

# Phantom을 이용한 뇌 관류 CT검사에서 방사선 피폭선량에 관한 연구

정홍량<sup>1\*</sup>, 김기정<sup>2,3</sup>, 모은희<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한서대학교 방사선학과, <sup>2</sup>한서대학교 보건의료학과, <sup>3</sup>건국대학교병원 영상의학과, <sup>4</sup>원광대학교병원 영상의학과

## A Study on the Radiation Exposure Dose of Brain Perfusion CT Examination a Phantom

Hong-Rynag Jung<sup>1\*</sup>, Ki-Jeong Kim<sup>2,3</sup>, Eun-Hee Mo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Radiological Science, Hanseo University,

<sup>2</sup>Dept. of Health Care, Hanseo University,

<sup>3</sup>Dept. of Diagnostic Radiology, Konkuk University Medical Center,

<sup>4</sup>Dept. of Diagnostic Radiology, Wonkwang University Hospital

**요약** 본 연구의 목적은 급성기 허혈성 뇌졸중 환자의 뇌 관류 CT검사 시 피폭선량을 알아보고자 하였다. 특히, 방사선 감수성이 높은 장기들의 장기선량(Organ dose)을 팬텀과 유리선량계를 이용하여 실측해보고, 제조사가 제시한 기존 프로토콜(고정시간기법)과 새로 제시한 융합 프로토콜(조영제 추적기법)을 적용하여 선량을 측정하여 보고, 피폭선량 저감화 방안을 마련하고자 하였다. 분석결과 기존 프로토콜과 비교하여 새로 제시한 융합 프로토콜에서 최고 39.8%, 최저 5.8% 장기선량이 감소하였고, 검사 피폭선량인 CDTI<sub>vol</sub>과 DLP 값은 각각 25% 감소하였으며, 권고 선량 이하로 측정되었다. 위의 분석결과를 바탕으로 기존에 제시된 프로토콜을 점검해보고, 새로 제시한 융합 프로토콜을 적용하여 피폭선량을 감소시켜 국민보건향상에 이바지 해야 할 것이며, 다른 검사에서도 최적의 프로토콜을 찾기 위한 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

• **Key Words** : 팬텀, 피폭선량, 관류 CT, 조영제 추적기법, 고정시간기법, 융합 프로토콜

**Abstract** The purpose of this study, was Let's examine the exposure dose at the time of cerebral blood flow CT scan of acute ischemic stroke patients. In particular, long-term high doses of radiation sensitive organs and we Measured using phantom and a glass dosimeter. Apply the existing protocol suggested by the manufacturer (fixed time delay technique) and the proposed new convergence protocol (bolus tracking technique), reporting to measure the dose, dose reduction was to prepare the way. Results up to 39.8% as compared to the existing protocols in a new suggested convergence protocol, a minimum of 5.8% was long-term dose is reduced. Test dose of CDTI<sub>vol</sub> and DLP values decreased 25%, respectively, were measured at less than recommended dose. Try checking the protocol set out in the existing based on the analysis result of the above, by applying the proposed new convergence protocol by reducing the dose would have to contribute to improved public health. It is believed to be research continues to find the optimum protocol in the other tests.

• **Key Words** : Phantom, Dose, Perfusion CT, Bolus tracking technique, Fixed time delay technique, Convergence protocol

\*교신저자 : 정홍량(hrjung@hanseo.ac.kr)

## 1. 서론

1895년 뢰트겐 선생이 X선을 발견하였다. 이후에 X선의 이용은 일상생활에서 생명과학분야, 물류 유통분야, 보안 검색분야를 비롯한 의료분야 등의 많은 부분에 걸쳐 활용되고 있다. 이러한 일상생활에서의 많은 이용은 인류의 삶을 편리하고 풍요롭게 만들었다. 뿐만 아니라 건강한 삶을 지속할 수 있도록 하는데 많은 기여를 해왔다[1,2]. 특히 의료용 X선의 사용은 수명연장과 국민소득 향상과 더불어 증가하였다. 그 결과치과 검사용 방사선 장치를 포함하여 진단용 방사선 발생장치는 국내 각종 병·의원에 7만2626대가 설치돼 있으며, 매년 최대 7%씩 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 검사 건수도 점차로 증가하는 추세에 있다[3].

의료영상장비들의 발달로 진단 검사가 많아지고, 반복되어지면서 방사선 피폭선량은 인체에 암 발생 증가의 원인이 되는 수준에 접근하거나 초과 할 수 있다 [4]. 인공 방사선 피폭 중 가장 많은 비중을 차지하는 것은 의료 피폭이며[5], 방사선은 DNA의 손상, 세포의 변형, 질병 또는 종양을 유발하는 것으로 알려져 있다. 노출기관에 따라서는 많은 양의 피폭이 아닌 방사선 검사에 의해서도 누적효과에 의해 종양유발에 영향을 줄 수 있다고 한다[6].

의학 기술의 발달과 조기치료에 대한 일반인의 의식 변화와 건강관리에도 불구하고, 뇌혈관 질환은 악성종양, 심혈관 질환과 더불어 가장 많은 사망의 원인 중 하나이다. 한국의 경우 뇌혈관 질환은 악성신생물에 이어 두 번째로 가장 많은 사망원인이다. 급성 뇌졸중의 경우 허혈성과 출혈성 2가지로 나뉜다. 허혈성 뇌졸중은 막힌 혈관을 재관류 시키는 혈전용해제 투여와 중재적 시술이 효과를 보이며, 출혈성 뇌졸중은 초기에 뇌압조절 및 수술적 감압술을 시행하는 것이 생명을 연장할 수 있는 유일한 치료방법이다[7]. 급성 뇌졸중의 경우 사망 및 장기간의 불구를 유발하기 때문에 신속한 진단 및 치료가 무엇보다 중요하다[8]. 허혈성 뇌경색 조기 진단방법으로는 단광자 방출 전산화단층촬영, 양전자 방출 단층촬영, 자기공명 분광법, 확산강조 자기공명영상, 전산화 단층촬영 등이 있다 [9,10]. 이 중 관류 CT는 컴퓨터의 소프트웨어의 발전과 더불어 뇌혈용적, 뇌혈류량, 평균 조영제 통과 시간 및 조영제 최고 도달시간 지도를 얻을 수 있어 뇌혈류 역학관계를 자세하게 평가할 수 있다[11]. 관류 CT의 모든 지도에서 병변부위를 인지 할 수 있었다. 고식적

CT에서 이상이 보이지 않았으나, 관류 CT에서는 이상을 조기에 인지 할 수 있어 뇌경색의 조기진단 도구로서 충분함을 알 수 있었다. 최근 미국 식품의약품은 뇌졸중의 진단과 치료를 돕기 위한 뇌 관류 CT검사 도중 과도한 방사선 피폭은 심각한 상해를 입을 수 있다고 발표하였다[12]. 또한 식약처가 제공한 자료[13]에 따르면 2000년 이후에 다중검출기 CT(MDCT)의 사용이 보편화되면서 CT검사 건수가 급격히 증가되었다. 미국은 1980년 연간 CT 촬영 건수는 3백만 건 이었으나, 2006년 촬영 건수는 6천만 건으로 해마다 약 10%의 증가 추세를 보여 왔다 [14]. 건강보험심사평가원의 통계에서 보면 2003년 1백 7십만 여건의 CT 청구건수가 지속적으로 급격히 상승하여 2009년에는 4백 8십여 만 건으로 증가하였고, 2005년 이후 매년 20%정도의 증가추세를 보였다[15].

이에 본 연구에서는 급성기 허혈성 뇌졸중 환자의 뇌 관류 CT검사 시 주요 선속 내외에 있는 방사선 감수성이 높은 장기들이 장기선량(Organ dose)을 측정, 평가하고자 하였다. 또한, 제조사가 제공한 protocol( 고정시간기법)과 새로 적용한 융합 protocol(조영제 추적기법)을 비교 평가하여 선량을 줄이고자 하였다.

## 2. 연구대상 및 방법

### 2.1 연구대상

Phantom을 이용한 뇌 관류 CT의 피폭선량 측정은 장기선량 측정용 인체 모형의 Rando anthropomorphic phantom(ART-200X, Fluke biomedical, USA) [Fig. 1] 과 광학유리선량계 [Fig. 2]를 사용하였다. Rando Phantom은 뼈, 폐, 기도 그리고 조직 등가물질의 성분으로 이루어져 있는 인체와 동일 구조이다. Phantom은 36개의 단면으로 구성되어 있고, 각 단면의 두께는 2.5 cm이며, 175 cm의 길이와 75 kg의 체중을 갖는 성인에 비교된다. 각 단면은 5 mm의 직경을 가진 구멍이 3 cm 간격으로 배열되어 있어 열광광소자의 삽입이 가능하도록 제조되어 있다. 유리선량계는 GD-300 series를 사용하였으며, 교정절차에 따라 방사선을 표준 조사하고 교정하여 사용하였다. 유리선량계는 인산유리에 Ag를 입힌 것으로 그 원리는 방사선에 조사되면 방사선의 흡수량에 비례하여 발광중심이 형성되고 이것에 자외선을 비추면 장파장의 형광이 방출되는 현상(RPL ; Radio Photo Luminescence)을 이용하여 측정 한다[16][Fig. 3].



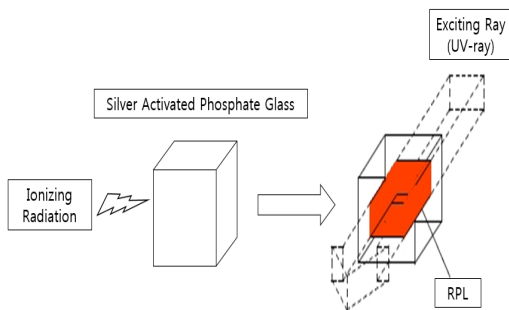
[Fig. 1] Rando anthropomorphic phantom



[Fig. 4] The glass dosimeter inserted into orbit



[Fig. 2] Glass dosimeter



[Fig. 3] Glass dosimeter measurement principle

## 2.2 연구방법

### 2.2.1 사용기기

실험에 사용된 장비는 64 Slice dual source scanner (SOMATOM Definition, SIEMENS, Erlangen, Germany)와 Syngo MMWP VE30A Multi-workplays (SIEMENS, Germany)를 사용하였습니다. 선량측정에 사용된 기기는 선량계 소자(GD-300 series, Asahi Glass co. LTD, Japan)와 선량계 Reader(FGD-1000, Asahi Glass co. LTD, Japan), 향온기(DKN 302, yamato co. LTD, Japan), 전기로(NEW-1C, HAYASHI DENKO, Japan)를 사용하여 측정하였습니다.

### 2.2.2 실험방법

뇌 관류 CT검사 시 제조사가 제시한 프로토콜인 고정 시간기법(Fixed time scan delay ; FTSD)과 조영제 추적 기법(Bolus tracking ; BT)을 이용한 프로토콜로 나누어 시행하였으며, 치료결정에 결정적 역할을 하는 고식적 CT(Non Contrast CT; NCECT)와 Penumbra영역과 Infarction size예측을 위한 관류 CT(Perfusion CT; PCT)를 시행한 후 5분이 지난 후 Occlusion vessels을 확인할 수 있는 혈관조영 CT(CT Angiography; CTA) 3 series의 조건을 적용하였다. 각 장기가 받는 Organ dose인 흡수선량 측정을 위해 유리선량계 소자를 Rando phantom 내의 흉에 삽입하여 측정하였다[9][Fig 4].

장기의 위치선정은 검사 주요선속내외의 장기인 방사

선 감수성이 예민한 장기로 기저핵(basal ganglia), 안와(orbit), 타액선(salivary gland), 갑상선(thyroid gland), 유방(breast), 생식선(genital grand) 6곳을 선정하였으며, 오른쪽, 왼쪽에 각각 1개씩의 소자를 삽입한 후 측정하였고, 측정값의 오차를 줄이기 위해 3회 반복 측정을 시행해 평균값을 얻었다. 또한 유리선량계의 장기 위치를 측정하기 위하여 뇌 관류 CT 검사를 시행한 50대 남성의 Scanogram과 축상면(axial) 이미지를 이용하여 폐를 제외한 Rando Phantom에 구분되어 있지 않은 기저핵, 안와, 타액선, 갑상선, 유방, 생식선의 위치 및 부피를 팬텀 내의 선정하는 작업을 수행하였다. 유리선량계를 삽입할 홀의 위치를 선정하기 위해 팬텀과 인체의 대상 장기를 일치시키고자 실제 환자의 축상면 이미지와 Phantom의 축상면 이미지의 면적과 일치시키기 위해 확대율을 적용시켜 Phantom내부에 장기모형을 그렸다[17]. 자료처리는 SPSS 18.0 ver. 통계프로그램을 이용하여 평균±표준편차로 표시하였다. Organ dose의 평가는 Paired Sample T-test로 분석하였으며, 통계학적 유의성은 p<0.05의 범위로 하였다.

### 3. 연구 결과

#### 3.1 고정시간기법에서의 흡수선량

실험결과 주요선속내의 중대뇌영역의 기저핵에서 평균흡수선량이 오른쪽 266.4 mGy, 왼쪽에서 260.2 mGy로 가장 높았으며, 그 다음으로 안와에서 256.6 mGy (Rt.), 240.5 mGy (Lt.)로 측정되었다. 주요선속과 인접한 장기인 타액선에서 135.2 mGy (Rt.), 133.1 mGy (Lt.)로 100 mGy가 넘는 선량이 측정되었으며, 갑상선에서 76.8 mGy (Rt.), 77.4 mGy (Lt.)로 나타났다. 주요선속에서 비교적 멀리 떨어진 유방과 생식선에서는 1.4 mGy (Rt.), 1.1 mGy (Lt.)와 0.1 mGy (Rt.), 0.1 mGy (Lt.)로 선량이 측정되었다.

#### 3.2 조영제 추적기법에서의 흡수선량

고정시간기법과 마찬가지로 기저핵에서 오른쪽 213.4 mGy, 왼쪽 200.9 mGy로 가장 높았으며, 안와에서 180.7 mGy (Rt.), 169.1 mGy (Lt.)로 높게 측정되었다. 고정시간기법과 비교하여 기저핵은 19.9 % (Rt.), 22.8 % (Lt.)줄었으며, 안와는 29.6 % (Rt.), 29.7 % (Lt.)줄었

다. 주요선속과 인접한 장기인 타액선은 125.5 mGy (Rt.), 125.4 mGy (Lt.) 측정되어 7.2 % (Rt.), 5.8 % (Lt.) 감소하였고, 갑상선은 46.2 mGy (Rt.), 60.3 mGy (Lt.)로 측정되어 각 39.8 % (Rt.), 22.2 % (Lt.) 감소한 것으로 나타났다. 또한 주요선속에서 벗어난 유방과 생식선은 각각 1.1 mGy (Rt.), 1.0 mGy (Lt.)와 0.08 mGy (Rt.), 0.07 mGy (Lt.)로 나타나 19.5 % (Rt.), 9.2 % (Lt.) 그리고 26 % (Rt.), 25 % (Lt.)로 감소하는 것으로 측정되었다 <Table 1>.

<Table 1> Comparison of organ doses and protocols.

(unit : mGy)

Organ	Site	FTSD	BT	Reduction rate(%)
Basal ganglia	Rt.	266.4±10.8	213.4±3.1	19.9
	Lt.	260.2±11.1	200.9±2.9	22.8
Orbit	Rt.	256.6±8.0	180.7±4.2	29.6
	Lt.	240.5±8.6	169.1±2.4	29.7
Salivary gland	Rt.	135.2±2.4	125.5±1.9	7.2
	Lt.	133.1±1.8	125.4±9.4	5.8
Thyroid gland	Rt.	76.8±3.2	46.25±14.8	39.8
	Lt.	77.4±5.9	60.31±1.8	22.2
Breast	Rt.	1.4±0.08	1.13±0.07	19.5
	Lt.	1.17±0.05	1.06±0.11	9.2
Genito gland	Rt.	0.11±0.01	0.08±0.01	26.0
	Lt.	0.1±0.01	0.07±0.01	25.0

FTSD : Fixed time scan delay, BT : Bolus Tracking, Rt : right, Lt : left

#### 3.3 Phantom실험에서의 CTDI<sub>vol</sub>과 DLP

CTDI<sub>vol</sub>과 DLP의 결과값은 장비에서 제공하는 값을 사용하였다. Perfusion CT에서 CTDI<sub>vol</sub>과 DLP값은 고정시간기법에서 431.48 mGy, 1243 mGy로 측정되었고, 조영제 추적기법에서 323.61 mGy, 932 mGy로 측정되었다. 또한 총 DLP값도 3148 mGy·cm에서 2824.67 mGy·cm로 10.3 % 감소하였다 <Table 2>.

(Table 2) Results of  $CTDI_{vol}$  and DLP value in phantom.  
(unit :  $mGy \cdot cm$ )

Variable	FTSD	BT	p-value
NCECT( $CTDI_{vol}$ )	56.18±0.00	56.18±0.00	..a
NCECT(DLP)	961.00±0.00	961.00±0.00	..a
PCT( $CTDI_{vol}$ )	431.48±0.00	323.61±0.00	0.001
PCT(DLP)	1243.00±0.00	932.00±0.00	0.001
CTA( $CTDI_{vol}$ )	41.13±0.00	41.01±0.10	0.184
CTA(DLP)	934.67±2.31	932.67±35.80	0.648

..a : No change

FTSD : Fixed time scan delay, BT : Bolus Tracking, NCECT : Non-contrast enhance computed tomography, PCT : Perfusion computed tomography, CTA : Computed tomography angiography

#### 4. 고찰

영상의학의 일반적인 경향과는 대조적으로 1999년 MDCT(Multi-Detector Computed Tomography)가 개발되어 검사의 신속성과 정확성을 확보하면서 날로 그 건수가 증가하고 있으며, 의료 방사선 노출에 관한 위험이 증가하고 있다[18]. 이제 CT는 거의 모든 질병을 진단하고 치료하는데 아주 기본적인 검사로 없어서는 안 될 중요한 위치로 자리매김하고 있다. CT의 이용률이 증가하면서 새롭게 대두되는 것은 검사를 받는 사람의 피폭선량이다. 장비 성능의 발전과 더불어 검사 시 많은 양의 정보를 얻다보니 자연스럽게 피폭선량이 늘어나는 양상을 보이고 있다. 이런 관점에서 검사에 대한 피폭선량의 평가는 매우 중요하며, 국민 방사선 보건의 관점에서 진단 방사선 중 평균 방사선의 기여도가 높은 CT에서 피검자의 선량평가는 의미가 크다.

환자가 받는 방사선량은 세계보건기구(WHO), 국제원자력기구(IAEA) 등 6개 공동기관이 1996년에 Basic Safety Standards(BSS) No. 115에 권고하고 있으며, 국제방사선방어위원회는 각 국가가 자국 실정에 맞게 의료 피폭 저감을 위하여 환자선량 권고량(Diagnostic Reference Level)를 확립하도록 권고하고 있다. 1990 ICRP 권고에 따른 방사선방어의 주목적은 방사선 피폭을 발생시키는 유익한 행위를 부당하게 제한하는 것이 아니라 사람에 대한 적절한 방어기준을 정하는 것으로

하고 있다. 의료피폭은 환자에게는 손해보다는 직접적인 이익을 가져오는 진료에 한해 허가되는 정당성을 확보한 행위로서 “진단영상의 입상에 문제가 되지 않는 적정범위에서 방사선량을 최소한으로 최적화해야 하며 각각의 진료행위에 대한 선량한도를 정하지 않는다.” 라고 권고하고 있다. ICRP에서는 의료에서의 방사선방어와 안전에 관한 가이드라인을 발간하여 의료피폭 저감을 위한 DRL 적용을 각 국에 권고한 바 있다[19]. 본 연구에서 나온 팬텀실험 결과에서의  $CTDI_{vol}$ 값은 NCECT와 CTA Series에서 각각 56.18mGy, 41.01mGy로 우리나라(60mGy), 미국(60mGy), 독일(60mGy), 영국(100mGy)을 비롯한 대부분 나라의 권고량[19]보다 작았다. 더불어, PCT에서는 431.48mGy로 3~4배 높았음을 알 수 있다. 이는 PCT특성상 좁은 선속으로 검사부위를 집중 스캔하기 때문이다. 이런 관점에서 PCT에서  $CTDI_{vol}$ 값을 431.48mGy에서 323.61mGy로 25%정도 감소시킨 것은 의미가 크다고 하겠다. 또한 PCT에서 DLP값은 기존 프로토콜로 측정된 결과 1243.48mGy·cm로 우리나라(1,000mGy·cm), 영국(930mGy·cm), 독일(1100mGy·cm) 등 대부분 나라의 권고량[19] 보다 더 높은 수치를 나타냈다. 하지만 융합프로토콜(Bolus tracking기법)을 적용하여 PCT를 시행한 결과 932.00mGy·cm로 25% 감소시켜 다른 나라의 권고량 이하임을 알 수 있다. ICRP 60은 확률적 위험의 지표로서 유효선량의 개념을 제시하고 있으며, 이를 산출하기 위해서는 인체 내 장기 및 조직의 흡수선량 분포에 대한 정보가 필요하다. 그러나 방사선 피폭 시 체내 장기의 선량을 직접 측정하기는 불가능하다. 대부분의 연구는 몬테카를로 계산방식에 근거한 장기의 흡수선량 및 유효선량 평가 중심으로 이루어져 왔다. Shrimpton 등[20]은 자국 내 CT이용 현황과 관련된 DB를 구축하고 MIRD형 모의 피폭체와 몬테카를로 계산 코드를 이용해 장기별 흡수선량을 평가하였고, Zankl 등[21]은 남녀 성인 팬텀과 소아 복셀 팬텀을 이용하여 이와 유사한 선량평가를 수행하였다. 모의 피폭체를 이용한 시뮬레이션기법이 유효선량 평가에 주로 응용되어 왔지만, 이 값 또한 절대적인 것이 아니며 통계를 이용한 추정방법으로 회의적이다. 하지만 물리적 실측 팬텀과 광학 유리 선량계측 시스템의 발달로 흡수선량을 측정할 때 실측 팬텀내에 체내 장기의 위치정보를 반영한다면 장기별 피폭선량을 측정할 수 있게 되었다. 실제 Fung 등[22]은 Alderson Rando팬텀을 이용한 진단 방사선 촬

영 환자의 유효선량을 평가한 바 있으며, 이는 CT선량 평가에도 활용된 바 있다. 장기선량 평가에 있어 저선량 방사선이 암을 비롯한 이의 질환에 의한 사망률에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 UN 위원회(UNSCEAR) 등 방사선 관계 국제 기관에서 연구가 진행 중이다. 암 이외의 질환으로 사망률을 증가시키는 요인으로는 방사선에 의한 염증이 있을 것으로 생각되고 있다. UNSCEAR은 1982년의 보고서에서 저선량 방사선에서는 암 이외의 다른 사망 위험 요인은 없다고 보고하였다. 그러나 이후의 일련의 동물실험은 암으로 인한 사망이 방사선과 관련된 수명 손실을 모두 설명 할 수는 없었다. 더욱이 일본 원폭 생존자의 수명연구(LSS ; Life Span Study)에서 얻은 최근 몇 년간의 데이터는 이러한 가능성이 높음을 보여주고 있다. 방사선의 인체영향에 관한 초창기의 연구에서 연구자들은 1200mGy 정도가 영향을 유발하는 문턱값이라고 생각했다. 수치는 조사가 진행되면서 300~500 mGy로 떨어졌으며, 가장 최근의 LSS 추적조사에서는 150~200 mGy가 가장 최선의 추정치인 것 같다. 더욱이 피폭 영향관계의 기울기는 점점 가파르게 됐다. 따라서 문턱값은 통계적으로 선형가설과 구별되지 않으며, 이는 피폭 영향관계에서 문턱값은 없다는 기존의 가설을 유지하는 것이다. 특히 방사선 감수성이 높은 장기들은 더욱이 많은 영향을 미칠 것이다. 본 연구의 결과에서 모든 주요선속내의 장기들은 200 mGy가 넘는 피폭을 받았고, 인접장기에서도 100 mGy가 넘는 선량이 조사되어 저선량으로 인한 피폭이 우려되며, 적지 않은 선량임을 확인 할 수 있었다. 미국 식품의약품(Food and Drug Administration; FDA)은 뇌졸중의 진단과 치료를 돕기 위한 뇌 관류 영상검사 도중 과도한 방사선 피폭이 있었음을 확인하였고 과도한 방사선 피폭은 초과 피폭 상해에 대한 충분한 근거는 없지만, 백내장을 포함한 심각한 상해를 입을 수 있다고 발표하였다. 또한 ICRP 1990과 2007 권고안을 비교해보면 뇌 조직에 대한 가중치가 증가되었고, 타액선부가 하나의 조직으로 분류되었으며, 처음으로 구강점막과 외흉부 기도조직이 조직 가중치의 항목에 포함되었다[23]. 특히 신권고안 기준에 따라 경부의 타액선, 갑상선 등이 포함되는 검사에서 30 mGy 이상의 선량에 도달할 경우에는 이를 면밀히 관찰하여야한다[24]고 하여 팬텀을 이용한 뇌 관류 CT검사의 프로토콜을 검토해 보고 장기선량을 평가해 보는 것은 의미 있다고 할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 팬텀실험 횟수가 적었다는 점과 한 장비로만 실험한 점 그리고 NCECT와 CTA에서는 선량감소방법을 적용하지 못했다는 점이다.

## 5. 결론

본 연구에서는 급성기 허혈성 뇌 관류 CT검사 시 주요선속 내외의 장기 및 조직의 흡수선량(Organ dose)을 측정하고, 제조사가 제공한 고정시간기법(fixed time scan delay) 프로토콜과 조영제 추적기법(bolus tracking) 프로토콜을 적용하여 측정한 결론은 다음과 같이 나타났다.

첫째, 팬텀과 유리선량계를 이용하여 장기 흡수선량을 측정한 결과 장기 흡수선량은 기저핵(basal ganglia), 안와(orbit), 타액선(salivary gland), 갑상선(thyroid gland), 유방(breast), 생식선(genital gland) 순으로 높게 측정되었다.

둘째, 고정시간기법 프로토콜을 적용했을 때 266.43 mGy ~ 0.1 mGy로 측정되었으며, 조영제 추적기법 프로토콜을 적용하였을 때 213.47 mGy ~ 0.07 mGy로 측정되었다.

셋째, 선량값 CTDI<sub>vol</sub>과 DLP를 비교 평가한 결과, CTDI<sub>vol</sub>값은 고정시간기법에서 431.48 mGy, 조영제 추적기법에서 323.61 mGy로 25 %선량이 감소하였고, DLP값은 고정시간기법에서 1243 mGy, 조영제 추적기법에서 932 mGy로 25 %선량이 감소되는 것으로 측정되었다.

넷째, 프로토콜의 총 DLP선량에서도 고정시간기법에서 3147 mGy에서 조영제 추적기법 2824.67 mGy로 10.3 % 선량이 감소하는 것으로 선량 감소는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 (p<0.05).

본 연구를 통해 뇌 관류 CT검사 시 주요선속 내외의 장기 흡수선량이 상당히 높음을 알 수 있었고, 주변장기에도 영향을 미침을 알 수 있었다. 또한 조영제 추적기법을 이용하여 선량을 줄일 수 있음도 확인하였다. 이에 임상영상의학검사에서도 표준 촬영기법을 준수하고, 선량측정을 통해 프로토콜을 점검함으로써 선량과 영상의 최적화를 위한 지속적인 노력이 필요할 것으로 사료된다.

## ACKNOWLEDGMENTS

“이 논문은 2015년도 한서대학교 교내 연구지원 사업에 의하여 연구되었음”

## REFERENCES

- [1] C. G. Kim, "Exposure dose Reduction using Pb banding of own manufacturing", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 11, No. 6, pp. 269-273. 2013.
- [2] C. G. Kim, "Radiation dose reduction effectiveness of a male gonadal shield during 128-MDCT using Glass Detector", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 11, No. 7, pp. 237-242. 2013.
- [3] C. G. Kim, "Spatial dose distribution and exposure dose during lumbar lateral test", *International Conference on Convergence Technology*, Vol. 5, No. 1, pp.17-22, 2014.
- [4] ICRP Publication 87 : Managing patient dose in computed tomography, ICRP, 2000.
- [5] S.G. Kweon, Y.M. Kim, C.G. Kim, H.Y. Yang, S.Y. Yang, E.O. Han, "Radiation Control & Magement", pp. 79-86, 2012.
- [6] Berrington de Gonzalez A, Darby S : Risk of cancer from diagnostic X-ray, estimates for the UK and 14 other countries, *Lancet*, 363, pp.345-351, 2004.
- [7] Lee SC, Kim W, Lim KS, "Factors associated with early presentation and rapid imaging evaluation of acute stroke", *Korean Soc Emerg Med*, 16, pp.363-370, 2005.
- [8] Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, Carnethon M, Dai S, De Simone G, et al., "Heart disease and stroke statistics--2010 update, A report from the American Heart Association", *Circulation*, pp. e46-e215, 2010.
- [9] Koenig M, Klotz E, Luka B, Venderink DJ, Spittler JF, Heuser L. : Perfusion CT of the brain: diagnostic approach for early detection of ischemic stroke. *Radiology*, pp.85-93, 1998.
- [10] Mayer TE, Hamann GF, Baranczyk J, et al., "Dynamic CT perfusion imaging of acute stroke", *AJNR Am J Neuroradiol*, pp.1441-1449, 2000.
- [11] Reichenbach JR, Rother J, Jonetz-Mentzel L, et al., "Acute stroke evaluated by time-to-peak mapping during initial and early follow-up perfusion CT studies", *A JNR Am J Neuroradiol*, pp.1842-1850, 1999.
- [12] U.S. Food and Drug Administration. Safety investigation of CT brain perfusion scans: Update 11/9/2010. Available from: <http://www.fda.gov/MedicalDevices/Safety/AlertsandNotices/ucm185898.htm>
- [13] Ensuring the legitimacy of the guidelines on the CT scan: Korea Food & Drug Administration, 2012.
- [14] Mettler FA Jr, Wiest PW, Locken JA, Kelsey CA. CT scanning: patterns of use and dose. *J Radiol Prot* 2000; 20:353359
- [15] Health Insurance Review and Assessment Service, *Health Insurance Statistics Yearbook*; 2005, 2008.
- [16] Chiyoda : Dose Ace glass dosimeter reader manual, 2001.
- [17] Euclid Seeram, "Computed Tomography : Physical principle", *Clinical Applications & Quality Control*, W. B. Saunders, pp.220-223, 1994.
- [18] Lee CI, Haims AH, Monico EP, et al., "Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks" *Radiology*, 231, pp.393-398, 2004.
- [19] ICRP Publication 73 : Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 1996.
- [20] NRPB : Survey of CT Practice in the UK Part 2,3 : Dosimetric Aspects, National Radiological Protection Board, NRPB-R250, 1991.
- [21] GSF : The calculation of dose from external photon exposure using reference human phantoms and Monte Carlo method, Part VI : Organ doses from tomographic examinations, Gesellschaft fur Strahlenund Umweltforschung mbH, GSF Rep 30/91, 1991.
- [22] K.K.L. Fung, W.B. Gilboy, "Anode heel effect on patient dose in lumbar spine radiography", *Br. J. Radiol*, 73, pp.531-536, 2000.
- [23] ICRP Publication 103, "The 2007 Recommendation of the international Commission on Radiological Protection", *Ahn. ICRP(2007)37(2/3)*, Oxford, UK : Elsevier Science, 2007.

- [24] Chiyo Yamauchi-Kawaura, Keisuke Fujii, Takahiko Aoyama, et al., "Evaluation of radiation doses from MDCT imaging in Otolaryngology", Radiation Protection Dosimetry, pp.38-44, 2010.

저자소개

정 홍 량(Jung. Hong Ryang) [정회원]



- 1995년 2월 : 단국대학교 행정대학원 보건행정학과(보건학석사)
- 2004년 8월 : 순천향대학교 환경보건학과(보건학박사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 환경방사선학, 보건역학

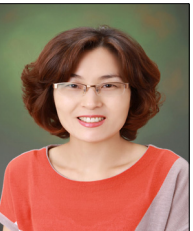
김 기 정(Kim. Ki Jeong) [정회원]



- 2011년 8월 : 한서대학교 방사선학과(방사선학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 보건의료학과(박사과정)
- 2001년 6월 ~ 현재 : 건국대학교병원 영상의학과

<관심분야> : 방사선학, 보건교육

모 은 희(Mo, Eun Hee) [정회원]



- 2009년 8월 : 한서대학교 방사선학과(방사선학석사)
- 2013년 2월 : 전북대학교 방사선과학기술학과(이학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 병원 영상의학과

<관심분야> : 방사선학, 전산화단층기술학, 유방영상기술학