

肝臓 I V R における透視被曝線量最適化への一考察

島村正道 船間芳憲 内田武博¹⁾ 永末 望²⁾ 上田新也³⁾ 西 晃央⁴⁾

A Consideration to Optimize the Fluoroscopy X-ray Exposure Dose in Liver IVR

Masamichi Shimamura, Yoshinori Funama, Takehiro Uchida,
Shinnya Ueda, Nishi Akihiro

Abstract : Interventional Radiology(IVR) has brought many profits to patient such as minimally invasive surgical procedure, shortening of duration of hospitalization and medical cost-effective. High-level digital diagnostic apparatus such as IVR Computed Radiography(IVR-CT) which combines an angiography system and a CT scanner has contributed to the improvement in treatment precision, and the assessment in the exact value of curative effect. However IVR complicates catheter guide operation and must gather the barrage information about focus in detail. Therefore an increase in patient's radiation dose yield the serious problem that causes deterministic effect such as skin injures.

In order to contribute to the solution of this problem the 64 Hepatocellular carcinoma patients' data were analyzed, and the optimization of radiation protection was considered. Quantification method I which designated fluoroscopy times as criterion variable and the remaining 6 items as explanatory variable was used.

The influence on fluoroscopy times was great in order of the frequency of DSA, the volume of contrast media injected for confirmation of catheter tip, and the frequency of CT, and a certain value in which influence appears was recognized.

From these results, it is considered that the information on fluoroscopy times, frequency of x-ray radiation exposure, and the recognition to reduction of patient radiation dose are required for realization of optimization of the radiation protection in IVR.

Key words : Interventional Radiology, Hepatocellular carcinoma, Fluoroscopy times, Quantification method I, Optimization of the radiation protection

I. はじめに

画像診断的手法を治療手段に応用したInterventional Radiology (IVR) は、被験者への低侵襲性、入院期間の短縮や医療費の節減など多くの利点があり、多様な疾患の治療法として目

覚しい進歩をとげてきた。近年、Digital Subtraction Angiography(DSA) と Computed Tomography (CT) とを組み合わせたIVR-CT装置などの高度なデジタル診断装置の普及はIVRの精度向上や治療効果の正確な評価に大きく寄与している。このように被験者へ多くの利益

熊本大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

1) 医療法人 天野会 放射線部

2) 熊本大学医学部附属病院 医療技術部 診療放射線技術部門

3) 熊本市民病院中央放射線部

4) 佐賀大学文化教育学部

をもたらすIVRであるが、カテーテル操作の複雑化や細部にわたる病巣情報確認の下での診療は、長時間にわたる高線量率での透視や撮影回数増加となり、脱毛や皮膚障害などの確定的影響をもたらす深刻な問題¹⁾を生じている。

IVRにおける放射線被曝線量(被曝線量)測定は熱ルミネセンス線量計や面積線量計などを用いた測定法やファントム実験から被曝線量を推定する方法など多くの事例が報告^{2)~7)}されている。しかし、これらの測定器具はすべての施設で所有されておらず、また測定器具の幾何学的配置の問題などから測定法の確立には至っていない現状がある。アメリカのFood and Drug Administration (FDA)では、日常的に被曝線量を把握するために透視時間のモニタリングを推奨している⁸⁾。これは、装置に表示される積算時間から透視による被曝線量の情報把握が容易であること、さらに術者が被曝線量低減を認識した上で診療をすすめることで被検者の透視線量の低減に大きく寄与できるためである。

われわれは、IVRにおける透視時間が術者のスイッチ操作でコントロールでき、その情報把握も容易に可能であるために、放射線防護の最適化実現の第1歩は透視時間の短縮と考え、統計的解析から考察を行った。ここではIVR受診者データの基本統計量解析と透視時間を目的変量とした数量化I類の分析から被曝線量低減を考察した。

II. 肝臓癌患者データと統計解析

肝臓癌のために3診療科A,B,CでIVR診療を受診した男性44名、女性20名の合計64名から7項目のデータを収集した。C型ウイルス感染者が81%であり、B型ウイルス感染者を含めると90%以上が感染者である。使用したIVR-CT装置はDSA:DFP2000/as, CT装置:Xvision Realであり、統計解析にはRおよびStat Partnerを使用した。各科の診療人数をFig.1に示す。調査

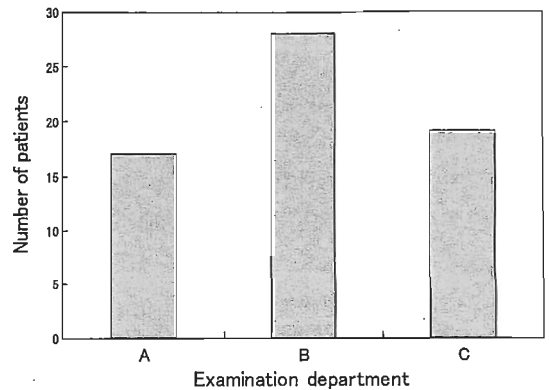


Fig. 1 診療科別の患者数

した項目(以下、変数)は基本統計量⁹⁾を含めてTab.1に示す。治療回数は調査時までの回数を含めたものであり、他は調査時の1回のものである。造影剤はカテーテル先端の誘導確認に要した造影剤量である。

Tab. 1 調査項目の基本統計量

Investigated item	Basic statistic					
	Mean	SD	CV	Median	Maximum	Minimum
Frequency of treatment	1.72	0.85	0.49	1.00	3.00	1.00
Number of lesions	2.38	2.15	0.91	2.00	10.0	1.00
Number of treated segments	1.94	1.30	0.67	2.00	6.00	1.00
Frequency of DSA	6.76	4.32	0.64	6.00	17.0	2.00
Frequency of CT	4.34	1.83	0.42	4.00	11.0	0.00
Volume of contrast media	45.7	25.5	0.58	45.0	172	15.0
Fluoroscopy times	41.4	22.3	0.54	35.4	135	10.1

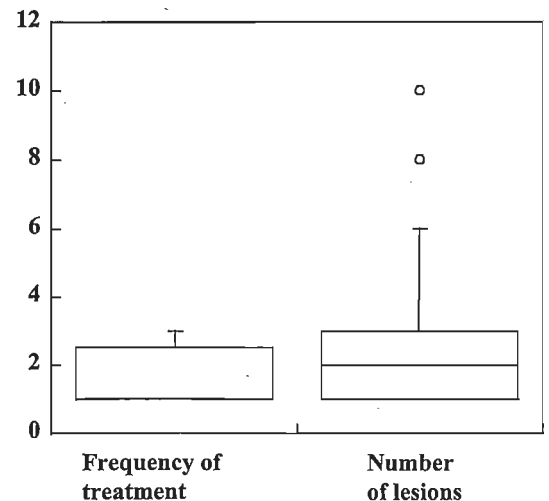


Fig. 2-a 透視時間の箱ひげ図

Fig.2-aは被験者1人あたりの治療回数と治療腫瘍の個数を、Fig.2-bはDSA回数、CT撮影回数を箱ひげ図で示した。Fig.2-cは透視時間の箱ひげ図である。DSAの回数は6回までが6割以上であり、CTの回数は3回～7回が9割近い。

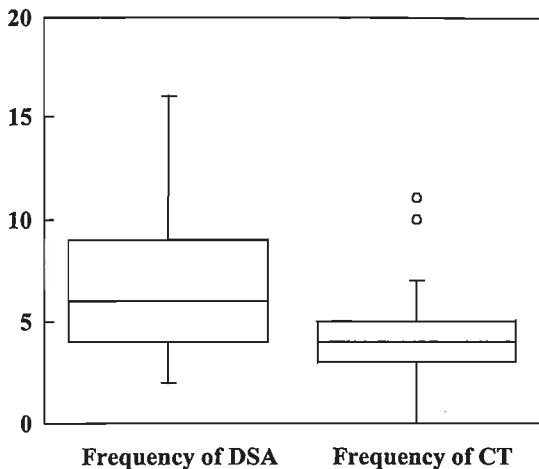


Fig. 2-b 治療回数と治療部位の箱ひげ図

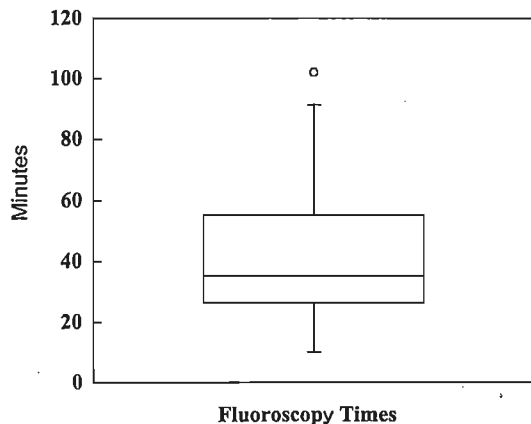


Fig. 2-c DSA回数とCT回数の箱ひげ図

透視時間は40分以上におよぶ場合が4割以上となり、診療が長時間に及んでいる。Fig.3は診療科別の透視時間の平均値である。

Tab.2は各変数間のピアソンの相関係数を示した相関分析表である。これらの結果から透視時間を目的変数とし、残りの変数をカテゴリー化した説明変数とする数量化I類による解析^{10)~12)}を行った。Tab.3に説明変数として用いたアイテムとカテゴリーを示す。

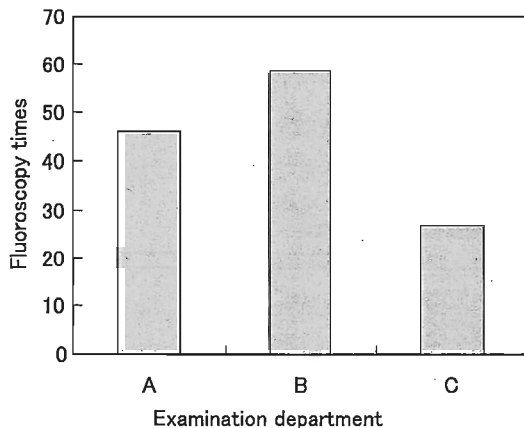


Fig. 3 診療科別の透視時間の平均値

Tab. 2 調査項目間の相関行列

Investigated item	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
Frequency of treatment(V1)	1.00	-0.09	-0.07	0.13	0.07	-0.08	-0.08
Number of lesions(V2)	-	1.00	0.82	0.20	-0.18	0.08	0.11
Number of treated segments(V3)	-	-	1.00	0.18	-0.16	0.05	0.01
Frequency of DSA(V4)	-	-	-	1.00	-0.07	0.32	0.71
Frequency of CT(V5)	-	-	-	-	1.00	-0.02	-0.01
Volume of contrast media(V6)	-	-	-	-	-	1.00	0.36
Fluoroscopy times(V7)	-	-	-	-	-	-	1.00

Tab. 3 調査項目をカテゴリーに分類した基準値

Investigated item	Category			
	I	II	III	IV
Frequency of treatment	1	2	3 \leq	-
Number of lesions	1	2 \leq	-	-
Number of treated segments	1	2	3 \leq	-
Frequency of DSA	\leq 4	5,6	7,8,9	10 \leq
Frequency of CT	\leq 3	4	5	6 \leq
Volume of contrast media(cc)	\leq 30	31 \sim \leq 45	46 \sim \leq 50	51 \leq

III. 結果

本調査の透視時間の全平均は41.02分、標準偏差21.4分で変動係数0.52とばらつきが大きく、データの分布が幅広くなっている。透視時間を診療科別に集計し、一元配置分散分析を行うと有意差がみられ($p < 0.01$)、B科で長くC科の2倍以上となっている。診療科と他の変数間のクロス集計では治療回数、治療回数と治療部位数には従属性はみられない($p > 0.3$)。一方、DSA回数やCT回数は診療科への従属関係が認められる($p < 0.0$)

1)。これらの結果を被験者固有の状態やIVR手技の相違を除外した放射線防護の最適化から捉えると、診療科内での被曝線量に関する情報交換の徹底や必要最低限の疾病情報収集に抑えることで被曝低減が可能であることが示唆される。

Tab.4 数値化I類による結果

	Cat score*	Freq.**	Range	Partial cor***
Frequency of treatment (II)	-3.72730	14	8.5419	0.25952
Frequency of treatment (I)	3.77708	34		
Frequency of treatment (III)	-4.76483	16		
Number of treated segments (II)	-3.12589	20	5.8590	0.12275
Number of treated segments (I)	2.73309	27		
Number of treated segments (III)	-0.56328	17		
Number of lesions (I)	0.89498	31	1.92970	0.04753
Number of lesions (II)	-0.93488	33		
Frequency of DSA(IV)	17.46471	17	31.6353	0.63174
Frequency of DSA (I)	-14.17082	23		
Frequency of DSA (II)	-1.7649	18		
Frequency of DSA(III)	10.13207	6		
Frequency of CT (I)	3.70587	22	12.8950	0.32603
Frequency of CT(IV)	6.83891	13		
Frequency of CT(II)	-6.25612	19		
Frequency of CT(III)	-4.90568	10		
Volume of contrast media (IV)	11.59501	13	16.9525	0.38559
Volume of contrast media (III)	-5.35749	18		
Volume of contrast media (II)	-5.12489	8		
Volume of contrast media (I)	-0.53204	25		
Constant	41.42344			

*Cat score/categorical score
**Freq: Frequency
***Partial cor/Partial correlation

Tab.2の相関分析表では、透視時間とDSA回数間に高い相関が認められ、次いで造影剤、治療個数の順に低下し、他の変数とは相関が認められない。Tab.4は数量化I類による解析結果である。カテゴリー範囲と偏相関係数の順位は一致し、決定係数は0.56(重相関係数:0.75)である。カテゴリー範囲をみるとDSA回数の31.63が最も大きくなり透視時間に与える影響が大である。カテゴリー数量はDSA回数が7回以上で正の値となり、回数の増加とともに透視線量に与える影響は大きくなる。6回以下では負の値となり、4回以下で大きく減少している。造影剤量のカテゴリー範囲はDSAに次いで広く、51cc以上でカテゴリー数量が11.6と正值となり透視時間への影響が認められる。CT回数のカテゴリー範囲は12.9と造影剤量に次ぐ値であるが、回数の増加とカテゴリー数量の関係は見出せない。治療回数と治療個数のカテゴリー範囲は他に比較して小となり、1回目かつ1個の治療で正の値を示し、初回のIVR診療では透視時間が増加することが予測できる。また、治療回数が複数回になるとカテゴリー数量は減少し、透視時間への影響が少なくなっている。

IV. 考 察

医療における被験者の放射線被曝の線量限度は決められておらず、医師による正当化と医師や放射線技師による防護の最適化が十分に機能することが前提となっている。しかし、診療従事者相互間で被曝線量増加に対する危惧の認識は共有していても透視時間や撮影枚数などの被曝線量低減のための十分な情報把握がなされない場合も多くあり、医療現場での放射線防護体系成立の妨げとなっている。

IVR診療で被曝線量を低減させるには ①放射線画像機器として低線量化装置の確立 ②術者の技術熟達による検査時間の短縮 ③IVR診療に参加する医療従事者の放射線被曝に対する認識の周知が考えられる。防護の最適化の面から考察すると①②は診療現場のみでの解決は困難である。③は従事者相互間で放射線被曝に対する認識と被曝線量低減のための情報の共有さえできれば診療現場で解決可能な問題である。

今回の数量化I類による解析結果は主にDSA回数、造影剤量、CT回数が透視時間に影響を与えている。カテゴリー数量はDSA回数やCT回数、造影剤量が一定の値を越えた時点で大きな値を示す場合と、その値以下であれば0に近い値か負の値であった。これはDSA回数や造影剤量が一定の値を超えた場合に透視時間は長くなり、被曝線量も増加することを示している。透視時間の平均値、DSA回数やCT回数に診療科間で有意差がみられたのは精細な疾病情報を必要とする診療科特有の影響と推察できる。

IVRの透視時間や撮影記録に対する情報把握と得られた情報を最適化へ向けてどのように利用するかは正当化を判断する術者にとって難しい判断となる場合も多い。X線発生装置の制御を十分に把握し、不要な透視時間をなくし、不必要な撮影を抑えるための情報把握が最適化への第1ステップである。さらに、IVRは一部の専門的技術を有する術者で繰り返し実施される

ことが多く、被験者個々の被曝線量低減策が加算的な効果となり術者に反映してくることを認識すべきである。

Springer 2000

12) Joseph L.E. : The design and analysis of clinical experiments. John Wiley & Sons. 1986

V. 結 論

肝臓癌でIVR診療を受診した被検者データの統計的解析から透視時間に対する放射線防護の最適化を考察した。DSA回数、造影剤量、CT回数の順に透視時間への影響が大きかった。放射線防護に対する認識と透視時間や撮影回数などの頻繁な情報把握に基づいて最低限の疾病情報収集に抑えることが被曝線量低減に有効であることが推察された。

参考文献

- 1) ICRP Publication 85 : A voidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. Annals of ICRP 2000
- 2) Daniel B. Brown., et al. : Society of Interventional Radiology Position Statement on Chemoembolization of Hepatic Malignancies. J Vasc Interv Radiol. 17(2), 217-223, 2006
- 3) Putte S, et al. : Correlation of patient skin doses in cardiac interventional radiology with dose-area product. Br J Radiol. 2000 May;73(869) : 504-13
- 4) Goni H, et al. : Radiation doses to patients from digital subtraction angiography. Radiat Prot Dosimetry. 2005;117(1-3) : 251-5. Epub 2006 Feb 3
- 5) Y.Funama et al.: The Influence of DSA Examinations on Patient-absorbed Doses. Jpn. J. Med. Phys. 20(2) 61-70 2000
- 6) 坂本肇 他：面積線量計による術者被曝線量推定に関する検討。日放技学会誌 62 (7) 951-960 2006
- 7) 水谷宏 他：IVRにおける患者被曝線量の測定と防護に関する研究班報告。日放技学会誌 59 (3) 369-381 2003
- 8) Shope T.B et al.: Radiation-induced Skin Injuries from fluoroscopy Center for Device and Radiological Health. FDA, 1997
- 9) P. Armitage et al.: Statistical Methods in Medical Research. Blackwell Scientific Publication. 1994
- 10) 菅民郎：多変量解析の実践 現代数学社 2004
- 11) Andreas K. et al. : The basics of S and S-plus.