

◆ 원 저 ◆

## 하지동맥조영 전산화단층촬영에서 자동선량 조절장치를 이용한 환자선량 감소 연구

안형택 · 김재열 · 여운식 · 박용성 · 이귀원<sup>1</sup> · 이종웅

강동경희대학교병원 영상의학과 · <sup>1</sup>동남보건대학교 방사선학과

## Research For Reducing Patient Dose that Low Extremity CT Angiography Using Automatic Current Selection

Hyeong-Theck An · Jae-Yeol Kim · Woon-Sik Yeo · Yong-Sung Park ·  
Gui-Won Lee<sup>1</sup> · Jong-Woong Lee

Department of Radiology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong ·

<sup>1</sup>Department of Radiological Technology, Dongnam Health College

### Abstract

**Purpose** : Fixed way of mAs previously Low Extremity Computed Tomography Angiography(LECTA) examination were used, Automatic Current Selection(ACS) to use for the purpose of reducing the dose when Low Extremity Computed Tomography Angiography examining patients.

**Materials and methods** : Were analyzed from July 2011 to July 2012 MDCT examination of Dose Length Product(DLP) LECTA 116 Case, It was defined as previous inspection methods(Old protocol).

CT workstation is set to 100 mAs and 150 mAs protocol based on the patient's weight 70kg examined by LECTA, We defined as 'New protocol' that applies to ACS. The data collection period are 76 cases from October 2012 to January 2013

**Results** : 1. Average Total DLP of ' Old protocol' is 3602.943 mGy\*cm,

2. Average Total DLP of ' New protocol' is 1762.977 mGy\*cm,

3. Due to the 'New Protocol' use of Total DLP was reduced by approximately 51 %, Phase-specific dose reduction is as follows. Pre(33.62 %), Artery(64.63 %), Delay(49.0 %)

---

Received: Received: September 3, 2013, 1st Revised: September 30, 2013, / Accepted for Publication: October, 20, 2013.

Corresponding Author: 이종웅

(134-727) 서울시 강동구 상일동 149번지 강동경희대학교병원 영상의학과 CT실

Tel: 02) 440-6963 Fax: 02) 440-6932

E-mail: woongkosbi@hanmail.net

4. Using One way ANOVA Analysis of fluctuations obtained DLP is as follows. 'Old protocol' , ' New protocol' a value of  $P < 0.001$ ,  $P = 0.882$  values were obtained.

**Conclusions :** Dose reduction of 51 % is a useful study that proves.

The results obtained using the ACS, the effects of a dose reduction of 51 % was obtained. Therefore, it has been proven to be a useful way. Statistics using SPSS version came out of the 'Old protocol' P-value  $P < 0.0001$ . This result means that the DLP a large difference values.

On the other hand, The results of the 'New protocol' was  $P = 0.882$ . These results means to that small and regularly was fluctuations of the dose. The use of ACS, you can get a reduction of the dose and will able to get the effect of reducing the dose errors.

**Key word :** Low Extremity CT Angiography, Automatic Current Selection, Dose Length Product

## I. 서론

전산화단층촬영기는(Computed Tomography, 이하 CT) 영상의학과와 방사선 장비 중 피폭선량이 가장 많은 촬영장비이다. CT검사의 경우 검사건수가 매년 늘어나고 있는 추세여서 환자에게 피폭되는 의료방사선 또한 증가하고 있는 실정이다.

최근의 연구논문의 경향을 살펴보면 환자의 CT 피폭선량을 줄이기 위한 노력의 일환으로 선량변조(Automatic Dose Modulation) 의 이용에 관한 연구가 활발하게 이루어 지고 있음을 알 수 있다. 또한 근본적으로 환자의 CT 처방의 발생 시 방사선 피폭을 고려하여 반드시 필요한 검사를 받도록 하거나 다중시기(Dynamic CT) 검사와 같이 같은 부위를 여러 번 반복 피폭을 하여야 하는 검사를 지양하여 최소한의 피폭을 권장하는 추세이다.



Fig. 1. Scan coverage of low extremity CT angiography

Low Extremity CT Angiography(LECTA)의 특징을 살펴보면 첫째, Liver를 포함하여 Distal toe까지 이어지는 CT검사로서 Scan coverage가 가장 넓은 검사이다. 둘째, LECTA는 다중시기(Dynamic scan)의 검사 방법으로 혈관 내 석회화 감별을 목적으로 한 조영제 주입 전 (Pre-contrast)영상, 혈관을 관찰하기 위한 동맥충만기 (Artery phase), 마지막으로 지연기(Delay Phase) 영상을 Scan하는 검사방법을 갖는다. 이러한 넓은 검사영역 (Scan coverage)과 다중시기 촬영(Dynamic scan)은 환자에게 과 피폭을 일으킬 수 있다. 실제로 검사 후 환자의 피폭선량을 살펴보면 검사 중 조사된 총 선량인 Total Dose Length Product (DLP)가 2000~6000 mGy\*cm 에 이르는 것을 확인 할 수 있다.

LECTA에서 검사영역의 해부학적 특징을 살펴보면 횡격막을 포함한 상복부를 시작하여 하복부, 그리고 X-ray 흡수가 많고 피폭에 민감한 생식선이 위치한 골반부를 지나 X-ray 투과가 잘되는 Femur와 Toe를 마지막으로 Scan이 마무리 된다. 이는 X-ray 투과 차이의 변동폭이 Scan되는 부위의 두께에 따라서 크게 차이가 나는 특징을 갖게 됨으로 검사 시 관전압과 관전류를 고정하여 검사하는 것 보다 Automatic Current Selection(ACS)을 활용하여 X-ray의 투과도 차이에 비례하게 선량을 가감하는 방법을 이용한다면, 환자피폭선량의 감소에 이득이 있을 것으로 사료된다. 그러나 자동적인 선량 변조선택방법을 잘 못 활용한다면 저 피폭으로 인한 영상의 질 저하를 일으키거나, 필요 이상의 과 피폭을 하게 되는 오류를 범 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 앞서 언급한 선량 조절 장치인 ACS을 활용하여 LECTA 검사 시 환자에게 최저선량으로 질적 저하 없는 영상을 재현하기 위함이다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 영상의 획득

연구에 사용된 CT 장비는 Brilliance 64 Channel Multi Detector Computed Tomography (Philips, Israel)가 사용되었다. 검사 후 획득된 영상과 환자에게 조사된 선량을 수집하기 위하여 Picture Archiving and Communication System(PACS)에 전송된 5 mm slice thickness의 Axial image와 Dose information image를 이용하였다. 사용된 PACS는 INFINTT사의 PiViewSTAR v5.0.9.52를 이용하였다.

수집된 표본 데이터의 검증에 사용된 통계는 SPSS v12.0을 사용하였다.

### 2. 자료의 수집

#### 1) 기존 검사방법(Old Protocol)

2011년 7월부터 2012년 7월까지 Philips Brilliance 64 Multi Detector Computed Tomography(64 MDCT)에서 검사된 LECTA 116건의 Weighted Computed Tomography Dose Index(CTDIw)와 DLP를 분석하였다. CTDIw와 DLP는 각 Phase별 측정값을 기록하였고, 검사 별 전체 값 또한 비교할 수 있도록 수집하였다.

위 방법으로 얻은 자료를 ‘기존 검사방법(Old Protocol)’으로 분류하여 CTDIw와 DLP를 기록하였다.

‘기존 검사방법’으로 Scan된 영상은 고정 관전류 방식으로 검사자(Technologist)가 환자의 체형별 특징을 주관적으로 판단하여 관전류값을 입력하는 방식을 말한다. 이는 Scan이 되는 동안 관전류의 수치가 변하지 않는 검사법이다.

#### 2) 새로운 검사방법(New Protocol)

##### ① 관전류의 선택

‘새로운 검사방법’ (New Protocol)에 적용할 검사방법을 결정하기 위하여 LECTA에 ACS를 적용한 50, 100, 150, 200, 250 mAs의 다섯 가지 Protocol을 실제 검사와 같은 검사범위로 설정한 후 모니터에 표시되는 예상 DLP를 참고로 하여 100 mAs와 150 mAs의 두 가지 Protocol을 연구에 적용하였다. 50 mAs의 경우는 ACS와 함께 설정할 경우 너무 낮은 선량으로 인한 영상의 질 저하의 예상으로 제외하였고 200, 250 mAs는 본원에서 권고하는 제한 선량보다 과 피폭의 가능성으로 인해 제외하였다.

‘새로운 검사방법’으로 검사된 영상 또한 ‘기존 검사방법’과 같이 Dose information image를 이용하여 각 Phase 별 DLP와 Total DLP를 데이터화 하여 비교 분석하였다.

100 mAs와 150 mAs 두 가지로 저장한 Parameter는 환자의 체중 70kg을 기준으로 하여 Console Workstation에 저장되어 있는 Protocol을 검사자가 LECTA 시에 이용할 수 있도록 하였다.

자료의 수집기간은 2012년 10월부터 2013년 1월까지이며 수집된 자료는 76건이다.

##### ② 검사부위별 선량평가

‘새로운 검사방법’으로 촬영된 영상의 선량평가를 위하여 Scan 시 적용된 mAs가 표시되는 Axial image의 해부학적 지표를 정하였고 Artery phase에서의 세 부위의 영상을 수집하였다.

세 부위는 Scan이 시작되는 상복부, 대퇴골두가 위



Fig. 2. Images of new protocol. mAs values of these images are shown in the lower left-hand corner.

(a) Upper abdomen :81 mAs, (b) Pelvis : 136 mAs, (c) Ankle :43 mAs

Table 1. Comparison of scan parameter

	Scan Parameter							
	<i>KV</i>	<i>mAs</i>	<i>Thickness (mm)</i>	<i>Resolution</i>	<i>Collimation</i>	<i>Pitch</i>	<i>Tube Rotation(sec)</i>	<i>Filter</i>
Old Protocol	120	100~200	5	Standard	64*0.625	0.891	0.75	Standard (B)
New Protocol	120	100,150(ACS)	5	Standard	64*0.625	0.891	0.75	Standard (B)

치한 골반, 마지막으로 발목관절이 포함되는 곳으로 설정하였다.

### 3. 선량의 비교

‘기존 검사방법’ 으로 촬영 후 생성된 Dose information image를 이용하여 각 Phase별 DLP와 Scan시 조사된 Total DLP 값을 데이터화 하여 분석하였다.

‘새로운 검사방법’ 으로 촬영된 영상 또한 ‘기존 검사방법’ 과 동일한 방법으로 Dose information image를 이용하여 각 DLP를 데이터화 하였다. ‘기존 검사방법’ 과 선량의 차이를 비교하기 위하여 Scan중 총 피폭선량인 Total DLP 와 각 Phase 별 누적된 선량을 비교, 평가하였다.

## III. 결 과

### 1. 기존 검사방법(Old protocol)

‘기존 검사방법’ 으로 촬영된 CT Image 116건의 Total DLP 평균값은 3602.943 mGy\*cm 이었고 가장 높은 값과 낮은 값은 각각 6245.4 mGy\*cm 와 1744.6 mGy\*cm 로 측정되었다.

각 Phase별 평균 DLP는 Pre(857.8736 mGy\*cm), Artery(1651.9554 mGy\*cm), Delay(1072.4486 mGy\*cm) 으로 측정되었다.

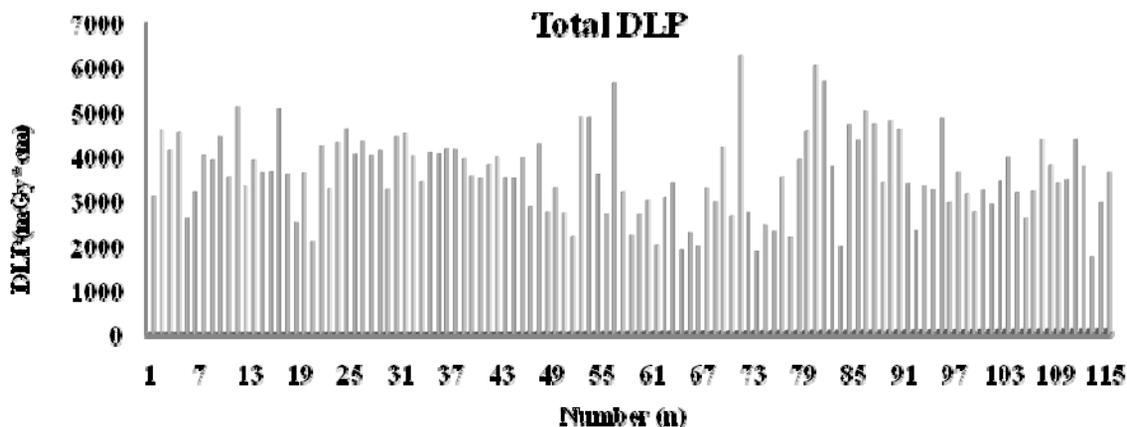


Fig. 3. Total DLP of examined on old protocol

Table 2. Average DLP of the each phase and Total

unit : mGy\*cm

	Total	Pre	Artery	Delay
Old Protocol	3602.94	857.87	1651.9554	1072.44

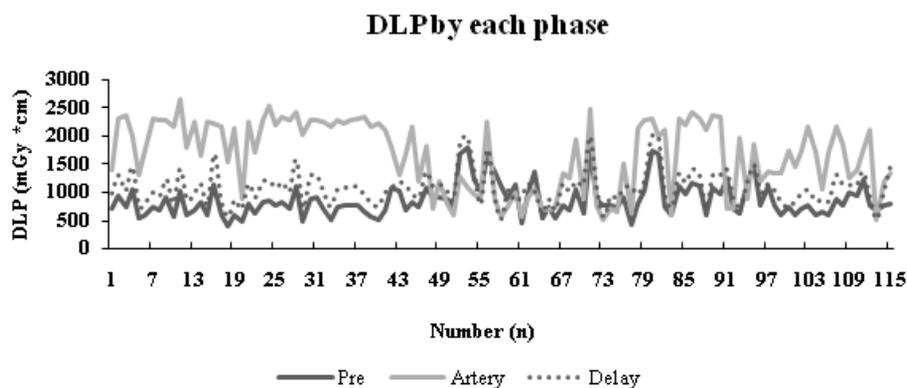


Fig. 4. DLP by each phase(Old protocol)

Table 3. DLP by each phase (It' s showed values of maximum and minimum) unit : mGy\*cm

	Total	Pre	Artery	Delay
Maximum	6245.4	1750	2464.3	1998.7
Minimum	1744.6	683.9	518.2	517.7

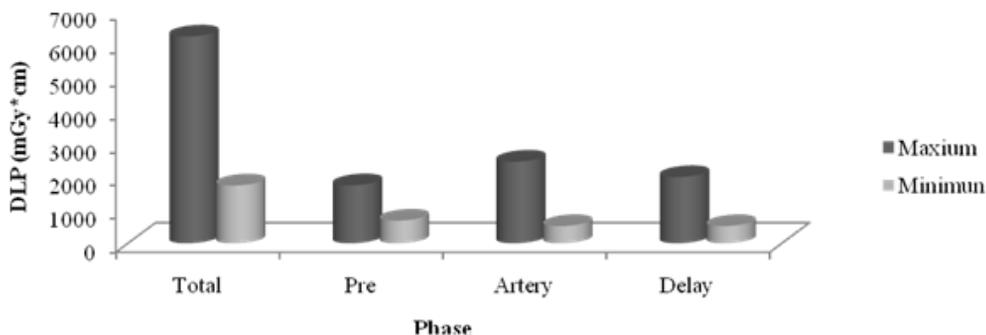


Fig. 5. DLP By each phase (It' s showed value maximum and minimum)

각 Phase 별 DLP의 평균에서 가장 낮은 값은 Pre-contrast phase에서였고 Artery phase에서 가장 높은 DLP가 측정되었다. 측정된 DLP의 최대값과 최소값의 차이는 Total DLP(4500.8 mGy\*cm), Pre(1111.1 mGy\*cm), Artery(1946.1 mGy\*cm), Delay(1481 mGy\*cm)으로 측정되었다.

## 2. 새로운 검사방법(New protocol)

### 1) 검사 시 피폭선량

‘새로운 검사방법’ 76건 에서의 Total DLP 의 평균값은 1762.977 mGy\*cm 이었고 가장 높은값과 낮은값은 각각 3080.5 mGy\*cm 와 1284.1 mGy\*cm로 측정되었다. 수집된 표본 중 1건의 Pre-contrast의 DLP의 값이 1750 mGy\*cm으로 평균 DLP의 2.5배 이상의 값이 측정 되었다.

각 Phase별 평균 DLP는 Pre(569.44 mGy\*cm), Artery(584.28 mGy\*cm), Delay(579.05 mGy\*cm)로 측정되었다.

Table 4. Average DLP of the each phase and Total unit : mGy\*cm

	Total	Pre	Artery	Delay
New Protocol	1762.977	569.448	584.289	579.05

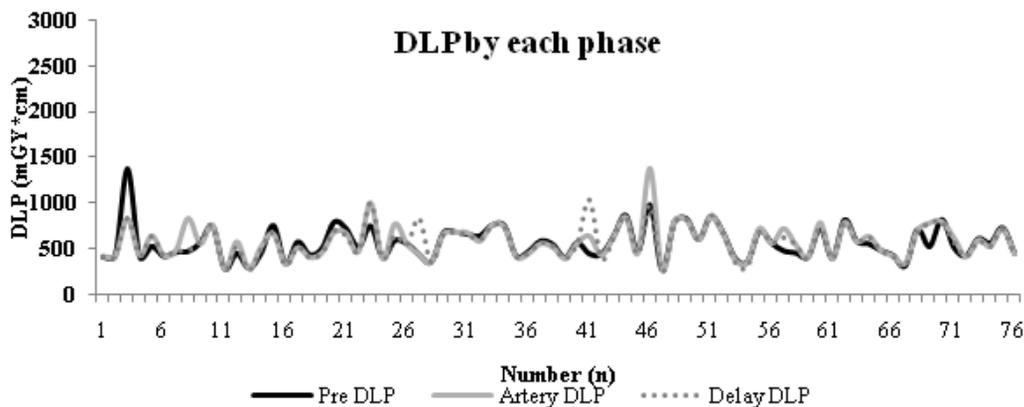


Fig. 6. DLP by each phase(New protocol)

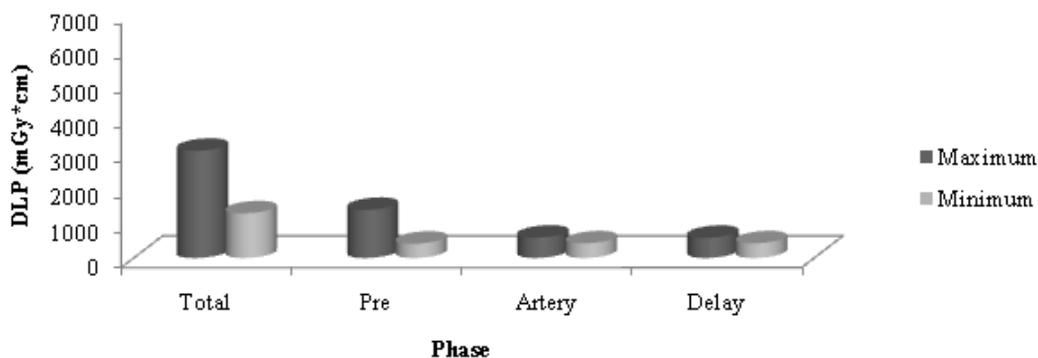


Fig. 7. DLP by each phase(New protocol)

Table 5. DLP By each phase(New protocol) unit : mGy\*cm

	Total	Pre	Artery	Delay
Maximum	3080.5	1381.0	584.2	579.0
Minimum	1284.1	409.7	419.7	422.3

측정된 DLP의 최대값과 최소값의 차이는 Total DLP(1796.5 mGy\*cm), Pre(159.7 mGy\*cm), Artery (164.5 mGy\*cm), Delay(156.7 mGy\*cm)로 측정되었다.

2) 관심부위에서의 mAs (세 부위 선량평가)

복부 부위에서 조사된 평균 mAs는 92.8mAs, 골반 부위에서는 101.7 mAs, 발목 부위에서는 38.1 mAs로 측정되었다.

관심 부위별 조사된 최고 mAs는 Abdomen (331 mAs), Pelvis(202 mAs), Ankle(102 mAs)이었고 최저 mAs는 각 부위에서 24 mAs가 조사 되었다.

Table 6. mAs of scan location unit : mAs

Scan location	Abdomen	Pelvis	Ankle
mAs	92.8	101.7	38.1

Table 7. mAs of scan location unit : mAs

Scan location	Abdomen	Pelvis	Ankle
Maximum	331	202	102
Minimum	24	24	24

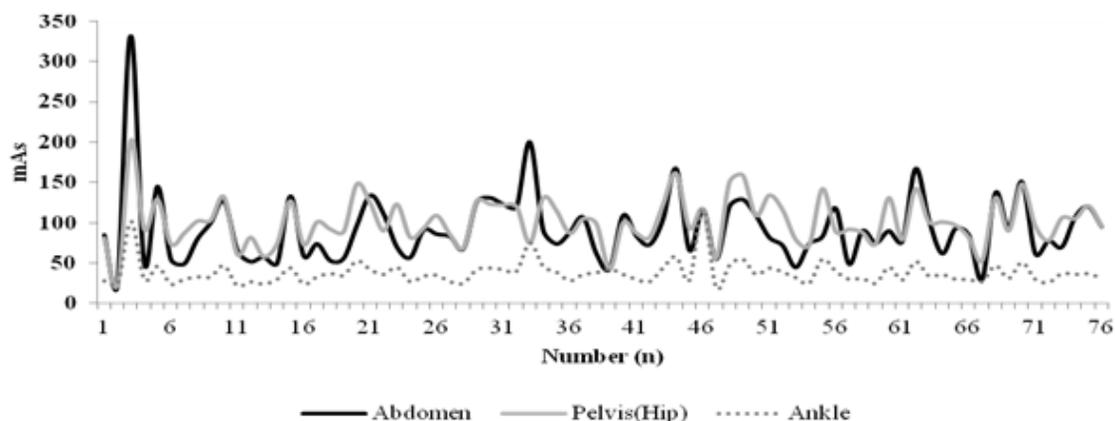


Fig. 8. mAs of Scan location(New protocol)



Fig. 9. Minimum mAs of scan location(New protocol)

3) ‘기존 검사방법’ 과 ‘새로운 검사방법’ 의 비교

‘기존 검사방법’ 과 ‘새로운 검사방법’ 의 각 Phase별 평균 DLP를 는 Table 8. 과 같다. ‘새로운 검사 방법’ 에서의 총 DLP가 약 51% 감소하였다. 각 Phase별 ‘새로운 검사방법’ 의 선량 감소율은 Pre(33.62 %), Artery

(64.63 %), Delay(49.0 %) 로 측정되었다.

‘기존 검사방법’ 과 ‘새로운 검사방법’ 의 각 Phase별 DLP의 최대값과 최소값의 차이를 비교한 결과는 Table 9. 와 같았다.

Table 8. Average DLP of the each phase and Total

unit : mGy\*cm

	Total	Pre	Artery	Delay
Old Protocol	3602.94	857.87	1651.9554	1072.44
New Protocol	1762.977	569.448	584.289	579.05
Dose Save(%)	51.06	33.62	64.63	49

Table 9. The difference between the maximum and minimum values

unit : mGy\*cm

	Total	Pre	Artery	Delay
Old Protocol	4500.8	1111.1	1946.1	1481
New Protocol	1796.5	159.7	164.5	156.7

Table 10. T-test (assuming equal variances)

	95% CI of difference	Two-tailed probability
Pre	-362.8946 to -213.9547	P < 0.0001
Artery	-1212.9603 to -922.3709	P < 0.0001
Delay	-570.4776 to -416.3111	P < 0.0001
Total	-2069.1771 to -1610.7546	P < 0.0001

Table 11. One-way analysis of variance

P < 0.001

	Old protocol data	New protocol data
Sample size	345	228
Arithmetic mean	3602.9435	1762.9776
95% CI for the mean	3433.2819 to 3772.6051	1643.1925 to 1882.7628
F-ratio	102.478	0.126
Significance level (P-value)	P < 0.001	P = 0.882

### 3. 통계

‘기존 검사방법’ 과 ‘새로운 검사방법’ 의 연관성 데이터 검증에 위한 T-test에서 각 Phase와 Total DLP의 P-value가 모두 0.0001 미만의 값이 나왔다.

One way ANOVA Analysis 통해 얻은 DLP 의 분석에서 ‘기존 검사방법’ 은 P < 0.001의 값을 ‘새로운 검사방법’ 은 P = 0.882의 값을 얻었다.

## IV. 고찰 및 결론

### 1. 고찰

‘기존 검사방법’ 으로 검사된 Case중 가장 높은 Total DLP는 6245.4 mGy\*cm이다. 이 값을 CT 검사 별 유효선량 환산인자(K-Factor)중 Abdomen-Pelvis의 factor 0.017을 대입하여 환산하면 106.1718 mSv 가 된다. DLP를 이용하여 하지(Lower extremity)의 유효선량을 환산하는 것에 대하여 Abdomen-pelvis의 factor를 적용하는 것이 무리가 있을 수 있다. 하지만 측정 수치를 1987년의 국제 방사선 보호측정협회에서 제시한 Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States의 자료를 참고 하면, 100mSv의 피폭은 발암 최저 한계치 이며, 응급 시 직업적 특수 피폭에 사용되는 방사선의 양으로 정해져 있어 Total DLP의 6245.4 mGy\*cm은 매우 높은 수치임을 간과 할 수 없다.

‘기존 검사방법’ 의 평균 Total DLP 또한 3602.94

mGy\*cm이며 이것을 유효선량으로 환산하면 61.24 mSv 이다. 이 또한 국내 핵 관련 관계 종사자의 연간 허용치 50 mSv를 넘기는 피폭선량이다. 또한 Total DLP의 최대값과 최소값의 차이가 4500.8 mGy\*cm 이 된다는 것은 평균 DLP 이상의 선량차이가 되는 높은 차이를 나타내며 환자 검사를 진행하는 검사자(Technologist)개개인의 기술적인 부분도 크게 관여한다는 것을 짐작할 수 있다.

반면 ACS를 적용하여 시행한 ‘새로운 검사방법’ 은 기존과 비교하였을 때 Total DLP가 약 51 % 감소 하였다. 1762.977 mGy\*cm 의 평균값은 유효선량으로 환산하였을 경우 29.97 mSv이다.

Sub-mSv 라는 제목을 앞세워 Heart Scan을 하는 최신 CT 장비들을 고려한다면 작은 수치의 방사선량이라고는 말하기 어려운 면이 있지만 ‘기존 검사방법’ 과 비교해서 평균선량 감소율이 50% 이상이 된다는 것은 매우 긍정적인 결과라고 할 수 있다.

SPSS를 통한 데이터의 검정에서 ‘기존 검사방법’ 의 T-test의 P-value가 P < 0.0001이 나온 것은 116 건의 DLP값의 변동이 매우 크다는 것을 의미한다. 이와 상반되게 ‘새로운 검사방법’ 은 P = 0.882의 값을 얻었고 매 검사 시의 선량의 변동이 작고 규칙적임을 의미한다. 다시 말하자면 ACS의 적절한 사용으로 선량의 감소효과를 얻을 수 있었고 또한 검사자(Technician)는 Protocol setting을 통해 선량설정 오류를 줄이는 이득이 있었다.

## 2. 결론

본 연구에 수집된 수집자료 중 한 건의 검사에서 측정된 Pre-contrast의 DLP가 평균값 보다 2배 이상의 수치인 1750 mGy\*cm인 경우가 있었다. 이는 검사자((Technologist))의 기술적 오류로 인한 과 피폭으로 예상된다. CT Scan 을 하는 검사자((Technologist))가 능숙한 기술을 가지고 있다고 하여도, 잘못된 mAs의 선택은 검사 중의 과 피폭의 오류를 범할 수 있다. 또한 경험이 많지 않은 검사자((Technologist))또한 검사계획 중 선량의 선택의 과정에서의 실수는 직접적으로 환자에 불이익을 주게 됨을 의미한다.

Topogram의 Z-axis 방향의 환자 두께의 Profile을 이용하여 자동으로 선량을 조절해주는 방법은 현재 대부분의 CT 장비 회사에서 제공되는 프로그램이다. 그리고 여러 연구 논문에 의해 선량이득에 관한 유용성이 입증 되었다. Philips사의 Brilliance MDCT의 경우 ACS(Automatic Current Selection) 이라는 명칭으로 사용이 되는데 이 또한 본 연구의 결과를 통하여 선량 감소의 유용함을 확인 할 수 있었다. ACS의 경우 CT Console에 저장 되어있는 Protocol을 검사 시에 Query 하여 사용하게 되는데, Protocol의 setting시 설정 하는 mAs값이 매우 중요하다. 예를 든다면 40 kg의 외소한 체형의 성인에게 200 mAs 로 설정되어 있는 Protocol 을 이용 한다면 과 피폭을 야기 시킬 수 있다. 결국 위와 같은 경우는 ACS의 선택이 고정 mAs 방법의 저 선량을 선택하는 것 보다 안 좋은 결과를 야기 할 수 있다. 이를 방지하기 위해 본 연구에서는 ACS를 사용하는 Protocol의 저장 시에는 환자의 체격에 따라 구분하여 사용할 수 있도록 다양하게 저장 해두는 것을 권고 하는 바이다.

본 연구에서 사용된 ACS를 이용하여 저장된 Protocol의 설정 mAs는 100 mAs와 150 mAs 두 가지를 사용하였고 수집된 Case에서 과 피폭 이나 저 선량으로 인한 영상의 질 저하는 발생되지 않았다.

ACS와 같은 자동 선량조절장치를 CT 장비에 따른 특성을 이해하고 잘 활용한다면 더 많은 부위의 CT Scan 에서 영상의 질 저하 없이 환자피폭선량을 감소시킬 수 있는 유용한 검사방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Mettler FA Jr, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh

- M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology* 2008; 248:254-263.
2. Shrimpton PC, Jones DG, Hillier MC, Wall BF, Le Heron JC, Faulkner K; National Radiological Protection Board. Survey of CT practice in the UK. Chilton: National Radiological Protection Board; 1991.
3. Kim DS. Guideline for diagnostic reference level of the radiation exposure of CT examination. Seoul: National Institute of Food and Drug Safety Evaluation; 2009.
4. Dougeni E, Faulkner K, Panayiotakis G. A review of patient dose and optimisation methods in adult and paediatric CT scanning. *Eur J Radiol* 2011 Jun 16 [Epub]. DOI:10.1016/j.ejrad.2011.05.025.
5. Payne JT. CT radiation dose and image quality. *Radiol Clin North America* 2005;43:953-962, vii.
6. Chang Hyun Lee, MD, Jin Mo Goo, MD, Hyun Ju Ye, PhD. Radiation Dose Modulation Techniques in the Multidetector CT Era: From Basics to Practice. September 2008 *RadioGraphics*, 28, 1451-1459
7. Gies M, Kalender WA, Wolf H, Suess C. Dose reduction in CT by anatomically adapted tube current modulation. I. Simulation studies. *Med Phys* 1999; 26:2235-2247.
8. Greess H, Wolf H, Baum U, Kalender WA, Bautz W. Dosage reduction in computed tomography by anatomy-oriented attenuation-based tube-current modulation: the first clinical results. *Rofo Fortschr Geb*
9. *Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1999; 170: 246-250. Kalra MK, Maher MM, D' Souza RV, et al. CT detection of urinary tract stones using z-axis automatic tube current modulation technique with low radiation dose: phantom and clinical studies. *Radiology*.
10. Kalender WA, Wolf H, Suess C. Dose reduction in CT by anatomically adapted tube current modulation. II. Phantom measurements. *Med Phys* 1999; 26:2248-2253.