

Evaluation of Effective Dose and Image Quality According to Arm height angle(AHA) during Chest Lateral Radiography : Retrospective Research

Kang-Min Lee^{1,2,*}

¹Department of Radiology, Korea University Anam Hospital

²Department of Medical Physics, Korea University Graduate School of Convergence Science

Received: November 07, 2024. Revised: November 28, 2024. Accepted: November 30, 2024.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effects of Arm Height Angle (Arm Height Angle : AHA) on patient effective dose and image quality in lateral chest radiography, and to propose the optimal arm positioning for minimizing radiation exposure while ensuring diagnostic efficacy. Using consistent X-ray equipment with Automatic Exposure Control (AEC), examinations were performed on 10 patients at AHA settings of 90°, 120°, and 150°. For each angle, Dose-Area Product (DAP) values were measured, and effective dose was calculated using the Monte Carlo simulation-based software PCXMC 2.0. The findings revealed a 53% increase in effective dose when AHA was adjusted from 150° to 120°, although this difference was not statistically significant (p=0.3). However, setting the AHA to 90° resulted in an approximately 140% increase in effective dose, a statistically significant change (p=0.00). Quantitative assessment showed no statistically significant differences in image quality metrics across the 90°, 120°, and 150° groups, as measured by TT SNR (p=0.1), TT CNR (p=0.6), AA SNR (p=0.2), AA CNR (p=0.8), LA SNR (p=0.2), and LA CNR (p=0.8). Visual assessments indicated that the 150° AHA setting received the highest scores, suggesting that an arm height angle of 150° or greater may optimize image quality while reducing patient radiation exposure. Based on these results, this study recommends an AHA of 150° or higher as the optimal positioning for lateral chest radiography, providing an effective balance between radiation dose minimization and diagnostic image quality.

KeyWords: Chest Lateral Radiography, Monte-Carlo Simulation, PCXMC 2.0, SNR, CNR

I. INTRODUCTION

의료 방사선은 건강 증진을 위한 목적에서 인위적으로 생성된 전리 방사선을 사용하여 의료분야에 적용하고 있다. 비침습적인 성격과 과학기술의 발전 덕분에 현대 의료에서 그 중요성과 활용 가능성이 점점 더 확대되고 있다^[1]. 모든 의료 방사선 피폭은 직무 피폭과 마찬가지로 정당화되어야 하며, 방사선 방호의 최적화 원칙(As Low As Reasonably Achievable : ALARA)을 철저히 준수해야 한다.

ALARA는 정당화의 원칙과 밀접하게 관련되어 있으며, 개인의 방사선 피폭, 피폭자의 수, 그리고 개인과 집단의 잠재적 피폭 가능성과 경제적 및 사회적 요인을 고려하여 최대한 낮게 유지해야 한다는 원칙을 의미한다^[2].

의료 방사선 검사 중 흉부 검사는 병원과 의원에서 시행되는 검사 중 가장 높은 빈도를 차지한다. 흉부 영상은 해부학적 및 병리학적 정보가 다양하여 방사선 투과성이 높은 폐와 낮은 종격동, 그리고 단단한 골성 흉곽조직이 함께 있는 복잡한 구조

* Corresponding Author: Kang-Min Lee

E-mail: kumc20132@gmail.com

Tel: +82-2-920-5581

로 이루어져 있다^[3]. 특히, 흉부 측면 검사에서는 후전 방향 검사 시 흉벽과 엽 간의 경계에서 발생할 수 있는 미세한 병변을 진단하는 데 도움을 줄 수 있으며 소량의 흡수가 있는 경우에는 등 쪽 횡격막 각의 둔화로 나타날 수 있다^[4].

흉부 측면 검사의 자세는 검사 측을 검출기(Detector)에 밀착되도록 몸을 돌려 양팔이 폐에 겹치지 않도록 팔을 올려서 실시하며 환자의 자세를 정확히 고정하고 낙상사고를 방지하기 위해 벽면 스탠드(Wall Bucky Stand)에 장착이 가능한 손잡이 기구(Hand Grip Device)를 사용하는 것이 일반적이다. 하지만 Hand Grip Device는 검사 효율성을 높이는 장점이 있지만 모든 경우에 신뢰할 수 있는 것은 아니다. 그 이유는 검사자마다 환자의 팔 높이에 대한 명확한 기준이 없으며 부적절한 팔 높이로 인해 위팔뼈(Humerus)와 연부조직이 폐 첨부(Lung apex)를 가리는 문제가 발생할 수 있기 때문이다. 또한 흉부 검사는 최소한의 방사선량으로 검사하기 위해 검사 부위의 두께와 X선의 흡수 정도를 파악해야 하지만^[5] 현실적으로 불가능하기에 자동노출제어(Automatic Exposure Control : AEC) 기능이 흉부 검사에 널리 활용된다. AEC는 이온전리조(Ion Chamber)를 이용해 적정 농도의 영상을 획득할 수 있도록 적절한 방사선량이 자동으로 조절되며^[6] 이는 피폭선량 저감을 가능하게 한다.

본 연구에서는 AEC가 적용된 흉부 측면 검사에서 팔 높이 변화에 따라 환자의 피폭선량과 폐 첨부의 화질 차이가 있을 것으로 예상하였다. 따라서 흉부 측면 검사 시 Hand Grip Device를 활용해 검사 비중이 높은 팔 높이 각도를 측정하고 후향적으로 영상을 분석하여 진단 가치가 높은 영상을 얻는 방법을 모색하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 대상

본 연구는 2023년 10월부터 2024년 10월까지 서울의 K 대학병원 영상의학과 일반촬영실에서 진행되었으며 동일 디지털 X선 발생장치(교정일: 2023. 12.28, Digital Diagnost Eleva, Philips, Netherlands)를

사용하여 팔 높이 각도(Arm Height Angle : AHA)를 90°, 120°, 150° 로 설정한 흉부 측면 검사를 실시한 동일 10명의 환자를 대상으로 하였으며 흉부 측면 영상은 병리학적 소견이 없는(No pathologic findings) 영상으로 영상의학과 전문의에 의해 판독이 완료된 영상이다. 본 연구에 포함된 환자들의 평균 나이는 63.1세이며, 성별 분포는 남자 9명, 여자 1명이다.

2. 실험 방법

2.1. 흉부 측면 팔 높이 각도(AHA) 측정 방법

Hand Grip Device를 사용한 흉부 측면 검사 영상의 의료영상 저장 및 전송 시스템(Picture Archiving Communication System : PACS)에서 Measure 2D angle tool을 활용하여 위팔뼈 머리(Humerus head)를 기준으로 위팔뼈(Humerus)의 AHA를 측정하였다. 이 중에서 검사 비중이 높은 AHA 세 가지를 선정하였으며 이는 Fig. 1에 나타나 있다.



(a) AHA 90° (b) AHA 120° (c) AHA 150°

Fig. 1. Lateral Chest Examination How to Measure Arm Height.

2.2. 검사 조건

본 연구에서는 질병관리청의 진단 참조 수준 가이드라인을 참고하여 흉부 측면 일반 촬영 시 성인을 기준으로 중간 값의 관전압을 설정하였다. 또한 AEC 적용 시 이온전리조의 위치는 중앙 이온전리조(Central Chamber)로 설정하였으며 검사 조건은 Table 1에 나타나 있다.

Table 1. Parameters applied during chest lateral radiography

| Parameter | Equipment |
|------------------------|-----------------|
| Tube voltage (kVp) | 120 |
| AEC (Use/Not use) | Use |
| Chamber location | Central Chamber |
| SID (cm) | 180 |
| Grid | 12:1 |
| Collimator size (inch) | 17x17 |

SID: Source to Image receptor Distance

2.3. 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 유효선량 평가 방법

PCXMC 2.0 프로그램은 의료용 X선 검사에서 환자의 장기 선량 및 유효선량(Effective Dose)을 계산하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 적용한 소프트웨어로 1988년에 Servomaa와 Tapiovaara에 의해 개발되었다^[7]. 이 프로그램은 검사 범위가 설정되면 29개의 인체 기관과 조직을 대상으로 계산을 수행하며 X선과 물질 간의 상호작용에 대한 확률적 시뮬레이션을 기반으로 한다^[8,9]. Pediatric 및 Adult 모델이 통합되어 있으며 X선 검사 조건을 자유롭게 선택할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 ICRP Publication 103(2007)에서 제시한 조직 가중치를 활용하여 유효선량을 계산하였으며, 시뮬레이션에 사용된 정보는 Phantom data (178.6cm, 73.2kg), Simulation Photon Number 10,000 개, Tube anode angle 13°, Filter 0.1 Cu + 1 Al mm 을 포함하였다. 이 데이터를 바탕으로 흉부 측면 검사에서 획득된 면적선량(Dose Area Product : DAP) 값을 입력하여 유효선량을 산출하였다.

2.4. Image J을 이용한 SNR, CNR 화질 평가 방법

AHA 별 흉부 측면 영상의 화질을 정량적으로 평가하기 위해 의료용 디지털 영상 및 통신 표준(Digital Imaging and Communications in Medicine : DICOM) 형식의 파일로 이미지를 획득한 후 image processing software인 Image J (version 1.43u, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)를 사용하였

다. 모든 검사 영상은 Pixel Size는 $1 \times 1 \text{ pixel}^2$, Width 2520, Height 3032의 8bit 이며 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio : SNR)와 대조도대잡음비(Contrast to Noise Ratio : CNR)를 측정하였다. 이때 관심 영역(Region of Interest : ROI)은 Width : 50mm, Height : 50mm 로 설정하여 흉부 측면 영상의 폐 첨부(Lung apex)를 중심으로 기관(Trachea), 대동맥궁(Aortic arch), 폐 첨부(Lung Apex)의 세 가지 신호(Signal)로 설정하였으며 왼쪽 상부를 잡음(Noise)으로 설정하였다. 이는 Fig. 2에 나타나 있다.



Fig. 2. ROI Selection Methods for SNR and CNR Measurement in Lateral Chest Imaging.

(1) SNR 측정

SNR은 측정된 Lesion SI를 Background Noise SD로 나누어 계산하였으며 Eq. (1)을 사용하였다.

$$SNR = \frac{Lesion SI}{Background Noise SD} \quad (1)$$

(2) CNR 측정

CNR은 Lesion SI와 Surrounding Tissues SI의 차를 Background Noise SD로 나누어 계산하였으며 Eq. (2)를 사용하였다.

$$CNR = \frac{Lesion SI - Surrounding Tissue SI}{Background Noise SD} \quad (2)$$

2.5. RT(Radiologic Technologist) Visual 평가 방법

흉부 측면 영상을 대상으로 AHA 별 8개의 평가 항목을 리커트 척도(Likert Scales)를 적용하여 경력 10년 이상의 방사선사 2명이 'Excellent' 5점, 'Good' 4점, 'Fair' 3점, 'Poor' 2점, 'Very poor' 1점으로 Score 평가를 하여 평균값과 표준편차를 산출하였으며 Visual 평가를 하기 위해 글로벌 영상의학 전문 포털 AuntMinnie 에서 MD. Naveed Ahmed가 제시한 '흉부 X선 측면 검사 임상 평가 기준'^[10]을 참고하였으며 이는 Table 2에 나타나 있다.

Table 2. Clinical Evaluation Table of Chest Lateral Imaging

| No | Evaluation item |
|----|---|
| 1 | Are the lung apex clearly visible? |
| 2 | see the air-filled trachea and esophagus |
| 3 | The ribs do not protrude in front of the sternum. |
| 4 | hilum is approximately in the center |
| 5 | posterior ribs are superimposed |
| 6 | borders of heart shadow are sharp |
| 7 | outline of diaphragm is sharp |
| 8 | costophrenic angles are superimposed |

3. 데이터 분석 및 통계

SPSS 통계 패키지 프로그램(version 21.0, SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 사용하여 95% 신뢰구간에서 정규성 검정을 포함한 그룹 간 유의성을 분석하였다. 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk 검정을 사용하였으며 p-value가 0.05보다 큰 경우 데이터가 정규분포를 따른다고 가정하였으며 선량 데이터 및 화질 데이터의 결과가 모두 0.05보다 크므로 정규분포를 따랐습니다. 분석은 AHA 별 90°, 120°, 150°로 분류된 그룹을 대상으로 진행하였으며 10명의 흉부 측면 영상의 선량 정보(DAP, Effective dose)와 정량적 화질 지표(SNR, CNR)에 대해 일원 배치 분산분석(One-Way ANOVA)을 실시하였다. 사후검정은 Tukey test를 적용하여 그룹 간 차이를 평가하였다. 정성적 평가는 평가자들의 점수를 바탕으로 평균값, 표준편차 값을 구하여 그룹 간 차이를 평가하였다.

III. RESULT

1. 선량 결과

1.1. AHA에 따른 DAP 결과

PACS 시스템을 통해 AHA 별 영상의 DAP 값을 확인한 결과는 Table 3에 나타나 있다. DAP 값은 AHA 90°에서 평균 5.3±2.4 mGy·cm², AHA 120°에서 3.5±1.3 mGy·cm², AHA 150°에서 2.4±0.9 mGy·cm²으로 측정되었다. 사후 분석을 통해 AHA 90°, 120°, 150° 그룹 간 DAP 값을 비교한 결과 AHA 90°와 AHA 150° 간(p=0.00)에는 통계적으로 유의한 차이가 있었으나 AHA 120°와 AHA 90°, 150° 간(p=0.06, 0.3)에는 유의한 차이가 없었다.

Table 3. DAP value data measured by arm height angle (Unit : mGy·cm²)

| No | DAP | | |
|------|-----------|-----------|-----------|
| | AHA 90° | AHA 120° | AHA 150° |
| CL1 | 10.8 | 5.8 | 3.4 |
| CL2 | 7.4 | 5.6 | 4.4 |
| CL3 | 4.8 | 3.1 | 1.4 |
| CL4 | 5.7 | 4.4 | 3.1 |
| CL5 | 2.7 | 1.6 | 1.2 |
| CL6 | 3.4 | 2.6 | 2.4 |
| CL7 | 2.9 | 2.3 | 2.0 |
| CL8 | 6.4 | 3.2 | 2.1 |
| CL9 | 3.8 | 2.7 | 2.0 |
| CL10 | 5.2 | 3.8 | 2.4 |
| M±SD | 5.3 ± 2.4 | 3.5 ± 1.3 | 2.4 ± 0.9 |
| Min | 2.7 | 1.6 | 1.2 |
| Max | 10.8 | 5.8 | 4.4 |
| F | 7.070 | | |
| P | 0.00 | | |

CL : Chest Lateral

1.2. AHA에 따른 유효선량 결과

측정된 DAP 값을 PCXMC 2.0 프로그램에 입력하여, ICRP 103에서 제시한 조직 가중치를 기반으로 유효선량을 계산하였으며 결과는 Table 4에 나타나 있다. 10명의 평균 유효선량은 AHA 90°에서 0.0077±0.003 mSv, AHA 120°에서 0.0049±0.002 mSv, AHA 150°에서 0.0032±0.0014 mSv로 측정되었

다. 사후 분석을 통해 AHA 90°, 120°, 150° 그룹 간 유효선량을 비교한 결과 AHA 90° 와 AHA 150° 간 ($p=0.00$)에는 통계적으로 유의한 차이가 있었으나 AHA 120° 와 AHA 90°, 150° 간($p=0.06, 0.3$)에는 유의한 차이가 없었다.

Table 4. Effective dose results according to arm height angle (Unit : mSv)

| No | Effective dose | | |
|------|----------------|----------------|-----------------|
| | AHA 90° | AHA 120° | AHA 150° |
| CL1 | 0.016 | 0.009 | 0.005 |
| CL2 | 0.011 | 0.008 | 0.006 |
| CL3 | 0.007 | 0.004 | 0.002 |
| CL4 | 0.008 | 0.006 | 0.004 |
| CL5 | 0.004 | 0.002 | 0.001 |
| CL6 | 0.005 | 0.004 | 0.003 |
| CL7 | 0.004 | 0.003 | 0.002 |
| CL8 | 0.009 | 0.004 | 0.003 |
| CL9 | 0.005 | 0.004 | 0.003 |
| CL10 | 0.008 | 0.005 | 0.003 |
| M±SD | 0.0077 ± 0.003 | 0.0049 ± 0.002 | 0.0032 ± 0.0014 |
| Min | 0.004 | 0.002 | 0.001 |
| Max | 0.016 | 0.009 | 0.006 |
| F | | 7.471 | |
| P | | 0.003 | |

CL : Chest Lateral

2. 화질 결과

2.1 AHA에 따른 정량적 평가 결과

AHA 별 그룹 간 SNR, CNR 결과는 Table 5, 6, 7에 나타나 있다. AHA 90° 에서 평균 SNR은 TR: 20.8 ± 5.9, AA: 18.8 ± 5.0, LA: 26.1 ± 10.3으로 측정되었으며 평균 CNR은 TR: 12.6 ± 1.5, AA: 12.2 ± 4.6, LA: 14.8 ± 5.2로 측정되었다.

AHA 120° 에서 평균 SNR은 TR: 21.4 ± 6.6, AA: 21.0 ± 4.7, LA: 29.9 ± 8.8로 측정되었으며 평균 CNR은 TR: 13.4 ± 4.4, AA: 13.1 ± 4.3, LA: 21.2 ± 4.6 으로 측정되었다.

AHA 150° 에서 평균 SNR은 TR: 17.4 ± 2.6, AA: 17.6 ± 1.2, LA: 23.1 ± 7.4로 측정되었으며 평균 CNR은 TR: 11.7 ± 2.1, AA: 12.6 ± 3.1, LA: 16.7 ± 4.3으로 측정되었다.

Table 5. Quantitative evaluation results according to arm height 90°

| No | AHA 90° | | | | | |
|------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | SNR | | | CNR | | |
| | TR | AA | LA | TR | AA | LA |
| CL1 | 23.0±1.7 | 19.0±0.5 | 20.9±1.9 | 19.7±0.1 | 17.0±0.5 | 18.6±0.6 |
| CL2 | 31.1±2.7 | 28.7±5.0 | 33.5±4.9 | 20.6±3.1 | 22.4±0.1 | 25.8±0.7 |
| CL3 | 15.8±3.7 | 16.4±2.5 | 27.1±4.0 | 9.8±2.5 | 12.0±2.0 | 19.1±2.8 |
| CL4 | 17.5±4.7 | 17.8±1.0 | 23.7±4.0 | 9.9±0.1 | 9.7±3.0 | 12.2±3.7 |
| CL5 | 17.0±4.2 | 18.9±1.2 | 45.5±1.8 | 7.1±0.6 | 8.1±1.2 | 11.2±0.1 |
| CL6 | 17.6±3.7 | 12.7±1.9 | 27.8±1.7 | 13.4±3.2 | 9.4±0.1 | 12.1±3.6 |
| CL7 | 15.9±4.2 | 15.1±4.5 | 13.9±0.2 | 9.4±0.1 | 8.4±0.2 | 10.5±0.6 |
| CL8 | 31.2±5.2 | 26.5±4.5 | 37.4±1.5 | 17.0±1.7 | 14.5±0.1 | 17.9±1.6 |
| CL9 | 16.8±4.9 | 14.8±3.9 | 13.9±1.3 | 8.1±1.5 | 8.4±2.1 | 9.1±2.5 |
| CL10 | 22.4±4.4 | 18.5±5.2 | 17.4±0.8 | 11.9±2.5 | 12.3±2.4 | 12.4±1.6 |
| M±SD | 20.8±5.9 | 18.8±5.0 | 26.1±10.3 | 12.6±1.5 | 12.2±4.6 | 14.8±5.2 |
| Min | 15.8 | 12.7 | 13.9 | 7.1 | 8.1 | 9.1 |
| Max | 31.2 | 28.7 | 45.5 | 20.6 | 22.4 | 25.8 |
| F | 1.192 | 1.404 | 1.464 | 0.448 | 0.133 | 1.231 |
| P | 0.3 | 0.9 | 0.2 | 0.6 | 0.8 | 0.3 |

CL: Chest Lateral, TR : Trachea
AA : Aortic arch, LA : Lung apex

Table 6. Quantitative evaluation results according to arm height angle 120°

| No | AHA 120° | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | SNR | | | CNR | | |
| | TR | AA | LA | TR | AA | LA |
| CL1 | 30.7±2.2 | 24.2±1.1 | 18.2±2.6 | 22.7±1.6 | 20.3±2.1 | 16.4±1.3 |
| CL2 | 18.5±0.7 | 21.1±3.7 | 29.1±0.6 | 11.9±0.5 | 14.1±0.6 | 18.4±0.4 |
| CL3 | 18.3±2.5 | 21.3±0.9 | 31.8±1.7 | 13.0±0.7 | 15.6±3.2 | 19.9±1.4 |
| CL4 | 14.9±0.7 | 15.5±2.0 | 20.4±3.4 | 10.8±2.5 | 6.7±2.8 | 15.3±0.7 |
| CL5 | 25.9±3.4 | 26.6±4.1 | 41.2±2.6 | 15.9±2.1 | 15.4±1.4 | 20.5±0.5 |
| CL6 | 32.1±1.4 | 22.8±2.4 | 45.6±2.8 | 18.5±2.6 | 15.5±3.2 | 22.2±1.7 |
| CL7 | 17.7±0.8 | 19.2±0.1 | 24.9±0.7 | 7.8±1.0 | 8.1±0.4 | 9.4±0.5 |
| CL8 | 21.0±2.7 | 21.2±1.8 | 36.2±1.8 | 10.4±0.4 | 10.6±3.1 | 14.3±4.4 |
| CL9 | 13.8±1.1 | 11.6±2.4 | 26.8±5.1 | 10.9±2.5 | 9.2±0.3 | 17.0±2.1 |
| CL10 | 15.5±3.5 | 27.1±1.0 | 25.7±2.1 | 12.1±2.3 | 16.1±1.3 | 17.8±3.1 |
| M±SD | 21.4±6.6 | 21.0±4.7 | 29.9±8.8 | 13.4±4.4 | 13.1±4.3 | 21.2±4.6 |
| Min | 13.8 | 11.6 | 18.2 | 7.8 | 6.7 | 9.4 |
| Max | 32.1 | 27.1 | 45.6 | 22.7 | 20.3 | 61.5 |
| F | 1.192 | 1.404 | 1.464 | 0.448 | 0.133 | 1.231 |
| P | 0.3 | 0.9 | 0.2 | 0.6 | 0.8 | 0.3 |

CL: Chest Lateral, TR : Trachea
AA : Aortic arch, LA : Lung apex

Table 7. Quantitative evaluation results according to arm height angle 150°

| No | AHA 150° | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | SNR | | | CNR | | |
| | TR | AA | LA | TR | AA | LA |
| CL1 | 16.4±0.1 | 18.0±2.3 | 24.5±0.5 | 12.5±3.5 | 13.8±0.6 | 16.8±2.4 |
| CL2 | 14.1±3.4 | 16.0±1.3 | 14.2±0.6 | 11.4±2.5 | 12.1±0.7 | 14.7±0.7 |
| CL3 | 14.5±0.8 | 19.7±0.9 | 25.7±3.2 | 12.6±2.1 | 17.0±3.1 | 21.5±1.1 |
| CL4 | 16.6±0.3 | 20.8±0.4 | 25.6±1.6 | 12.2±0.3 | 15.3±2.1 | 16.3±0.1 |
| CL5 | 16.1±1.4 | 15.5±2.8 | 17.8±1.1 | 10.5±0.5 | 10.2±2.7 | 13.4±3.9 |
| CL6 | 16.9±3.1 | 15.8±2.4 | 17.1±3.6 | 11.4±0.1 | 11.8±0.9 | 13.6±2.0 |
| CL7 | 21.7±1.6 | 19.4±3.7 | 39.2±4.2 | 14.5±0.5 | 14.2±1.4 | 21.9±0.7 |
| CL8 | 17.9±0.2 | 10.2±2.1 | 23.9±1.5 | 6.5±0.8 | 6.1±1.2 | 9.0±0.6 |
| CL9 | 20.4±1.2 | 15.3±1.5 | 15.6±2.5 | 12.0±0.7 | 10.7±2.5 | 22.8±0.9 |
| CL10 | 21.7±3.0 | 25.4±2.5 | 28.0±0.1 | 13.6±2.0 | 15.3±2.2 | 17.5±3.4 |
| M±SD | 17.4±2.6 | 17.6±1.2 | 23.1±7.4 | 11.7±2.1 | 12.6±3.1 | 16.7±4.3 |
| Min | 14.1 | 10.2 | 14.2 | 6.5 | 6.1 | 9.0 |
| Max | 21.7 | 25.4 | 39.2 | 14.5 | 17.0 | 22.8 |
| F | 1.192 | 1.404 | 1.464 | 0.448 | 0.133 | 1.231 |
| P | 0.3 | 0.9 | 0.2 | 0.6 | 0.8 | 0.3 |

CL: Chest Lateral, TR : Trachea
AA : Aortic arch, LA : Lung apex

2.2. AHA에 따른 정량적 평가 통계 결과

AHA에 따른 서로 다른 해부학적 부위 TR, AA, LA에서 SNR, CNR을 사후 분석을 통해 비교한 결과 TT SNR: 90°, 120°, 150° 그룹 간(p=0.1), TT CNR 그룹 간(p=0.6) 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 AA SNR: 90°, 120°, 150° 그룹 간(p=0.2), AA CNR 그룹 간(p=0.8) 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 LA SNR: 90°, 120°, 150° 그룹 간(p=0.2), LA CNR 그룹 간(p=0.8) 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 종합적인 결과는 AHA가 90°, 120°, 150°로 변경되었을 때 SNR, CNR이 각 해부학적 부위(TR, AA, LA)에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

2.3. AHA에 따른 정성적 평가 결과

정성적 평균 점수는 AHA 별로 Table 8, 9, 10에

나타나 있다. AHA 150°에서의 정성적 평균 점수는 4.3±0.2로 가장 높았으며, AHA 120°에서는 3.5±0.5로 두 번째로 높은 점수였다. AHA 90°에서는 3.2±0.9로 평균 점수가 가장 낮았다.

Table 8. Visual evaluation results according to arm height angle of 90°

| No | AHA 90° | | | | | | | |
|------|---------|----------|---------|---|----------|---|----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| CL1 | 2 | 2 | 2.5±0.7 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL2 | 1.5±0.7 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| CL3 | 2.5±0.7 | 3 | 2.5±0.7 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 5 |
| CL4 | 2 | 2.5±0.7 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL5 | 2.5±0.7 | 2 | 2.5±0.7 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4 |
| CL6 | 2 | 3 | 2.5±0.7 | 3 | 4 | 4 | 3.5±0.7 | 4.5±0.7 |
| CL7 | 2 | 2 | 2.5±0.7 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL8 | 2 | 2.5±0.7 | 2.5±0.7 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL9 | 2 | 2 | 2.5±0.7 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| CL10 | 1.5±0.7 | 2.5±0.7 | 2.5±0.7 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| M±SD | 2±0.3 | 2.35±0.4 | 2.6±0.2 | 3 | 3.75±0.3 | 4 | 3.95±0.2 | 4.5±0.3 |

Table 9. Visual evaluation results according to arm height angle of 120°

| No | AHA 120° | | | | | | | |
|------|----------|---|---|----------|---|---|----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| CL1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL2 | 3 | 3 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL3 | 2.5±0.7 | 3 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| CL4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| CL5 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL6 | 2.5±0.7 | 3 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL7 | 2.5±0.7 | 3 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4 | 4.5±0.7 |
| CL8 | 3 | 3 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| CL9 | 3 | 3 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 3.5±0.7 | 4.5±0.7 |
| CL10 | 3 | 3 | 3 | 3.5±0.7 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| M±SD | 2.75±0.3 | 3 | 3 | 3.55±0.3 | 4 | 4 | 3.95±0.2 | 4.3±0.2 |

Table 10. Visual evaluation results according to arm height angle of 150°

| No | AHA 150° | | | | | | | |
|------|-------------|--------------|--------------|---|---|--------------|-------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| CL1 | 4.5 ±0.7 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.5 ±0.7 | 4 |
| CL2 | 4 | 4 | 4.5 ±0.7 | 4 | 4 | 5 | 4.5 ±0.7 | 4 |
| CL3 | 5 | 5 | 4.5 ±0.7 | 4 | 4 | 4.5 ±0.7 | 4 | 5 |
| CL4 | 4.5 ±0.7 | 4.5 ±0.7 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.5 ±0.7 | 4 |
| CL5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| CL6 | 4.5 ±0.7 | 4.5 ±0.7 | 4.5 ±0.7 | 4 | 4 | 4.5 ±0.7 | 4.5 ±0.7 | 4 |
| CL7 | 4.5 ±0.7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.5 ±0.7 |
| CL8 | 4.5 ±0.7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4.5 ±0.7 | 5 | 4 |
| CL9 | 5 | 4.5 ±0.7 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4.5 ±0.7 | 5 |
| CL10 | 4.5 ±0.7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4.5 ±0.7 | 4 |
| M±SD | 4.5 ±0.3 | 4.75 ±0.3 | 4.75 ±0.3 | 4 | 4 | 4.35 ±0.4 | 4.4 ±0.3 | 4.35 ±0.5 |

IV. DISCUSSION

본 연구는 흉부 측면 X선 검사에서 검사 비중이 높았던 AHA 90°, 120°, 150°에 따른 유효선량과 화질을 비교 분석하기 위해 동일 X선 발생장치로 환자 10명을 대상으로 팔 높이만 조정하여 후향적으로 진행되었다. 흉부 방사선 검사에서 AEC는 환자의 체적 및 조직 밀도를 고려하여 최적화된 방사선 선량을 적용함으로써 진단적으로 유용한 영상을 획득하는데 중요한 역할을 한다. 그러나 AEC의 효과는 정확한 검사 자세와 이온전리조 센서의 설정에 크게 의존한다. P. Doyle^[11]은 AEC 이온 전리조의 센서 위치와 환자 검사 부위 중앙의 정렬이 고품질의 진단 영상을 얻기 위한 핵심 요소임을 강조하였다. 특히 흉부 측면 방사선 검사에서는 후전방향(Posteroanterior : PA) 검사와 달리 중앙 하단의 단일 이온전리조가 사용되므로 환자의 정확한 위치 설정이 더욱 중요하다^[4]. 또한 AEC에 관한 다양한 선행 연구가 존재하지만 팔의 위치와 높이가 영상 화질과 방사선 선량에 미치는 영향을 다룬 연구는 부족하다. 이에 본 연구는 흉부 측면 방사선 촬영

에서 팔의 높이에 따른 방사선 선량과 영상 화질의 변화를 체계적으로 분석하고 이를 바탕으로 최적의 검사 자세를 제안하는 것을 목표로 한다.

연구 결과, 첫 번째 DAP 측정실험에서 AHA 150°를 기준으로 AHA가 120°로 변경되었을 때 DAP 값은 약 45% 증가하였으며 AHA 90°로 변경 시 약 120% 증가한 것으로 나타났다. 두 번째 실험에서는 PCXMC 2.0을 이용해 계산한 평균 유효선량이 AHA 150°에서 AHA 120°로 변경 시 약 53% 증가하였고 AHA 90°로 변경 시 약 140% 증가하였다. 또한 SNR, CNR로 평가한 정량적 화질 분석에서는 AHA에 따른 위팔뼈와 연부 조직이 폐 첨부 부위(Lung apex)에 걸쳐 정량적 화질 차이가 예상되었으나 기관(Trachea), 대동맥궁(Aortic arch), 폐 첨부(Lung apex) 등 구조에서는 유의미한 차이가 없었다. 반면, 방사선사(RT; Radiologic Technologist)의 육안적 평가 결과는 AHA 90°, 120° 각각 평균 3.2±0.9, 3.5±0.5로 시각적으로 ‘Fair’의 평가를 받았고 AHA 150°에서는 4.3±0.2로 ‘Good’의 평가를 받아 가장 진단적 가치가 높음을 알 수 있다. 또한 본 연구에서 평가 항목 1-3은 해부학적으로 폐 상엽(Lung upper lobe)에 해당하며 AHA 90°에서 점수가 급격히 낮아지는 경향을 보였으며 AHA가 120°에서 150°로 증가함에 따라 점수가 상향되는 양상을 확인할 수 있었다. 평가 항목 4-8은 폐 하엽(Lower lobe)에 해당하며 이 항목들에서는 AHA에 큰 영향을 받지 않는 것을 확인하였다.

위를 종합해보면 환자의 선량 저감과 높은 품질의 흉부 측면 영상 구현을 위해서는 AHA 150° 이상의 팔 높이가 최적의 조건으로 도출되었다. 또한 연구 결과 AHA 150° 이상의 기준에서는 Hand Grip Device를 사용하는 것이 환자에게 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 결과를 바탕으로 환자들은 Hand Grip Device를 잡고 검사를 진행할 때 더 안정감을 느낀다고 하였으며 검사자는 이를 통해 환자의 안전성, 방사선 선량 관리, 및 영상 화질 측면에서 높은 효율성을 확보할 수 있다고 하였다. 본 연구는 흉부 검사의 일반 촬영에서 잘못된 자세로 인해 환자의 불필요한 방사선 피폭이 증가하고 영상 품질이 저하되는 문제를 확인하였다. 특히 흉

부 검사는 상대적으로 짧은 검사 시간과 높은 검사 비중으로 인해 환자의 팔 높이 자세가 중요한 검사 임에도 이에 대한 문제점이 간과되고 있음을 임상적으로 시사한다. 따라서 본 연구는 이러한 측면에서 방사선사의 자세 개선과 이를 통한 영상 품질 향상 및 환자 피폭 감소의 중요성을 조명한 의의 있는 연구라 할 수 있다.

본 연구의 제한점은 첫 번째로 후향적 연구로 인해 환자의 체형, 움직임, 호흡, 체질량지수(BMI) 등 개별적 특성과 검사 방향은 고려하지 않았으며 해부학적 요소에 대한 선량과 화질 차이가 있을 것이라 생각된다. 두 번째는 모든 흉부 측면 검사는 AE C를 적용한 연구였으며 일부 해부학적 구조물이 A EC의 Ion Chamber 범위에서 벗어날 가능성을 고려하지 않았다. 그러나 DR 장비의 목표 노출지수(Target EI; Target Exposure Index)를 참고해 흉부 측면 검사의 노출 정상 범위에 해당하는 데이터만을 사용했으므로 연구 결과는 의미가 있다고 판단된다. 향후 이러한 제한점을 보완한 추가 연구가 이루어진다면 흉부 검사에서 피폭선량을 줄이고 진단 품질을 높이는 데 도움이 될 것이다.

V. CONCLUSIONS

본 연구의 최종 결론은 다음과 같다. 흉부 측면 검사에서 유효선량은 AHA 150°에서 가장 낮게 측정되었으며 AHA에 따른 정량적 화질 차이는 보이지 않았다. 그러나 정성적 평가에서는 AHA 150°에서 임상적으로 우수한 평가를 받았고 이에 따라 AHA 150° 이상의 팔 높이가 환자의 방사선 피폭을 최소화하고 진단 가치가 높은 영상 품질을 제공하는 최적의 조건임을 확인하였다.

Reference

- [1] M. J. Kim, K. H. Do, K. P. Kim, J. Y. Hwang, H. J. Choi, S. K. Kim. "A study on the radiation dose management system and plan for patients", Korea Health & Medical Research Institute, pp. 1-155, 2014.
- [2] J. S. Lee, S. J. Ko, S. S. Kang, J. H. Kim, D. H. Kim, C. S. Kim, "Quantitative Evaluation of Image Quality using Automatic Exposure Control Sensitivity in the Digital Chest Image", The Korea Contents Association, Vol. 13, No. 8, pp. 275-283, 2013. <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.08.275>
- [3] H. W. Kang, J. C. Park, H. S. Kang, I. J. Lee, H. S. Shin, J. Huh, "The Evaluation of Chest Radiographic System", Journal of radiological science and technology, Vol. 10, No. 1, pp. 31-35, 1987.
- [4] S. U. Kim, C. H. Lim, Y. C. Joo, S. Y. Yu, "Effects of Change in Patient Position on Radiation Dose to Surrounding Organs During Chest Lateral Radiography with Auto Exposure Control Mode", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 17, No. 6, pp. 903-909, 2023. <https://doi.org/10.7742/jksr.2023.17.6.903>
- [5] J. H. Hwang, J. H. Jeong, H. S. Kim, K. B. Lee, "Study on the Change of Absorbed Dose and Image Quality according to X-ray Condition of Detector in Digital Radiography(DR)", The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 17, No. 9, pp. 99-106, 2017. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2017.17.09.099>
- [6] S. M. R. Rizzo, M. K. Kalra, B. Schmidt, "Automatic Exposure Control Techniques for Individual Dose Adaptation", Radiology, Vol. 235, No. 1, pp. 335-337, 2005. <https://doi.org/10.1148/radiol.2351041751>
- [7] D. U. Seong, "A study on patient dose history management in the field of radiology", Ministry of Food and Drug Safety research report, Vol. 111, No. 72, pp. 852, 2013.
- [8] ICRP, "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", International Commission on Radiological Protection, Vol. 21, No. 1-3, pp. 1-201, 1991.
- [9] ICRP, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103", International Commission on Radiological Protection, Vol. 37, No. 2-4, pp. 1-332, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2007.10.003>
- [10] <https://www.auntminnie.com/clinical-news/article/15559130/mastering-ap-and-lateral-positioning-for-chest-xray>
- [11] P. Doyle, D. Gentle, C. J. Martin, "Optimising automatic exposure control in computed radiography and the impact on patient dose", Radiation Protection Dosimetry, Vol. 114, No. 1-3, pp. 236-239, 2005. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch548>

흉부 측면 방사선 검사 시 팔 높이 각도(AHA)에 따른 유효선량과 화질 평가: 후향적 연구

이강민^{1,2,*}

¹고려대학교 안암병원 영상의학과

²고려대학교 융합과학대학원 의학물리학과

요 약

본 연구는 흉부 측면 X선 촬영에서 팔 높이 각도 (Arm Height Angle : AHA)가 환자의 유효선량과 영상 화질에 미치는 영향을 평가하고, 최적의 팔 위치를 제안하기 위해 수행되었다. 동일 X선 장비와 자동 노출 제어(AEC) 시스템을 이용하여 10명의 환자를 대상으로 AHA를 90°, 120°, 150°로 설정하여 촬영을 진행하였다. 각도 별 DAP 값을 측정하고, 몬테카를로 시뮬레이션 기반 컴퓨터 프로그램인 PCXMC 2.0을 통해 유효선량을 계산하였다. 연구 결과, AHA를 150°에서 120°로 변경했을 때 유효선량이 약 53% 증가하였으나 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($p=0.3$). 반면, AHA를 90°로 설정했을 때 유효선량이 약 140% 증가하며 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($p=0.00$). 정량적 분석 결과는 TT SNR ($p=0.1$), TT CNR ($p=0.6$), AA SNR ($p=0.2$), AA CNR ($p=0.8$), LA SNR ($p=0.2$), LA CNR ($p=0.8$) 통계적 분석에서 90°, 120°, 150° 그룹 간 유의미한 차이는 나타나지 않았으며 그룹 간 영상 화질 차이는 없었다. 시각적 평가 결과에서는 AHA 150°가 가장 높은 점수를 받아 팔 높이 각도 150° 이상이 진단적 화질을 유지하면서 환자의 방사선 노출을 줄이는데 유리한 조건임을 시사한다. 본 연구 결과는 흉부 측면 X선 촬영에서 AHA 150° 이상의 팔 높이가 최적의 조건임을 제안하며 방사선량 감소와 진단적 영상 화질의 균형을 효과적으로 제공할 수 있을 것이다.

중심단어: 흉부 측면 방사선, 몬테카를로 시뮬레이션, PCXMC 2.0, 신호대잡음비, 대조도대잡음비

연구자 정보 이력

| | 성명 | 소속 | 직위 |
|--------|-----|--|--------------|
| (단독저자) | 이강민 | 고려대학교 안암병원 영상의학과 고려대학교 융합과학대학원 의학물리학과 | 방사선사 석사과정 |