

X線透視時における防護スクリーンの被曝防止効果

誌名	日本獣医師会雑誌 = Journal of the Japan Veterinary Medical Association
ISSN	04466454
著者	北川, 均 佐々木, 栄英 茶谷, 公一 古井, 裕二
巻/号	44巻6号
掲載ページ	p. 611-615
発行年月	1991年6月

X線透視時における防護スクリーンの被曝防止効果

北川 均 佐々木栄英 茶谷公一 古井裕二

岐阜大学農学部（岐阜市柳戸1-1, 〒501-11）

（平成2年11月13日受付・平成3年2月8日受理）

Radiation-protective Effect with Screens on Fluoroscopy

HITOSHI KITAGAWA, YOSHIHIDE SASAKI, KOUICHI CHAYA and YUJI FURUI (Faculty of Agriculture, Gifu University, Yanagido, Gifu 501-11)

SUMMARY

In a fluoroscopic situation supposing heartworm removal using flexible alligator forceps, the radiation-protective effect of lead-containing screens was examined. Regarding measurements using a gamma-survey meter, X-ray exposure to the operator was reduced from 24.6 ± 7.5 micro-Sievert (μSv)/hr to 0.47 ± 0.08 $\mu\text{Sv/hr}$ by using protective screens at position A, which corresponds to the operator's face level. At position B, which corresponds to the position of operator's left-hand fingers, the exposure level decreased from 33.1 ± 1.37 $\mu\text{Sv/hr}$ to 3.01 ± 1.23 $\mu\text{Sv/hr}$ when screens were used, and decreased more to 0.44 ± 0.16 $\mu\text{Sv/hr}$ with the use of protective gloves. At position C, which was at the operator's foot, the exposure level decreased from 0.65 ± 0.27 $\mu\text{Sv/hr}$ to 0.24 ± 0.10 $\mu\text{Sv/hr}$. Regarding measurements using a film badge for 20 experimental dogs, in which each dog was fluoroscoped for 20 sec x 15 times, the operator would be totally exposed to 0.1 mSv in $H_{3\text{mm}}$, dose equivalent value against the eye lens and $H_{70\mu\text{m}}$, dose equivalent value against the skin at position B, but below the minimal limit for detection of X-ray (0.1 mSv) in $H_{1\text{cm}}$, effective dose-equivalent value. Exposure levels were below the minimal limit at positions A and C and at all positions which were protected with screens. Also, dogs were exposed to X-ray 2.20 ± 0.96 mSv on fluoroscopy for 20 sec x 15 times.—**Key Words** : fluoroscopy, protective screen, radiation protection.

J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 44 611~615 (1991)

要 約

フレキシブル・アリゲーター鉗子による犬糸状虫摘出手術を想定して、X線透視時における防護スクリーンおよびカーテン等の被曝防止効果を検討した。γサーベイメーターによる測定 (n=15) では、術者の顔に相当するA位置のX線線量当量 (被曝放射線量) は 24.6 ± 7.5 マイクロシーベルト (μSv)/hrであったが、防護措置により 0.47 ± 0.08 $\mu\text{Sv/hr}$ に減少した。左手先に相当するB位置では 33.1 ± 13.7 $\mu\text{Sv/hr}$ から 3.01 ± 1.23 $\mu\text{Sv/hr}$ に減少し、さらに防護手袋の使用により 0.44 ± 0.16 $\mu\text{Sv/hr}$ まで減少した。術者の足元のC位置では 0.65 ± 0.27 $\mu\text{Sv/hr}$ から 0.24 ± 0.10 $\mu\text{Sv/hr}$ に減少した。フィルムバッジにより測定した20秒×15回×20頭の透視時における術者の受ける線量当量は、B位置の3mm線量当量 (眼の水晶体に対する組織線量当量) と70 μm 線量当量 (皮膚に対する組織線量当量) とも測定時きは0.1ミリシーベルト (mSv) であったが、実効線量当量である1cm線量当量測定値は検出限界 (0.1 mSv) 未満であった。AおよびC位置、さらに防護時はすべての位置で線量当量は検出限界未満であった。20秒×15回の透視時に実験犬の受ける線量当量は、1頭当たり1cm線量当量値で 2.20 ± 0.96 mSvであった。

—キーワード: X線透視, 被曝防護, 防護スクリーン。

フレキシブル・アリゲーター鉗子による犬糸状虫摘出手術³⁾が一般化されるにつれて、小動物臨床獣医学領域でもX線透視を行う機会が増加した。X線透視時には術者の被曝が問題となる¹⁾が、その線量当量 (被曝放射線量) および防護に関する具体的な情報はあまり多くな

い。この実験では、X線被曝防止のために作成した被曝防護スクリーンおよびカーテン等について、その非設置時と設置時のX線線量当量を測定し、犬糸状虫摘出手術におけるX線透視時の被曝防止に関する情報を得ることを目的とした。

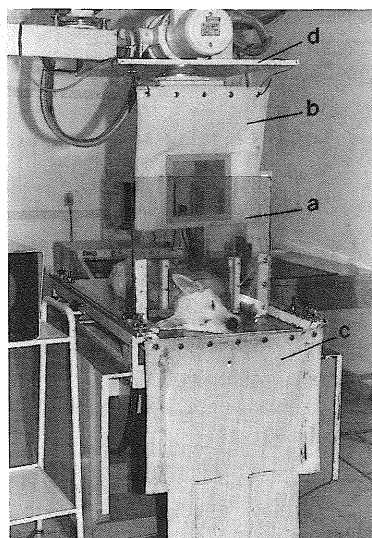


図1 防護スクリーンおよびカーテンの設置法
 a: 防護スクリーン
 b: 上部の防護カーテン
 c: 下部の防護カーテン
 d: 防護底 (常設)

材料および方法

X線装置は岐阜大学農学部附属家畜病院設置の天井走行式X線装置DH-158型(株)日立メディコ)を用い、イメージ・インテンシファイヤーはIT-S9HB型医用X線映像装置(日立メディコ)を使用した。

防護スクリーンおよび防護カーテンは図1のように設置した。防護スクリーン⁴⁾(a, 50×50 cm, メディカルコーヨー扱い)は1 mm 当量の鉛を含む透明アクリル板で作成され、つい立て状に犬の頸部に設置される。防護スクリーンの下部には犬の首を通すようにアーチ形の穴があけてあり、この穴にはスライド式の補助板が取り付けられ、開口部をなるべく小さくできるようにしてある。防護カーテンは0.5 mm 当量の鉛を含み、防護スクリーンの上方(b, 45×50 cm)と撮影台の手前側(c, 60×90 cm)に設置した。なお、実験に使用したX線装置は、X線管球容器の下側に1 mmPb 当量、60×60 cmの防護底(d)を常時装着してある。

X線透視は可動絞りをを用いてX線照射範囲をできるだけ小さくし(X線撮影台の上で14×14 cm)、室内をなるべく暗くしてイメージ画面を見やすくした状態で、できるだけ少ないX線量により実施した。一般に犬糸状虫摘出手術時には、術者は犬の頭側に立ち左手を犬の左頸静脈に添えて鉗子を操作するので、線量当量の測定位置は図2に示すように術者の顔の位置に相当するA(X線照射位置から40 cm 離れ床から150 cmの高

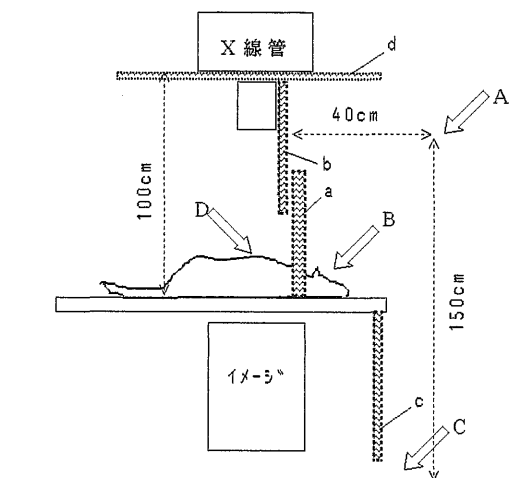


図2 X線線量測定位置

- A: 術者の顔の位置, B: 術者の左手先
 C: 術者の足元, D: 実験犬の左胸
 防護スクリーンおよびカーテン
 a: 防護スクリーン, b: 上部の防護カーテン
 c: 下部の防護カーテン, d: 防護底

さ)、術者の左手先(右を下にして寝かせた実験犬の左頸静脈)付近に相当するB、術者の足元に相当するCの3カ所とした。線量当量は防護スクリーンおよびカーテンの非設置時と設置時に測定した。また、防護エプロンと手袋を装着する場合を想定して、Aの位置では防護エプロン(ORD-213, 0.13 mmPb 当量, オリオン電機商会)の内側、Bの位置では手術用X線防護手袋(ORD-330, アルミニウム2.5 mm 当量および鉛0.03 mm 当量, オリオン電機商会)の内側で線量当量を測定した。

線量当量はγサーベイメーター(ICS-311, アロカ(株))とフィルムバッジ(VM型, 千代田保安用品(株))により測定した。γサーベイメーターによる測定は種々の大きさの実験犬15頭について行い、A, B, Cの各位置における術者の受ける線量当量を記録した。フィルムバッジによる測定では、透視時間の設定はフレキシブル・アリゲーター鉗子による犬糸状虫摘出手術を想定して1回の透視時間を20秒とし、これを1頭の実験犬について15回くりかえし(合計300秒)、20頭を透視した時の術者が受ける合計X線量をA, B, Cの位置で測定した。また、実験犬の受ける線量当量を測定するために、横に寝かせた実験犬の左胸部(図2, D)の位置にフィルムバッジを置いて20秒×15回の透視時における線量当量を測定した。なお、実験は1990年8月21日から10月2日の間に実施した。

成 績

表1に実験犬の体重, 胸幅および透視条件を示す。実験犬の体重は3.5~22.5 kg, 第3肋間における胸の幅は8.5~18.0 cmであった。これらの実験犬に装着した防護スクリーンの開口部の高さは5.0~9.5 cm, X線照射部から術者の左手先(B)測定部までの距離は12.0~26.0 cmであった。X線透視条件は, 0.5 mA:42 kV から1.0 mA:48 kVであった。

γ サーベイメーターにより測定した各位置における術者の受ける線量当量を表2~4に示す。X線非照射時の線量当量(バックグラウンド)は, 0.1~0.5マイクロシーベルト(μ Sv)/hrを示した。A位置では(表2),

防護スクリーンおよびカーテンの非設置時には, 線量当量は15.0~40.0 μ Sv/hrの範囲にあり, 平均値は24.6 \pm 7.5 μ Sv/hrであった。この位置では, 実験犬からの距離が遠いにもかかわらず固体によってはB位置よりも線量当量が多い場合があった。被曝防護スクリーンとカーテンの設置時には線量当量は著しく減少し, 0.3~0.6 μ Sv/hr(平均0.47 \pm 0.08 μ Sv/hr)となった。この線量当量は, X線防護用エプロンの内側では0.37 \pm 0.10 μ Sv/hrまでさらに減少した。

B位置では(表3), 線量当量は15.0~60.0 μ Sv/hrの範囲にあり(平均33.1 \pm 13.7 μ Sv/hr), 測定位置がX線照射部に近い小さい実験犬で線量当量が多い傾向を示した。防護スクリーン等の設置時には1.5~5.1

表1 実験犬の体重, 胸幅および透視条件

犬番号	体重(kg)	胸幅(cm)	防護スクリーン開口部の高さ(cm)	X線照射部からBまでの距離(cm)	電流(mA)	電圧(kV)
2190	19.0	13.5	9.0	17	1.0	48
2210	19.0	16.0	9.5	26	1.0	45
2230	10.2	14.5	6.5	17	0.5	48
2238	13.0	10.5	8.0	12	1.0	45
2244	9.5	18.0	6.5	10.5	0.5	45
2259	7.5	11.5	6.0	17	0.5	49
2289	8.5	14.0	6.0	17	0.5	47
2292	7.2	14.0	6.2	15	0.5	45
2296	7.6	10.0	7.0	17	0.5	45
2298	3.5	8.5	5.0	14.5	0.5	46
2299	10.0	11.0	6.5	17	0.5	48
2305	12.5	12.5	9.5	21	1.0	45
2306	4.0	10.5	6.0	12	0.5	42
2307	13.0	11.0	8.5	12	0.5	45
2312	7.0	17.5	6.0	13	0.5	44

表2 γ サーベイメーターにより測定したA位置における線量当量

犬番号	防護スクリーン非設置時の線量(μ Sv/hr)	防護スクリーン設置時の線量(μ Sv/hr)	防護スクリーン+エプロンの線量(μ Sv/hr)
2190	40.0	0.5	0.3
2210	35.0	0.5	0.5
2230	24.0	0.5	0.5
2238	30.0	0.6	0.3
2244	22.0	0.4	0.3
2259	18.0	0.5	0.5
2289	25.0	0.5	0.5
2292	22.0	0.5	0.4
2296	20.5	0.5	0.4
2298	25.0	0.3	0.3
2299	21.0	0.4	0.3
2305	36.0	0.5	0.3
2306	20.0	0.5	0.4
2307	16.0	0.5	0.3
2312	15.0	0.3	0.2
平均値	24.6	0.47	0.37
標準偏差	7.5	0.08	0.10

表3 γ サーベイメーターにより測定したB位置における線量当量

犬番号	防護スクリーン非設置時の線量(μ Sv/hr)	防護スクリーン設置時の線量(μ Sv/hr)	防護スクリーン+手術用手袋の線量(μ Sv/hr)
2190	30.0	2.0	0.3
2210	25.0	2.0	0.25
2230	20.0	1.5	0.5
2238	30.0	5.0	0.7
2244	38.0	3.2	0.4
2259	15.0	5.1	0.5
2289	35.0	2.5	0.25
2292	26.0	3.0	0.4
2296	60.0	2.1	0.7
2298	50.0	4.0	0.4
2299	31.0	3.5	0.6
2305	25.0	2.0	0.6
2306	60.0	4.7	0.5
2307	21.0	3.0	0.3
2312	30.0	1.5	0.25
平均値	33.1	3.01	0.44
標準偏差	13.7	1.23	0.16

X線透視時における防護スクリーンの被曝防止効果

$\mu\text{Sv/hr}$ (平均 $3.01 \pm 1.23 \mu\text{Sv/hr}$) の X 線が検出され、線量当量は大きく減少したが、わずかではあるが防護スクリーンの開口部からリバウンド X 線が洩れてくることを示した。この漏洩 X 線による被曝は、手術用 X 線防護手袋の内側では $0.25 \sim 0.7 \mu\text{Sv/hr}$ (平均 $0.44 \pm 0.16 \mu\text{Sv/hr}$) となった。

C 位置では (表 4)、線量当量は少なく $0.25 \sim 1.0 \mu\text{Sv/hr}$ (平均 $0.65 \pm 0.27 \mu\text{Sv/hr}$) であり、防護カーテンをかけた後はさらに減少して $0.24 \pm 0.10 \mu\text{Sv/hr}$ となった。

表 5 にフィルムバッジにより測定した 20 秒 \times 15 回 \times 20 頭を透視した時の術者の合計線量当量を示す。防護スクリーン等の非設置時および設置時とも、A 位置と C 位置では術者の受ける線量当量はすべて 0.1 ミリシーベ

ルト (mSv) 未満 (検出限界未満) であった。B 位置では、眼の水晶体に対する組織線量当量に相当する 3 mm 線量当量と、皮膚に対する組織線量当量に相当する $70 \mu\text{m}$ 線量当量で測定した時、それぞれ 0.1 mSv の X 線を検出した。しかし、実効線量当量に相当する 1 cm 線量当量定値は検出限界未満であった。B 位置においても、X 線防護スクリーン等を設置した状態、さらにエプロンまたは手袋の内側では線量当量は検出限界未満であった。

15 頭で測定した 20 秒 \times 15 回の X 線透視時における実験犬の線量当量を表 6 に示す。線量当量は透視条件にはば平行して変動し、最高値は 4.5 mSv であった。1 頭当たりの線量当量の平均値は、1 cm 線量当量で $2.20 \pm 0.96 \text{ mSv}$ 、3 mm 線量当量で 2.70 ± 1.01 、 $70 \mu\text{m}$ 線量当量で $2.90 \pm 1.06 \text{ mSv}$ であった。

表 4 γ サーベイメーターにより測定した C 位置における線量当量

犬番号	防護スクリーン非設置時の線量 ($\mu\text{Sv/hr}$)	防護スクリーン設置時の線量 ($\mu\text{Sv/hr}$)
2190	0.5	0.2
2210	1.0	0.5
2230	0.8	0.2
2238	0.4	0.2
2244	0.5	0.4
2259	0.8	0.25
2289	1.0	0.2
2292	0.9	0.25
2296	0.3	0.3
2298	1.0	0.2
2299	0.8	0.2
2305	0.4	0.2
2306	0.25	0.2
2307	0.4	0.2
2312	0.7	0.1
平均値	0.65	0.24
標準偏差	0.27	0.10

考 察

国際放射線防護委員会の新勧告 (ICRP Publ. 26, 1977⁶⁾) を取り入れた放射線障害防止法²⁾では、放射線業務に従事する者の実効当量限度は 50 mSv/年 であり、組織線量当量限度は眼の水晶体で 150 mSv/年 、その他の組織で 500 mSv/年 、女子の腹部で 13 mSv/3 カ月 とされている。また、人が常時立ち入る場所における線量

表 6 フィルムバッジにより測定した実験犬 (D 位置) の被曝線量

測定線量当量	例数	線量当量 ^{a)} (mSv)		
		平均値 \pm 標準偏差	最低	最高
H1 cm ^{b)}	15	2.20 ± 0.96	1.5	4.5
H3 mm ^{c)}	15	2.70 ± 1.01	1.5	4.5
H70 μm ^{d)}	15	2.90 ± 1.06	1.5	4.5

a) 20 秒 \times 15 回の X 線透視時における線量当量。b) 1 cm 線量当量 = 実効線量当量。c) 3 mm 線量当量 = 眼の水晶体に対する組織線量当量。d) $70 \mu\text{m}$ 線量当量 = 皮膚に対する組織線量当量。

表 5 フィルムバッジにより測定した術者の線量当量

位置	測定線量当量	線量当量 ^{a)} (mSv)		
		防護スクリーン非設置時	防護スクリーン設置時	防護スクリーン + エプロンまたは手袋
A	H1 cm ^{b)}	検出限界未満 ^{e)}	検出限界未満	検出限界未満
	H3 mm ^{c)}	検出限界未満	検出限界未満	検出限界未満
	H70 μm ^{d)}	検出限界未満	検出限界未満	検出限界未満
B	H1 cm	検出限界未満	検出限界未満	検出限界未満
	H3 mm	0.1	検出限界未満	検出限界未満
	H70 μm	0.1	検出限界未満	検出限界未満
C	H1 cm	検出限界未満	検出限界未満	—
	H3 mm	検出限界未満	検出限界未満	—
	H70 μm	検出限界未満	検出限界未満	—

a) 20 秒 \times 15 回 \times 20 頭の X 線透視時における合計線量当量。表 1 に示す実験犬 15 頭のうち No.2190, 2244, 2306, 2307, 2312 の 5 頭は透視実験を 2 回行い、合計頭数を 20 頭とした。b) 1 cm 線量当量 = 実効線量当量。c) 3 mm 線量当量 = 眼の水晶体に対する組織線量当量。d) $70 \mu\text{m}$ 線量当量 = 皮膚に対する組織線量当量。e) 0.1 mSv 未満。

当量限度は1 mSv/週, 病院または診療所の病室における線量当量限度は1.3 mSv/3カ月とされている。

犬糸状虫摘出手術時における術者の線量当量は, 被曝防護時にはこれらの基準をはるかに下まわり X 線非照射時 (バックグラウンド) に近い値となった。フィルムバッジによる測定では, 防護措置をした後の線量当量は測定限界未満であったので限度量との比較は不可能であった。また, γ サーベイメーターによる測定値は線量当量率 (単位は $\mu\text{Sv/hr}$) で示されるので法令の基準値とは直接比較できない点もあるが⁵⁾, 1日1時間の透視を行うと仮定し, X 線防護措置時の最大線量当量 $0.7 \mu\text{Sv/hr}$ で計算すると, 単純計算では約70000日で放射線業務に従事する者の実効当量限度 (50 mSv/年) に達することになる。放射線の照射によって誘発される障害の発生確立 (確率的影響) は線量当量と関係するが, ごく少ない線量当量であっても障害が発生する可能性は完全には否定できない。少しでも放射線の被曝を避けるという基本的な立場から, 嚴重な X 線防護措置 (被曝防護スクリーン, カーテン, 防護手袋等) を施し, 迅速な操作により透視時間を短くするとともに, 室内をできるだけ暗くし X 線モニターのコントラストを調節して画面を見易くすること等により, X 線照射量を極力減らすことが重要である。

今回の測定成績では, 防護カーテン等を設置しない時の A 位置 (術者の顔) における線量当量は B 位置 (術者の左手先) よりも大きい場合があり, 実験犬および透視台等からのリバウンドだけでなく, X 線管球や絞り装置からの散乱線についても被曝防止措置を行う必要があることを示した。線量当量や散乱線の程度および方向は透視装置の機種または性能等によって異なるので, それぞれの使用機種について, その X 線装置に適合したより有効な防護装置を設置することが必要である。基本的には, この実験で行ったように, 実験犬および X 線管球と術者の間を防護スクリーン等で遮断することが重要である。漏洩 X 線に対しては防護手袋やエプロン等

の着用も有効である。また, X 線作業時にはフィルムバッジ等を装着して, 線量当量を測定するとともに X 線被曝に対する作業者の意識を高めておく必要がある。

人では, 放射線診療で受ける患者の被曝線量に対しては限度は決められていないが, 医師および放射線技師は, 診断あるいは治療の適用の判断 (行為の正当化, 放射線被曝に見合う大きな便益があること) と患者の被曝に対する放射線防護の最適化を図るために個々の患者ごとに慎重な判断をする必要があるとされている。人における胃・十二指腸撮影1検査当たりの線量当量は9 mSvとされている⁶⁾が, これと比較して, この実験における犬の線量当量は透視条件が低い (0.5~1 mA, 45~49 kV) ことや透視時間が短い (300秒) ためかなり少ない。しかし, 室内を暗くする, 高性能の X 線画像装置を用いる, 迅速な摘出操作を行う等の前述の措置により, 患犬に対してもできるだけ X 線照射量を少なくするように努めるべきである。

この実験を行うにあたり, 測定機器の貸与および適切なご助言をいただいた岐阜大学放射性同位元素共同研究施設の吉田 均技官に感謝いたします。

引用文献

- 1) CORWIN L. A.: *Radiographic Technique in Veterinary Practice*, 2nd ed., Ticer I. W. ed., 70~77 W. B. Saunders, Philadelphia (1984).
- 2) 放射線障害防止中央協議会, (財)原子力安全技術センター: 放射線安全管理講習会テキスト, (1988).
- 3) ISHIHARA K., SASAKI Y. and KITAGAWA H.: *Jpn. J. Vet. Sci.*, 48, 989~991 (1986).
- 4) 石原勝也, 佐々木栄英, 北川 均: 日獣会誌, 41, 195~200 (1988).
- 5) 草間朋子, 別所遊子, 太田勝正, ほか: 放射線防護の考え方, 日刊工業新聞社, (1990).
- 6) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, *Annals ICRP*, 1, (1977).