

방사선 치료 차폐제 (Alloy Metal) 의 반복사용에 따른 특성변화

서울대학교병원

유숙현 · 최병돈 · 박영환 · 최계숙 · 정호용

서 론

방사선치료에 있어, 차폐제(Block)의 사용목적은 정상조직 보호를 위함이다. 이러한 차폐제의 재질에는 납(lead)과 Alloy Metal 등이 있다.

한편 임상에서는 차폐제를 모양에 따라 미리 여러개 제작하여 모든 환자들에게 보편화(routine block)해서 사용하거나 -①, 환자 개개인의부위별 치료특징에 따라, 차폐제를 제작하여(made block) 사용하는데 -②, ①의 방법보다는 ②의 방법이 치료효율을 높이는 것으로 학계에 보고된 바도 있고, ②의 방법을 임상에 적용하는 병원이 많은 실정이다. 여기에서 Alloy Metal이라 하는 것은 납(Pb), 주석(Sn), 카드뮴(Cd)비스무스(Bi)로 이루어진 합금으로, Cerrobend라는 상품명으로 널리 알려져 있고, 그 용융점이 약 70℃이다. 따라서 용융점이 높아 반복제작의 어려움이 많은 납보다, 용융점이 낮아 반복제작이 용이한 Alloy Metal 이 차폐제의 재질로 많이 쓰이고 있다.

이에 Alloy Metal의 반복가열 및 제작으로 불순물이 투입되거나 구성성분의 변화를 야기시키지 않을까 하는 점에 이번 실험을 착안하였다. 본 실험은 서울 소재 여섯개 종합병원에서 표본(sample)을 수거하여 사용전, 사용후, 사용년도별로 분류해서 구성성분변화, 용융점변화, 투과력변화에 대한 측정을 하여, 적절한 사용범위 등을 제시해 보고드리고자 한다.

본 론

-실험장비 및 기재-

1. I.C.P(Inductively Coupled Plasma) Spectro-Scope^{*1}: 성분분석기
2. D.S.C(Differential Scanning calorimeter)^{*2}: 용융점 측정
3. LINAC(6, 10MV)(Varian, 미국)
4. Dosimetry(Keithley 606, 미국)
5. Alloy Metal 표본

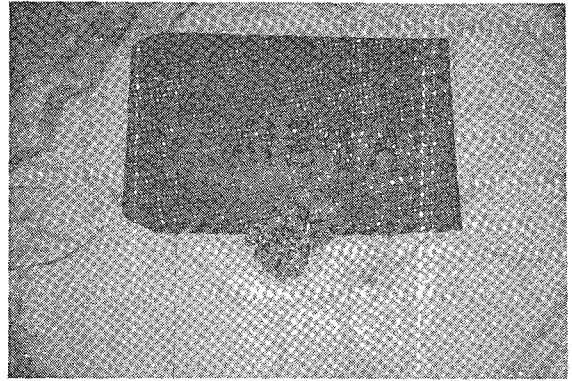
주) * 1, 2의 실험기재를 본원에 갖추고 있지 못한 바, I.C.P Spectro-Scope에 의한 성분분석은 국방과학연구원, D.S.C에 의한 용융점 측정은 한국과학기술원(KIST)에 의뢰하여 Data를 작성함.

-실험방법 및 결과-

측정을 용이하게 하도록 덩어리로 수거된 Alloy Metal 표본을 Drill 혹은 망치 등으로 가루 상태를 만든다. I.C.P Spectro-Scope를 이용하여 구성성분의 함량비율을 측정한다. <그림 1>은 성분 측정을 위해 가루화시킨 Alloy Metal Sample이다. 이상의 측정 결과를 <표 1>에 나타내었다. <표 1>을 보면 Alloy Metal을 구입하여 한번도 차폐제로 제작하지 않은 사용전 표본과 1~10년간 반복 제작된 사용후 표본의 변화치를 납(1~3%), 주석(1~9%), 카드뮴(1~3%), 비스무스의 기타

(1~10%) 별로 나타냈다. 전체적으로 그 변화치가 심하지는 않다. 특히 주석과 비스무스의 변화치가 급격한 예가 있었는데(구분3의 예) 조사된 바에 의하면 사용전으로 수거된 표본과 사용후로 수거된 표본의 제품회사가 다른 것으로 나타나, 표본 수거상의 오차로 지적되었다.

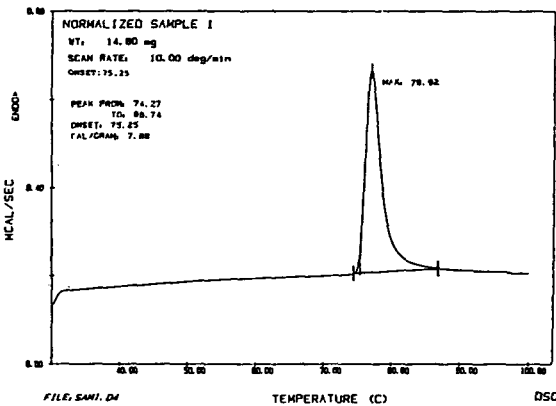
<그림 1>의 표본을 D.S.C에 넣어 측정(그림 2) 참조)한 용융점의 결과를 표 2에 나타내었다. 용융점은 사용전 표본의 평균치가 74.9℃ 이고 사용후 표본의 평균치가 74.9℃로써 차이가 거의 없었다.



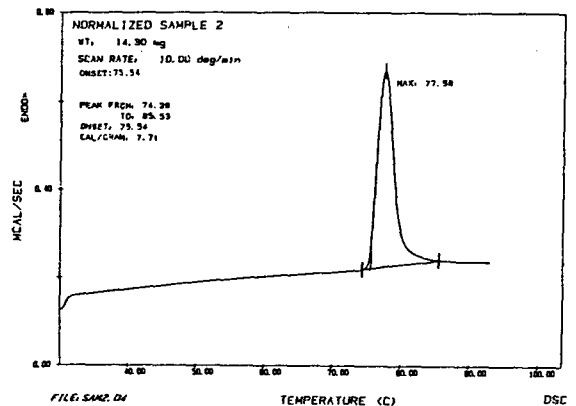
<그림 1>
성분분석 및 용융점측정을 위해 가루화시킨 Alloy Metal Sample

<표 1> 성분 변화 (단위: %)

구 분	납 (Pb)		주석 (Sn)		카드뮴 (Cd)		비스무스 (Bi) 의	
	사용전	사용후	사용전	사용후	사용전	사용후	사용전	사용후
1 ('89-'90)	28.2	27.4	15.0	17.0	8.8	10.1	48.0	45.5
2 ('85-'90)	27.6	24.2	14.5	12.4	10.2	13.5	47.7	49.9
3 ('85-'90)	26.3	26.9	13.8	22.7	9.0	10.0	50.9	40.4
4 ('83-'90)	27.1	27.5	15.0	15.2	9.3	9.3	48.6	50.7
5 ('79-'90)	26.6	26.7	14.0	14.9	9.4	9.4	50.0	49.0
6 ('78-'90)	25.9	26.6	13.5	13.6	10.0	10.0	50.6	49.8
평 균	26.95	26.55	14.3	15.97	9.45	10.38	49.3	47.55
문 헌	26.7		13.3		10.0		50.0	



<그림 2-1> DSC에 의한 용융점 측정 Graph (사용전 Sample)



<그림 2-2> DSC에 의한 용융점 측정 Graph (사용후 Sample)

또한 Alloy Metal Sample의 차폐능력에 관한 투과력 측정을 위해 각 표본을 면적 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 높이 2 cm 되도록 다시 제작하였다. (그림 3 참조) 이는 표본의 양이 많지 않은 관계로 제 1 반가층 이상을 얻을 수 있도록 고안하였다. 또한 6MV, 10 MV Linac의 조건은 F.S. $4 \times 4 \text{ cm}^2$, SSD 120 cm 으로 하였는데 narrow beam을 이용하고 측정거리를 멀리하여 산란에 의한 오차를 없애도록 하였고 Build up 지점에서 측정하였다. 측정 한 결과를 다음 선흡수계수 유도공식에 대입하였다.

$$I = I_0 e^{-\mu X}$$

$$\mu = \frac{\log I_0 - \log I}{0.4343 X}$$

X : Sample Depth

μ : Linear Coefficient

$$X' = \frac{0.693}{\mu}$$

X' : HVL (Half Value Layer)

$$95 \% \text{ Protection} \rightarrow \frac{1}{2^n} = 0.05$$

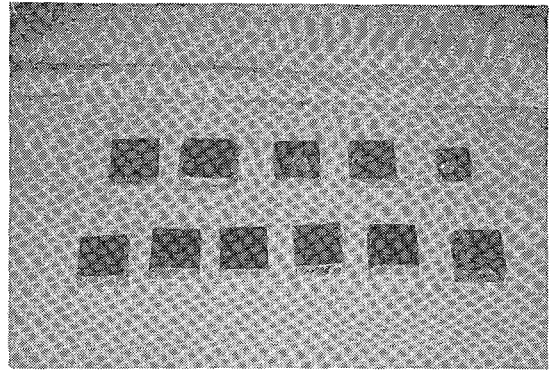
$$n = 4.32 \text{ (4.32 반가층)}$$

$$97.5 \% \text{ Protection} \rightarrow \frac{1}{2^n} = 0.025$$

$$n = 5 \text{ (5 반가층)}$$

(표 2) 용융점 변화 (단위 : $^{\circ}\text{C}$)

구 분	사 용 전	사 용 후
1 ('89-'90)	75.25	75.54
2 ('85-'90)	75.12	74.92
3 ('85-'90)	74.68	75.19
4 ('83-'90)	74.96	74.93
5 ('79-'90)	74.71	74.46
6 ('78-'90)	75.07	74.85
평 균	74.97	74.98



(그림 3) 투과력 측정을 위해 제작한 Alloy Metal Sample

측정치를 이상의 공식에 의해 5 반가층을 구했다. 계산결과는 표 3에 나타났다. 표 3의 결과에 의하면 제 5 반가층에 대한 차폐제의 두께는 6MV에서 $7.5 \sim 8 \text{ cm}$, 10MV에서 $8.2 \sim 8.3 \text{ cm}$ 로 나타났다.

(표 3) 투과력 변화 (5 반가층) (단위 : cm)

구 분	6 MV		10 MV	
	사용전	사용후	사용전	사용후
1 ('89-'90)	7.8	7.60	8.15	8.35
2 ('85-'90)	7.60	7.47	8.04	8.04
3 ('85-'90)	7.76	7.60	8.15	8.21
4 ('83-'90)	7.50	7.61	8.35	8.57
5 ('79-'90)	7.69	7.46	8.30	8.28
6 ('78-'90)	7.86	7.34	8.24	8.59
평 균	7.70	7.51	8.21	8.33

끝으로, 서울소재 여섯개 병원에서 수거한 Alloy Metal 표본중에는 국산(구분 1~5) 및 외산(구분 6) 제품을 포함하고 있었다. 그런데 구분 1~5와 구분 6을 비교했을 때 사용 전은 거의 변화가 없었고 사용 후도 표본 수거 상 나타난 오차를 제외하고는 구성성분, 용융점, 투과력 등의 차이를 발견하지 못했다. 따라서 본 실험에 의거해 비싼 외국산 제품보다는 값도 싸고 품질도 우수한 국산제품을 이용하는 것이 바람직

한 것으로 나타났다.

결 론

1. Alloy Metal을 10년이상 반복가열 및 제작하여도 구성성분, 용융점, 차폐능력에 변화가 거의 없다.
2. Alloy Metal을 임상에서 차폐제로 사용할 때 회사에 따른 제품차이가 있으므로 실측후 적정사용범위내 사용하는 것이 바람직하다.
3. 국산품과 외산품의 품질의 차이가 없는 것으로 사료된다.

References

1. Faiz M. Khan: The Physics of Radiation Therapy, 274:278, 1984.
2. Jones D: A method for the accurate manufacture of lead shields. Br. J. Radiol 44:398, 1971.
3. Parfitt H: Manufacture of lead shields. 44: 895, 1971.
4. Karzmark CJ, Huisman PA: Melting, casting and shaping of lead shielding block: method and toxicity aspects. Am. J. Roentgenol 114: 636, 1972.