

CT 검사에서 시간분석에 의한 필름시스템과 PACS의 비교 연구

권대철^{1*} · 홍성만² · 박범²

¹아주대학교 대학원 의용공학협동과정 / ²아주대학교 산업정보시스템공학과

Comparison of Time Analysis on the Film Based System Versus PACS in the CT Scanning

Dae Cheol Kweon¹ · Sung Man Hong² · Peom Park²

¹Interdisciplinary Course for Biomedical Engineering, Ajou University, Suwon-si, Gyungkido, 442-749

²Department of Industrial and Information Systems Engineering, Ajou University, Suwon-si, Gyungkido, 442-749

In this paper, we study to evaluate the relative time required to perform the CT scanning in the PACS versus a film-based system and helical versus non-helical studies. Time studies were performed in 175 consecutive CT scanning. Images from 85 examinations were electronically transferred to a PACS, and 90 were printed to film. The time required to obtain and electronically transfer the images or print the images to film and make the current and previous studies available to the radiologists for interpretation was recorded. The time required for a radiological technologist to complete a CT test was reduced by 43% with the PACS compared with the film-based system and nonhelical was reduced 10~20% with helical studies. This reduction was due to the elimination of a transfer and printing, such as the printing at window or level settings. The use of PACS can result in the elimination of time tasks for the radiological technologist, resulting in marked reduction in examination time. This reduction can result in decreased cost and increased productivity in PACS operation.

Keywords: PACS, CT, time study, film-based system

1. 서론

의학영상 분야에서 디지털 영상기술의 성공적인 적용은 의학영상의 전 분야에 고른 발전을 가져오고 있다. 의학영상의 연구는 디지털 영상기술인 의학영상저장전송시스템(Picture Archiving and Communication System, 이하 PACS)에서의 경제적 분석뿐만 아니라, 병원의 생산성 향상을 위한 시간연구가 중요하다.

시간연구란 작업자가 수행해야 할 과업을 결정하기 위해서 작업단위를 연구대상으로 하여 작업공정을 수행하는 표준시

간을 결정하는 연구를 말하며, F. W. Taylor가 객관적인 임금을 결정하고 태업을 방지하기 위해 연구를 실시한 데서 비롯된다. 본 연구에서는 직접 시간연구법에 의한 작업시간을 stop watch를 이용하여 초 단위로 측정하였다.

연구병원에서 시행하는 전산화단층촬영(Computed Tomography, 이하 CT)의 디지털영상은 컴퓨터에 저장하여 압축, 보관, 재현, 변형을 하여 원하는 영상을 자유 자재로 재구성하고 있어 사용의 편리함과, 진단에서의 정확성을 높이고, 진료시간 단축 효과로 인한 의료서비스 향상에 일조하고 있다.

*연락처: 권대철, 442-749 경기도 수원시 팔달구 원천동 산 5번지 아주대학교 인간공학연구실, Fax : 031-215-8909,

e-mail : yoojookweon@yahoo.co.kr

2001년 7월 접수, 2차 수정 후 2002년 9월 게재 확정.

PACS는 일반적인 X선 Film, 투시영상 및 디지털 영상을 저장 및 전송하는 방법으로 정보를 관찰 하고자 하는 장소에서 단말기를 이용하여 즉시 영상을 재현하여 볼 수 있다(Lee *et al.*, 1988). 또한, 영상정보 데이터를 보관하기 편리하고 정보를 용이하게 관찰할 수 있어 환자진료 하는 데 소요되는 인력과 시간을 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있다.

PACS를 DR(Digital Radiography ; Digitizer)이나 CR(Computed Radiography)과 상호 연결하여 이용하면 방사선과에서 필름 없는 디지털영상으로 결과를 얻을 수 있으므로 경제성과 업무량에서 이익이 있다(Min *et al.*, 1986).

PACS는 기존의 필름시스템에 비해 인적, 물적인 비용을 절감하여 장기적인 안목에서 경제적 이익을 가져오고 영상의 질, 만족도, 접근 용이성, 활용성과 같은 많은 점에서 우수하다(Lim *et al.*, 2000).

PACS에서의 경제적 비용 관점에서의 연구보고는 많이 있지만(Choi, Yoo and Chae, 1996), 시간분석에 의한 기존필름과 PACS에서의 경제성, 생산성의 비교에 대한 연구는 거의 보고되지 않았다.

CT 검사에서의 시간분석 방법으로 기존의 필름시스템에 비해 PACS가 얼마나 검사시간을 단축하고 업무에서 많은 이익과 편의성을 제공하는 지를 알아보았다. CT 검사를 대상으로 기존의 필름시스템과 PACS를 비교하고 연구하여 결과를 보고한다.

2. 연구대상 및 방법

이 논문의 연구대상은 서울에 위치한 1,500병상규모와 100만명 이상의 환자진료와 2개의 병원 건물들로 이루어져 있는 서울대학교병원(이하, SNUH)으로 하였다. 이 병원의 진단방사선과에서는 연간 500,000case 이상을 검사하며, 연간 5 TB, 일일 20 GB 용량이 필요하다. 현재 단지저장장치는 120 GB 용량을 갖는 RAID Level 3 방식의 디스크어레이(Synchronix Eccs, NJ, U.S.A)가 사용되고, 중기저장방식은 150 GB 용량의 RAID Level 5 방식의 디스크 어레이(Synchronix Eccs, NJ, U.S.A)가 사용된다. 데이터 베이스서버, 획득서버, 기억서버와 공식기록 서버, 모든 서버들은 Windows NT 운영체제와 인텔사 CPU 위에서 동작한다. CT 장치는 DICOM gateway를 경유하여 25 Mbps의 ATM 네트워크를 통하여 접속한다(Kim, Cho and Han, 1996).

SNUH에서는 PC에 기반을 둔 대규모의 PACS를 실현하여 경제성을 추구하도록 하였다(Chen *et al.*, 1999). SNUH PACS는 쉽게 업그레이드가 가능하고 산업계 표준 하드웨어와 소프트웨어 구성 요소들을 사용하는 것에 의해 확장 가능하다.

본 연구에서의 CT 검사의 대상부위는 Brain, Lung을 대상으로 하였고, 복부검사에서는 나선식 CT와 비나선식 CT를 비교하여 유의성 검정을 하였다.

시간분석은 계속시간 관측법을 사용하여 작업개시에 스톱

워치를 작동시키고, 시간관측이 끝날 때까지 작동하여 관측하는 방법을 이용하였다. 시간의 표준시간은 정상시간과 여유시간으로 구성되며, 여유시간은 불규칙적이고 불안정한 작업을 구분하기 위해서 분류된 시간이다.

측정 구분은 검사준비시간, 촬영시간, 재구성 및 후처리시간, 전송 및 인쇄 시간으로 구성하고 합계를 냈다. 검사준비시간은 환자접수에서 검사복을 갈아입는 시간, 의사와의 인터뷰, 전처치, Intravenous route 확보시간으로 구성된다. 검사시간은 CT 기기의 Table에 누워서 검사가 끝나는 시간이며, 재구성 및 후처리시간은 촬영 후 필름장전시간, 환자에게 주의사항 및 검사결과를 설명하는 시간, 환자 준비하는 시간이다. 전송 및 인쇄 시간에서 PACS는 전송시간이고, 필름시스템은 Window Width, Window Level을 조정하는 시간, Film magazine 교환시간으로, 필름현상이후 Matching하는 시간으로 구성된다. 본 논문에서는 여유시간은 측정하지 않았다.

기간은 1999년 2월부터 10월까지 입원환자와 외래환자 구분 없이 총 94인을 대상으로 조사하였고, 연구에 사용된 기기는 Hi-speed Advantage(General Electric Medical Systems, Milwaukee, USA)와 Stop Watch를 사용하여 측정하였으며, 통계는 WINSPSS 7.0을 이용하여 t-test, 일원분산분석(One-way Analysis of Variance), 이원배치 분산분석(Two-way Analysis of Variance)으로 유의성 검정을 하였다.

3. 결과

검사 소요시간에서 PACS는 36.20분, 필름시스템은 64.52분으로 분석되어 필름시스템이 PACS에 비해 약 2배의 시간이 소요되었다(<표 1>). 이 때의 재구성 및 후처리시간과 전송 및 인쇄시간 그리고 시간의 합계에서의 t-test 검정에 의하면 PACS와 필름시스템이 유의한 차이가 있다($P < .001$). 재구성 및 후처리시간은 13분, 전송 및 인쇄시간에서 필름시스템은 PACS보다 15분이 더 소요되었다.

복부검사의 나선식 CT와 비나선식 CT의 시간비교에서 PACS의 비나선식 CT는 39분, 필름시스템에서의 비나선식 CT는 61분으로 PACS에 비해 약 2배정도의 시간이 소요되었다. PACS에서의 나선식 CT는 47분, 필름시스템에서의 나선식 CT는 68분으로 PACS에 비해 약 1.5배 정도의 시간이 소요되었다.

표 1. PACS와 필름시스템의 검사소요 시간 시간 : 분

구분	준비	촬영	재구성 및 후처리	전송 및 인쇄	합계
PACS	13.20	9.20	8.20	5.20	36.20
필름	14.30	8.10	21.30	20.42	64.52
T-value	0.69	0.89	-8.27*	-8.66*	-5.93*

* $P < .001$

표 2. 나선식·비나선식 CT에서의 PACS와 필름시스템의 복부검사 소요시간

시간: 분

검사방법 및 ANOVA	준 비		촬영		재구성 및 후처리		전송 및 인쇄		합 계	
	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름
비나선식	15.04	16.04	15.2	22.10	4.0	7.06	5.10	16.08	39.12	61.28
나선식	20.02	21.20	6.03	6.45	15.4	16.08	6.30	24.30	47.39	68.43
One-way ANOVA(F-value)	83.52*	213.0*	11.4*	12.15*	461.5*	201.7*	1.80	422.5*	142.3*	1.51

* P<.001

표 3. Two-way ANOVA에 의한 나선식·비나선식에서의 복부검사 F-value

검사방법 및 ANOVA	준 비	촬영	재구성 및 후처리	전송 및 인쇄	합 계
	F-value	F-value	F-value	F-value	F-value
검사(나선식·비나선식)	147.0*	809.4*	434.5*	210.8*	46.1*
System(PACS, Film)	8.33	142.4*	14.0*	1750.0*	654.8*
Interaction(검사*System)	3.00	99.91*	1.14	179.1*	0.05

*: P<.001

표 4. 검사부위별 PACS와 필름시스템의 시간

시간: 분

검사부위별 비교	준 비		촬영		재구성 및 후처리		전송 및 인쇄		합 계	
	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름
Chest(n=30)	15.04	16.04	8.29	9.10	5.20	9.06	5.10	20.08	34.03	54.28
Brain(n=40)	8.02	10.20	10.36	9.45	4.40	16.08	3.30	15.30	26.48	50.43
T-value	10.19*		0.23		-6.52*		-14.15*		-15.38*	

* P<.001

비나선식 CT에서의 PACS는 39분, 나선식 CT에서의 PACS는 47분으로 비나선식 CT 보다도 많은 시간이 소요되었다. 필름시스템에서 비나선식 CT는 61분, 나선식 CT에서는 68분으로 나선식 CT가 시간이 더 소요되었다(<표 2>).

PACS에서 비나선식 CT와 나선식 CT의 일원분산분석(One-way ANOVA)에 의하면 준비, 촬영, 재구성 및 후처리, 총합계 시간, 필름시스템에서 비나선식 CT와 나선식 CT의 일원분산분석(One-way ANOVA)에 의하면 준비, 촬영, 재구성 및 후처리 시간에서 유의한 차이가 있다(P<.001).

이원배치 분산분석에 의하면 나선식 CT와 비나선식 CT에서 준비시간과 촬영시간, 나선식 CT와 비나선식 CT의, PACS와 필름시스템에서 차이가 있다(P<.001).

영상의 재구성 및 후처리 시간과 전송 및 인쇄 시간에서 또한 나선식 CT와 비나선식 CT, PACS와 필름시스템의 두 요인 상호작용, 나선식과 비나선식에 의한 검사와 필름시스템과 PACS 시스템의 상호작용에서도 유의한 차이가 있다(P<.001)(<표 3>).

검사부위별 시간에서 PACS에서의 Chest Routine은 34.03분, 필름시스템에서는 54.28분으로 필름시스템이 시간이 길었고, Brain에서의 PACS는 26.48분, 필름시스템은 50.43분이 소요되었다(<표 4>). PACS와 필름시스템에서의 t-test에서는 재구성 및 후처리, 전송 및 인쇄, 총합계시간에서 유의한 차이가 있다(P<.001).

4. 고찰

검사시간의 분석 결과에 의하면 PACS와 필름시스템의 소요시간은 유의한 차이가 있다(P<.001). 그리고, 재구성 및 후처리 시간, 전송 및 인쇄 시간, 합계시간에서의 PACS는 필름시스템에 비해 약 4배의 시간이 단축되었다. 전송 및 인쇄 시간에서 PACS시간의 단축요인은 필름시스템에서 필름의 현상기이동, Window, Level 조정 작업이 필요하다. CT 검사에서의 영상 획득 방법은 기존의 필름시스템이 PACS보다 상대적으로 복잡한 절차

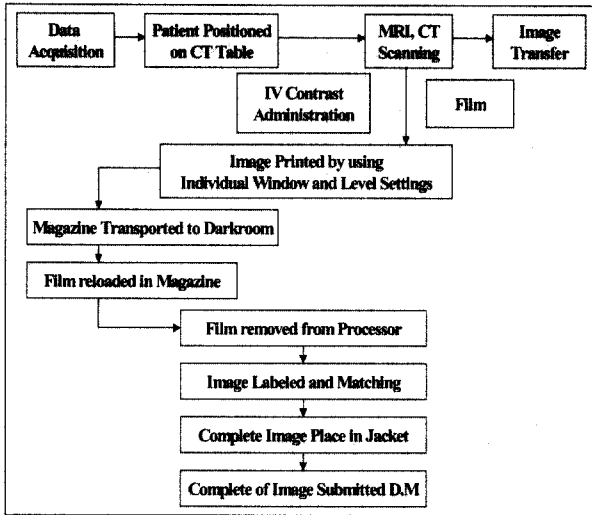


그림 1. CT에서 필름시스템과 PACS의 영상 획득 방법.

차를 보이고 있다(<그림 1>).

비나선식 CT에서 필름시스템은 PACS에 비해 약 2배 정도의 시간이 소요되었다. 또한, 나선식 CT에서 필름시스템이 PACS에 비해 약 2배 정도의 시간이 소요되었다.

보통 나선식 CT가 비나선식 CT보다 약 10~20% 시간이 많이 소요되어 나선식 CT는 복부질환 및 혈관의 역동성 검사에 유용하고(Jung *et al.*, 1997), 비나선식 CT는 신경과 질환에 유용하여 검사를 선택적으로 사용한다.

본 연구에서는 PACS에서의 나선식 CT가 비나선식 CT에 비해 약 20% 시간이 많이 소요되었다. 이는 나선식 CT가 준비시간과 재구성 및 후처리시간이 많이 소요되었기 때문이다. 필름시스템에서 나선식 CT는 비나선식 CT에 비해 약 10% 시간이 많이 소요되었는데, 이는 준비시간과 기타시간, 전송 및 인쇄 시간이 많이 소요되었기 때문이다.

PACS에서 비나선식 CT와 나선식 CT의 일원분산분석(One-way ANOVA)에 의하면 준비, 촬영, 재구성 및 후처리, 총 합계 시간에서 유의한 차이가 있다($P < .001$). 필름시스템에서 비나선식 CT와 나선식 CT의 일원분산분석(One-way ANOVA)에 의하면 준비, 촬영, 재구성 및 후처리시간에서 유의한 차이가 있다($P < .001$).

이원배치 분산분석에 의하면 나선식 CT와 비나선식 CT에서 준비시간은 유의한 차이가 있고, 촬영시간에서 나선식 CT와 비나선식 CT, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있다($P < .001$). 두 요인의 상호작용에서도 유의한 차이가 있다($P < .001$). 기타시간에서 나선식 CT와 비나선식 CT, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있고($P < .001$), 전송 및 인쇄 시간에서 나선식 CT와 비나선식 CT, PACS와 필름시스템, 두 요인의 상호작용에서도 유의한 차이가 있다($P < .001$).

시간의 합계에서 나선식 CT와 비나선식 CT, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있다($P < .001$). 촬영, 전송 및 인쇄 시간에서 PACS와 필름시스템이 유의한 차이가 있다. 이는 촬영

시간, 전송 및 인쇄 시간에서 PACS가 필름시스템에 비해 시간이 적게 드는 점과 일치하는 점을 입증한다.

결과에서 보여지듯이 본 연구에서는 PACS가 필름시스템에 비해 약 2배의 시간이 단축되었다. 기존 연구의 고찰에 의하면 CT 검사를 하는 방사선사의 인건비를 계산할 때는 개인적 시간외에 피로에 의한 20%의 추가적인 시간을 고려하여 산정하여야 한다(McNeil *et al.*, 1985, Janower, 1988).

이러한 시간적인 고려뿐만 아니라 운용비 감소, 효율성, 품질의 증가와 환자의 보살핌의 시간의 확대로 생산성의 증대를 가져온다(Langlotz *et al.*, 1995, Siegel *et al.*, 1995).

방사선사의 필름운용시간 감소는 PACS 환경에서의 잠재적이고 획기적인 운영에서 생산성 증대를 피할 수 있다(Schoppe, Hessel and Adams, 1981). 그리고, 검사시간의 단축은 환자의 치료에 영향을 미치며, 검사 즉시 환자의 영상을 판독하는 시스템은 환자 치료효과와 함께 환자만족도를 증대시킨다(Arenson *et al.*, 1988). 이러한 PACS의 장점들은 본 연구에서의 PACS가 기존의 필름시스템에 비해 약 2배의 시간이 단축되는 결과와 공통적인 장점을 가진다.

5. 결론

CT 검사에서 시간분석을 이용하여 PACS와 필름시스템을 비교하여 분석하였다. PACS는 재구성 및 후처리 시간, 전송 및 인쇄 시간, 합계시간에서 기존의 필름시스템에 비해 검사시간 및 총소요시간에서 약 43% 정도의 시간을 단축하였다.

PACS에서 검사소요시간의 단축은 재구성 및 후처리시간, 전송 및 인쇄 시간에서 많은 단축을 보였다. CT 기기는 DICOM gateway를 경유하여 25Mbps의 ATM 네트워크를 통해 접속하여 영상을 획득한다. 하나의 영상을 전송하는데 약 6~10sec가 소요되어 전송시간 단축하였다.

검사종류에 의한 결과에서 나선식 CT가 비나선식 CT에 비해서 준비시간과 기타 후처리시간의 증대로 약 10~20% 시간이 많이 소요되었고, PACS에서 나선식 CT와 비나선식 CT에서 촬영시간과 전송 및 인쇄 시간에서 검사시간을 단축하였다.

PACS는 시간 단축으로 경제적 이익과 생산성 증대를 가져오고, 진단방사선과에서 검사업무에 종사하는 방사선사에게는 작업의 편이성과, 과중한 업무의 감소를 가져온다.

참고문헌

- Lee, T. S., Paek, S. K., Lim, Y. G., Min, B. G., Yeon, K. M. and Han, M. C. (1988), Development of Medical Picture Archiving and Communication System, *Journal of KOSOMBE*, 9(2), 195-210.
- Jung, M. H., Kim, T. H., Kim, K. Y., Lee, J. I., Cho, C. M., Park and Cha, I. H. (1997), Three Phase Dynamic CT with Double Spiral CT: Utility of Determination of Stomach Cancer Stage, *Journal Korean Radiology Society*, 36,

- 93-99.
- Arenson, R. L., Seshadri, S. B., Kundel, H. L. et al. (1988), Clinical Evaluation of a Medical Image Management System for Chest Image, *AJR*, 150, 55-59.
- Min, B. G., Park, K. S., Lee, T. S., Kim, J. H., Han, M. C. and Lim, J. K. (1986), A Study on the Computerized X-ray System, *Journal of KOSOMBE*, 7(1), 45-51.
- Choi, H. S., Yoo, H. S. and Chae, Y. M. (1996), Economic Analysis of Picture Archiving and Communications System, *Journal of the Korean Society of PACS*, 2(11), 11-21.
- Janower, M. (1988), Productivity Standards for Technologists : How to Use Them, *Radiology*, 166, 276-277.
- Kim, J. H., Cho, H. I. and Han, M. C. (1996), Current Status of Korean Style PACS Development in Seoul National University Hospital, *Journal of the Korean Society of PACS*, 2, 1-6.
- Lim, J. H., Park, W. S., Ahn, J. M., Kim, S. S., Cheung, H and Choi, H. S. (2000), Cost Benefit of PACS, *Journal of the Korean Society of PACS*, 6(1), 9-18.
- Langlotz, C. P., Even-Shoshan, Orit, Seshadri, S. S., Brikman, I., Kishore, S., Kundel, H. L. and Schwartz, J. S. (1995), A Methodology for Economics Assessment Picture Archiving and Communication Systems, *Journal of Digital Imaging*, 8, 95-102.
- McNeil, B. J., Sapienza, A., Van Gerpen, J., Sheriff, C.R., Gillis, A. E., Sack, D. J. and Komaroff, A.L. (1985), Radiology Department Management System: Technologist's Costs, *Radiology*, 156, 57-60.
- Schoppe, W. D., Hessel, S. J. and Adams, D. F. (1981), Time requirements in performing CT studies, *J Comput Assist Tomogr*, 5, 513-515.
- Siegel, E. L., Diaconis, J. N. and Pomerantz, S. (1995), Making Filmless Radiology Work, *Journal of Digital Imaging*, 8, 151-155.
- Tain Chen Wu, San Kan Lee and Chen Hsing Peng (1999), An Economical, Personal Computer-based PACS, *Radiographics*, 19, 523-530.