



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

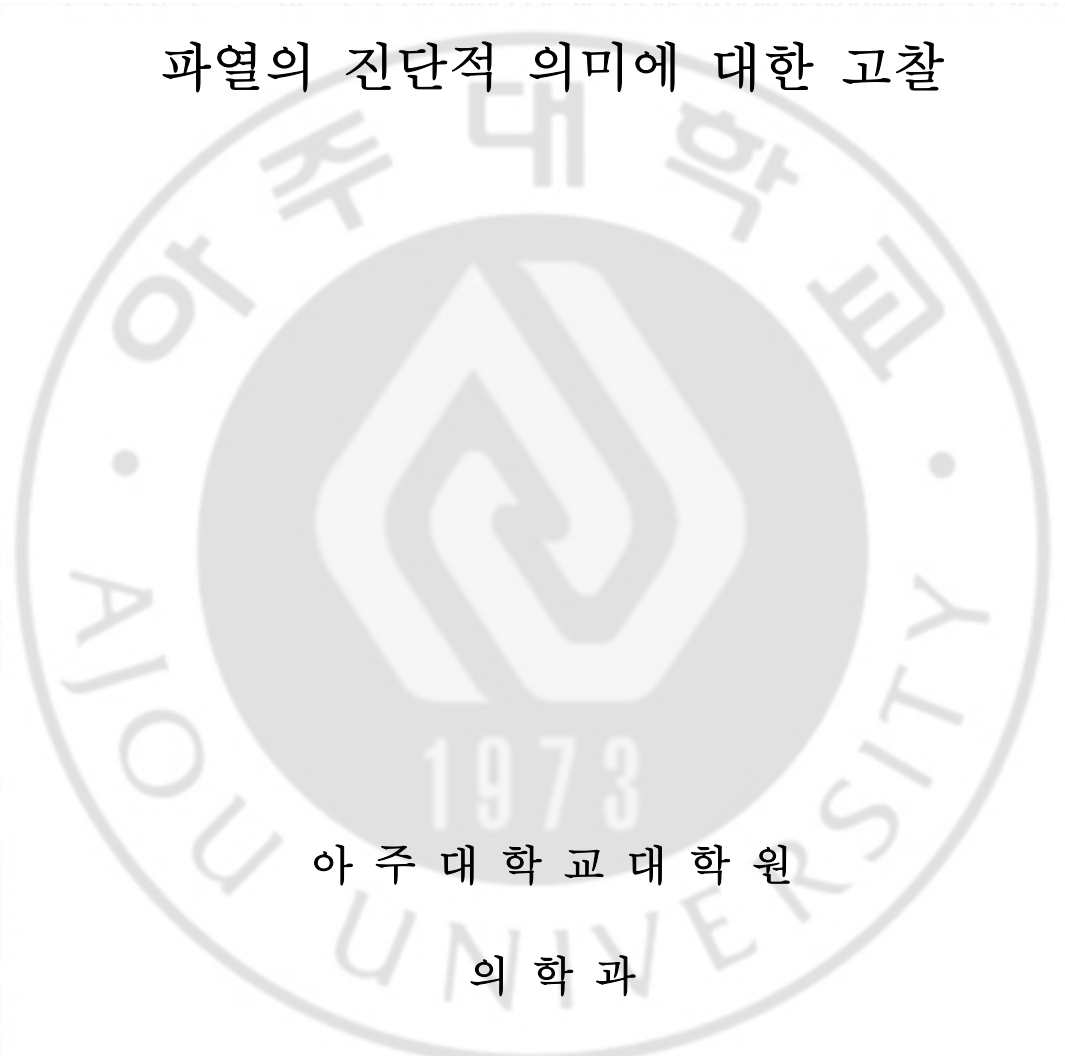
이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의과학 석사학위 논문

횡격막 높이 지수를 이용한 외상성 횡격막

파열의 진단적 의미에 대한 고찰



아주대학교 대학원

의학과

권준식

횡격막 높이 지수를 이용한 외상성 횡격막  
파열의 진단적 의미에 대한 고찰

지도교수 이 국 종

이 논문을 의과학 석사 학위 논문으로 제출함.

2017 년 8 월

아주대학교 대학원

의 학 과

권 준 식

권준식의 의과학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 이 국 종 인

심사위원 정 용 식 인

심사위원 민 영 기 인

아주대학교대학원

2017년 8월 1일

# 횡격막 높이 지수를 이용한 외상성 횡격막 파열의 진단적 의미에 대한 고찰

다발성 외상환자의 횡격막 파열은 수술 이외에 다른 치료가 없으며, 치료가 늦어지면 많은 부작용을 초래할 수 있음에도 진단이 어려워 초기 평가 시 간과되는 경우가 많다. 이에 저자들은 단일 외상센터에서 7년간 경험한 둔상으로 인한 횡격막 파열 환자의 임상적 특징을 살펴보고, 초기 평가 시 대부분 쉽게 시행하는 단순 흉부 방사선 사진을 이용해 간단히 측정 가능한 DHI(diaphragmatic Height Index)를 이용한 횡격막 파열의 진단적 유용성을 기술하고자 한다. 둔상으로 인한 횡격막 파열 환자의 의료 기록에 대한 후향적 검토를 시행하여, 환자의 임상적 특징 및 횡격막 손상의 방향을 확인하고, 초기 단순 흉부 방사선 사진을 이용해 DHI 를 구해 분석한다. 2010년 3월부터 2016년 12월까지 외상센터에 내원한 모든 외상 환자는 총 14,340명 이었고, 이중 둔상은 13,359명 이었다. 이중 수술로서 횡격막 파열이 확인 된 환자는 총 60명 이었으며, 이중 우측 횡격막 파열이 31명, 좌측 횡격막 파열이 29명 이었다. 대조군과 이들의 통계학적 특성에는 차이가 없었다. 우측 횡격막 파열 환자의 DHI 는  $2.16 \pm 1.58$ , 좌측 횡격막 파열 환자의 DHI 는  $-1.21 \pm 2.10$  이었으며, 이들은 모두 대조군과 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.  $DHI > 1.31$  을 절단값으로 사용하였을 때, 민감도 71%, 특이도 87%로 우측 횡격막 파열을 진단할 수 있었으며,  $DHI < 0.43$  을 절단값으로 사용하였을 때 민감도 87%, 특이도 76%로 좌측 횡격막 파열을 진단할 수 있었다. 본 연구에서 우측과

좌측의 횡격막 손상은 비슷한 정도의 유병률을 보였으며, DHI 를 이용한 횡격막  
파열 진단은 유용하게 사용될 수 있다.

---

핵심어 : 횡격막 파열, 횡격막 높이 지수, Diaphragmatic rupture, Diaphragmatic height  
index



# 차 례

국문요약 .....	i
차례 .....	ii
그림차례 .....	iii
표 차례 .....	iv
I . Background .....	1
II . Methods .....	1
A. Diaphragmatic Height Index Measurement .....	2
B. Statistical Analysis.....	3
III. Results	
A. Study Population .....	4
B. Diaphragmatic Height Index .....	6
IV. Discussion .....	7
V . Conclusion .....	11
참고문헌 .....	12
ABSTRACT .....	15

## 그림 차례

Figure 1. Anteroposterior chest radiographs for calculating diaphragmatic height index 3





## 표 차례

Table 1. Demographic data .....	5
Table 2. Measurement values .....	6
Table 3. Diagnostic test for the DHI cut-off values .....	7



## I. Background

둔상으로 인한 외상성 횡격막 파열은 흉복부의 다양한 다른 손상과 동반되는 경우가 많아 중증도가 높은 경향이 있으며, 초기에 증상이나 징후가 뚜렷하게 나타나지 않고 진단이 어려워 치료하는 과정에서 쉽게 간과될 수 있다. 또 치료가 늦어지면 합병증으로 호흡부전이나 탈장, 감돈 등 치명적인 결과를 초래할 수 있는 부작용이 발생할 수 있으므로, 다발성 외상 환자를 마주한 초기 단계에서 그 가능성을 반드시 고려해야 한다(1, 2). 그러나 전통적으로 횡격막 파열을 수술 전에 진단하기는 매우 어려운 것으로 알려져 있으며(3), 최근 진단적 기술의 발달 특히 전산화 단층 촬영의 경우 흉부와 복부의 여러 가지 장기 손상에 대해 우수한 민감도를 보이는데 비해, 횡격막 손상에 대해서는 그 만큼의 민감도를 보이지 못한다(4). 이에 저자들은 단순 흉부 방사선 사진만으로 간단히 측정 가능한 Diaphragmatic Height index(5)를 이용한 횡격막 파열의 진단적 유용성을 기술하고자 한다.

## II. Methods

본 연구의 프로토콜은 AJIRB-MED-MDB-17에서 승인되었다. 나이, 성별, 키, 몸무게 및 체질량지수 등 환자에 대한 모든 demographic data와 외상 메커니즘, 치료 및 수술 등 외상 종류와 그에 대한 치료에 관한 데이터는 EMR(Electronic Medical Record)을 후향적으로 조사하여 얻었다. 실험군은 횡격막

손상의 방향에 따라 각각 우측 손상일 경우 Group R, 좌측 손상일 경우 Group L 로 구분하였으며, 대조군은 Group C 로 표기 하였다. 대조군은 같은 기간에 내원한 외상환자 중 나이와 성별, ISS(Injury severity score)를 매칭(Propensity score matching)하여 선정하였다.

#### A. Diaphragmatic Height Index Measurement

외상 환자 구역에 내원한 환자에게 시행하는 Standard Anteroposterior chest radiographs 를 이용하였다. 모든 영상은 디지털화 되어 PACS(Picture archiving communication system)에 등록되게 되고, 이것을 이용하여 경력 5 년의 외상외과 의사 두 명에 의해 DHI (Diaphragmatic Height Index)를 측정하였다. Bias 를 줄이기 위해 위 두 판독의 예제는 영상기록 이외의 환자에 대한 다른 모든 정보는 맹검 처리 되었다. DHI 는 Pornrattanamaneewong et al.(5)(Figure 1.) 등이 제시한 방법을 그대로 사용하였다. 이것은 다음과 같은 5 steps 에 따라 얻어지게 된다. 1) The Reference Line (R line)을 10 번 흉추체의 하단을 따라 그린다. 2) 각각 횡격막 dome 을 표시한 후 Line A 와 line B 를 Line R 과 평행하게 그린다. 3) line A 와 Line B 의 거리를 구한다. 4) 10 번 흉추체의 높이를 잰다. 5) 3)에서 구한 Line A 와 Line B 의 거리 차이를 4)에서 구한 10 번 흉추체의 높이로 나누어 DHI 를 계산한다. 다만 본 실험군은 횡격막 파열 환자기 때문에 2)에서 구한 dome 의 위치는 사실 횡격막이 아니라 흉곽으로 탈출된 장기의 음영일 수 있다. 보통 우측 횡격막이 좌측에 비해 높기 때문에 우측이 높을 경우 DHI 는 양의 수를 가지고, 좌측이 높을 경우 DHI 는 음의 수를 가진다.

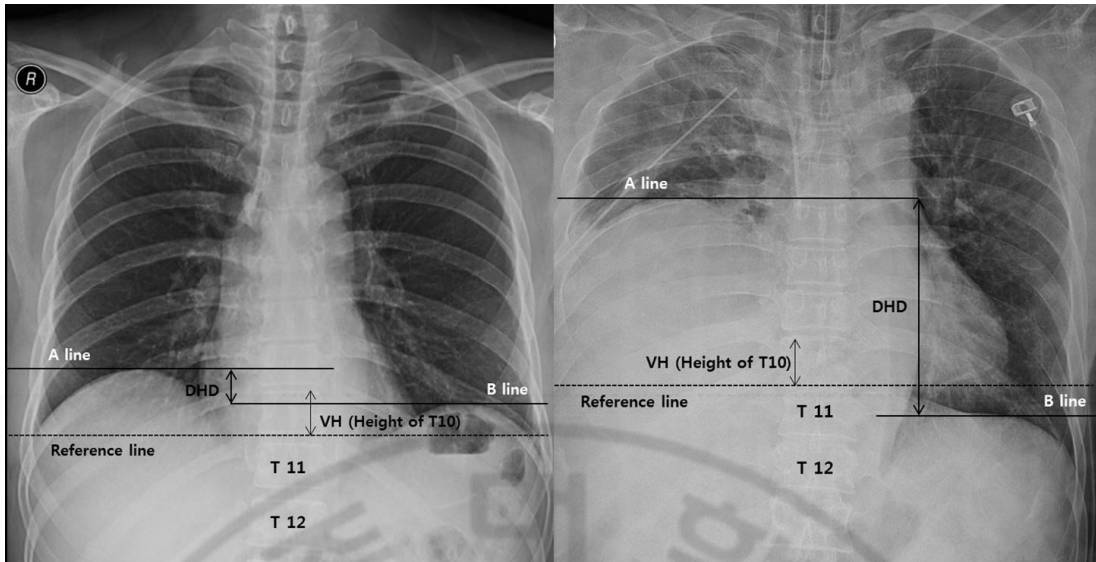


Figure 1. Anteroposterior chest radiographs for calculating diaphragmatic height index

## B. Statistical Analysis

DATA 는 commercial statistics software(SPSS, version 23.0, SPSS, Inc.)를 사용하였다. 통계적인 유의성 검정을 위해 정량 DATA 의 경우 Student t-test, ANOVA 를 사용하였으며 정성적인 data 분석을 위해 Chi-square test 를 사용하였다. DHI 와 correlation 하는 factor 를 검정하기 위해 Pearson correlation coefficients 을 사용하였다. P value 는 0.05 미만을 통계적으로 유의한 것으로 가정하였다. 횡격막 손상에 대한 절단값을 구하기 위하여 우측과 좌측의 횡격막 손상을 나누어 각각의 receiver operating characteristic curve 를 그렸으며, 이에 대한 민감도, 특이도, 예측도, 정확성 및 likelihood ratio 를 계산하였다.

### III. Results

#### A. Study Population

2010 년 3 월부터 2016 년 12 월까지 아주대학교 병원 외상센터에 내원한 모든 외상 환자는 총 14,340 명 이었고, 이중 둔상 환자는 13,359 명, 관통상 환자는 981 명 이었다. 이중 횡격막 파열이 확인된 환자는 총 60 명으로 내원 둔상 환자 중 약 0.45%의 비율을 보였다. 이들 모두는 수술로서 횡격막 파열이 확인되었는데, 그 중 약 반인 31 명은 우측 횡격막 파열(Group R)이었으며, 나머지 29 명은 좌측 횡격막 파열(Group L)이었다. Group R 의 평균 나이는 49 세였으며, 남성은 23 명 이었고, Group L 의 평균 나이는 49 였으며, 남성은 24 명 이었다. 나머지 Demographic characteristics information 에 대하여 Table 1.에 표기하였다. Group R, Group L 및 Group C 에서 손상 메커니즘을 제외한 demographic data 에서 각 군간의 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다.

Table 1. Demographic data\*

	Group R	Group L	Group C	p Value
<b>No. of patients</b>	31	29	60	
<b>Sex (F/M)</b>	8 / 23	5 / 24	16 / 44	NS
<b>Age (yrs)</b>	49.0 ± 12.5	49.52±12.81	50.6 ± 18.3	NS
<b>Height (cm)</b>	169.9 ± 7.6	167.28±8.25	168.1 ± 10.0	NS
<b>Weight (kg)</b>	65.9 ± 10.9	63.87±14.35	63.5 ± 10.7	NS
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	22.8 ± 3.3	22.84±4.98	22.4 ± 2.9	NS
<b>ISS</b>	29.6 ± 13.9	25.31±14.54	29.3 ± 127.7	NS
<b>Cause of injury</b>				<0.001†‡
<b>TA</b>	15	12	26	
<b>Fall down</b>	10	8	15	
<b>Others</b>	6	9	29	
<b>DHI</b>	2.2 ± 1.6	-1.21 ± 2.1	0.83 ± 0.5	<0.001†‡

\* Values are expressed as the means ± standard deviations.

† Statistical significance between Groups R and C

‡ Statistical significance between Groups L and C

Abbreviations: BMI = Body mass index; NS = Not significant; TA = Traffic accident

## B. Diaphragmatic Height Index

Group R 의 DHI 인  $2.2 \pm 1.6$  은 Group C 의 DHI 인  $0.83 \pm 0.5$  보다 통계적으로 유의하게 컸으며, 음의 값인 Group L 의 DHI 인  $-1.2 \pm 2.1$  은 Group C 의 DHI 에 비해 통계적으로 유의하게 작은 것으로 나타났다(Table 2). Receiver operating characteristic curve 를 이용해 DHI 의 절단값을 구한 결과 우측 횡격막 손상이 의심될 경우  $DHI > 1.31$  를 절단값으로 할 경우 민감도 71%, 특이도 87% 로 reliable 한 값으로 판단되었으며, 좌측 횡격막 손상이 의심될 경우  $DHI < 0.43$  를 절단값으로 삼을 경우 민감도 76%, 특이도 87%로 reliable 한 값으로 판단되었다(Table 3). Intrarater agreement 와 interrater agreement 는 각각 0.76 와 0.85 로 나타났다.

Table 2. Measurement values\*

	Group R	Group L	Group C	<i>p</i> Value
No. of patients	31	29	60	
DHI	$2.2 \pm 1.6$	$-1.21 \pm 2.1$	$0.83 \pm 0.5$	$<0.001$

\* Values are expressed as the means  $\pm$  standard deviations.

Table 3. Diagnostic test for the DHI cut-off values

	DHI > 1.31 for RDH	DHI < 0.43 for LDH
<b>Sensitivity</b>	71 %	76 %
<b>Specificity</b>	87 %	87 %
<b>Positive predictive value</b>	73 %	73 %
<b>Negative predictive value</b>	85 %	88 %
<b>Positive likelihood ratio</b>	5.32	5.69
<b>Negative likelihood ratio</b>	0.33	0.28
<b>Accuracy</b>	81 %	83 %

#### IV. Discussion

기본적으로 횡격막 손상은 외상센터에 입원하는 환자 중 매우 드물게 발견되는 진단으로 보통 10%이하의 발생률을 보고하고 있다(6-10). 그 중 관통상을 제외한 둔상에 의한 우측 횡격막 손상은 더욱 드물어, 우측에 비해 좌측의 손상 비율이 25 배 더 많다고 보고된 연구도 있다(11). 이것은 우측 횡격막이 여러 인대에 의해 단단히 고정되어 있는 고형장기인 간에 의해 보호되는데 비해, 좌측 횡격막은 간에 비해 단단히 고정되어 있지 않은 위나 비장 등이 아래에 위치하기 때문인 것으로 보인다. 그러나 좌측과 우측의 손상비는 여러 연구에서 각기 다양한 결과를 보고하고 있는데(12, 13), 본 연구의



환자 군에서는 우측과 좌측의 횡격막 손상이 각각 31 명과 29 명으로 거의 비슷한 빈도로 관찰되었으며, 이는 이전 다수의 연구에서 보고된 좌 우측 빈도 수와는 다른 결과이다. 이것은 본 연구가 모든 횡격막 손상 환자가 아닌 수술로서 횡격막 손상 및 복강 내 장기의 탈출이 확실히 확인된 환자로 환자 군을 제한했기 때문으로 생각되며, 또 부검을 이용한 외상성 횡격막 손상에 대한 기존 연구에서도 좌측과 우측 횡격막 파열의 실제 발생 빈도 차이가 없다는 보고가 있다(14). 부검을 제외한 임상 연구에서 우측 횡격막 파열의 비교적 낮은 발생률은 좌측에 비해 우측 횡격막 파열 및 복강 내 장기 탈출의 진단이 보다 어렵기 때문인데, 좌측 횡격막 파열의 경우 standard chest radiograph 나 CT 에 의해 횡격막 상부 흉곽에서 관찰 되는 위에 의한 가스패턴이나, 위 내부의 경비위관 등의 소견이 보여 발견이 비교적 용이한 편이나, 우측 횡격막 파열은 이런 비정상적인 흉곽 내 공기 음영 소견이 보이지 않으며, 특징적인 임상증상이 없어 진단이 어렵다(8, 15, 16). 둔상으로 인한 흉복부 손상을 입은 환자에서 CT (Computed Tomography)는 중요한 검사로 시행되고 있으며, 최근 검사 속도가 빨라지고, 검사가 정밀해 지면서 외상환자의 진단에 중요성이 더욱 커지고 있다. 그러나 횡격막 손상의 경우 다른 장기 손상에 비해 CT 의 진단적 민감도가 비교적 낮은 소견을 보이고 있다(4). 이에 더해 횡격막 손상은 복부에 대한 강한 충격으로 발생하기 때문에 대부분 다장기 손상이 동반되어 있으며, 이로 인한 혈액학적 불안정성 때문에 응급 수술 이전에 CT 를 찍는 것이 불가능 한 경우가 많다. 만약 중증 외상환자에서 개복 수술을 시행한다 하더라도 지혈 혹은 복강 내 장기 손상에 대한 Damage Control Procedure 는 매우 빠르게 진행 되기 때문에 수술 이후까지 횡격막 손상을 인지하지 못하는 경우도 발생한다(17). 횡격막 손상에 대한 진단 지연은 흉곽 내로 탈출된 위 장관의 교역성 감돈, 지혈되지

않는 복강 과 흉강 내의 지속적인 출혈 등 환자의 예후에 치명적으로 작용할 수 있는 후유증을 남길 수 있다(18). 또 수술 외에는 횡격막 손상에 대한 다른 치료는 없기 때문에, 초기 평가 과정에서 횡격막 손상에 대한 정보 혹은 가능성을 인지하고 응급 수술을 시행하는 것이 환자 예후를 향상시키는 데 중요하며, 불필요한 재 개복을 막는데도 도움이 된다. Standard Chest radiograph 는 빠르고 간단하며 환자를 이동시키지 않고 촬영이 가능하기 때문에 보통 외상 환자의 초기 평가 과정에서 시행된다. 혈액학적으로 불안정하여 전신에 대한 충분한 검사를 시행할 수 없는 환자의 경우에도 수술 전 혹은 내원 초기에 단순 흉부 방사선 영상은 대부분 촬영 가능하다. 이에 단순 흉부 방사선 영상 및 몇 가지 임상소견들을 조합해 횡격막 파열을 진단하려는 시도들이 있었으며, 이중 횡격막의 상승 소견은 강력한 횡격막 파열의 진단 소견이라는 연구도 있었으나(10), 단순히 양측 횡격막 높이의 차이 이외에 정상소견과 횡격막 파열 소견을 비교할 수 있는 기준을 제시하지는 못했다. 또 임상소견의 도움 없이 Standard Chest radiograph 만의 횡격막 파열 진단에 대한 민감도는 많이 높지 않다(3). 횡격막 상승 소견을 횡격막 파열 진단에 사용하기 위해서는 기본적으로 우측이 좌측에 비해 1.5cm 에서 2.0cm 정도 높은 횡격막의 특성을 고려해야 한다(19). 그러나 횡격막의 높이 차이의 절대값은 환자의 체격에 영향을 받을 수 밖에 없기 때문에 이를 진단에 활용하기 위해서는 체격에 대한 변수를 반드시 고려해야 한다. Suwatanapongchedet al.(20) 등은 우측과 좌측 횡격막 돔의 위치를 기술하기 위해 흉추의 위치를 기준으로 삼았으며, Pornrattanamaneewong C et al. (5)등은 횡격막 마비를 진단하기 위해 고안한 DHI(Diaphragmatic Height index)에서, 체격에 대한 변수를 고려하기 위해 10 번 흉추의 높이를 이용하였다. DHI 는 단순한 해부학적 기준점을 이용한 신체 비례 값(proportional value)이기 때문에

구하기 간단하고, 믿을 수 있으며, 재현 가능한 장점이 있다. 본 연구 역시 횡격막 파열 부위의 횡격막 상승 소견을 찾기 위해 DHI 를 이용하였으며, 본 연구의 대조군에서 시행한 DHI 의 평균은  $0.83 \pm 0.5$  로 Pornrattanamaneeuwong C 등이 흉부 및 복부 손상이 없는 사지에 대한 정형외과 수술을 시행한 환자군을 이용한 대조군에서 측정한 DHI 는  $0.6 \pm 0.4$  와 큰 차이가 없었다. 기본적으로 우측 횡격막이 좌측에 비해 높기 때문에 우측 횡격막의 상승은 양의 값, 좌측 횡격막이 우측에 비해 높을 경우는 음의 값이 나오게 된다. 본 연구 결과 우측과 좌측 횡격막 파열 환자군 모두 대조군과 통계적으로 의미 있는 DHI 값의 차이를 보여 DHI 는 횡격막 파열에서도 진단적 의미를 가질 것으로 생각된다. ROC curve 를 이용한 절단값은 우측과 좌측 모두 높은 민감도 및 특이도를 보였으며, 신뢰도 검정에서도 중등도 이상의 신뢰도를 보여주었으며, 특히 *interrater correlation coefficient* 의 경우 0.85 로 상당히 신뢰할 만한 결과를 보여주었다. 다만 본 연구는 단일센터에서 진행된 후향적 연구이며 아시아 인종 만을 대상으로 시행된 연구이기에 향후 다른 인종과 민족 그룹에서도 검증될 필요가 있다. 또 횡격막은 앞서 언급한 횡격막 마비 뿐 아니라 무기폐, 흉복부의 종양, 횡격막 하 농양 및 단순히 위 혹은 대장의 확장으로도 상승소견이 관찰될 수 있기 때문에(21), 횡격막 파열을 진단하기 위해 DHI 를 사용하기 위해서는 반드시 외상의 기전 및 임상소견을 고려하여 함께 판단해야 한다.

## V. Conclusion

일개 외상센터에서 7 년간 60 명의 수술로서 확인된 둔상으로 인한 횡격막 손상 환자를 집계한 결과 우측과 좌측의 파열 빈도는 차이 나지 않았다. 또 이들 환자에서 외상센터 내원 초기에 시행한 Standard chest radiograph 를 이용하여 DHI 를 구할 경우 대조군에 비해 통계적으로 유의미한 차이를 보여 이를 이용해 횡격막 파열을 진단하는데 도움을 받을 수 있음을 밝혔다.



## 참고문헌

1. Hahn DM, Watson DC. Tension hydropneumothorax as delayed presentation of traumatic rupture of the diaphragm. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1990;4(11):626-7.
2. Montresor E, Procacci C, Guarise A, Minniti S, Bortolasi L, Nifosi F, et al. Strangulated traumatic hernia of the diaphragm. A report of two cases. *Chir Ital.* 1999;51(6):471-6.
3. Miller L, Bennett EV, Jr., Root HD, Trinkle JK, Grover FL. Management of penetrating and blunt diaphragmatic injury. *J Trauma.* 1984;24(5):403-9.
4. Toombs BD, Sandler CM, Lester RG. Computed tomography of chest trauma. *Radiology.* 1981;140(3):733-8.
5. Pornrattanamaneewong C, Limthongthang R, Vathana T, Kaewpornsawan K, Songcharoen P, Wongtrakul S. Diaphragmatic height index: new diagnostic test for phrenic nerve dysfunction. *J Neurosurg.* 2012;117(5):890-6.
6. Desir A, Ghaye B. CT of blunt diaphragmatic rupture. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc.* 2012;32(2):477-98.

7. Bocchini G, Guida F, Sica G, Codella U, Scaglione M. Diaphragmatic injuries after blunt trauma: are they still a challenge? Reviewing CT findings and integrated imaging. *Emergency radiology*. 2012;19(3):225-35.
8. Iochum S, Ludig T, Walter F, Sebbag H, Grosdidier G, Blum AG. Imaging of diaphragmatic injury: a diagnostic challenge? *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc.* 2002;22 Spec No:S103-16; discussion S16-8.
9. Mirvis SE, Shanmuganagthan K. Imaging hemidiaphragmatic injury. *European radiology*. 2007;17(6):1411-21.
10. Nchimi A, Szapiro D, Ghaye B, Willems V, Khamis J, Haquet L, et al. Helical CT of blunt diaphragmatic rupture. *AJR American journal of roentgenology*. 2005;184(1):24-30.
11. Hood RM. Traumatic diaphragmatic hernia. *The Annals of thoracic surgery*. 1971;12(3):311-24.
12. Sukul DM, Kats E, Johannes EJ. Sixty-three cases of traumatic injury of the diaphragm. *Injury*. 1991;22(4):303-6.
13. Shah R, Sabanathan S, Mearns AJ, Choudhury AK. Traumatic rupture of diaphragm. *The Annals of thoracic surgery*. 1995;60(5):1444-9.
14. Puffer P, Gaebler M. [Traumatic diaphragmatic rupture in a forensic medicine autopsy sample]. *Beitrage zur gerichtlichen Medizin*. 1991;49:149-52.

15. Sharma AK, Kothari SK, Gupta C, Menon P, Sharma A. Rupture of the right hemidiaphragm due to blunt trauma in children: a diagnostic dilemma. *Pediatric surgery international*. 2002;18(2-3):173-4.
16. Gelman R, Mirvis SE, Gens D. Diaphragmatic rupture due to blunt trauma: sensitivity of plain chest radiographs. *AJR American journal of roentgenology*. 1991;156(1):51-7.
17. Hamidian Jahromi A, Pennywell D, Owings JT. Does a Negative Emergency Celiotomy Exclude the Possibility of Significant Diaphragmatic Injury? A Case Report and Review of the Literature. *Trauma monthly*. 2016;21(4):e25053.
18. Beal SL, McKennan M. Blunt diaphragm rupture. A morbid injury. *Archives of surgery (Chicago, Ill : 1960)*. 1988;123(7):828-32.
19. Collins J SE. Normal anatomy of the chest, in: *Chest Radiology: The Essentials*, Ed2. Lippincott Williams & Wilkins. 2008:1-15.
20. Suwatanapongched T, Gierada DS, Slone RM, Pilgram TK, Tuteur PG. Variation in diaphragm position and shape in adults with normal pulmonary function. *Chest*. 2003;123(6):2019-27.
21. Krige JE, Beckingham IJ. *ABC of diseases of liver, pancreas, and biliary system*. *BMJ (Clinical research ed)*. 2001;322(7285):537-40.

## **Clinical application of diaphragmatic height index for diagnosis of traumatic diaphragmatic hernia**

The diaphragmatic rupture of multiple trauma patients are not treated other than surgery and if the treatment is delayed it may cause many adverse effects. However, it is difficult to diagnose and it is often overlooked in the initial evaluation. The purpose of this study was to evaluate the clinical characteristics of diaphragmatic rupture caused by blunt trauma in a single trauma center for 7 years and to assess the reliability of the diaphragmatic height index (DHI) for the diagnosis of diaphragmatic rupture. A retrospective review of the medical records of patients with diaphragmatic rupture of the blunt trauma confirmed the clinical characteristics of the patient and the direction of diaphragmatic injury and analyzed DHI using initial chest radiographs. From March 2010 to December 2016, a total of 14,340 trauma patients visited the Ajou trauma center of which 13,359 were bluntly injured. A total of 60 patients with diaphragmatic rupture were identified as an operation. Right diaphragm rupture was found in 31 patients and left diaphragm rupture in 29 patients. There was no difference in the statistical characteristics between the control group and the control group. The DHI of the right diaphragm rupture patients was  $2.16 \pm 1.58$ , and the DHI of the left diaphragm rupture patients was  $-1.21 \pm 2.10$  which were statistically different from the control group. The sensitivity of 71% and specificity of 87% were able to diagnose right diaphragmatic rupture when  $DHI > 1.31$  was used as a cut-off value. Sensitivity was 87% and specificity was 76% when  $DHI < 0.43$  was used as a cut-off value to diagnose left diaphragmatic rupture. In this study, the right and left diaphragmatic rupture showed similar prevalence, and diaphragmatic rupture diagnosis using DHI can be useful.