

Original Article

자동화장비 계측효율 관리적 측정방법 제안

가톨릭대학교 여의도성모병원 핵의학과
박준모 · 김한철 · 최승원

A Suggestion for Counting Efficiency Management of the Automation Instrument

Jun Mo Park, Han Chul Kim, Seung Won Choi

Department of nuclear medicine, Yeouido ST.Mary's hospital Catholic University, Seoul, Korea

Purpose Quality control of instrument takes up a large part in the Radioimmunoassays. The gamma-ray instrument, which is one of the important instruments in the laboratory, observes the condition and performance of instrument and performs quality control of the instrument by measuring the Normalization, Calibration, Background and etc. However, there are some automation instruments which can't measure the counting efficiency of gamma-ray meters, resulting in insufficient management in terms of performance evaluation of gamma-ray meters. Therefore, the purpose of this paper is to manage the quality control continuously and regularly by suggesting how to measure the counting efficiency of gamma-ray instruments.

Materials and Methods In case of a comparative measurement method to a gamma-ray instrument dedicated to nuclear medical examination, the CPM and counting efficiency can be obtained after the measurement of normalization by inserting the I-125 200 μ L(CPM 50,000~500,000) into the test tube. With this CPM and counting efficiency values, it's possible to calculate the measurement of the DPM value and count the CPM from the automation instrument from the same source, and enter the DPM to calculate the counting efficiency using a comparative measurement method. Another method is to calculate the counting efficiency by estimating the half life using the radiation source information of the tracer in B test reagents of company A.

Results According to the calculation formula using the DPM obtained by counting the normalization of gamma-ray meters, the detection efficiency was 75.16% for Detector 1, 76.88% for Detector 2, 77.13% for Detector 3, 75.36% for Detector 4 and 73.2% for Detector 5 respectively. Using another calculation formula estimated from the shelf life, the data of the detection efficiency from Detector 1 to Detector 5 were 74.9%, 75.1%, 76.5%, 74.9% and 73.2% respectively.

Conclusion Although the accuracy of counting efficiencies of both methods are insufficient, this is considered to be useful for ongoing management of quality control if counting efficiency is managed after setting the acceptable ranges. For example, if the measurement efficiency is set to 70% or higher, the allowed %difference between measurements is within 3% and the %difference with the detector wall is set within 5%

Key Words Counting efficiency, Gamma-ray meter

서 론

핵의학과 실험실에는 실험에 필수적인 여러 장비가 사용되어진다. 교반기, 항온수조, 세척기, 냉장·냉장고, 감마선계측기 등이 있고, ISO 15189나 여러 인증 조사·심사에서는 지속적으로 장비 사용의 적합성을 요구하는 장비성능 등의 정도관리를 요구한다. 이는 검사결과에 영향을 미칠 수 있으므로 장비의 안정성, 정확성, 정밀성 등을 관리 유지하는 것에 목적이 있을 것이다. 이

• Received: October 01, 2018 Accepted: October 11, 2018
• Corresponding author: Jun Mo Park
• Department of nuclear medicine, Yeouido ST.Mary's hospital Catholic University,
#62 Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-713, Korea
Tel: +82-2-3779-1009, Fax: +82-2-784-6869
E-mail: riapark2000@hanmail.net

중 전용감마선계측기 정도관리의 방법으로는 Normalization, Calibration, Background, Resolution, Efficiency(계측효율) 측정 등이 있고 일부 전자동화장비의 정도관리는 Carry-over Test, 피펫팅 정확도 측정, 정밀도 측정, High-voltage 측정 등으로 정도관리를 실행하지만, 측정값에 영향을 줄 수 있는 감마선계측기부분의 계측효율은 측정을 하는데 어려움이 있다. Calibrator [I-125] Set를 구매하여 계측효율을 측정할 수는 있지만, 이는 비용 적 부분과 년 간 수행 횟수에 제한적인 면이 있다. 이에 전자동화장비의 일부분인 감마선계측기 계측효율 측정방법을 제시함으로써 좀 더 안정적·효율적이고 상시적인 장비정도관리를 실행하는데 목적이 있다.

실험재료 및 방법

1. 사용 장비

전용감마선계측기는 Wallac 1470(PerkinElmer,Finland)이 전자동화장비는 RIA-mat280 (Stratec biomedical systems AG,Gewerbestr,Gammany)2대가 사용되었다.

2. 비교 측정법

① 전용감마선계측기 정도관리 방법 중의 하나인 Normalization 은 검사실에서 사용되는 시약 내의 I-125 200μL(cpm; 50,000~500,000) 선원으로 Normalization 측정을 하면은 계측효율이 나오고, 이것을 이용하여 분당계측값(Counts per minute, CPM) x 100/계측효율 식에 대입하면 산출 식으로 분당 붕괴값(Disintegrations per minute, DPM)을 구한다.

② 같은 선원으로 전자동화장비로 CPM을 측정하고 전용감마선계측기에서 계산되어진 DPM을 입력하여 계측효율을 측정한다.

Ex) CPM이 98178 에서 계측효율 83.17% 이면 DPM은 118045. RIA-MAT280에서 CPM이 92549 나오면 계측효율은 78.4% 이다.

3. 계산 측정법

① A사 B검사 시약 내 I-125 tracer의 선원값 정보를 이용하여 반감기 일자를 추정 한 후 tracer I-125 100μL를 취한다. 이 때 I-125 tracer는 표준선원은 아니다.

② 전자동화장비1,2 Detector별 cpm을 측정한다.

③ 엑셀 계산식에 의해 계측효율을 구한다.

(단, Tracer 유효기간과 방사성동위원소반감기는 같지는 않다.)

4. Calibrator [I-125] Set(Institute of Isotopes Ltd,Budapest,Hungary)비교

① 비교 측정법, 계산 측정법, Calibrator [I-125] Set를 통하여 각 장비의 계측효율을 비교한다.

5. 전용감마선계측기의 원리

일반적으로 사용되는 I-125는 15~75 keV의 고유의 에너지 영역대를 가지고 있다. 전용감마선계측기의 계측효율은 두 개의 영역, 15~44keV(Photopeak;P),와 15~75keV(Total spectrum;T)의 영역을 비율 계산식인 HorrocksEfficiency 측정되어진다 (Fig. 1). 이는 "P/T" ratio 방정식으로 이 형식은 단일 변수의 값만 필요하기 때문에 편리하다고 알려져 있다.

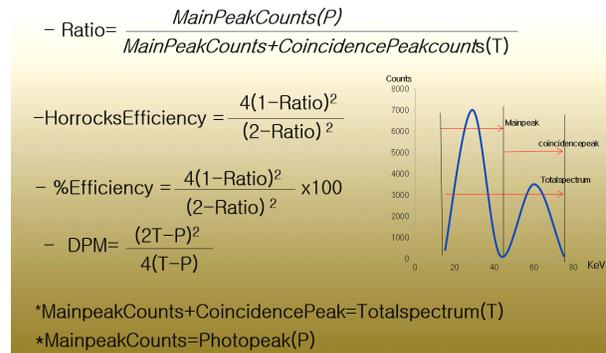


Fig. 1. Measurement principle of HorrocksEfficiency.

결 과

1. 비교 측정법

전용 감마선계측기의 Normalization을 측정하여 구하여진 CPM은 평균 142912 이고 계측효율은 평균 83.16 이다. 이때 산출식에 의하여 구하여진 DPM은 171852 이다. 같은 선원으로 전자동화장비1 에서 cpm measurement 기능으로 1분간 측정을 한 후 계측되어진 CPM은 Detector 1번부터 Detector5번 까지는 129161~131482 이고, 전용감마선계측기에서 계산되어진 DPM을 이용하여 산출식에 의해 구하면 Detector1의 계측효율은 75.16%, Detector2는 76.88%, Detector3은 77.13%, Detector4는 75.36%, Detector5는 76.51%로 구할 수 있다. 다른 전자동화장비2도 같은 방법으로 측정을 하면은 계측효율

Detector1의 계측효율은 78.18%, Detector2는 77.60%, Detector3은 76.84%, Detector4는 77.09%, Detector5는 77.74%를 구하였다(Table 1).

또한, 같은 방법으로 약 1주일 뒤에 다시 측정한 전자동화장비의 계측효율은 Detector별로 0.1~1% 대의 차이를 보여 큰 변화를 보이지는 않았다(Table 2).

Table 1. Counting efficiency comparison of measurement equipment (comparative measurement)

전용감마선계측기			전자동화장비 1			
	CPM	계측효율(%)		DPM	CPM	계측효율(%)
Detector1	142807	83.2	Detector1	171852	129161	75.16
Detector2	143228	83.3	Detector2	171852	132128	76.88
Detector3	142773	83.0	Detector3	171852	132556	77.13
Detector4	143041	83.2	Detector4	171852	129500	75.36
Detector5	142167	82.8	Detector5	171852	131482	76.51
Detector6	142888	83.3	전자동화장비 2			
Detector7	142491	83.2				
Detector8	143298	83.2		DPM	CPM	계측효율(%)
Detector9	143628	83.2	Detector1	171852	134347	78.18
Detector10	142798	83.2	Detector2	171852	133352	77.60
Av.	142911.9	83.16	Detector3	171852	132044	76.84
SD	415.5763		Detector4	171852	132473	77.09
CV%	0.290792		Detector5	171852	133598	77.74
DPM	171852					

Table 2. Comparison of counting efficiency of measurement equipment after one week (comparative measurement)

전용감마선계측기			전자동화장비 1			
	CPM	계측효율(%)		DPM	CPM	계측효율(%)
Detector1	130429	83.7	Detector1	155936	119148	76.41
Detector2	130919	84.1	Detector2	155936	119684	76.75
Detector3	130875	83.6	Detector3	155936	120396	77.21
Detector4	130230	83.6	Detector4	155936	119256	76.48
Detector5	129927	83.3	Detector5	155936	118874	76.23
Detector6	129610	83.8	전자동화장비 2			
Detector7	131187	83.9				
Detector8	130825	83.8		DPM	CPM	계측효율(%)
Detector9	130628	83.6	Detector1	155936	120657	77.38
Detector10	130716	83.7	Detector2	155936	119261	76.48
Av.	130535	83.71	Detector3	155936	117927	75.63
SD	487.991		Detector4	155936	119023	76.33
CV%	0.37384		Detector5	155936	120328	77.16
DPM	155937					

Table 4. Comparison of counting efficiency of measurement equipment using Calibrator [I-125] Set

감마선전용계측기		
	CPM	계측효율(%)
Detector1	120462	80.5
Detector2	119572	79.9
Detector3	118964	79.5
Detector4	119570	79.9
Detector5	119391	79.8
Detector6	119547	79.9
Detector7	119693	80.0
Detector8	120450	80.5
Detector9	119335	79.7
Detector10	120150	80.3
Av.	119713	80.0
SD	491.143	
CV%	0.41027	
DPM	149642	

전자동화장비 1			
	DPM	CPM	계측효율(%)
Detector1	149641	103817	69.6
Detector2	149641	102839	69.0
Detector3	149641	100242	67.2
Detector4	149641	102334	68.3
Detector5	149641	101531	67.8

전자동화장비 2			
	DPM	CPM	계측효율(%)
Detector1	149641	105439	70.5
Detector2	149641	105711	70.6
Detector3	149641	106300	71.0
Detector4	149641	105453	70.5
Detector5	149641	105847	70.7

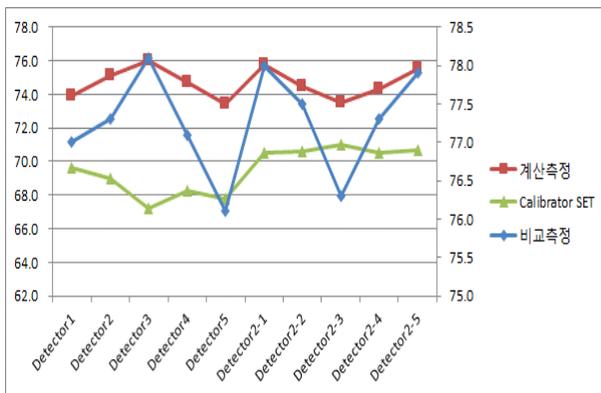


Fig. 3. The comparison graph of counting efficiency for automation instrument using Comparative measurement, Calculation measurement, Calibrator [I-125] Set.

Table 5. Comparison of counting efficiency for automation instrument using Comparative measurement, Calculation measurement, Calibrator [I-125] Set

전자동화장비 1	비교측정 계측효율(%)	계산측정 계측효율(%)	Calibrator Set(%)
Detector1	77.0	73.9	69.6
Detector2	77.3	75.1	69.0
Detector3	78.1	76.0	67.2
Detector4	77.1	74.7	68.3
Detector5	76.1	73.4	67.8
전자동화장비 2			
Detector2-1	78.0	75.8	70.5
Detector2-2	77.5	74.5	70.6
Detector2-3	76.3	73.5	71.0
Detector2-4	77.3	74.3	70.5
Detector2-5	77.9	75.5	70.7

Table 6. Counting efficiency between the methods at a one week interval

	1주	2주	3주		1주	2주	3주	4주	
	계산측정	계산측정	계산측정	평균	비교측정	비교측정	비교측정	비교측정	평균
전자동화장비1									
Detector1	74.4	74.9	72.3	73.9	78.2	75.2	76.4	76.4	76.6
Detector2	77.2	75.1	73.0	75.1	77.9	75.5	76.7	76.7	76.7
Detector3	78.3	76.5	73.3	76.0	79.0	76.9	77.2	77.2	77.6
Detector4	77.2	74.9	72.2	74.7	77.9	75.2	76.4	76.4	76.5
Detector5	76.4	73.2	70.7	73.4	77.1	75.1	76.2	76.2	76.1
전자동화장비2									
Detector2-1	76.9	76.3	74.3	75.8	77.6	78.5	77.3	77.3	77.7
Detector2-2	76.8	73.4	73.2	74.5	77.5	77.5	76.4	76.4	77.0
Detector2-3	75.1	72.6	72.8	73.5	75.8	76.6	75.6	75.6	75.9
Detector2-4	77.1	73.0	72.8	74.3	77.8	77.1	76.3	76.3	76.9
Detector2-5	77.4	75.1	73.9	75.5	78.1	77.8	77.1	77.1	77.5

전자동화장비에서 계측효율측정을 일주일 간격으로 3~4회 장비정도관리의 개념으로 실행한 비교측정방법 시에도 같은 Detector가 1회 차 78.2%, 2회 차 75.2%, 3회 차 76.4%, 4회 차 76.4%의 계측효율의 차이를 보였고 Detector별 1~3% 계측효율의 차이를 보였다. 계산측정방법은 같은 Detector가 1회 차 74.4%, 2회 차 74.9%, 3회 차 72.3% 계측효율의 차이를 보였고 Detector별 2~5% 계측효율의 차이를 보였다(Table 6).

고찰 및 결론

핵의학과 실험실에서 사용되는 감마카운터기의 계측효율은 일반적으로 70% 이상 유지할 것을 권고한다. 전용감마선계측기의 Normalization 측정 시 보이는 계측효율은 82.8~83.3%로 안정되게 일정한데 이는 비율계산식인 HorrocksEfficiency를 사용하기 때문이다. 이것을 기준으로 한 전자동화장비의 비교측정법으로 주간 별 수행한 측정은 Detector1번의 경우 1주 차 77.9%, 2주 차 75.5%, 3주 차 76.7%, 4주 차 76.7%로 일정한 값의 계측효율을 보여주지는 못했지만, 어느 정도 자체 허용을 설정하고 관리하는 수준에서는 안정적인 계측효율의 값을 제시 하였다고 보여지며, 정확성은 좋지 않더라도 연속적 정도관리 차원에서는 의미가 있다고 볼 수 있다. 계산측정법에서 사용한 시약 내 tracer인 방사능 선원 값은 최댓값으로 표시되어져 있고 시약 제조사마다 물리적반감기(Physical Half Life)가 아닌 화학

적 안정성을 고려한 반감기를 사용하여(계산측정법)이 정확성이 일치하지는 않았지만, 이러한 문제를 배제한 후 여러 시약 중에서 I-125의 반감기와 일치 되는 시약내의 tracer를 선택하여 측정 실험을 하였고, 수행을 다르게 한 측정에서 같은 Detector가 주간 변동에서도 평균 2~5%차이를 보이며 계측효율로 다소 일정하지 않은 계측효율을 보였다. 실험 중간에 사용하였던 A사 B 검사 내 I-125 tracer는 생산일자와 물리적반감기와 일치하지 않음을 확인하여 정확한 DPM값을 얻지 못해 더 이상 실험의 정확성을 부여하지 못해 진행하지 못하였다. 다만, 본 연구의 방법론적인 방식의 접근으로 의미를 부여를 하고자 한다.

Calibrator [I-125] Set를 구입하여 실행한 전자동화장비1,2의 계측효율 평균은 비교측정법 77.3%, 계산측정법은 74.7%, Calibrator [I-125] Set은 평균 69.7%로 나타내어 졌다. 이 두 방법은 Calibrator [I-125] Set보다 높은 계측효율을 보이며 정확한 계측효율을 산출하지는 못하였고 두 방법 간에도 다소 차이를 보였다. 정확한 DPM값을 알고 있는 Calibrator [I-125] Set로 측정 한 계측장비의 계측효율이 정확하다고 판단되어지지만 이것을 년간 여러 번 구입하여 계측효율을 정도관리의 면에서 측정하기에는 비용적인 면을 고려하지 않을 수는 없다.

비교측정법과 계산측정법 계측효율의 정확성은 미흡하지만, 관리적 차원으로 비교측정법은 허용범위 설정 후 계측효율을 관리한다면 예를 들어, 계측효율은 70%이상, 측정 간 계측효율 허용 %difference는 3% 이내, Detector wall간의 %difference는

5%이내 등으로 설정을 한다면 이는 지속적으로 계측효율 정도 관리의 차원적 접근방식에 유용성이 있다고 사료된다. 연간 1회 대한핵의학회와 대한핵의학기술학회에서 실시하는 감마선계측기 소급성 확보와 질 관리를 위한 서베이를 통해 실험실 내 감마선계측기의 정확한 계측효율을 알고, 여기에 정기적으로 자체 내에서 본 연구가 제시한 방법이나, 아니면 새로운 다른 방법 등을 연구하여 감마선계측기의 계측효율을 측정한다면 검사실의 질 관리 차원에서 조금 더 발전될 수 있을 거라 사료되며 본 연구는 계측효율의 필요성과 방법이나 방향성을 제시함에 목적이 있다는 것임을 다시 한 번 확인하는 바이다.

REFERENCES

1. 김지나, 안재석, 원우재. 장비정도관리에 Calibrator[I-125] Set 적용. *대한핵의학기술학회지*. 2015;19(2):109
2. Cobra II Series Auto-Gamma counting Systems Reference Manual: R592-R593