

심박조율기 삽입 팬텀의 CT영상 원시데이터에 금속인공물감소 알고리즘 적용 시 금속인공물 감소율의 융합적 비교

김현주, 윤 준*
동남보건대학교 방사선과

Convergence Comparison of Metal Artifact Reduction Rate for Pacemaker Insertion of CT Imaging Phantoms in the Raw Data with MAR Algorithm

Hyeon-ju Kim, Joon Yoon*
Department of Radiologic Technol3gy, Dongnam Health University

요약 심장CT를 스캔하여 MAR알고리즘 적용 시 자체 제작한 Pacemaker삽입팬텀의 금속인공물 감소 정도를 비교 분석해 보았다. 에너지별 CT value를 비교한 결과 BKG에서 CT value의 증감이 있었으며 WSA에서 40 KeV의 경우 663.2%로 최대감소, BHA에서 140 KeV의 경우 56.2%로 최대로 증가 하였다. 또한, 70 KeV기준으로 인공물 형태별 CT value 비교결과 WSA에서 최대 약 145% 감소하였고, BHA에서는 최대 약 46.38%증가 하였다. MAR알고리즘 적용은 에너지 변화 또는 인공물의 종류와 무관하게 금속 인공물 발생을 감소시켜주는 효과가 있어 Pacemaker삽입 후 심장CT로 추적검사 시 MAR알고리즘을 적용한다면 보다 질 좋은 심장CT 영상을 제공할 것으로 사료된다.

• **주제어** : 융합인공물, CT값, 심장CT, Metal Artifact Reduction알고리즘, 심박조율기

Abstract In the analyzed cardiac CT algorithm applied when comparing the MAR self-made metal artifact reduction in pacemaker inserted phantom degree. Result of comparing the energy value by CT showed a decrease in the CT value in the case of BKG 40 KeV in WSA maximum decreased to 663.2% in the case of 140 KeV BHA were increased a maximum of 56.2%. In addition, the maximum was decreased by approximately 145% based on a 70 KeV artifacts in CT value comparison by type WSA, BHA was to increase up to approximately 46.38%. MAR Algorithm is believed to provide a more quality cardiac CT image if the energy changes, or have the effect that by type and irrespective of reduced metal artifacts occurrence of artifacts applied to the pacemaker when tracking a heart CT scan after inserting MAR algorithm.

• **Key Words** : Convergency artifact, CT value, Cardiac CT Metal Artifact Reduction Algorithm, Pacemaker

*Corresponding Author : 윤준 (gidoong75@naver.com)

Received October 25, 2016
Accepted January 20, 2017

Revised December 22, 2016
Published January 28, 2017

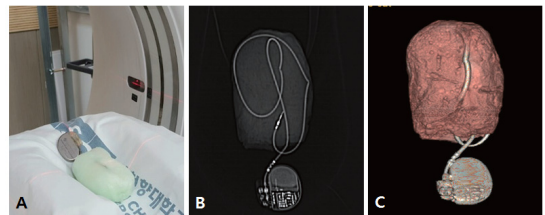
1. 서론

1970년대 후반부터 국내 의료영상의 발전과 더불어 전산화단층촬영(Computed Tomography: CT)은 진단 및 치료계획영역에서 민감도와 특이도가 매우 높아 정확성을 요구하는 검사에서 급격하게 증가되고 있다[1,2]. CT 영상은 각 화소의 방사선 투과와 흡수정도를 정량적으로 표현하는 hounsfield unit(HU = CT value)의 계수를 수치화하여 영상화한다. 이는, 이러한 원리로 가시화된 CT 영상은 노이즈, 공간분해능, 대조도 그리고 인공물의 유무 등에 따라 화질이 결정 된다[3]. HU란, 스캔 슬라이스를 이루는 인체조직들의 X선감약계수와 연관되며 여러 생체조직의 상대적인 X선감약계수를 물을 기준으로 하여 나타낸 수치이다. CT영상의 화질을 결정하는 인자 중 인공물(artifact)이란 검사 목적과는 관계없이 발생하는 통계적인 오차로서 정확한 CT영상의 구성을 교란하거나 방해하며, 영상의 질을 저하시키고, 미세부분의 관찰능력을 감소시키는 장애 음영이라고 정의 되어있다[4]. 특히, 금속인공물의 경우 인체 내에서 X선원 감약계수가 현저한 차이를 가지고 있으며, 인체 내에 금속 물질(뼈: +300 ~ 500 HU, 금속: +500 ~ +1000 HU)이 삽입되어 있는 경우라면 금속 물체가 X선원을 약화시키고[5], 이로 인해 투사 측면에 중대한 오류를 일으켜 영상정보를 상실(black-hole artifact)하거나 선속경화현상(beam hardening effect)에 의해 인공물을 유발 시킨다. 이처럼 금속 물질은 광전흡수가 발생하여[6] 인공물을 유발시켜 CT영상 데이터의 왜곡을 발생시키게 되어 임상에서는 이와 같이 제거할 수 없는 금속물질을 인체 내에 삽입한 경우 금속인공물에 의한 영상왜곡을 해결하기 위해 검사조건, 부가필터, 보조기구 등 많은 방법을 사용하고 있지만 영상의 인공물 감소효과 면에서 탁월한 효과로 평가되지 않아 장치의 영상 재구성 시 부가적인 소프트웨어를 사용하여 금속인공물 감소하는 방법을 개발하고 제시하고 있다. 우리는 이러한 다양한 금속인공물 감소 방법 중 근래에 개발된 MAR(metallic artifact reduction)알고리즘을 적용하여 금속성분으로 구성된 심박조율기(pacemaker)를 조직등가물질을 이용하여 자체 제작한 팬텀에 삽입 후 심장CT검사와 동일한 파라미터와 검사조건을 적용하여 스캔 후 영상의 원시데이터에 MAR 알고리즘을 적용하여 알고리즘 적용 전, 후의 데이터를 융합적으로 비교하여 금속인공물 감소율을 비교평가 하여 향후 pacemaker 삽입 환자의 추적 심장CT검사 시 MAR알고리즘 적용의

유용성을 제시하고자 한다.

2. 연구재료 및 방법

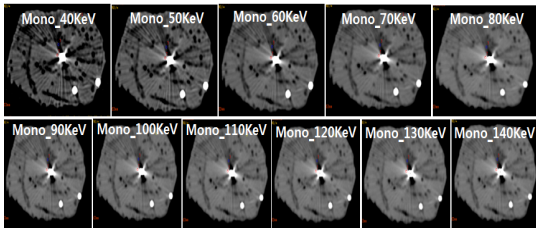
본 연구를 위해 사용한 장비는 64-MDCT (Discovery 750 HD, General Electric Health Care, Milwaukee, USA)이며 자체제작 팬텀은 인체조직등가물질인 파라핀(paraffin, Lavisen CO. Korea)을 고온에 녹여 pacemaker를 심장형태의 틀에 채워 넣고 상온에서 응고시켜 제작하였다. 자체 제작한 pacemaker 삽입 팬텀을 이용하여 심장CT검사 시 적용하는 검사조건인 듀얼에너지 CT의 GSI (gemstone spectral image)방식과 자동 관전류(smart mA, 150~350 mA range)방식으로 검사 하였다(Fig 1). 이때 검사 형태는 Helical mode와 GSI mode, 40mm Detector coverage, 0.625mm의 Helical thickness, Rotation time은 0.5sec로 설정하였다. 획득된 원시영상데이터(raw image data)에 MAR 알고리즘을 적용하였으며 MAR 알고리즘 적용 전, 후 영상데이터를 이용하여 인공물 감소를 비교를 위한 동일한 관심영역(ROI, region of interesting)을 설정하였다. ROI설정으로 측정된 CT value와 SD(standard deviation)값은 정량적으로 비교분석하였다. 영상분석 및 ROI 측정값 분석 시 이용한 프로그램은 AW 4.6 Volume Share 4(GE Healthcare. Co.)와 통계 소프트웨어 SPSS 18.0 for Windows (SPSS INC. Chicago, IL, USA.)를 이용하였다.(A: Phantom, B: Scout, C: 3D Image)



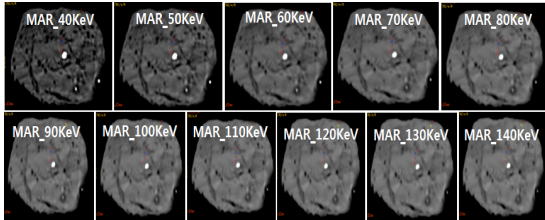
[Fig. 1] Image of Heart Phantom Used Paraffin.
(A: Phantom, B: Scout, C: 3D Image)

1.1 에너지별 CT Value 비교분석

CT스캔 후 획득한 40 ~ 140 KeV의 원시영상데이터에 MAR알고리즘을 적용하여, 적용 전, 후 영상데이터 Back ground image(BKI), White streak artifact(WSA), Black hole artifact(BHA) 영역으로 구분하여 3mm의 ROI를 그려 30회 측정 후 평균 CT value를 융합적으로 비교 분석 하였다(Fig 2)(Fig 3).



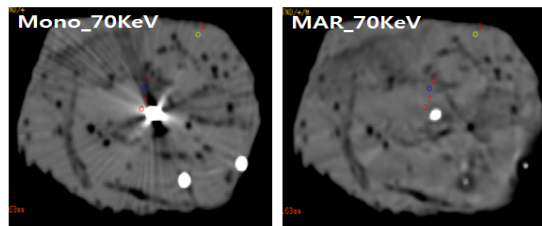
[Fig. 2] Before Image of Applied MAR Algorithm.



[Fig. 3] After Image of Applied MAR Algorithm.

1.2 인공물 형태별 CT Value 비교 분석(70 KeV기준)

현재 임상에서 심장CT 검사 시 일반적으로 사용하는 120kVp와 가장 유사한 영상으로 평가된 70KeV에서 획득된 영상을 기준으로 MAR알고리즘 적용 전, 후 영상 데이터를 이용하여 Back Ground Image(BKI), White Streak Artifact, Black Hole Artifact(BHA) 영역으로 구분 후 3mm의 동일한 ROI를 그려 30회 측정 후 평균 CT value를 융합적으로 비교 분석 하였다.



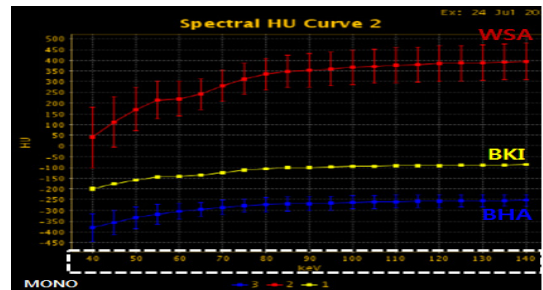
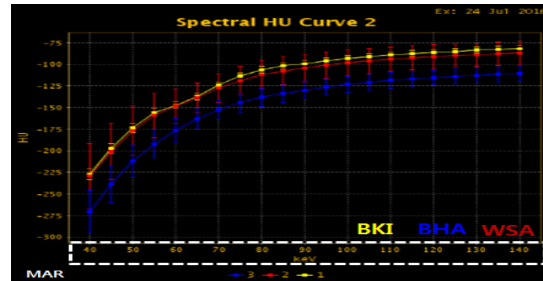
[Fig. 4] Comparison Image of Paraffin Phantom for Applied MAR Algorithm in 70 KeV.

3. 결과

1.1 에너지별 CT value 비교분석

1.1.1 BKI 영역

BKI영역에서 MAR알고리즘 적용 전, 후 에너지별 CT value를 측정된 결과 40 KeV에서는 14.7%, 50 KeV는 10.5%, 60 KeV는 1.1%, 70 KeV는 1.2%, 80 KeV는 1.4%가 감소하였으며, 90 KeV는 1.2%, 100 KeV는 2.6%, 110 KeV는 3.5%, 120 KeV는 4.6%, 130 KeV는 5.6%, 140 KeV는 5.4%가 증가하였다. 즉, MAR알고리즘 적용 시 모든 에너지 영역대에서 CT value가 증감 변화가 있었으며, MAR알고리즘 적용은 에너지 별 영상에서 CT value 변화에 영향을 미치는 것으로 분석되었다(P<0.05), (Table 1, Fig 5).



[Fig. 5] Comparison image of Spectral HU Curved in Phantom CT According to Energy Change

[Table 1] Comparing of CT Value Variation of BKI

(unit : HU)

	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
m	-198.3 ± 8.4	-157.5 ± 5.6	-142 ± 2.6	-122.8 ± 2.8	-104.8 ± 3.1	-100.5 ± 2.9	-95.8 ± 3.0	-92.5 ± 2.7	-90.5 ± 2.7	-88.8 ± 2.6	-87.0 ± 2.9
	M	-227.5 ± 6.2	-174.0 ± 5.2	-147.8 ± 3.9	-124.3 ± 3.9	-106.3 ± 4.1	-99.3 ± 3.5	-93.3 ± 3.5	-89.3 ± 3.5	-86.3 ± 3.5	-83.8 ± 3.5
V	14.7	10.5	1.1	1.2	1.4	1.2	2.6	3.5	4.6	5.6	5.4
P	0.001										

* BKI : Back Ground Image

** m : MONO Image(Before image of applied MAR Algorithm.)

*** M : MAR Image(After image of applied MAR Algorithm.)

**** V : Variation rate (%)

<Table 2> Comparing of CT Value Variation of WSA

(unit : HU)

	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
WSA	MONO (HU)	40.8 ± 142.1	170.5 ± 100.0	220.5 ± 78.9	280.5 ± 71.7	335.5 ± 74.2	352.0 ± 78.2	366.3 ± 79.5	376.8 ± 80.7	383.8 ± 81.6	389.3 ± 82.7	393.8 ± 83.3
	MAR (HU)	-229.8 ± 37.7	-177.5 ± 28.7	-148.5 ± 20.2	-127.5 ± 16.9	-112.3 ± 16.9	-104.3 ± 16.1	-98.3 ± 15.3	-94.3 ± 14.5	-91.3 ± 13.7	-89.0 ± 13.3	-87.3 ± 13.3
	Variation rate(%)	663.2	204.1	167.4	145.5	133.5	129.6	126.8	125.1	123.8	122.9	122.2
	P-value	0.001										

<Table 3> Comparing of CT Value Variation of BHA

(unit : HU)

	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
B	m	-380.8 ± 62.4	-334.0 ± 51.5	-305.0 ± 37.2	-285.0 ± 33	-273.3 ± 34.1	-268.3 ± 32.6	-262.8 ± 30.7	-259.0 ± 29.8	-256.3 ± 28.9	-254.5 ± 28.6	-252.8 ± 28.2
	M	-271.3 ± 24.8	-212.3 ± 18.2	-176.5 ± 13.8	-152.8 ± 11.5	-138.3 ± 10.7	-130.0 ± 9.9	-123.5 ± 9.2	-118.5 ± 9.2	-115.5 ± 8.6	-112.8 ± 8.8	-110.8 ± 8.8
H	V	28.8	36.4	42.1	46.4	49.4	51.6	53.1	54.3	54.9	55.7	56.2
	P	0.001										

1.1.2 WSA 영역

WSA로 나타난 MAR알고리즘 적용 전, 후 영상 데이터에 동일한 ROI를 그려 에너지 별 평균 CT value를 측정하여 분석한 결과 40 KeV에서는 663.2%, 50 KeV는 204.1%, 60 KeV는 167.4%, 70 KeV는 145.5% 감소하였다. 또한, 80 KeV는 133.5%, 90 KeV는 129.6%, 100 KeV는 126.8%, 110 KeV는 125.1%, 120 KeV는 123.8%, 130 KeV는 122.9%, 140 KeV는 122.2% 감소하였다. 즉, MAR알고리즘 적용 시 WSA가 나타난 영역은 모든 에너지에서 CT value가 감소하여 고 농도 인공물이 감소하는 효과가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05)(Table 2, Fig 5).

1.1.3 BHA 영역

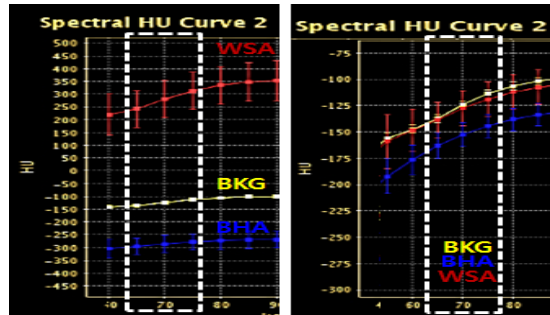
BHA로 나타난 MAR알고리즘 적용 전, 후 영상 데이터에 동일한 ROI를 그려 에너지 별 평균 CT value를 측정하여 분석한 결과 40 KeV에서는 28.8%, 50 KeV는 36.4%, 60KeV는 42.1%, 70 KeV는 46.4% 증가 하였으며, 80 KeV는 49.4%, 90 KeV는 51.6%, 100 KeV는 53.1%, 110 KeV는 54.3%, 120 KeV는 54.9%, 130 KeV 55.7%, 140 KeV는 56.2% 가 증가하였다. 즉, MAR알고리즘 적용 시 BHA가 나타난 영역은 모든 에너지에서 CT value가 증가하여 저 농도 인공물이 감소하는 효과가 있는 것으로 분석되었다(P<0.05) (Table 3, Fig 5).

1.2 인공물 형태별 CT Value 비교 분석(70 KeV기준)

현재 임상에서 심장CT검사 시 일반적으로 적용하는 120 kVp와 가장 유사한 영상으로 평가된 70 KeV의 영상 데이터만 이용하여 BKI영역, WSA영역, BHA 영역으로

구분하여 동일한 관심영역을 그려 평균 CT value를 비교분석한 결과 BKI에서는 CT value가 약 1.22% 감소하였다.

WSA경우는 CT value가 약 145% 감소하였고, BHA에서는 CT value가 약 46.38% 증가하였다. 즉, BKI영역은 MAR알고리즘을 적용하여도 CT value가 상대적으로 큰 변화가 없었으나, WSA의 경우 MAR알고리즘을 적용 시 CT value가 큰 폭으로 감소하였고, BHA의 경우 MAR알고리즘을 적용 시 CT value가 큰 폭으로 증가하였다(P<0.05)(Table 4, Fig 6).



[Fig. 6] Comparing Image of Spectral HU Curve in Phantom CT in 70 KeV.

<Table 4> Comparing of CT value Variation in Phantom CT Following Type of Artifact in 70 KeV

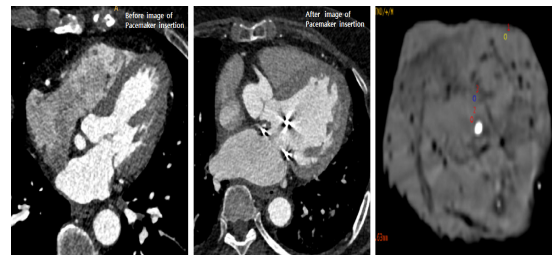
(unit : HU)

	BKI	WSA	BHA	
70 KeV	m	-122.8 ± 2.75	280.5 ± 71.7	-285.0 ± 33.0
	M	-124.3 ± 3.86	-127.5 ± 16.9	-152.8 ± 11.5
	V	1.22%	145%	46.38%
	P	0.001		

4. 고찰

본 연구는 pacemaker 삽입술 시행 후 추적 검사를 시행할 경우 pacemaker에 의해 발생하는 금속인공물 감소를 위한 방법을 알아보기 위한 논문으로, 최근 개발된 MAR알고리즘을 적용하여 접근 하였다. MAR알고리즘의 경우G사의 Dual Energy CT(DECT)를 이용할 경우 가능한 알고리즘으로 현재 정형외과적으로 고관절 치환술을 시행한 환자의 영상에서 금속인공물의 제거를 위해 사용되는 경우가 대표적이며[7],[8], 원리는 금속정보를 역치 값으로 설정되어 자동으로 인식되며 금속 데이터가 있는 원시 데이터를 다차원 데이터 공간으로 이용한 대리 감약 치(attenuation value)를 사용하는 방식이다[9]. DECT의 경우 80 kVp와 140 kVp 두 개의 X선원을 이용하여 서로 다른 물질 투과 감약 정보를 이용하여 영상화를 하고 있다. 따라서 서로 다른 X선원이 물질을 투과하고 감약 한 에너지를 선택적으로 재구성하여 에너지 파형에 따른 단일 에너지 파형의 CT영상(monochromatic image) 획득이 가능해졌다[10]. 또한, 응용기법으로는 금속물질로 인한 X선속 경화 (beam-hardening)인공물을 줄일 수 있는 MAR 알고리즘과 요오드, 물 성분만을 분리시켜 영상화한 물질 분석(material decomposition) 기법 그리고 에너지 세기에 따른 CT value변화 커브를 들 수가 있다[11]. pacemaker는 심장CT 검사 시 금속인공물 발생의 원인이 되어 심장CT 영상의 해부학적 구조나 주변조직의 해부학적 구조의 판독을 방해하는 현상을 유발시켜 CT영상의 화질을 저하시키는[12] 원인으로 작용하고 있다. CT영상에서 화질이란 인체의 미세구조를 얼마나 명료하고 정확한 구조의 영상으로 시각화할 수 있느냐에 따라 좌우된다고 할 수 있다[13]. 금속 물질은 이러한 CT영상이 추구하는 궁극적인 질의 측면에 위배되는 현상으로 작용하여 CT영상의 구성을 교란하거나 방해하여 영상의 질을 저하시키고 미세부분의 관찰능력을 감소시키는 장애 음영인[14] 인공물의 형태로 영상에서 나타난다. 일반적으로 임상에서 사용하고 있는 일반적인 인체 재활용 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[15]. 이러한 이유로 현재 임상 및 장비개발 연구기업

에서는 고밀도 인공물 감소를 위해 부단한 연구와 소프트웨어를 개발하고 있는 추세이다. 현재까지 금속 인공물을 감소시키기 위해 소프트웨어를 개발하고 적용해 왔지만 원시 데이터의 왜곡과 주변조직의 영상침윤으로 화질을 저하 시키는 등 단점들이 발견되어 고밀도 물질을 감소시키는 효과는 미미한 것이 현실이다. 또한 검사 파라메타인 관전압을 증가시키면 고밀도 물질에 의한 선속 경화현상이 감소된다는 이론은 있지만 영상에서 모든 구조물들이 겹쳐놓은 듯 투영된 평면상으로 표현되기 때문에 미세한 농도의 차이를 보이는 세부 구조물들의 구별이 어렵거나 식별이 불가능하며 CT의 이용률이 증가함에도 불구하고 더 많은 노출 선량으로 환자가 받는 피폭 선량이 많다고 한다[16],[17]. 방사선 피폭은 국제 방사선 방어위원회(ICRP)의 ALARA(as low as reasonably achievable)원칙에 따라 피폭선량을 최소화 하여 정당성을 확보하고[18],[19] 환자와 검사자에 대한 방사선방어가 반드시 이루어져야한다[20]. 또한, 방사선사는 최적의 영상을 얻으면서 환자가 받는 선량은 최소한으로 할 수 있도록 이상적인 검사방식을 모색해야 한다[21]. 결국 방사선의 피폭은 연구자들이 풀어야할 과제로 남아있으며 [22] 이러한 방사선 피폭의 한계와 효과에 대한 의문으로 인해 현재 임상에서는 이용하고 있지 않고 있다. 이러한 한계는 결국 영상에서 완전히 줄 형태의 인공물을 제거해 내지는 못하고 있기 때문에 현재 끊임없는 CT장비의 발전으로 인해 인공물과 노이즈를 줄여주는 반복 재구성이나 여러 가지 측면에서 영상의 질을 높이는 소프트웨어도 함께 발전하고 있다[23].



[Fig. 7] Cardiac CT Image of Clinical and MAR Algorithm Application.

이러한 배경을 바탕으로 우리는 pacemaker를 자체 제작 팬텀에 삽입 후 MAR알고리즘을 적용하여 금속 인공물의 감소율을 비교 분석한 결과 모든 인공물에서 HU값의 증감이 있었으며, BHA는 HU값의 증가하는 추세였

고, WSA는 HU값의 감소하는 추세로 분석되었다. 두 종류의 인공물을 비교할 경우 BHA가 WSA보다 대부분의 에너지에서 인공물 감소율이 높았으며, 70 KeV영역에서는 WSA가 인공물 감소효과가 높은 것을 알 수 있었다. 즉, MAR알고리즘 적용 시 모든 인공물이 감소효과가 있어 심장CT영상의 화질개선에 효과가 있음을 알 수 있었다. 본 논문의 경우 환자의 영상데이터를 사용하지 않고 조직등가물질로 구성된 팬텀을 이용하여 금속인공물 감소율을 비교하여 아쉬웠지만, 임상에서 적용하는 동일한 스캔조건으로 획득한 원시 영상데이터를 이용한 점과, 인체조직 등가 물질과 실제 임상에서 삽입하는 동일한 pacemaker를 사용한 점을 고려 시 인공물의 감소율 비교에는 문제가 없을 것으로 생각된다. 지금까지 티타늄 형태의 금속 물질로 구성된 pacemaker를 삽입한 환자의 경우 금속 인공물로 인해 검사 결과를 제한적으로만 알 수 있었지만, MAR알고리즘을 적용할 경우 탁월한 인공물의 감소 효과가 있어 pacemaker 삽입 후 심장CT로 추적검사가 필요한 경우 MAR알고리즘을 적용하여 CT 영상을 제구성한다면 보다 질 좋은 심장CT 영상과 정확한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

5. 결론

금속인공물을 유발하는 티타늄 형태의 금속재질인 pacemaker삽입 CT영상에 MAR알고리즘을 적용 시 에너지 별 영상에서 HU값 변화에 영향을 미치며 WSA가 나타난 영역은 모든 에너지에서 HU값 감소하여 고 농도 인공물이 감소하는 효과가 있었으며 BHA가 나타난 영역은 모든 에너지에서 HU값이 증가하여 저 농도 인공물이 감소하는 효과가 있었다. 따라서 pacemaker 삽입 후 심장CT로 추적검사 시 MAR알고리즘을 적용한다면 보다 탁월한 인공물의 감소 효과로 질 좋은 심장CT 영상과 더불어 정확한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Beong. Gyu. Yoo, Dae. Chul. Kwon, Jong. Seok. Lee, Keun. Jo. Jang, Sang. Hwan. Jeon, Yong. Soo. Kim, "Comparison Radiation Dose of Z-axis Automatic Tube Current Modulation Technique With Fixed Tube Current Multi-detector Row CT Scanning of Lower Extremity Venography" *Journal Radiol. Prot.* Vol.32, No. 3 pp. 123-133, 2007.
- [2] Sang Hyun Kim, "A Convergence Study on Effectiveness of Contrast Agent Reduction by Normal Saline Solution Dilution in the Computed Tomography of Arteries of Lower Limb", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 9, pp. 431-437, 2015.
- [3] Moon. Chan. Kim, "The Actual Performance of the CT Device Management", *Journal of Korea Society Computed Tomography*, Vol. 5, No. 2, pp. 53-66, 2002.
- [4] Hyeon. Ju. 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.
- [5] Heung. Sun. Lim, Ki, Hong, Kim, Myeong, Ku, Kim "Computed Tomography", *Publish of Academy-A* pp. 29-31, 2009.
- [6] Ki-Jin Kim, Seok-Hwan Bae, Sang-Hyun Han, Se-Jong Yu, Bo-Woo Lee, "The Effect of Metallic Dental Implant on Positron Emission Tomography Image", *Journal of Digital Policy & Management*, Vol. 10, No. 2, pp. 243-247, 2012
- [7] Patrick T. Liu, Willial P. Pavlicek, Mary B. Pete "Metal Artifact Reduction Image Reconstruction Algorithm for CT of Implanted Metal Orthopedic device", *Skeletal of Radiology* Vol. 38, pp. 797-802, 2009.
- [8] Adam O. hebb, ANDREW v. Poliakov. "Image of Deep Brain Stimulation Leads Using Extended Housfield Unit CT", *Stereotactic and Functional Neurosugery* Vol. 87, pp. 155-160, 2009.
- [9] Prell D, Kalender WA, Kyriakou Y, "Development, Implementation and Evaluation of a Dedicated Metal Artifact Re -duction Method for Interventional Flat detector CT", *British Journal of Radiology* Vol. 83, No.996 pp. 1052-1062, 2010.
- [10] Brown CL, Hartman RP, Dzyubak OP, Takahashi N, Kawashima A, Mc Collough CH, Bruesewitz MR, Primak AM, Fletcher JG. "Dual-energy CTiodine 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.

- [11] 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.
- [12]. H. J. Kim, J. Yoon, "A study about usability of MAR algorithm in dual energy CT for the CT Scan After Replacement Using Medical High Density Material". Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society Vol. 17, No. 9 pp. 655-666, 2016.
- [13] Dong. Won. Kang,, Hyun, Soo. Kim, Sung. Ok. Park "Textbook of Computed Tomography", Dae-hak Publishing co, pp. 471, 2010.
- [14] Sung. Hwan. Kim, Yong. Jin. Kim, Jong. Suk. Kwak, "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.
- [15] Sung. Hyun. Lee, Ki. Hoon. Yang, Seong. Bun. Sun, "MAR Method of Study Use to Dual Source CT", Korean Society of Computed Tomography Technology. Vol. 15, No. 1, pp. 177-186, 2013.
- [16] Hong-Rynag Jung, Ki-Jeong Kim, Eun-He Mo, "A Study on the Radiation Exposure Dose of Brain Perfusion CT Examination a Phantom", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 6, No. 5, pp. 287-294, 2015.
- [17] Cho. Hee. Lee, and Cang. Sun. 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.
- [18] Chang-Gyu Kim "Spatial Dose Distribution and Exposure Dose During Lumbar Lateral Test", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 5, No. 1, pp. 17-22, 2014.
- [19] Chang-Gyu Kim, Byung-Sub Park, "The Evaluation of the Radiation Dose and the Image Quality During MDCT Using Glass Rod Detector", Journal of Digital Policy&Management , Vol. 10, No. 2, pp. 249-254, 2012.
- [20] Hey. Lim. Lee, Hyun, Young, Kim, Chang, Sun, Lim "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.
- [21] Yun Park, Sang-Hyun Kim, "The Study of Effectiveness of Volume Mode in Pediatric CT", Journal of Digital Convergence, Vol. 12, No. 10, pp. 425-431, 2014.
- [22] Youl-Hun Seung, "Evaluation of Spatial Resolution for Exposure Class in Computed Radiography by Using the Modulation Transfer Function", Journal of Digital Policy & Management, Vol. 11, No. 8, pp. 173-279, 2013.
- [23] Hyeok. Park, Moo. Suk. Chun, Myeong. Hyun. Lee, Duck Guy Ro, "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 Maxillo facial Radiology, Vol. 22, No. 33, pp. 151-159, 2003.

저자소개

김 현 주(Hyeon-Ju Kim) [정회원]



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

<관심분야> : 의료영상처리, 방사선 기기 및 품질관리, 컴퓨터 단층 촬영학

윤 준(Joon-Yoon) [정회원]



- 2012년 현재 : 경기대학교 이학 박사
- 2005년 1월 ~ 현재 : 동남보건대학교 방사선과 부교수

<관심분야> : 방사선학, 해부학, 공중보건학, 생물학