

距離逆自乘의 法則에 關한 檢討

仁川看護專門大學 放射線科

姜 弘 錫

高麗大學校保健專門大學 放射線科

金昌均 · 許 俊

Abstract

An Experimental Study of the Inverse Square Law

Hong Seok Kang

*Dept. of Radiotechnology, Incheon Junior Nursing College and
Allied Health Sciences*

Chang Kyun Kim, Joon Huh

*Dept. of Radiotechnology, Junior College of Public Health and
Medical Technology, Korea University, Seoul, Korea*

Generally the inverse square law (ISL) is applied by use of intensity scale method, that is distance scale method, when we practice sensitometry of X-ray film. It was reported that the failure of the ISL had occurred in the many experiments.

Thus authors obtained some conclusions of the exponent value of distance by use of dosimeter and fluorescence meter in the range of tube voltage 60 - 120 kvp, that is the range of diagnostic energy.

Those conclusions were as follows its exponents were produced as 2.1383 - 2.1763 in dosimeter, as 2.1190 - 2.2152 in fluorescence meter.

This revealed that the perfect ISL was failed and that numerical differences were shown in each measurement apparatus.

Therefore it is need to study the exponent at each tube voltage for the precise supply of fixed quantity on the characteristic curve's horizontal axis.

I. 서 론

X선사진의 특성곡선을 X선 장치를 사용하여 측정할 경우에 time scale 법과 intensity scale 법, 즉 거리법이 있으나 출력의 변동을 피하기 위해서 거리역자승의 법칙을 적용하여 측정하고 있다. 거리역자승의 법칙에 대한 보고에서는 ^{137}Cs 과 같은 RI에서는 성립이 되나 진단영역에서는 거리역자승법칙의 불계를 나타내고 있으며 특히 증감지에서 발생하는 형광량은 그 변수가 심하다.^{1,2,3)}

이에 저자는 거리지수의 상관관계를 선량계와 형광량계를 사용하여 진단영역에서 많이 이용되는 관전압 60~120 kVp에서 X선관 앞에 형광량계를 보정선량계로 하고 각 거리에서의 측정치에 따라 선량의 변수를 구한 것과 그 반대 경우의 변수를 측정, 거리지수치를 검토하였다. 또한 최근에 많이 보급되기 시작한 녹색발광의 회로증감지에 대해서도 청색계증감지와 비교, 거리의 지수치를 측정하고 비교검토한 바 있어 보고한다.

II. 실험방법 및 기재

1. 형광량과 선량의 관계측정

이 실험에 사용된 선량계와 형광량계 측정치와의 상관관계를 알기 위해 그림 1-A에서와 같이 X선관에서 200cm 떨어진 지점에 두 측정계를 놓고 관전압을 60~120 kVp로 변경시켜가며 동시에 측정된 선량과 형광량을 회귀방정식 $y = b + ax$ (단, $x = mR$, $y = F(\text{fluorescence})$)로 나타내고, 또한 상관계수를 구하였다.

2. 거리지수의 측정

1) 선량계를 보정선량계로 사용하고 형광량계로 측

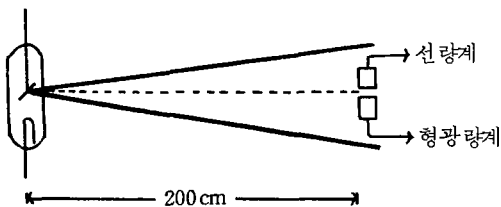


그림 1-A. 형광량과 선량의 관계측정 배치도

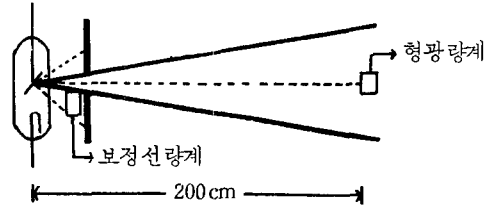


그림 1-B. 거리지수의 측정 배치도

정할 경우 그림 1-B와 같이 보정선량계의 위치에 선량계를 놓아 발생선량의 변동을 보정해가며 거리를 70.7~565.7cm로 변경시켜 관전압 60~120 kVp에서 형광량을 각각 측정하였다. 이때 형광량계 접촉부의 증감지는 Kyokko LT-II와 회로증감지인 Fuji G-8 두 종류를 사용하였다. 측정된 수치는 1형에서와 같이 거리와 X선 강도를 각각 대수치로 취하여 회귀방정식 $y = b - ax$ (단, $x = \log \text{distance}$, $y = \log \text{intensity}$)에서 거리의 지수를 산출하고 상관계수를 구하였다.

2) 형광량계를 보정선량계로 사용하고 선량계로 측정할 경우에도 위에서의 동일한 방법으로 보정선량계의 위치에 형광량계를 놓고 선량계를 이동시켜가며 선량을 측정하고 그 수치를 정리하였다. 이때 사용한 X선발생장치는 Toshiba DC 15KB, 500mA이고, 선량계로는 Rad-check:Victoreen, INC, Model 06-525, 형광량계는 Yokogawa Type 2141, ALCO electric Co, LTD Model F-II이다.

III. 실험결과

1. 형광량과 선량의 관계

회귀방정식 $y = b + ax$ 에서 a 는 표 1과 그림 2에서와 같이 관전압 60~120 kVp에서 31.37~37.88

표 1. 선량과 형광량의 관계

kVp	a	r
60	31.37	0.99989
80	33.95	1.00000
100	35.70	0.99991
120	37.88	0.99990

* 회귀방정식 $y = b + ax$ x : 선량, y : 형광량
상관계수 r

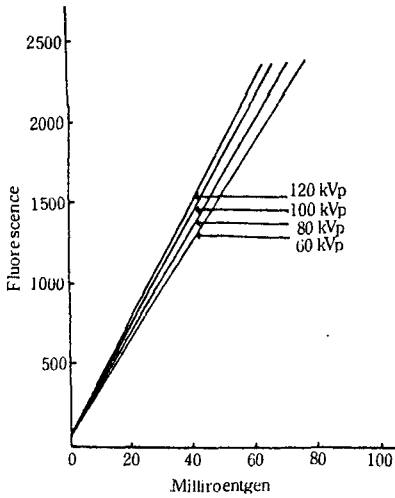


그림 2. 선량과 형광량의 관계

로서 관전압 상승에 따라 그 치가 증가되어 형광으로의 변환효율이 좋아지고 있다. 또한 상관계수는 모두 0.999 이상으로서 밀접한 관계를 나타낸다.

2. 거리지수

회귀방정식 $y = b - ax$ 에서 거리지수를 나타내고 있는 a 는 표 2와 그림 3에서의 같이 관전압 60~120 kVp에서 LT-II 증감지를 사용할 경우에 2.1190~2.1690, G8 증감지일 때 2.1500~2.1867로 나타나 G8 증감지에서 다소 높게 나타나고 있다.

선량계로 측정할 경우 a 치는 관전압 60~120 kVp에서 2.1763~2.1383으로서 관전압 상승에 따라 저하되는 경향이있다. 상관계수는 모두 0.999 이상으로 별 차이가 없으나 선량계로 측정할 경우에 약간 저하되고 있다.

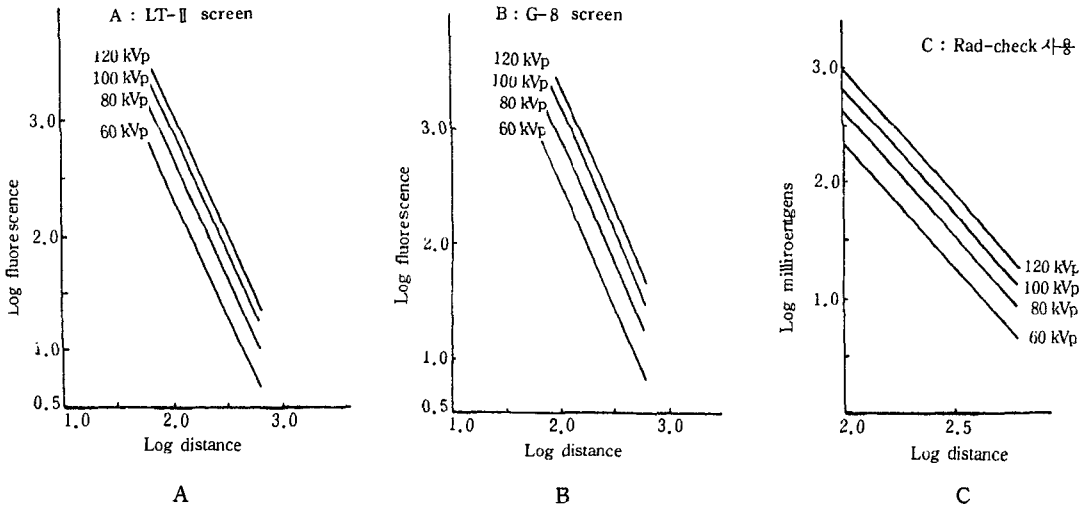


그림 3. 거리와 강도의 관계 (A : LT-II 증감지 사용, B : G-8 증감지 사용, C : Rad check 사용)

표 2. 거리와 강도의 관계

관전압 (kVp)	형 광 량 계				선 량 계	
	LT-II		G-8			
	a	γ	a	γ	a	γ
60	2.1286	0.99975	2.1803	0.99942	2.1763	0.99957
80	2.1500	0.99976	2.1500	0.99988	2.1640	0.99978
100	2.1190	0.99988	2.2152	0.99984	2.1482	0.99911
120	2.1690	0.99965	2.1867	0.99984	2.1383	0.99955

* 회귀방정식 $y = b - ax$ (x : 거리의 대수치, y : 강도의 대수치)

IV. 고 찰

선량과 형광량의 상관관계는 그림 2와 같이 높으며 각 관전압에서 그 상관계수는 0.999 이상을 나타내고 있으나 변환계수의 변동은 관전압이 높아짐에 따라 그 차이가 약간 있었다. 그러나 岡田²⁾는 저자와 동일한 관전압 60~120 kVp 범위에서의 변동은 작아서 저자와 반대되는 경향을 나타내고 있어 이점에 대해서는 추후 다시 검토하기로 하겠다.

방사선은 흡수물질의 작용이 없이도 선원이 측정점으로부터 유한의 거리에 있게 되므로 그 점에서의 방사선 강도의 감약은 거리의 자승에 반비례된다 하여 거리역자승의 법칙이라 하였으며 이는 널리 이용되어 왔다. 특히 특성곡선을 작성할 경우 횡축의 노광량의 정량은 문제가 되어 거리역자승법칙이 적용되고 있으나 거리지수가 정확히 2.0의 치를 나타내지 못한다는 보고가 있다.

新居¹⁾는 X선 진단영역인 60~140 kVp의 각 관전압에 대해서 초점에서 1m 거리의 X선량을 기준으로 하여 거리 5m까지의 X선량을 측정하여 거리역자승 법칙의 불계를 검토한 결과 공기에 의한 감약 때문에 거리의 역자승법칙은 성립되지 않았다고 하였으며, 佐藤⁴⁾는 진료용 X선에서 거리 1m를 기준으로 하는 거리역자승의 법칙의 오차가 방사선 강도로는 $\pm 8\%$, 선량으로는 $\pm 5\%$ 이하라 하였다. 이에 대해서 佐藤⁵⁾는 진료에 사용되는 X선, γ 선은 선원의 크기, 공기의 흡수에 의해서 거리에 의한 방사선강도의 감약이 역자승의 법칙에서 벗어나는 것을 이론적으로 수치제산한 바 있다.

洞田³⁾는 거리 6m까지는 직선에 일치되고 있으나 그 이상에서는 공기의 X선 흡수가 크게 작용되어 직선보다 작은 치로 나타난다고 하여 본 실험과 같은 경향을 보이고 있었다.

거리지수는 저관전압에서는 공기에 의한 X선흡수의 영향이 크므로 그 치가 크며 관전압이 높아지면 공기의 X선흡수가 작아지므로 그 치가 작아져서 차차 2.0에 가까워진다.

岡田²⁾는 관전압 60~120 kVp에서 거리지수가 약 2.10~2.03, 洞田³⁾는 2.08~2.20의 범위에 있었으며 이 실험에서는 2.17~2.13으로 거의 같은 경향을 나타내고 있었다.

형광량계를 사용할 시에는 岡田²⁾는 입력면의 증감치를 변경시킬 경우 별 영향이 없다고 하였으나, 본 실험에서는 형광체 자체가 다른 LT-II와 G-8을 입력면으로 사용한 관계로 회토류증감지인 G-8에서 약간 많은 치를 보이고 있었으며, 각 관전압에서는 선량계를 사용할 때와는 달리 관전압에 따르는 변동은 별로 없었다.

이상과 같이 검토해 볼 때, 거리지수에 관해서는 사용되는 관전압에 따라 측정할 필요가 있다. 한편 X선사진의 농도를 위주로 할 경우에는 형광량계의 입력형광면에 사용하는 증감지와 같은 증감지를 쓰고 측정하여 특성곡선의 횡축을 작성하지 않으면 intensity scale 법의 정도를 높일 수 없다고 사료된다.

V. 결 론

X선 진단영역인 관전압 60~120 kVp에서 거리역자승법칙을 검토한 실험결과, 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

거리지수는 측정기종류, 실험기재, 관전압에 따라 각각 다른 치를 나타내고 있으나 모두 0.999 이상의 높은 상관계수를 보이고 있다. 또한 거리지수의 치는 모든 경우 2.0 이상이 되어 거리역자승의 법칙이 완전히 성립되지 않는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 新居光廣·提直葉·上野山文男: 距離逆二乗則と線質の關係, 日本放射線技術學會第31回總會, 15, 1977.
2. 岡田弘治·小野芳文·奥村雅彦·水谷貴史·又野嘉枝子·村野喜彦: 距離の逆2乗則の検討, 日本放射線技術學會豫稿集, 116, 1984.
3. 洞田貫誠志: 距離の逆2乗則についての再検討, 日本放射線技術學會豫稿集, 115, 1984.
4. 佐藤考司·小野光一: 距離によるX線, γ 線の減弱解折—距離逆2乗則の適用範圍—, 日本放射線技術學會文獻集, 第2卷, 12, 1984.
5. 佐藤考司: X線 γ 線の距離逆2乗法則の適用について, 日本放射線技術學會第31回總會, 18, 1977.