心臓カテーテル検査と冠動脈インターベンションにおける バイプレーン装置とシングルプレーン装置の患者被ばく線量の比較

武田 和也^{1,2}, 千田 浩一², 桃原 哲也³, 高山 守正³, 高梨秀一郎⁴

われわれは心臓カテーテル検査および冠動脈インターベンションにおけるバイプレーン装置とシングルプレーン装置による被ばく線量の違いを調査した。心臓カテーテル検査 857 例および冠動脈インターベンション 142 例の透視時間、透視線量、シネ撮影回数、シネ撮影線量、総線量、造影剤量を比較検討した。心臓カテーテル検査ではバイプレーン群 487 例がシングルプレーン群 370 例に比べ透視時間、透視線量、シネ撮影回数、シネ撮影線量、総線量といずれも有意に高く、造影剤量は有意に少なかった。冠動脈インターベンションにおいてもバイプレーン群 37 例はシングルプレーン群 105 例より透視時間、透視線量、シネ撮影回数、シネ撮影線量、総線量が有意に高かったが、造影剤量に差はなかった。バイプレーン装置の使用は被ばく線量を増加させることから手技内容、患者状態に合わせて使用することが望ましい。

KEY WORDS: dose compare of biplane and single-plane, dose compare of cardiac catheterization, dose reduction

I. 目 的

現在、心臓カテーテル検査、冠動脈インターベンションに使用する心血管撮影装置には、フラットパネルディテクタ (Flat panel detector: FPD) を 1 つ装備したシングルプレーン装置と FPD を 2 つ装備したバイプレーン装置が用いられている¹⁾。バイプレーン装置は一度の造影剤注入で 2 方向同時シネ撮影が可能で造影剤量を減らすことができるため、低腎機能患者において造影剤性腎症の予防に有用であると報告されている²⁾。また、おもに心大血管を造影する小児では、シネ撮影回数を減らすことができるバイプレーン装置は必須といえる¹⁾。さらに、カテーテルやガイドワイヤーの複雑な操作を要する手技では、2 方向から同時に情報を取得できるバイプレーン装置の有用性が報告されている³⁾。その一方で、冠動脈インターベンションによる患者皮膚被ばく線量の増加に伴う放射線皮膚障害も問題⁴⁻⁹⁾となっており、患者被ばくをいかに減らすかが課題となっている¹⁰⁾。海外ではバイプレーン装置とシングルプレーン装置における心臓カテーテル検査や冠動脈インターベンションによる患者被ばく線量を比較した報告^{11,12)}がされているが、心臓カテーテル検査¹¹⁾または冠動脈インターベンション¹²⁾いずれかの報告であり、両方を同時に比較した報告はない。今回われわれは、単一施設ではあるが心臓カテーテル検査と冠動脈インターベンシ

ョンにおける、シングルプレーン装置 (以下、シングルプレーン群) とバイプレーン装置 (以下、バイプレーン群) の患者被ばく線量、および造影剤量について比較検討した。

II. 対象と方法

対象は 2010 年 8 月から 2010 年 12 月に当院で施行した心臓カテーテル検査 857 例、冠動脈インターベンション 142 例とした。心臓カテーテル検査はシングルプレーン群 370 例とバイプレーン群 487 例、冠動脈インターベンションはシングルプレーン群 105 例とバイプレーン群 37 例である。冠動脈インターベンションは手技の難易度に偏りが生じないよう 1 枝のみに治療を施行した症例を対象とした。心血管撮影装置に記録される照射記録から透視時間、透視線量、透視線量率、シネ撮影回数、シネ撮影線量、1 回あたりのシネ撮影線量、総線量、造影剤量について後ろ向きに検討した。透視線量、シネ撮影線量、総線量は心血管撮影装置に装備されている面積線量計の空気カーマ表示値を用いた。透視線量率は透視線量を透視時間で除した値とし、1 回あたりのシネ撮影線量は全シネ撮影線量の平均値とした。統計処理は JMP Pro11 を用いて両群間の患者背景はカイ 2 乗検定で行い、患者被ばく線量は *t* 検定 (対応なし) を行いいずれも $P < 0.05$ を有意とした。なお、本研究は当院の倫理委員会の承認を得て調査を行った。

1. 使用装置と照射条件

シングルプレーン群はシーメンス社製 AXIOM-Artis dFC、バイプレーン群はシーメンス社製 AXIOM-Artis dBC を使用した。2 装置ともに同一の X 線発生器、X 線管、FPD を装備しており FPD への X 線入射線量も同一に設定している。患者照射基準線量はシングルプレーン装置が透視線量率 13.6 mGy/min、シネ撮影線量率 1.3 mGy/sec で、バイプレーン装置は透視線量率 13.7 mGy/min、シネ撮影線量率 1.3 mGy/sec

¹ 公益財団法人日本心臓血管研究振興会附属榊原記念病院放射線科 (〒183-0003 東京都府中市朝日町 3-16-1)、² 東北大学大学院医学系研究科放射線検査学、³ 公益財団法人日本心臓血管研究振興会附属榊原記念病院循環器内科、⁴ 公益財団法人日本心臓血管研究振興会附属榊原記念病院心臓血管外科

2016.09.27 受付, 2017.03.29 受理, 2017.06.01 J-STAGE 早期公開済
doi: 10.7793/jcoron.23.16-00022

Table 1 Standard preset angulations of single-plane and biplane

angulation	field size	frame rate	single-plane	biplane	
			frontal plane	frontal plane	lateral plane
LCA	20cm	15f/s	RAO30	RAO30/CAU0	LAO60/CAU0
			RAO30/CAU20	RAO30/CAU20	LAO50/CRA25
			RAO30/CRA25	RAO30/CRA25	LAO90
			CRA40	RAO0/CRA40	LAO55/CAU30
			LAO50/CRA25	RAO10/CAU35	
			LAO60		
			LAO55/CAU30		
RCA	20cm	15f/s	RAO10/CAU35		
			LAO50	RAO30	LAO50
			LAO30/CRA25	LAO30/CRA25	
LV	25cm	30f/s	RAO30	RAO30	LAO60

LCA: left coronary artery, RCA: right coronary artery, LV: left ventricle,

RAO: right anterior oblique, LAO: left anterior oblique, CRA: cranial, CAU: caudal

Table 2 Patient characteristics in cardiac catheterization

	single-plane group n=370	biplane group n=487	<i>P value</i>
male/female	265/105	360/127	0.50
age	66.5 ± 9.7	65.9 ± 10.8	0.92
height (cm)	161.4 ± 10.1	161.5 ± 8.7	0.88
weight (kg)	61.9 ± 11.1	61.7 ± 11.1	0.79
arterial access site (femoral/radial)	120/250	147/340	0.21
CABG cases	76	82	0.19
number of graft	3.41 ± 1.32	3.32 ± 1.95	0.74
left ventriculography	272	364	0.53
spasm provocation test	26	25	0.26
right heart catheterization	136	170	0.64
ischemic heart disease	314	374	< 0.05
valvular heart disease	20	63	< 0.01
cardiomyopathy	12	15	0.92

CABG: coronary artery bypass grafting

Table 3 Patient characteristics in percutaneous coronary intervention

	single-plane group n=105	biplane group n=37	<i>P value</i>
male/female	87/28	22/15	0.057
age	68.2 ± 10.1	68.7 ± 9.5	0.790
height (cm)	162.7 ± 8.3	161.3 ± 9.1	0.390
weight (kg)	63.4 ± 12.1	64.1 ± 13.0	0.770
arterial access site (femoral/radial)	45/60	15/22	0.810
target lesion (LAD/LCx/RCA/graft)	54/15/32/4	18/5/14/0	0.680
ACC/AHA Lesion classification (A/B1/B2/C)	17/20/48/20	1/12/15/9	0.084
de novo/restenosis	97/8	30/7	0.054
number of device	2.11 ± 0.94	2.45 ± 0.93	0.060
side branch protection	0	1	0.095

LAD: left anterior descending, LCx: left circumflex, RCA: right coronary artery, ACC: american college of cardiology, AHA: american heart association

と同等であり、定期的に線量測定を実施して装置間に差がないことを確認している。

Table 1 に当院における心臓カテーテル検査時のシネ撮影角度を示す。心臓カテーテル検査、冠動脈インターベンションともに透視は 15 パルス / 秒 (p/s)、冠動脈造影のシネ撮影フレームレートは 15 フレーム / 秒 (f/s)、FPD サイズは 20 cm、左室造影はシネ撮影フレームレートを 30 フレーム / 秒 (f/s)、FPD サイズは 25 cm で行った。

III. 症例背景

Table 2 に心臓カテーテル検査の患者背景と冠動脈造影以

外の造影部位、検査内容を示す。心臓カテーテル検査は患者の性別、年齢、身長、体重において両群間に有意差を認めなかった。左室造影、冠攣縮誘発試験、および右心カテーテル検査などの追加検査でも両群間に有意差を認めなかった。疾患別分類では心臓カテーテル検査で虚血性心疾患と心臓弁膜症例に有意差を認めたが、心筋症症例では両群間に有意差を認めなかった。

Table 3 に冠動脈インターベンション症例の患者背景と手技内容を示す。冠動脈インターベンションにおいても患者の性別、年齢、身長、体重および動脈アクセス部位でもシングルプレーン群、バイプレーン群で有意差を認めなかった。ま

Table 4 X-ray exposure parameters in cardiac catheterization

	single-plane group n=370	bi-plane group n=487	<i>P</i> value
fluoroscopy time (min)	14.4 ± 9.2	16.3 ± 10.0	< 0.01
fluoroscopy dose (mGy)	247 ± 216	320 ± 269	< 0.01
fluoroscopy dose/min (mGy/min)	17.2 ± 8.3	19.7 ± 8.9	< 0.01
number of cineangiography runs	13.3 ± 6.7	14.7 ± 5.9	< 0.01
cineangiography dose (mGy)	287 ± 162	396 ± 245	< 0.01
cineangiography dose/run (mGy)	22.4 ± 11.1	27.1 ± 13.8	< 0.01
total dose (mGy)	534 ± 329	715 ± 443	< 0.01
amount of contrast media (ml)	128 ± 43	105 ± 34	< 0.01

た、治療対象枝の左前下行枝、左回旋枝、右冠動脈、バイパスグラフトの割合にも有意差を認めなかった。ACC/AHA 病変分類ではシングルプレーン群に type A 症例が多い傾向があった。さらに新規病変と再狭窄病変に対する冠動脈インターベンション、バルーンやステントなどのデバイスの数、および側枝保護のいずれもバイプレーン群が多い傾向であった。

IV. 結 果

Table 4 に心臓カテーテル検査における患者被ばく線量の結果を示す。透視時間、透視線量、透視線量率、シネ撮影回数、シネ撮影線量、1 回あたりのシネ撮影線量、総線量といずれもバイプレーン群が有意に多かった。造影剤量はバイプレーン群が有意に少なかった。

Table 5 に冠動脈インターベンションにおける患者被ばく線量の結果を示す。透視時間、透視線量、シネ撮影回数、シネ撮影線量、1 回あたりのシネ撮影線量、および総線量のいずれもバイプレーン群が有意に多かった。しかし、総線量の平均では放射線皮膚障害である皮膚の初期紅斑のしきい線量の 2Gy をこえていなかった。造影剤量は両群間に有意差を認めなかった。

Fig. 1 は心臓カテーテル検査と冠動脈インターベンションにおける総線量をシングルプレーン群とバイプレーン群で比較したものを示す。

Fig. 2 に心臓カテーテル検査と冠動脈インターベンションの造影剤量をバイプレーン群とシングルプレーン群で比較したものを示す。総被ばく線量は心臓カテーテル検査、冠動脈インターベンションともにバイプレーン群が高かった。造影剤量は心臓カテーテル検査でバイプレーン群が少なかったが、冠動脈インターベンションでは両群間に有意差を認めなかった。

Table 5 X-ray exposure parameters in percutaneous coronary intervention

	single-plane group n=105	bi-plane group n=37	<i>P</i> value
fluoroscopy time (min)	19.9 ± 11.3	25.8 ± 15.9	< 0.05
fluoroscopy dose (mGy)	696 ± 559	1013 ± 840	< 0.05
fluoroscopy dose/min (mGy/min)	33.2 ± 12.2	37.3 ± 12.4	0.0808
number of cineangiography runs	24.1 ± 9.5	31.4 ± 9.2	< 0.01
cineangiography dose (mGy)	431 ± 377	641 ± 383	< 0.05
cineangiography dose/run (mGy)	16.8 ± 9.8	20.6 ± 10.7	< 0.05
total dose (mGy)	1128 ± 846	1654 ± 1124	< 0.01
amount of contrast media (ml)	168 ± 58.7	167 ± 74.0	0.92

V. 考 察

Lin らは心臓カテーテル検査ではバイプレーン装置によって造影剤量を減らすことは可能であるが被ばく線量が多くなると報告している¹¹⁾。また、Sadick らは冠動脈インターベンションにおいて造影剤量に差はなく、被ばく線量が多くなると報告している¹²⁾。バイプレーン群は心臓カテーテル検査、冠動脈インターベンションともに透視時間が長く、撮影回数が多く線量が多くなった。透視時間が多くなった要因として術者の経験によって差が生じると報告している¹¹⁾。

われわれの調査でも心臓カテーテル検査では透視時間が長くなった要因としてバイプレーン操作に不慣れな術者によるものと考えられる。撮影回数はシングルプレーン装置では左室造影を右前斜位 30 度のみで行っているが、バイプレーン装置では左前斜位 60 度も同時に撮影している。つぎに、左冠動脈造影のシネ撮影がシングルプレーン装置で 8 方向、バイプレーン装置で 9 方向であり左室造影とあわせると 2 方向分多くシネ撮影していることもバイプレーン群のシネ撮影回数が多くなった要因と考える。さらに、バイプレーン装置使用の問題点としてシネ撮影時の正面、側面の切り替え間違いや不必要な 2 方向シネ撮影などの人為的なミスもシネ撮影回数増加の要因と考えられる。

バイプレーン使用時の患者被ばく低減には診療放射線技師の機器操作や検査の習熟による人為的な操作ミスを減らすことは勿論であるが、被ばく低減支援アプリケーションの活用¹³⁾や機器を操作する医師やコメディカルの技術習熟が大切である。

Kane らはバイプレーン装置を使用することで造影剤量を少なくできると報告している²⁾。

今回の調査では、冠動脈インターベンションではバイプ

Fig. 1 Comparison of the total dose between biplane and single-plane.

Box plots show average and interquartile range of total dose at biplane and single-plane in CAG and PCI.

CAG and PCI both was higher the exposure dose at biplane.

CAG: coronary angiography, PCI: percutaneous coronary intervention.

Fig. 2 Comparison of amount of contrast media between biplane and single-plane.

Box plots show average and interquartile range of amount of contrast media at biplane and single-plane in CAG and PCI.

Was less amount of contrast media at biplane in CAG, however there was no difference in PCI.

CAG: coronary angiography, PCI: percutaneous coronary intervention.

レーン装置で造影剤量を少なくできなかった。その要因として、冠動脈インターベンションではバイプレーン装置を使用してもガイドワイヤーの挿入、バルーン拡張前、およびステント留置前の確認を一方向のみで行っていることが考えられた。また、われわれの調査では成人の心臓カテーテル検査と冠動脈インターベンションを対象としているため、小児心臓カテーテル検査におけるバイプレーン装置の有用性は検証できていない。

千田らはX線システムの違いによって患者照射線量が異なるとの報告している¹⁴⁾。また、稲葉らは使用システムの線量が高い場合には線量低減措置を講じる必要があり、X線システムの定期的な線量測定が必要であると報告している¹⁵⁾。

VI. 限界点

本調査は単一施設で行った検討である。左右冠動脈造影のシネ撮影角度やシネ撮影回数も施設により異なる。心臓カテーテル検査におけるシネ撮影回数がバイプレーン群で多く両装置間で一致していない。また、術者や操作をする医師の経験や能力を考慮していないこと。1枝病変に対する冠動脈インターベンション症例の検討であり、多枝病変に対する冠動脈インターベンション症例を除外していることである。

VII. 結 語

バイプレーン群はシングルプレーン群にくらべて心臓カテーテル検査、冠動脈インターベンションともに被ばく線量が高かった。バイプレーン装置に対する技術習熟により被ばく低減を図る可能性はあるものの、バイプレーン装置の使用は被ばく線量が増加するため腎機能低下症例や、造影カテーテルが挿入しにくいなどバイプレーン装置による手技が相応

しい症例に対しての使用が望ましい。

本論文に関して開示すべき利益相反関係はない。

文 献

- 1) Bashore TM, Bates ER, Berger PB et al: American College of Cardiology/Society for Cardiac Angiography and Interventions clinical expert consensus document on cardiac catheterization laboratory standards. A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. J Am Coll Cardiol 2001; **37**: 2170-2214
- 2) Kane GC, Doyle BJ, Lerman A, et al: Ultra-low contrast volumes reduce rates of contrast-induced nephropathy in patients with chronic kidney disease undergoing coronary angiography. J Am Coll Cardiol 2008; **51**: 89-90
- 3) Philips Medical. Biplane cardiovascular X-ray system for complex procedures. 2008 Oct [cited 2008 July 6]; Available from: http://www.medical.philips.com/main/products/interventional_xray/product/interventional_cardiology/imaging_systems/intcardio_fd2010.wpd
- 4) Scott NS: Reports on 69 cases of injuries associated with rays, 6 of which were caused by the patients conditions, but most of which were burns caused by x rays. Am X-Ray J 1897; **1**: 57-66
- 5) Calkins H, Niklason L, Sousa J, et al: Radiation exposure during radiofrequency catheter ablation of accessory atrioventricular connections. Circulation 1991; **84**: 2376-2382
- 6) Cascade PN, Peterson LE, Wajszczyk WJ, et al: Radiation exposure to patients undergoing percutaneous transluminal coronary angioplasty. Am J Cardiol 1987; **59**: 996-997
- 7) Huda W, Peters KR: Radiation-induced temporary epilation after a neuroradiologically guided embolization procedure. Radiology 1994; **193**: 642-644
- 8) Kovoov P, Ricciardello M, Collins L, et al: Risk to patients from radi-

- ation associated with radiofrequency ablation for supraventricular tachycardia. *Circulation* 1998; **98**: 1534-1540
- 9) Malkinson FD: Radiation injury to skin following fluoroscopically guided procedures. *Arch Dermatol* 1996; **132**: 695-696
 - 10) den Boer A, de Feijter PJ, Serruys PW, et al: Real-time quantification and display of skin radiation during coronary angiography and intervention. *Circulation* 2001; **104**: 1779-1784
 - 11) Lin A, Brennan P, Sadick N, et al: Optimisation of coronary angiography exposures requires a multifactorial approach and careful procedural definition. *Br J Radiol* 2013; **86**: 20120028
 - 12) Sadick V, Reed W, Collins L, et al: Impact of biplane versus single-plane imaging on radiation dose, contrast load and procedural time in coronary angioplasty. *Br J Radiol* 2010; **83**: 379-393
 - 13) Johnson C, Martin-Carreras T, Rabinowitz D: Pediatric interventional radiology and dose-reduction techniques. *Semin Ultrasound CT MR* 2014; **35**: 409-414
 - 14) Chida K, Inaba Y, Morishima Y: Comparison of dose at an interventional reference point between the displayed estimated value and measured value. *Radiol Phys Technol* 2011; **4**: 189-193
 - 15) Inaba Y, Chida K, Shirotori K, et al: Comparison of the radiation dose in a cardiac IVR X-ray system. *Radiat Prot Dosimetry* 2011; **143**: 74-80

Comparison of x-ray radiation dose of the biplane and the single-plane in the cardiac angiography and percutaneous coronary intervention

Kazuya Takeda^{1,2}, Koichi Chida², Tetsuya Tobaru³, Morimasa Takayama³ and Shuichiro Takanashi⁴

¹Department Radiology, Sakakibara Heart Institute

²Graduate School of Medicine, Tohoku University, Department of Health Sciences

³Department of Cardiology, Sakakibara Heart Institute

⁴Department of Cardiovascular Surgery, Sakakibara Heart Institute

We investigated the difference in radiation dose between the two imaging technique by dividing the patients undergoing cardiac angiography a (857 cases) and coronary intervention (142 cases) into the biplane group and the single-plane group to Fluoroscopy time, fluoroscopy dose, number of cineangiography runs, cineangiography dose, total dose and amount of contrast media were compared and examined in the both groups. In the cardiac angiography, 487 cases in the biplane group were significantly higher in fluoroscopy time, fluoroscopy dose, number of cineangiography, fluoroscopy dose, cineangiography dose and total dose than 370 cases in the single-plane group while the contrast load used was significantly lower. Also in coronary intervention, 37 cases in the biplane group showed significantly higher fluoroscopy time, fluoroscopy dose, number of cineangiography runs, cineangiography dose and total dose than 105 cases in the single-plane group, however there was no difference in amount of contrast media. Since biplane imaging leads to increase the radiation dose, we should select imaging technique according to the procedure and patient condition.

KEY WORDS: dose compare of biplane and single-plane, dose compare of cardiac catheterization, dose reduction

J Jpn Coron Assoc 2017; 23: 97-101