



시간분석법에 의한 필름시스템과 PACS의 비교 연구 : CT촬영을 중심으로

Comparison of Time study in Film-based versus
PACS : Computed Tomography

권대철 · 정우진 · 정경모 · 이용우 · 이제호*
서울대학교병원 진단방사선과 · 국립암센터 진단방사선과*

Dae Cheol Kweon, Woo Jin Jeong, Kyung Mo Chung,
Yong Woo Lee, Je Ho Lee*
Department of Diagnostic Radiology,
Seoul National University Hospital
Department of Radiology, National Cancer Center*

Abstract

To evaluate the relative time required to perform a CT(computed tomography) examination in a filmless versus a film-based system and helical versus nonhelical studies, Time and Motion studies were performed in 175 consecutive CT examinations. 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 examination 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.

Key Words : CT, PACS, Time study, Film, Productivity

1. 서 론

동작 및 시간연구에서의 시간연구¹⁾는 작업자가 수행해야 할 과업을 결정하기 위해서 작업단위를 연구대상으로 하여 작업공정을 수행하는 표준시간을 결정하는 연구를 말한다. F. W. Taylor가 객관적인 임금을 결정하고 태업을 방지하기 위해서 시간연구를 실시한데서 비롯된다. 본 연구는 직접시간연구법에 의한 작업시간을 측정하였으며 초단위 stop watch를 이용하여 시간을 측정하였다.

현재 전산화단층촬영(Computed Tomography, 이하 CT)에서 사용하는 디지털영상은 컴퓨터에 수록하여 압축, 보관, 재현, 변형을 하여 원하는 영상을 자유 자재로 재구성하고 있어 진단의 정확성을 높이고, 진료시간 단축 효과와 의료서비스 향상에 일조하고 있다.

의학 영상 저장 전송 시스템 (Picture Archiving and Communication System, 이하 PACS)은 일반적인 X선 Film, 투시영상 및 디지털 영상을 저장 및 전송하는 방법으로 정보를 관찰 하고자 하는 장소에서 단말기를 이용하여 즉시 영상을 재현하여 볼 수 있다²⁾. 영상정보 데이터를 보관하기 편리하고 정보를 용이하게 관찰할 수 있어 환자진료 하는데 인력과 시간을 최소화 할 수 있다. PACS를 DR(Digital Radiography : Digitizer)이나 CR(Computed Radiography)³⁾과 상호 연결하여 이용하여 방사선과에서 필름 없는 디지털 영상으로 결과를 얻을 수 있으므로 경제성과 업무량에서 이익이 있다. PACS는 기존의 필름의 사용보다 장기적으로 경제적 이익을 수반하고 영상의 질, 접근 용이성, 활용성이 우

수하다⁴⁾. 경제적 비용의 관점에서 의 연구보고는 많이 있지만 시간분석법에 의한 기존필름과 PACS에서의 경제적, 생산성의 비교는 전무하여 시간분석법에 의한 기존필름과 PACS를 비교 연구하여 보고한다.

2. 연구대상 및 방법

이 논문의 연구대상은 서울에 위치한 1,500 병상규모와 100만명 이상의 환자진료와 2개의 병원 건물들로 이루어져 있는 서울대학교병원(이하, SNUH)으로 하였다. 이 병원의 진단방사선과에서는 연간 500,000 case 이상을 검사하며, 연간 5TB, 일일 20GB 용량이 필요하다. 현재 단기저장장치는 120GB 용량을 갖는 RAID Level 3 방식의 디스크 어레이(Synchronix Eccs, NJ, USA)가 사용되고, 증기저장방식은 150GB 용량의 RAID Level 5 방식의 디스크 어레이(Synchronix Eccs, NJ, U.S.A)가 사용된다⁵⁾. 데이터 베이스서버, 획득서버, 기억서버와 공식기록 서버, 모든 서버들은 Windows NT 운영체제와 인텔사 CPU 위에서 동작한다. CT장치는 DICOM gateway를 경유하여 25Mbps의 ATM 네트워크를 통하여 접속한다⁵⁾.

SNUH에서는 PC에 기반을 둔 대규모의 PACS를 실현하여 경제성을^{6, 10)} 추구하도록 하였다. SNUH PACS는 쉽게 업그레이드가 가능하고 산업계 표준 하드웨어와 소프트웨어 구성요소들을 사용하는 것에 의해 확장 가능하다.

시간분석은 계속시간 관측법을 사용하여 작업개시에 스톱워치를 작동시키고, 시간관측이 끝날 때까지 작동하여 관측하는 방법을 이용하였다. 시간의 표준시간은 정상시간과 여유시간으로 구성되며 여유(餘裕)시간은 불규칙적이고 불안정한

표 1. PACS와 필름시스템의 소요시간

(시간 : 분)

구분	준비	촬영	재구성 및 후처리	전송 및 printing	합계
PACS(n=85)	13.20	9.20	8.20	5.20	36.20
필름(n=90)	14.30	8.10	21.30	20.42	64.52
T-value	.69	.89	-8.27*	-8.66*	-5.93*

*P<.001

작업을 구분하기 위해서 분류된 시간이다. 촬영준비시간, 촬영시간, 재구성 및 후처리시간, 전송 및 printing 시간으로 구성하고 합계를 냈다. 촬영준비시간은 환자접수에서 검사복 갈아입는 시간, 의사와의 인터뷰, 전처치, IV route 확보시간으로 구성된다. 촬영시간은 table에 누어서 검사가 끝나는 시간이며, 재구성 및 후처리시간은 촬영 후 필름장전시간, 환자에게 주의사항 및 검사결과를 설명하는 시간, 환자 준비하는 시간이고, 전송 및 printing 시간에서 PACS는 전송시간이고, 필름시스템은 윈도우, 레벨 세팅하는 시간, 필름매겨진 교환시간으로, 필름현상이후 매칭하는 시간으로 구성된다. 본 논문에서는 여유(餘裕)시간은 측정하지 않았다.

기간은 1999년 2월부터 10월까지 입원환자와 외래환자를 함

께 조사하였고, 연구에 사용된 기기는 Hi-speed Advantage(General Electric Medical Systems, Milwaukee, USA)와 Stop Watch를 사용하여 측정하였고, 통계는 spss7.0을 이용하여 t-test, 일원분산분석(One-way Analysis of Variance), 이원배치 분산분석(Two-way Analysis of Variance)으로 유의성 검정을 하였다.

3. 결 과

검사소요시간에서 PACS는 36.20분, 필름시스템은 64.52분으로 분석되어 필름시스템이 PACS에 비해 약 2배의 시간이 소요되었다(표 1). 재구성 및 후처리시간과 전송 및 printing

표 2. 나선식·비나선식CT에서의 PACS와 필름시스템의 시간

(시간 : 분)

검사방법 및 ANOVA	준비		촬영		재구성 및 후처리		전송 및 printing		합계	
	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름
비나선식(n=20)	15.04	16.04	15.2	22.10	4.0	7.06	5.10	16.08	39.12	61.28
나선식(n=30)	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 ANOVA: Analysis of Variance

표 3. 나선식·비나선식에서의 Two-way ANOVA

검사(나선식·비나선식) System(PACS, Film) Interaction(검사*System)	준비	촬영	재구성 및 후처리	전송 및 printing	합계
	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)

검사부위	준비		촬영		재구성 및 후처리		전송 및 printing		합계	
	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름	PACS	필름
Chest Routine(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

시간 그리고 시간의 합계에서의 t-test 검정에 의하면 PACS와 필름시스템이 유의한 차이가 있다($P < .001$).

재구성 및 후처리시간은 13분, 전송 및 printing시간에서 필름시스템은 PACS보다 15분이 더 소요되었고, 유의한 차이가 있다($t = -24.19, P < .001$).

복부검사의 나선식CT와 비나선식CT의 시간비교에서 PACS의 비나선식CT는 39분, 필름시스템에서의 비나선식CT는 61분으로 PACS에 비해 약 2배 정도의 시간이 소요되었다. PACS에서의 나선식CT는 47분, 필름시스템에서의 나선식CT는 68분으로 PACS에 비해 약 1.5배 정도의 시간이 소요되었다. 비나선식CT에서의 PACS는 39분, 나선식CT에서의 PACS는 47분으로 비나선식CT보다도 많은 시간이 소요되었다. 필름시스템에서 비나선식CT는 61분, 나선식CT에서는 68분으로 나선식CT가 시간이 더 소요되었다(표 2).

PACS에서 비나선식CT와 나선식CT의 일원분산분석(One-way ANOVA)에 의하면 준비, 촬영, 재구성 및 후처리, 총합계시간에서 유의한 차이가 있다($P < .001$). 필름시스템에서 비나선식CT와 나선식CT의 일원분산분석(One-way ANOVA)에 의하면 준비, 촬영, 재구성 및 후처리시간에서 유의한 차이가 있다($P < .001$).

이원배치 분산분석에 의하면 나선식CT와 비나선식CT에서 준비시간은 유의한 차이가 있고, 촬영시간에서 나선식CT와 비나선식CT의, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있고($P < .001$), 두 요인의 상호작용에서도 유의한 차이가 있다($P < .001$). 기타시간에서는 나선식CT와 비나선식CT, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있고($P < .001$), 전송 및 printing 시간에서 나선식CT와 비나선식CT, PACS와 필름시스템, 두 요인의 상호작용에서도 유의한 차이가 있다($P < .001$). 시간의 합계에서 나선식CT와 비나선식CT와, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있다($P < .001$).

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 재

구성 및 후처리, 전송 및 print, 총합계시간에서 유의한 차이가 있다($P < .001$).

4. 고 찰

PACS는 필름시스템의 검사소요시간에 비해 43% 시간 단축되었고, PACS와 필름시스템의 소요시간은 유의한 차이가 있다($P < .001$). 재구성 및 후처리시간, 전송 및 printing 시간, 합계시간에서의 PACS는 필름시스템에 비해 약 4배의 시간이 단축되었고, 유의한 차이가 있다($P < .001$). 전송 및 printing 시간에서 PACS 시간의 단축요인은 필름시스템에서 필름의 현상기이동, window, level setting 작업이 필요하기 때문이다(그림 1).

비나선식CT에서 필름시스템은 PACS에 비해 약 2배 정도의 시간이 소요되었다. 또한, 나선식CT에서 필름시스템이 PACS에 비해 약 2배 정도의 시간이 소요되었다. PACS에서의 나선식CT는 비나선식CT에 비해 약 20% 시간이 많이 소요되었다. 이는 나선식CT가 준비시간과 재구성 및 후처리시간이 많이 소요되었기 때문이다. 필름시스템에서 나선식CT는 비나선식CT에 비해 약 10% 시간이 많이 소요되었는데 이는 준비시간과 기타시간, 전송 및 printing 시간이 많이 소요되었기 때문이다. 나선식CT가 비나선식CT보다 약 10~20% 시간이 많이 소요되어 나선식CT는 복부질환 및 혈관의 역동성 검사에 유용하고^{6,7,8)}, 비나선식CT는 신경과 질환에 유용하여 검사를 선택적으로 사용한다.

PACS에서 비나선식CT와 나선식CT의 일원분산분석(One-way ANOVA)에 의하면 준비, 촬영, 재구성 및 후처리, 총합계시간에서 유의한 차이가 있다($P < .001$). 필름시스템에서 비나선식CT와 나선식CT의 일원분산분석(One-way ANOVA)에 의하면 준비, 촬영, 재구성 및 후처리시간에서 유의한 차이가 있다($P < .001$).

이원배치 분산분석에 의하면 나선식CT와 비나선식CT에서 준비시간은 유의한 차이가 있고, 촬영시간에서 나선식CT와 비나선식CT, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있다

($P < .001$), 두 요인의 상호작용에서도 유의한 차이가 있다($P < .001$). 기타시간에서는 나선식CT와 비나선식CT, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있고($P < .001$), 전송 및 printing시간에서 나선식CT와 비나선식CT, PACS와 필름시스템, 두 요인의 상호작용에서도 유의한 차이가 있다($P < .001$).

시간의 합계에서 나선식CT와 비나선식CT, PACS와 필름시스템에서 유의한 차이가 있다($P < .001$). 촬영, 전송 및 printing시간에서 PACS와 필름시스템이 유의한 차이가 있다. 이는 촬영시간, 전송 및 printing 시간에서 PACS가 필름시스템에 비해 시간이 적게 드는 점과 일치하는 점을 입증한다.

CT기기는 DICOM gateway를 경유하여 25Mbps의 ATM 네트워크를 통하여 접속하여 영상을 획득하는데 1 image는 약 6~10sec가 소요된다.

PACS가 필름시스템에 비해 약 2배의 시간이 단축되었다. McNeil⁹⁾, Kanower¹⁰⁾의 연구에 의하면 방사선사의 인건비를 계산할 때에 개인적 시간과 피로에 의한 20%의 부가적인 시간이 필요하다고 보고하였다. 이러한 시간의 단축뿐만 아니라 운용비 감소, 효율성, 품질의 증가와 환자의 care시간의 확대, 생산성의 증대를 가져온다고 Landlotz CP¹¹⁾, Siegel FL¹²⁾이 보고하였다.

방사선사의 필름운용시간 감소가 주요한 관점에서 PACS 환경에서의 잠재적이고 획기적인 운영의 생산성증대를 가져온다고 보고하였다¹³⁾.

필름시스템과 PACS의 순서의 흐름도에서 PACS는 단순한 절차를 보이지만 필름 시스템은 복잡한 절차를 보여준다(그림 1).

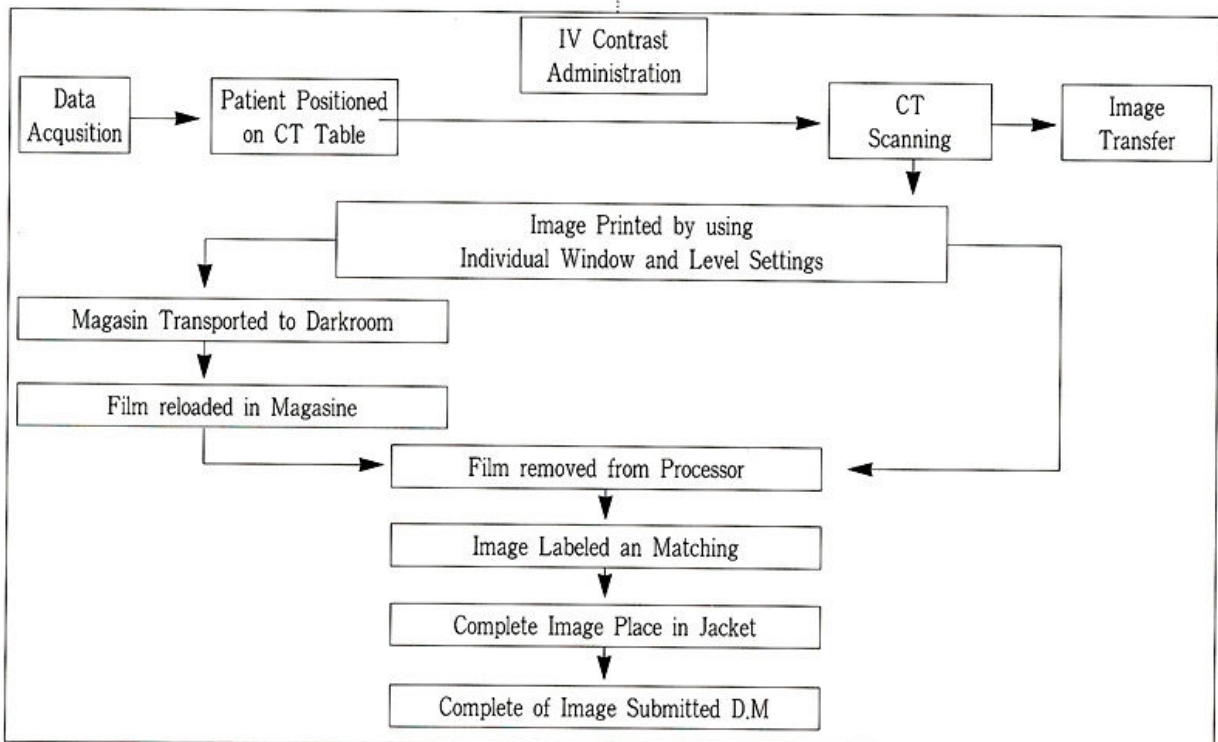


그림 1. CT Image acquisition and display : PACS and Film system

5. 결 론

동작 및 시간연구에 의한 PACS와 필름시스템에서의 분석에서 PACS가 필름시스템에 비해 재구성 및 후처리시간, 전송 및 printing시간, 합계시간에서의 PACS는 필름시스템에 비해 검사시간 및 총 소요시간을 단축하였다. 검사소요시간의 단축은 재구성 및 후처리시간, 전송 및 printing시간에서 많은 단축을 보였다. 나선식CT가 비나선식CT보다 약 10~20%시간이 많이 소요되었다. 이는 준비시간과 기타 후처리시간의 증대로 야기되었다. 나선식CT·비나선식CT에서 PACS의 소요시간 단축은 촬영시간과 전송 및 printing시간에서였다. PACS는 경제적 이익과 생산성 증대, 방사선사에게는 편이성, 과중한 업무를 감소하고, 필름매거진의 이동에 의한 피로예방에도 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 이진규, 공정 및 작업관리, 녹원출판사, pp.213-215, 1990
2. 이태수, 백승권, 임용규 외, 의료용 화상정보의 저장 및 전송 시스템개발, 의공학 회지 제9권, 제2호, pp.195-210, 1988
3. 민병구, 박광석, 이태수 외, 디지털 X선 촬영시스템에 관한 연구, 의공학회지 제7권, 제1호, pp.45-51, 1986
4. 박원식, 김삼수, 박부영 외, 의학영상저장전송시스템의 경제성분석, 대한방사선 사협회지 제25권, 제1호, pp.324-354, 1999
5. 김종효, 조한익, 한만정, 서울대학교병원의 한국형 PACS 개발현황, 대한PACS 학회지 제2권, pp.1-6, 1996
6. 정민하, 김홍민, 김태형 외, 이중나선식 CT를 이용한 삼중시기 역동스캔 : 위암 병기 결정의 유용성, 대한방사선의학회지 Vol.36, pp.93-99, 1997
7. 김진서, 김영환, 하현권 외, 도세포종의 방사선학적 소견 : 나선식CT의 유용성을 중심으로, 대한방사선의학회지 Vol.36, pp.277-283, 1997
8. 이종화, 정용기, 김도하 외, 비전형적 조영증강을 보이는 조기위암에 대한 위 점막기를 강조한 이중시기나선식 전산화단층촬영의 유용성, 대한방사선의학회지 Vol.41, pp.347-352, 1999
9. McNeil BJ, Sapienza A, VanGerpen J, et al, Radiology department management system : technologist's costs, Radiology Vol.156, pp.57-60, 1985
10. Janover M, Productivity standards for technologists : how to use them, Radiology Vol.166, pp.276-277, 1988
11. Langlotz CP, Even-Shoshan O, Seshadri S et al, A methodology for economics assessment do picture archiving communication systems, J Digit Imaging Vol.8, pp.95-102, 1995
12. Siegel EL, Diaconis JN, Pomerantz S, Making filmless radiology work, J Digt Imaging Vol.8, pp.151-155, 1995
13. Schoppe WD, Hessel SJ, Adams DF, Time requirements in performing CT studies, J Comput Assist Tomogr Vol.5, pp.513-515, 1981
14. Tain Chen Wu, San Kan Lee, Chen Hsing Peng, An Economical, Personal Computer-based PACS, Radiographics Vol.19, pp.523-530, 1999