

$^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ Generator의 감마선량 분포에 관한 연구

동남보건대학 방사선과
박 성 옥

- Abstract -

A Study of Gamma-ray Distribution around the $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ Generator

soung ock Park

Dept. of radiologic technology, Dongnam Health college

A number of radionuclides of interest in nuclear medicine are short lived isotopes that emit only gamma ray. The most of all Dept. of Nuclear Medicine in the hospt. are using the $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator for elution of the short lived isotope $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$.

A $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator consists of an alumina column on which ^{99}Mo is bound. The parent isotope(^{99}Mo : half life 67 hr.)decays to its daughter $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ which is a different element with a shorter half-life. ^{99}Mo emitted 41-keV(1.3%), 141-keV(5.6%), 181-keV(6.6%)and 366-keV(1.5%) gamma rays. But $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ emitted only 140-keV gamma ray.

We study about the gamma ray distribution around the ^{99}Mo generator.

And obtained the result as follows :

1. Total counted gamma ray from generator smaller in front side than back.
2. The gamma ray emitted from ^{99}Mo generator without $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ vial increased in the back side(Mo column posited side)
3. The gamma ray only from the $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ vial increased in the front side.
4. Apron can protect gamma ray above 60% of total radiation from the ^{99}Mo generator.

I. 서 론

방사성의약품중 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 의 이용도가 가장 높아 병원의 핵의학과에서 방사성의약품 제조기구로 ^{99}Mo Generator를 대부분 보유하여 사용하고 있다. ^{99}Mo 의 반감기는 67시간이며 Generator내부에는 ion 교환수지인 Alumina column 내에 ^{99}Mo 이 흡착되어 있다. 이곳에 0.9%의 생리식염수를 주입하면 나핵종(자핵종)인 $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 이 용출되기 시작하여 약 23시간후에 최대로 용출되며 보통 매일 1회씩 용출하여 사용하고 있다.

$^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 는 감마선만 방출하며 다양한 표지화합물과 표지시켜 여러 장기에 대한 핵의학적 검사가 가능하다 또 감마선 에너지가 140 keV로, camera(SPET)의 NaI(Tl) 검출기를 이용한 검출효율이 좋은 편으로 많이 이용되고 있다.¹⁾ 하루에 한번씩 용출하는 작업은 핵의학과와 방사선사들이 하고 있으며 generator자체에서 외부로 방출되

는 감마선은 비교적 차폐가 잘되어 있는 편이지만 미소한 선량이라도 방사선 작업 종사자인 방사선사들은 피폭으로부터 최대한 줄일 수 있는 수단과 방법을 모두 이용할 필요가 있다.

현재 핵의학과에서 이용하고 있는 generator는 내부 방사성 핵종으로부터 방출되는 방사선에 대한 차폐가 잘 되어 있기 때문에 generator용기의 외부로 방출되는 적은 량의 감마선에 대하여 소홀히 함은 물론 개인피폭을 차폐할 수 있는 용구의 사용도 소홀히 하고 있는 면도 있다 또 generator용기의 외부 감마선 분포에 대한 파악이 안된 상태에서 작업을 하고 있는 실정이다.

본 연구는 병원의 핵의학과에서 많이 이용되고 있는 습식 ^{99}Mo Generator에 대한 외부감마 선량분포를 측정분석하여 정보를 제공함으로써 핵의학과와 방사선사들이 generator 이용시 피폭을 가장 최소화시킬 수 있는 수단과 방법을 모색할 수 있도록 하는데에 목적이 있다.

II. 기기 및 측정방법

1. 측정 기기

- (1) ⁹⁹Mo Generator : Ultra-TechneKow[®]
Daiichi radioisotope lab. Ltd.
18.5 GBq
- (2) 측정기기 : Radiation Alert. INSPECTOR[™]
S/N 05712
- (3) Apron : 62 cm × 110 cm/0.5 mmpb
- (4) Dose calibrator : CAPINTEC-CRC-127R
Seri. No. 770459.

2. 측정방법

1) 감마선량 분포측정

⁹⁹Mo generator의 용출 vial을 중심으로 100 cm의 거리에 측정기를 Fig. 1과 같이 용출 vial이 있는 전면을 0°로 기준하며 45° 간격으로 모두 8개의 방향에서 generator 주변의 각방향에서 감마선량을 15회씩 측정하여 다음과 같이 용출 방사능량 1 Curie당의 선량률(mR/hr/Ci)로 나타내었다.

- ① Generator 용출을 시작하여 23시간이 경과하여 vial 내에 ^{99m}TcO₄가 최대로 용출된 상태에서 vial을 중심으로 100 cm의 거리에서 generator 주변 방사선량을 측정하였다. 이것은 generator 내부의 ⁹⁹Mo column으로부터 방출되는 감마선이 함께 측정되므로 총 외부 감마선량으로 하였다
- ② 최대로 용출된 vial을 제거하고 순수 ⁹⁹Mo column에서 generator 용기 외부로 방출되는 방사선량을 동일한 방법으로 측정하였다.

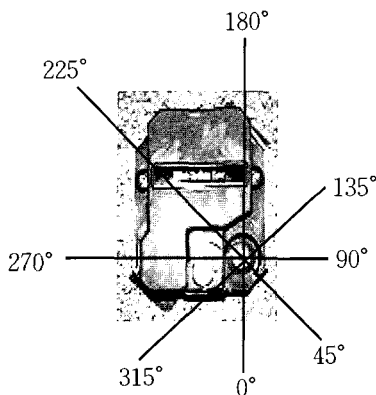


Fig. 1. Generator 주위의 감마선량 분포 측정각도

- ③ Vial 내로 최대용출후 측정된 총 외부 감마선량으로부터 vial을 제거한 후 generator 용기 외부에서의 감마선량을 뺀 나머지 감마선량을 vial 의 ^{99m}TcO₄

감마선량으로 산출하였다.

2) Apron투과율 측정

Generator의 용출 vial로부터 100 cm의 거리에서 방사선사가 주로 작업하는 공간인 270°, 315°, 0°, 45° 그리고 90°방향에서 측정후 generator에서 50 cm 거리에 apron으로 차폐하 apron 뒤에서 계측기를 놓고 감마선을 측정하였다(Fig. 2).

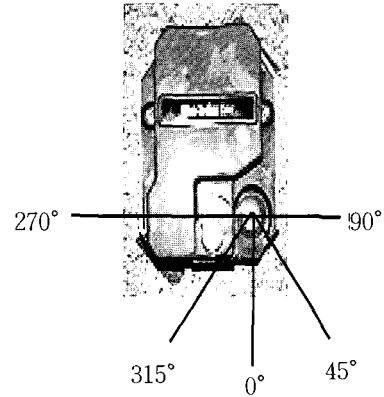


Fig. 2. 용출 vial이 있는 경우 작업방향에서의 선량 측정 각도

Apron 투과율(%)은 최대로 용출된 vial이 있는 상태에서 generator에서 측정된 감마선량을 A_g 그리고 apron으로 차폐후에 측정된 감마선량을 A_p 라고 하면

$$\text{Apron 투과율}(\%) = \frac{A_p}{A_g} \times 100$$

로 산출하였다.

III. 결 과

⁹⁹Mo Generator에서 용출을 시작한 후 23시간이 경과한 시간에 최대로 용출된 vial이 있는 상태에서 generator 주변(100 cm거리)에서 선량분포를 측정된 결과 Table 1에서와 같이 최대 용출량에 대하여 1 Ci당 선량률(mR/hr/Ci)로 표시하였다.

즉, Generator의 용출vial을 중심으로 ⁹⁹Mo generator에

Table 1. ⁹⁹Mo generator에서 최대 ^{99m}TcO₄ 용출vial이 있는 상태에서의 감마선 분포

측정 각도	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
mR/hr/Ci	4.43±2.28	4.38±2.71	5.46±2.82	6.01±2.44	5.77±1.37	5.45±1.42	6.07±1.89	4.65±2.25

서 나오는 감마선과 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ vial에서 방출되는 감마선이 동시에 측정된 것으로 0° 에서는 4.43 mR/hr, 45° 에서는 4.38 mR/hr/Ci, 90° 방향에서는 5.46 mR/hr/Ci, 180° 에서는 5.77 mR/hr/Ci이었으며 그리고 270° 방향에서는 6.07 mR/hr/Ci로 가장 많이 측정되었고 315° 방향에서는 4.65 mR/hr/Ci로 낮게 측정되었다 이와 같이 측정각도에 따른 선량분포는 Fig. 3과 같다.

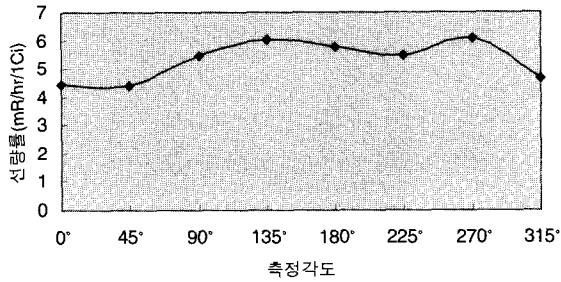


Fig. 3. 최대용출 vial이 있는 경우 generator 주위에서의 감마선분포

용출을 마친 vial을 제거한 후 generator외부의 각 측정각도에서 측정된 감마선의 분포를 각도별로 측정된 결과 Table 2와 같다.

용출 vial을 제거하여 순수 generator로부터 밖으로 방출되는 방사선의 분포는 0° 와 45° 에서 각각 2.26 mR/hr/Ci과 2.45 mR/hr/Ci로 가장 낮았으며 90° 에서는 3.07 mR/hr/Ci, 180° 는 4.61 mR/hr/Ci, 225° 는 4.92 mR/hr/Ci로 증

Table 2. 최대 용출 vial을 제거한 후 generator 주위에서의 선량분포

측정각도	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
mR/hr/Ci	2.26 ± 0.74	2.45 ± 0.87	3.07 ± 1.05	3.60 ± 0.92	4.61 ± 0.81	4.92 ± 1.35	4.70 ± 1.48	3.03 ± 1.10

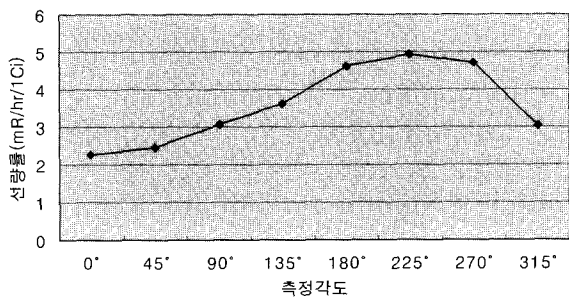


Fig. 4. 용출 vial을 제거한후의 generator 주위의 감마선량 분포

가되었으며 270° 에서는 4.70 mR/hr/Ci 그리고 315° 는 3.03 mR/hr/Ci로 다시 감소되어 generator의 ^{99}Mo column이 있는 부분에서 방사선 측정량이 증가되고 있었다(Fig. 4).

최대용출 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ vial이 있는 상태의 generator에서 측정된 총 방사선량으로부터 vial을 제거한후 측정된 순수 Generator에서 방사선량을 빼주면 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ vial자체의 감마선량의 분포를 알수 있다. Table 3은 각도별 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 의 감마선량 분포이다.

Table 3. 순수 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ vial의 감마선량 분포

측정각도	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
mR/hr/Ci	2.17	1.93	2.39	2.41	1.15	0.53	1.37	1.62

순수 용출 vial에서의 감마선 분포는 0° 에서 2.17 mR/hr/Ci, 45° 에서는 1.93 mR/hr/Ci, 90° 에서는 2.39 mR/hr/Ci, 그리고 135° 에서는 2.41 mR/hr/Ci로 180° , 225° , 270° 와 315° 에서의 선량 1.15, 0.53, 1.37과 1.62 mR/hr/Ci 보다 방사능이 많이 측정되고 있어 ^{99}Mo column의 방향에서는 vial의 방사선이 적게 측정되고 있다. 이것은 generator에서의 방사선의 분포가 vial의 유무에 따라 다르게되는 나타나고 있는 것임을 알 수 있다. ^{99}Mo generator로부터 방출은 감마선량을 제거했기 때문에 순수 vial에서 방출되는 감마선이 column의 남에 의한 흡수로 vial 뒷부분에서 적게 검출되었다(Fig. 5).

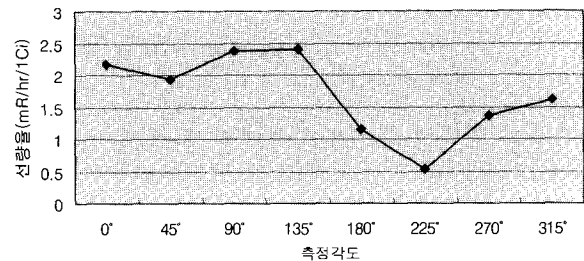


Fig. 5. $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 용출 vial에서의 각도별 선량 분포

^{99}Mo Generator에서 가장 많은 방사선이 방출되는 경우는 용출시작후 23시간이 경과하여 vial내 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 가 최대로 용출되었을 경우이다. 이때 핵의학과 방사선사는 vial을 꺼내어 환자에게 나누어 필요에 따라 사용하게 된다. 보통 방사선사가 착용하고 있는 Pb-apron의 차폐정도를 알기 위하여 용출 vial을 꺼내기 위해 방사선사가 접근하는 방향 즉 좌측의 270° 부터 우측의 90° 까지 270° , 315° , 0° , 45° 그리고 90° 방향에서 각각 감마선량을 측정하고 apron 1장을 용출 vial을 중심으로 50 cm 거리에 놓고 apron 뒷면에서 vial로부터 100 cm의 거리에서 측정

Table 4. ^{99m}Mo Generator에 방사선사의 주 접근 각도에 서의 방사선량과 Apron 투과율

측정각도	270°	315°	0°	45°	90°
최대용출시 mR/hr/1Ci (평균)	3.950	4.400	4.700	6.600	4.680
Apron mR/hr/1 Ci	1.580	1.530	1.680	2.630	1.950
Apron투과율 (%)	40.000	34.772	35.745	39.848	41.667
평균투과율 ($\bar{x} \pm SD$)	38.406 \pm 3.023				

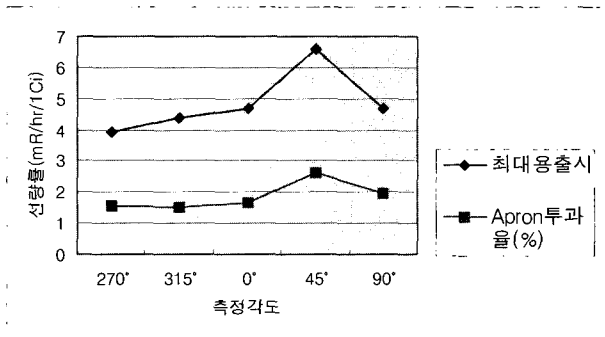


Fig. 6. Apron 차폐시의 선량 분포와 투과율

하여 apron투과율을 산출하였다(Table 4). 이때 vial 내에는 ^{99m}TcO₄가 최대로 용출되어 있는 상태이다.

Apron투과율은 generator를 보고있는 방사선사를 기준으로 좌측인 270°에서 40.00%, 315°에서는 34.772% 그리고 정면인 0°에서는 35.745%이었고 또 우측인 45°는 39.848% 90°에서는 41.667%로 나타나 평균 apron 투과율이 38.406%로 약 60% 이상을 차폐하고 있는 것으로 나타났다. Fig. 6은 apron 차폐후의 선량분포와 투과율을 나타낸다.

IV. 고 찰

방사성 의약품을 병원에서 직접 생체제조하여 사용하는 것 중 ^{99m}TcO₄가 제일 많이 이용되고 있다 이에 따라 ^{99m}Mo-^{99m}Tc generator는 핵의학과가 있는 모든 병원에서 사용하고 있는 실정이다. 이 generator는 일명 Caw-milking system이라고 불려지기도 하며 ^{99m}Mo을 모핵종 그리고 ^{99m}TcO₄를 낭핵종 또는 자핵종으로 부르기도 한다. 모핵종 ^{99m}Mo의 반감기는 67시간이며 낭핵종 ^{99m}TcO₄의 반감기는 6시간으로 0.9% 생리식염수를 이용하여 용출 시작후 23시간(22.6시간)이 경과하면 최대로 용출된다. 모핵종 ^{99m}Mo은 이온 교환 수지인 alumina column 내에 있으며 41 keV, 141 keV, 181 keV 그리고 366 keV의 감마선을 방출한다 또 낭핵종 ^{99m}TcO₄는 141 keV의 감마선만

방출한다.²⁾ 반감기도 6시간으로 환자에게 피폭선량을 저감시킬 수 있으며 비교적 빠른 시간내에 검사를 마칠 수 있어 많은 장기의 검사에 이용되고 있다. 또 현재 많이 사용되고 있는 SPECT 장치에 감마선 검출효율도 향상되어 우수한 영상의 질로서 환자의 진단 정보를 제공할 수 있다^{3,4)}.

본 실험에서 측정된 종류의 generator는 pb두께약 5cm 정도가 column 주위를 감싸고 있어 방사선을 차폐하고 있지만 미량의 감마선은 generator 용기의 밖으로 누출되고 있었다. 핵의학과의 방사선사는 거의 매일 generator를 접하고 있으며 용출한 ^{99m}TcO₄를 이용하여 검사에 맞는 표지화합물로 표지한후 환자에게 사용하고 있다^{5,6,7)}. 검사 방법의 다양함과 장비와 그 기술의 발전으로 사용량이 증가하고있는 현실로서 미량의 선량이지만 generator용기 주위의 감마선량의 분포를 알고 취급함으로써 피폭을 최소로 할 필요성이 있다.

본 측정에서 ^{99m}TcO₄의 용출이 최대로 된 경우 generator에서 측정된 총 감마선량의 분포는 주로 방사선사가 generator에 접근하는 방향인 0°와 45°방향에서 4.43 mR/hr/Ci와 4.38 mR/hr/Ci 그리고 315° 방향에서 4.65 mR/hr/Ci로 낮은 분포로 측정되었으나 90° 방향에서는 5.46 mR/hr/Ci, 135° 방향에서는 6.01 mR/hr/Ci, 180°에서는 5.77 mR/hr/Ci, 225°에서는 5.45 mR/hr/Ci 그리고 270°에서는 6.07 mR/hr/Ci로 측정되어 generator내의 ^{99m}Mo column이 있는 뒷부분에서 많이 측정되었다. 이것은 6cm 두께의 pb로 차폐되어있는 ^{99m}Mo column으로부터 방출되는 감마선이 주로 측정된 것이며 vial이 있는 방향에서는 vial을 cover하고있는 납(Pb)container에 의하여 흡수되어 적은량이 측정된 것으로 간주된다 이것은 용출된 vial을 제거한 후 generator 자체에 대한 선량 분포와 비교할 때 ^{99m}Mo column이 있는 180°, 225° 그리고 270° 방향에서 많은 선량이 측정되는 것과 일치한다.

또 순수 Vial에서 측정된 선량 분포에서는 ^{99m}Mo column이 있는 180°와 225°의 방향에서 보다 315°, 0°, 45°, 90° 그리고 135° 방향에서 더 많이 측정되고 있다 이것은 총 측정된 감마선량에서 ^{99m}Mo column의 감마선량을 제거한 값이기 때문에 순수 vial에서의 감마선 분포라고 할 수 있다. 또 순수 vial에서 방출되는 감마선이 column 자체차폐벽(pb)에 흡수되기 때문에 generator 뒤쪽에서 적게 측정된 것으로 판단된다.

Apron은 보통 진단방사선과에서 이용되는 것으로 보건사회부 고시 88-74호에 의거 0.25 mmpb 이상으로 0.5 mmpb를 사용하여 측정된 결과 방사선사가 generator 작업을 위한 접근방향에서의 평균 apron 투과율은 38.406%로 약 60% 이상의 감마선이 apron에서 차폐되고 있음을 알 수 있었다.

V. 결 론

병원 핵의학과에서 주로 사용되고 있는 ^{99m}Mo generator 주위에서의 감마선량 분포를 측정하고 보통 방사선 차폐

의 목적으로 이용되고 있는 apron을 이용하여 generator로부터 방출되는 감마선 투과율을 실험을 통하여 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ^{99m}Mo generator에서 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 의 용출량이 최대일 때 총 감마선의 분포는 용출 vial 방향인 0° , 45° 와 315° 방향에서 가장 적었으며 generator 용기에서 ^{99m}Mo column이 있는 135° , 180° , 225° 와 270° 에서 높게 측정되었다.
2. 용출된 vial을 제거한 후 순수 ^{99m}Mo generator 주위에서는 ^{99m}Mo column이 위치하고 있는 방향 즉 135° , 180° , 225° 와 270° 에서 증가되었다.
3. $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 이 최대로 용출된 경우 apron은 generator와 용출 vial에서 방출되는 총 감마선의 38.406%를 투과시키고 있어 60% 이상은 차폐하고 있었다.

위와 같은 결론으로 용출 vial에서보다 generator ^{99m}Mo column에서 방출되는 감마선이 훨씬 많아 주의가 요구된다 방사선 종사자로서 보통 하루에 한번씩은 사용해야하는 ^{99m}Mo generator로부터 미세하지만 외부로 방출되는 방사선으로부터 피폭을 방지하기 위하여 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 를 용출할

때 vial Pb-container를 반드시 사용해야함은 물론, generator를 폐기전까지 별도로 보관 관리와 사용이 수월한 Pb-box를 제작하여 이용해야 할 것이며 반드시 apron을 착용하고 방사성의 약품을 취급할 것을 제안한다.

참 고 문 헌

1. 박성욱 외 : 핵의학 영상기술학, 보문서원, pp. 39-45, 1998.
2. 대한 방사선 기술학회 : 핵의학 기술학, 신광출판사, pp. 23-27, 1997.
3. 고창순 : 핵의학, 고려의학, pp. 44-47, 1997.
4. 이준일 : 핵의학 기술학, 대학서림, pp. 292-294, 1993.
5. Fred A. Mettler 외 : Essential of Nuclear medicine imaging, W. B Saunders, pp. 5-6, 1998.
6. Donald R. Bernier 외 : Nuclear Medicine, Mosby pp. 164-172, 1997.
7. Paul J. Early 외 : Principles and practice of Nuclear medicine, Mosby, pp. 96-97, 1995.