

진단용 X-ray 영역에서 조영제의 흡수단에 관한 연구

金永模* 동신대학교 대학원 전기전자공학과
李昊燮 동신대학교 공과대학 전기전자공학과

The Study on the Absorption edge for Contrast Media in the Region of Diagnostic X-ray

Y.K. Kim* Dept. of Electrical and Electronic Eng. Dongshin Univ. Grad.
K.S. Lee Dept. of Electrical and Electronic Eng. Dong-shin Univ.

Abstract

The absorption coefficient of contrast media was measured region of diagnostic X-ray.

Relative values of absorption coefficient was found the largest peak in the range of 60~70kVp for sodium sulfate and 60kVp for iodine.

Increasing the thickness of contrast media and patient, the values of absorption coefficient was rising.

1. 서론

진단용 방사선 영역에서 혈관조영은 생체조직 보다 X-선 흡수가 높은 요오드 조영제를 혈관내 투입하여 X-선 흡수차를 만들어 영상을 얻은 것이다. 혈관 조영제에 있어서 혈관상의 피사체 contrast는 관전압의 변화, 혈관내의 조영제의 농도, 혈관의 크기, 또 피사체에서의 산란선에 영향을 받는다. 혈관내의 조영제의 농도 변화는 선택적으로 X-선 감약율의 변화로서 얻어질 수 있고 혈관조영에 있어서 사용될 X-선 에너지의 선택은 X-선 흡수에 영향을 미치므로 가장 중요한 요소이다^{1,2)}. 또한 X-선 조영검사 중에서 가장 많은 분포를 나타내고 있는 것은 황산바륨의 조영제를 이용한 소화기 계통의 검사로서 전체의 검사중 5.48%이다. 위 질환의 진단에 있어서 위 내시경의 관찰로서 세포 진단 또는 생검의 방법이 높은 적응율을 보여주고 있으나 X-선을 이용한 조영검사는 기본적으로 필요한 검사방법이라는 것은 상식화된 사실이다. 위의 X-선 조영검사는 X-선에너지 선택, 개인차, 진전치 상태, 조영제의 부어, 체위 및 조영조건에 의해서 X-선 사진을 통한 진단 정보량이 좌우된다^{4,5,6)}.

흡수를 목적으로 사용되는 조영제의 X-선 감약은 평균에너지가 K흡수단 에너지보다 조금 클 때 광전효과가 크게 발생하여 흡수차가 많이 나타난다. Ba의 흡수단(K-wadje)은 37.4keV이고, I는 33.17keV인데, 예를들어 요오드의 K흡수단 보다 약간 낮은 iodine의 질량흡수계수(mass absorption coefficient)는 6.6cm²/g으로 X-선 흡수가 낮지만 흡수단보다 약간 높은 경우 흡수계수가 36cm²/g으로 급격히 증가하면서 X-선 흡수도 급증하며 대조도가 높은 영상을 제공한다. 조영술에서는 조영제에 따른 관전압 상태에 화질에 결정적인 역할을 하게 된다⁷⁾.

본 연구에서는 X-선 감약에 영향을 미치는 관전압 변화에 따르는 요오드, 황산바륨의 농도, 피사체 두께에 관한 X-선 흡수계수(μ)에 대한 연구를 하였다.

2. 실험방법

요오드, 황산바륨의 감약계수를 구하기위해 T-제약 Iodine원액과 셀라인에 50% 희석시킨 조영제를 각각 0.25cc/cm², 0.5cc/cm², 0.75cc/cm², 1cc/cm²와 Ba.제액 120, 140(W/V%)을 각각 0.5cc/cm², 1cc/cm², 1.5cc/cm², 2cc/cm²를 흡수체로 사용하고 피사체의 두께를 변화시키기 위해 인체조직 동가물인 acrylic 두께가 10~25cm를 사용 하였으며, 관전압(kVp)은 50~110kVp를 조사하였다. 측정에 사용된 기기는 X-선 발생장치 (동아X선기기, 150kV, 500mA), 형광량계 (ALCO ELECTRIC CO, LTD MODEL F-11)로서 그 back diagram은 그림 1과 같다.

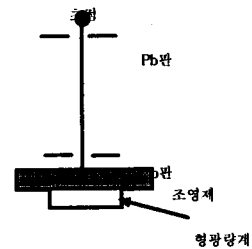


그림 1 실험 배치도

Fig. 1 A back diagram of experiment apparatus

3. 결과 및 고찰

관전압, 조영제의 두께, 농도와 피사체의 두께에 변화에 따라서 황산바륨, 요오드의 흡수단이 X-선상에 미치는 영향을 연구한 결과 그림 2~9로 나타났다. 황산바륨의 경우, K흡수단이 그림 10에서 37.4keV인데, 그림 2~5와 같이 진단방사선(kVp)에서는 60~70 kVp 영역에서 가장 높은 흡수계수(μ)의 상대치가 나타남을 알 수 있었다.

요오드는 K흡수단이 그림 10에서 33.7kVp로 나타났는데, 진단방사선(kVp)에서는 그림 6~9와 같이 60kVp에서 가장 높은 흡수계수(μ) 상대치를 보여주고 있다.

의료용방사선에 사용되는 X-선 관전압의 사용범위는 50~150kVp이며, 이 X-선은 여러 파장(polychromatic radiation) 으로서 평균에너지는 최대에너지의 1/3~1/2정도이다⁷⁾.

임상에 사용되는 조영제는 흡수를 목적으로 사용되어 주변 조직간의 대조도를 크게 하는 데 기여한다⁸⁾.

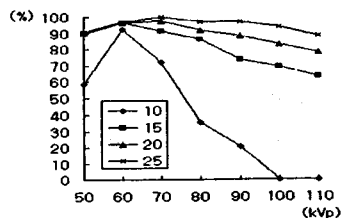


그림 2 Ba(120) 0.50cc/cm²의 흡수계수(μ) 상대치(%)

Fig. 2 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(120) 0.50cc/cm²

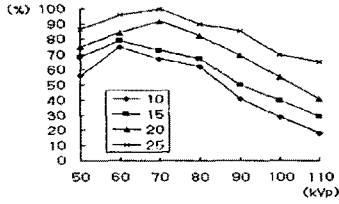


그림 3 Ba(120) 1.50cc/cm²의 흡수계수(μ) 상대치(%)
Fig. 3 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(120) 1.50cc/cm²

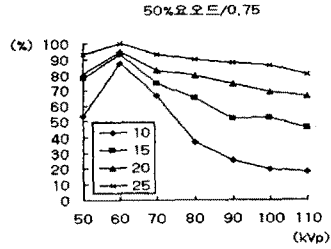


그림 7 I(50%) 0.75cc/cm²의 흡수계수(μ) 상대치(%)
Fig. 7 Relative values(%) of absorption coefficient for I(50%) 0.75cc/cm²

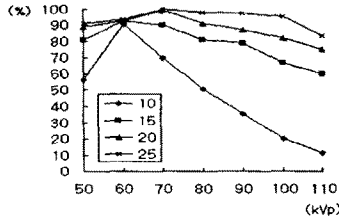


그림 4 Ba(140) 0.50cc/cm²의 흡수계수(μ) 상대치(%)
Fig. 4 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(140) 0.50cc/cm²

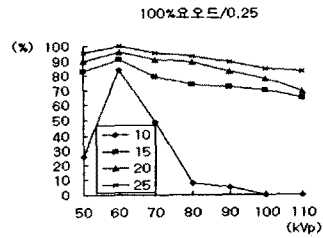


그림 8 I(100%) 0.25cc/cm²의 흡수계수(μ) 상대치(%)
Fig. 8 Relative values(%) of absorption coefficient for I(100%) 0.25cc/cm²

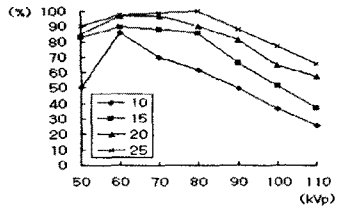


그림 5 Ba(140) 1.50cc/cm²의 흡수계수(μ) 상대치(%)
Fig. 5 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(140) 1.50cc/cm²

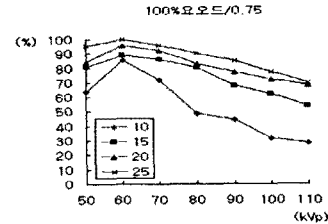


그림 9 I(100%) 0.75cc/cm²의 흡수계수(μ) 상대치(%)
Fig. 9 Relative values(%) of absorption coefficient for I(100%) 0.75cc/cm²

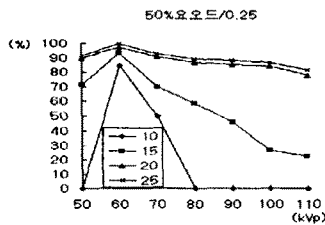


그림 6 I(50%) 0.25cc/cm²의 흡수계수(μ) 상대치(%)
Fig. 6 Relative values(%) of absorption coefficient for I(50%) 0.25cc/cm²

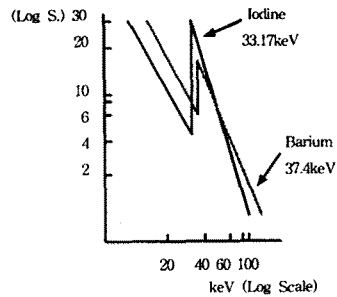


그림 10 조영제의 흡수계수
Fig. 10 The absorption coefficient of iodine and sodium sulfate

조영제는 X-선 조사 후 광전효과가 많이 발생할 때 흡수를 크게 하며^{7A5)}, 조영제가 효과적으로 입사 X-선의 흡수를 극대화해야 좋은 대조도의 영상을 제공할 수 있는데, 입사 X-선 에너지가 조영제의 흡수단(absorption edge) 과 근접 도는 약간 높아야 최고의 흡수계수(μ)를 얻을 수 있다.⁷⁾

예를 들면, 바륨의 경우도 K흡수단이 37.4keV로 바로 위 수준에서 흡수는 최대가 된다.^{10,11,12)}

연구 결과에서도 요오드는 60kVp에서 바륨은 60~70kVp에서 흡수계수(μ)의 상대값이 최대가 되는 것은 조영제 K흡수단과 X-선의 실효에너지의 상호관계에서 나타난 결과이다.

조영제의 농도, 두께와 피사체의 두께변화에서는 조영제의 농도보다는 조영제의 두께에 의해서 X-선 감약이 이루어지면 피사체가 두꺼워지면 조영제와 주변조직의 흡수계수(μ) 차이가 작아진다.^{13,14,15}

그림 2-9에서 피사체 두께가 두꺼워짐에 따라 X-선 감약상대치가 점점 상승하고, 감약계수 차이가 작아지며, 조영제의 두께(cc/cm)에 따라서 X-선 감약이 점차 증가함을 볼 수 있었는데 이는 조영제 두께와 피사체의 두께 변화에 따라 X-선 감약은 이루어지나 광전효과에는 직접적인 영향을 주지 않아 이론과 일치함을 알 수 있었다.

4. 결론

전단방사선 영역에서 조영제의 물리적 특성인 흡수계수(μ)를 측정할 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 황산바륨 제제는 60~70kVp범위에서 흡수계수(μ)의 상대값이 크게 나타났다.
2. 요오드 제제는 60kVp에서 흡수계수(μ)의 상대값이 크게 나타났다.
3. 황산바륨, 요오드 제제의 흡수계수(μ)값은 두께가 증가하면 증가한다.

참 고 문 헌

- [1] Oosterkamp FW, "Monochromatic x-rays for Medical Fluoroscopy and Radiography", Medicamundi, Vol. 7, pp. 68-77, 1961.
- [2] Atkins HL, Fairchild RG, Robertson JS, et al, "Effect of Absorption Edge Filters on Diagnostic X-ray Spectra", Radiology, Vol. 115, pp. 431-437, 1975.
- [3] Villigran JE, Hobbs BB, Taylor KW, "Reduction of Patient Exposure by use of Heavy Elements as Radiation Filters in Diagnostic Radiology", Radiology, Vol. 127, pp. 249-254, 1978.
- [4] T.M.H. Chakera, R.F. Fleay, P.W. Henson, et al., "Dose Reduction in Radiology Using Heavy Metal Foils", Brit. j. Radiol., Vol. 55, pp. 853-858, 1982.
- [5] A.E. Burgess, "Physical Measurements of Heavy Metal Filter Performance", Med. Phys., Vol. 12(2), pp. 225-228, 1985.
- [6] R. Birch, M. Marshall, G. M. Ardran, "The Hospital Physicists' Association Catalogue of Spectral Data for Diagnostic X-rays", Scientific Report Series 30, pp. 16-22, 1979.
- [7] 宇佐美 公男 他2人, "増感紙の X-線 spectra 依存性", 日本放射線技術學會雜誌, 第46卷 第1号, pp. 7-13, 1990.
- [8] 四宮 惠次, "増感紙의 X線 energy 有效利用에 關する研究", 日本技學誌, Vol. 43(9), pp. 1435-1450, 1987.
R. BIRCH, "Computation of Bremsstrahlung X-ray Spectra and Comparison with Spectra Measured with a Ge(Li) Detector", PHYS. MED. BIOL., Vol. 24(3), pp. 505-517, 1979.
- [9] Edward E. Christensen, Thomas S. Curry, James E. Dowdey, "An Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology", Lea & Febiger, pp. 165, 1978.
- [10] A Calicchia, M Gambaccini, P L Indovina, F Mazzei and L Pugliani, " Niobium molybdenum K-edge filtration in mammography : Contrast and Dose Evaluation", Phys. Med. Biol, vol. 41, pp. 1717-1726, 1996.
- [11] Horacio J Patrocinio, Jean-Pierre Bissonnette, Marc R Bussiere and L John Schreiner, "Limiting Values of Backscatter Factors for Low-Energy X-ray Beams", Phys. Med. Biol, vol. 41, pp. 239-253, 1996.
- [12] G E Giakoumakis, C D Nomicos and P X Sandilos, "Absolute Efficiency of Gd₂O₃ : Tb Screens Under Fluoroscopic Conditions", Phys. Med. Biol, vol. 34, No 6, pp. 673-678, 1989.
- [13] B Grosswendt, "Backscatter Factors for X-rays Generated at Voltages Between 10 and 100kV", Phys. Med. Biol, vol. 29, No 5, pp. 579-591, 1984.
- [14] Heang-Ping Chan and Kunio Doi, "Energy and Angular Dependence of x-ray Absorption and its Effect on Radiographic Response in Screen-Film Systems", Phys. Med. Biol, vol. 28, No. 5, pp. 565-579, 1983.

- [15] R M Harrison, "Tissue-air Ratios and Scatter-Air Ratios for Diagnostic Radiology (1~4mm Al HVL)", Phys. Med. Biol, vol. 28, No. 1, pp.1-18, 1983.