
Computed Radiography 영상에서 Parameter에 의한 Artifact 원인과 해결방안

Cause and Solution of an Artifact Generation by Parameter in Computed Radiography System

동경래*, 최준구**, 홍성일***

광주보건대학 방사선과*, 극동대학교 방사선학과**, 광양보건대학 방사선과***

Kyung-Rae Dong(krdong@hanmail.net)*, Jun-Gu Choi(rslaser@hanmail.net)**,
Seong-Il Hong(cs0661@naver.com)***

요약

CR방식의 도입으로 인해 많은 장점을 가지게 되었으나 기존의 Film/Screen방식에서 발생되지 않았던 Artifact가 새롭게 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 광주에 위치한 일개 종합병원에서 획득한 CR 영상 중 Artifact가 발생한 경우를 3가지로 나누어 측정하였다. 시간 지연과 농도변화에 의한 Artifact는 시간이 경과할수록 자연방사선에 의한 영향으로 1일보다 5일후에 67%의 농도가 증가 되었으며 잠상퇴행에 의한 Artifact는 즉시보다 10시간 후의 빛의 방출도가 33%감소하여 시간이 경과할수록 영상의 질이 저하되었다. 술자에 의한 Artifact는 Collimation에 의한 Artifact가 53%, 기기에 의한 Artifact는 Guiding plate, Suction cup으로 인한 Artifact가 65%로 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 Artifact에 대한 정확한 인식을 정기적인 점검을 통해 해결방안을 모색한다면 영상의 질 및 진료의 만족도를 높여 갈 수 있을 것이다.

■ 중심어 : | CR | Artifact | 잠상퇴행 | 농도 |

Abstract

There is a great deal of merit in CR system but artifact not produced in old system of film or screen newly is created. we studied 3 cases of artifact with CR system in one hospital, Gwangju. In the first case of the delay time and density, As the time was delayed, the density of the artifact was increased up to 67 percent in the natural radiation. The Second, Fading of the artifact decreased 33 percent in the rate of the emission after 10 hours, and the more the time was delayed, the less the quality of image was deteriorated. Third, Artifact was produced by the collimation when the radiologic technologist was performed, and by the Guiding plate and Suction cup when the radiation equipment was done. Therefore, when health care provider have to understand the artifact exactly and check regularly, the quality of the picture and the satisfaction of the medical examination is increased.

■ keyword : | CR | Artifact | Fading | Density |

I. 서론

21세기 PACS (Picture Archiving and Communication System) 도입과 첨단 디지털 의료장비 기술의 발달로 Film/Screen 방식이 CR(Computed Radiography)과 같은 디지털 방식으로 변화됨에 따라 기존의 Analog 방식을 사용했을 때보다 더 많은 장점들을 가지게 되었다[1][8][18]. CR 방식은 기존의 X-ray 발생부를 그대로 사용하면서 필름의 역할을 IP(Image plate)로 대체하여 경제적이며 유효농도범위(Dynamic range)가 Film/Screen보다 넓고 직선 반응을 보이므로 항상 일정한 화질을 얻을 수 있다. 또한 노출조건 오류에 의한 재촬영률을 감소시킬 뿐만 아니라 동시에 공간 분해능이 높아 보다 향상된 영상을 제공하고 있다 [2][9][10]. 또한 Film/Screen 방식에서는 자동 현상처리 과정에서 현상처리제의 이상으로 나타나는 화학적 Fog 현상, 현상기 Roller의 오염과 롤러 회전 불완전으로 인한 영상의 질 저하가 나타나며, Film과 Screen의 밀착불량이나 감색성의 불일치로 인한 Artifact들이 점차적으로 줄어들게 되었고 더불어 Work station에서 Image 보정 작업이 가능해짐에 따라 조건의 부적합으로 인해 나타났던 재촬영률도 줄어들게 되었다. 그러나 최근의 CR 시스템에서도 기존의 Analog 방식에서 발생했던 Grid cut off 현상, 영상의 노출 부족 현상, Collimation 조절 미숙과 광조사야와 실조사야의 오차로 인한 Artifact 등, 술자의 관리 소홀과 경험미숙으로 인한 Artifact들이 계속적으로 발생하고 있으며 또한 예전 방식에서 사용했던 Film/screen 역할을 IP가 대체하면서 IP에서 얻어진 광 신호를 디지털화 하는 과정에서 발생하는 기기적 결함이나 시스템 오류, IP 관리 미흡으로 기존의 Film/screen 방식에서 발생되지 않았던 Artifact가 새롭게 발생하여 이에 따른 재촬영률 증가가 야기 되었다[3][4]. 따라서 본 연구는 최근의 CR 방식으로 전환 후 발생하고 있는 새로운 Artifact 원인과 개선 방안을 분석하여 재촬영 요인을 감소시킴으로써 양질의 의료서비스를 제공하는데 그 의의가 있다고 하겠다.

II. 실험 방법 및 기기 재료

1. 기기 및 재료

- Genera X-ray system : SMS-5125-GM , Toshiba, 1998, JAPAN
- Multi-function meter model : 240A, RMI, 1999, USA
- CR image reader : CR 85-X Digitizer system, Agfa, 2007, Germany
- IP(image plate) : IP plate (14*17"), Agfa, 2006, Germany

2. 연구 대상

2008년 2월부터 6월까지 광주에 위치한 일개 종합병원 영상의학과에서 획득한 CR 영상 중 Artifact가 발생한 경우를 시간 지연과 농도변화에 의한 Artifact, 잠상 퇴행에 의한 Artifact, 술자에 의한 Artifact, 기기에 의한 Artifact 구분으로 분류하여 조사하고 각 Artifact별 원인을 분석하였다.

3. 연구 방법

시간 지연과 농도변화에 의한 Artifact는 Multi-function meter로 장비의 재현성실험을 한 후 영상소거(Erasing)를 실시한 14*17" 크기의 IP를 사용하여 소거 후 즉시부터 5일까지 반복하여 CR reader기로 획득한 영상을 PACS 서버에 전송 후 PACS Viewer의 회색음영 ROI 수치 측정 방법으로 자연방사선의 영향을 많이 받을 수 있는 동일한 영역을 지정하여 ROI수치를 비교 분석하였다. 잠상퇴행에 의한 Artifact Multi-function meter로 장비의 직선성 실험을 한 후 동일한 조건으로 IP조사 후 즉시부터 10시간까지 한 시간 간격으로 지연 영상을 얻은 후 ROI수치를 측정하였다. 술자에 의한 Artifact와 기기에 의한 Artifact는 재촬영건수를 술자와 기기로 구분한 후 각각의 Artifact를 다시 세분화하여 원인별로 건수와 백분율로 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 시간 지연과 농도변화에 의한 Artifact

1.1 자연 방사선에 의한 Artifact

X선 발생장치의 kVp, mA, mAs의 출력의 재현성을 실험한 결과 [표 1]과 같은 수치를 얻을 수 있었다. 정상적인 X선 발생장치의 PAE의 허용범위는 kVp $\pm 10\%$, mA $\pm 15\%$, mAs $\pm 20\%$ 이며 본 실험에 쓰였던 Toshiba-SMS-5125-GM의 kVp는 0.02% mA는 0.01% mAs는 0.60%로써 X선 출력의 안정성을 확인할 수 있었다. 연구에 사용된 영상은 후처리영상으로 INFINITY PACS Viewer를 통하여 영상을 표시하고 ROI 측정방법으로 평균값을 구하였다. ROI의 평균수치가 점차적으로 감소하다가 5일째 급격히 감소하였다. 이는 여기서 표현하는 ROI 수치는 선량에 비례한 농도 값을 나타내는 것이 아니라 회색영단계의 농도 값을 나타낸 것으로 흰색에 가까울수록 높은 값을 나타내고, 검은색에 가까울수록 낮은 값을 나타내고 있기 때문이다. 따라서 시간이 지남에 따라 자연방사선에 의해 영향을 받은 화소들은 검은색의 비율이 증가하여 전체적인 ROI 평균값이 낮아지는 현상을 보였다. 이와 같은 이유로 IP가 자연방사선에 의해 잡음이 증가하는 것을 확인하였다[그림 1][그림 2][표 2].

표 1. Reproducibility of Equipment (단위:PAE(%))

Requirement Times	Irradiation		
	56kvp	110mA	6.70mAs
1회	55.9	109.8	6.70
2회	56.0	113.5	6.36
3회	55.8	115.5	6.69
4회	56.1	108.0	6.70
5회	56.2	106.3	6.70
6회	56.1	109.8	6.70
7회	56.0	110.6	6.70
8회	55.7	115.5	6.70
9회	56.0	109.8	6.70
10회	56.1	109.8	6.70
GM \pm GSD	56.0 \pm 0.15	111.0 \pm 3.05	6.66 \pm 0.11
CV	0.003	0.02	0.02
PAE	0.02	0.01	0.60

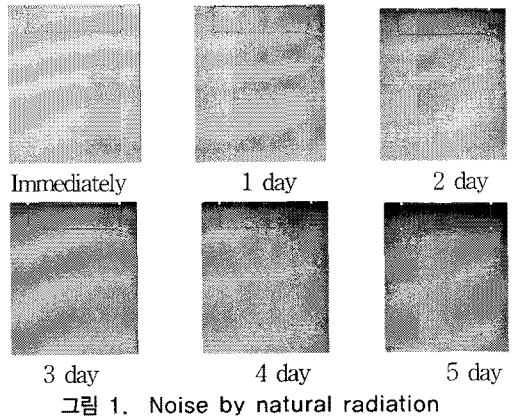
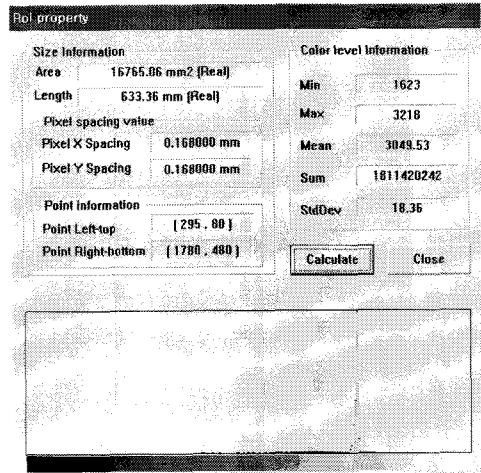
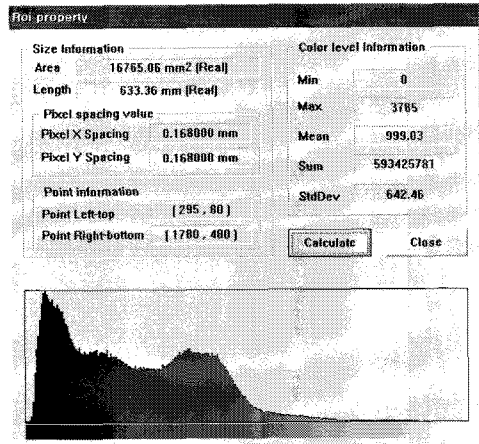


그림 1. Noise by natural radiation



Immediately



5 day

그림 2. ROI value and histogram of image artifact by natural radiation

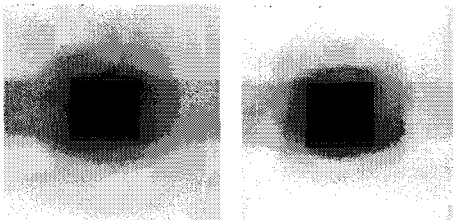
표 2. ROI value of image artifact by natural radiation (단위 :GM±GSD)

시간	Min	Max	GM±GSD	p
즉시	1623	3218	3049.53±18.36	0.006**
1일	0	3518	2967.13±530.54	
2일	0	3447	2123.75±732.09	
3일	127	3593	2001.97±567.53	
4일	0	3662	1888.27±813.20	
5일	0	3785	999.03±642.49	

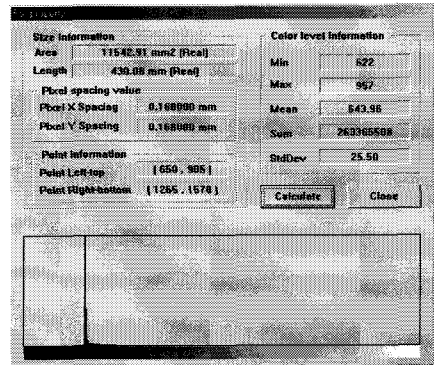
Note : Interaction effect p-value with one-way ANOVA model : **p(0.01)

1.2 잠상퇴행(Fading) 현상으로 인한 Artifact

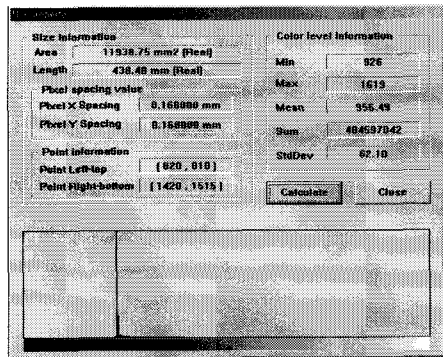
잠상퇴행 현상으로 인한 Artifact 연구에 사용된 영상은 자연방사선에 의한 Artifact 영상의 ROI수치 분석과 같은 방법으로 후처리영상을 INFINITY PACS Viewer를 통하여 표시하고 ROI 측정방법으로 평균값을 구하였다. ROI의 평균수치가 시간이 지날수록 점차적으로 증가하는 것을 확인하였다. 이는 X-ray 조사 후 바로 영상화 하지 않고 시간이 지나게 되면 여기발광과장의 신호가 줄어들어 신호가 높았던 검은색(회색음영단계에서 낮은 값)에서 신호가 낮은 흰색(회색음영단계에서 높은 값)으로 움직이는 것을 확인 하였다[그림 3][그림 4][표 3]. 따라서 촬영 후 IP는 즉시 Reading 하지 않고 10시간이 경과하였을 때 빛의 방출도가 33% 감소되는 Fading 현상이 일어나는 것을 알 수 있었다.



즉시 10시간
그림 3. Artifact by fading



Immediately



10 hours

그림 4. ROI value and histogram of artifact by fading

표 3. ROI value of artifact by fading (단위 :GM±GSD)

시간	Min	Max	GM±GSD	p
즉시	622	957	643.96±25.50	0.017*
1시간	746	1433	775.69±62.74	
2시간	772	1712	810.47±85.07	
3시간	811	1537	847.58±63.16	
4시간	805	1594	847.69±73.74	
5시간	830	1298	858.43±37.79	
6시간	837	1367	871.89±51.19	
7시간	862	1452	890.25±56.05	
8시간	869	2052	910.65±90.62	
9시간	898	1696	936.26±64.03	
10시간	926	1619	956.49±62.10	

Note : Interaction effect p-value with one-way ANOVA model : *p(0.05)

2. 술자에 의한 Artifact

Exposure에 의한 Artifact는 85건이 나타났으며 Collimation 오류에 의한 Artifact는 87건, Grid cut off 현상에 의한 Artifact는 43건이 나타났대[표 4].

표 4. Repeated exam state by Radiographer error
(단위 :건수,%)

구분	2월	3월	4월	5월	6월	평균	합계
Exposure	9	6	5	7	8	7	85 (21)
Collimation	21	17	26	13	10	17	87 (53)
Grid cut off	11	4	7	9	12	9	43 (26)
Total error cases	41 (1.4)	27 (1.1)	38 (1.4)	29 (1.1)	30 (1.1)	33 (1.3)	165 (100)
Total Patient cases	2834 (100)	2410 (100)	2657 (100)	2537 (100)	2774 (100)	2609 (100)	

총 165건의 Artifact 발생 사례에서 Exposure로 인한 Artifact[그림 6][그림 7]는 21%, Collimation으로 인한 Artifact[그림 8]는 53%, Grid cut off로 인한 Artifact [그림 9]는 26%를 차지하여 Collimation으로 인한 Artifact가 가장 많다는 것을 알 수 있었다.

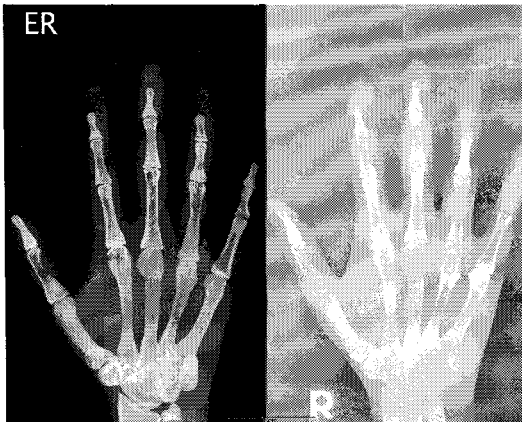


그림 6. Artifact by divided exposure

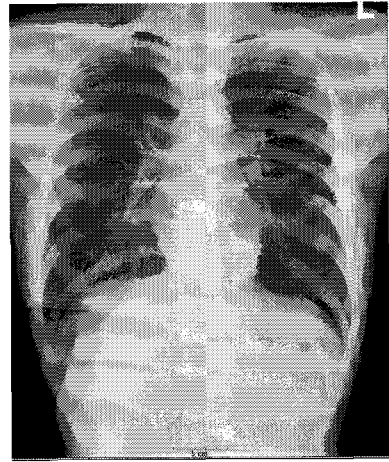


그림 7. Artifact by Double exposed exam on chest

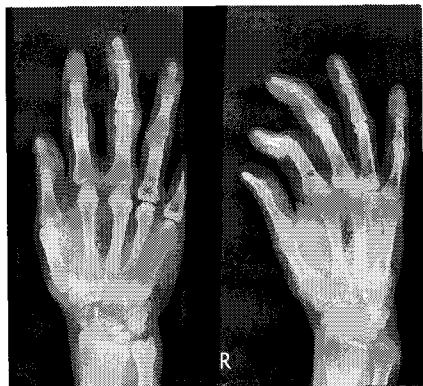
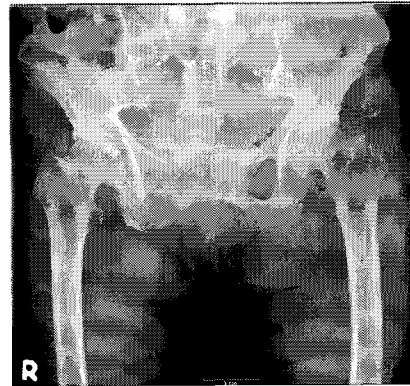


그림 8. Artifact by collimator control error and collimation error on hip and hand

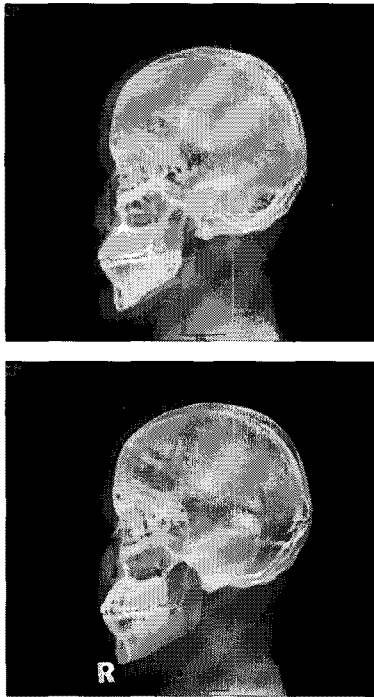


그림 9. Artifact by grid cut off

3. 기기에 의한 Artifact

Guiding plate, Suction cup[그림 10][그림 11]에 의한 Artifact는 35건, Discharge brush PM Tube Roller[그림 12]에 의한 Artifact는 14건, Calibration 오류[그림 13]에 의한 Artifact는 6건으로 나타났다[표 5].

표 5. Repeat state of artifact by equipment
(단위 :건수,%)

구분	2월	3월	4월	5월	6월	평균	합계
Guiding plate ,Suction cup	11	4	6	8	6	7	35 (65)
PMT Roller	1	3	2	4	4	3	14 (26)
Calibration	0	2	0	3	1	1	6 (9)
Total error cases	12 (0.4)	9 (0.4)	8 (0.3)	15 (0.6)	11 (0.4)	11 (0.4)	54 (100)
Total Patient cases	2834 (100)	2410 (100)	2657 (100)	2537 (100)	2774 (100)	2609 (100)	

총 54건의 기기에 의한 Artifact중에서 guiding plate, Suction cup으로 인한 Artifact는 65%, PMT Roller로 인한 Artifact는 26%, Calibration 으로 인한 Artifact는 9%로 Guiding plate, Suction cup으로 인한 Artifact가 가장 많이 차지한다는 것을 알 수 있었다.

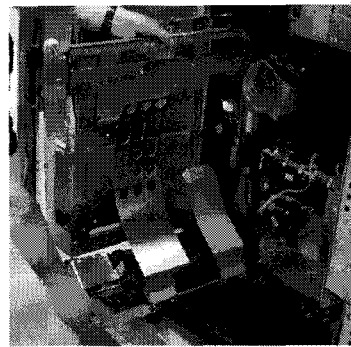
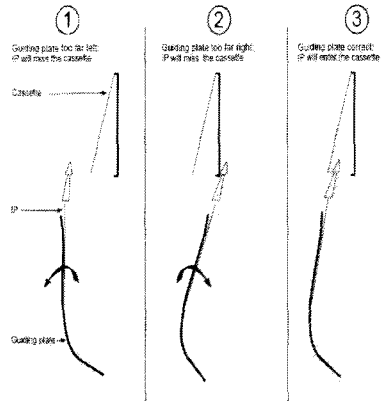
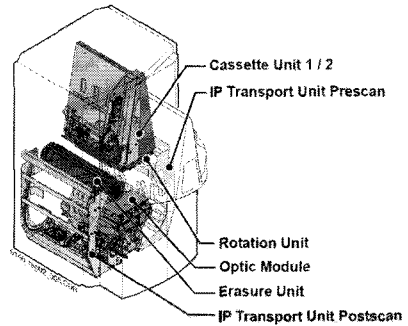


그림 10. Artifact by guiding plate

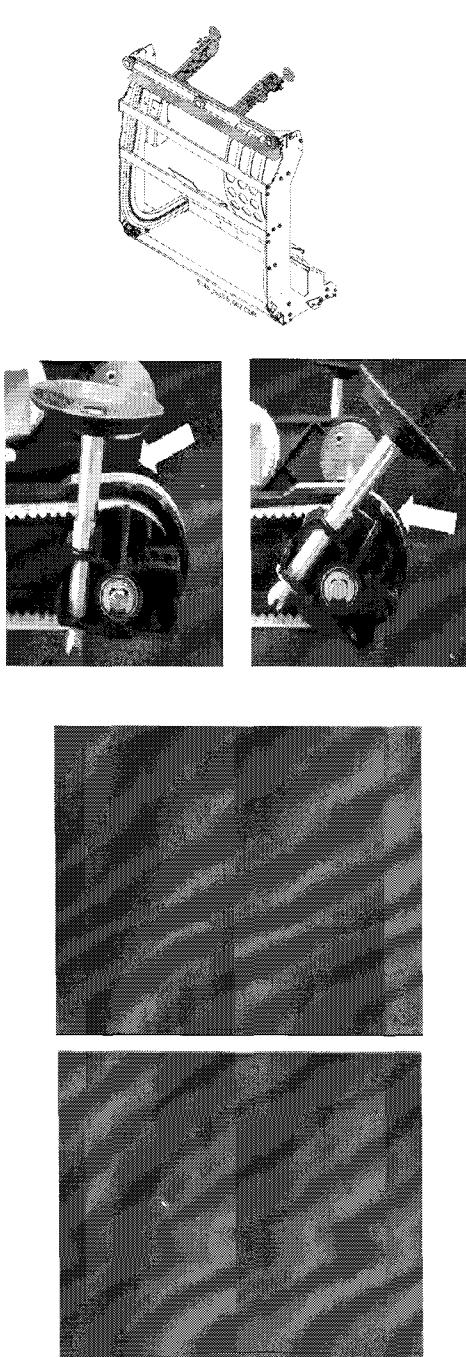


그림 11. Artifact by suction cup

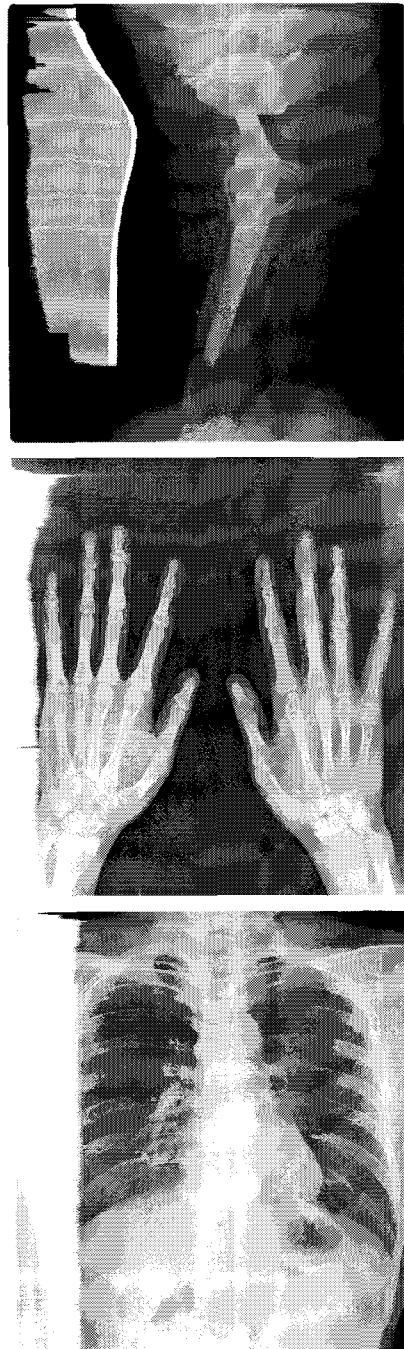


그림 12. Artifact by discharge brush without removing

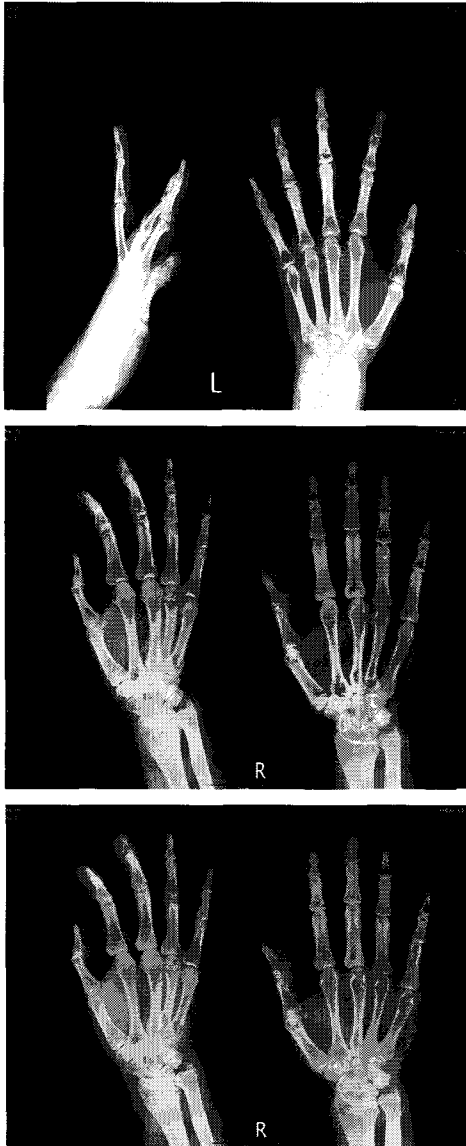


그림 13. Artifact by calibration error

IV. 고찰

21세기에 접어들면서 한국 사회는 고령화 사회로 접어들었고 국민의 복지 증진과 더불어 의료 시스템의 가시적인 발전을 일궈냈다. 기술적인 면에서 방사선 환경과 컴퓨터의 접목은 PACS 시스템의 도입과 함께 기존의 아날로그 Film/Screen 방식에서 CR system 즉 디지털

방식에서의 전환을 가속화 시켰고 이는 늘어나는 의료 수요를 충족시키기엔 충분했다. 이러한 변화 속에서 획득된 영상에서 보다 양질의 정보를 얻고자 하는 노력이 꾸준히 진행되어 왔다. CR system의 등장으로 영상 데이터는 컴퓨터에 의해 처리되어 화질은 개선되었지만 기존의 아날로그 방식에서 화질을 저하시켰던 Artifact의 일부가 점차적으로 줄어들거나 사라짐에도 불구하고 CR system에서 새로운 Artifact들이 발생하여 재촬영 횟수가 증가하게 되었다. X-ray 영상의 검출을 Film/Screen이 담당했던 기존의 방식과는 달리 CR system에서는 IP가 Film 대신 그 역할을 맡게 되었다. IP는 X-ray 뿐 아니라 자외선, 감마선 같은 전자파 방사선과 α -ray, β -ray, 전자선과 같은 입자선에도 민감하게 반응하는 고감도의 센서라고 할 수 있다. 이것은 IP가 건물의 벽이나 기구물, 지구 지반층에 포함되어 있는 자연 방사성 동위원소와 우주선 등의 영향을 받는 것을 의미하며 이러한 자연 방사선은 영상에 미세한 흑점을 발생 시키는데 이 흑점들이 생성된 IP를 사용하여 영상을 획득하였을 때 영상의 Artifact를 발생시키게 된다[5][11][12]. 잠상퇴행(Fading)이란 X-ray 조사에 있어서 IP 내에 저장된 X-ray 정보가 촬영 후 시간 경과에 따라 감소되어지는 현상을 말하며 IP를 오래 방치할 경우 X-ray 양자와 자연방사선의 불안정한 검출증가로 입상성 저하를 초래하여 X-ray 조사 후 일정 시간이 지나면 영상에 노이즈가 발생한다. 이런 현상을 줄이기 위해 장시간 방치된 IP는 촬영 전에 항상 Erasing의 강도를 높여서 외부 방사선의 영향을 소거하는 것이 필요하며 IP를 보관할 때에는 되도록 촬영실에서 발생하는 방사선의 영향을 줄일 수 있도록 노력해야 하며 카세트에 번호를 매기거나 순서를 정하여 촬영 시에 가장 위에 있는 카세트만 편중하여 사용한다거나 사용하는 카세트만 계속 사용하여 IP의 수명을 단축시키지 않아야 한다. 또한 IP를 가로방향으로 높이 쌓아놓게 되면 IP에 압력을 주게 되고 이로 인해 형광체 층의 균열을 일으켜 Artifact를 발생시킬 수 있기 때문에 IP보관시 촬영면이 촬영실과는 반대방향을 향하고 장축 모서리가 정면을 바라볼 수 있도록 세워서 보관하거나 부득이하게 소량의 IP를 쌓아야 할 경우 촬영면이 지면으로

향하도록 해야 하며 장기간 사용하지 않을 시 남으로 차폐시켜 놓아야 한다. 처리지연시간이 증가하게 되면 잠상퇴행으로 인한 발광량이 저하되는 현상이 일어난다. 이러한 Fading 현상은 Reading까지의 경과 시간이 길어지고, 보관온도가 높을수록 커지게 된다. 따라서 Reader기가 있는 곳에 촬영에 사용되는 IP 카세트를 보관할 경우 온도를 적절하게 유지하여야 한다. 또한 오래된 수명을 가진 IP일수록 Reading 하는데 걸리는 시간을 적어도 6~8시간 이내로 최소화 하여 휘진 발광 감도의 감약을 줄여야 한다. 이와 같이 IP를 사용하고 있는 한 잠상퇴행은 불가항력이지만 최소화 하는 것은 가능하기 때문에 IP를 발전시키기 위한 연구와 IP관리의 체계적인 프로그램을 마련해야 한다. 목적 부위를 촬영하는 과정에서 술자에 의해 발생하는 Artifact로는 Grid Cut off 현상이 있는데 이는 집속격자의 전 후면이 바뀔 경우, X-ray 선속 중심선과 집속격자의 중심선이 일치하지 않을 경우, 집속거리와 촬영거리가 맞지 않은 경우, 격자가 기울어진 경우들이 복합적으로 발생한 경우에 1차선 투과가 감소되어 IP판에 Line이 형성되거나 노출부족 현상이 나타난다[6][13]. 따라서 술자에 의한 Grid cut off현상을 개선하기 위해서는 검사 시 Table bucky와 Stand bucky의 선택에 주의가 필요하며, 집속격자의 전, 후면의 올바른 선택, X-ray 선속 중심선과 집속격자의 중심선 일치, 집속거리와 촬영거리의 일치, 격자의 기울기 등에 주의가 필요하다. Grid Cut off 현상 이외에도 촬영부위나 관전압의 높고 낮음에 따라 격자비의 선택이 적절하지 못하였을 때, Collimation 오류가 나타났을 때, 술자의 조작미숙으로 인한 Exposure 부족 현상으로 인해 Artifact가 나타나게 된다[19]. Exposure에 의한 현상을 예방하기 위해서는 촬영 조건에 대한 정확한 설정, 설정 값에 대한 정확한 인식이 필요하고 분할 촬영 시 충분한 Warm up후 사용, 광조사야와 실조사야의 정기적인 Test를 통한 오차 감소가 필요하다. 기기적 결함에 의한 Artifact는 CR reader기 Suction cup의 과다한 사용 횟수와 청소 미흡으로 인한 기계적 손실과 Discharge brush의 부적절한 사용과 관리, Calibration 오류, Guiding plate의 각도의 흐트러짐으로 발생하는데 Suction cup 이란 CR reader기 내부

에 IP transports unit에 장착된 것으로 Prescan, postscan unit에 각각 2개씩 4개가 있다. 이것은 IP를 PM튜브에 이동시키거나 Cassette에 장착하기 위해 IP를 잡아주는 역할을 하는데 Cup위에 먼지가 쌓이거나 각도가 틀어진 경우 IP가 떨어져 CR내부로 떨어져 손상을 주는 Artifact가 발생하며, Discharge brush은 Scan unit의 PM 튜브 Roller를 청소해 주는 역할을 하는데 Brush의 사용을 잘 못하거나 사용 후 제거를 하지 않았을 경우 Discharge brush 의한 Artifact 현상이 발생한다. 또한 Calibration이란 CR Reader기의 적정 Image processing을 도와주는 역할을 하는데 오류가 발생하면 영상에 부분적으로 Artifact가 발생한다. Guiding plate란 CR Reader기 내부에 IP Transports unit post scan에 장착된 것으로 Plate를 Cassette case에 밀어 넣어 주는 역할을 하는 것으로 각도가 잘 맞지 않으면 IP가 Cassette case에 밀어 넣어 주지 못하게 된다. 이 때 IP가 Case에 들어가면서 스크래치가 발생되어 Artifact를 유발할 수 있다. 기기적 결함에 의한 Artifact를 줄이기 위해서는 주기적으로 기기 내부의 먼지 및 이물질 제거해야하며 점검표를 작성하여 지속적인 점검을 유지해야 한다. 더불어 기기 점검교육 프로그램 제작과 함께 엔지니어와의 정보네트워크를 구축하여 기기문제 발생 시 신속한 초기대응을 할 수 있도록 해야 한다. 또한 IP cassette에 의한 Artifact는 정기적인 IP Clean 실시와 함께 물리적인 손상을 방지하기 위해서 IP를 Cleaning 할 때 카세트 전, 후 표면은 알코올과 깨끗한 거즈를 이용해 꼼꼼하게 닦고 소독해야하며 내부에는 먼지나 이물질이 혹시 들어가 있는지 면밀히 관찰하여 제거하고 IP에서 표면 보호층이 있는 하얀 부분은 전용 클리너를 사용하여 흡집이 나거나 먼지가 묻지 않도록 표면을 조심스럽게 닦을 수 있도록 해야 한다. 따라서 이러한 Artifact 발생 요인들을 분석하고 개선방안을 연구하는 것은 경제적인 자원낭비를 줄일 뿐만 아니라 장비의 수명연장과 함께 영상의 질과 의료서비스 개선이라는 점에서 중요하다고 볼 수 있다.

V. 결론

본 연구는 2008년 2월부터 6월까지 광주에 위치한 일개 종합병원 영상의학과에서 획득한 CR 영상 중 Artifact가 발생한 경우를 시간 지연과 농도변화에 의한 Artifact, 잠상퇴행에 의한 Artifact, 슬자에 의한 Artifact, 기기에 의한 Artifact 구분하여 분석한 결론은 다음과 같다.

시간지연에 의한 Artifact는 Erasing하고 5일 후 CR reader기로 획득한 영상이 즉시 획득한 영상에 비해 pixel 농도 의 차이가 33% 증가 되었다. 잠상퇴행에 의한 Artifact는 X-ray를 조사하고 10시간 후 획득한 영상이 즉시 획득한 영상에 비해 빛의 방출도가 33% 감소하는 것으로 나타났다. 슬자에 의한 Artifact는 잘못된 Collimation으로 인한 재촬영건수가 가장 높았으며, 기기에 의한 Artifact는 guiding plate, Suction cup으로 인한 재촬영 건수가 가장 높았다. 대부분의 Artifact들은 사전의 정기적인 점검과 교육을 한다면 미연에 방지할 수 있고, Artifact에 대한 정확한 인식을 정기적인 점검과 향후 새로운 Artifact에 정확한 분석과 해결방안을 모색한다면 영상의 질 및 진료의 만족도를 높여 갈 수 있을 것이다.

참고 문헌

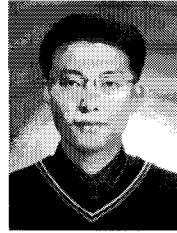
- [1] 허 준, 21세기를 향한 방사선기술, 신광출판사, 1991.
- [2] 이춘희, 이충희, 황선일, 2002 전자기술 I, 한국과학기술정보연구원, 2002.
- [3] 정환, 이환, 김문찬, 디지털 의료 영상학, 정문각, 2003.
- [4] 은성중, 장영일, 최성관, 홍성일, 최남길, PACS 기초이론, 청구문화사, 2005.
- [5] 광지연, 이경범, 이종만, 박태순, 오필제, 이민기, 서지숙, 황한열, "Imaging Plate를 이용한 극저준위 방사능 측정에 관한 연구", 방사선방어학회지, 제29권, 제4호, pp.231-236, 2004.
- [6] 이재식, 이석균, 유세중, "디지털 영상에서 발생하고 있는 Grid line artifact에 대한 고찰", 대한디지털의료영상기술학회지, 제6권, 제1호, pp.65-68, 2004.
- [7] 백승민, 이광원, 이중희, 이강우, 이우식, 조영기, 김대현, "CR System Erasure가 Image Plate 초기화에 미치는 영향에 대한 연구", 대한디지털의료영상기술학회지, 제8권, 제1호, pp.33-38, 2006.
- [8] T. Freund, "An assessment of contrast and detail visualization Acta Radiologica", J. of Eur. Radial., Vol.13, No.4, pp.616-621, 2003.
- [9] P. Siegfried, "Resolution requirements for monitor viewing of digital flat-panel detector radio-graphys: a contrast detail analysis", J. of Eur. Radial., Vol.13, No.2, pp.413-417, 2003.
- [10] M. A. Thijeen, H. O. Thijssen, J. L. Merx, and M. P. Wensel, "Quality analysis of DSA equipment," J. of Neuroradiology, Vol.30, pp.561-568, 1998.
- [11] T. Yukio, L. Takeshi, and T. Masao, "Computed radiography," Springer-Verlag, 1987.
- [12] L. JAIME, A. TAAFFE, A. BAUMAN, "Picture Archiving and Communication System(PACS), Thieme, 1992.
- [13] 백승민, 이강우, 조영기, 김금남, 이광원, 최창환, "Image plate의 time flow에 따른 noise 발생이 실제 촬영에 미치는 영향에 대한 연구", 대한방사선협회지, 제31권, 제1호, p.84, 2005.
- [14] P. Katheine, "Computed radiography technical overview," RSNA, Vol.82, 1996.
- [15] A. Willis, "Quality Improvement in Computed Radiography," RSNA, Vol.84, 1996.
- [16] E. Ogawa, S. Arakawa, M. Ishida, and H. kato, "Quantitative analysis of performance for computed radiography system," SPIE, 1995.
- [17] 김선철, 정재은, "F/S시스템과 DR시스템의 화질과 피폭선량 비교에 관한 검토", 대한방사선기술

학회지, 제26권, 제3호, pp.7-11, 2003.

- [18] M. Hidenori, S. Kazuyoshi, O. Yasumitsu, Y. Kazuo, and K. Koich, "A Two-dimensional Image Sensor with a-Si : H pin Diodes," Applied Surface Science, Vol.48, No.49, pp.521-525, 1991.
- [19] H. Bell, "A Direct Digital Image Capture System: The Future of Digital X-ray," Medical Imaging Technology, Vol.17, No.2, pp.105-109, 1999.

홍 성 일(Seong-II Hong)

정회원



- 2008년 3월 : 한려대학교 방사선학과(보건학사)
 - 2008년 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터 과학과(공학석사중)
 - 2002년 ~ 2008년 3월 : 순천 성가롤로병원 영상의학과
 - 2008년 ~ 현재 : 광양보건대학 방사선과 교수
- <관심분야> : 의료영상, 의료전송시스템

저자 소개

동 경 래(Kyung-Rae Dong)

중신회원



- 2003년 2월 : 연세대학교 산업보건학과(보건학석사)
 - 2008년 ~ 현재 : 조선대학교 원자력공학과(공학박사수료)
 - 1996년 ~ 2003년 4월 : 서울아산병원 핵의학과
 - 2004년 ~ 2008년 2월 : 광양보건대학 방사선과 교수
 - 2008년 ~ 현재 : 광주보건대학 방사선과 교수
- <관심분야> : 핵의학, 원자력, 방사선계측

최 준 구(Jun-Gu Choi)

정회원



- 2008년 : 단국대학교 대학원 의학레이저(이학박사)
 - 1996년 ~ 2005년 : 단국대학교 병원 영상의학과
 - 2005년 ~ 2008년 : 건국대학교 병원 영상의학과
 - 2008년 ~ 현재 : 극동대학교 방사선학과 교수
- <관심분야> : 방사선 의료영상, 의료영상정보, 방사선 생물학, 의학레이저