

1) 論文種別：原著

2) 論文タイトル：

脳血管撮影検査における術者経験数別の透視時間および放射線量の検討

3) 全員の著者名：

新美淳<sup>1</sup>、中村元<sup>1</sup>、上田浩太郎<sup>2</sup>、横山大騎<sup>1</sup>、田坂研太<sup>1</sup>、根本文夫<sup>1</sup>、森脇拓也<sup>1</sup>、畑山和己<sup>1</sup>、内藤博道<sup>1</sup>

4) 著者全員の所属施設・部署：

船橋市立医療センター 脳神経外科<sup>1</sup>

国保旭中央病院 脳神経外科<sup>2</sup>

5) 連絡著者の氏名・連絡先：

新美 淳

所属；船橋市立医療センター 脳神経外科

住所；〒273-8588 千葉県船橋市金杉 1-21-1

電話番号；047-438-3321

メールアドレス；juniimi@hotmail.com

6) キーワード：

脳血管撮影検査、術者経験数、透視時間、放射線量、learning curve

7) 宣言：

本論文を、日本脳神経血管内治療学会機関紙 JNET Journal of Neuroendovascular Therapy に投稿するにあたり、筆頭著者、共著者によって、国内外の他雑誌に掲載ないし投稿されていないことを誓約致します。

## 脳血管撮影検査における術者経験数別の透視時間および放射線量の検討

和文要旨：

### 【目的】

脳血管撮影検査（Cerebral Angiography: CA）において、術者経験数別の透視時間および放射線量を調査し、その learning curve を明らかにする。

### 【方法】

2015年4月から2020年3月の5年間、当院で施行されたCAを対象とした。術者経験数1例から50例（A群）、51例から100例（B群）、101から200例（C群）、201例以降（D群）の4群に分け、透視時間および放射線量について後方視的に調査し、検討した。

### 【結果】

CA連続865例のうち、治療後等のフォローアップ検査293例、動静脈シャント性疾患54例、データ不足のあった21例、検査中の血栓症に治療介入を要した1例を除外し、496例を対象とした。A群61例、B群56例、C群44例、D群335例であり、患者背景因子については各群間に有意差は認めなかった。各群の透視時間および放射線量の中央値（4分位範囲）は、A群で20.2分（14.6）および374mGy（185.3）、B群で14.8分（12.1）および366mGy（167.9）、C群で10.8分（6）および320mGy（151.7）、D群で9.4分（6.4）および336mGy（171）であった。透視時間はC群がA群より、D群がA・B・C群より有意に短かった。放射線量はC・D群がA・B群より有意に少なかった。

### 【結論】

術者としてCAを約100例経験する事で、単独で施行できるレベルに達す

る可能性が示唆された。

## 諸言

脳血管撮影検査 (Cerebral Angiography: CA) は、脳血管障害の検査として gold standard である。また、近年は脳血管内治療数が増加傾向にある。CA および脳血管内治療においては、その対象疾患のアウトカムばかりに目が向けられがちであるが、血栓塞栓症や穿刺部合併症等と共に、患者および医療者被曝は避けては通れない問題である。そのため、常日頃の CA から、透視時間の短縮および放射線量を低減させるための訓練および工夫が不可欠である。

CA において放射線量を低減させる工夫に関しては様々な報告が存在するが<sup>1)</sup>、具体的な術者経験数に基づいてそれらの検討がなされた報告は殆どなく、CA の learning curve は明らかになっていない。そこで、今回我々は、CA における術者経験数別の透視時間 (Fluoroscopy Time : FT) および放射線量として空気カーマ (Air Kerma : AK) を後方視的に調査し、検討した。

## 対象と方法

2015年4月から2020年3月までの5年間、当院で施行されたCA連続865例を対象とした。そのうち、撮影血管数が一定でない治療後等のフォローアップ検査293例、放射線量が他疾患より多くなると想定される脳動静脈奇形や硬膜動静脈瘻等の動静脈シャント性疾患54例、データ不足のあった21例、検査中の血栓症に治療介入を要した1例を除外し、最終的に496例を対象とした。

CAの術者経験数別に、1例目から50例目をA群、51例目から100例目を

B 群、101 例目から 200 例目を C 群、201 例目以降を D 群の 4 群に分け、以下の項目について検討した。患者背景因子として、電子カルテおよび退院時サマリーを基に、患者年齢、性別、高血圧症 (hypertension : HT)、糖尿病 (diabetes mellitus : DM)、高脂血症 (hyperlipidemia : HL)、喫煙の有無、心筋梗塞 (myocardial infarction : MI) や閉塞性動脈硬化症 (arteriosclerosis obliterans : ASO) 合併、検査対象疾患 (脳動脈瘤、虚血性疾患、その他) について、評価項目として放射線科情報システムを基に FT の正側合計および AK の正側合計を後方視的に調査し、検討した。

血管撮影装置は PHILIPS 社製 Allura Clarity FD20/20 を使用した。

統計学的検討は、連続変数は Kruskal-Wallis 検定、Bonferroni 補正、名義変数はカイ 2 乗検定を用いて IBM SPSS Statistics version 22 (IBM, Armonk, NY, USA) で解析し、有意水準は 0.05 とした。

## 結果

CA は同期間に当センターに所属した 7 名の脳神経外科医、1 名の脳神経内科医が行い、術者経験数別の各群は、A 群 61 例、B 群 56 例、C 群 44 例、D 群 335 例であった。

496 例全体の平均年齢は 65.5 (±13.4) 歳、男性 242 例 (48.8%)、検査対象疾患は脳動脈瘤が 240 例 (48.4%)、虚血性疾患が 148 例 (29.8%)、その他が 108 例 (21.8%) であった。その他の内訳は、脳腫瘍が 52 例、頭蓋内出血 50 例、静脈洞血栓症 2 例、sinus pericranii 1 例、脳底動脈解離 1 例、四肢麻痺精査が 1 例であった。穿刺部位は、大腿動脈が 485 例 (97.8%) と最多であり、橈骨動脈が 7 例 (1.4%)、上腕動脈が 4 例 (0.8%) であった。撮影血管数は、496 例全体の中央値で 3 本 (4 分位範囲 1) であり、各群い

ずれにおいても中央値で 3 本であった。

496 例全体の FT は中央値で 10.5 分（4 分位範囲 9.1）、AK は中央値で 342.5mGy（4 分位範囲 169.4）であった。

患者背景因子については、患者年齢、性別、HT、DM、HL、喫煙の有無、MI や ASO 合併、検査対象疾患（脳動脈瘤、虚血性疾患、その他）のいずれにおいても各群間に統計学的有意差は認めなかった（Table.1）。

各群の FT の中央値（4 分位範囲）は、A 群で 20.2 分（14.6）、B 群で 14.8 分（12.1）および、C 群で 10.8 分（6）、D 群で 9.4 分（6.4）であった。AK の中央値（4 分位範囲）は、A 群で 374mGy（185.3）、B 群で 366mGy（167.9）、C 群で 320mGy（151.7）、D 群で 336mGy（171）であった。Kruskal-Wallis 検定で、FT および AK のいずれにおいても群間に統計学的有意差を認めた（Table.2）。Bonferroni 補正で、FT については C 群が A 群より、D 群が A・B・C 群より有意に短かった。また AK については C および D 群が A および B 群より有意に少なかった（Fig.1, Table.3）

## 考察

CA および脳血管内治療を行うにあたり、透視時間の短縮と放射線量の低減には常に注意をしなければならない。放射線量を低減させるための工夫に関しては様々な報告が存在する。Pearl らは、CA 時に穿刺部評価を透視のみで施行する事、ロードマップ撮影時のパルスレートを下げる事が有用であると報告している<sup>1)</sup>。Choi らは CA および脳動脈瘤の血管内治療時に、フレームあたりの放射線量を 3.6mGy から 1.8mGy に下げ、臨床的に画質に問題がなかった事を報告している<sup>2)</sup>。また、Pearl らは、CA の放射線量の報告には幅があり、影響を与える因子として、患者特性、血管解剖、撮影条件

等と共に術者も1つの因子であると報告しているが<sup>1)</sup>、具体的な術者の経験数に基づいて透視時間や放射線量を報告しているものは殆どない。

そこで、今回我々は、術者経験数別に4群に分けて検討した。各群は本邦の脳神経外科専門医カリキュラムにおいて、おおよそA群(1例目～50例目)はシニアレジデント1年目、B群(51例目～100例目)はシニアレジデント2年目、C群(101例目～200例目)は脳神経外科専門医取得前、D群(201例目以降)は脳神経外科専門医に相当すると考えられる。

検討項目については、患者背景因子としては、カテーテルアクセスに影響を及ぼすことが予想される項目を中心に検討したが、年齢や心血管疾患の既往等も含め、各群間に統計学的有意差は認めなかった。

CAの検査目的については、治療後等のフォローアップ検査では対象血管のみの撮影の事も少なくなく、本検討からは除外した。また、脳動静脈奇形や硬膜動静脈瘻等の動静脈シャント性疾患では、治療時には他疾患よりも放射線量が多い事が報告されており<sup>3,4)</sup>、検査においても他疾患より放射線量が多くなる事が想定され、除外した。本研究の496例全体の結果では、中央値でFTは10.5分、AKは342.5mGyであり、過去の報告と比較しても遜色のないものであった<sup>5)</sup>。

群間比較では、FTはC群がA群より、D群がA・B・C群より有意に短かった。AKはCおよびD群がAおよびB群より有意に少なかった。FTはAKよりも術者経験数に対してより直線的な結果を示したが、これは、AKは術者や症例によって穿刺部撮影の有無、撮影回数、3-dimensional rotational angiographyやcone-beam CT撮影等の施行に偏りがあるのに対し、FTは純粹に術者の技量を反映し易いためと考えられた。そこで、CAのlearning curveを明らかにするために、各群の術者経験数の幅の中央(D群に関して

は 300 例とした) を横軸に、FT を縦軸にプロットし、AB 群間を結んだ直線と CD 群間を結んだ直線の交点を求めると、術者経験数 108 例の部位となった。これにより、CA は 108 例程度術者を経験する事で、術者として単独で施行できるレベルに達する可能性が示唆された (Fig.2)。これは、Sato らが CA において術者経験数 100 例以下の場合に検査後の MRI DWI において high-intensity lesions が有意に多い事を報告しており<sup>6)</sup>、似通った結果であると考えられた。また、近年は他のモダリティの発展が著しく、施設によっては CA の件数が減少傾向にある事が予想される。その様な環境下においても、より早期に CA のスキルアップを図るために、シュミレーターの有用性も報告されており<sup>6,7)</sup>、積極的な使用を考慮しても良いと考えられた。本研究の limitation として、単施設の後方視的研究である事が挙げられる。術者は限られており、特に A 群および B 群に分類されているのは、3 名の医師のみであり、個人的なスキルおよび learning curve が全体の結果に影響を与えている可能性は否定しきれない。

## 結語

単施設の後方視的研究において、術者として CA を約 100 例経験する事で、単独で施行できるレベルに達する可能性が示唆された。

## 利益相反開示

本論文に関して、開示すべき利益相反状態は存在しない。

## 文献

1) Pearl MS, Torok C, Wang J, et al: Practical techniques for reducing

radiation exposure during cerebral angiography procedures. *J Neurointerv surg.* 2015; 7: 141-145.

2) Choi J, Kim B, Choi Y, et al: Image Quality of Low-Dose Cerebral Angiography and Effectiveness of Clinical Implementation on Diagnostic and Neurointerventional Procedures for Intracranial Aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2019; 40: 827-833

3) Imazeki M, Kawasaki K, Hasegawa R, et al: Evaluation of Patients' Radiation Exposure in Neuroendovascular Therapy –Estimated dose by questionnaire investigation - *JNET* 2014; 8: 305-312

4) Ameer EH, Sophie A: Radiation Exposure during Neurointerventional Procedures in Modern Biplane Angiographic Systems: A Single-Site Experience. *Interv Neurol.* 2017; 6: 105-116

5) Ihn YK, Kim BS, Byun JS, et al: Patient Radiation Exposure During Diagnostic and Therapeutic Procedures for Intracranial Aneurysms: A Multicenter Study. *Neurointervention* 2016; 11: 78-85

6) Sato M, Nakai Y, Tsurushima H, et al: Risk Factors of Ischemic Lesions Related to Cerebral Angiography and Neuro-interventional Procedures. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2013; 53: 381-387

7) Patel AD, Gallagher AG, Nicholson WJ, et al: Learning Curves and Reliability Measures for Virtual Reality Simulation in the Performance Assessment of Carotid Angiography. *J Am Coll of Cardiol.* 2006; 9: 1796-1802



図表の説明

Table 1: Comparison of patient background factors.

Table 2: Comparison of fluoroscopy time and air kerma.

Table 3: Comparison of fluoroscopy time (a) and air kerma (b) by Kruskal-Wallis test and Bonferroni correction.

Fig.1:

Median and interquartile range for each group of fluoroscopy time (a) and air kerma (b). \*: There is a statistically significant difference between the groups ( $p < 0.05$ ).

Fig.2:

The center of the range of the number of operator experiences in each group was plotted on the horizontal axis, however, group D was set for 300 cases. The median of fluoroscopy time was plotted on the vertical axis. The intersection of the straight line connecting A and B and the straight line connecting C and D was found.

Table.1: Comparison of patient background factors.

	A	B	C	D	$\chi^2$	df	p value
Variable	(N=61)	(N=56)	(N=44)	(N=335)			
Age - yo	68 (19)	71 (24)	72.5 (24)	69 (18)			0.613
Male sex - no.(%)	29 (47.5)	23 (41.1)	27 (61.4)	163 (48.7)	4.160	3	0.245
Hypertension - no.(%)	34 (55.7)	31 (55.4)	31 (70.5)	209 (62.4)	3.349	3	0.341
Diabetes mellitus - no.(%)	11 (18.0)	9 (16.1)	9 (20.5)	63 (18.8)	0.359	3	0.949
Hyperlipidemia - no.(%)	19 (31.1)	15 (26.8)	19 (43.2)	134 (40.0)	5.273	3	0.153
Smoking - no.(%)	21 (34.4)	16 (28.6)	8 (18.2)	96 (28.7)	3.358	3	0.340
Cardiovascular disease - no.(%)	6 (9.8)	4 (7.1)	5 (11.4)	34 (10.1)	0.607	3	0.895
Disease group					9.05	6	0.171
Cerebral aneurysm - no.(%)	32 (52.5)	26 (42.6)	18 (40.9)	164 (49.0)			
Ischemic disease - no.(%)	13 (21.3)	14 (25.0)	12 (27.3)	109 (32.5)			
Other - no.(%)	16 (26.2)	16 (28.6)	14 (31.8)	62 (18.5)			

Table.2: Comparison of fluoroscopy time and air kerma.

	A	B	C	D	p value
Variable	(N=61)	(N=56)	(N=44)	(N=335)	
Fluoroscopy time - min					< 0.001
Median	20.2	14.8	10.8	9.4	
Interquartile range	14.6	12.1	6.0	6.4	
Air kerma - mGy					0.001
Median	374.0	366.0	320.0	336.0	
Interquartile range	185.3	167.9	151.7	171.0	

Table.3: Comparison of fluoroscopy time (a) and air kerma (b) by Kruskal-Wallis test and Bonferroni correction.

(a)

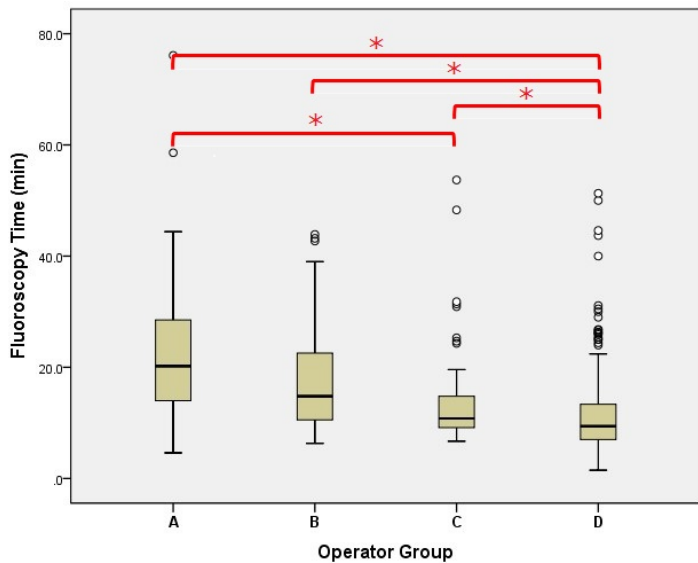
	Crude p value	Adjusted p value
D-C	0.004	0.024
D-B	< 0.001	< 0.001
D-A	< 0.001	< 0.001
C-B	0.055	0.330
C-A	< 0.001	0.002
B-A	0.069	0.413

(b)

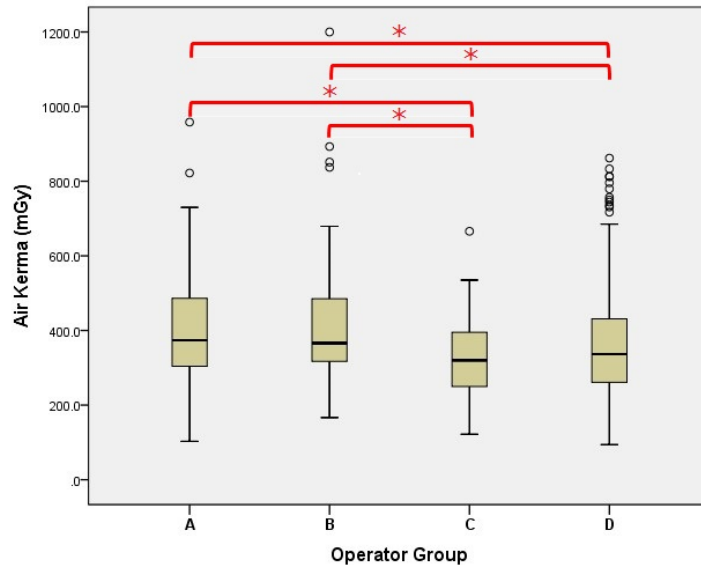
	Crude p value	Adjusted p value
D-C	0.270	1.000
D-B	0.007	0.044
D-A	0.005	0.031
C-B	0.005	0.031
C-A	0.004	0.026
B-A	0.995	1.000

Fig.1:

(a)



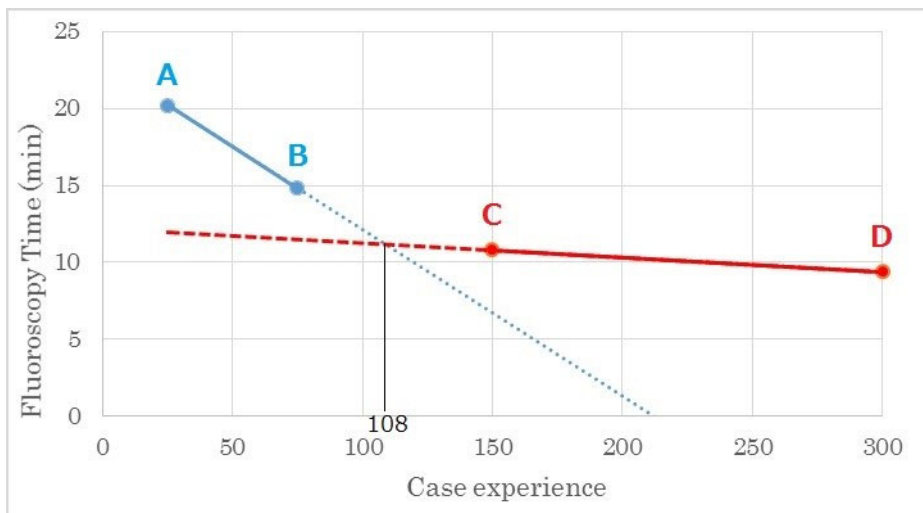
(b)



Median and interquartile range for each group of fluoroscopy time (a) and air kerma (b).

\*: There is a statistically significant difference between the groups ( $p < 0.05$ ).

Fig.2:



The center of the range of the number of operator experiences in each group was plotted on the horizontal axis, however, group D was set for 300 cases. The median of fluoroscopy time was plotted on the vertical axis. The intersection of the straight line connecting A and B and the straight line connecting C and D was found.