가치를 비교하고 어떤 방법이 가장 예민하고 정확한지를 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 실험동물

실험동물로는 체중 2.5-3.0Kg인 건강한 토끼(white rabbit of New Zealand)를 사용하였다. 실험동물은 실험군과 대조군으로 나누었다. 실험군은 횡격막 파열의 크기가 직경 1cm인 소(small), 2cm인 중(medium), 3cm인 대(large) 파열을 각각 좌, 우측으로 만든 6개의 소군과, 좌측 횡격막 파열 부위를 통하여 인위적으로 소장 탈장을 일으킨 1개 소군으로, 총 7개의 실험소군으로 나누었다. 대조군은 개복술만을 시행한 군으로 좌, 우측의 2개 소군으로 나누었다. 각각의 소군당 7마리씩의 토끼를 사용하여 총 63마리를 대상으로 하였다.

### 2. 수술방법

실험군은 케타민(ketamine hydrochloride, 유한양행)을 5mg/kg 으로 근육주사한 후 치오닐(thiopental sodium inj. 대한약품) 1mg/kg으로 정맥마취시키고 0.5mg/kg으로 마취를 유지시켰다. 토끼를 수술대에 누인 자세로 고정시킨 상태에서 개복하여 한쪽 횡격막을 노출한 후 인위적으로 횡격막 파열을 만들었다. 실험동물의 횡격막은 횡격막 파열시 가장 흔한 후외측 방향 파열과 같은방향으로 절개하였다(Fig. 1). 횡격막을 절개한 후 흉관을 횡격막의 절개된 부위를 통해 삽관한 후 장기를 제위치에 돌려놓고 복강내 공기가 남지않도록 공기를 흡입한 다음 봉합하였다. 그리고 흉관을 통하여 늑막강내 남아있는 공기를 흡입한 후 흉관을 제거하였다.

### 3. 영상진단방법

실험군 중 좌측에 인위적으로 탈장을 만든 실험군은 수술후 1일에, 나머지 6개의 실험군들은 횡격막 파열후 1일, 3일 그리고 7일째 각각 단순흉부촬영, 나선형 CT, 자기공명영상 그리고 초음파검사를 시행하였다. 또한 활력징후(vital sign) 측정과 심전도검사를 시행하였다. 나선형 CT는 Somatom Plus 4P (Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하여 테이블이동속도

초당 3mm, CT절편두께 2mm로 하였다. 조영제는 비이온성 조영제인 울트라비스트(Iopromide, 300mgI/ml, Schering AG, Berlin, Germany)를 말초정맥을 통하여 Kg당 2cc를 주입하였다. 영상은 횡단면영상과 함께 관상면과 시상면의 재구성영상을 얻었다. MRI는 1.5 Tesla 초전도형 자기공명영상기기 Signa Advantage version 4.8(General Electrics, Milwaukee, WI, USA)과 head coil을 사용하여 spin echo기법의 T1 (TR/TE=400/20msec) 강조영상과 T2(TR/TE=3000/100msec) 강조영상을 횡단면(axial), 시상면(sagittal), 관상면(coronal) 영상으로 얻었다. Field of view 100mm, acquisition matrix 256×256, 절편두께 3mm의 조건으로 촬영하였다. 초음파검사는 Dasonics- Gateway(Dasonics, Milpitas, CA, USA)를 사용하여 5 또는 7.5 MHz 탐촉자로 여러방향의 초음파영상을 얻었다. 또한 실시간 영상을 비디오테이프에 녹화하였다. 시행한 영상들은 결과를 모르는 3명의 방사선과 전문의들이 횡격막 파열의 유무를 신뢰정도에 따라 점수화하였다(5=definite presence, 4=probable presence, 3=undetermined, 2=probable absence, 1=absence). 횡격막 파열의 진단 기준은 초음파검사상 횡격막의 분리(disruption), 소실(non-visualization), 실시간영상에서 분리된 횡격막의 움직임이 관찰될 때, 또는 횡격막파열부위를 통한 장기의 탈장소견을 보일 때(11)로 하였으며, 나선형 CT와 자기공명영상 소견상 횡격막의 불연속성(discontinuity)이 관찰되거나, 또는 복부장기나 대망(greater omentum)이 흉강내로 탈장되었을 때(10)로 하였다. 그리고 진단의 민감도와 특이도를 구하기 위하여 다시 3명의 관찰자가 합의하에 횡격막 파열의 유무를 결정하였다.

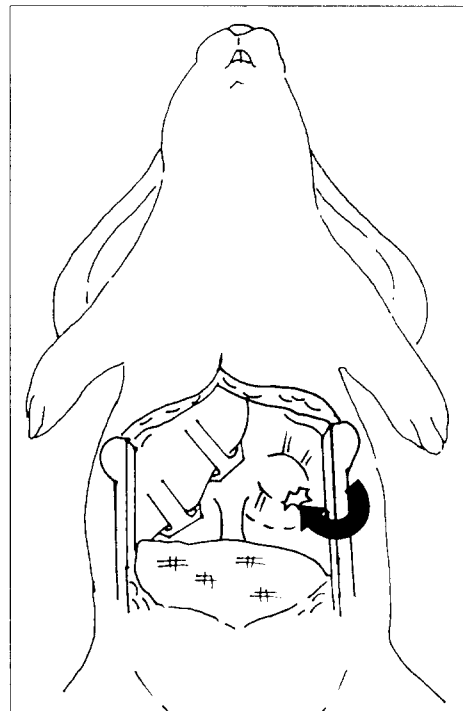
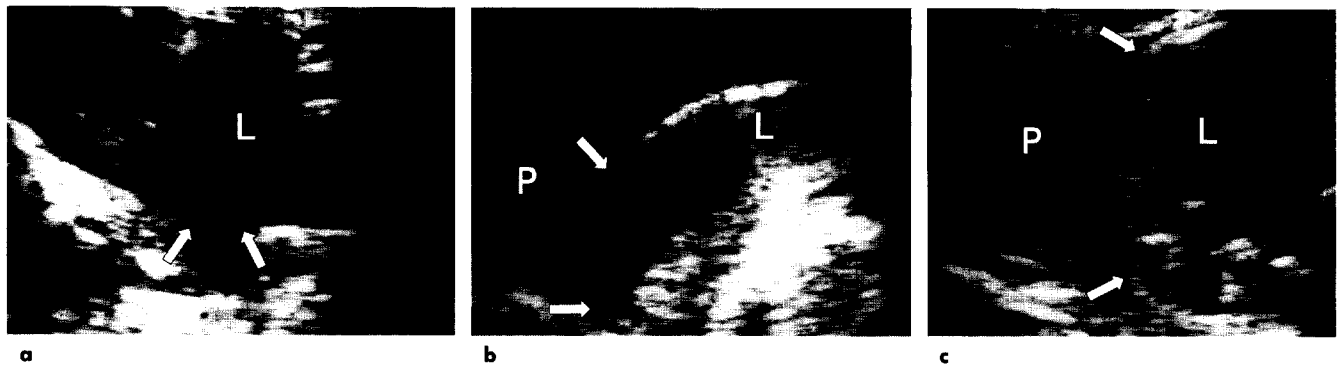
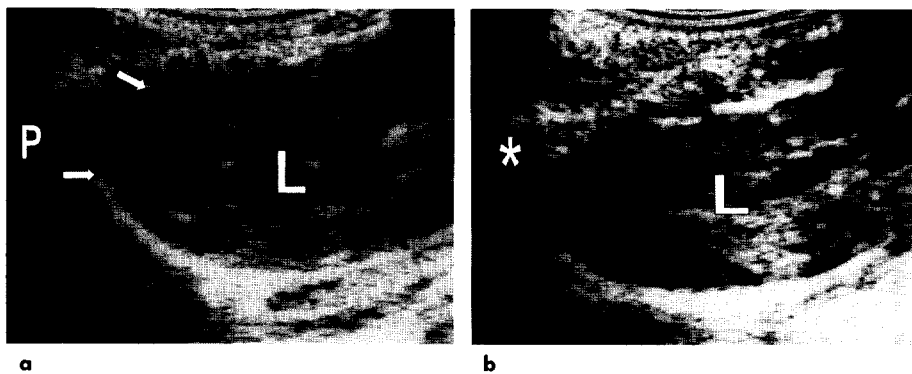


Fig. 1. Schematic drawing of operation field shows radial incision (curved arrow) in left hemidiaphragm posterolaterally.



**Fig. 2.** Ultrasonograms of the rabbit following creation of small (a), moderate (b), and large (c) posterolateral diaphragmatic laceration. Axial (a) and sagittal (b, c) sonograms show disruption of the hemidiaphragm (arrows) with pleural effusion. L, Liver; P, Pleural effusion.



**Fig. 3.** Ultrasonograms of the rabbit at 1 day (a) and 1 week (b) after creation of moderate diaphragmatic laceration. a. Sagittal sonogram shows disruption of the hemidiaphragm (arrows) with pleural effusion. b. After resorption of pleural effusion, the diaphragmatic defect is not well demonstrated due to overlying lung(\*). L, Liver; P, Pleural effusion.

**Table 1.** Detection of Diaphragmatic Rupture by Spiral CT, MRI and US According to Size of the Diaphragmatic Defect

Size	Spiral CT			MRI			US		
	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
Small	35.7	78.6	46.4	42.9	85.7	53.6	95.2	92.9	94.6
Medium	47.6	78.6	55.3	52.4	85.7	60.7	100	92.9	98.2
Large	57.1	78.6	62.5	66.7	85.7	71.4	88.1	92.9	96.2

**4. 통계처리**

통계처리는 SPSS for MS windows release 6.0을 이용하였다. 서로 다른 개체군간의 비교는 Kruskal-Wallis 분산분석법(ANOVA)을, 같은 개체에서 각 진단방법들간의 비교는 Friedman 분산분석법을 이용하여 점정하였다. 통계적인 유의성은 P 값이 0.05 이하일 때로 하였다. 관찰자간의 신뢰성분석(interobserver relationship)을 위해 신뢰상수(reliability coefficients)를 구하였다. 또한 각 검사법에 대한 민감도, 특이도, 그리고 정확도를 구하였다.

**결 과**

**1. 나선형 CT, 자기공명영상, 초음파검사의 비교**

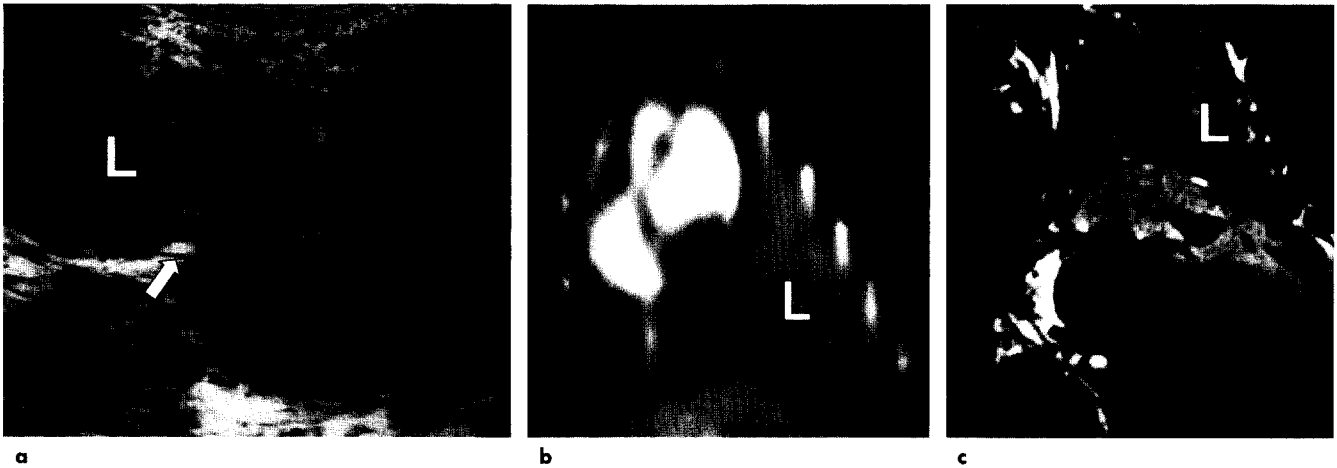
횡격막 파열 유무를 구별하는데 있어서 세명의 관독자간에 유의한 차이가 없었다(reliability coefficient, Alpha=0.9536).

횡격막 파열의 진단에 있어서 초음파검사의 민감도는 94.4%, 특이도는 92.9% 이었으며, 자기공명영상의 민감도는 54.0%, 특이도는 85.7%, 나선형 CT의 민감도는 46.0%, 특이도는 78.6% 순이었다.

횡격막 파열 유무를 구별하는데 있어서 전체적으로 초음파검사, 자기공명영상, 나선형 CT의 순서였으며, 초음파검사가 나선형 CT나 자기공명영상에 비해 월등히 우월하였다(P<0.05). 자기공명영상과 나선형 CT를 비교했을 때 자기공명영상이 다소 우월하였으나 유의한 차이는 없었다(P>0.05).

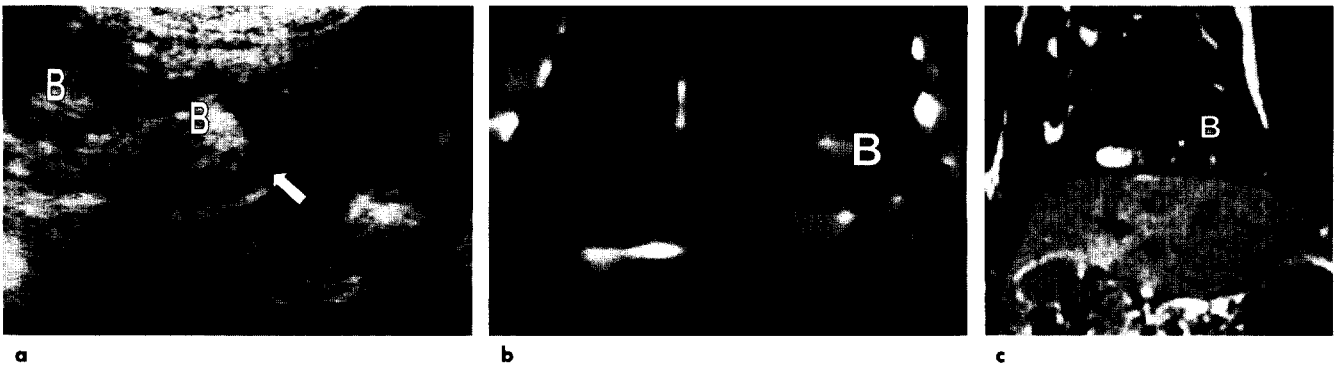
**2. 좌우측의 비교**

좌측과 우측 횡격막파열의 진단에 있어서 초음파검사, 나선형 CT, 그리고 자기공명영상 모두 유의한 차이가 없었다(P>0.05).



**Fig. 4.** Disrupted left hemidiaphragm with liver herniation in the rabbit at 1 week after creation of large diaphragmatic laceration.

- a.** Sagittal ultrasonogram reveals disruption of the left hemidiaphragm with liver herniation through the defect(arrow), resulting in a pinched or waistlike constriction.
- b.** Coronal reformation of CT scan shows liver herniation through diaphragmatic laceration.
- c.** Coronal section of T1-weighted MR image reveals herniation of the liver through diaphragmatic laceration. L, Herniated liver



**Fig. 5.** Disrupted left hemidiaphragm with bowel herniation in the rabbit after creation of large diaphragmatic laceration and iatrogenic bowel herniation.

- a.** Sagittal ultrasonogram shows disruption of the left hemidiaphragm (arrow) with pleural effusion and echogenic collapsed bowel loops (**b**) through the defect. Peristaltic movement of the herniated bowel loops is seen on real time US.
- b.** Coronal reformation of CT scan demonstrates bowel herniation(**b**) through diaphragmatic laceration.
- c.** Coronal section of T1-weighted MR image reveals herniation of the bowel loops(**b**) through diaphragmatic laceration.

### 3. 파열크기에 따른 비교

초음파검사는 파열의 크기와 상관없이 횡격막 파열의 구별이 용이하였고(Fig. 2) 자기공명영상과 나선형 CT는 파열의 크기가 클수록 횡격막파열의 구별이 용이하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $P>0.05$ )(Table 1). 그러나 초음파검사에서는 파열의 크기가 큰 경우 진단이 상대적으로 저하되었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $P>0.05$ ).

파열의 크기가 3cm 이상으로 가장 컸었던 군에서는 좌우측 각각 2예씩 탈장이 동반되었다. 좌측의 1예에서는 간이 탈장되었고(Fig. 4) 나머지 3예에서는 소장(3예)이 탈장되었다(Fig. 5).

### 4. 시간경과에 따른 비교

파열 후 1일에는 49예 모두에서 늑막삼출액이나 혈흉을 동반

하였다. 이때는 초음파검사가 자기공명영상이나 나선형 CT에 비해 횡격막 파열의 유무를 유의하게 구별할 수 있었다( $P<0.05$ ). 검사별 진단의 민감도와 정확도는 초음파검사, 자기공명영상, 나선형 CT의 순서로 각각 100%와 98.2%, 57.1%와 64.3%, 그리고 45.2%와 53.6% 이었다. 자기공명영상과 나선형 CT는 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $P>0.05$ ).

시간경과에 따라 파열 후 7일째 초음파검사(Fig. 3)와 자기공명영상은 진단의 민감도와 정확도가 각각 88.1%와 89.3%, 52.4%와 60.7%로 낮아졌으며, 나선형 CT에서는 50.0%와 57.1%로 높아졌으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $P>0.05$ )(Table 2).

### 5. 탈장군의 비교

인위적으로 탈장을 유발시킨군에서는 민감도, 특이도, 정확

**Table 2.** Detection of Diaphragmatic Rupture by Spiral CT, MRI and US According to Time Interval after Diaphragmatic Rupture

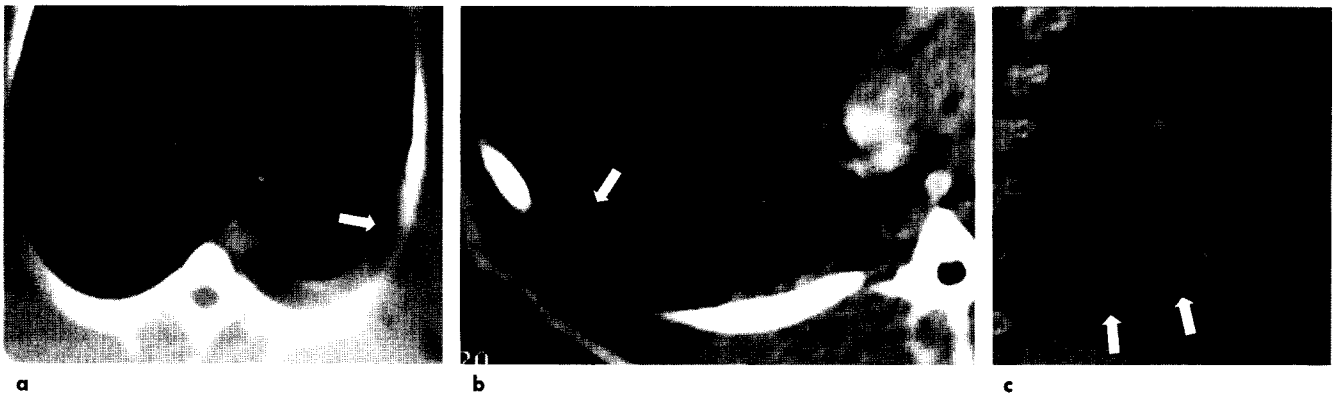
Time	Spiral CT			MRI			US		
	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
1 day	45.2	78.6	53.6	57.1	85.7	64.3	100	92.9	98.2
3 day	42.9	78.6	51.8	52.4	85.7	60.7	95.2	92.9	94.6
7 day	50.0	78.6	57.1	52.4	85.7	60.7	88.1	92.9	89.3

도가 각각 자기공명영상에서 100%, 85.7%, 90.5%, 나선형 CT는 100%, 78.6%, 85.7%, 그리고 초음파검사는 71.4%, 92.9%, 94.3%로 초음파검사가 상대적으로 진단의 민감도가 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $P>0.05$ ). 인위적 탈장군 7예 중 2예에서 초음파검사상 진단이 어려웠는데 이는 탈장된 장기에 가스가 차있었기 때문이었다.

와 78.6%, 관상면이 39.7%와 85.7%, 시상면이 42.9%와 85.7%로, 횡격막 파열 유무를 구별하는데 시상면이나 관상면이 횡단면에 비해 진단의 민감도가 유의하게 높았다( $P<0.05$ ) (Fig. 6). 그러나 시상면과 관상면은 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 자기공명영상에서도 진단의 민감도와 특이도는 횡단면이 27.8%와 85.7%, 관상면이 47.6%와 85.7%, 시상면이 49.2%와 92.9%로 시상면이나 관상면이 횡단면에 비해 진단의 민감도가 유의하게 높았다( $P<0.05$ ) (Fig. 7).

**6. 각 영상진단방법에서 단면상의 비교**

나선형 CT에서 진단의 민감도와 특이도는 횡단면이 18.3%



**Fig. 6.** Spiral CT of the rabbit following creation of posterolateral diaphragmatic laceration.  
**a.** Axial CT scan shows focal irregularity of the left hemidiaphragm (arrows) with pleural effusion. Diaphragmatic laceration is suspected.  
**b.** Sagittal reformation CT scan demonstrates suspicious small disruption (arrows) of the left hemidiaphragm.  
**c.** Axial CT scan after creation of medium sized laceration of the right hemidiaphragm reveals definite discontinuity of the right hemidiaphragm (arrows). Peridiaphragmatic fat is relatively prominent.



**Fig. 7.** MRI of the rabbit following creation of posterolateral diaphragmatic laceration. Axial (a), coronal (b) and sagittal (c) T2-weighted MR images show disruption of the hemidiaphragm (arrows) with low signal intensity and pleural effusion with high signal intensity.

7. 활력징후와 심전도

횡격막 파열 전후에 맥박수, 체온, 호흡수 및 심전도상 유의한 변화는 관찰되지 않았다. 다만 흉강내 탈장이 동반된 경우 맥박수가 유의하게 증가하였다(P<0.05).

고 찰

횡격막 파열은 흔히 얇은 손상으로서 둔상으로 인하여 입원한 환자중 0.8 내지 8%에서 관찰된다(12, 13). 횡격막 파열 발생기전은 크게 두가지로 나누는데 갑자기 복압이 크게 증가하였을 경우와 늑골골절에 의하여 횡격막이 손상받는 경우이다. 횡격막 파열은 주로 위장관계와 심폐기능에 영향을 준다. 둔상에 의한 횡격막 파열은 흔히 우측보다 좌측에서 호발하는데 이는 우측은 간이 횡격막을 보호하는 역할을 하기 때문으로 생각한다. 그러나 우측이 좌측에 비하여 정확한 진단이 잘 안되기 때문에 빈도가 낮게 평가될 가능성도 있다(4, 14). 그러나 심한 외상의 경우에는 좌우측의 파열 비율이 1:1에 달한다(8). 본 실험에서는 좌우측의 횡격막 파열의 진단이 차이가 없었는데 이는 사용한 동물인 토끼의 간이 해부학적으로 좌엽이 크고 위치가 거의 중앙에 있어서 좌 우 대칭형에 가깝기 때문으로 생각된다. 횡격막파열의 대부분은 횡격막의 후외측에 방사상으로 주로 발생하는데(15, 16) 이는 발생학적으로 볼 때 구조적으로 약한 부위이기 때문이다(17). 그러므로 저자들도 본 실험에서 횡격막 파열 부위를 횡격막의 후외측으로 정하였다.

외상에 의한 횡격막 파열은 외상 후 14일까지를 급성기(acute phase)라 하고, 이후 간기(interval phase)를 거쳐 폐쇄기(obstructive phase)로 이행한다(18). 횡격막 파열은 잠복기(latent stage) 이후에는 더 이상 파열이 진행하지는 않으나 파열부위가 자연 치유되는 것은 아니다. 일반적으로는 복강과 흉강의 압력차이에 의하여 점차 파열 크기가 커지며 이어서 복부장기가 흉강내로 이동하게된다(19). 따라서 열공을 통해 빠져 나간 복부장기가 간이나 폐쇄기에 감돈(strangulation)되어 생명의 위협을 초래할 수 있고, 열상부위 섬유화가 진행되어 수술시 어려움이 따른다. 그러므로 횡격막 파열은 초기에 발견하여 치료하는 것이 바람직하다.

횡격막 파열의 진단에 있어서 급성 외상성 횡격막 파열시 일반적으로 단순흉부촬영에서 이상소견을 볼 수 있으나 대부분 비특이적 소견이다(20). 단순 흉부촬영에서 횡격막의 손상을 의심할 수 있는 가장 민감한 소견은 환측 횡격막 거상인데 이는 외상에 동반될 수 있는 폐허탈이나 횡격막 신경마비, 그리고 늑막삼출액이 있는 경우에도 보이는 비특이적 소견이다. 공기를 함유하는 복부장기가 횡격막 위쪽에서 보이는 소견은 제일 중요한 진단 소견이나 폐낭종이나 농양으로 오인될 수도 있다(2).

이제까지는 횡격막 파열의 진단에 주로 고식적 CT가 많이 이용되었고 그 진단의 정확성에는 논란이 많았다(2, 10, 15). CT상 횡격막은 얇기 때문에 횡격막 자체를 직접 관찰하기는 힘들다. CT 진단에 가장 중요한 요소는 횡격막 주위에 지방의 축적 정도라고 생각되는데, 마른사람이나 어린이의 경우와 같

이 횡격막 주변에 지방이 없는 경우에는 횡격막이 잘 관찰되지 않는다. 정상에서도 간이나 비장같은 복부장기와 겹칠 경우 횡격막 자체가 보이지 않을 수 있다. 횡격막 파열 급성기에는 대부분이 늑막삼출액, 혈흉, 복수, 하엽의 폐허탈등을 동반하여 횡격막을 관찰하기 힘들기 때문에 횡격막 파열을 진단하기 어려운 경우가 많다. 따라서 CT에 의한 횡격막 파열의 진단은 횡격막 자체를 직접 관찰한다기 보다는 주로 횡격막 결손을 통한 주변 장간막 지방이나 복부장기등의 탈장을 관찰하여 진단하며, 만일 급성기에 탈장이 없으면 진단율은 낮다. 또한 우측파열의 경우 CT로는 간과 횡격막을 구별하기 어렵기 때문에 진단의 민감도는 더 낮다.

나선형 CT와 자기공명영상으로도 얇게 절편하여 재구성하거나 여러방향의 단면상으로 횡격막 자체를 직접 관찰할 수 있다고 하나, 나선형 CT의 경우도 역시 횡격막 주위에 지방이 풍부해야 하므로 모든 예에서 잘 관찰되지는 않는다. 또한 본 실험에서는 심박동과 호흡에 의한 허상(motion artifact)도 진단율을 낮추는 한 원인이 되었다. 그러나 앞으로 나선형 CT의 촬영속도가 더욱 빨라지고 소프트웨어의 개발로 횡격막의 3차원적 영상이 이루어 진다면 진단율은 더욱 높아지리라 생각된다.

자기공명영상의 경우에도 횡격막 주위에 지방 또는 물이 있어야 횡격막을 직접 관찰할 수 있다. 본 실험의 경우에도 토끼의 횡격막 주변에 지방이 거의 없어서 자기공명영상으로 횡격막을 직접 관찰하기는 매우 어려웠다. 자기공명영상의 경우에는 급성기에 대부분 흉막삼출액을 동반하고 있어서 횡격막을 쉽게 구별할 것으로 생각되었으나 횡격막자체가 너무 얇아서 본실험의 자기공명영상의 해상도(256×256)로는 직접 관찰하기 힘든 경우도 많았다. 또한 자기공명영상에 의한 횡격막 파열 진단에 대해서는 이제까지 임상연구보고가 거의 없기 때문에 그 이용가치에 대해서는 아직 판단하기 어렵지만 여러 가지 보조기구를 부착하고 있는 중환자에서는 시행하기 힘들다는 단점이 있다. 심박동과 호흡에 의한 동작인공물도 진단율을 낮추는 한 원인이 되나 호흡과 심전도 gating을 이용하면 허상을 많이 줄일 수 있다. T2-강조 시상면 또는 관상면 영상이 파열후 초기에, 늑막삼출액을 동반한 경우에 진단하기 좋았다. 향후 초고속, 고해상 자기공명영상의 개발과 함께 자장내에서도 사용이 가능한 중환자용 보조기구들의 개발이 자기공명영상의 진단적 가치를 급격히 향상시키리라 생각된다.

이제까지 초음파는 횡격막 파열을 진단하는데 그 가치에 대하여 중요하게 평가받지 못하였다. 초음파검사의 단점은 시술자의 능력에 따라 진단율이 많이 달라질수 있다는 점과 기흉, 피하기종(subcutaneous emphysema), 흉복벽의 심한 통증, 상처등이 있을 때 검사가 어려울 수 있다는 점이다. 그러나 초음파 진단방법으로는 횡격막 자체가 고에코성으로 보이며 직접 볼 수 있으며 여러방향으로 자유자재로 볼 수 있기 때문에 횡격막 파열의 조기진단이 가능하다. 그리고 혈흉이나 늑막삼출액이 동반된 경우에는 이를 창으로 하여 횡격막관찰이 오히려 수월하였다. 간이나 장의 탈장이 동반된 경우에도 대부분 진단이 가능했으며 탈장된 장의 연동운동을 실시간초음파검사로 확인

할 수 있었다. 또한 기계를 환자걸로 이동하여 손쉽게 간단히 시행할 수 있으므로 중환자인 경우 환자를 이동하지 않고 옆에서 환자의 상태를 관찰하면서 검사할 수 있으며 검사비용도 다른 검사법에 비해 저렴하다. 파열 후 시간이 경과하여 늑막삼출액이나 혈흉이 흡수될 경우 진단이 어려운 경우가 있었으며, 초음파 파열의 크기가 큰 경우 진단율이 떨어졌는데 이는 탈장된 장기내 공기음영으로 인해 횡격막 파열을 구분하는데 다소 힘든 경우가 있었기 때문이다. 그러나 본 실험에서는 세가지 진단 검사 방법중 초음파검사가 우수한 해상도와 함께 횡격막 파열 시 동반되는 늑막삼출액이나 혈흉을 창으로 횡격막을 직접 관찰할 수 있었으며, 횡격막 파열의 크기나 시간에 관계없이 나선형 CT나 자기공명영상에 비해 진단가치가 월등하게 높았다.

본 실험이 동물실험이라는 한계점과 토끼의 해부학적 구조상 사람과 다소의 차이점은 있으나 본 연구를 통해 초음파검사가 횡격막파열의 진단에 매우 유용한 것으로 밝혀졌으며 이러한 결과는 사람에게도 적용할 수 있으리라 생각된다. 특히 마른사람이나 어린이에서는 초음파검사가 유용할 것으로 사료되며, CT나 자기공명영상을 시행한 환자중 횡격막파열이 임상적으로 의심되거나 검사결과가 불확실할 때, 또는 검사소견이 애매한 경우에도 초음파검사가 큰 도움을 줄 수 있으리라 생각된다. 따라서 이러한 동물실험 결과는 앞으로 임상에 적용하여 검증되어야 할 필요가 있다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. Gourin A, Garzen AA. Diagnostic problems in traumatic diaphragmatic hernia. *J Trauma* 1974; 14:20-31
2. Gelman R, Mirvis SE, Gens D. Diaphragmatic rupture due to blunt trauma: sensitivity of plain chest radiographs. *AJR* 1991; 156: 51-57
3. Perlman SJ, Rogers LF, Mintzer RA, Mueller CF. Abnormal course of nasogastric tube in traumatic rupture of left hemidiaphragm. *AJR* 1984; 142: 85-88
4. Estrera AS, Landay MJ, Mc Clelland RN. Blunt traumatic rupture of the right hemidiaphragm: experience in 12 patients. *Ann Thorac Surg* 1985; 39: 525-530

5. Ball T, Mc Crory R, Smith JD, Clements JL. Traumatic diaphragmatic hernia: errors in diagnosis. *AJR* 1982; 138: 633-637
6. Fataar S, Schulman A. Diagnosis of diaphragmatic tears. *Br J Radiol* 1979; 52: 375-381
7. Efron G, Hyde I. Nonpenetrating traumatic rupture of the diaphragm. *Clin Radiol* 1967; 18: 394-398
8. Estrera AS, Platt MR, Mills LJ. Traumatic injuries of the diaphragm. *Chest* 1979; 75: 306-313
9. Holland DG, Quint LE. Traumatic rupture of the diaphragm without visceral herniation: CT diagnosis. *AJR* 1991; 157: 17-18
10. Worthy SA, Kang EY, Hartman TE, Kwong JS, Mayo JR, Muller NL. Diaphragmatic Rupture: CT findings in 11 patients. *Radiology* 1995; 194: 885-888
11. Kim HH, Shin YR, Kim KJ, Hwang SS, Ha HK, Byun JY, Choi KH, Shinn KS. Blunt traumatic rupture of the diaphragm: sonographic diagnosis. *J Ultrasound Med.* 1997; 16: 593-598
12. Rodriguez MG, Rodriguez A, Shatney CH. Acute rupture of the diaphragm in blunt trauma: analysis of 60 patients. *J Trauma* 1986; 26: 438-444
13. Boulanger BR, Milzman DP, Rosati C, Rodriguez A. A comparison of right and left blunt traumatic diaphragmatic rupture. *J Trauma* 1993; 35: 255-260
14. Hill LD. Injuries of the diaphragm following blunt trauma. *Surg Clin North Am* 1972; 52: 611-624
15. Voeller GR, Reisser JR, Fabian TC, Kudsk K, Mangiante FC. Blunt diaphragm injuries. *Am Surg* 1990; 56: 28-31
16. Hardy JJ. Closed traumatic rupture of the diaphragm. *Aust NZJ Surg* 1966; 35: 222
17. Moore KL. The developing human. Philadelphia: WB Saunders, 1982: 174
18. Carter BN, Guiseffi J, Felson B. Traumatic diaphragmatic hernia. *AJR* 1951; 65: 56-72
19. Groskin SA. Selected topics in chest trauma. *Radiology* 1992; 183: 605-617
20. Morgan AS, Flancbaum L, Esposito T, Coc EF. Blunt injury to the diaphragm: an analysis of 44 patients. *J Trauma* 1986; 26: 565-568

## Comparative Evaluations of Magnetic Resonance Image, Spiral Computed Tomography and Ultrasound in the Diagnosis of Experimental Diaphragmatic Rupture in the Rabbit

Hak Hee Kim<sup>1</sup>, Seung Eun Jung<sup>1</sup>, Seok Whan Moon<sup>2</sup>,  
Bae Young Lee<sup>1</sup>, Young Joon Lee<sup>1</sup>, Byung Gil Choi<sup>1</sup>,  
Jae Mun Lee<sup>1</sup>, Kyung Sub Shinn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Kangnam St. Mary's Hospital, Catholic University Medical College

<sup>2</sup>Department of Chest Surgery, Kangnam St. Mary's Hospital, Catholic University Medical College

**Purpose:** Traumatic rupture of the diaphragm is not easy to diagnose and often delayed. Delayed diagnosis of diaphragmatic rupture accompanied by higher chances of strangulation of herniated viscera which may result in higher morbidity and mortality. The purpose of this study was to evaluate diagnostic accuracy of spiral CT, MRI and US for the diagnosis of diaphragmatic rupture in an animal model.

**Materials and Methods:** Small, medium, and large sized transabdominal diaphragmatic ruptures were surgically made in experimental rabbits and then followed up with spiral CT, MRI, and US at 1 day, 3 day, and 1 week after operation.

**Results:** US was superior to MRI or spiral CT in diagnosis of diaphragmatic rupture ( $P < 0.05$ ). The sensitivity and specificity were 94.4% and 92.9% for US, 54.0% and 85.7% for MRI, and 46.0% and 78.6% for spiral CT, respectively.

The size of laceration was not related to diagnostic sensitivity in US. Sensitivity of MRI and spiral CT increased as the size of laceration were larger, but no statistical significance was present ( $P > 0.05$ ).

All experimental animals developed pleural effusion or hemothorax one day after operation. In acute phase, US and MRI were more sensitive than spiral CT in detecting diaphragmatic rupture. Spiral CT was more sensitive than US and MRI in delayed phase but without statistical significance ( $P > 0.05$ ).

In the experimental rabbits with accompanying visceral hernia through the diaphragmatic defect, diagnostic accuracy was found equally high among three image modalities ( $P > 0.05$ ).

**Conclusion:** This study indicates that US is the most accurate diagnostic method in detecting injury to the diaphragm in a rabbit model. The findings obtained in this experimental study can be applied to the diaphragmatic rupture of human being.

**Index words:** Diaphragm, rupture ; Ultrasonography ; Computed tomography ;  
Magnetic resonance image ; Trauma, diaphragmatic