진단용 방사선발생장치의 검사기준을 적용한 동물병원의 방사선 안전관리

김 상 우* · 임 재 동** · 한 동 균*** · 성 열 훈**
*건국대학교병원 영상의학과 · **대원대학 방사선과 · ***을지대학교 방사선학과

The Radiation Safety Management in the Animal Hospital Using Inspection Standard of Diagnosis Radiation System

Sang-Woo Kim* · Jea-Dong Rhim** · Dong-Kyoon Han*** · Youl-Hun Seoung**
*Department of Radiology, Konkuk University Medical Center
**Department of Radiological Science, The Daewon University College
***Department of Radiological Science, The College of Health Sciences, Eulji University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the actual conditions of radiation safety supervision in animal clinics using inspection standard of X-ray generator for diagnosis. The surveys for inspection standard system, equipment condition, and safety supervision were carried out in 18 animal clinics randomly. The inspection standard included reproducibility of dose exposure, kVp, mAs, collimator accuracy test, collimator luminance test, X-ray view box luminance test, grounding system equipment test and external leakage current test. The surveys of equipment condition and safety supervision used one-on-one interview with 5 points measurement. As a result, 44.44% of reproducibility of dose exposure was proper, 81.25% of kVp test was good, and 100% of mAs test was appropriate. Also, 66.66% of collimator accuracy test was proper, 61.11% of collimator luminance test was good, 53.13% of X-ray view box luminance test was suitable. In addition, only 5.55% of grounding system equipment and ground resistance was proper, 63.64% of external leakage current test was appropriate in grounding system equipment test. The 100mA electric capacity of X-ray generator for diagnosis was popular with 44.44%, and its 55.56% was purchased used equipment. Monthly average of less than 50 times (61.11%) was top frequency in use, and no animal clinic had a thermo-luminescence dosimeter(TLD). The 16 animal clinics with radiation safety zone and 2 without radiation safety zone were appeared.

Keywords : Radiation Safety Management, Inspection Standard, Diagnosis Radiation System, Animal Hospital

1. 서 론

지난 수십 년간 우리나라 사회가 농촌생활에서 도시생활로, 대가족에서 핵가족으로 또한 고령화 사회로 변화함에 따라 국민생활 양상도 같이 변화하였다. 특히 핵가족화가 가속화되면서 개, 고양이, 조류 등의 작은 동물과 같이 생활을 하는 경우가 많다. 이들 동물들을 장난감의 의미가 다소간 포함되어 있는 애완동물이라고 부르기보다는 가족의 일원, 친구 또는 반려자라는 뜻을 함축한 반려동물이라고 칭하게 되는 경향이 있다.

† 본 논문은 교육과학기술부 한국연구재단 원자력대학생 논문연구회 지원에 의해 이루어진 논문임.
† 교신저자: 성열훈, 충청북도 제천시 대학로 274 대원대학 방사선과
M · P: 010-2909-7974, E-mail: radimage@mail.daewon.ac.kr
2010년 10월 18일 접수; 2010년 12월 17일 수정본 접수; 2010년 12월 17일 게재확정

따라서 반려동물의 건강관리도 사람의 건강관리 못지않게 중요한 부분을 차지하고 있다[8].

우리나라의 동물병원에서는 개, 고양이 등 여러 종류의 동물을 진료하지만 개의 진료가 95%가 넘어 압도적으로 많은 부분을 차지하고[12], 등록된 동물병원의 수는 2002 년 1,380 곳, 2003 년 1460 곳, 2010 년 현재 2,892 곳 그 수가 매년 꾸준히 증가하고 있다[5,11]. 동물병원의 수가 증가함에 있어, 진단용 방사선 발생장치의 이용 빈도가 높아지는 추세이다. 특히, 동물의 X-선 검사는 수의사 등의 관련종사자들이 동물의 자세를 보정하여 검사하는 경우가 많다[4]. 의료용 방사선 발생장치에 고장이 있거나 조정이 불가능할 경우 진단능력이 저하될 뿐만 아니라 재촬영이 불가피하게 되어 직·간접적으로 방사선이 노출되기 때문에 미량의 피폭이라도 장기적으로 여러 번 노출되면 유전적 영향이나 백혈병 등 유발 확률이 높아진다. 따라서 방사선 발생장치의 노후화나 안전관리의 미흡은 불필요한 방사선 피폭을 증가시킬 수 있다[6, 13-15]. 그렇기 때문에 의료용 방사선 발생장치는 보건복지부 또는 식품의약품안전청의 방사선 관련 의료용구에 대한 기준 및 시험방법이나 한국산업규격 (KS)에서 규정하고 있다. 또한 방사선 발생장치의 정도관리는 고전압 발생장치 부분인 관전압, 관전류, 조사시간, 재현성 시험은 3년마다 1 회씩 정기적인 점검을 시행해야 하지만, 관용구의 수리, 교환 등의 변화가 있을 경우 장비의 점검은 수시로 이루어져야 한다. 그리고 획득된 영상 평가 평가를 위해서는 조사야 조도 시험과 X-선 관찰대 조도 시험 등이 이루어져야 하며, 전기적 안전관리에서도 접지설비와 접지저항 시험 및 외장 누설전류 시험 등이 정기적으로 시행되어야 한다[9]. 그러나 동물병원의 방사선발생장치는 대다수가 인체 의료용으로 사용되다가 동물용으로 사용되고 있음에 불구하고 이러한 정도관리에 대한 연구는 전무한 상태이다[4]. 그러므로 본 연구는 진단용 방사선 발생장치의 검사기준을 이용하여 동물병원의 방사선 안전관리를 알아보고자 하였다.

2. 대상 및 방법

2.1 대상

본 연구에서는 임의로 선정된 지역 (충청지역 10 곳, 강원지역 7 곳, 경기도 1 곳)에서 개인이 운영하는 소규모의 동물병원 총 18 곳을 2009년 7월부터 2010년 2월까지 직접 방문하여 정도관리를 시행하였고 방사선 장비실태와 방사선 안전관리에 관한 설문조사를 하였다.

2.2 방법

2.2.1 정도관리

본 연구에서 시행한 정도관리 항목은 아래와 같이 총 8 가지로 구성하였다[8].

① 조사선량 재현성 시험, ② 관전압 시험, ③ 관전류 시험, ④ 광조사야와 X-선 조사야 및 중심선속 일치시험, ⑤ 조사야 조도, ⑥ X-선 사진 관찰대 조도시험, ⑦ 접지 설비확인시험, ⑧ 외장누설전류시험

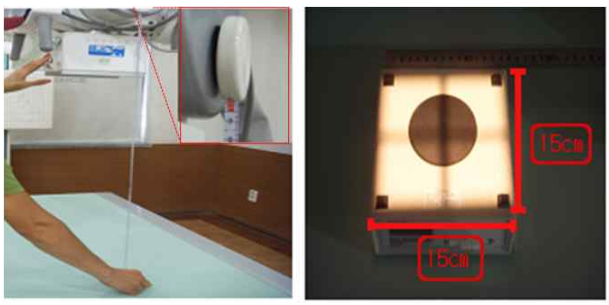
① 조사선량 재현성 시험

라드 체크 플러스 측정기(RAD-CHECK Plus, FLUKE, 06-526)를 이용하여 측정하였다. 촬영조건은 대상 동물병원의 방사선발생장치의 성능을 고려하여 동물병원에서 가장 많이 사용하는 40 ~ 70 kVp, 4 ~ 10 mAs 범위 내에서 총 9 가지를 설정하였다. 이 때 한 가지의 관전압에서 관전류를 3 가지로 변화시키면서 mAs는 일정하게 유지하였다. 그리고 라드 체크 플러스의 오차범위를 최소화하기 위하여 전원을 5분간 미리 켜놓는다. 측정방법은 초첨-필름간 거리 (focus film distance, FFD)는 100 cm로 설정하고, X-선의 조사선량을 측정하기 위해서 측정기에 맞게 조사야 크기를 15 × 15 cm^2로 조정하였다<그림 1>.

반복성과 재현성을 위해 같은 조건에서 3 회 반복 측정하였고, 측정된 데이터는 평균값 (mR)과 표준편차를 구하여 변동계수 (coefficient of variation, CV)로 평가하였다. 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 근거하여 변동계수는 ± 0.05 이하 일 때 적합으로 평가하였다[8].

② 관전압 시험

디지털 관전압 측정기 (digital kVp meter III, FLUKE, 07-494)를 이용하여 측정하였다. 촬영 조건은 40 ~ 80 kVp 범위 내에서 단계적으로 변화를 주어 총 9 가



(a) (b)

<그림 1> (a) 초첨-필름간 거리 설정 (FFD) (b) 조사야 크기 (15 × 15 cm^2)

지의 조건을 선정하였으며 이때 대상 동물병원의 방사선발생장치의 성능을 고려하여 가변적으로 구성하였다.

촬영 시간은 0.5 sec로 고정하였다. 측정방법은 동물병원의 접지 설비 방식에 따라 단상, 삼상 mode로 변화를 시켜 측정하였고, FFD는 100 cm, 관전압 측정하기 위해서 측정기에 맞게 조사야 크기는 15 × 15 cm^2로 설정하였다. 반복성과 재현성을 위해 같은 조건에서 3 회 반복 측정하여, 측정된 관전압 데이터는 평균값과 지시 관전압의 백분율 평균오차 (percent average error, PAE)를 구하여 평가하였다 (식 1). 평가기준은 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 근거하여 평균 오차는 ± 10% 이하 일 때 적합으로 평가하였다[8].

$$PAE = \frac{Xp - X}{Xp} \times 100\,(\%) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(냈 1)}$$

Xp : A 똫델땻 랫녯뱃
X : 뱄뙖뱃땻 쇎 A 뱃

③ 관전류 시험

관전압 시험과 같은 측정기기 (FLUKE, 07-494)를 이용하였다. 관전압은 동물병원에서 자주 사용하는 40 ~ 80 kVp 범위 내에서 관전류를 20 ~ 200 mA 범위로 변화시켜 총 9 가지를 구성하였고, 촬영 시간은 0.5 sec로 고정하였다. 측정방법은 관전압 시험과 동일하게 하였으며 평가기준은 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 근거하여 평균 오차는 ± 15% 이하 일 때 적합으로 평가하였다[8].

④ 광조사야와 X-선 조사야 및 중심선속 일치시험

컴퓨터 방사선촬영영상 (computed radiography, Kodak, Direct-view-CR975)용 영상판 (image plate, IP)으로 X-선 조사야 영상을 획득하였고, 콜리메이션 시험 기구 (collimator test tool, RMI, 161B)는 광조사야와 X-선 조사야 일치시험에 이용하였다. 그리고 중심선속은 빔 얼라이먼트 시험 기구 (beam alignment test tool, RMI, 162A)를 이용하였다. 측정방법은 IP와 촬영대가 수평이 되도록 수평계를 사용하여 조절하였고, FFD는 100 cm로 고정하였다. 콜리메이션 시험 기구는 IP의 종축과 횡축의 중심의 일치하도록 올려놓고, 콜리메이션 시험 기구의 c 면에 있는 검은색 점은 음극 쪽으로 향하게 하여 양극 효과 (anode effect)를 보정하였다. 광조사야는 IP 크기의 동일하게 조절하고 영상을 획득할 수 있도록 관전압과 관전류는 60 kVp와 10 mAs를 조사하였다<그림 2>.

중심선속 일치시험은 콜리메이션 시험 기구 중심에 빔 얼라이먼트 시험 기구를 올려놓고, 콜리메이션 시험 기구의 내측 (18 × 14 cm)과 광조사야를 일치시켰다. 그리고 촬영 조건은 동일하게 조사하였다<그림 3>.

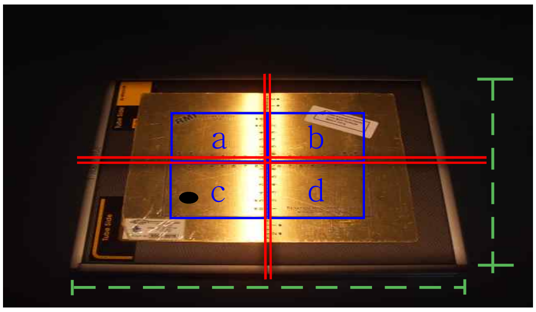
획득한 영상의 평가방법은 의료영상저장전송시스템 (picture archiving of communication system, PACS)을 사용하여 각 동물병원의 오차범위 (좌, 우, 상, 하)를 구하였다. 평가기준은 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 근거하여 최대 허용치는 SID에 대해 ± 2% 이내 일 때 적합으로 평가하였다[8].

⑤ 조사야 조도 시험

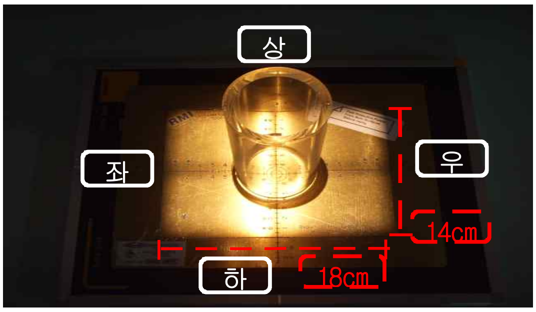
조도계 (TES- 1330A)를 사용하였다. 측정방법은 조사야의 전원이 OFF 상태에서 배경조도를 측정하고, 조사야를 <그림 4>와 같이 4 구역 (a, b, c, d)으로 나눈 후 각각의 구역에서 조도를 측정한 후 이를 평균하여 조도값을 구하였다. 평가기준은 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 근거하여 조도의 평균값은 100 Lux 이상 일 때 적합으로 평가하였다[8].

⑥ X-선 관찰대 조도 시험

조사야 조도 시험과 같은 조도계를 사용하였으며 관찰대의 전원을 켜놓고, 20 분 이상 경과 후 측정하였다. 관찰대를 6 등분 (a ~ f)하여 조도측정 후 평균값을 구하여 평가하였다 <그림 5>. 평가기준은 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 근거하여 X-선 관찰대 조도는 평균값이 7000 Lux 이상 일 때 적합으로 평가하였다[8].



<그림 2> 광조사야와 X-선 조사야 일치 시험



<그림 3> 중심선속 일치 시험

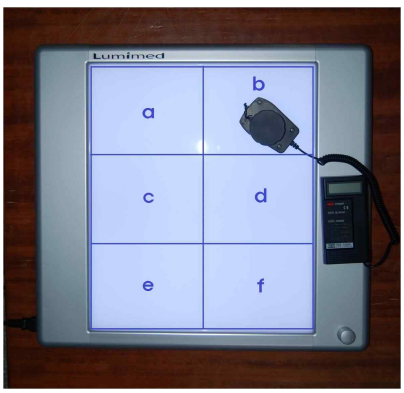
<그림 4> 조사야 조도 측정 시험

⑦ 접지설비 확인 시험은 접지설비의 접지단자가 제 3 종 접지공사에 의한 접지선 접지 유무를 육안으로 확인하였다. 접지 저항치는 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 근거하여 제 3 종 접지공사의 경우 접지저항이 100 Ω 이하 일 때 적합으로 평가하였다[8].

⑧ 외장누설 전류 시험은 PROVA (E206633)를 사용하였다. 측정방법은 진단용 방사선 발생장치의 주 전원을 ON 시키고, 접지선의 누설선량을 측정하였다. 외장누설 전류의 평가기준은 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 근거하여 0.5 mA이하 일 때 적합으로 평가하였다[8].

2.2.2 장비실태와 안전관리

장비실태와 안전관리는 일대일 인터뷰 방식으로 설문조사를 하였다. 장비실태는 관한 진단용 방사선 발생장치 용량, 구입경로, 연식, 이용 빈도, 촬영조건 설정 방법과 개인선량 피폭계 보유에 대하여 조사하였다. 그리고 안전관리는 장비의 성능점검 유무, 방사선 관리구역 및 방호시설 보유에 대한 현황을 5 점 척도 방식으로 조사하였다.



<그림 5> X-선 관찰대 조도 측정 시험

3. 결 과

3.1 정도관리

3.1.1 조사선량 재현성 시험

총 18 곳의 동물병원을 정도관리 한 결과, 9 가지 촬영조건의 변동계수가 ± 0.05 이하 범위에서 적합하다고 측정된 동물병원 8 곳 (44.44%), 부적합 1 개는 1 곳 (5.55%), 2 개 3 곳 (16.66%), 3 개 4 곳 (22.22%), 6 개와 10 개 각각 1 곳 (5.55%)이 차지하였다.

3.1.2 관전압 시험

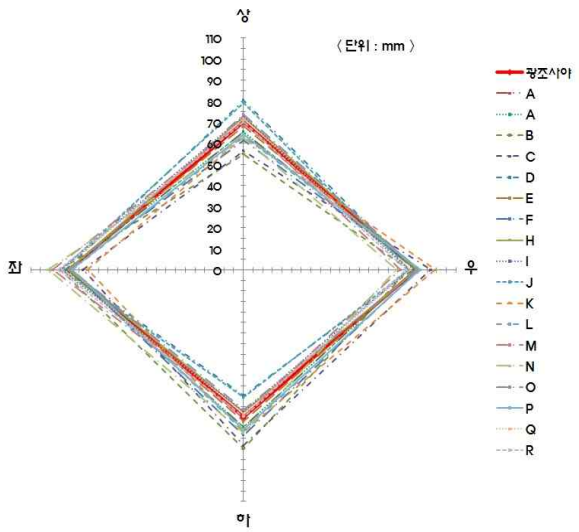
총 18 곳 중 16 곳을 정도관리 한 결과, 9 가지 촬영조건의 평균 오차가 ± 10% 범위에서 적합하다고 측정된 동물병원 13 곳 (81.25%), 부적합 1 개는 2 곳 (12.50%), 3 개는 1 곳 (6.25%)로 측정되었다.

3.1.3 관전류 시험

평균 오차 (PAE) ± 15% 범위에서 모두 적합하다고 측정되었다.

3.1.4 광조사야와 X-선 조사야 및 중심선속 일치시험

<표 1>과 같이 광조사야와 X-선 조사야 일치 시험은 총 18곳의 최대 허용치가 SID의 ± 2% 이내 범위에서 적합하다고 측정된 동물병원 12 곳 (66.66%), 부적합 6 곳 (33.34%)로 측정되었고, X-선 조사야 오차범위는 <그림 6>에 정리하였다.



<그림 6> X-선 조사야 오차범위의 분포

<표 1> X-선 조사야 오차범위 측정 결과

동물병원명	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	평균 오차범위
좌측 (mm)	1.03	4.50		2.07	0.58		1.15	0.17	4.37	4.03			8.74	10.90			3.68	5.63	1.47
우측 (mm)			6.96			0.50					9.43	1.44			0.68	1.38			-1.47
상측 (mm)				10.35				2.35	2.81	9.37			0.50		3.79		1.72	0.28	-2.38
하측 (mm)	4.49	15.00	13.40		1.72	8.39	4.45				6.78	6.55		7.40		5.75			2.38
오차범위	1.11%	3.90%	4.07%	2.48%	0.46%	1.67%	1.12%	0.51%	1.44%	2.68%	3.25%	1.60%	1.85%	3.66%	0.90%	1.42%	1.08%	1.18%	

3.1.5 조사야 조도 시험

측정 결과는 평균값이 100 Lux 이상 범위에서 적합하다고 측정된 동물병원 11 곳 (61.11%), 부적합 7 곳 (38.89%)이였다.

3.1.6 X-선 관찰대 조도 시험

보유한 X-선 관찰대가 32 개로써, 7000 Lux 이상 범위에서 적합 17 대 (53.13%), 부적합 15 대 (46.87%)로 측정되었다.

3.1.7 접지설비 확인 시험

총 18 곳을 확인한 결과, 접지설비와 접지저항이 적합한 동물병원 1 곳 (5.55%), 부적합 14 곳 (77.78%), 확인 불가능 3 곳 (16.67%)으로 나타났다.

3.1.8 외장 누설전류 시험

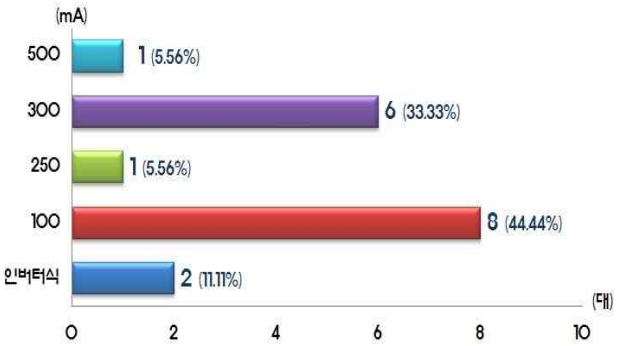
총 11 곳을 측정한 결과, 0.25 mA 범위에서 적합하다고 판정된 동물병원은 7 곳, 부적합 1 곳, 확인불가 3 곳으로 나타났다.

3.2 장비실태 및 안전관리

장비실태는 총 18 곳 동물병원의 설문조사를 한 결과, 진단용 방사선 발생장치 용량 100 mA 8대 (44.44%), 250 mA 1 대 (5.56%), 300 mA 6 대 (33.33%), 500 mA 1 대 (5.56%), 인버터 방식 2 대 (11.11%)로 나타났다 <그림 7>.

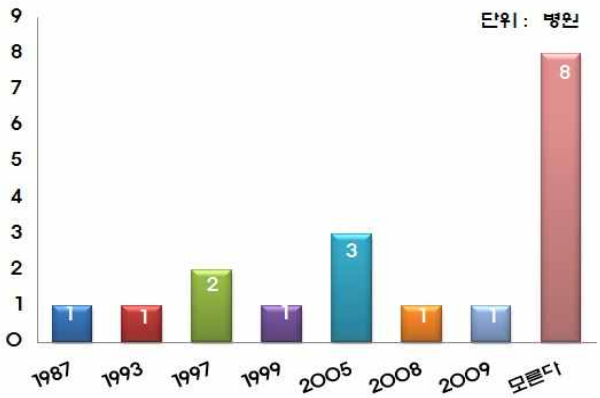
장비 구입경로는 중고로 구입하여 사용하는 경우 10 곳 (55.56%), 세 제품으로 구입하여 사용하는 경우 6 곳 (33.33%), 다른 분에게 인계받아 사용한 경우 2 곳 (11.11%)로 나타났다 <그림 8>.

동물병원 내 보유한 진단용 방사선 발생장치의 연식은 1987 년 1 대, 1993 년 1 대, 1997 년 2 대, 1999 년 1 대, 2005 년 3 대, 2008 년 1 대, 2009 년 1 대, 모른다 8 대라고 응답하였다 <그림 9>.

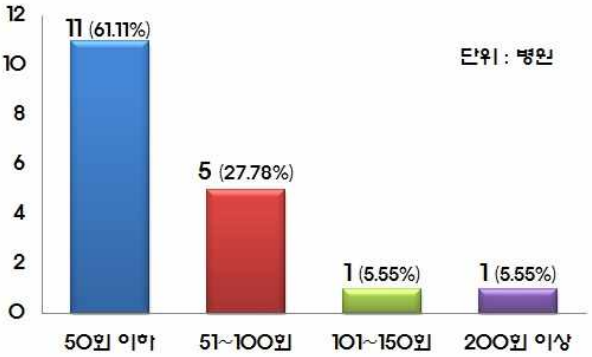


<그림 7> 방사선 발생장치의 장비용량 별 분포

<그림 8> 방사선 발생장치의 구입경로



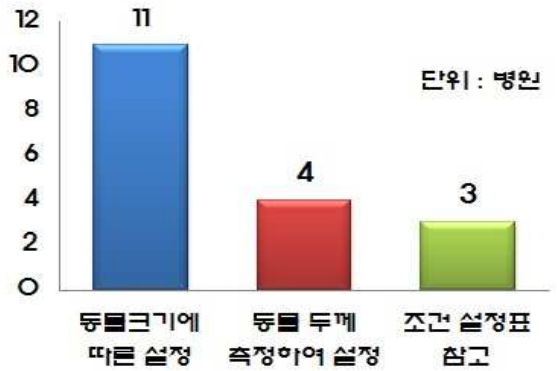
<그림 9> 방사선 발생장치의 생산연도 별 현황



<그림 10> 월 평균 방사선 검사 건수

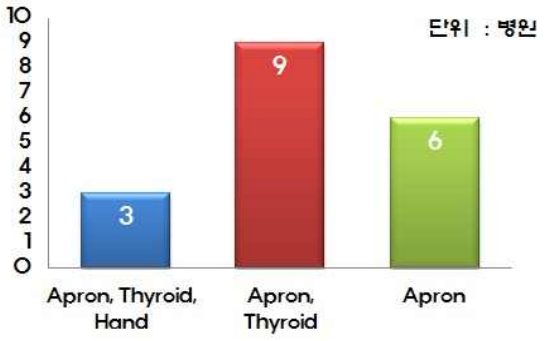
진단용 방사선 발생장치의 월 평균 사용 횟수는 50 회 이하로 사용하는 동물병원 11 곳 (61.11%), 51 ~ 100 회 이하 5 곳 (27.78%), 101 ~ 150 회 이하 1 곳 (5.55%), 200 회 이상 1 곳 (5.55%)으로 조사되었다 <그림 10>.

촬영조건은 동물의 종류와 크기에 따라 변경하며 사용한다고 응답을 하였고, 촬영조건 설정하는 방법은 동물 크기에 따라 임의로 설정하는 경우 11 곳, 촬영조건 설정표를 참고하는 경우 3 곳, 동물 두께를 직접 측정하여 설정하는 경우 4 곳으로 나타났다 <그림 11>.



<그림 11> 동물 종류와 크기에 따른 촬영조건 설정 방법

<그림 12> 진단용 방사선 발생장치의 성능점검 실태



<그림 13> 방사선 방호용구 보유 현황

방사선 안전관리를 위해 진단용 방사선 발생장치의 성능점검과 관리구역 설정 유무, 방사선 방호시설에 대해 조사하였다. 진단용 방사선 발생장치의 성능점검을 정기적으로 받는 경우 1 곳, 고장 시에만 받는 경우 1 곳, 성능점검을 받지 않는 경우 16 곳으로 나타났다 <그림 12>.

방사선 관리구역은 지정하고 있는 동물병원 16 곳, 지정하지 않는 곳 2 곳으로 나타났고, 방사선 방호시설은 Apron · Thyroid · Hand 3 가지를 갖추고 있는 동물병원 3 곳, Apron · Thyroid 9 곳, Apron 6 곳으로 나타났고, 방사선 관리구역을 지정한 16 곳, 지정하지 않은 2 곳으로 나타났다 <그림 13>.

4. 결론 및 토의

지금까지 방사선피폭관리는 인체에 대한 경감의 효과를 내기 위하여 여러 가지 연구를 통하여 감소되고 있지만 실제 방사선 종사자에 대한 경감효과는 적다고 생각한다[10,17]. 이러한 피폭의 문제를 고려하기 위해 1950 년에 ICRP 국제 방사선 방어위원회가 설립되어 오늘날까지 일익을 담당하고 있다[16]. 우리나라에서도 1998 년 고시 제 98-12호에서 ICRP 권고에 맞추어 피폭선량 제한체계를 새롭게 수립하여 방사선 방어 및 관리의 규정을 방사선 종사자에게 권고를 하고 있지만 간접적 방사선에 피폭에 대하여 관심이 적다. 그리고 미량의 방사선 피폭은 자각증세가 크게 나타나지 않기 때문에 방사선 방어에 소홀하고 있다. 실제로 규정을 준수하지 않고 또한 권고규정을 알지 못하는 방사선 종사자들이 상당히 많은 실정이다[1-3]. 특히, 방사선피폭관리의 사각지대인 동물병원에서는 의료방사선 방호에 대한 수치화 된 데이터가 없었다. 또한 진단용 방사선 발생장치에 대한 기본상식 부족, 사용방법 및 작동미숙, 오작동, 노후화에 의한 이상피폭이 의외로 많다.

이런 현실을 대비하기 위해서, 지금까지의 방사선 관

리 실태를 파악하고 정기적으로 관리하는 것은 사회적 또는 방사선 종사자의 신뢰관계를 증진시킨다는 측면에서 필요하고, 임상적인 진단 과정에서 피폭과 건강 등을 폭 넓게 고려하여 방사선 방호 및 관리체계를 정립할 필요가 있다[11]. 본 연구에서 조사된 결과, 방사선 발생과 직접적으로 관련된 정도관리에서 관전압 시험 (81.25% : 적합), 관전류 시험 (100% : 적합)을 제외한 조사선량 재현성 시험 (44.44% : 적합)과 광조사야와 X-선 조사야 일치 시험 (66.66% : 적합)은 만족할 만한 결과에는 미흡했다. 이는 조사대상 장비들이 과반수 (55.56%) 넘게 중고장비를 구입한 것과 규칙적인 정도관리의 부재가 원인이라고 사료된다. 또한 영상평가를 위한 정도관리에서 조사야 조도 시험 (61.11% : 적합)과 X선 관찰대 조도 시험 (53.13% : 적합)도 많은 불량이 있었으며, 전기적 안전관리에서도 접지설비와 접지저항은 5.55%만이 적합, 외장 누설전류 시험은 63.64%가 적합으로 나와 개선해야 할 점이 많은 것으로 조사되었다. 이러한 문제점들은 주기적인 정도관리를 통해서 충분히 해결할 수 있지만 사용하는 횟수에 비해 구비해야할 정도관리 장비의 구입은 경제적으로 어려운 면이 있으며, 이를 담당할 전문 인력의 부족과 교육의 부재가 해결해야 할 숙제이다. 또한 이렇게 정도관리의 부재로 인해 발생된 불필요한 선량에 대한 의료진의 방사선피폭 모니터닝에 대한 개선도 필요한 것으로 나타났다. 왜냐면, 소량의 방사선량을 사용하고 있지만 개인피폭 선량계는 보유하고 있는 동물병원은 한 곳도 없었다는 점이다. 또한 동물병원의 특성상 동물을 고정하기 위해서는 관련종사자들이 직·간접으로 노출이 되었음에도 불구하고 갑상선, 몸통, 그리고 손을 보호하는 장비를 모두 갖춘 병원은 3 곳 밖에 없었다. 그러나 동물병원 내 방사선 관리구역은 지정하고 있는 곳이 많아서 간접적 피폭은 방어하고 있었다. 본 연구는 국내 최초로 동물병원을 대상으로 시행한 진단용 방사선 발생장치의 정도관리에 관한 연구이다. 따라서 동물병원 방사선 안전관리 실태파악의 기초자료로 활용할 수 있을 것이다. 앞으로 보다 많은 대상을 선정하고 동물병원의 적합한 정도관리 항목을 개발하고 전문가를 양성한다면, 동물병원의 방사선에 대한 안전관리는 현재보다 조금 더 개선될 수 있을 것이며, 이를 위해서는 제도적인 뒷받침이 필요할 것으로 사료된다.

5. 참 고 문 헌

[1] 과학기술고시. “제 98-12호, 방사선량 등의 정하는 기준.” 1998

[2] 김화곤. "보건관리학." 청구문화사, 서울, 1994

[3] 대한방사선사협회. “진단용 방사선 안전관리 행정실무편.” 대학서림, 서울, 1996

[4] 김희선. “일본 수의과의료시설의 X-선 발생장치사용실태와 보건물리학적 방사선 환경.” 대한수의사회지, 42 (2006) : 1001-1003

[5] 대한수의사회. “http://www.kvma.or.kr”, 2010

[6] 박준홍. “X-선 촬영 시 산란선에 의한 방사선종사자의 피폭선량에 관한 연구.” 석사학위논문, 창원대학교, 창원, 2001

[7] 보건복지부. “진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙.” 2008

[8] 양일석. “수의과대학 수업연한의 연장의 타당성 및 개선방안.” 한국수의학교육공청회, 1995

[9] 윤정섭, 김춘식, 고신관. “의료용 X선장치의 유지 및 성능관리에 대한 검토.” 대한방사선과학회, 3 (1992) : 25-26

[10] 이해룡. “진단용 방사선 발생장치에 따른 국민 피폭선량 측정.” 국립보건원보, 28 (1986) : 783-829

[11] 정인성. “국내 동물병원의 진료양상과 한국 애완견, 진도견, 집고양이의 임상 화학치 측정 및 참고범위 설정.” 박사학위논문, 건국대학교, 서울, 2005

[12] 최동권. “최근 국내에서 사육되고 있는 애완견의 역학적 조사 연구.” 석사학위논문, 건국대학교, 서울, 2001

[13] Ha, H. Y. “A Study for Reduction of Radiation Dose in the Field of Diagnostic Radiology - A Point Tube Voltage and Filtration.” Korean Association for Radiation Protection, 15 (1992) : 89-97

[14] Han, J. J. and Kim, S. K. “An Analysis of the Radiation Exposure of Radiologic Technologists in the Field of Diagnostic Radiology according to Duty Station.” Korean Association for Radiation Protection, 20 (1997) : 71-75

[15] ICRP. “publ. 16: Protection of the patient in X-ray diagnosis ICRP.” Adopted by the commission in November, 1969

[16] ICRP. "pulb. 26, Recommendation of the international commission of Radiological protection." 1977

[17] Lee. M. K. and Taro Hayashi, "Radiation Protection for the patient." J. radiological science and technoligy 20 (1997) : 56-62

저 자 소 개

김 상 우

대원대학 방사선과 전문보건학사, 관심분야는 의료기기 정도관리이고 현재 서울 건국대학교 영상의학과 재직 중이다.

주소: 충북 제천시 대학로 274 대원대학 방사선과

한 동 균

광운대학교 이학사, 고려대학교 공학석사, 충북대학교 의공학교실에서 의학박사 취득, 관심분야는 방사선 관리 및 디지털X선영상/컴퓨터단층영상이고 현재 을지대학교 방사선학과 교수로 재직 중이다.

주소: 경기도 성남시 수정구 양지동 212 을지대학교 방사선학과

임 재 동

연세대학교 보건학석사, 명지대학교 산업공학과에서 공학박사 취득, 관심분야는 방사선/시스템 안전이고 현재 대원대학 방사선과 교수로 재직 중이다.

주소: 충북 제천시 대학로 274 대원대학 방사선과

성 열 훈

가톨릭대학교 공학사, 공학석사, 의물리공학 박사취득, 관심분야는 의학물리 및 의료 6-시그마이고 현재 대원대학 방사선과 교수로 재직 중이다

주소: 충북 제천시 대학로 274 대원대학 방사선과