

## &lt;원저&gt;

## 전산화단층촬영의 소요시간 분석에 기반한 방사선사의 적정인력 산정에 관한 연구

이기백<sup>1)</sup>·김영균<sup>2)</sup>·김은혜<sup>3)</sup>·김연민<sup>4)</sup><sup>1)</sup>충북보건과학대학교 방사선과·<sup>2)</sup>삼성서울병원 영상의학과·<sup>3)</sup>고려대학교 보건융합과학과·<sup>4)</sup>원광보건대학교 방사선과

## Estimation of Appropriate Number of Radiologic Technologist Based on Analysis of Time Required for Computed Tomography

Ki-Baek Lee<sup>1)</sup>·Yung-Kyoon Kim<sup>2)</sup>·Eun-Hye Kim<sup>3)</sup>·Yon-Min Kim<sup>4)</sup><sup>1)</sup>Department of Radiologic Technology, Chungbuk Health & Science University<sup>2)</sup>Department of Radiology, Samsung Medical Center<sup>3)</sup>Department of Health Safety Convergence Science, Korea University<sup>4)</sup>Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science University

**Abstract** Although the number of computed tomography(CT) is increasing every year, it is insufficient to establish appropriate workload calculation standards of radiologic technologist to provide optimal medical services to patients, such as patient safety management and infection management. The purpose of this study is to present guidelines for calculating the appropriate workload of radiologic technologist by analyzing the work flow of CT procedures and the time required for CT examination in major hospitals. As for the study subjects and methods, the appropriate process for each step of CT examination was investigated to systematically present the process and time required for the actual examination, and the CT procedure time of 104,105 adult patients and 465 pediatric patients under the age of 6 were analyzed. For the time required, data according to the use of contrast medium, procedure type, and adult/child were collected and compared. The test time of CT examination using contrast medium took about 13 minutes when one radiologic technologist worked and about 9 minutes when two radiologic technologists worked. The time required for the procedures were statistically significant depending on the presence or absence of contrast medium, multi-phase procedure, and patient age (considering pediatric patients). As a result, in order to thoroughly perform patient safety and infection management, the appropriate workload increased by about 40% when there were two radiologic technologists. The limit workload was an average of 32 people per day with one radiologic technologist per 15 minutes, and 48 people per day with two radiologic technologist per 10 minutes. This is a marginal workload, and in the case of procedures that require more time to acquire radiographic images, the interval between reservations should be widened.

**Key Words:** Appropriate Workload, Time Required, Appropriate Workload Estimation, Scan Time, CT Examination Time

**중심 단어:** 적정 근무시간, 소요시간, 적정 인력산정, 스캔시간, CT검사시간

## I. 서론

의료영상 진단 분야의 기술개발은 다른 분야에 비해 아주 빠른 속도로 진행되고 있다. 특히 전산화단층촬영

(Computed Tomography; CT)의 개발은 현대의학에 새로운 장을 열게 한 장비 중의 하나로 1972년 Godfrey Newbold Hounsfield의 연구로 Electro-Musical Industries (EMI)사에서 최초의 CT 검출기가 제작된 이후, 많은 발전을 거듭

This paper was supported by Korean Radiological Technologists Association in 2020

Corresponding author: Yon-Min Kim, Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science University, 514, Iksan-daero, Iksan-si, Jeollabuk-do, 54538, Republic of Korea / Tel: +82-63-840-1238 / E-mail: kimyonmin@wu.ac.kr

Received 27 April 2022; Revised 19 May 2022; Accepted 23 May 2022

Copyright ©2022 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

하면서 그 임상적 유용성이 향상되고 있다[1,2]. 우리나라에서는 1977년 경희대학교 병원에 최초로 설치된 이래 계속해서 많은 수가 증가했고, 1996년 이후부터 CT가 건강보험 급여대상이 되면서 이용률과 보급률이 더욱 증가하고 있다. CT는 다른 진단 장비에 비하여 인체 내부의 해부학 구조를 단면으로 재현하는 능력이 매우 우수하므로 임상 진료에서 필수적으로 이용되고 있으며 검사 빈도수는 계속 늘어가고 있다[3,4]. 이런 상황은 하드웨어적 발전(예: 튜브 출력의 증대, 디텍터 범위의 증가, 그리고 튜브의 회전 시간 감소)에 의해 검사하는 속도가 빨라져서 같은 시간에 한 대당 검사할 수 있는 건수가 많아지면서 장비 한 대에 필요한 업무량도 늘어났고 검사 건수까지 증가해 방사선사 및 관계 종사자의 추가인력 증대의 필요성은 계속 커져 왔다. 이런 문제는 2011년 5월 기준 CT 검사 비용의 15%가 감소(영상 검사 수가 인하)가 되면서 병원의 부담은 더욱 커졌고[5], 수가 인하로 인한 손실을 만회하기 위해 병원 측에서도 많은 검사를 유도함으로써 손실을 방어하고 있는 실정이다. 즉, CT 영상 검사의 건수 증가세는 더 가파르게 올라가고 있으며, 이에 적절한 인력산정 기준의 설립을 통해 방사선사의 열악한 근무조건을 개선함과 동시에 환자들에게 양질의 의료행위가 적절한 시점에 수행될 수 있는 환경을 만들 필요가 있다.

현재, 우리나라는 국민건강보험제도를 도입하고 정착시키는 과정에서 다양한 수가체계와 항목 간의 수가 불균형이 발생하였다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 1994년 의료보장 개혁위원회의 권의를 받아들여 미국의 상대가치점수 체계 즉, 자원기준 의료행위 상대가치(Resource-Based Relative Value Scale; RBRVS)를 도입하였다. Hsiao 등이 개발한 자원기준 의료행위 상대가치란 의사에 의해 제공되는 서비스를 투입 요소 즉, 의사의 총업무량, 실제 소요 비용, 졸업 후 훈련 기회비용에 근거해 그 수가를 정하는 방법으로 의료수가를 상대가치와 환산지수로 구분하여 적용하는 수가 산정 방법을 말한다[6,7]. 상대가치점수는 의료행위에 걸리는 시간, 노력 등의 업무량, 인력, 시설, 장비 등 자원의 양, 요양급여의 위험도 및 발생빈도를 종합적으로 고려하여 산정한 가치를 의료행위별로 비교하여 상대적인 점수로 나타낸 것이다. 따라서 여러 CT 검사 시 다양한 요인에 의해 실제로 증가될 수 있는 소요시간을 면밀히 분석하여 상대가치 점수 설정 시 이를 꼭 반영시켜야 하는 점은 매우 중요할 것으로 보인다. 현재, 영상의학검사는 다른 검사에 비하여 자동화에 어려움이 있고 방사선사의 인력에 대한 의존도가 높은 업무라고 할 수 있다. 특히, CT 검사의 경우 장비의 발달로 인해 영상획득 시간은 줄어들었지만, 3D 영상재구성업

무가 더 늘었으며, 심장 CT 또는 특수검사 등도 많이 수행하고 있다. 또한, 환자 응대 영역에서 조영제 부작용 관리, 감염 관리 등 부분에서의 기준이 강화되어 더 많은 시간이 필요하게 되었다. 하지만 지금까지 방사선사는 구조적인 측면에서 적절한 인력산정 기준이나 업무의 소요시간에서 객관적으로 평가받지 못한 실정으로 한계가 있다. 그러므로 CT 검사의 세부 항목 또는 실제 업무환경을 고려한 다양한 요인들을 고려한 영상획득 소요시간에 따른 적정인력산정에 관한 연구는 필요한 상황이다. 이런 배경으로 인하여 2020년부터 시행한 보건의료인력지원법은 보건의료기관의 원활한 보건의료인력 수급을 지원하고 보건의료인력의 근무환경 개선 및 복지 향상과 우수 인력 양성 등에 필요한 사항을 규정함으로써 보건의료서비스의 질을 제고하고 국민 건강 증진에 이바지하는 것을 목적으로 한다[8]. 이 법 14조에서는 “보건의료인력등의 적정 노동시간 확보 및 근무환경 개선을 위하여 노력하여야 한다.”라고 명시하고 있다. 이 지원법에서도 적정인력산정에 관한 중요성을 제시하였는데 현재 이를 실제 수행하는 데 필요한 실제 CT 검사 소요시간에 대한 체계적인 자료 및 근거가 부족한 상황이다.

그래서 본 연구의 목적은 첫째, 주요 병원의 CT 검사 소요시간을 분석하여 상대가치점수에 근거한 인력운영과 방사선사의 적정인력 산정기준을 위한 가이드라인을 제시하고자 한다. 둘째, CT 검사의 업무 흐름도(Work flow)를 제시하여, 검사 전에 환자 안전관리에 필수적으로 행해야 하는 업무시간을 고려하여 방사선사의 시간당 적정 검사량을 제시하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구대상

#### 1) CT 검사의 단계별 적정 프로세스 조사

CT 검사실에서 근무하는 방사선사의 업무 과정을 면밀히 파악하기 위해 수도권 주요 5개 상급종합병원에 경험이 10년 이상의 방사선사들에게 우선순위로 병원의 업무 실태를 사전 조사하였다.

#### 2) 수도권 주요 병원의 CT 검사 소요시간 분석

2020년 10월 1일부터 2021년 12월 31일까지 수도권 주요 5개 상급종합병원에서 CT 검사를 수행한 성인 104,105명과 만 6세 이하 소아 환자 465명의 자료를 수집하여 분석하였다.

2. 연구 방법

1) 자료수집

CT 검사 시간은 검사 접수 시간부터 실시 시간까지의 소요시간으로 계산하였다. 총 소요시간은 환자의 검사 대기시간과 조영제 동의서 설명, 전처치 시간 및 검사 시간이 포함 되어 있다. 데이터의 정확도 향상을 위하여 5분 이하와 1시간 이상의 검사 시간과 3D 영상처리 시간은 제외하였으며, 병원의 업무환경에 따라 장비 가동률과 인적 가용률이 상이 하여 주요 업무시간(08:00—17:00)에서 수집한 데이터로 분석하였다.

2) 데이터 분석

CT 검사 시간을 인체의 주요 검사 부위에 따라 구분하고 조영제의 사용 여부에 따라 세부적으로 나누었다. 그리고 심장 CT(Cardiac CT)처럼 특수하게 전처치 및 준비가 필요한 검사 및 Single-phase 검사가 아닌 Multi-phase를 필요로 하는 검사, 그리고 중재적 시술 검사 등 장시간이 소요되는 검사는 별도로 분리하여 분석하였다. 또한, 환자의 연령에 따라 성인과 진정이 필요한 만 6세 이하의 소아로 구분하여 비교 분석하였다. 이를 구체화하면 다음과 같다(Table 1).

- ① 검사 부위별 조영제 사용 유무에 따른 소요시간
- ② 검사 부위별 Single-phase & Multi-phase 검사에 따른 소요시간
- ③ 검사 부위별 성인/소아에 따른 소요시간
- ④ CT 유도하 시술의 소요시간

3. 통계 분석

조영제 사용 유무, Single-phase & Multi-phase 유무, 성인/소아에 따른 소요시간은 독립표본 t-test 를 이용하여 차이를 비교하였다. 연속적인 데이터의 수치들은 평균 ± 표준편차(Standard Deviation; SD)로 표시하였고, p-value 는 0.05를 사용하였다. 통계프로그램은 SPSS(Version 18, SPSS, Chicago, IL, USA)를 이용하였다.

III. 결과

1. CT 검사의 업무 과정

1) 검사 프로세스에 따른 단계 및 소요시간

조사한 수도권 주요 상급종합병원의 CT 검사과정은 Fig. 1과 같다. 접수단계에서는 환자 정보와 처방 확인 및 필요한 경우 탈의와 물 복용을 안내한다. 조영제의 사용 여부에 따라서 간호사는 조영 증강이 필요한 검사는 간호사가 조영제 사용동의서 설명과 정맥주사(Intravenous; IV) 및 전처치 등을 시행한다. 방사선사는 검사 전 환자명 및 생년월일 등 인적 사항을 재확인한 후 탈의 및 물복용, IV 확보와 전처치 시행 여부 등의 환자 스크리닝을 시행하고 검사를 진행한다. 그 후에 검사 위치잡이(Positioning) 및 검사에 대한 설명을 수행하고 조영제 자동주입기(Autoinjector)의 실린지(Syringe) 및 코일(Coil) 내 잔존 공기 여부를 확인한다. CT 검사처방에 따라 조영증강이 필요한 경우에 간호사는 IV 루트에 코일을 연결하고 조영제를 주입한다. 방사선사는 조영제 주입과 CT 검사과정에서 환자 상태 및 조영제 주입압력을 관찰한다. CT 검사가 종료되면 영상의 화질을 확인하고 검사실로 들어가서 환자 케어 및 IV 루트를 제거한다. 이때 조영제 부작용(Side effects) 및 혈관 외 유출(Extravasation) 발생 시 간호사에게 알리고 처치실로 환자를 안내한다. 이후 방사선사는 테이블과 조영제 자동주입기를 정리하고 검사를 마친다(Fig. 1).

이 일련의 검사과정에서 접수단계와 간호처치 시간을 제외한 상황에서 조영제를 사용한 CT 검사의 총 소요시간(Duration time)은 일반적으로 1인의 방사선사가 수행 시 약 13분, 그리고 실제 환자를 응대하는 2명의 방사선사가 진행된다면 9분이 소요되는 것을 확인하였다(Table 2). 제시된 CT 검사의 검사 시간에는 검사 전 환자 확인, 검사 스크리닝과 설명, 손 위생 시간 등이 포함되어 있다. 전제조건으로 감염예방을 위하여 각 검사 수행과정 사이에 30-50초 가량의 손 위생 시간이 필수적으로 소요되어 이를 포함했으

Table 1. Classification for data collection of CT examination time

Category	Classification
Anatomical parts	Head & Neck, Chest, Abdomen, Extremity, Spine, Cardiac CT
Contrast enhancement phase	Single, Multi-phase
Contrast enhancement	With CM injection, Without CM injection
Patients	Adult( ≥ 7 years), Pediatric( < 7 years)
Interventional procedure	Biopsy, RFA

\*Note: RFA: Radio-frequency Ablation, CM: Contrast Medium

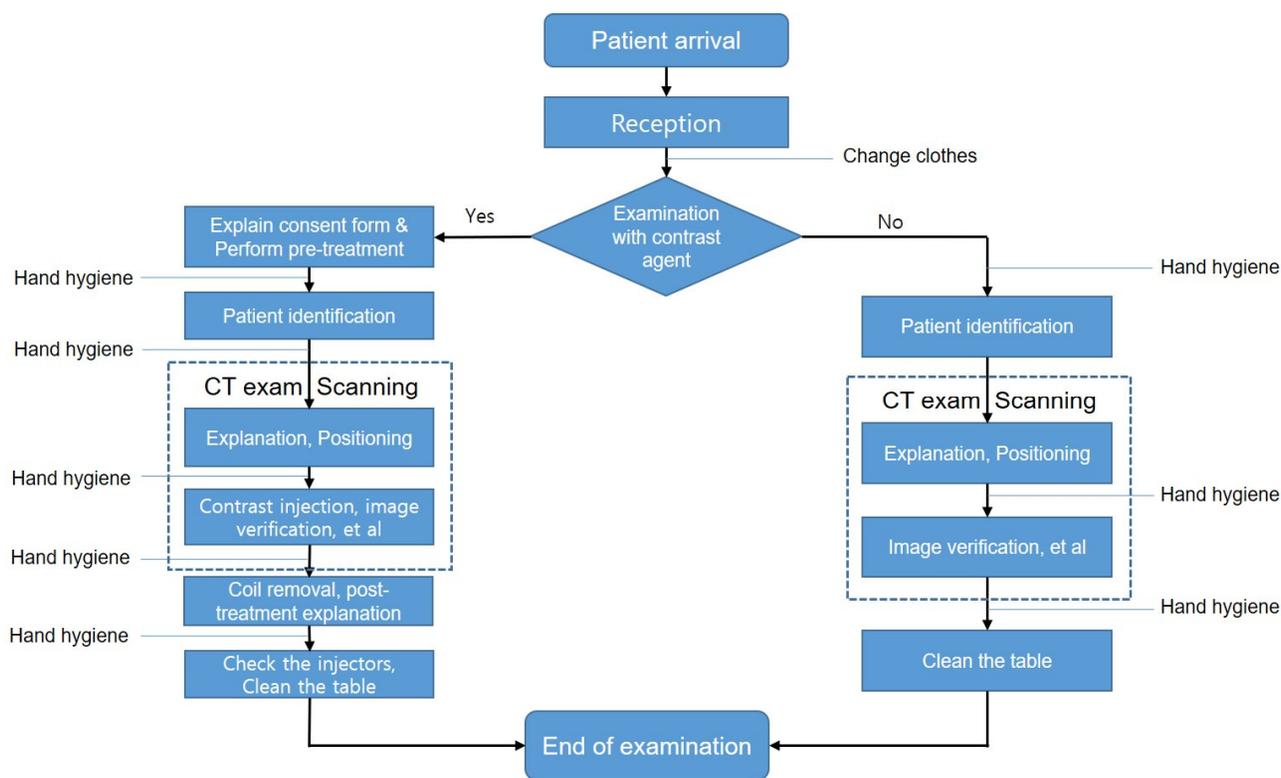


Fig. 1. Flowchart of CT examination with/without contrast medium injection

Table 2. Time required for contrast injection CT examination according to specific steps

Examination Procedure	Number of Rad Tech (N)	1		2	
		Main	Sub	Main	
Before Examination	Guide patient - pre-treatment and IV verification - water use and undress guide	60	Guide patient - pre-treatment and IV verification - water use and undress guide	60	
	Call patient & check patient information	30	Call patient & check patient information	30	
	Hand hygiene	30	Hand hygiene	30	Hand hygiene
During Examination	Explain procedure & breathing guide Patient positioning	30	Explain procedure & breathing guide	30	Enter patient information on equipment Confirm EMR prescription Confirm clinical manifestation
	Hand hygiene	30	Hand hygiene	30	
	Injector preparation contrast agent filling & air check Coiling	50	Injector preparation contrast agent filling & air check Coiling	50	Equipment Control - W/L Query & Scanning
	Equipment Control - W/L Query & Scanning	180			EMR Check - check prescription and clinical manifestation
	EMR Check - check prescription and clinical manifestation				
Hand hygiene	30				

Examination Procedure	Number of Rad Tech (N)	2				
	Work classification	Main	Sub		Main	
During Examination	Administration of contrast medium Check patient and injector Post-scan & image confirmation	90	Administration of contrast medium	60	Check patient and injector Post-scan & image confirmation	-
	Hand hygiene	30	Hand hygiene	30	Enter contrast medium and consumable material Conducting a computerization Confirmation of image transmission	-
	Enter contrast medium and consumable material EMR computerization Confirmation of image transmission	30				
	Hand hygiene	30	Hand hygiene			30
After Examination	Patient Care - Remove IV - Post procedure description and guide administration dept	80	Patient Care - Remove IV - Post procedure description and guide administration department			40
	Room & Table clean up	60	Room & Table clean up			30
Total Examination Time	Seconds	760	520			
	Minutes	12.7	8.7			

며, 실제 스캔 시간은 복부검사를 기반으로 60-90초로 설정하였다.

## 2. CT 검사의 소요시간 분석

### 1) 검사 부위에 따른 검사 시간 평가

검사 부위는 두경부(Head & Neck), 흉부(Chest), 복부(Abdomen), 척추(Spine), 상 & 하지(Upper & Lower extremity)로 조영제 사용 유무에 따른 전체 검사 소요시간은 Table 3에 나타내었다.

#### (1) 두경부

두경부 부위에서 조영제를 사용하지 않은 주요 검사명과 특징은 다음과 같았다. Brain, Facial bone, OMU, Head 3D, Temporal bone, PNS CT - 건수, 5,949건; 평균 소요시간, 17 ± 6분; 또한, 조영제를 사용하는 주요 검사명과 특징은 다음과 같았다. Brain, Facial bone, PNS, Neck (Larynx, Salivary gland 포함), Orbit, Brain angiography, Neck angiography - 건수, 3,509건; 평균 소요시간, 25 ± 7분; 조영제 사용 유무에 따른 두경부 전체 검사 소요시간은 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $P < 0.05$ )(Table 3).

대표적인 부위별 구체적인 소요시간은 Table 4에 나타내었다. 부위별 같은 검사(예를 들어 Brain CT[with contrast medium injection] vs. Brain CT[without contrast medium injection])끼리도 전체 두경부 CT의 결과와 비슷하게 유의한 차이를 보였다.

#### (2) 흉부

흉부 부위에서 조영제를 사용하지 않은 주요 검사명과 특징은 다음과 같았다. Chest low dose, Chest, HRCT (Highresolution CT): 건수, 9,867건; 평균 소요시간, 19 ± 5분; 또한, 조영제를 사용하는 주요 검사명과 특징은 다음과 같았다. Chest, Chest + Abdomen (2 code), Chest ± Pulmonary Thromboembolism(PTE), PTE + DVT (Deep vein thrombosis) CT: 건수, 10,321건; 평균 소요시간, 25 ± 5분; 흉부 부위 또한 조영제 사용 여부에 따른 소요시간은 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $P < 0.05$ )(Table 3).

흉부 부위의 대표적인 부위별 구체적인 소요시간은 Table 5에 나타내었고, 전체 결과를 반영하는 수치를 제시하였다.

#### (3) 복부

복부 부위에서 조영제를 사용하지 않은 주요 검사명과 특

**Table 3.** Classification of CT duration time according to different body parts with contrast enhancement or without contrast enhancement (unit = minutes)

Body Parts	Duration Time (minutes)				p-value
	With contrast medium injection	The number of total exams (N)	Without contrast medium injection	The number of total exams (N)	
Head & Neck	25 ± 7	3509	17 ± 6	5949	<0.05
Chest	25 ± 5	10321	19 ± 5	9867	<0.05
Abdomen	33 ± 10	20366	19 ± 5	2222	<0.05
Spine	N/A	N/A	20 ± 6	982	N/A
Upper & Lower Extremity	33 ± 11	271	20 ± 5	747	<0.05

\*Note: N/A = Not applicable

**Table 4.** Total CT duration time according to specific examinations with contrast enhancement or without contrast enhancement in Head & Neck CT

Without contrast medium injection			With contrast medium injection		
Examination	The number of total exams (N)	Duration time (minutes)	Examination	The number of total exams (N)	Duration time (minutes)
Brain CT	4655	17 ± 6	Brain CT	110	22 ± 3
Facial bone, OMU, Head, PNS CT	803	15 ± 6	Facial bone, PNS, Orbit CT	308	24 ± 9
Temporal bone CT	257	22 ± 3	Neck CT	1873	27 ± 7
			Brain & Neck Angiography	1218	24 ± 5

**Table 5.** Total CT duration time according to specific examinations with contrast enhancement or without contrast enhancement in Chest CT

Without contrast medium injection			With contrast medium injection		
Examination	The number of total exams (N)	Duration time (minutes)	Examination	The number of total exams (N)	Duration time (minutes)
Chest low dose CT	3862	17 ± 8	Chest CT	7644	24 ± 6
Chest CT	2307	20 ± 5	PTE, Chest + PTE	506	26 ± 5
HRCT	3698	20 ± 3	Chest + Abdomen	2171	26 ± 6

징은 다음과 같았다. Abdomen, Abdomen & Pelvis, Urinary stone, Lipiodol CT: 건수, 2,222건; 평균 소요시간, 19 ± 5분; 또한, 조영제를 사용하는 주요 검사명과 특징은 다음과 같았다. Abdomen, Abdomen & Pelvis, Abdomen & Pelvis Dynamic (i.e., Liver & Pelvis 검사처럼 복부 범위의 조영제 주입 후 2 phase & 3 phase 검사), Stomach, Kidney, Adrenal, Urography, Colon CT: 건수, 20,366건; 평균 소요시간, 33 ± 10분; 복부 부위 또한 조영제 사용 유무에 따른 전체 소요시간은 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $P<0.05$ )(Table 3).

복부 검사는 다른 부위와 다르게 조영증강 시 다양한 phase 검사를 수행하기 때문에 Single-phase와 Multi-phase에 따른 검사 시간을 구체적으로 분석하였다(Table 6). Single-phase CT와 Multi-phase CT 사이에는 약 30%의 소요시간의 증가 그리고 Urinary track 쪽의 Multi-phase CT와 비교 시 50%의 소요시간 증가가 보였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $P<0.05$ )(Table 6). 그리고 발포제를 사용하거나 이산화탄소를 이용하여 검사를 진행한 Stomach CT와 Colon CT 또한 평균 35분이 넘어가게 소요 시간이 걸린 것을 확인할 수 있었다.

**Table 6.** Classification of CT duration time according to different contrast enhancement phases

Contrast enhancement phase	Duration time (minutes)	The number of total exams (N)	<i>p</i> -value	
Single-phase CT <sup>1</sup>	26 ± 6	12759	<0.05	
Multi-phase CT <sup>2</sup>	34 ± 8	4341	(1 vs 2)	<0.05
Multi-phase & Urinary track <sup>3</sup>	40 ± 11	1286		(2 vs 3)
Stomach CT	36 ± 6	636		
Colon CT	37 ± 6	49		

\*Note: An independent sample t-test was performed between the two groups (i.e., 1 vs 2, and 2 vs 3).

(4) 척추 & 상·하지

척추 및 상·하지 부위에서는 조영제를 사용하지 않은 주요 검사명들이 주였는데 다음과 같았다. C-spine, T-spine, L-spine, Whole spine CT 등: 건수, 711건; 평균 소요시간, 20 ± 6분; 또한, 조영제를 사용하지 않은 골반강 부분(Pelvic cavity)의 주요 검사명은 다음과 같았다. Pelvic cavity, Hip CT: 건수, 271건; 평균 소요시간, 20 ± 2분; 상·하지 부위에서 조영제를 사용하지 않은 주요 검사명은 다음과 같았다. Hand, Wrist, Forearm, Elbow, Humerus, Shoulder, Knee, Tibia, Ankle, Foot, Lower leg CT 등: 건수, 747건; 평균 소요시간, 20 ± 5분; 또한, 조영제를 사용하는 주요 검사명과 특징은 다음과 같았다. Upper extremity angiography, Lower extremity angiography CT: 건수, 271건; 평균 소요시간, 33 ± 11분; 여기서 상·하지 CT 검사 시 조영증강하는 검사는 주로 혈관조영(angiography)이었다.

(5) 심장 CT 및 CT 유도하 시술

심장 CT의 경우 위에 언급된 5개 body part에 따른 분류로 구분하였다. 그 이유는 기본적으로 심장 CT 검사 시 환자의 심장박동수(heart rate)를 고려하여 전치치 등이 필요하며, 검사 시 심전도(Electrocardiogram; ECG)를 이용하

여 수행하는 것이 기본인데, ECG를 수행하는 여부에 따라서 확연하게 검사 시간 차이가 나기 때문에 이를 고려하여 분석하려 했기 때문이다.

심장 부위에서 조영제를 사용하지 않은 주요 검사명과 특징은 다음과 같았다. Cardiac for calcium scoring CT: 건수, 57건; 평균 소요시간, 23 ± 8분; \*ECG gating 하는 검사; 반면에 심장 부위에서 조영제를 사용하며 ECG를 사용하는 주요 검사명과 특징은 다음과 같았다. Coronary angiography, Pulmonary vein, Heart, Coronary angiography + Aorta angiography CT: 건수, 890건; 평균 소요시간, 41 ± 12분; \*ECG gating 하는 검사; 마지막으로 심장 부위 근처 대동맥 혈관검사로써 조영제를 사용하되 ECG를 사용하지 않는 주요 검사와 특징은 다음과 같았다. Aorta angiography, Aortic dissection CT: 건수, 441건; 평균 소요시간, 30 ± 6분; \*EKG gating 안 하는 검사; 위의 세 검사들의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(*P*<0.05)(Table 7).

CT 유도하 시술은 보통 생체검사(biopsy)와 고주파 절제술(Radiofrequency ablation; RFA)가 있는데 이는 큰 병원에서만 주로 수행하기에 경우가 적어 많은 검사의 수치를 통계적으로 분석하지는 못하였고, 수행하는 병원들의 평균 소요시간을 조사하여 획득하였다.

**Table 7.** Classification of CT duration time of cardiac CT and interventional procedure

Exam Study	Duration time (minutes)	The number of total exams (N)	<i>p</i> -value	
Cardiac	CACS <sup>1</sup>	23 ± 8	57	<0.05
	CACT (+ Aorta) <sup>2</sup>	41 ± 12	890	(1 vs 2) <0.05
	Aorta angiography <sup>3</sup>	30 ± 6	441	(2 vs 3)
Interventional study	Lung Biopsy	40		
	Bone Biopsy	50		
	RFA	60		

\*Note: CACS: Coronary Artery Calcium Scoring, CACT: Coronary Artery CT, Aorta angiography: No ECG gating examination, RFA: Radiofrequency Ablation, An independent sample t-test was performed between the two groups (i.e., 1 vs 2, and 2 vs 3).

**Table 8.** Classification of CT duration time according to patient age (unit: minutes)

Exams	With contrast medium injection			Without contrast medium injection		
	Adult	Pediatric(≤6)	p-value	Adult	Pediatric(≤6)	p-value
Head & Neck	25 ± 7	67 ± 26	<0.05	17 ± 6	55 ± 28	<0.05
Chest	24 ± 6	61 ± 24	<0.05	19 ± 5	52 ± 25	<0.05
Abdomen	26 ± 6	61 ± 25	<0.05	19 ± 5	N/A	N/A

## 2) 환자의 연령에 따른 검사 시간의 비교 평가

만 6세 이하 소아 환자 465명의 데이터가 성인 CT 검사 시간과 비교를 위해 분석되었다. 그 중, 조영제 사용한 데이터가 총 289건 그리고 조영제를 사용하지 않은 검사가 176건이었다. 결과적으로 성인과 소아 환자의 검사 시간 비교 시 세 부위(두경부, 흉부, 복부) 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $P<0.05$ )(Table 8). Table 7의 성인의 검사 시간 중 Head & Neck은 위에서 제시했던 조영제 사용 유무에 따른 전체 검사 시간과 비교하였고, Chest와 Abdomen 부분에서 조영제 사용 검사 시에는 Single-phase 검사 기준으로 비교하였다. 만 6세 이하 소아의 경우 조영제 사용 유무에 따른 검사 시간의 차이는 성인보다 크지 않음을 확인할 수 있었고, 전체적으로 접수부터 검사가 끝나는 시간까지 약 60분 정도의 시간이 소요되는 것을 확인할 수 있었다. 이 소요시간은 성인 검사와 비교하였을 때 모두 2배가 넘는 시간이었다.

## IV. 고 찰

보건의료서비스는 국가의 대표적 기반산업으로 경제에 미치는 파급효과가 크고 지식 창출과 활용에 매우 중요한 부분에서 역할을 한다. 특히, 보건의료서비스산업의 생산요소 중 높은 비중을 차지하고 있는 의료인적자원은 서비스 공급의 중추적 역할을 담당하고 있으므로 이에 대한 합리적인 계획 및 정책 수립이 필요하다[9]. 방사선의 진단 및 치료 의존도가 의료 이용량의 6-10%를 차지하고 있으며 이러한 방사선의 의료 이용도는 세계적으로 매년 5-10% 정도의 증가추세에 있다[10]. 특히, 진단 영상 분야에서 CT는 인체의 단면에 대한 재현 능력이 매우 우수한 장점과 함께 현재는 장비 및 재구성기법의 발전으로 저선량으로 높은 질의 영상 및 3D 영상을 추가로 획득할 수도 있어 예전보다 더 활용영역이 넓어지고 있다[11-13]. 이런 배경으로 CT 검사를 수행하는 방사선사들은 장비의 발달로 인한 영상획득 시간 감소에도 불구하고, 3D 영상재구성업무 및 증가한 환자의 예약스케줄 관리 그리고 환자 응대 영역이 더 길어진 상황이다. 또

한, CT 검사의 조영제 부작용 관리, 손 위생 및 감염 관리 등에 관한 기준이 강화되어[14,15], 환자와 관련된 검사업무 수행 시 예전보다 많은 시간이 필요하게 되었다.

하지만 지금까지 방사선사는 병원 내 구조적인 측면에서 적절한 인력산정 및 업무 소요시간에서 객관적으로 평가받지 못한 실정에 있다. CT 검사는 보통 예약스케줄을 통한 검사를 진행하고 있는데, 특히, 상급종합병원 이상급에서는 검사 프로세스에 따른 단계 및 소요시간 중 환자가 검사실에 들어갔다가 나오는 스캔 시간만을 고려하여 예약스케줄을 이용하는 경향이 있다. 하지만 여기서 그 검사실 내 스캔 시간 안에 적절한 손 위생 및 감염 관리가 철저하게 이뤄지는지는 아직 의문이다. 본 연구에서 조영제 사용 검사 시 프로세스에 따른 소요시간을 확인하였을 때 1인의 방사선사보다는 환자 응대에 2인의 방사선사가 함께 참여 시 약 40-45%를 효율적으로 이용할 수 있다는 결과를 도출하였다. 여기에 조영제를 사용하지 않는 검사를 수행할 경우 검사 전 조영제 사용동의서 설명과 정맥주사 및 전처치 업무가 제외되고, 검사 진행 중 조영제 주입과 후 처치 과정 및 조영제 자동주입기의 사용이 없으므로 환자의 대기시간과 검사 시간이 단축될 것으로 생각된다. 결과적으로 환자 대기가 많은 병원에서 환자의 대기시간도 줄이고 환자에게 좋은 질의 의료서비스를 제공하기 위해서는 응대하는 방사선사가 2명은 되는 것이 좋을 것으로 생각한다. 그래야만 적절한 시점에 환자 안전 및 감염 관리를 잘 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 기존 CT 검사의 상대가치점수 부여의 확장을 위해 임상 현장에서 적용할 수 있는 적절한 CT 검사의 소요시간에 대하여 성인 104,105명과 만 6세 이하 소아 환자 465명의 데이터를 이용하여 분석하였다. 결과를 요약하면 성인 대상으로 전체 CT 검사의 소요시간은 조영제를 사용하지 않을 경우 약 19분(범위:11-26분)이 걸렸고, 조영제를 사용한 검사의 경우 약 29분(범위:18-44분)이 소요되었으며, 소아의 경우는 협조가 안 될 경우 진정마취를 이용하기에 조영제 사용유무에 관계없이 약 59분(범위:27-93분)이 걸리는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 조영제 사용 여부, 검사 부위별, 성인과 소아 등에 상당히 소요시간의 차이가 있다는 것을 통계적으로 나타냈는데, 이는 향후 상대가치점

수 증대 및 예약스케줄 설정에 고려해야 할 것으로 보인다. 실제 기본적인 두경부, 흉부, 복부 부위 외에도 위장, 대장, 심장 CT와 함께 혈관조영검사 등 다양한 3D 기법이 사용되며 이를 수행하는 추가 인력이 필요할 수 있는데 이런 부분이 수가에 반영이 되어 인력증진에 도움이 되어야만 한다. 또한, 검사에 따른 예약스케줄의 차등을 두어 현장에서 검사를 수행하며 환자를 응대하는 방사선사의 업무량을 일부 감소시켜 그 시간을 온전히 환자 안전 및 감염 관리에 신경을 쓸 수 있게 해야만 한다. 위에 대한 지침의 설정을 위해 우리는 실제 CT 검사의 단계별 과정에 따른 시간을 부여(스캔 시간: 60-90초)하여 1인의 경우 약 13분 그리고 2인의 경우 9분의 검사 시간을 도출해내었다. 그러나 여기서 실제 조영증강 검사는 단순 Single-phase 검사를 가정하여 제시한 것으로 Multi-phase 검사와 혈관조영 또는 심장 CT에서는 추가적으로 검사 시간이 증가될 수 있다. 여기서 또 추론할 수 있었던 내용은 대형병원에서 대부분 환자의 대기시간이 10-15분은 최소한 걸린다는 점이었다. 예를 들어 조영제를 사용한 검사의 경우 평균 29분 정도가 걸렸는데, 여기서 위에 제시된 13분을 제외하면 16분의 환자의 대기시간이 발생한다. 또한, 조영증강을 하지 않는 두경부와 흉부 CT 검사 시 약 18-19분의 소요시간 결과가 나왔는데 여기에서는 위에 제시한 13분보다는 적게(13분은 조영증강 검사 시 적용된 내용이며, 실제 조영증강을 하지 않았을 때는 시간이 단축됨) 적용시켰을 때 약 10분의 대기시간이 발생한다고 볼 수 있다. 즉, 현재 대형병원은 환자를 대기시켜놓고 계속해서 빠른 CT 검사를 수행하게 만드는 시스템인데, 중간에 병동 또는 응급실의 응급환자 등이 발생하거나 검사한 외래/병동 환자가 조영제 부작용으로 인해 아나필락시스 등이 발현한다면 더 많은 대기시간이 발생하며 근무환경은 더 악화될 수 있는 것이다. 이에 대한 상황을 다시 반대로 생각하면 예약스케줄 설정 시 잠재하는 위험요소(응급환자 추가와 환자의 안전을 위한 후처치) 및 검사별 소요시간이 긴 검사들을 수행할 수 있는 확률을 고려하여 위에서 제시한 최소 시간보다는 약 10-20% 정도 증가시켜 설정한 후 응급환자나 추가 검사를 수행하는 것이 좋다는 것이다. 즉, 1인의 방사선사일 때 15분, 2인일 경우 10분을 기본으로 예약스케줄 설정을 하되 본 연구에서 상대적으로 스캔 시간이 더 오래 걸리는 심장 CT 또는 소아 검사의 경우는 최소한 5분은 추가하여 예약스케줄을 1인일 때 최소 20분 이상의 스케줄로 설정을 해야 바람직할 것이라 생각된다. 결과적으로 본 연구자들은 1인의 방사선사가 근무한다면 15분에 1명에 하루 8시간 근무조건으로 일 평균 32명 그리고 2인의 경우 10분에 1명으로 일 평균 48명을 검사하는 것이 한계업무량이라

고 도출하였다. 하지만 이는 한계업무량으로써 실제로는 다양한 CT검사 종류에 따라 그리고 환자의 안전 및 감염관리 개선을 위하여 더 노력하는데 시간을 소요하고 예약스케줄 설정은 좀 더 여유있게 설정을 할 필요가 있다고 판단된다.

소요시간 분석 결과에 따른 CT 검사의 기존 예약시스템의 개선 및 적정인력 산출에 대한 이슈는 방사선사들의 과도한 업무량을 줄이고 적절한 시점에 환자에게 적절한 케어를 할 수 있게 필요하다고 생각된다. 본 연구는 사례연구로써 수도권 주요 상급 병원에서 예약스케줄 구성에 반영해야 할 인자들을 파악하고 구체적으로 방향성을 제시하였다. 결과적으로 검사 소요시간에 비례한 운영스케줄 및 적정인력이 반드시 반영되어야 할 것으로 판단되며, 특히 적정인력은 환자의 안전한 검사와 직원의 안전한 업무환경을 유지하기 위하여 재평가되어야 한다고 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 병원마다 구축된 전산시스템이나 시설환경이 다르고 업무환경, 근무 인원, 근무시간에 따라 다르므로 검사 시간을 세부적으로 분류하여 측정하는 것에 시간적, 물리적 제한이 있었다. 즉, 조사 시간이 정규시간(8:00-17:00)에 한정되어 2교대 및 3교대 그리고 나이트 업무 등에 대한 제반 사항의 고려가 부족하여 이에 대한 보완이 필요할 것으로 생각된다. 하지만 본 연구에서는 조영증강여부, 검사 부위별, 성인과 소아 등 같은 조건에서 비교하여 데이터를 제시하였기에 각 관계에 따른 상관관계는 결과와 같을 것으로 판단한다. 둘째, 본 연구는 후향적인 분석을 통해서 수행하였기에 검사 프로세스에 따른 단계가 병원별 모두 동일하지 못 한 부분이 있었다. 하지만 이 또한 손 위생 시점 등 일부를 제외하고는 결과에 크게 영향을 미치지 않았을 것으로 생각한다. 마지막으로 본 연구는 의무기록 데이터 중 개인정보를 제외하고 추출할 수 있는 환자의 접수부터 CT 검사의 종료 시간의 소요시간만 측정할 수 있었다는 한계가 있었다. 이에 대해 추후에는 전향적 연구로서 미리 프로세스를 비슷하게 맞춰 놓은 상태에서 실제 CT 검사의 소요시간과 함께 검사실에 들어가서 나올 때까지의 검사 시간도 함께 조사해 분석해야만 더 정확한 결과를 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 위의 일부 한계점에도 불구하고 본 연구는 기존의 임상 데이터 자료의 부족으로 제시할 수 없었던 실제 검사 프로세스에 따른 단계 및 시점별 소요시간을 제시하여 1인 또는 2인의 환자 응대 방사선사가 적절한 감염 관리 등을 수행하였을 때 걸리는 시간을 시각화가 잘 될 수 있는 차트로 제시하였다. 또한, 실제 다양한 조건의 검사 별 소요시간을 제시함으로써 예약스케줄 설정 시 고려해야 할 가중치에 대해서 나타낼 수 있었다. 하지만 검사에 대한 소요시간은 의료기관별 편차가 많

을 것이라 사료되고, 방사선사의 역량부분에 대한 고려도 필요하기에 추후 이런 부분에 대한 한계점을 보완한 후속연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

기존의 간호사 협회 등에서는 간호사 직무스트레스 평가제도 마련에 관한 정책연구를 수행하여 간호사 직무스트레스에 대해서도 많은 관심과 함께 해결책을 제시해왔었고 [16], 병리사 단체도 세포병리사의 업무량에 따른 적정인력 산정을 위한 업무 실태에 대한 기초조사를 수행했었다 [17]. 하지만 방사선사의 직무스트레스와 관련된 자료는 아직 많지 않은 실정인데, 다른 직무(일반촬영 등)를 수행하는 방사선사 수의 적정인력선정에 관한 연구가 더 발전되어 수행하기를 바라며 본 연구 결과가 지침이 되어 유용한 참고자료로써 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## V. 결론

대학병원 또는 상급종합병원의 CT 검사를 수행하는 방사선사의 적정인력은 온전히 환자 검사 및 응대를 하는 인원이 2명 이상일 때 약 40% 효율과 함께 적절한 환자 안전관리 및 감염 관리를 수행할 수 있다. 또한, CT 검사의 조영제 사용 유무, 검사 부위별, 그리고 환자 나이별 소요시간의 차이를 고려한 예약스케줄 조정은 방사선사의 직무스트레스를 줄이고 양질의 의료서비스 제공과 안전한 의료환경 구축에 꼭 필요한 필수조건이다. 마지막으로 전체 결과를 종합하였을 때, 1인의 방사선사가 근무 시 15분에 1명으로 일 평균 32명 그리고 2인의 경우 10분에 1명으로 일 평균 48명을 검사하는 것을 한계업무량으로 볼 수 있다. 이는 한계업무량으로서 실제 영상 획득 시 소요시간이 더 걸리는 검사의 경우 예약스케줄 설정 간격을 더 넓혀야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] Rogalla P, Kloeters C, Hein PA. CT technology overview: 64-slice and beyond. *Radiol Clin North Am*. 2009;47(1):1-11.
- [2] Hsieh J, Flohr T. Computed tomography recent history and future perspectives. *J Med Imaging (Bellingham)*. 2021;8(5):052109.
- [3] Lee MK, Lim CH. Survey of CT Practice and Collective Effective Dose Estimation. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2010;33(3):231-8.
- [4] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*. 2007;357(22):2277-84.
- [5] Cho SJ, Kim D, Yun EJ. The Impact of Diagnostic Imaging Fee Changes to Medical Provider Behavior: Focused on the Number of Exams of Computed Tomograph. *Health Policy and Management*. 2018;28(2):138-44.
- [6] Hsiao WC, Braun P, Becker ER, Thomas SR. The resource based relative value scale. Toward the development of an alternative physician payment system. *JAMA*. 1987;258(6):799-802.
- [7] Kim HJ, Shon MS, Cho WH, Park EC, Cheon BY, Lee SH, et al. An overview of Korean resource-based relative scale. *Korean J. of Health Policy & Administration*. 1995;5(2):202-12.
- [8] Ministry of Health and Welfare. Health and Medical Manpower Support Act, 2020 [cited 2022 April 8]. Available from: <https://www.law.go.kr>
- [9] Kim SH, Lim Y. A Proposal to Control System and the Problems of the Problems of the Report about Supply and Demand for Medical Technicians and Management Policy. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2008;13(4):25-30.
- [10] Kang CG, Oh KB, Park HH, Oh SH, Park MS, Kim JY, et al. A Study on the Individual Radiation Exposure of Medical Facility Nuclear Workers by Job. *J Nucl Med Technol*. 2010;14(2):9-16.
- [11] Kong HG, Lee KB. Radiation Dose Comparison according to Different Organ Characteristics at Same Scan Parameters Using CareDose 4D: An Adult and Pediatric Phantom Evaluation. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2019;42(4):271-7.
- [12] Lee KB, Goo HW. Quantitative Image Quality and Histogram-Based Evaluations of An Iterative Reconstruction Algorithm at Low-to-ultralow Radiation Dose Levels: A Phantom Study in Chest CT. *Korean J Radiol*. 2018;19(1):119-29.
- [13] Lee KB, Goo HW. Comparison of quantitative image quality of cardiac computed tomography between raw-data-based and model-based iterative reconstruction algorithms with an emphasis on image sharpness. *Pediatr Radiol*. 2020;50(11):1570-8.

- [14] Korea Centers for Disease Control and Prevention, Coronavirus Infectious Disease-19 (COVID-19) Infection prevention and control. 2020. [cited 2022 April 12]. Available from: [http://ncov.mohw.go.kr/upload/ncov/file/202005/1588729759314\\_20200506104920.pdf](http://ncov.mohw.go.kr/upload/ncov/file/202005/1588729759314_20200506104920.pdf)
- [15] Chun JW, Kim HB. Hand hygiene. J Korean Med Assoc. 2018;61(1):13-20.
- [16] Baek H, Yun MR, Kim IA, et al. A Policy Study on the Establishment of the Nurse Occupational Stress Scale Assessment. 2018. [cited 2022 April 12]. Available from: <https://www.kosha.or.kr/kosha/researchField/researchReportSearch.do?mode=view&articleNo=408282&article.offset=0>
- [17] Jee SI, Ahn YH, Ha HJ, Kang JE, Won JH. Working Conditions that Impact the Workload of Cytotechnologists: A Study Calculating the Actual Man Power Required. Korean J Clin Lab Sci. 2021;53:174-87.

구분	성명	소속	직위
제1저자	이기백	충북보건과학대학교	조교수
공동저자	김영균	삼성서울병원	방사선사
공동저자	김은혜	고려대학교	박사대학원생
교신저자	김연민	원광보건대학교	부교수