

간신티그래피에서 Digital Image와 Analogue Image 판독의 비교

서울대학교 의과대학 내과학교실

최 윤 호 · 이 범 우 · 문 대 혁
정 준 기 · 이 명 철 · 고 창 순

동국대학교 의과대학 내과학교실

박 석 건

서울중앙병원 핵의학과

이 명 혜

= Abstract =

Comparison of Interpretations between Digital Image and Analogue Image in Liver Scintigraphy

Yoon Ho Choi, M.D., Bum Woo Lee, M.D., Dae Hyuk Moon, M.D.

June-Key Chung, M.D., Myung Chul Lee, M.D. and Chang-Soon Koh, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

Seokgun Park, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Dongkuk University, Seoul, Korea

Myung Hae Lee, M.D.

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

The authors studied to evaluate the difference of the diagnostic performance between reading from digital image on the video CRT of PACS (Picture Archiving and Communication System) and from analogue image of conventional film mode. We compared interpretative accuracy of above two reading modes by having two observers read a series of liver scintigrams. Images were read once from film and a second time from video CRT of elementary PACS. The concordance rate of interpretation of the two modes was in the range from 61.0% to 93.2%. The diagnostic accuracies of digital image reading and analogue image reading were 72.9% and 74.6% respectively in one observer, and 72.9% and 76.3% in another one. No significant difference in interpretative accuracy could be found between two modes of reading.

서 론

최근 과학기술의 발달과 함께 의학 분야에서는 진단적 영상 기술이 눈부신 발전을 거듭하고 있다. 특히 컴퓨터

를 이용한 영상의학의 발달은 CT, NMR, SPECT, PET 등 digital image 분야의 지속적인 성장을 예고하고 있다^{1,2)}.

핵의학 분야에서 이용되고 있는 신티그래피는 쉽게 digital image로 바꿀수 있으며 이런 digital image는

analogue image보다 여러가지 장점이 있는데, 특히 컴퓨터를 이용하므로 image의 다양한 조작이 가능하고 원거리로 손쉽게 전송할 수 있는 특징이 있다^{3,4)}. 이러한 기능을 갖춘 시스템이 PACS (Picture Archiving and Communication System)이다.

그러나 PACS로 보는 digital image는 기존의 film 판독과 달리 비디오 모니터로 image를 보는 것이므로 해상력이 낮아 판독의 정확도가 낮다고 보고되고^{6,7)} 있으며, 이제는 기술의 발달과 digital image의 계속적인 필요성으로 인해 그같은 문제를 극복하기 위한 노력이 필요한 시점이다.

이에 저자들은 PACS의 서울대학교병원 핵의학과내 실용화에 앞서 그 임상적 유용성을 알아보고자 간스캔의 기존 analogue image (film mode)와 PACS를 이용한 digital image (video mode)를 판독하여 그 결과를 비교 분석하였다.

대상 및 방법

1. 대상

1988년 11월 2일부터 12월 7일 사이에 서울대학교병원 핵의학과에서 간스캔을 시행한 환자중 59예의 간스캔 필름을 임의로 선택하였다. 대상이된 간스캔은 남자가 43예, 여자가 16예였으며 연령 분포는 22세부터 80세까지로 평균 연령은 48세이다. 간스캔 시행후 이들이 받은

판독결과는 정상 간스캔 소견이 15예, 간내공간 점유병변(Space Occupying Lesion; SOL) 소견이 16예, 세망내피기관 기능부전(RES dysfunction) 소견이 17예, 만성간질화 소견이 7예, 미만성 침윤성 간질화 소견이 4예이다. 상기 간스캔 판독은 2~3인의 임상사와 핵의학 전문가가 환자를 직접 진찰하고 병록을 참조하여 환자에 대한 충분한 임상 정보를 참고한 후 간스캔을 판독한 결과로 이 원판독을 비교의 기준으로 삼았다.

2. 방법

1) 판독

간스캔 59예를 모아 두명의 핵의학 전문가가 각각 처음에는 기존의 analogue image (film mode)로 판독하고 동일한 간스캔을 일주일 후 다시 digital image (video mode)로 판독하였으며 판독시 환자의 나이와 성별은 알려 주었고 그 이외의 환자에 대한 임상 정보는 전혀 알 수 없도록 하였다.

판독 결과를 비교하기 위하여 analogue image와 digital image판독시 각각 동일한 양식의 항목별 판독 방식을 취하였다. 판독 항목은 간 크기, 간의 방사능 섭취정도, 비장 크기, 간의 SOL유무, 비장의 방사능 섭취정도, 골수의 방사능 섭취정도, 간스캔상 인상(impression) 등 7가지이며 간 크기 항목과 간의 SOL유무 항목은 간을 좌엽, 우엽으로 각각 따로 나누어 시행하였다.

analogue image의 판독은 일반적인 방법과 마찬가지로

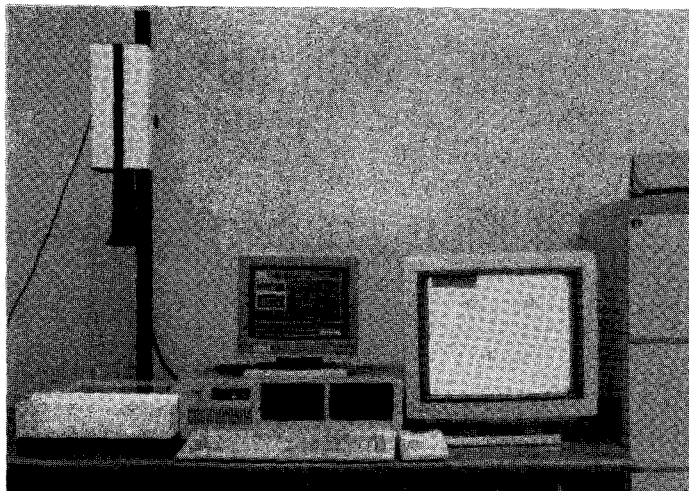


Fig. 1. Elementary PACS consists of a video camera, a personal computer and a high resolution video monitor.

로 간스캔 필름을 light box에 놓고 보았으며 digital image는 간스캔 필름을 PACS의 비디오카메라로 촬영하여 digital image로 변환시킨 후 컴퓨터의 기억장치에 저장했다가 재생시켜 고해상도 모니터로 보고 판독하였다.

2) PACS

이번에 사용한 PACS는 가장 기본적인 구성을 갖춘 elementary PACS로 비디오 카메라, 컴퓨터, 모니터의 세 부분으로 이루어져 있다(Fig. 1). 비디오 카메라는 일반 비디오 카메라보다 해상력이 4배 좋은 고감도 카메라이며 A/D 변환기(analogue-to-digital converter)를 내장하고 있어 analogue image를 digital image로 변환시켜 컴퓨터에 보내준다. 컴퓨터는 IBM PC AT 호환기종을 사용했으며 기억장치로 40MB 하드 디스크를 내장하고 있다. 모니터는 고해상도 모니터로서 격자크

기가 1280×1024로 일반 TV 모니터 보다 해상력이 4배 더 월등한 것이었다.

Fig. 2는 정상 소견의 간스캔 필름을 기존의 analogue image (A)와 PACS의 digital image (D)로 본 것이다.

3) 분석 방법

먼저 analogue image판독 결과와 digital image판독 결과가 얼마나 일치하는가 보기 위하여 2인의 판독자 A, B에 대해 각각 항목별로 판독 일치도를 구하였다. 그 다음 analogue image 판독과 digital image 판독의 정확도를 비교하기 위해 원판독을 정답이라 가정하고 상기 두 가지 판독 방법을 원판독과 비교하여 간크기, 간의 SOL유무, 비장의 방사능 섭취 정도, 간스캔상 인상(impression) 항목에 있어서 정확도(accuracy), 가양성율(false positive rate), 가음성율(false negative rate)을 구하였다.

결 과

Analogue image (film mode) 판독 결과와 digital image (video mode)판독 결과의 일치도를 판독자 A, B 각각에 대해서 구하여 Table 1에 표시하였다. 두 판독자 모두 간크기 항목의 판독결과 일치도가 61.0%에서 72.9% 범위로 가장 낮고, 간 SOL 항목의 판독결과 일치도가 91.5%에서 93.2%로 가장 높았다.

Analogue image판독 결과와 digital image판독 결

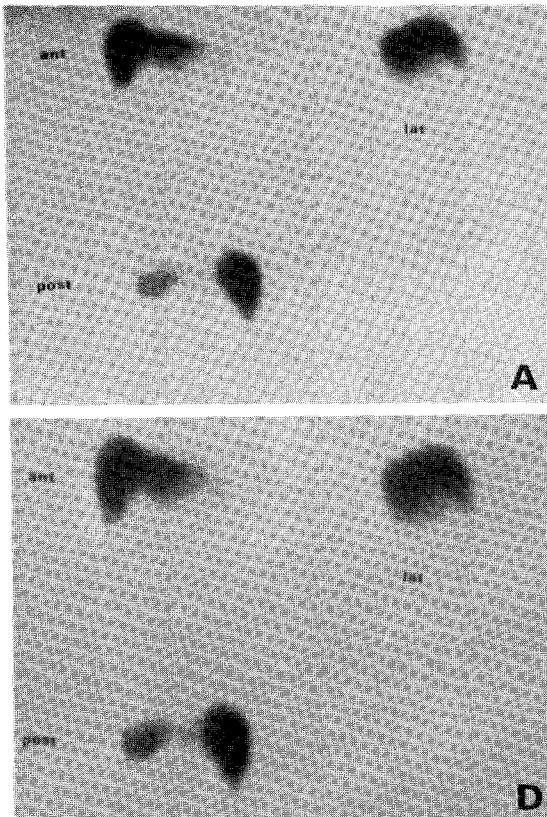


Fig. 2. Normal liver scan finding in conventional analogue image (A) and in digital image of PACS (D).

Table 1. Concordance Rate (%) of Liver Scan Interpretation Between Digital and Analog Image

	A	B
Liver size		
Rt. lobe	69.5	61.0
Lt. lobe	74.6	72.9
Liver uptake	79.7	81.4
Spleen size	86.4	88.1
Liver SOL		
Rt. lobe	93.2	91.5
Lt. lobe	93.2	93.2
Spleen uptake	89.8	78.0
BM uptake	91.5	84.7
Impression	79.7	67.8

A : Interpreter A,

B : Interpreter B

Table 2. Comparison of Liver Size Evaluation in Digital Image and in Analog Image

	A		B	
	Digital	Analog	Digital	Analog
Accuracy	11/17	13/17	11/17	12/17
False +	2/42	3/42	0/42	2/42
False -	6/17	4/17	6/17	5/17

False + : false positive rate
False - : False negative rate

Table 3. Comparison of Liver SOL Evaluation in Digital Image and in Analog Image

	A		B	
	Digital	Analog	Digital	Analog
Accuracy	13/16	15/16	11/16	13/16
False +	1/43	1/43	1/43	1/43
False -	3/16	1/16	5/16	3/16

Table 4. Comparison of Spleen Uptake Evaluation in Digital Image and in Analog Image

	A		B	
	Digital	Analog	Digital	Analog
Accuracy	21/25	21/25	19/25	21/25
False +	4/34	2/34	4/34	4/34
False -	4/25	4/25	6/25	4/25

과를 원판독과 비교하여 각각의 정확도와 가양성을 가음성을 구하였다. 간크기, 간 SOL유무, 비장 방사능 섭취 항목의 정확도, 가양성을, 가음성을 각각 Table 2, 3, 4에 표시하였다. 정확도는 digital image판독 결과가 간크기 항목에서 11/17 (64.7%)로 최저이고 비장 방사능 섭취 항목에서 21/25 (84.0%)로 최고였다. Analogue image판독 결과의 정확도는 간크기 항목에서 12/17 (70.6%)로 최저이고 간 SOL 항목에서 15/16 (93.8%)로 최고였다. 수치상으로는 analogue image의 판독 정확도가 더 높게 나왔지만 각 항목 별로 두 가지 방법의 판독 정확도를 비교했을 때 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

간스캔상 인상 항목의 정확도는 Table 5와 Fig. 3에 표시하였다. 판독자 A에 있어서 impression 항목의 판독

Table 5. Accuracy of Liver Scan Interpretation of Digital Image and Analog Image

	A		B	
	Digital	Analog	Digital	Analog
Accuracy (%)	43/59 72.9	44/59 74.6	43/59 72.9	45/59 76.3

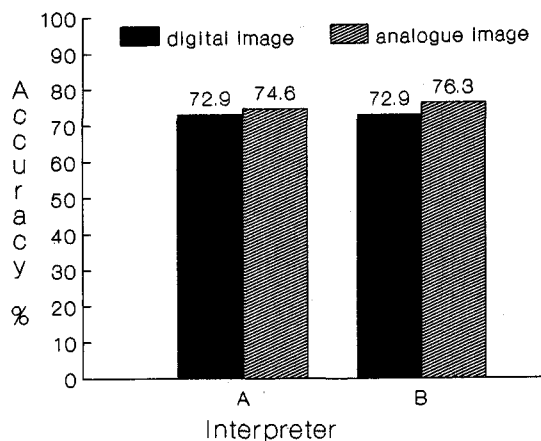


Fig. 3. Comparison of accuracies of liver scan interpretation in digital image and in analogue image (A; interpreter A, B; interpreter B).

정확도는 digital image판독시 72.9% (43/59), analogue image판독시 74.6% (44/59)로 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 판독자 B도 digital image가 72.9% (43/59), analogue image는 76.3% (45/59)로 상기 두가지 판독 방법 사이의 판독 결과 정확도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

고 안

PACS는 컴퓨터등을 이용하여 digital image를 기록, 저장, 편집할 수 있으며 원거리로 영상을 전송하여 상호 정보 교환을 할 수 있는 시스템이다. PACS를 이용함으로써 얻을 수 있는 가장 큰 장점은 첫째, 필름을 복사하여 운반할 필요가 없이 전화선이나 인공위성등을 이용하여 원거리로 신속한 영상 전송이 가능하여 비용이 절감되고 또한 응급시나 당직시에 다른 장소에 있는 핵의학 전문가가 전송된 영상을 보고 신속히 진단을 내려

주거나 필요한 조언을 해 줄수 있어 핵의학 담당의사와 의뢰의사 모두에게 높은 만족도를 줄 수 있다⁵⁾. 둘째, 컴퓨터를 이용하므로 많은 양의 image도 쉽게 조작하여 편집하고 저장할 수 있으며 필요시 간편하게 재생시켜 다시 볼 수 있다.

PACS의 단점은 digital image의 질 (quality) 또는 해상도가 문제될 수 있고 컴퓨터 및 고해상도 모니터, 대용량 기억장치등 고가의 첨단 장비가 필요하므로 설치가 많이 든다는 점이다.

Analogue image (film mode) 판독결과와 digital image (video mode) 판독 결과의 일치도를 보면 간크기 항목과 간스캔상 인상(impression) 항목의 일치도가 80% 미만으로 비교적 낮게 나왔다. 간크기 항목의 경우는 간스캔 image를 비디오 모니터로 재생시킬 때 image가 film mode (analogue image) 보다 확대되었는데 평상시 보던 것보다 확대된 Image에 판독자들에게 익숙치 않았기 때문에 판독 일치도가 낮게 나왔을 것으로 생각된다. 이것은 digital image와 analogue image 모두 간크기 항목에서 판독 정확도가 가장 낮게 나왔다는 사실로 일부 설명이 가능할 것이다.

간스캔상 인상 항목의 경우는 판독시 환자에 대한 임상정보를 주지 않았으며, 판독후 impression으로 정상, 간 SOL, 만성간질환, 미만성 침윤성 간질환, 세망내피 기관 기능부전등 5가지중 하나를 선택하도록 하였기 때문에, 오랜 경험과 간스캔 판독시 판독자 나름의 확고한 진단기준이 있지 않으면 같은 film의 재판독시 조금씩 다른 결론을 내릴 가능성이 있었을 것이다.

판독 결과의 정확도를 구했을때 역시 간크기 항목이 가장 낮은 정확도를 나타내었는데 이는 두 가지 방법의 판독 결과 일치도가 간크기 항목에서 가장 낮게 나온 것과 같은 맥락에서 설명 할 수 있을 것이다. 간스캔상 인상 항목의 정확도는 판독자 A, B의 평균이 analogue image에서는 75.5%이고, digital image는 72.9%로 통계적으로 차이가 없이 비슷한 정확도를 나타내었다.

Curtis등은 teleradiology system을 이용한 field trial에서 판독의 정확성이 film mode가 video mode보다 더 높다고 보고 하였다⁶⁾. Gayler등은 역시 teleradiology system을 이용한 연구에서 film mode 판독과 video mode 판독을 비교하였는바, 해부학적 부위에

따라 흉부, 복부, 골격부는 film mode가 더 정확했으며 두개골부위와 사지부의 판독에서는 정확도의 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 film mode와 video mode 판독의 차이는 판독 대상물의 난이도가 증가할 수록 커진다고 하였다⁷⁾.

한편 Wiener등은 ²⁰¹Tl 심근 관류 스캔에서 analogue image보다 컴퓨터를 이용해 만든 digital image 판독시 더 좋은 관찰자 성취도를 보고하였으며⁸⁾, Keyes등은 갑상선 스캔에서 film mode와 video mode 판독이 ROC (receiver operating characteristic) 분석상 차이가 없었다고 하였다⁹⁾.

일반적으로 말하면 film mode의 analogue image를 video mode (digital image)로 보면 카메라와 모니터의 해상력 한계로 image의 질이 저하될 것이다. 이것은 X선 사진을 대상으로한 teleradiology system의 연구에서 앞서 말한 저자들이 보고한 바와 같이 쉽게 알 수 있는 사실이다.

그러나 film mode 판독 결과와 video mode 판독 결과가 차이가 없다면 film mode의 analogue image는 사람이 눈으로 보면서 판독시 필요 이상의 해상도를 가졌다고 말할 수 있을 것이다. 즉 analogue image를 digital image로 변화시킬 때 미세한 변화가 있겠지만 이것을 판독자의 눈으로는 인식할 수 없고 따라서 판독 결과 및 진단에 차이를 보이지 않는다고 하겠다.

이번 저자들의 연구에서 digital image 판독 결과와 analogue image 판독 결과가 차이가 없는 것은 일반 X선 사진 보다 비교적 단순한 영상을 보이는 스캔 사진을 대상으로 하였기 때문으로 생각되며 향후 핵의학과내 PACS의 실용화에 밝은 전망을 주는 것이라 하겠다.

영상 의학에서 digital image의 증가와 컴퓨터 및 PACS의 이용이 가져다 줄 많은 이득으로 인해 video mode 판독은 핵의학을 비롯한 모든 영상 의학 전문가들의 당면 과제이며 이의 해결과 PACS의 실용화를 위해 기술의 발달과 더 많은 임상적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

저자들은 PACS의 실용화에 앞서 PACS를 이용한 digital image (video mode) 판독과 analogue image (film mode) 판독의 차이를 알아 보기 위하여 간스캔 59

예를 두명의 판독자가 상기 두가지 방법으로 판독하여 일치도와 정확도, 가양성율 등을 살펴 보았다.

Video mode와 film mode판독 결과의 일치도는 최저 61.0%에서 최고 93.2%범위였으며, 간크기 항목 판독시 가장 낮은 일치도를 보였고 간 SOL항목 판독시 가장 높은 일치도를 보였다.

간크기, 간 SOL, 비장 방사능 섭취 항목에서 판독의 정확도와 가양성율은 상기 두가지 방법의 판독에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

간스캔상 인상의 정확도는 판독자 A에서 video mode와 film mode가 각각 72.9%, 74.6%, 판독자 B에서 각각 72.9%, 76.3%로 두 사람 모두 두가지 판독 방법 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

REFERENCES

- 1) Keyes JW, KLine RC, Resinger WW, Rose EA, Koral KF, Rogers WL: *Comparison of observer performance reading from a video CRT vs reading from film. Invest Radiol* 18:298, 1983
- 2) Noz ME, Erdman WA, Maguire GQ, et al: *Modus Operandi for a Picture Archiving and Communication System. Radiology* 152:221, 1984
- 3) **Taaffe J:** *Digital image archive: Using statistical-caching techniques. Applied Radiology* 1988;Jan:39
- 4) Handmaker H, Bennington JL, Lloyd RW, Caspe RA: *Medical image tele-communication. In: Nuclear Medicine Annual, edited by Freeman LM and Weissmann HS, pp 227-245. Raven Press, New York, 1986*
- 5) Orlin JA, Tal I, Parker JA, et al: *Evaluation of routine telephone transmission of nuclear medicine studies. Clin Nucl Med* 14:22, 1988
- 6) Curtis DJ, Gayler BW, Gitlin JN, Harrington MB: *Teleradiology: result of a field trial. Radiology* 149:415, 1983
- 7) Gayler BW, Gitlin JN, Rappaport W, et al: *Teleradiology: an evaluation of a microcomputer-based system. Radiology* 140:355, 1981
- 8) Wiener SN, Flynn MJ, Edelstein J: *Observer performance with computer-generated images of 201Tl-CI myocardial perfusion. Radiology* 136:181, 1980
- 9) Parker JA, Royal HD, Uren RF, et al: *An all-digital nuclear medicine department. Radiology* 147:237, 1983
- 10) Jelaso DV, southworth G, Purcell LH: *Telephone transmission of radiographic images. Radiology* 127:147, 1978
- 11) McKillop JH, Murray RG, et al: *A comparison of visual and semiquantitative analysis of stress Tl-201 myocardial images in patients with suspected ischemic heart disease. radiology* 136:187, 1980
- 12) Lufkin RB, Wong WS, et al: *Low-cost digital teleradiology systems. AJR* 140:377, 1983
- 13) Page G, Gregoire A, et al: *Teleradiology in northern Quebec. Radiology* 140:361, 1981