

필름-증감지계의 현황과 미래*

고려대학교 보건전문대학 방사선과
허 준

Present Status and Future of the Film-Screen Systems

Joon Huh

Dept. of Radiotechnology, Junior College of Allied Health
Sciences, Korea University

여러 가지 사물을 촬영하여 사진으로 기록하는 것은 필름 유체에 포함되어 있는 할로겐화 은의 역할로서 그것이 현상과정을 거치면 피사체의 형상·색상·명암 등을 2차원으로 기록하게 된다.

사진의 역사는 1839년 Daguerre로부터 시작되며, 그 후 렌트겐이 X선을 발견하면서부터 의학분야에 도입, 발전되었다. X선필름과 그 과학은 방사선의학의 중심적인 역할을 하고 있으며, 그간에 사진과학의 진보와 기계공학의 발전, 화상공학의 도입 등 많은 학문적 또는 기술적인 발전이 있었다. 그 중에서도 중심이 되는 것은 역시 화질이며, 이와 함께 의료피복의 문제는 병행되어 중요시 되고 있다.

최근에 의료용 화상의 디지털화는 급속한 증가추세를 보이고 있으며, 그 기록성은 큰 과제로 되어 장차 방사선 진료체계에 많은 변화가 있을 것으로 사료된다.

1. 감광재료의 역사⁽¹⁻⁹⁾

X선의 수광체로서 형광체, 증감지, 상증폭기(II) 등이 사용되고 있다. 형광체의 역사는

오래되며 렌트겐이 X선을 발견한 당시 실험실에 형광체가 없었다면 X선은 발견하지 못하였을 것이다.

더욱 흥미있는 것은 에디슨이 X선에 흥미를 가지고 형광체에 대한 연구를 한것이다. 그는 1897년에 $CaWO_4$ 을 쓰고 증감지를 개발하였다. 그것은 약 1세기에 걸쳐서 X선진단학의 초석이 되었으며, 또한 의료의 한 분야를 확고하게 구축하였다.

이와 같은 형광체의 연구는 X선의 발견보다 오랜 역사를 가지고 있으며, 많은 개량으로 X선진단분야에서 절대적인 위치를 차지하게 되어 기록매체로서 X선필름과 함께 계속 이용되고 있다.

1) X선필름의 변천

X선필름은 1913년에 Eastman Kodak에 의해서 처음으로 판매되기 시작하였으며, 일본의 Konishiroku에서는 1933년에 Sakura X-ray 필름을 제조판매하기 시작하였다. 그후, 75년 이상이 경과된 지금까지도 regular type film으로 계속 사용되고 있다.

X선필름의 변천 중에서 가장 큰 변화는

*이 講座의 요지는 본 학회의 1990년도 學術大會(5월 26일, 서울중앙병원 강당)에서 발표되었음.

ortho type film(1974)의 출현이라 하겠다. 그 당시에는 피폭선량을 경감시킨다는 목적에 따라 제창된 ortho system이었으나, 그후에 화질향상을 목적으로 하는 기술개발이 급속도로 진전되어 고감도, 고화질이 달성되었으며, ortho film 사용은 증가되고 있다.

X선필름이 변천되는 배경으로서는 (1) 화질향상에 대응, (2) 피폭선량저감에 대응, (3) 처리의 신속화에 대응, (4) 자동반송, 대량처리에 대응, (5) 촬영목적에 따르는 감광재료에 대응 등을 들 수 있다.

2) 증감지의 변천

형광체로서 CaWO_4 을 쓴 증감지에는 현재 일반화되고 있는 양면시스템은 1913년 양면유체의 X선필름이 사용되면서부터 시작되었다. Patterson 사, GIBA(일본 東京電機)사에서 1935년에 양면증감지를 제조·보급하면서부터 그 연구는 활발해졌다. 현재 많이 이용되고 있는 MS증감지가 완성된것은 1946년으로, 화질향상에 대응하면서 아울러 피폭선량 경감을 목적으로 하는 증감지의 개발이 계속되어, 지금까지도 형광체로서 CaWO_4 을 사용한 증감지는 증감지의 주류를 차지하고 있다.

한편, 피폭선량경감을 목적으로하는 희토류 증감지가 개발된것은 1972년이다. ortho type X선 film과 같이 주로 화상향상을 목적으로 하는 기술의 개발이 급속도로 진전되어, 현재로서는 고감도와 고화질을 거의 달성하여 ortho-system화가 진행되고 있다.

증감지가 변천된 배경으로서는, (1) 화질향상에 대응, (2) 피폭선량경감에 대응, (3) 필름의 자동반송화에 대응, (4) 촬영목적에 따르는 감광재료에 대응 등을 들 수 있다.

3) 현상처리의 변천

로울러식 자동현상기가 등장한 것은 1955년에 Kodak사 현상기가 그 시초이며, 본격적으로 보급되기 시작한 것은 1960년대라 하겠다. 초기의 자동현상기는 수동현상 처리를 기계화

한 것으로 그 처리시간은 6분에서 8분으로 현상온도는 20°C 를 사용하였다.

그후 신속화에 대한 연구가 계속되어 현상처리 시간은 3분 30초와 90초로 단축되었으며, 이것을 제2차 신속화라하여 1967년에 Kodak에서 90초 처리 자동현상기를 판매하기 시작하였다. 90초 처리 현상기는 개발당초에 3분 30초 처리와 감도를 똑같이 하기위해서 현상온도를 40°C 로 하였으나, 막면에 생기는 상처 필름물성에 대한 영향, 아황산가스의 대량발생, 자동현상기에 녹이 생기는 등 문제점이 있어 현재는 현상온도를 35°C 로 정착하였다.

90초 처리 현상기의 시대는 약20년이 계속되었으나, 1987년에 제3차 신속화를 맞이하게되어 처리시간 45초의 자동현상기가 Konica에서 개발, 보급되어 앞으로는 45초 자동현상기의 이용이 급증할 것으로 사료된다.

자동현상기가 이용되기 시작한 지 30여년간에 처리시간은 $1/8 \sim 1/10$ 내외로 단축되었다. 그간에 주변장치의 개발이 진전되었다. 1972년에 출현한 day light system은 필름교환과 name printer의 작업을 明室化한 것에 불과했으나, 현재는 multichannel의 필름공급시스템이 주로서 처리시간도 단축되었고 film changer 등 촬영장치와 직접연결된 시스템이 실용화되고 있으며, 더욱 미노광 생필름을 magazine에 장진하는 작업의 명실(明室)처리화도 일부 실용되고 있어, 방사선과에서 암실이 없어지는 것도 목전에 왔다고 하겠다.

4) Ortho system의 변천

Ortho system은 최초로 피폭선량 경감을 목적으로 제창된 것으로 그변천은 (1) 제1기: 고감도를 지향한 시기, (2) 제2기: 미립자를 지향한 시기, (3) 제3기: 선예도를 지향한 시기, (4) 제4기: 고선예도와 촬영복위를 지향한 시기, (5) 제5기: 초신속처리를 지향한 시기 등 배경에 따른 시기로 나눈다(표 1참조).

제1기는 ortho system이 처음으로 개발된 시기로서 피폭선량 경감을 목적으로 하는 고감

표 1. Ortho-system의 변천

		Ortho system의 발표(Bachanan)		
		1972		
제1기 고감도 지향기	1974	Kodak	Lanex Regular	OG
	1975	Fuji	G-4, G-8	RXO RHO-H
	1976	Sakura	GTS, GTH	GSO
제2기 미립자 지향기	1978	Fuji	New G-4 New G-8	RXO-G, RXO-L
	1982	Sakura	KS, KH	AO AOL AOG
제3기 선예도 지향기	1983			
		Fuji	G-3	New RXO-G New RXO-L(SMG)
	1984	Sakura	KG	
제4기 고선예도 지향기 촬영부위별 지향기	1983	Kodak		TMG TML TMH(T-mat)
		Fuji	HR series	HR-A HR-S HR-L HR-C
	1987	Sakura	KO series	(Σ -grain New SMG) MG MGH MGL MGV(HMG M-grain)
제5기 초신속처리 지향기	1988	Konica		MG-SR MGH-SR
		Fuji		MGL-SR(HMG-SR) Super HR series(Σ L.I.C T.T.B)

도 시스템으로 이용되었다. 화질을 향상시키지는 못하였으며, 단지 혈관조영, 부인과영역 등 주로 피폭선량을 경감시킬 목적으로 사용되었다. 이것은 SN비가 심해서 그 개선을 목적으로 연구와 개발을 하여 제2기를 맞이하게 되었다. 이때부터 ortho system의 특징이 되는 고감도 증감지와 미립자 필름의 연결이 정착되었다.

그 다음에 연구 개발의 목적이 된 것은 선예도의 향상이었다. 특히, 발광파장의 관계에서 cross-over가 문제되어 색소를 첨가함으로써 anti-cross-over 대책이 시작되었다. 이 시기를 제3기라 한다.

더욱 그후에 할로겐화는 입자의 개량 즉 T-mat, Σ -grain, M-grain 및 증감색소 흡수법의 개량(New SMG, HMG 등)에 의한 cross-over나 irradiation의 대폭적인 감소가 현실화되어 고선예도 시대를 구축하였다. 또한 흉부 전용필름과 같이 촬영부위에 따라 적합한 시대를 구축하였다. 또한 흉부전용 필름과 같이 촬

영부위에 따라 적합한 type의 필름개발도 이 시기에 이루어졌다. 이것이 제4기이다.

제5기는 45초 처리용 ortho film의 개발이라 하겠다. 이것은 제4기에 비해서 능률과 화상면에서 더욱 향상된 것이다. 이와같이 ortho system은 불과 10여년 사이에 큰 발전을 보았다.

5) Ortho화의 흐름

Ortho system은 급성장을 하여, 종전의 regular system이 ortho system으로 대체될 전망이다. Ortho system이 출현된 이래 제3기까지는 혈관조영, 부인과영역 등 피폭선량 경감을 목적으로 감광재료를 선택해온 분야에 ortho system이 적용되어 왔으나 제4기부터는 regular system에 대체되기 시작하였다.

1987년 현재 ortho화는 미국이 60%, 유럽 10~40% 일본이 약40%로 증가되고 있다. 필자는 1976년부터 실험과 강연·연수교육을 통해서 그 유용성을 강조하고 있으나 우리나라에

서 ortho system의 적용은 극히 일부분의 대학부속병원에 한정되고 있어 일반화가 되기까지는 요원한 상태에 있다.

2. Ortho system의 현황과 문제점^{5,10~13)}

Regular type 감광재료에 대해서 고감도를 특징으로 하는 ortho type 감광재료는 형광의 확산방지기술과 유제의 입자 크기 및 형상에 개량이 있어 고화질로 되었다. 그러나 X선의 관전압특성, 경제성 등이 있어 임상응용을 일반화시키는데는 다소 문제점이 있다. 한편 병변부를 효과적으로 묘사시키기 위해서는 그 피사체의 특성을 고려하여 감광재료를 각기 특성에 따라 적합하게 선택·이용할 필요가 있다.

1) Regular계와 ortho계의 비교

Regular계와 ortho계의 특성을 비교하기 위해서 각 제조회사의 자료를 이용하였다.

Regular계 BF-II/RX, Hi-Screen B₂/RX의 두 종류와 ortho계의 HR-Series를 사용하고 얻은 결과는 그림 1~4와 같으며, 관전압 특성, MTF, RMS를 표시한 것이다.

(1) 상대감도

Regular계의 상대감도는 BF-III와 Fs증감지를 연결한 경우를 100으로 하면 100~400사이

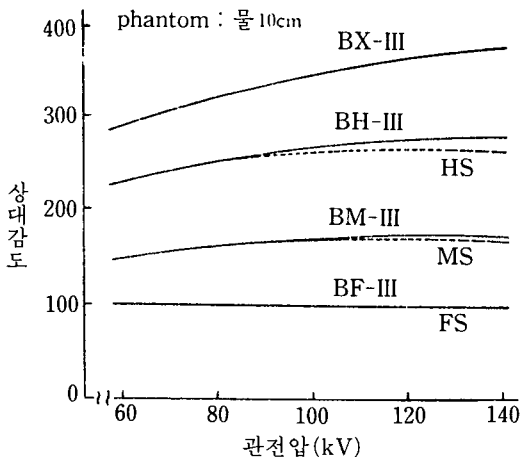


그림 1. Regular 증감지의 감도와 관전압특성

가 된다. 이에 비해서 ortho계의 상대감도는 125~800으로 그 폭이 크고 또한 감도가 대폭 증대되고 있다(그림 1, 2 참조).

(2) 상대감도의 관전압 특성

회토류증감지의 감도특성에는 관전압 의존성이 있다. 제조회사에서는 관전압 80~90kV에서 상대감도를 나타내는 것이 일반적이다. 회토류증감지는 보통 80kV 이상에서 고감도의 특성이 나타난다. 그에 대해서 60kV 이하의 저관전압 영역에서는 상대감도는 저하된다. 이것은 ortho화를 전면 도입할 경우에 문제점으로 대두된다.

(3) 상대감도와 비선예도의 관계

그림 3은 Ortho system 증감지의 MTF 곡선으로 그 종류와 감도에 따라 각기 차이가 있다. 그림 4는 regular계와 ortho계의 상대감도에 따르는 비선예도를 나타낸 것으로 ortho계는 regular계에 비해서 선예도가 대폭 향상되고 있음을 알 수 있다. 단, 상대감도는 상용관전압 90kV에서의 데이터이다.

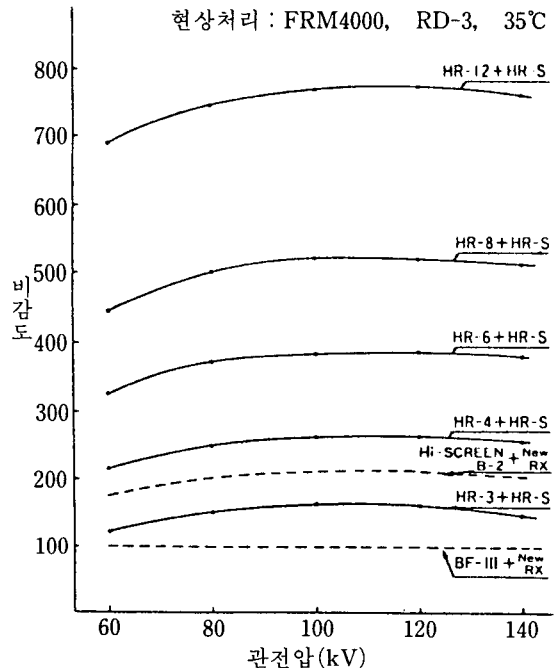


그림 2. Ortho 증감지의 관전압 특성

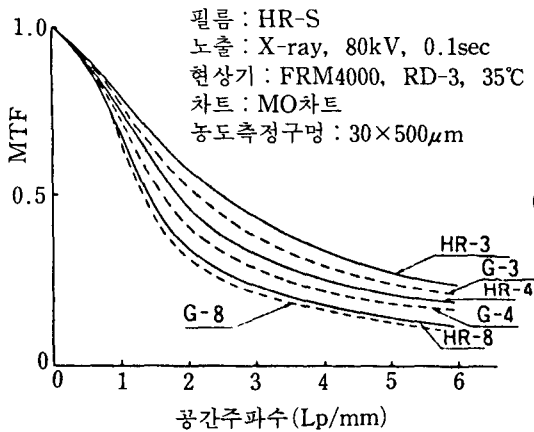


그림 3. Ortho system의 MTF

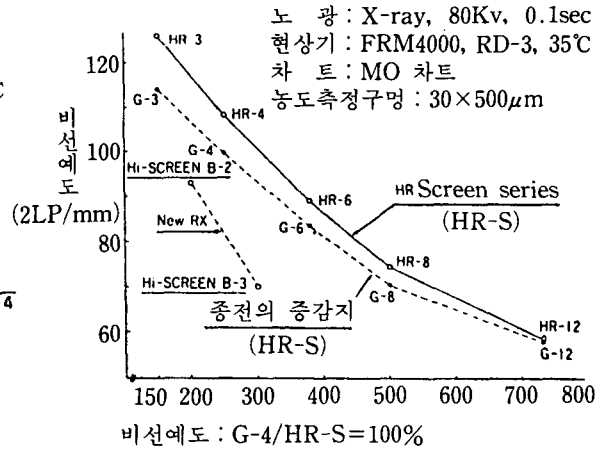


그림 4. 감도와 비선예도 특성

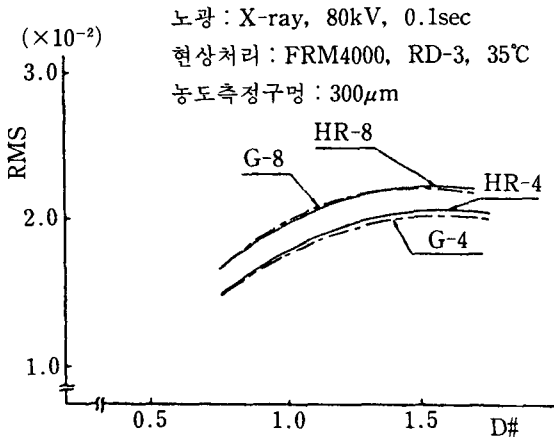


그림 5. Ortho system의 RMS

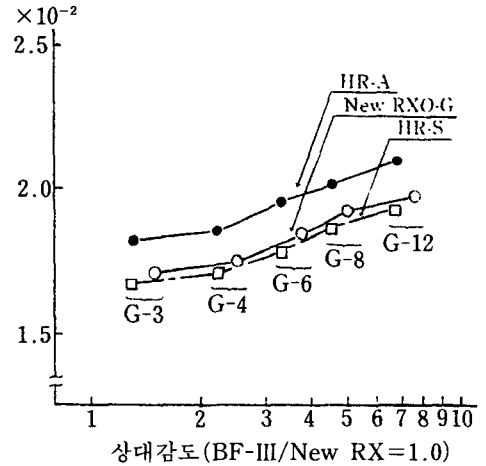


그림 6. 감도에 따르는 RMS 입상도

(4) 상대감도와 입상도의 관계

그림 5는 ortho system의 RMS를 나타내고 있으며 그림 6은 regular계와 ortho계의 상대 감도와 입상도 RMS 관계를 나타낸 것으로 ortho계가 같은 감도에서 우수하다. 이때 상대 감도는 관전압 90kV에서 나타난 결과이다.

2) Ortho화의 문제점

Ortho화를 하는데 가장 큰 문제점은 저관전압 영역에서 감도가 저하되는 것과 경제성이 다.

먼저 저관전압 영역에서 감도가 저하되는 것

은 회트류증감지의 특성으로 보아 해결할 수 없는 문제라 하겠다. Ortho화를하여 감도가 저하되는 것을 보상하기 위해서 고감도 시스템을 사용하면 같은 감도의 regular system에 비해서 화질의 저하를 초래하게 된다. 반대로 화질이 우수한 ortho system을 사용하면 regular system에 비해서 피폭선량이 증대되는 결과가 된다. 따라서 전면 ortho화를 도입할 경우에는 이 점을 유의하지 않으면 안된다. 관전압이 60kV이하의 X선 촬영은 병원에 따라 차이가 있으나 사지촬영에 국한되므로, 차이는 있겠으나 전체 촬영의 약 10% 정도에 불

과하다고 사료된다. 이런 촬영을 할 경우에는 고 생각된다.
 regular system에 비해서 감도저하가 있어도 그 다음에는 경제적인 문제가 있다. 필름의 화질을 개선하여 ortho화 하는 것이 가능하다 가격은 별로 차이가 없고 도리어 염가로 될 수

표 2. 각 회사의 주요 감광재료

	Agfa	Dupon	Fuji	Kodak	Konica	Kasei Optonix	Toshiba
녹색감성 회토류 증감지	CUPIX FINE	QUANTA V	HR-3	LANEX FINE	KO-125		L-100
	CUPIX MEDIUM		HR-4	LANEX MEDIUM	KO-180		L-160
	CUPIX REGULAR		HR-6	LANEX REGULAR	KO-250		L-220
	CUPIX FAST		HR-8	LANEX FAST	KO-380		L-270
			HR-12		KO-500		L-330
	HR-16		KO-750	L-440			
Ortho film	CURIX OG	HR-4	NEW TMG	MG			
	CURIX OL	HR-S	NEW TML	MGL			
	CURIX OC	HR-L	NEW TMH	MGC			
	CURIX STG	HS-C	TMC	MGH			
	CURIX STL	HR-H	OG	MGV			
	CURIX STC	NEW RXO-R	OL	MG-SR			
	CURIX STH	NEW RXO-G	OH	MGH SR			
		NEW RXO-H	OC				
	SUPER HR-A						
	SUPER HR-S						
	SUPER HR-L						
청색감성 회토류 증감지	CUPIX MR50	QUANTA II				RE-SPECIAL	
	CURIX MR200	QUANTA III				RE-SUPER	
	CURIX MR400	QUANTA DETAIL					
	CURIX MR800	QUANTA FAST DETAL					
Regular 증감지	CURIX FIN	PER SPEED	HI-SCREEN B-2	X-OMAT FINE	NR-100	BX-III	D-10
	CURIX UNIVERSAL	LIGHTNING PLUS	HI-SCREEN B-3	X-OMAT REGULAR	NR-160	BH-III	D-20
		HI PLUS		X-OMAT RAPID	NR-200	BM-III	D-32
	CURIX SPECIAL			X-OMAT SUPER RAPID	NR-250	BF-III	E-10
					NR-320	HS	E-15
					NR-100	MS	E-20
					NR-160	FS	E-23
					NR-250		E-27
					NR-320		E-28
							E-32
						E-34	
					E-40		
					E-44		
Regular film	CUPIX RP1	CRONEX 4	NEW RX	XRP	NEW A		
	CURIX RP2	CRONEX 4L	NEW RX-L	XK	NEW AL		
	CURIX RP1L	CRONEX 7	NEW RX-G	XJB			
	CURIX MR4	CRONEX 7L	NEW RX-H	XL			
	CURIX NEW RP-1	CRONEX 10 CRONEX 10L		EG			

있으나 증감지의 가격은 희토류 증감지가 CaWO_4 계 증감지에 비해서 고가로서 3~4배가 된다.

그러나 우리 나라에서 ortho화가 일반화되는 데는 어려운 문제가 많아서 필자는 가격을 CaWO_4 계 증감지와 동일하게 해줄 것을 각 회사에 요청하여 CaWO_4 계 증감지에 비해서 1~2배 정도의 가격으로 현재 희토류 증감지를 보급하고 있다. 이 가격은 일본의 4배에 비하면 대단히 염가로서 우리 나라에서만 통용이 될 수 있는 가격이라 하겠다. 여하간 전폭적으로 ortho화를 하는데는 많은 증감지를 일시에 구입해야 되므로 예산이 문제점으로 대두되는 것은 사실이다. 따라서, 일반적으로 ortho화를 추진하는데는 film change 즉 흥부, 혈관조영 촬영, 투시촬영 등부터 우선 시작하는 것이 바람직하다.

3) 감광재료의 다양화

증감지와 필름은 각 회사에서 몇 종류씩 판매되고 있다. 1989년 현재 각 제조회사의 카다로그에 따르면 표 2와 같다. 이것은 감도보상 증감지 등 특수증감지는 제외한 것이다. 이에 따르면 ortho system의 증감지는 27종류, 필름은 37종류로, 그것을 연결시키면 999종류가 된다. 또한 regular system은 증감지 51종류, 필름 22종류이며, 이것을 연결시키면 1122종류가 된다. 두 가지를 합치면 2121종류로서 그 종류가 많으며, 실제적용에 있어서 기준을 선택하는데는 여러 문제가 있으나 그 반면 촬영 부위나 검사목적에 따라 system 설계를 하는 것도 가능하게 되었다.

촬영부위별로 감광재료를 사용하는데 대한 장점은 촬영부위와 목적에 적합한 감광재료를 선택하는데 따라 보다 진단정보가 높은 화상을 얻을 수 있는 것이다. 단점으로서 많은 종류의 증감지를 준비하게 되므로 카세트의 수가 많아진다는 것과 여러 종류의 필름을 취급하게 되므로 복잡하고 실수가 많이 발생되는 것이 예상된다. 또한 film changer를 사용할 경우에

는 사용하는 필름타입이 제한되므로 장점을 충분히 살릴 수 없을 경우도 있다. 이와 같은 문제점을 충분히 생각한 다음에 감광재료의 선택을 고려해야 한다.

4) 감도보상증감지

감도보상법은 표 3과 같이 다양하며, X선흡수차가 큰 피사체를 1회조사로서 적정한 농도와 대조도로 묘사하기 위해서 농도보상이 연구된다. 그 방법으로는 감광재료나 격자에 의한 보상법과 여과판에 의한 보상법이 있으나 그것에는 각각 장·단점이 있다. 그중에서 감광재료의 감도보상에 의한 농도보상법에는 감도 보상증감지를 쓰는 방법과 저감마타입 필름을 쓰는 방법이 있다.

감도 보상형증감지의 연구는 1958년경부터 시작이되어 현재는 하지 전체 척추촬영용 감도 보상증감지가 정착되어 있다. 이 증감지는 방향에 따라 형광체층의 두께를 변화시킨 비교적 간단한 증감지이다.

최근에 발표되는 부위별 감도 보상증감지는 1984년에 흥부단층 촬영용이 시험 제작되면서 본격적인 감도보상기술의 개발이 이루어지고 있다.

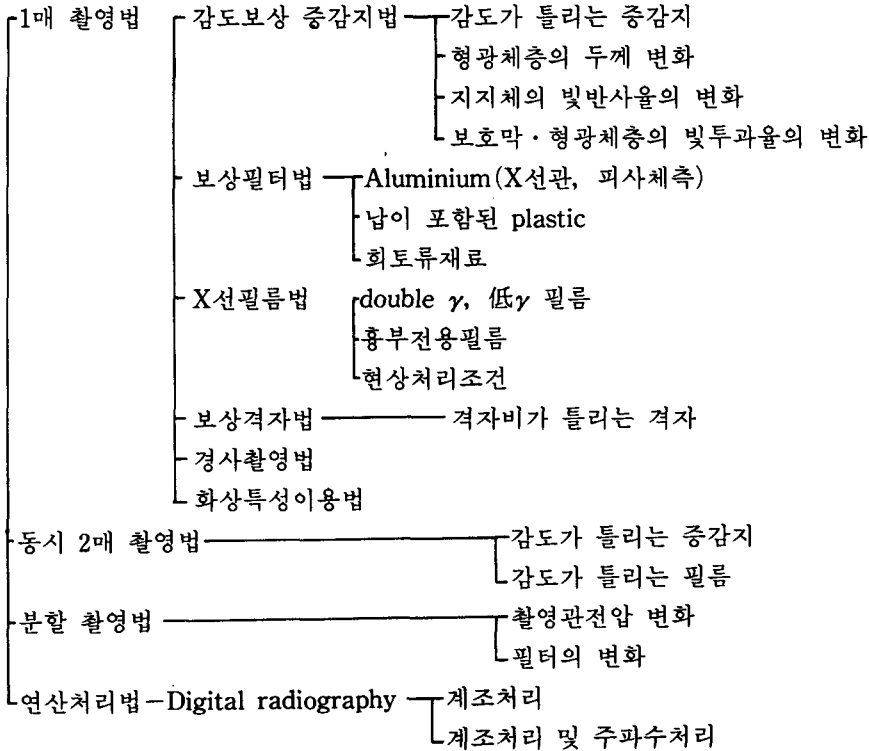
감도 보상기술로서 문제가 되던 촬영부위에 따라 복잡한 형태의 감도를 보상하는 문제, 각 부위를 적정농도로 하기 위해서 임의의 감도비를 설정하는 문제, 각 감도영역 사이의 감도를 원만하게 이행하는 문제 등은 증감지의 보호막이나 형광체층에 착색을 함으로서 빛 투과율을 변화시키는 기술의 개발에 따라 거의 해결되었다고 할 수 있다.

5) 편면시스템의 도입

원래 필름은 편면유체로 되어있으나, X선용은 피폭선량을 경감시킨다는 점에서 양면유체가 사용되게 되었다. 그러나 고감도, 고화질의 ortho system이 개발 보급되면서 편면시스템에 대한 검토가 시작되었다.

편면시스템에 대한 장점으로서 cross-over

표 3. 감도보상법의 분류



효과가 없고 사방향의 입사 촬영에 따르는 기하학적인 불선에도가 작다는 것을 들 수 있다. 이에 따라 상대감도를 유지하면서 선에도나 입상성을 향상시킬 수가 있게되어 편면 시스템의 도입은 증가될 전망이다.

3. 앞으로의 전망^{1,14~15)}

X선용 감광재료는 새로운 기술의 발달과 입상의 요청에 따라 더욱 개선이 될 것으로 사료된다. 한편, 의료분야에서는 X선화상 이외에 각종 화상진단법이 개발될 것이며, 이에 따르는 새로운 감광재료가 요망되어 그 개발에 관한 연구는 더욱 증대될 것으로 기대된다.

이와같은 동향에 따라 감광재료의 발전을 전망하면 다음과 같다.

- ① 더욱 초고감도, 초고화질화로 발전될 것이다.
- ② 편면시스템으로 보급될 것이다.

③ 카스현상 등에 따르는 트라이 시스템이 개발될 것이다.

④ 촬영부위에 적합한 감광시스템으로 개발될 것이다.

⑤ 신속하게 처리될 것이다.

⑥ 암실은 없어지고 明室處理로 될 것이다.

⑦ 전면적으로 ortho화 될 것이다.

⑧ 디지털화시대에 적합한 감광재료가 개발될 것이다.

의료용화상에서 수상계 및 기록매체로 현재 디지털화가 각광을 받고있으나, 그중에서 필름의 역할, 그리고 수상계로서 감광재료의 dynamic range 및 계 특성의 목표 설정등에 큰 과제가 많이 있다. 이 분야는 회사가 주도하여 진행하고 있으나, 소비자인 방사선과 의사는 공동체이므로 그 미래를 올바르게 전망하여 사용자로서 올바르게 판단하고 그 발전을 위해서 연구·개발에 전력을 경주해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 令井方丈：感光材料の變遷と放射線技術對應，日本放射線技術學會雜誌，45(11)：1766, 1989
- 2) 日本放射線技術學會 技術史委員會：感光材料・螢光板・増感紙，日本放射線技術學會雜誌，38(4)，633, 1982
- 3) 館野之男：放射線醫學史，岩波書店，1973
- 4) 日本放射線技術學會技術史編纂委員會：日本放射線技術史，1989
- 5) 金令木尙生外 3名：稀土類増感紙-1-稀土類螢光體 グリーン 發光増感紙-極光 X-ray, 25-1, 1986
- 6) 許俊：醫療用 X線畫像診斷시스템의 基礎，韓業貿易株式會社，1989
- 7) 許俊・金昌均・姜弘錫：Kyokko series-L 増感紙에 관한 實驗，韓放技學誌，6(1)：69, 1983
- 8) 許俊：稀土類 増感紙와 필름에 對한 評價，韓放技研誌，4(1)：3, 1981
- 9) 小林俊弼・高稀一男：世界初の X線フィルム の 45秒 處理システムKonica Medical Super Rapid System 發賣にあつて，コニカ X-レイ寫眞研究，39(2)：52, 1988
- 10) 三浦典夫外 3名：高畫質増感紙 Bシリーズ の開發，極光 X-Ray, 24：3, 1985
- 11) HR シリーズ(HR-A, HR-L, HR-C) 諸特性 ちよび 臨床適用 について，Fuji Medical Forum 152：22, 1986
- 12) 浦典夫外 2名：感度補償増感紙・螢光板，極光 X-Ray, 25：9, 1987
- 13) 허준외 5명：편면증감지 필름계의 성능실험，대한방사선기술학회지 10(1)：55, 1987
- 14) 堀尾重治外 2名：直接撮影にちける富士メディカル イメージングフィルムの有用性について，Fuji Medical Forum 154, 155：46, 1987
- 15) 正寺 強・大島裕二：M1 フィルム シリーズ の開發意圖とその性能，Fuji Medical Forum, 157：34, 1987