

디지털 흉부 방사선 영상에서 Hybrid Filter와 Inverse Filter를 적용한 종양의 검출능 평가

- Evaluation of Cancer Detection Efficiency by Means of Hybrid and Inverse Filter in Chest Radiography -

고려대학교 보건과학대학 방사선학과 · 한국원자력의학원 방사선의학연구소 방사선안전관리팀¹⁾

김윤영 · 김태영 · 김현지 · 박민석¹⁾ · 김정민

— 국문초록 —

본 연구에서는, 흉부단순사진에 있어서 종양그림자의 검출에 대한 흑백 Inverse image과 Hybrid image의 유용성을 ROC해석으로 검토하였다.

증례의 선택은 일본방사선기술학회가 발행한 표준 Digital 영상 Date Base로부터 30장을 선택 하여 original image로 하였다. c언어를 통해 Inverse image는 60장, Hybrid image는 30장 제작하였다. 실험방법으로 연속 판독실험을 하였고, ROC실험 display program은 Matlap을 통하여 작성하였다. 관찰자의 수는 Inverse image의 경우 방사선사 5명과 방사선의 2명, 합계 7명으로 실험하였다. Hybrid 영상의 경우, 방사선 전공자 3명과 숙련된 방사선사 2명, 합계 5명으로 실험하였다. ROC곡선은 Metz가 작성한 ROCKIT Program을 이용하여 구하였다.

Inverse image의 경우 관찰자 7명 전원, 방사선과의 2명, 방사선사 5명의 평균 ROC곡선의 Az는 각각 original image의 0.742, 0.793, 0.721에서, Inverse image의 0.775, 0.821, 0.753까지로, 통계적 유의차로 증가하였다. Hybrid image의 경우 관찰자 5명 전원, 숙련된 방사선사 2명, 방사선학 전공자 3명의 평균 ROC곡선의 Az는 각각 original image의 0.525, 0.491, 0.5478에서, Hybrid 영상의 0.4868, 0.539, 0.450로 변화 하였다. 결론적으로, 흉부단순사진에서 종양의 검출에 관하여, Inverse image은 유의하지만, Hybrid 영상의 경우 유의한 차이가 나타나지 않았다.

중심 단어: ROC평가, Inverse Filter, Hybrid Filter

I. 서 론

종양의 진단에는 단순 X선 사진, CT(computed tomography)

나 MR(magnetic resonance imaging)을 이용한 3차원 사진, 방사선 핵종을 이용한 핵의학(nuclear medicine) 사진 초음파 사진 등 여러 사진이 이용된다¹⁾.

이 중 단순 X선 사진은 상대적으로 CT에 비해 피폭이 현저히 낮고, 다른 사진에 비해 촬영이 간편하고 비용이 적게 들기 때문에 현재 의료에서 가장 널리 사용되고 있다. 특히 흉부단순 X선 사진은 검진에서도 사용하는 영상으로 우리나라 사람이라면 누구라도 한번 정도는 찍어 봤을 정도로 흔히 촬영하는 영상이다. 그럼에도 불구하고, 종양음영(tumor image)의 약 30% 밖에 발견 하지 못하고 있다²⁾.

* 접수일(2013년 10월 29일), 1차 심사일(2013년 11월 8일), 확정일(2013년 12월 10일)

* 본 논문은 2011년도 원자력연구기반확충사업(인력양성)에 의하여 수행되었습니다. (과제번호 2011-0020594)

교신저자: 김정민, (136-703) 서울시 성북구 정릉동 산 1번지 고려대학교 보건과학대학 방사선학과
C.P : 010-6744-1956, Fax : 02-940-2829
E-mail : minbogun@korea.ac.kr

이런 상황에서 많은 국내외 우수한 연구진들이 종양검출의 정확도를 개선하기 위해서 여러 가지 연구를 해왔으며, 특히 영상처리를 이용한 화질 개선과, 컴퓨터에 의해 영상의 해석결과를 참고하여 의사의 진단을 돕는 CAD (Computer-aided diagnosis)를 이용하는 것이 각광 받고 있다^{3,4)}.

따라서, 본 연구에서는 영상의 정보를 늘리는 Inverse image와 뼈와 연부조직이 함께 표현되기 위해 선예도와 관용도를 동시에 올리는 Hybrid image를 제작하여 ROC(Receiver operating characteristic)해석법을 통해 진단적 가치를 객관적으로 평가함으로써 Inverse image와 Hybrid image의 유용성을 증명하는 것을 최종 목표로 하고, 나아가 어떤 위치에 있는 종양 발견에 유리한지 조사해 보았다.

II. 연구대상 및 방법

1. 판독 실험 자료의 준비

(1) 증례의 선택

증례의 선택은 일본방사선기술학회가 발행한 표준

Digital 영상 Date Base의 정상증례(Normal Image)154장과 이상증례(Abnormal Image) 94장으로부터⁵⁾, Inverse 실험의 경우, 종양을 포함한 이상증례 30장, 정상증례 30장 합계 60장을 선택 하여 original Image로 하고 Hybrid 실험의 경우 종양을 포함한 이상증례 15장, 정상증례 15장 합계 30장을 선택 하여 original Image로 하였다. 특히 이상증례를 선택할 때 판독 난이도 1, 2를 임의로 분류하여 가장 어려운 난이도 1, 그 이외 난이도 2를 반반으로 하여 선택하였다(Hybrid 실험의 경우 난이도 1을 1장 더 많이 선택하였다).

(2) 실험에 사용하는 영상의 작성

(1)에서 선택한 Original Image의 행렬 크기는 2048 × 2048, 계조수는 12 bit이다. 실험에 사용한 Image는 Inverse 실험의 경우, Original Image 60장(행렬 크기 2048 × 2048)로부터 행렬 크기 900 × 900인 Original Image를 60장, Inverse image를 60장 각각 작성했다.

반면 Hybrid실험의 경우, Original Image 30장(행렬 크기 2048 × 2048)로부터 행렬 크기 900 × 900인 Original Image를 30장, Hybrid image를 30장 각각 작성했다 (Figure 1). 이 때 매트릭스 사이즈의 축소는 linear

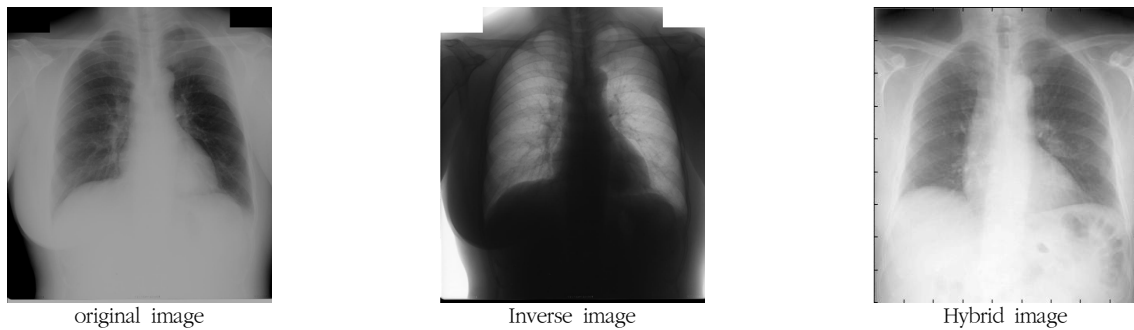


Figure 1. Samples of processed image

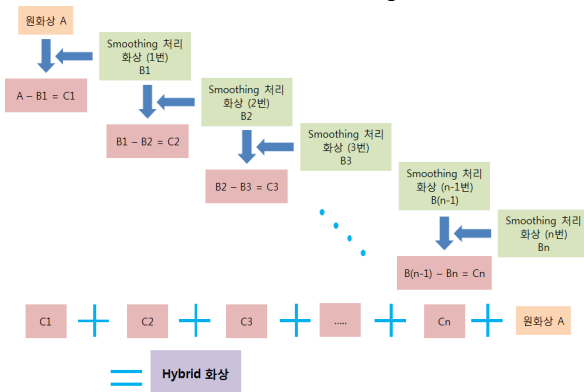


Figure 2. Processing of Hybrid

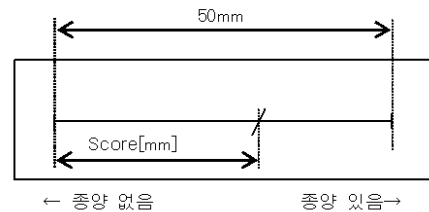


Figure 3. Score Sheet

interpolation을 이용하고, 농도반전은 픽셀 값을 4095(12 bit가 나타내는 농도단계)에서 빼는 법을 사용하였다. Hybrid image의 작성은 Smoothing filtering을 여러 번 반복하여 original image와 합성하는 방법을 이용하여 작성하였다⁷⁾(Figure 2). linear interpolation과 농도반전 Hybrid filtering은 모두 C언어 프로그램을 이용하였다.

(3) 영상의 Display 프로그램 작성

실험에 사용할 최종 영상들을 실제 판독 할 때와 동일한 조건을 충족시킬 수 있도록 만들었다. 이 프로그램은 Open button을 이용하여 판독 실험을 할 영상의 List(파일명 'image list . txt')를 불러와 List 가장 위에 있는 영상을 자동으로 불러오고, next button을 누르면 'image list .txt'에 있는 파일 명 순으로 파일을 차례차례 불러오도록 만들었다. 오른쪽 하단에는 스코어 시트를 만들었고 bar의 원하는 위치를 클릭하면 그곳에 확신도가 체크 되도록 만들었다. Reset button을 누르면 처음 image를 불러왔을 때의 Window Level과 Window Width로 돌아가도록 했다. 마지막으로, Window Level과 Window Width를 마우스를 이용해 조절 할 수 있도록 했다. 영상 Display 프로그램은 Matlab GUI를 이용하여 제작하였다.(Figure 4)

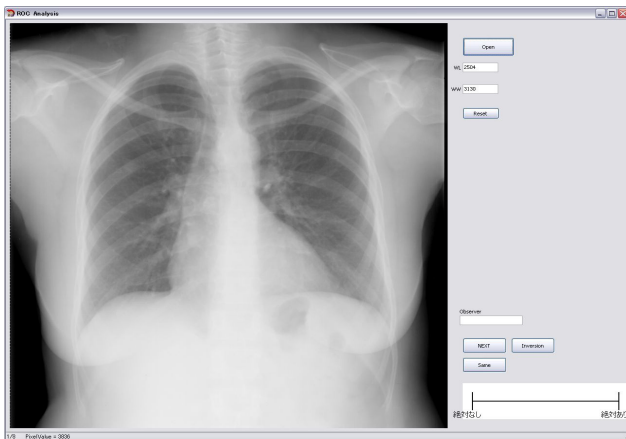


Figure 4. Example of Image display program

가. Inverse 실험의 경우

먼저 Original Image을 보고 스코어 시트를 작성한 후에야 Inverse image를 볼 수 있어야 하며 Inverse image를 보는 도중에는 언제든지 Original Image를 볼 수 있도록 작성하였다.

나. Hybrid 실험의 경우

먼저 Original Image를 보고 스코어 시트를 작성한 후에야 Hybrid image를 볼 수 있어야 하며 Hybrid image를 보는 도중에는 언제든지 Original Image를 볼 수 있도록 작성하였다.

2.ROC판독 실험 방법

(1) Score Sheet에 확신도 기록법

많은 시료(흉부단순사진)는 제작된 display program로 볼 수 있고, 각 영상에 종양상이 있는지 없는지 판단기준을 결정하여 스코어 차트에 기입하였다. 스코어는 종양이 있다고 생각 되면 회답 틀의 가운데 그려진 바의 우측 편에 표시하고 없다고 생각되면 왼쪽 편에 표시하였다. 이때 종양이 어느 정도 발견되기 쉬운가에 따라 표시를 하는 위치가 변한다. 즉 똑 같이 종양이 있다고 이해되는 경우에도 보다 명확하게 발견 되는 쪽이 오른쪽으로 더 많이 가도록 표시한다. 이것을 확신도라고 부른다(Figure 3).

가. Inverse 실험의 경우

먼저, Original Image을 판독하여 종양의 존재에 대하여 확신도를 기록한 후, Inverse image을 표시하여, 다시 한번 확신도를 기록하는 연속판독실험을 함으로써 Original Image만을 판독하였을 때의 확신도와 Original Image와 Inverse image를 함께 보았을 때의 확신도를 얻었다.

나. Hybrid 실험의 경우

Inverse 실험과 같은 방법으로, Original Image를 먼저 판독하여 종양의 존재에 대하여 확신도를 기록한 후, Hybrid image을 표시하여, 다시 한번 확신도를 기록하는 연속판독실험을 함으로써 Original Image만을 판독하였을 때의 확신도와 Original Image와 Hybrid image를 함께 보았을 때의 확신도를 얻었다.

(2) score 측정

모든 판독실험이 끝난 뒤 스스로 표시한 확신도의 좌단으로부터 길이를 측정하고 각 시료의 스코어로 하였다. 스코어 차트의 각 회답 틀의 바의 좌단으로부터 자신이 표시한 것의 길이 mm단위로 두고 측정하고, 종양이 있는 경우와 종양이 없는 경우를 분리하여 기록했다.

(3) 판독자의 수와 판독환경

Inverse 실험의 경우 방사선사 5명과 방사선과 의사 2명 총 7명으로 하고 Hybrid 실험의 경우 경력 10년 이상의 숙련된 방사선사 2명과 방사선과 학생 3명 총 5명으로 하였다.

판독시간에는 제한을 두지 않고 방의 밝기는 일정하게 유지하였다. 또한, Display 프로그램에 증례를 넣고 관찰자가 사진의 조건변화나 반전사진 다음 증례로 사진을 넘기기에 익숙해지기 위한 모의실험을 5증례정도 행하였다. 그런 후 각 관찰자가 종양의 유무를 연속확신도 차트에 체크하여 본 실험을 행했다.

3. 연구 결과 및 분석

실험결과 나온 각 관찰자의 연속확신도 차트에 체크한 결과를 통해 종양의 유무 판단의 점수를 매기고 엑셀로 약간의 처리를 걸친 후 Metz가 작성한 ROCKIT프로그램을 이용하여 ROC ploat를 구하고 ROC곡선^(6),8) 및 Az를 구하여 Inverse image의 경우 얼마나 Az가 증가하였는지 평가하였다. 관찰자가 3명이상 일 경우에는 Paired-t-Test로 유의차 검정을 하였다.

점수가 증가한 증례를 찾아서 어떤 위치에 종양이 존재할 때 점수가 증가하는지 평가해 보았다.

III. 연구 결과

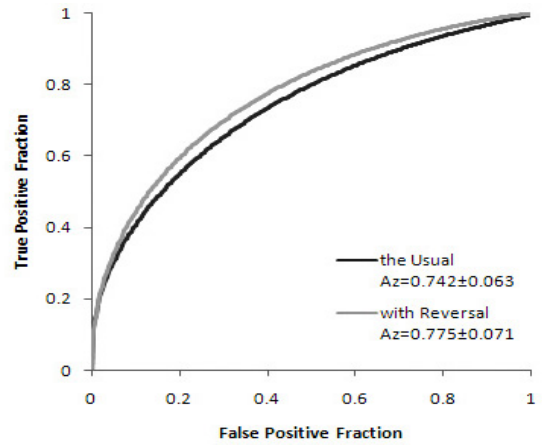
1. Inverse image의 Az와 ROC곡선

관찰자 7명 전원의 평균 ROC곡선의 Az는 original image의 0.742에서, Inverse image의 0.775까지로 통계적 유의차로 증가하였다. 방사선과의 2명의 평균 ROC곡선의 Az는 original image 0.793에서, Inverse image 0.821까지로 증가하였다. 방사선사 5명에 의한 평균 ROC곡선의 Az는 original image 0.721에서, Inverse image 0.753으로 통계적 유의차로 증가하였다(Figure 5).

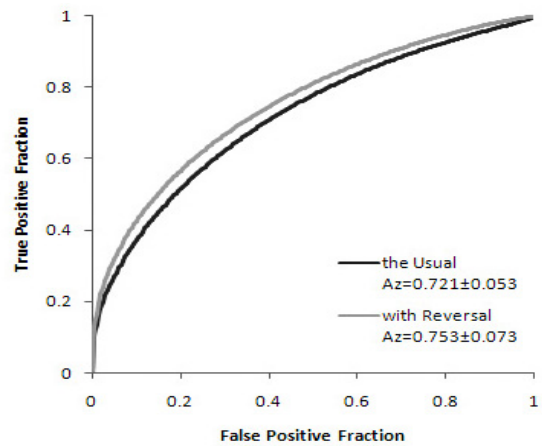
2. Hybrid image의 Az와 ROC곡선

관찰자 5명 전원의 평균 ROC곡선의 Az는 original image의 0.5253에서, Hybrid 영상의 0.4868로 감소하였다. 숙련된 방사선사 2명의 평균 ROC곡선의 Az는 original image 0.4915에서, 반전영상 0.5392까지로 증가하였다. 방사선 전공자 3명의 평균 ROC곡선의 Az는

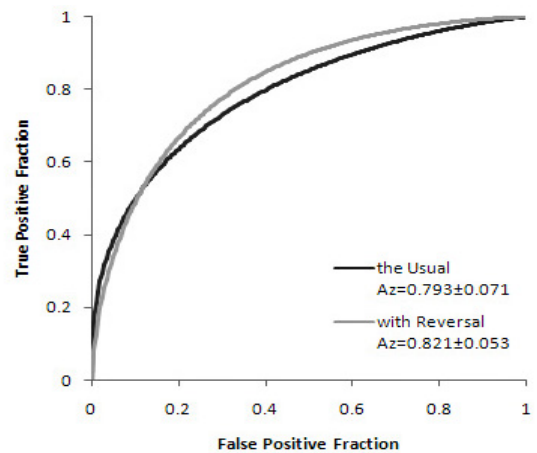
original image 0.54783에서, Hybrid image 0.4502까지로 감소하였다(Figure 8).



(a) Average ROC curve about total observer



(b) Average ROC curve about radiologists



(c) Average ROC curve about doctor of radiology

Figure 5. Az and ROC Curve of Inverse image

3. Inverse image의 영향

정상증례에 대한 Inverse image의 영향의 결과, Beneficial은 Inverse image를 판독함으로서 score가 10 이상 감소한 증례 수이고, Detrimental은 Inverse image를 판독함으로서 score가 10이상 증가한 증례 수이다. 정상영상의 경우, 관찰자에 따라, Inverse image의 영향은 제 각각이며, 평균을 내면 Beneficial과 Detrimental이 같았다(Figure 6).

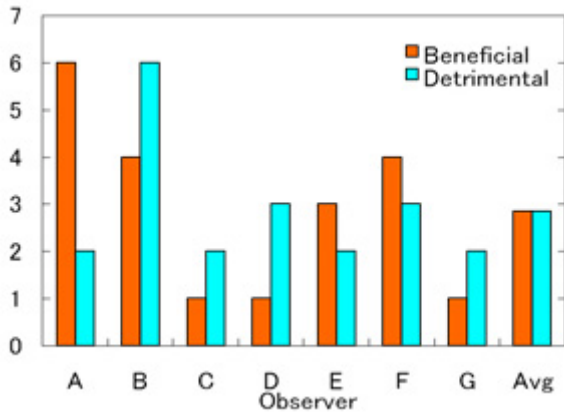


Figure 6. In normal cases, the effect of Inverse image

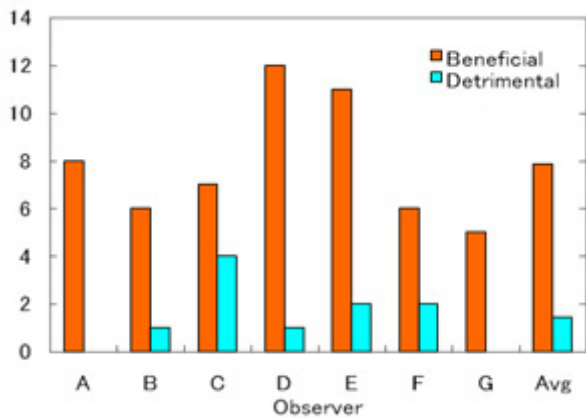
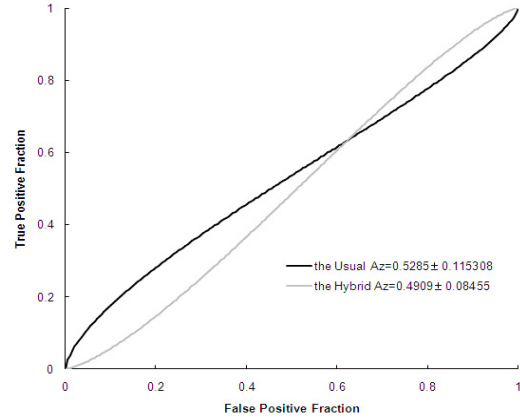


Figure 7. In abnormal cases, the effect of Inverse image

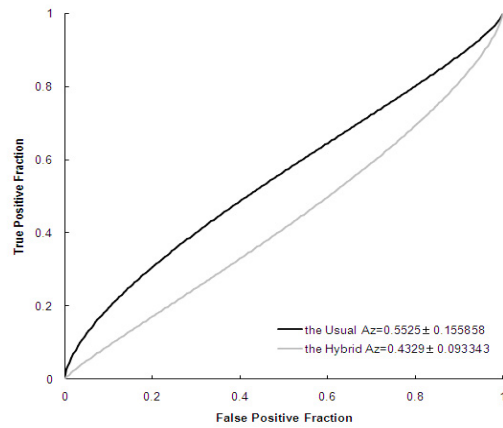
이상증례에 대한 Inverse image의 영향의 결과 Beneficial은 Inverse image를 판독함으로서 score가 10 이상 증가한 증례 수이고, Detrimental은 Inverse image를 판독함으로서 score가 10 이상 감소한 증례 수이다. 이상증례의 경우, 모든 관찰자에서 Beneficial이 높은 결과를 나타내었다(Figure 7).

4. Hybrid image의 영향

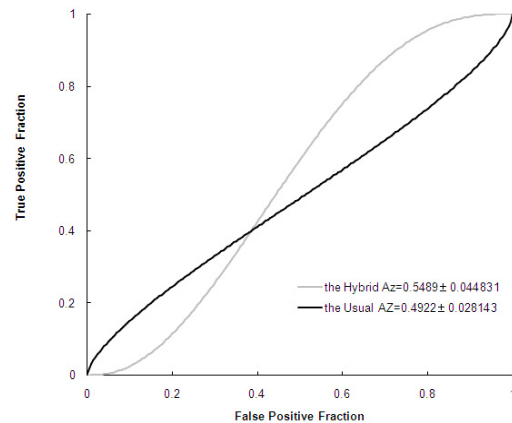
정상증례에 대한 Hybrid image의 영향의 결과,



(a) Average ROC curve about total observer



(b) Average ROC curve about students majoring in radiology science



(c) Average ROC curve about radiologists

Figure 8. Az and ROC Curve of Hybrid image

Beneficial은 Hybrid image를 판독함으로서 score가 10이상 감소한 증례 수이고, Detrimental은 Hybrid image를 판독함으로서 score가 10이상 증가한 증례 수이다. 정상증례의 경우, 관찰자에 따라, Hybrid image의 영향은 제 각각이며, 평균을 내면 Beneficial보다 Detrimental이 높았다(Figure 9).

이상증례에 대한 Hybrid image의 영향의 결과 Beneficial은 Hybrid image를 판독함으로서 score가 10 이상 증가한 증례 수이고 Detrimental은 Hybrid image를 판독함으로서 score가 10이상 감소한 증례 수이다. 이상증례의 경우, 전반적으로 Beneficial이 높은 결과를 나타내었다(Figure10).

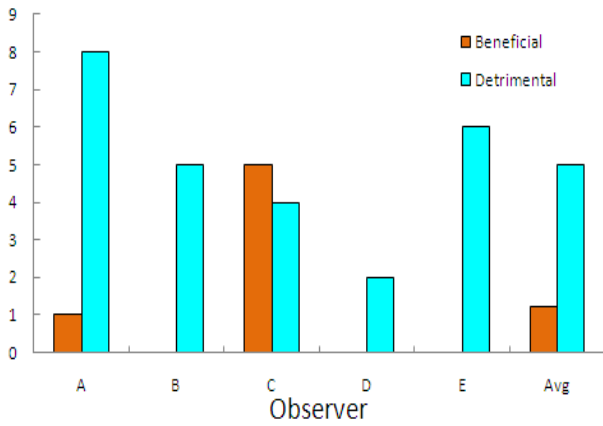


Figure 9. In normal cases, the effect of Hybrid image

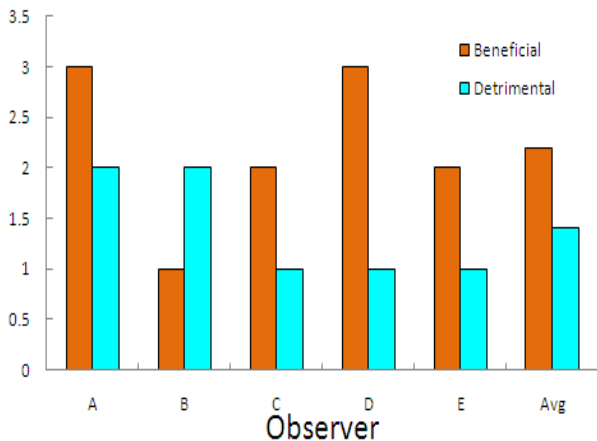


Figure 10. In abnormal cases, the effect of Hybrid image

결과적으로 종양 검출에 대해 Inverse image를 이용한 경우가, 이용하지 않은 경우 보다 ROC곡선의 Az가 컸다. 정상증례는 Detrimental과 Beneficial의 영향이 같았다. 이상증례는 모두 Detrimental보다 Beneficial의 영향이 컸다.

종양 검출에 대해 Hybrid image를 이용한 경우가, 이용하지 않은 경우 보다 숙련된 방사선사가 관찰자인 경우에서 ROC곡선의 Az가 컸다. 하지만, 비전문가 즉 방사선과 학생이 관찰자인 경우에는 ROC곡선의 Az가 작았고 평균적으로도 작았다.

IV. 고찰

Inverse image의 경우 관찰자 전원에 대하여 Beneficial 결과는 정상증례 1개 이상증례 8개, 합계 9개이고, Detrimental결과는 정상증례 1개, 이상증례 0개, 합계 1개였다.

이 결과를 통하여 이상증례에서 Beneficial결과가 뛰어난다는 것을 알 수 있었다. 또한 이상증례에서 Beneficial결과가 뛰어난 증례는 8증례 중에 7증례 88%이고, 앞의 갈비뼈와 뒤의 갈비뼈가 겹쳐서 나타나는 부분에 있어서 종양그림자가(뼈가 겹친 부분은 original image에서 매우 희게 나타난다.)선명하게 나타났다(Figure 11).

많은 그림자가 더해진 것처럼 보이는 부분에 있는 종양을 나타내는데 특히 반전영상이 좋은 결과를 낸다는 것을 알 수 있었다.

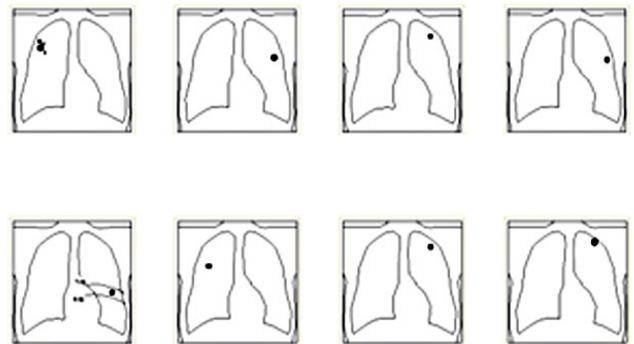


Figure 11. In abnormal cases, 8 cases which has high score at Beneficial

IV. 결론

본 연구는 디지털 X-선 흉부방사선 촬영 후 Inverse filter와 Hybrid filter를 post processing 과정에 적용하여 진단능 향상 정도와 유용성을 평가한 연구이다.

흉부단순영상에서 종양의 검출능력에 관하여 ROC평가를 한 결과 Inverse Image는 검출능이 향상되었음을 확인할 수 있었다. 그러나 Hybrid 처리한 영상에 있어서는 전문가 집단의 평가에서는 검출능의 향상을 확인할 수 있었으나 비전문가 집단의 평가에서는 유의한 차이를 확인할 수 없었다. 결과적으로 Inverse filter와 Hybrid filter는 종양의 검출능력의 향상에 기여할 수 있는 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Jungmin Kim et al., "Medical Imaging Information", Shinkwang, Ed 1.0, 2005.
2. J. V. Forrest and P. J. Friedman: Radiologic errors in patients with lung cancer, West J. Med. 134:485-490, 1981
3. Jiang Y, Nishikawa RM, Schmidt RA, Metz CE: Comparison of independent double readings and computer-aided diagnosis (CAD) for the diagnosis of breast calcifications, Acad Radiol. Jan;13(1):84-94, 2006
4. Bendik E, Noël PB, Münzel D, Fingerle AA, Henninger M, Markus C: Evaluation of a method for improving the detection of hepatocellular carcinoma, Eur Radiol. 2013 Sep
5. J. Shiraishi, S. Katsuragawa, J. Ikezoe, T. Matsumoto, T. Kobayashi, K. Komatsu, : Development of a digital image database for chest radiographs with and without a lung nodule Receiver opescore characteristic analysis of radiologists' detection of pulmonary nodules, AJR 174 (1) : 71-74, 2000
6. Korean Society of Radiological Science/Institute of Health Science, Korea University, Proceedings of Radiologic Science Symposium: Great Challenge in Imaging Science, 2009.
7. J.najeer ahamed, V.rajamani: "design of hybrid filter for denoising image using fuzzy network and edge detecting", eurojournals publishing(2009), 10(2009)
8. Charles e.metz, Benjamin A. herman, Jong-her shen: "Maximum likelihood estimation of receiver operating characteristic(roc) curves from continuously-distrivuted data", statistics in medicine(1998), 21(1998)

•Abstract

Evaluation of Cancer Detection Efficiency by Means of Hybrid and Inverse Filter in Chest Radiography

Youn-Young Kim · Tae-Young Kim · Hyun-Ji Kim · Min-Seock Park · Jung-Min Kim

Radiological Science, Korea university

¹⁾*Radiation Safety and Section, Korea Institute of Radiological & Medical Sciences*

The purpose of this study is to evaluate usefulness of Hybrid image and Inverse image about detection of tumor shadow in chest radiography using ROC analysis.

Original images of 60 cases are selected from Standards digital image date base issued by the Japanese Society of Radiological Technology. Through computer language of C, Inverse images of 60 cases and Hybrid image of 30 cases are made. The continues reading experiment was conducted.

In the case of inverse image were observed by 5 radiographer and 2 radiologist. In the case of

In case of Hybrid image were observed by 3 student radiographer and 2 experienced radiographer. ROC curve are constructed using ROCKIT Program made by Metz.

In Inverse image, a Az of average ROC curve was increases from 0.742 of original image to 0.775 of inverse image. In normal cases, the effect of the detrimental is same to that of the beneficial, however In abnormal cases, the beneficial effect is greater than detrimental effect. However in Hybrid image, a Az of average ROC curve was decreases from 0.5253 of original image to 0.4868 of Hybrid image. In Normal cases, the effect of the detrimental is greater than that of the Beneficial, however In abnormal cases, the Beneficial effect is greater than detrimental effect.

The inverse image can be more positively considered for the detecting of tumor than the hybrid image.

Key Words : ROC curve, Hybrid Filter, Inverse Filter