

원격의료진단(TELEACE) 시스템 : 시험운용결과

경북대학교 의과대학 진단방사선과학교실

이종민 · 김기범 · 성영순 · 서경진 · 강덕식

— Abstract —

Teleradiology (TELEACE) System: Results of a Field Trial

Jong Min Lee, M.D., Gi Bum Kim, M.D., Yeung Soon Seong, M.D.,
Kyung Jin Suh, M.D., Duk Sik Kang, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Kyung-Pook National University

We report the results of field operation of TELEACE system between Kyung-Pook National University Hospital and U1-Jin Goon Health Care Medical Center from December, 1990 to September, 1991, which had been operated as a kind of Integrated Services Digital Network projects by KOREA TELECOMMUNICATION Inc. U1-Jin Goon Health Care Medical Center transmitted 414 plain radiographs to our hospital in speed of 9600BPS. Each image was composed of 1024X1024 pixelsX8 bits/pixel. In our hospital, the image files were displayed on high resolution monitor (1280X1024 pixels). Text files of image interpretations were transmitted to the health care medical center. The two radiologists who had interpreted the transmitted images, went to the health care medical center and read radiographic films with blind test method. We obtained the following results: false negative rate of 6.3%, false positive rate of 2.4%, mean sensitivity of 81.4%, mean specificity of 96.3%, and mean accuracy of 91.3%. In predictive value of 0.05, there was no significant difference between results of these two types of radiographs. In conclusion, TELEACE system was valuable to the clinicians isolated from services of radiologists.

Index Words: Computers

Radiography, digital

Radiography, technology

Radiography, comparative studies

서 론

최근 컴퓨터를 이용한 영상의학의 발달에 의해 digital화된 화상(Image)을 얻을 수 있게 되었는데 이런 화상은 다양한 편집 및 저장이 가능하고 원거리로 전송할 수 있는 특징이 있다(1). 이러한 기능을 갖춘 시스템을 PACS (Picture Archiving and Communication System) 또는 Teleradiology System이라 한다. 그러나 이러한

화상은 Monitor로 보는 것이므로 필름화상보다 해상도가 낮아 판독의 정확도가 낮다고 보고되고 있다(1, 2). 따라서 저자들은 (주)한국통신이 추진해온 종합정보통신망(Integrated Services Digital Network, ISDN) 시범사업의 일환으로, 1990년 10월부터 1991년 9월까지 울진군 보건 의료원과 본원간에 공중전화망(Public Switched Telephone Network, PSTN)을 통해 시험적으로 시행된 원격의료진단시스템인 TELEACE 시스템(Medison, Seoul, Korea)의 결과를 비교, 분석하여 그

이 논문은 1992년 9월 15일 접수하여 1992년 12월 15일에 채택되었음.

결과를 보고자 한다.

대상 및 방법

울진군 보건 의료원을 내원한 환자 414명의 방사선사진을 1024 pixels/line×1024 lines×8 bits/pixel의 Video Digitizer(MTI, New York, USA)로 Personal Computer(Acer, Taipei, Taiwan)에 입력 후 40~50% 정도의 압축파일(Compressed File)로 만들어 Modem(Modulation-Demodulation)장치(ATNT, New York, USA)를 통해 공중전화망으로 본원에 전송하였다. 이때 전송 속도는 정보(Data)의 유실을 방지하기 위해서 9600BPS(bits/second)로 설정하였고 그 결과 화상 1장당 약 5~7분의 시간이 소요되었다. 본원에서는 이 정보를 Modem장치(ATNT, New York, USA)를 통해 받은 후 Decompression과정을 거쳐 고해상도 1280 pixels/line×1024 lines의 모니터(Sampo, Taipei, Taiwan)로 출력해 판독하였고 그 판독 내용을 다시 압축파일 형태로 울진군 보건 의료원에 전송하였다(Fig. 1).

그후, 전송된 화상을 판독하였던 동일인들인 진단방사선과 전문의 1명과 전공의 1명이 울진군 보건 의료원에서 전송되었던 실제 사진을 맹검법으로 재판독하여 전송된 판독결과와 비교, 분석 하였다.

결 과

총 414례중 상부위장관조영술(UGI Series)이 337예(81.4%)로 가장 많았고 단순흉부촬영(Plain Chest Radiograph)이 22예(5.3%), 단순 경추 및 요추촬영(Plain Cervical or Lumbar Spine Radiograph)이 18예(4.3%), 그외 신우조영술(IVP), 단순부비동촬영(PNS Series), 단순사지촬영(Plain Extremity Radiograph)등이 37(8.9%)예였다. 실제 판독후 비교한 결과,

Table 1. 각 부위별 위음성율과 위양성율

	True	False (-)	False (+)	Total
UGI Series	313 (92.9%)	21 (6.2%)	3 (0.9%)	337
Chest PA	20 (90.9%)	1 (4.5%)	1 (4.5%)	22
Spine	13 (72.2%)	1 (5.6%)	4 (22.2%)	18
Miscellany	32 (86.5%)	3 (8.1%)	2 (5.4%)	37
Overall	378 (91.3%)	26 (6.3%)	10 (2.4%)	414

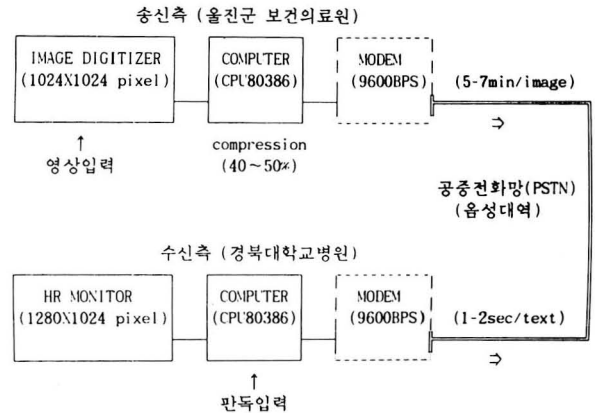


Fig. 1. 시스템 구성도

동일한 판독결과가 나온 경우가 378예(91.3%)였고 위음성(False Negative)이 26예(6.3%), 위양성(False Positive)이 10예(2.4%)였다(Table 1). 이중 위음성율이 가장 높게 나타난 검사는 상부위장관조영술이었고 위양성율이 높았던 검사는 단순척추촬영이었다.(Fig. 2-4) 또한 전체적으로 민감도(Sensitivity)는 81.4%, 특이도(Specificity)는 96.3%, 정확도(Accuracy)는 91.3%였다(Table 2). 이때 상부위장관조영술은 민감도가 낮은 반면 특이도는 높았으며 단순척추촬영은 특이도가 낮았다. 그러나 실제 사진에 대한 전송화상의 일치도 즉 정확도는 유의수준(α) 0.05에서 유의한 차이는 없었다.

고 찰

PACS 또는 TELERADIOLOGY는 컴퓨터를 이용하여 방사선학적인 영상과 판독결과를 기록, 저장, 편집할 수 있으며 원거리로 영상을 전송하여 상호 정보교환을 할 수있는 시스템이다. 이러한 시스템의 장점은 병원간 혹은 병원내 부서간 화상전송을 가능케 해줌으로써 오지의 병원에서 촬영한 방사선영상을 방사선과 전문의가 있는 병원으로 전송해 판독결과를 받거나, 응급으로 촬영한 영상을 다른 곳에 있는 전문의에게 보내 신속한 판독을 할 수

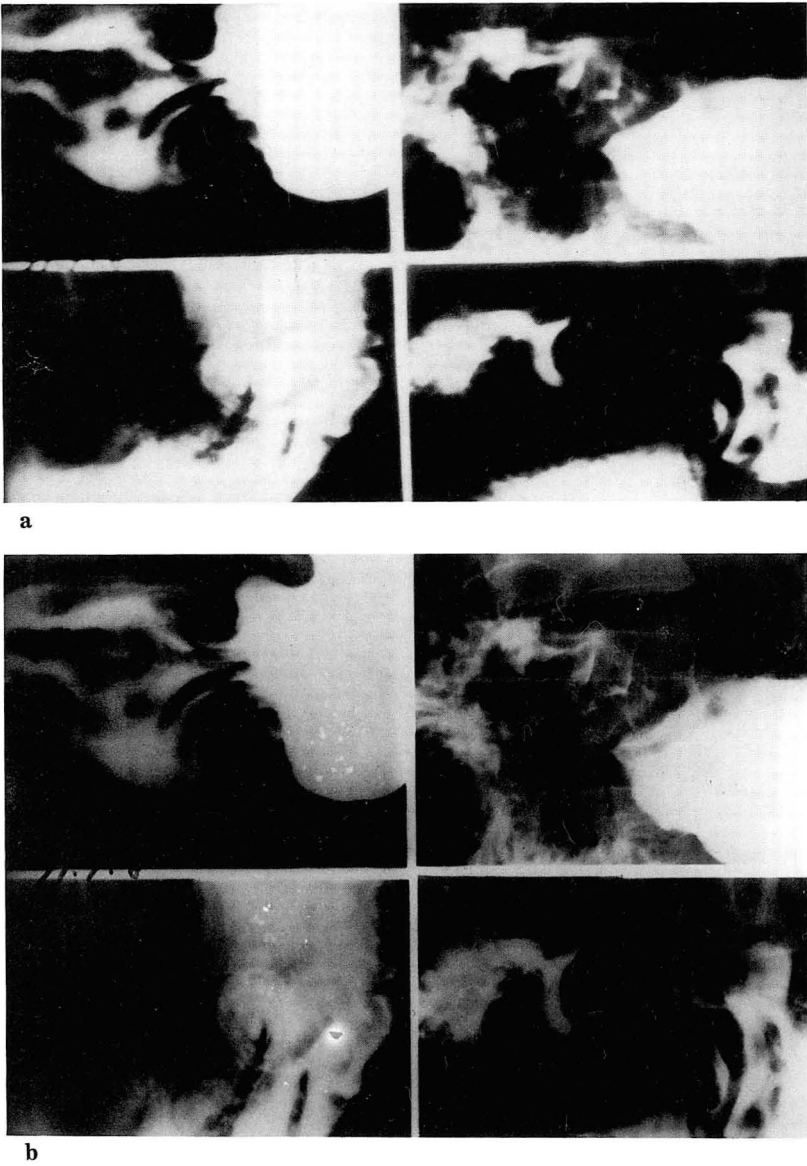


Fig. 2. 전송화상과 실제 사진의 비교 1
a. 전송되어온 위장관촬영화상 위동부(Gastric Antrum)의 점막주름들(Mucosal Folds)의 불규칙한 비후 소견이 보인다.
b. 실제 사진 상에도 동일한 정도의 소견을 관찰할 수 있다.

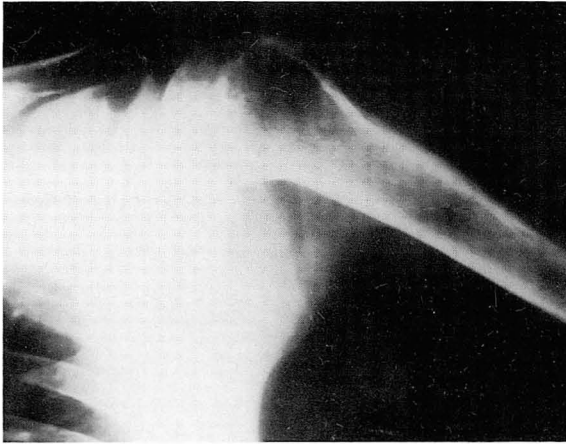
있게 해주고, 또한 컴퓨터를 이용하므로 많은 양의 화상도 쉽게 저장, 편집하고 필요시 신속히 재생시켜 다시 볼 수 있다(3, 4) 그러나 PACS의 단점은 영상의 질(Quality) 또는 해상도가 문제될 수 있고 컴퓨터 및 고해상도

모니터(High Resolution Monitor), 대용량 기억장치등 고가의 첨단 장비가 필요하므로 설치비가 많이 든다는 점이다(4).

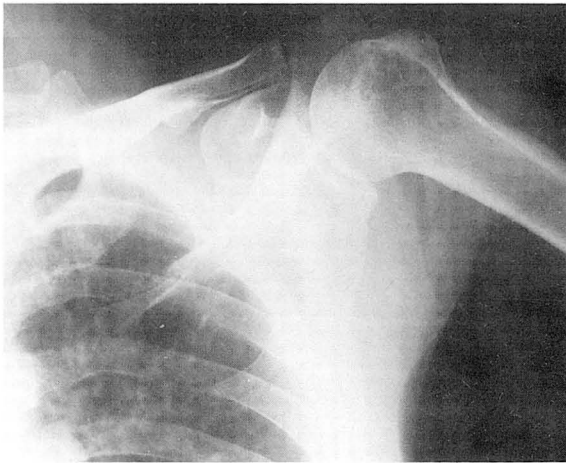
이러한 시스템의 구성은 영상입력부, 연산-저장부, 송-수신부, 영상출력부, 등으로 이루어져 있다(5). 이들 중 전송화상의 질의 유지에 중용한 역할을 하는 것은 Film Digitizing Process 즉 화상입력부라고 할수있는데(6), 초기에는 Vidicon Television Camera를 이용한 Video Signal Transmission으로 시도하였으나(3), 전자공학의 발달로 1024 pixels/line×1024 lines×8 bits/pixel의 화상을 만들 수 있는 CCD(Charge Coupled Device) Video Camera(Video Digitizer)가 개

Table 2. 각 부위별 민감도, 특이도, 정확도

	Sensitivity	Specificity	Accuracy
UGI Series	77.2%	98.8%	92.9%
Chest PA	93.8%	83.3%	90.9%
Spine	88.9%	55.6%	72.2%
Miscellany	87.0%	85.7%	86.5%
Overall	81.4%	96.3%	91.3%



a



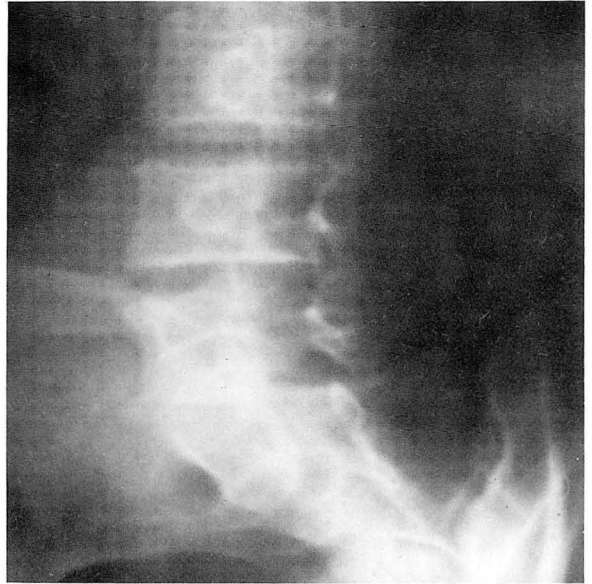
b

Fig. 3. 전송화상과 실제 사진의 비교 2

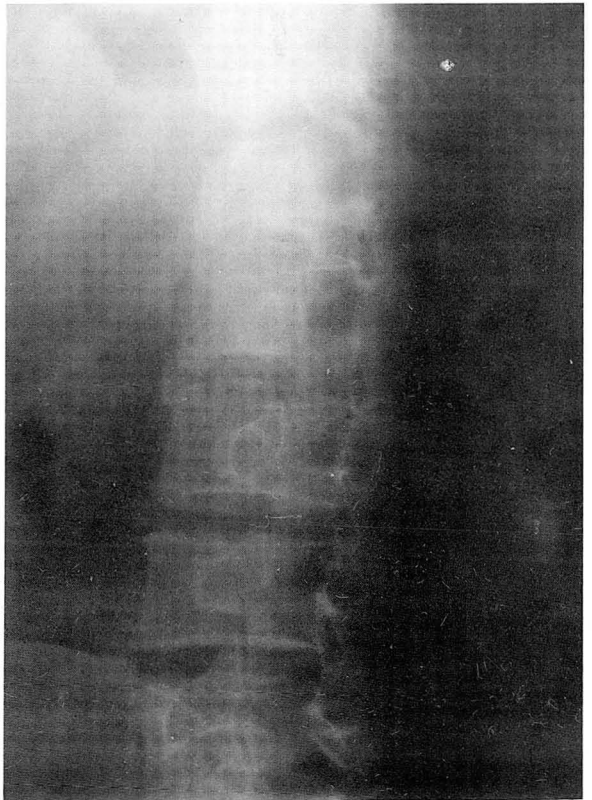
a. 단순견부촬영(Plain Shoulder Radiograph)의 전송화상, 상완골의 근위 골간단(Proximal Metaphysis)의 방사선투과성(Radiolucency)가 있다.

b. 실제 사진상 특별한 방사선투과성 병변을 찾을 수 없다.

발되었고 이어서 2048 pixels/line×2048 line×12 bits/pixel의 해상도를 가지는 Photodiode Linear-array Scanner, 그리고 4096 pixels/line×4096 lines×8 bits/pixel의 Optical Drum Scanner와 CCD Video Camera, 등이 입력장치로써 개발되어 0.2mm 이하의 해상도를 갖는 영상을 얻을 수 있게 되었다(7-9). 각 검사 (Modality)별 적정 해상도(3)와 50% 정도의 Compression Algorithm을 거쳐 9600BPS의 속도로 전송할 경우의 전송시간은 Table 3와 같다. 전송방법은 초기에는 Coaxial Cable Closed Circuit Television(10), Ultra-high Frequency Radio Links(11), Microwave



a



b

Fig. 4. 전송화상과 실제 사진의 비교 3

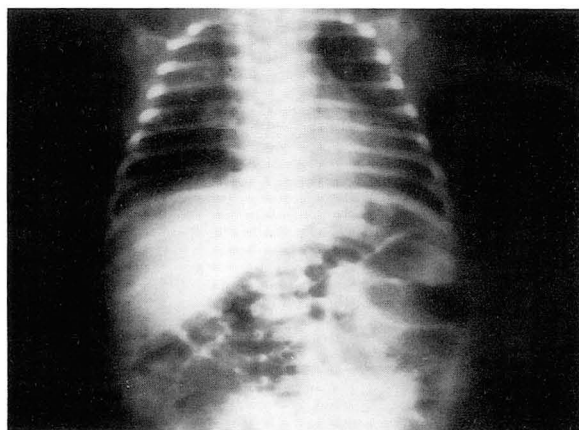
a. 단순요추촬영(Plain Lumbar Spine Radiograph)의 전송화상, 특별한 병변은 없으나 척추체의 높이가 전반적으로 낮아져 보인다.

b. 실제 사진상 정상적인 높이를 가진 요추체들이 관찰된다.

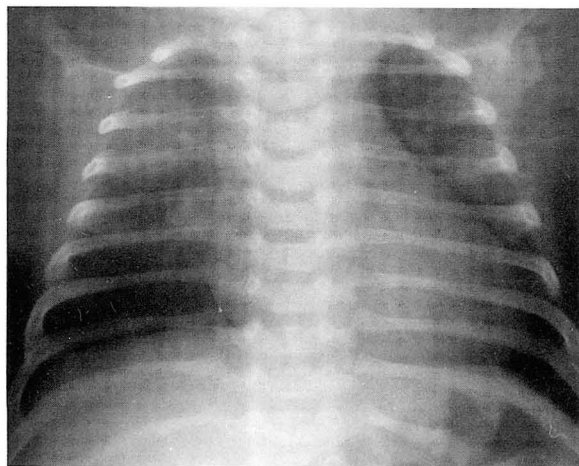
Links(12)등이 시도되었으나 화상의 질이 나쁘고 원거리 전송에는 어려움이 있어 공중전화망을 통한 음성대역 (Voice Bandwidth)에서의 압축파일 전송이 이용되었으며(13, 14), 최근에는 Copper wire, Fibroptic Link, Satellite Link, 등에 의한 종합정보통신망의 구축으로, 컴퓨터에서 출력된 digital 신호 그대로를 더 빠른 속도 (수백 Mbit/sec)로 전송할 수 있게 되었다(3, 6, 15, 16). Stewart등(2)에 의해 구성된 병원내 Network에서는 최고 111.2Mbits/sec까지 전송할 수 있었다. 또한 최근에는 Laser Film Digitizer와 Laser Film Pinter가 개발되어 Film-to film Transmission도 가능하게 되었다 (3).

저자들이 사용한 시스템은 1024 pixels/line×1024 lines×8 bits/pixel의 해상도를 갖는 Video Digitizer (MTI, New York, USA)를 통해 화상을 입력한 후 40~50% 정도의 Compression Algorithm을 거쳐 전송하는 것이었다. 그러나 종합정보통신망을 구축하기에 앞서 시험적으로 공중전화망을 이용하였으므로 화상은 Modem장치(ATNT, New York, USA)를 통해 9600 BPS(bits/sec)의 속도로 전송되었다. 그후 전송되었던 실제 사진을 맵검법으로 재판독 하였는데 이때 관찰자내 오차는 고려하지 않았다. 이때 전체적인 정확도는 91.3%, 위양성율이 2.4%, 위음성율이 6.3% 였는데, 특히 상부위장관조영술의 판독에서 위음성율이 높게 나타난 것은 판독자가 직접 시행하지 않은 영상을 판독했기 때문으로 생각된다. 또한 같은 원인으로 상부위장관조영술에 있어서 민감도(77.2%)가 평균민감도(82.0%)보다 낮고 특이도(98.8%)는 평균특이도(96.0%)보다 높게 나타난 것으로 생각된다. 단순척추촬영에서 위양성율이 높게 나온 이유는 전송화면의 가로 대 세로의 비가 실제 사진과 다른 경향이 있어 척추체(Vertebral Body)의 높이 (Height)가 실제보다 낮게 관찰되었기 때문이다(Fig. 5). 이러한 현상은 Monitor상에서 화면을 확대(Zooming)하여 측정해본 결과, 화소의 가로 대 세로의 비가 1.09 : 1로 동일하지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 그러

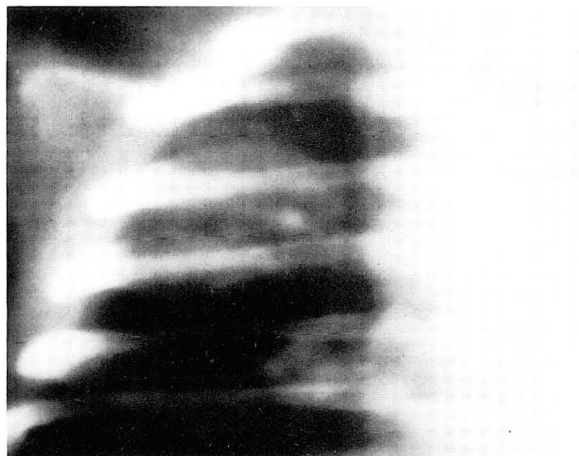
나 후향적으로 Edge Enhancement, Zooming, Contrast Control(Look Up Table Change), 등의 충분한 영상 처리를 한 후에는 단순척추촬영을 제외한 대부분의 위양성 또는 위음성의 경우에서 실제사진과 거의 동일한



a



b



c

Fig. 5. 전송화상과 실제 사진의 비교 4

a. 단순흉부촬영의 전송사진, 우상부 폐야에 고형화음영 (Consolidation)이 보인다.

b. 실제 사진상에서는 병변이 아니고 비후된 늑연골 접합부임을 알 수 있다.

c. 후향적으로 영상 처리 (Zooming, Edge enhancement, & Contrast Control)를 한 전송 화상, 비후된 늑연골 접합부의 모습이 보인다.

Table 3. Modality별 적정 해상도와 전송시간(9600BPS, 50% compression)

Modalities	Resolution	Time (min)
CT	512×512 pixels×12bits	2.7
MRI	256×256 pixels×12bits	0.7
US	512×512 pixels×6bits	1.4
Nuclear Medicine	128×128 pixels×8bits	0.1
Digital Fluorography	1024×1024 pixels×8bits	7.3
Computed Planar Image	2048×2048 pixels×10bits	36.4

소견을 볼 수 있었다.

본 조사의 전체적인 정확도는 91.3%로 저자들과 동일한 시스템으로 Gitlin(17)이 1986년에 발표한 정확도 97.3%보다는 다소 낮으나 유의수준 0.05에서 실제 사진과 전송화상간의 유의한 차이는 없었다. 512 pixels/line×512 lines×8 bits/pixel의 해상도를 가진 Video Digitizer와 9600BPS의 Modem장치를 이용한 Curtis(1) 등은 96.7%의 정확도를 주장하였으며 이때 단순흉부촬영과 단순사지촬영에서는 상대적으로 정확도가 떨어진다고 하였다. 같은 시스템으로 응급실에서의 사용결과를 조사한 Kagetsu등(18)도 정확도는 81.2%로 다소 낮으나 기흉(Pneumothorax)과 복부 석회화(Abdominal Calcification) 소견의 감지율이 낮다고 보고했으며, Gayler 등(15)은 90.6%의 정확도에서 단순 흉부 및 복부 촬영의 정확도가 떨어진다고 보고하였다. 저자들의 경우에는 증례의 수적 분포가 상부위장관조영술에 편중되어 있어 각 검사간의 비교는 적절하지 않았지만 단순척추촬영에서 정확도가 다소 떨어진 것을 볼 수 있었다. 한편 Templeton 등(6)은 1682 pixels/line×2084 lines×12 bits/pixel의 Laser Image Digitizer와 Fibroptic Links의 종합정보통신망을 이용하여 최고 1,544Mbps/sec의 속도로 압축된 화상정보를 전송하여 Laser Film Printer로 실제사진과 거의 동일한 해상도의 사진을 얻을 수 있었다. 이때의 전송속도는 0.8-2.3min/image였다.

현재 추진중인 종합정보통신망이 구축되면, 출력된 digital 신호를 Modem장치를 통해 음성대역으로 변환(Modulation)시킬 필요가 없고 망종단장치(Network Termination Equipment, NTE)를 통해 동시에 여러 가지 신호를 다중화(Multiplexing)하여 고속으로 전송할 수 있게 되므로, 해상도가 높은 영상입력장치에 의해 얻어진 질 좋은 화상을 더욱 빠른 시간내에 전송할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 전송화상의 판독시에는 Contrast Control등의 적절한 영상처리를 한 후에 정확한 판독을 하도록 노력해야 하겠다. 또한 판독결과를 수신한

측에서는 이러한 민감도와 특이도를 고려하여 진료에 임해야 하겠다. 현재까지는 전송된 화상의 질이 약간 떨어지는 경향이 있으나 시스템 자체의 개선과 판독자의 충분한 노력이 계속 이루어진다면 진단방사선과 전문의가 없는 오지(奧地)의 환자진료에 더욱 많은 도움을 줄 수 있고 그외에도 병원내에서의 영상의 전송과 관리에도 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Curtis DJ, Gayler BW, Gitlin JN, Harrington MB. Teleradiology: Results of a field trial. Radiology 1983; 149:415-418
2. Stevary BK, Lou SL, Wong WK, Huang HK. An ultrafast network for communication or radiologic images. AJR 1991; 156:835-418
3. Batnitzky S, Rosenthal SJ, Siegel EL, et al. Teleradiology: An assessment. Radiology 1990; 177:11-17
4. 최운호, 이범우, 문대혁, 등. 간신티그래피에서 Digital image와 Analogue image 판독의 비교, 대한핵의학잡지 1989; 23: 195-200
5. Huang HK, Taira RK. Infrastructure design of a picture archiving and communication system. AJR 1992; 158:743-749
6. Templeton AW, Dwyer III SJ, Rosenthal SJ, Eckard DA, Harrison SA, Cook LT. A dial-up digital teleradiology system: Technical considerations and clinical experience. AJR 1991; 157: 1331-1336
7. Jennings RJ, Bruce MC. System for the digitization, display and archiving of radiographs: design and early experience, Application of Optical Instrumentation in Medicine XIII. Proc SPIE 1985; 535:305-312
8. Giger ML. Film digitization: technical require-

- ments. In: Peppler WW, Alter A, eds. Proceedings of Chest Imaging Conference ,87. Madison, Wis: Medical Imaging, 1987; 92-100
9. Craine ER, Forbes S, Scott JS. Very high resolution fast image digitization. Medicine XIV. Proc SPIE 1986; 626:386-391
10. Steckel RJ. Daily X-ray rounds in a large teaching hospital using high-resolution closed-circuit television. Radiology 1972; 105:319-321
11. Webber MM, Wilk S, Pirruccello R, et al. Telecommunication of images in the practice of diagnostic radiology. Radiology 1973; 109:71-74
12. Andrus WS, Dreyfuss JR, Jaffer F, et al. Interpretation of roentgenograms via interactive television. Radiology 1973; 116:25-31
13. Jelaso DV, Southworth G, Purcell LH. Telephone transmission of radiographic images. Radiology 1978; 127:147-149
14. Page G, Gregoire A, Galand C, et al. Teleradiology in northern Quebec. Radiology 1981; 140:361-366
15. Gayler BW, Gitlin JN, Rappaport W, Skinner FL, Cerva J. Teleradiology: an evaluation of a microcomputer-based system. Radiology 1981; 140:355-360
16. Hac A, Mutlu HB. Synchronous optical network and broadband ISDN protocols. Computer 1990; 22:26-34
17. Gitlin JN. Teleradiology. RCNA 1986; 24:55-68
18. Kagetsu NJ, Zulauf DRP, Albow RC. Clinical trial of digital teleradiology in the practice of emergency room radiology. Radiology 1987; 165:551-554