

# 혈관 조영 검사 및 중재적 방사선 시술시 방사선량에 대한 참고 기준치 : 대뇌 중심으로

## Reference Levels for Radiation Dose in Angiography and Interventional Radiology : In the Cerebrum

한재복  
동신대학교 방사선학과

Jae-Bok Han(way2call@naver.com)

### 요약

혈관 조영 검사 및 중재적 방사선 시술을 통한 환자에게 주어지는 피폭선량에 대해 대뇌를 중심으로 환자 체형을 표준화하여 검사 및 시술 차이에 따른 투시시간, 면적 선량률(kerma area product rate)을 관측하고 참고 기준치를 비교하고자 하였다. 그 결과 질병 분류에 따른 면적 선량률은 지주막하출혈(subarachnoid hemorrhage)이 가장 높았고, 뇌동맥류가 가장 낮았다. 또한 검사 및 시술에 따른 면적 선량률은 양쪽 내경동맥, 양쪽 총경동맥 및 추골동맥으로 하는 방법이 가장 높았으며, guglielmi detachable coil(GDC)이 가장 낮게 나타났다. 따라서 이를 혈관 조영 검사 및 중재적 방사선 시술시 환자 피폭 선량에 대한 참고 기준치로 이용할 수 있을 것이며 향후 환자 피폭 선량 교육과 관리에 유용할 것이라 사료된다.

■ 중심어 : | 참고 기준치 | 면적 선량률 | 중재적 방사선 시술 |

### Abstract

The aim of this study is to compare reference levels for radiation dose in angiography and interventional radiology. Proposed reference levels for various procedures and classification of diseases are provided by fluoroscopy time and kerma area product(KAP) rate normalizing the body habitus focusing the cerebrum. Subarachnoid hemorrhage(SAH) represents the highest KAP-rates and aneurysm represents the lowest KAP-rates. According to these types of procedures, internal carotid artery(ICA), common carotid artery(CCA), and vertebral artery(VA) show the highest KAP-rates and guglielmi detachable coil shows the lowest KAP-rates. Therefore, the present study can suggested reference levels for patient radiation dose and is expected to be further useful in the field of radiation dose education and management of angiography and interventional radiology.

■ keyword : | Reference Level | Kerma Area Product Rate | Interventional Radiology |

### I. 서론

전산화 단층촬영장치(CT), 디지털 엑스선장치(DR)

및 디지털 감산 혈관 조영술(DSA) 등 컴퓨터 기기의 발달로 첨단 의료장비가 개발되었고 질병진단에 있어서 방사선 검사는 필수적인 검사가 되고 있다. 특히 중

접수번호 : #110215-003  
접수일자 : 2011년 02월 15일

심사완료일 : 2011년 03월 08일  
교신저자 : 한재복, e-mail : way2call@naver.com

전의 혈관 조영 검사는 혈관 내에 카테터를 삽입하고 카테터 내로 조영제를 주입하면서 영상을 얻는 방법으로 시행되었으나 최근에는 중재적 방사선 기술의 발달에 힘입어 종양의 치료 및 혈관 협착 및 폐쇄 시 치료 등 다양한 종류의 시술이 시행되고 있다. 현재 이러한 혈관 조영 검사 및 중재적 방사선 시술은 환자의 진단 및 치료에 중요한 역할을 하고 있고 날로 증가추세에 있다.

그러나 중재적 방사선 시술은 주로 장시간에 걸쳐 방사선을 투시하면서 실시되기 때문에 일반적인 방사선 검사에 비하여 방사선 피폭 정도가 높다. 따라서 피폭 선량을 최소화하기 위한 선량 계측 및 방사선 방어를 위한 연구를 수행하고 있다. 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection: ICRP)에서는 ICRP 103을 발간하여 중재적 방사선 시술(interventional radiology: IVR)에서의 피부장애를 방지하기 위한 권고안을 마련하고 환자와 시술자의 방사선 위험을 최소화하기 위해 노력하고 있다. 일본에서는 IVR에 따른 방사선 위해 및 방어대책을 마련하기 위해 2002년 관련학회를 소집하여 IVR에 따른 방사선 피부장애와 방어대책 검토협회를 설립하였다. 또한 2004년까지 2년간 연구를 수행하여 IVR에 따른 방사선 피부장애방지에 관한 안전 지침과 환자 피폭선량측정 방법에 매뉴얼을 마련하는 한편 환자 피폭선량을 평가하고 환자의 불안감을 줄여 IVR을 안심하고 받을 수 있도록 하고 있다[1].

하지만 현재까지 보고된 방사선에 대한 참고 기준치들은 표준 체형의 환자나 펜텀에서 표준화되었기 때문에[2][3] 이러한 기준치 값들은 표준 절차 및 표준형 환자가 마련되지 않는 중재적 시술에 대해서는 적합하지 않다. 특히 혈관 조영 검사 및 IVR은 환자의 증상에 대한 유형, 환자 체형, 방사선 촬영 장비의 조건 및 노후화, 시술자 및 촬영자의 직무 경력에 따른 여러 다양한 변수를 때문에 환자가 받는 피폭선량은 매우 다르다[4].

아직까지 한국인을 대상으로 한 혈관 조영 검사 및 IVR에서 참고 기준치는 마련되어 있지 않는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 환자에 주어지는 피폭선량을 감소하기 위해 대뇌에서 수행되는 혈관 조영 검사 및 IVR

참고 기준치를 마련하고자 하였다.

## II. 실험 대상 및 방법

### 1. 기간 및 대상

이 연구는 2010년 11월부터 2010년 12월까지 한 대학 병원의 환자 137명을 대상으로 하였으며, 본 연구는 관심 영역을 대뇌로 국한하여 질환별, 검사 및 시술 방법 별로 피폭선량을 측정하였다.

### 2. 분석방법

체형 표준화를 위해 연령, 신장, 체중 등을 각 검사 항목 별로 검사 전 측정하여 기록하였다. 또한 결과 값에 대한 변이를 최소화하기 위해 18세 이하의 피험자는 연구대상에서 제외시켰다.

평균 연령은  $54.4 \pm 12.7$ , 평균 신장은  $162.9 \pm 8.87$  cm, 평균 체중은  $60.8 \pm 10.9$  kg로 나타났다. 병명에 따른 체중 분포를 [표 1]에 나타냈다.

표 1. 병명에 따른 질환별 체중분포

| Disease                      | Weight of all adult subjects(kg) |                |                 |                 |
|------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                              | Mean $\pm$ SD                    | 5th percentile | 50th percentile | 95th percentile |
| AVM <sup>1)</sup><br>(n= 33) | 66.9 $\pm$ 7.91                  | 55.2           | 68.0            | 77.4            |
| Aneurysm<br>(n= 20)          | 60.6 $\pm$ 11.1                  | 46.8           | 60.0            | 77.8            |
| Stenosis<br>(n= 24)          | 60.4 $\pm$ 10.9                  | 48.7           | 61.0            | 75.8            |
| SAH <sup>2)</sup><br>(n= 32) | 63.2 $\pm$ 14.6                  | 53.4           | 58.5            | 87.6            |
| Infarction<br>(n= 28)        | 59.8 $\pm$ 11.2                  | 46.0           | 60.0            | 75.5            |

<sup>1)</sup>AVM: arteriovenous malformation

<sup>2)</sup>SAH: subarachnoid hemorrhage

### 2.1 분석방법

혈관 조영 검사에 사용한 영상장비는 Philips Allura Xper FD 20/20(Philips, Eindhoven, Netherlands)을 사용하였다. 선량측정은 KermaX plus(iba-dosimetry, schwarzenbruck, Germany)로 공기 중 커마(air kerma), 커마 면적 곱(kerma area product: KAP), 투시

시간(fluoroscopy time), 촬영 영상 수(number of fluorographic images)를 질환과 시술별로 나누어 각각 측정 하였다.

공기 중 커마는 물질 내에서 비하전 이온화 입자에 의해서 생성된 모든 하전 전리화 입자의 최초 운동에너지 총합을 질량으로 나눈 값이며, 선량 면적 곱(dose area product : DAP)이라 일컫는 KAP는 X-ray 튜브로부터 방출되어진 전체적인 X-ray 빔에 대한 공기 중 커마 적분 값으로 환자 피폭 시 측정되는 에너지양이다 [5].

2.2 분석방법

환자의 체형 조건은 개인별로 차이가 있을 뿐만 아니라 신체 부위 두께마다 입사 방사선량이 다르기 때문에 다양한 변수들로부터 표준화를 할 필요가 있다. 그래서 Chapple 등이 제시한 크기 보정(size correction)을 통하여 체형 표준화(normalization of body habitus)를 시행하였다[6]. 체형표준화를 시행하는 방법으로는 등가 직경(equivalent diameter:  $d_e$ )을 사용하는데 다음의 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$d_e = 2(W/\pi H)^{1/2} \tag{1}$$

이 때,  $W$ 는 체중(g),  $H$ 는 신장(cm)을 나타낸다. 이처럼  $d_e$ 로 가정하여 계산하는 것이 환자에게 주어지는 에너지에 근접한 값으로 산출할 수 있다.

등가직경( $d_e$ )과 면적선량(KAP)의 관계는 다음의 식 (2)와 같다[7].

$$\ln KAP = kd_e + c \tag{2}$$

$k$ 는 상수로서, 환자의 체형 부위에 보정된 관전압, 관전류, 필터 종류에 따른 장비 및 검사 방법에 따른 값이며  $c$ 는 적분상수(constant of integration)이다. 면적 선량(KAP)은  $k$  및 등가직경이 커질수록 증가한다. 즉  $k$ ,  $d_e$ 가 커질수록 피폭선량이 증가한다.

3. 선량 분포 및 국가별 KAP 비교

피폭선량 데이터가 정규 분포화를 따르는지 확인하기 어렵기 때문에 Efron과 Tibshirani(1986)이 제안한 95% 신뢰구간(confidence intervals: CIs)을 바탕으로 부스트랩방식(bootstrap resampling)으로 구하였다. 모집단 데이터에서 임의로 표본 집단(sample data)을 추출하고 그 데이터를 bootstrap방식으로 변화를 평가하는데 사용하였다[8].

[표 2]는 방사선 촬영에 대한 피폭선량의 평균치와 참고 기준치의 권고 값으로 3 사분위수를 사용하는데, 대뇌 색전술에서 국가별로 KAP를 75 백분위수로 나타내고 있다[2].

표 2. 색전술에서 국가별 75백분위수의 KAP 비교 (radiology, 2005)

| Type of embolization | US  | Switzerland | Italy |
|----------------------|-----|-------------|-------|
| AVM                  | 505 | 352         | 338   |
| Aneurysm             | 341 | 352         | 338   |
| Tumor                | 472 | 352         | 338   |

unit : KAP(Gy·cm<sup>2</sup>)

[표 3]은 18세 이상 성인 남녀를 대상으로 대뇌 색전술에 대한 미국의 참고 기준치로 뇌동정맥기형(AVM)이 KAP가 가장 높으며 뇌동맥류(aneurysm)가 가장 낮은 값을 보여 주고 있다[9].

표 3. 색전술에 대한 미국의 참고 기준치 (radiology, 2009)

| Type of embolization | KAP (Gy·cm <sup>2</sup> ) | Fluoro time (min) | No. of images |
|----------------------|---------------------------|-------------------|---------------|
| AVM                  | 550                       | 135               | 1500          |
| Aneurysm             | 360                       | 90                | 1350          |

III. 결 과

[표 4]는 체형 표준화를 시행하기 위한 방법으로 등가직경을 계산한 결과 값과 환자의 체형 부위에 따른 보정된  $k$ 를 나타내고 있다. 등가직경은 20.6 cm이며

질환별  $k$ 는  $0.241 \text{ cm}^{-1}$ , 시술별  $k$ 는  $0.247 \text{ cm}^{-1}$ 의 결과를 보였다.

표 4. 등가직경 ( $d_e$ )과  $k$  값

| Type      | $d_e$<br>(cm) | $k$<br>( $\text{cm}^{-1}$ ) |
|-----------|---------------|-----------------------------|
| Diseases  | 20.6          | 0.241                       |
| Procedure | 20.6          | 0.247                       |

[표 5]는 질환별로 측정된 검사 소요시간, 면적 선량률(KAP rate)을 나타내고 있다. 뇌동정맥 기형(AVM)에서 평균 7분 12초로 평균 3분 17초 지주막하출혈(SAH)보다 2.29배로 더 길었다. 그러나 면적 선량률은 SAH가  $35.3 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ 로 가장 높은 반면 뇌동맥류가  $21.0 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ 로 가장 낮았다.

표 5. 질환별 검사에 따른 결과

| Diseases   | Time<br>(min) | Image<br>(spot) | Fluoro<br>( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) | Expoure<br>( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) | KAPTtotal<br>( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) | KAPRate<br>( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ ) |
|------------|---------------|-----------------|---|--|--|---|
| AVM        | 7m12s         | 167             | 40  | 125  | 165  | 22.9  |
| Aneurysm   | 6m29s         | 185             | 27  | 109  | 136  | 21.0  |
| Stenosis   | 4m51s         | 162             | 23  | 144  | 167  | 34.4  |
| SAH        | 3m17s         | 145             | 17  | 99   | 116  | 35.3  |
| Infarction | 6m55s         | 156             | 31  | 119  | 150  | 21.7  |

표 6. 시술 방법별 검사에 따른 결과

| Procedure  | Time<br>(min) | image<br>(spot) | Fluoro<br>( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) | Expoure<br>( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) | KAP<br>Total<br>( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) | KAP<br>rate<br>( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ ) |
|--|---------------|-----------------|---|--|---|---|
| GDC <sup>1)</sup> , LVA <sup>2)</sup>                  | 11m20s        | 149             | 25  | 86   | 111   | 9.8   |
| Thrombectomy,<br>LICA <sup>3)</sup>                    | 9m06s         | 117             | 40  | 107  | 147   | 16.1  |
| Both ICA <sup>4)</sup> , LVA, 3D                       | 7m06s         | 232             | 29  | 174  | 203   | 28.5  |
| Both ICA, RVA <sup>5)</sup>                            | 5m45s         | 176             | 29  | 159  | 188   | 32.7  |
| Both ICA, both<br>CCA <sup>6)</sup> , VA <sup>7)</sup> | 4m16s         | 185             | 22  | 165  | 187   | 43.8  |
| Both ICA, VA   | 4m09s         | 254             | 20  | 162  | 181   | 43.6  |
| Both ICA, LVA  | 4m07s         | 164             | 21  | 98   | 119   | 28.9  |
| Both ICA, both CCA                                     | 3m58s         | 136             | 27  | 144  | 171   | 43.2  |

<sup>1)</sup>GDC: Guglielmi detachable coil  
<sup>2)</sup>LVA: left vertebral artery  
<sup>3)</sup>LICA: left internal carotid artery  
<sup>4)</sup>ICA: internal carotid artery  
<sup>5)</sup>RVA: right vertebral artery  
<sup>6)</sup>CCA: common carotid artery  
<sup>7)</sup>VA: vertebral artery

[표 6]은 시술 방법별로 측정된 검사 소요 시간 및 면적 선량률을 나타내고 있다. 양쪽 내경동맥, 양쪽 총경동맥 및 추골 동맥으로 하는 방법이  $43.2\sim 43.8 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ 로 가장 높았다. 하지만 뇌혈관 색전술시 사용하는 뇌동맥류의 GDC방법이 검사 소요시간이 11분 20초로 가장 많이 소요되었으나 면적 선량률은  $9.8 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ 로 가장 낮았다.

#### IV. 고찰

영국방사선방호위원회에서는 5년 주기로 환자 검사 정보(환자의 연령, 체중, 성별, 관전압, 필터, 조사조건 등)와 단순 방사선촬영, 중재적 시술을 포함한 투시 방사선촬영 등 피폭선량(입사면 선량, 선량 면적 곱, 투시 촬영장치 사용시간 등)분포도를 수집한 결과로 환자 피폭선량 권고를 다음과 같이 제안하고 있다. 단순 방사선촬영의 경우, 참고 기준치 값이 흉부(chest PA)는  $0.12 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ 이고, 척추 측면촬영(L-spine lateral)의 경우  $2.44 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ 로 가장 노출이 많다. 이와 비교하여 투시 촬영의 경우에는 바륨 관장술이  $24.3 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ , 역행성 신우 조영술(retrograde pyelography)  $8.08 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ , 관상동맥 혈관 조영술  $29.0 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ , 담췌 조영술(biliary intervention)  $49.9 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ 로서 단순 방사선촬영에 비해 최소 67배에서 최대 415배 차이가 난다. 따라서 이러한 점으로 볼 때, 투시 촬영과 같은 맥락의 검사인 혈관 조영술 및 중재적 방사선 시술시 국내의 환자에게 방사선 피폭선량을 최소화하고 참고할 수 있는 안전 기준치가 필요하다[10].

단순 방사선촬영, 전산화 단층촬영, 유방 촬영, 투시 방사선촬영, 핵의학 등 방사선 검사로 인한 방사선 피폭 안전 기준치 값을 제시하고 있는 국제 원자력 기구(International Atomic Energy Agency: IAEA)에서는 특히, 중재적 시술에 대한 안전 기준치(guidance levels)를  $100 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ 라 하였으며, 미국 의학물리학회에서는 투시 방사선 장치 선량률에 대한 참고 기준치(reference value)를  $65.3 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ 으로 제시하고 있다. 그 중 중재적 시술에 따른 KAP를 75 백분위수로

국가별로 제시하고 있으며([표 2]), 대뇌 시술별로 미국의 참고 기준치를 보면 뇌동정맥기형이 가장 높았으며, 뇌동맥류가 낮게 나타났다([표 3])[2][9]. 본 연구에서는 대뇌질환별에서 뇌동맥류가 가장 낮은 값을 보이는 것이 일치한 결과를 보였다. 하지만 미국의 참고 기준치에는 포함되지 않는 뇌동정맥기형보다는 SAH가 높게 나타났다. SAH가 시술시간에 비해 면적 선량률이 높게 나타난 이유는 혈관 파괴와 함께 출혈이 발생하면 fibrin이라는 반고체 섬유소에 의해 혈액이 물리적으로 결합하여 방사선량의 흡수가 높아지게 된다. 이러한 이유로 SAH 질환에서는 상대적으로 충분한 영상을 형성하기 위해 과도한 면적 선량이 발생했다고 할 수 있다. 이는 본 연구의 큰 의의가 있다고 할 수 있다.

또한 혈관 조영 검사 및 IVR시 환자의 체형에 따라 피폭선량과 투시 조영 검사 선량에 영향을 미친다. 미국 및 유럽의 체형은 국내 체형과 매우 다르다. 영국의 평균 체중은 66~69 kg, 벨기에는 73 kg, 미국은 60~80 kg으로 체중 범위를 정하여 참고 기준치를 정하였다. 이 연구에서는 평균 체중이 60.8 kg로 타 국가에 비해 조금 낮게 나타났다. 현재 한국 20대 이상 성인 평균 몸무게는 62.6 kg 이고, 남자는 68.7 kg, 여자는 65.5 kg다 [11]. 또한 평균 등가직경은 20.6 cm로 ICRP에서 제시한 평균 등가 직경 22.9 cm에 비해 2.3 cm 작았다. 이는 현재 시술에 사용하는 대부분의 장비들이 외국에서 생산된 장비이기 때문에 국내의 환자에 적용 시 참고 기준치를 토대로 시술에 따라서 고려해야 할 사항이라고 할 수 있다.

Chapple(1995) 등이 제시한  $k$ 는  $0.14 \text{ cm}^{-1}$ 였고[5], Bleaser(2008) 등이 제시한 벨기에의 경우  $k$ 는  $0.26 \text{ cm}^{-1}$ 였으나[12], 본 연구는 질환별  $k$ 는  $0.241 \text{ cm}^{-1}$ , 시술별  $k$ 는  $0.247 \text{ cm}^{-1}$  나타났다. 이는 환자의 체형과 검사 방법, 특히 장비에 따라 차이가 나기 때문에  $k$ 값의 정형화는 추후 더 연구가 필요할 것으로 생각된다.

환자의 체형은 공기 중 커마와 KAP에 따른 참고 기준치를 변화시키는 것은 확실하지만 시술 시간 및 영상 수와는 무관하였다[13]. 하지만 질환 및 중재적 시술에 따른 면적 선량률은 수동 혹은 자동적으로 시술자 및 촬영자에 의해 광범위하게 조절이 가능하기 때문에 투

시방법의 정형화하는 방안과 중재적 시술에 따른 투시 시간으로 방사선 피폭 위험을 줄이는 하나의 방법이 될 수 있을 것이다[14].

시술 방법별로 측정된 면적 선량률에서는 내경동맥과 총경동맥을 포함한 방법에서 가장 높았고 뇌동맥류의 GDC방법이 검사 소요시간이 11분 20초로 가장 많이 소요되었으나 면적 선량률은 가장 낮았다. 이는 검사범위가 넓고 큰 혈관직경이 존재하는 내경동맥과 총경동맥을 포함하는 검사에서 상대적으로 면적 선량률이 높게 나타난 결과라고 할 수 있다. 이에 본 저자는 질환과 시술별 검사에 있어 검사대상 범위의 설정이 첫 번째로 피폭선량을 줄이는 방법이며, 그 다음으로 동일한 범위에서는 시술 시간을 단축하여 검사를 시행하는 것이 중요한 문제라고 할 수 있다.

이에 국가별로 행해지는 기준치를 참고하여 국내의 진단 참고 기준치를 제정하는 것은 환자에게 주어지는 피폭 선량을 감소하는데 이바지 할 수 있을 것이다. 그러나 참고 기준치를 설정하여 중재적 방사선 시술과 병명 사례에 따라 모든 환자에게 적용하기는 어렵다[15]. 그렇지만 본 실험에서 얻은 SAH와 같은 특정 질환과 시술에 따른 참고 기준치 범위를 설정하게 되면, 피폭 선량이 크면 중재적 방사선 시술 절차가 부적합하며 이와 반대로 적으면 시술에 적합하여 투시 조영 검사 시간 및 영상 수를 결정하는데 참고가 될 것이다.

이번 연구의 제한점과 보완점은 다음과 같다. 첫째, 한 지역에 있는 대학병원을 대상으로 시행했기 때문에 전체를 대상으로 하는 통계적 수치를 위해서는 추가적인 권역별 데이터의 확보가 필요할 것이다. 둘째, 혈관 조영 검사 및 중재적 방사선량에 대한 참고 기준치를 전체적인 부분이 아닌 대뇌만으로 국한하였다.

따라서 참고 기준치의 정확성을 높이기 위해서는 좀 더 대규모의 모집단과 다양한 복부 및 심혈관계 질환에 대한 결과 데이터가 필요할 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구의 결과를 요약해 보면, 등가직경은 20.6 cm로

ICRP에서 제시한 22.9 cm에 비해 2.3 cm 작았고, 질환별  $k$ 는  $0.241 \text{ cm}^{-1}$ , 시술별  $k$ 는  $0.247 \text{ cm}^{-1}$ 로 나타났다. 질환 별로 나타나는 면적 선량률은 SAH가  $35.3 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ 로 가장 높게 나타났고, 뇌동맥류가  $21.0 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$ 가 가장 낮게 나타났다. 그리고 시술에 따른 면적 선량률은 양쪽 내경동맥, 양쪽 총경동맥 및 추골동맥으로 하는 방법에서  $43.8 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$  가장 높게 나타났고, GDC에서  $9.8 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{min}$  가장 낮게 나타났다.

이상의 결과에서 대뇌를 중심으로 수행되는 혈관 조영 검사 및 중재적 방사선 시술에서 방사선량에 대한 참고 기준치로 이용할 수 있을 것이며 환자 피폭선량의 저감화를 가져올 수 있다. 특히 SAH와 같은 다양한 출혈성 검사에서 안전 기준치와 검사범위를 설정하면 환자의 피폭선량을 감소하는데 일조할 것이다. 또한 본 연구는 최초로 한국인을 상대로 혈관 조영 검사 및 중재적 방사선 시술에 관하여 피폭선량 참고 기준치를 정량화했다는 점에서 큰 의의가 있으며, 이는 피폭선량 안전 교육과 관리에 있어서 유용한 기준이 될 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] 이광용, "진단방사선분야에서의 환자선량 평가 및 환자 방어", 대한인터벤션영상기술학회, pp.16-21, 2003.

[2] Gray, Archer Br, and P. F. Butler, "Reference values for diagnostic radiology: application and impact," Radiology, Vol.235, pp.354-358, 2005.

[3] American College of Radiology, *ACR practice guideline for diagnostic reference levels in medical x-ray imaging*, Practice guideline and technical standards 2008. American College of Radiology, 2008.

[4] *Diagnostic reference levels in medical imaging: review and additional advice*, Ann ICRP 31, pp.33-52, 2001.

[5] S. Balter, B. A. Schueler, D. L. Miller, and S. Balter, "Radiation doses in interventional radiology procedures: the RAD-IR study," Vasc Interv Radiol, Vol.14, pp.711-727, 2003.

[6] C. L. Chapple, D. A. Broadhead, and K. Faulkner, "A phantom based method for deriving typical patient doses from measurements of dose area product on populations of patients," Br J Radiol, Vol.68, pp.1083-1086, 1995.

[7] A. Peterzol, E. Quai, and R. Padovani, "Reference levels in PTCA as a function of procedure complexity," Radiation Protection Dosimetry, Vol.117, pp.54-58, 2005.

[8] B. Efron and R. Tibshirani, "Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy," Stat Sci, Vol.1, pp.54-77, 1986.

[9] D. L. Miller, D. Kwon, and G. H. Bonavia, "Reference levels for patient radiation doses in interventional radiology; proposed initial values for U.S," practice, Vol.253, No.3, pp.753-764, 2009.

[10] D Hart, M. C Hillier, and B. F. Wall, *Dose to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK-2005 Review*, Health Protection Agency, HPA-RPD-029, 2007.

[11] <http://sizekorea.kats.go.kr>

[12] F. bleeser, M.-T. Hoornarert, and K. Smans, "Diagnostic reference levels in angiography and interventional radiology: a belgian multi-center study," Radiation protection dosimetry, Vol.12, pp.50-55, 2008.

[13] D. L. Miller, S. Balter, L. K. Wagner, and J. Cardella, "Quality improvement guidelines for recording patient radiation dose in the medical record," J Vasc Interv Radiol, Vol.15, pp.423

-429, 2004.

- [14] S. Balter, "Capturing patient doses from fluoroscopically based diagnostic and interventional systems," Health Phys, Vol.95, pp.535-540, 2008.
- [15] E. Vano and L. Gonzalez, "Approaches to establishing reference levels in interventional radiology," Radiation Protection Dosimetry, Vol.94, pp.109-112, 2001.

저 자 소 개

한 재 복(Jae-Bok Han)

정회원



- 2001년 2월 : 호남대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
  - 2003년 2월 : 전남대학교 전자 공학과(공학석사)
  - 2007년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 전자공학과(박사과정)
  - 2009년 ~ 현재 : 동신대학교 방사선학과 교수
- <관심분야> : 객체분할, 의료영상압축