

CT의 MAR알고리즘 적용 시 의료용 금속 물질별 인공물 감소율 분석

김현주, 윤준*
동남보건대학교 방사선과

Analysis of the artifact reduction rate for the types of medical metals in CT with MAR algorithm

Hyeon-ju Kim, Joon Yoon*

Department of Radiologic Technology, Dongnam Health University

요 약 의료용 CT영상에서 영상의 화질 저하의 원인으로 인공물을 유발의 원인인 다양한 금속성분의 의료용 재료를 이용하여, 듀얼에너지 CT의 MAR 알고리즘적용 전, 후 영상의 CT value값을 비교 측정하고, 정량적 분석을 통해 MAR Algorithm 적용의 유용성을 알아보았다. 그 결과 MAR 알고리즘 적용 시 대부분의 의료용 금속 물질에서 인공물 감소효과가 있었다 ($P<0.05$). 특히, 의료용 금속물질 중 Stainless합금(78.1% 감소)과 백금소재인 GDC coil(76.1% 감소)처럼 상대적으로 밀도가 높은 의료용 금속물질에서 인공물 감소효과가 높았다($P<0.05$). 또한, 인공물 형태에 따른 인공물 감소정도를 정량적 분석을 통해 알아보았다. 그 결과는 MAR 알고리즘 적용 시 Stainless합금과 Titanium합금의 경우 Black hole artifact형태에서 인공물 감소효과가 매우 우수하였고($P<0.05$), 백금소재인 GDC coil의 경우는 White streak artifact형태에서 인공물 감소효과가 매우 우수하였다($P<0.05$). 향후 의료용 금속 물질 삽입 수술 환자의 경우 듀얼 에너지 CT장비의 MAR알고리즘을 적용하여 CT검사를 시행한다면 금속물질에 기인한 인공물 유발을 감소시켜 보다 뛰어난 화질의 영상정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract We investigated on the usefulness of MAR algorithm by making a comparison of the CT value between before and after applying the MAR algorithm in dual energy CT, using the various kinds of medical metals, causing the artifact to lead to the low image quality. As a result, the artifact was reduced in most cases ($P<0.05$); in particular, the artifact was highly reduced ($P<0.05$) using high density material, like alloy-stainless (reduced by 78.1%) and platinum, for example GDC coil (reduced by 76.1%). The effect of decreasing the Black hole artifact was outstanding in both the alloy-stainless and alloy-titanium ($P<0.05$). However, in case of GDC coil-a type platinum, white streak artifact was reduced effectively ($P<0.05$). Therefore, in case of patients who have medical metals inserted, we think that high-quality image information can be provided by decreasing the artifact caused by high density material through MAR algorithm in dual energy CT.

Keywords : Artifact, DECT, MAR, Stainless, Titanium

1. 서론

컴퓨터 단층 영상검사(Computed Tomography :CT)는 방사선 피폭이 있음에도 불구하고 신뢰할 수 있는 진

단 및 치료계획영역에서 민감도와 특이도가 매우 높아 정확성을 요구하는 검사에서 이용을 많이 하고 있어 임상에서 질병진단 시 CT 검사의 증가를 가져왔다[1]. 정확한 질병을 진단하기 위하여 영상의 화질은 매우 중요

*Corresponding Author : Joon Yoon (Dongnam University)

Tel: +82-10-3458-5029 email: gidoong75@naver.com

Received June 24, 2016

Revised July 8, 2016

Accepted September 9, 2016

Published September 30, 2016

한 인자이며 명확한 질판단을 위해 의료영상의 화질관리는 반드시 필요하고 주기적인 화질관리를 필요로 한다. CT에서 영상의 질이란 인체의 미세구조를 얼마나 명료하고 정확한 구조의 영상으로 시각화할 수 있는 것으로 정의되어있으며 CT영상의 질에 영향을 미치는 요소들로는 CT값의 정확도, 노이즈, 공간분해능과 대조도 분해능, Artifact, 선량 그리고 장치의 정확성이라고 할 수 있다[2]. 이와 같은 요소들 중 인공물(Artifact)은 검사 목적과는 관계없이 발생하는 통계적인 오차로 인해 정확한 CT영상의 구성을 교란하거나 방해하여 영상의 질을 저하시키고 미세부분의 관찰능력을 감소시키는 장애 음영이라고 정의 되어있으며[3]. CT영상의 경우 물질을 투과한 CT value값(Hounsfield Unit)을 이용하여 영상화한다. 따라서 인체 내에 X선원 감약계수가 현저한 차이를 가진 금속 물질(뼈: +300 ~ +500 HU, 금속: +500 ~ +1000HU)이 삽입되어 있는 경우라면 금속 물체가 X선원을 약화 시키고[4], 이로 인해 투사 측면에 중대한 오류를 일으켜 영상정보를 상실(black-hole artifact)하거나 선속 경화(streak artifact) 인공물을 발생시킨다. 최근 이러한 인공물을 감소시키기 위해 G사의 장비의 경우 80 kVp와 140 kVp 두 개의 X선원을 이용하여 서로 다른 물질 투과 감약 정보를 이용하여 영상화를 하고 있다. 따라서 기존의 단일 선원 CT에서는 에너지 분리가 불가능하여 물질을 투과한 모든 스펙트럼이 중첩된 영상(polychromatic image)을 만들었던 것과는 달리 듀얼 에너지 CT에서는 서로 다른 X선원이 물질을 투과하고 감약 한 에너지를 선택적으로 재구성하여 에너지 파형에 따른 단일 에너지 파형의 CT영상(Monochromatic image) 획득이 가능해졌으며[5] 그 기법을 이용 금속물질로 인한 X선속 경화(Beam-hardening)인공물을 줄일 수 있는 MAR(Metallic Artifact Reduction) 알고리즘 그리고 요오드, 물 성분을 분리시켜 영상화한 물질 분리(Material decomposition)기법 그리고 에너지 세기에 따른 HU 변화 커브를 들 수가 있게 되었다[6]. MAR(Metallic Artifact Reduction)알고리즘은 금속 데이터가 있는 원시 데이터에 다차원 데이터 공간을 이용한 대리 감약 치(surrogate attenuation value)를 사용하는 방식으로[7]. 기존에 적용한 단순 관전압, 관전류 변화 그리고 적응 필터링(adaptive filtering) 방법, 반복 재구성(iterative reconstruction)방법, 프로젝션보간법(projection interpolation)보다 고밀도 물질에 의해 영상을 왜곡시키는 black-hole artifact 또는

witch streak artifact를 감소시키는데 큰 효과를 가지고 있다고 한다[8]. 우리는 실험에서 의료용 고밀도 물질들을 자체 제작한 수조안에 넣은 후 MAR Algorithm 적용 전과 후의 스캔 영상을 이용CT value값을 측정하여 의료용 금속 물질별 그리고 인공물의 형태에 따라 인공물 감소정도를 정량적 분석을 통해 비교 평가하여 향후 MAR Algorithm 적용의 유용성을 알아보았다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 및 분석방법

본 연구는 척추고정수술 시 이용하는 Stainless와 Titanium재질의 금속 고정기구(spinal pedicle screw)와 상지와 하지 골절 시 이용하는 Stainless와 Titanium재질의 금속 고정기구 그리고 뇌 혈관에 동맥자루발견 시 동맥자루 파열방지를 위해 삽입하는 백금재질의GDC (Guglielmi detachable coil; Boston Scientific, USA) coil을 이용 64-MDCT (Discovery 750 HD, GE HEALTH CARE, Milwaukee, USA)로 MAR Algorithm 적용 전, 후를 스캔하였다. 획득된 영상데이터를 이용하여 인공물이 발생한 동일부위의 CT value를 측정하여 평균 CT value를 분석 기록하였다. 또한 인공물을 White streak artifact영역과 Black hole artifact 영역으로 구분하여 CT value를 측정하여, 평균 CT value를 분석 기록하였다. 스캔 시 적용한 CT 스캔 파라메타는 관전압을 120kVp, 관전류는 자동 관전류(Smart mA)조정(Auto mA control, 150~350mA range)모드로 스캔 하였다. Scan type은 Helical mode이며 40mm Detector coverage, 0.625mm의 Helical thickness, Rotation time은 0.6sec로 설정하였다. Coverage speed경우는 65.62mm/sec, pitch/speed는 0.984:1(39.37mm/rot)이며 Reconstruction type은 Standard Algorithm을 적용하였다. MAR Algorithm은 듀얼 에너지 관전압 80 kVp와 140 kVp로 빠르게 교차하며 X선원을 조사하는 특성을 가진 CT장비를 이용하였다. 영상의 정량분석은 영상재구성 3D 프로그램인 AW 4 . 6 Volume Share 4(GE Healthcare. Co.)를 이용하였고 모든 분석은 통계 소프트웨어 SPSS 18.0 for Windows(SPSS INC, Chicago, IL)를 이용하였다.

2.1.1 척추 고정용 금속물질의 CT value 측정

Stainless합금 성분과 Titanium합금성분의 척추고정수술용 금속 기구를 생리식염수와 지방유로 구성된 자체제작 팬텀 수조에 넣은 후 동일한 스캔 프로토콜로 MAR Algorithm적용 전, 후 스캔 후 획득된 영상데이터를 이용하여 White streak artifact영역과 Black hole artifact 영역에 직경 5mm의 동일한 ROI (Region of interesting)를 그려 평균 CT value를 기록하였다(그림1,2,3).

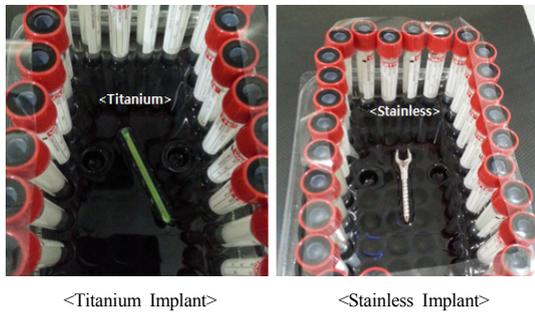


Fig. 1. Image of Titanium and Stainless Implant phantom

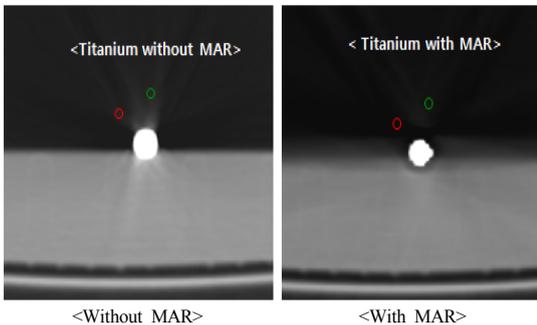


Fig. 2. CT value measurement of titanium implant CT Image of MAR Algorithm application for before and after

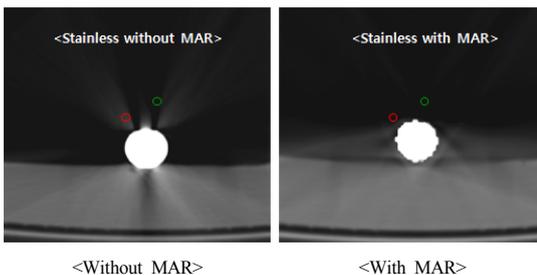


Fig. 3. CT value measurement of stainless implant CT Image of MAR Algorithm application for before and after

2.2.2 상, 하지 골절 고정용 금속물질의 CT value 측정

Stainless합금 성분과 Titanium합금성분의 상, 하지 골절 고정용 금속 기구를 생리식염수와 지방유로 구성된 자체제작 팬텀 수조에 넣은 후 동일한 스캔 프로토콜로 MAR Algorithm적용 전, 후 스캔 후 획득된 영상데이터를 이용하여 White streak artifact영역과 Black hole artifact 영역에 직경 5mm의 동일한 ROI를 그려 평균 CT value를 기록하였다(그림4,5,6)

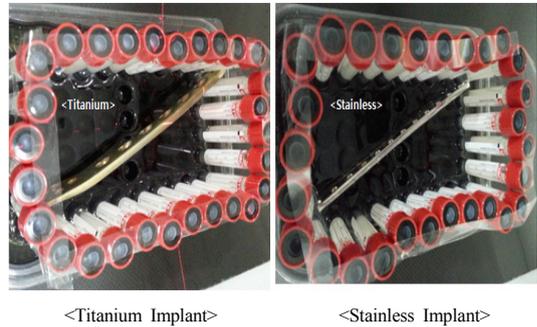


Fig. 4. Image of Titanium and Stainless Implant phantom

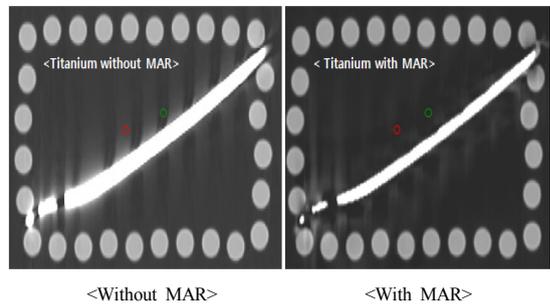


Fig. 5. CT value measurement of titanium implant CT Image of MAR Algorithm application for before and after

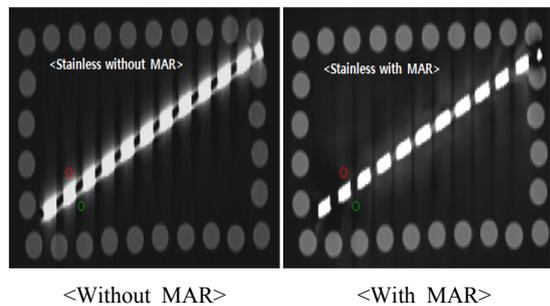
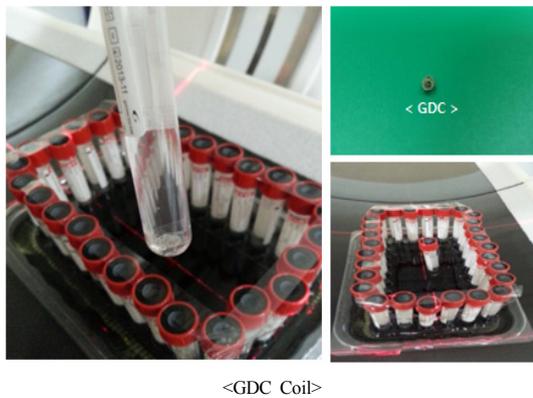


Fig. 6. CT value measurement of stainless implant CT Image of MAR Algorithm application for before and after

2.2.3 동맥자루 방지용 GDC coil의 CT value 측정

백금성분의 GDC coil을 생리식염수로 채워진 시험관에 담가 고정한 후 지방유로 구성된 자체제작 팬텀 수조에 넣은 후 위에서 동일한 스캔 프로토콜로 MAR Algorithm적용 전, 후 스캔 후 획득된 영상데이터를 이용하여 White streak artifact영역과 Black hole artifact 영역에 직경 5mm의 동일한 ROI (Region of interesting)를 그려 평균 CT value를 기록하였다(그림7,8)



<GDC Coil>

Fig. 7. Image of GDC Coil phantom

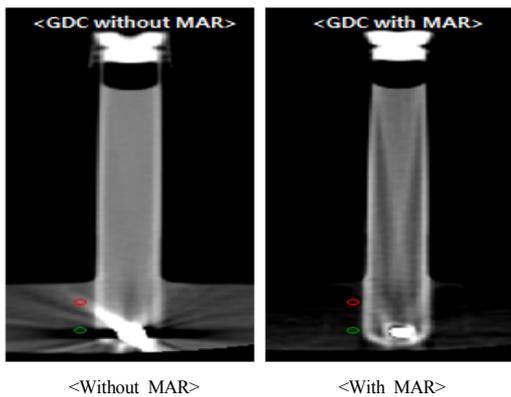


Fig. 8. CT value measurement of GDC Coil CT Image of MAR Algorithm application for before and after

3. 연구결과

3.1 척추 고정용 금속물질의 CT value 측정

척추고정용 금속고정기구의 MAR Algorithm적용 전, 후 영상데이터의 CT value를 비교 분석한 결과,

Titanium합금은 White streak artifact에서 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 213.4±2.3 HU이고, MAR Algorithm적용 후 95.4±3.8 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value는 약 55.3 % 감소되었고, CT value감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05). Black hole artifact 영역에서의 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 -127.1±1.2 HU, MAR Algorithm적용 후 -42.5±3.5 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 66.6 % 감소되었으며, CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다 (P<0.05) (Table 1).

Stainless합금의 경우 White streak artifact에서 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 383.5±2.3 HU, MAR Algorithm적용 후 평균 CT value는 101.8±1.1 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value가 약 73.4 % 감소되었고 CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05). 또한 Black hole artifact 영역에서 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 -401.1±1.2 HU, MAR Algorithm적용 후 -92.1±3.1 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value가 약 77.1%감소된 것으로 분석되었으며 CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다 (P<0.05)(Table 1)

Table 1. Quantitative Analysis for CT value decrease rare according to artifact type of spine implant

	Artifact type	MAR Algorithm Application	CT value	Decrease rare (%)	P
T i t a n i u m	White streak artifact	Without MAR	213.4±2.3	55.3	0.001
		With MAR	95.4±3.8		
	Black hole artifact	Without MAR	-127.1±1.2	66.6	0.001
		With MAR	-42.5±3.5		
S t a i n l e s s	White streak artifact	Without MAR	383.5±2.3	73.4	0.001
		With MAR	101.8±1.1		
	Black hole artifact	Without MAR	-401.1±1.2	77.1	0.001
		With MAR	-92.1±3.1		

3.2 상, 하지 골절용 금속 고정기구의 CT value 측정

Titanium과 Stainless합금 성분의 척추용 금속고정기구를 이용하여 MAR Algorithm적용 전, 후 영상데이터의 CT value를 비교 분석한 결과, Titanium합금의 White streak artifact는 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value가 176.9±1.1 HU, MAR Algorithm적용 후 84.2±2.1 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value가 약 52.4 % 감소되었으며. CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05). 또한 Black hole artifact 영역에서 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 -153.8±3.5 HU, MAR Algorithm적용 후는 -63.6±0.8 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value가 약 58.6 % 감소되었으며 CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05)(Table 2).

Table 2. Quantitative Analysis for CT value decrease rare according to artifact type of extremity implant

	Artifact type	MAR Algorithm Application	CT value	Decrease rare (%)	P
T i t a n i u m	White streak artifact	Without MAR	176.9±1.1	52.4	0.001
		With MAR	84.2±2.1		
	Black hole artifact	Without MAR	-153.8±3.5	58.6	0.001
		With MAR	-63.6±0.8		
S t a i n l e s s	White streak artifact	Without MAR	412.5±3.8	76.9	0.001
		With MAR	95.2±2.8		
	Black hole artifact	Without MAR	-393.7±3.9	78.1	0.001
		With MAR	-86.3±1.5		

Stainless합금의 경우 White streak artifact에서 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 412.5±3.8 HU, MAR Algorithm적용 후 95.2±2.8 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value가 약 76.9 % 감소되었고 CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05). 또한 Black hole artifact 영역에서 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 -393.7±3.9 HU이고, MAR Algorithm적용 후는 -86.3±1.5 HU로 측

정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value가 약 78.1 % 감소되었고 CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05) (Table 2).

3.3 동맥자루 방지용 GDC coil의 CT value 측정

GDC coil을 이용하여 MAR Algorithm적용 전, 후 영상데이터의 CT value를 비교 분석한 결과 White streak artifact에서 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 685.2±1.8 HU, MAR Algorithm적용 후 196.2±0.8 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value가 약 71.4 % 감소되었고 MAR Algorithm적용 시 CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05). 또한 Black hole artifact 영역에서 MAR Algorithm적용 전 평균 CT value는 -352.5±2.5 HU, MAR Algorithm적용 후는 -162.7±1.9 HU로 측정되어 MAR Algorithm적용 시 평균 CT value가 약 53.9 % 감소되었으며 MAR Algorithm적용 시 CT value 감소에는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05) (Table 3).

Table 3. Quantitative Analysis for CT value decrease rare according to artifact type of GDC coil

	Artifact type	MAR Algorithm Application	CT value	Decrease rare (%)	P
GDC coil	White streak artifact	Without MAR	685.2±1.8	71.4	0.001
		With MAR	196.2±0.8		
	Black hole artifact	Without MAR	-352.5±2.5	53.9	0.001
		With MAR	-162.7±1.9		

4. 고 찰

CT영상에서 화질이란 인체의 미세구조를 얼마나 명료하고 정확한 구조의 영상으로 시각화할 수 있는냐에 따라 좌우된다고 할 수 있다[9]. 금속 물질은 이러한 CT 영상이 추구하는 궁극적인 질의 측면에 위배되는 현상으로 작용하여 CT영상의 구성을 교란하거나 방해하여 영상의 질을 저하시키고 미세부분의 관찰능력을 감소시키는 장해 음영[10]인 인공물의 형태로 영상에서 나타난다. 일반적으로 임상에서 이용하고 있는 일반적인 인체

이식용 금속 물질들은 X-ray를 이용하는 CT영상에서 밝고 어두운 줄무늬 형태의 인공물로 나타나며 이러한 인공물들은 보고자하는 해부학적 구조 및 질환 판독영상에 분해능을 감소시켜 정확한 질환판단에 혼란을 미치며 세부 정보를 왜곡시켜 영상의 화질을 저하시키는 원인이 되고 있으며 최악의 경우 진단이 불가능할 수 있다[11]. 이러한 이유로 현재 임상 및 장비를 개발, 연구하는 기업에서는 고밀도 인공물 감소를 위해 부단한 연구와 소프트웨어를 개발하고 있는 추세이다. 현재까지 고밀도 인공물을 감소시키기 위해 소프트웨어를 개발하고 적용해 왔지만 원시 데이터의 왜곡과 주변조직의 영상침윤으로 화질을 저하시키는 등 단점들이 발견되어 고밀도 물질을 감소시키는 효과는 미미한 것이 현실이다. 또한 검사 파라메타인 관전압을 증가시키면 고밀도 물질에 의한 선속경화현상이 감소된다는 이론은 있지만 영상에서 모든 구조물들이 겹쳐놓은 것처럼 투영된 평면상으로 표현되기 때문에 미세한 농도의 차이를 보이는 세부 구조물들의 구별이 어렵거나 식별이 불가능하며 더 많은 노출 선량으로 환자가 받는 피폭선량이 많다고 한다[12]. 방사선 피폭은 국제 방사선방어위원회(ICRP)의 ALARA(As Low As Reasonably Achievable)원칙에 따라 환자와 검사자에 대한 방사선방어가 반드시 이루어져야 한다[13]. 결국 방사선 피폭의 한계와 효과에 대한 의문으로 인해 현재 임상에서는 이용하고 있지 않고 있다. 이러한 한계는 결국 영상에서 완전히 금속 인공물을 제거 해 내지는 못하고 있기 때문에 현재 끊임없는 CT장비의 발전으로 인해 인공물과 노이즈를 줄여주는 *Iterative reconstruction* 이나 여러 가지 측면에서 영상의 질을 높이는 소프트웨어도 함께 개발되고 있다[14]. 결국, 관전압, 관전류 등 하드웨어적인 방법이 아니라 영상 재구성 시 적용하는 소프트웨어의 개발을 통해 영상의 화질을 저하시키는 금속 인공물 감소 방법에 대하여 연구 중에 있는 것이다. 우리는 현재 인체 재활용 고밀도 금속물질에 의한 화질저하로 인해 병변 판독에 있어 오류의 원인을 파악하고 기존에 적용한 방법이 아닌 고밀도 인공물 질에 의한 화질저하 원인을 *Dual energy CT* 장비의 *MAR Algorithm*의 적용을 통해 금속 재질별 인공물 감소효과 정도와 임상 적용 시 화질개선 정도를 분석해 보았다. 팬텀연구와 임상연구에서 *MAR* 알고리즘을 적용했을 경우 *CT value*의 변화가 있었으며 *White streak artifact*의 경우 *CT value*가 감소하였고, *Black hole*

*artifact*의 경우 *CT value*가 증가하여 화질개선에 큰 효과가 있음을 알 수 있었다. 대부분의 고밀도 물질에서 모두 50%이상의 인공물 감소 효과가 있었으며 척추용 금속 고정기구와 상, 하지골절용 금속 고정기구에서는 Titanium보다 Stainless합금에서 인공물 감소 효과가 보다 높았으며 *GDC coil*의 경우 *White streak artifact*가 *Black hole artifact*보다 인공물 감소 효과가 높은 것을 알 수 있었다. *MAR* 알고리즘은 *Dual X-ray source*를 이용하여 관전압인 *kV switching* 방법을 이용한 것으로 80kVp와 140kVp 두 개의 X선원을 이용하여 서로 다른 물질투과 감약 정보를 이용하여 영상화 하고 있다 따라서 기존의 단일 선원CT에서는 에너지 분리가 불가능하여 물질을 투과한 모든 스펙트럼이 중첩된 영상을 만들었던 것과는 달리 *Dual energy CT*에서는 서로 다른 X선원이 물질을 투과하고 감약한 에너지를 선택적으로 재구성하여 에너지 파형에 따른 단일 에너지 파형의 CT영상 획득이 가능한 것이다[15]. 이러한 *MAR* 알고리즘은 연구결과에서 알 수 있듯이 대부분의 고밀도 물질이 원인이 되어 발생한 인공물들을 50%이상 감소시키는 탁월한 효과가 있는 알고리즘으로 특히, Stainless합금과 백금소재인 *GDC coil*과 같이 보다 밀도가 높은 물질일수록 상대적 인공물 감소율이 높은 것으로 분석되었고 임상영상연구 결과에서도 팬텀연구와 동일한 재질의 고밀도 물질에 기인한 인공물을 감소시키는데 있어 효과적인 것으로 분석되었다. 향후 임상에서 이러한 인공물을 감소시키는 소프트웨어와 알고리즘 개발을 통해 인공물 감소효과를 높여 의료영상정보를 제공 한다면 의료용 금속기구 수술 후 수술의 정확성 및 주위조직의 질환을 판독함에 있어 임상에서 보다 정확한 임상영상분석과 질병 판독으로 보다 정확한 영상정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론

우리는 이번 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다. 기존의 고밀도 인공물 감소방법인 관전압을 높이는 것은 방사선피폭이라는 한계점이 있는 반면 *Dual energy CT*의 *MAR* 알고리즘을 적용하면 고밀도 물질에 기인한 인공물을 방사선피폭 없이 감소시킬 수 있었다. 무엇보다 팬텀영상의 정량평가에서 *MAR* 알고리즘 적

용 시 Stainless합금과 백금소재인 GDC coil처럼 상대적으로 밀도가 높은 물질에서 인공물 감소효과가 높았으며 인공물의 형태에 따른 Stainless합금과 Titanium합금에서 인공물 감소효과는 White streak artifact의 인공물 영상보다 Black hole artifact인공물 영상에서 인공물 감소효과가 우수함을 알 수 있었다. 그러나 백금소재인 GDC coil의 경우 Black hole artifact의 인공물 영상보다 White streak artifact인공물 영상에서 인공물 감소효과가 우수한 결과를 얻었다. 향후 인체 재건을 목적으로 금속기구치환술 시행 후 또는 두부 동맥자루방지를 위해 GDC coil을 삽입한 환자의 경우 듀얼 에너지 CT장비의 MAR알고리즘을 적용하여 추적검사를 한다면 금속 인공물에 기인된 인공물을 보다 더 감소시켜 상대적으로 인공물이 적은 영상을 획득하여 보다 질 좋은 화질의 영상정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- DOI: <http://dx.doi.org/10.1259/bjr/19113084>
- [8] M. S. Kim, J. S, Chung, M, K, Kim etc. A study of CT scan protocol, Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society Vol. 36, No. 12 pp 80, 2011.
- [9] D. W. Kim., H, S. Kim, S. O. Park "Textbook of Computed Tomography, Dae-hak Publishing co, pp. 471, 2010.
- [10] S. H. Kim et al, Development and Radiation Shield effects of Dose Reduction Fiber for Fiber for Scatter ray in CT Exams, Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society Vol. 14, No. 4 pp. 1871-1872, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.4.1871>
- [11] S. H. Lee, K. H. Yang, S. B. Sun, MAR method of study use to Dual Source CT, Korean Society of Computed Tomography Technology. Vol. 15, No. 1, pp. 177-186, 2013.
- [12] C. H Lee, and C. S. Lim, A study on Added Filters for Reduction of Radiation Exposure Dose in Skull A-P Projection, Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society Vol. 12, No. 7 pp. 3117-3122 July 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.7.3117>
- [13] H. L. Lee et al, The Effect of a Thyroid Shield Made of a Tissue-Equivalent Material on the Reduction of the Thyroid Exposure Dose in Panoramic Radiography, Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society Vol. 13, No. 5 pp. 2278-2284, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.5.2278>
- [14] H. Park, H. C. Lee, K. D. Kim etc, The elimination of the linear artifacts by the metal restorations in the three dimensional computed tomographic images using the personal computer and software, Korean Journal of Oral and Maxillofacial Radiology, Vol. 22, No. 33, pp. 151-159, 2013.
- [15] Brown CL, Hartman RP, Dzyubak OP, Takahashi N, Kawashima A, Mc Collough CH, Bruesewitz MR, Primak AM, Fletcher JG. Dual-energy CT iodine overlay technique for characterization of renal masses as cyst or solid a phantom feasibility study, European Journal of Radiology Vol. 19, No. 5, pp. 1289-1295, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-008-1273-6>
- [1] B. C. Yoo, D. C. Kwon, J. S. Lee, et al., Comparison radiation dose of z-axis automatic tube current modulation technique with fixed tube current multi-detector row CT scanning of lower extremity venography, J. Radiol. Prot. Vol.32, No. 3 pp. 123-133, 2007.
- [2] M. C. Kim, The latest CT imaging technology studies theory QC, Chung-ku moon hwa-sa, pp. 366-399, 2013.
- [3] H. J. Kim, A study of beam hardening effect reduction occur in brain CT, Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society Vol. 16, No. 12 pp. 8479-8486, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8479>
- [4] H. S. Lim, K, H, Kim, M, K, Kim etc. Computed Tomography, publish of academya pp 29-31, 2010.
- [5] Brown CL, Hartman RP, Dzyubak OP, Takahashi N, Kawashima A, McCollough CH, Bruesewitz MR, Primak AM, Fletcher JG. Dual-energy CT iodine overlay technique for characterization of renal masses as cyst or solid a phantom feasibility study, European Journal of Radiology Vol. 19, No. 5, pp. 1289-1295, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-008-1273-6>
- [6] Joshi M, Aluri S, Procknow K, Langan DA, Sahani DS. Effective atomic number accuracy for kidney stone characterization using spectral CT, Medical Imaging 2010 : Physics of Medical Imaging. Proc. SPIE Vol.7622 pp. 76223K1 - 76223K12, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/12.844372>
- [7] Prell D, Kalender WA, Kyriakou Y. Development, implementation and evaluation of a dedicated metal artefact reduction method for interventional flat - detector CT, British Journal of Radiology Vol. 83. No. 996, pp. 1052-1062, 2010.

김 현 주(Hyeon-Ju Kim)

[정회원]



- 2015년 2월 : 순천향대학교 일반대학원 의료과학과(공학박사)
- 2001년 3월 ~ 2016년 6월 : 순천향대학교부천병원 영상의학과
- 2016년 7월 ~ 현재 : 동남보건대학교 방사선과 교수

<관심분야>

의료영상처리, 의료공학, 방사선 기기 및 품질관리, 컴퓨터 단층 촬영기법

윤 준(Joon Yoon)

[정회원]



- 2012년 2월 : 경기대학교 일반대학원 생물학과 (이학박사)
- 2005년 1월 ~ 현재 : 동남보건대학교 방사선과 부교수

<관심분야>

생물학, 방사선학, 해부학, 공중보건학