頭部領域DSAにおけるマスク像撮影フレーム数の最適化にむけた造影剤注入遅延時間短縮の検討

山形市立病院済生館 中央放射線室　○蜂谷 幸大(Hachiya Kota)　松田 善和
東北大学大学院医学系研究科 放射線検査学分野　千田 浩一

【はじめに】

頭部領域で主に用いられるdigital subtraction angiography（DSA）は、マスク像の撮影が必要であり、通常造影剤が撮影視野内に到達するまでの撮影フレームをマスク像とする。これまで当施設では造影剤注入遅延時間を全症例1秒で固定していたが、造影剤が撮影視野内に到達するまでに時間を要し、マスク像の撮影フレーム数が多くなり、結果として被ばく線量が増加する症例を度々経験した。そこで我々は、造影剤注入遅延時間を症例毎適切に設定し、マスク像撮影フレーム数を最適化することで被ばく低減を図れるのではないかと考えた。

【目的】

頭部領域のDSAにおいて造影剤注入遅延時間の短縮による撮影フレーム数及び被ばく線量低減の有効性と至適造影剤注入遅延時間について検証することである。

【対象】

2020年1月から2021年12月の期間内に行われた脳動脈瘤術後及び頭蓋内動脈解離の定期的follow-upを目的とした頭部血管撮影30例を対象とした（Table 1）。対象症例における撮影血管、撮影方向を（Table 2）に示す。当施設の撮影基準角度は放射線医療技術学叢書[1]に準じており、病変部拡大撮影は病変の観察に適した角度を症例毎に決定している。尚本研究では造影剤注入遅延時間短縮による影響を可能な限り純粋に評価するため、同一術者かつ撮影血管、撮影角度、撮影回数等が前回検査時と全て同様に行われた症例を対象とした。

Table 1

	Cerebral aneulysm post operation	Intracranial arterial dissection
Number of cases	16	14
Man	4	8
Woman	3	6
Age (y) Mean±SD	64.9 ± 12.5	51.9 ± 8.9
No. of radiography(times) Mean±SD	8.9 ± 4.3	9.2 ± 4.7

【使用機器】

・flat panel detector（FPD）搭載型血管撮影装置: Innova IGS630（GE Healthcare）

透視パルスレートは7.5 pulse per second（pps）、撮影フレームレートは4 frame per second（fps）で5秒、2 fpsで5秒、その後1 fpsである。付加フィルタ、管電圧、管電流は自動露出機構による自動調整である。視野サイズは全て正方形で一辺30 cm、20 cm、16 cm、12 cmの4種類である。

Table 2

Vessel	Direction	n
Internal carotid artery (ICA)	Front	25
	Lateral	25
	Oblique	37
	Enlarge	31
	Total	118
Vertebra artery (VA)	Towne	22
	Lateral	22
	Oblique	36
	Straight	12
	Enlarge	16
	Total	108
Total		226

・造影剤自動注入装置: PRESS DUO（根本杏林堂）

立ち上がり時間は0.3秒。造影剤注入遅延時間は血管撮影装置側で設定する仕様であり、0.5秒毎の設定が可能である。

・線量管理ソフト（FINEDEX）

【方法】

・撮影角度やsource image distance（SID）、寝台高、視野サイズ等の幾何学的条件は前回検査時と同一とした。
・前回のDSA画像から逆算し、撮影3フレーム目（もしくは4フレーム目）に造影剤が撮影視野内に到達するよう造影剤注入時間遅延時間を設定し撮影を行った。これは前回検査時とカテーテル位置に多少の違いがあることを考慮し、撮影1フレーム目に造影剤が映り込むことを避けるためである。
・検査終了後、撮影フレーム数、線量、透視時間等の情報を線量管理ソフトより抽出し、変更前後での変化について比較した（Wilcoxon符号付順位和検定）。
・設定した造影剤注入遅延時間について撮影血管及び疾患別に比較した（Mann-Whitney U検定）。
・尚本研究では、線量として装置表示値である患者照射基準点（patient entrance refernce point:

PERP）における空気カーマ（air kerma:AK）を用いた。

【結果】

造影剤注入遅延時間変更前と比較し、検査全体の撮影フレーム数は平均8.6%、撮影線量は10%、総線量は6.6%減少し、透視時間に差はみられなかった（Table 3）。1撮影あたりの撮影フレーム数は平均2.7フレーム（7.8%）、線量は4.2 mGy（7.6%）減少した（Table 4）。撮影血管別にみると、内頚動脈撮影では2.6 mGy（6.3%）、椎骨動脈撮影では5.9 mGy（9.0%）の線量低減がみられ、病変部拡大撮影の低減が特に大きかった（Table 5、6）。設定した造影剤注入遅延時間は、撮影血管別にみると内頚動脈撮影の70%で0.5秒、29%で0秒、1%で-0.5秒、椎骨動脈撮影の82%で0秒、16%で-0.5秒、2%で0.5秒であった。疾患別にみると脳動脈瘤の61%で0.5秒、37%で0秒、2%で-0.5秒、頭蓋内動脈解離の73%で0秒、14%で-0.5秒、13%で0.5秒であった（Fig.1）。また、全症例において撮影1フレーム目に造影剤が映り込むことはなかった。

Table 3

	pre Mean ± SD	post Mean ± SD	p value	Reduction ratio (%) Mean ± SD
No.of frames (frames)	306.5 ± 174.5	277.8 ± 153.3	<0.01	8.6 ± 6.1
PERP-AK (mGy)				
Radiographic dose	295.4±154.0	263.6±136.4	<0.01	10.0±8.3
Total dose	407.7 ± 209.1	376.6 ± 193.7	<0.01	6.6 ± 9.9
Fluoro time (s)	460.3 ± 377.3	555.3 ± 420.1	0.146	-45.0 ± 92.2

Table 4

	Pre Mean ± SD	Post Mean ± SD	p value	Reduction amount Mean ± SD	Reduction ratio (%) Mean ± SD
No.of frames (frames)	33.5±4.1	30.8 ± 4.6	<0.01	2.7 ± 3.5	7.8 ± 10.6
PERP-AK (mGy)	38.8±26.4	34.6 ± 24.2	<0.01	4.2 ± 9.5	7.6 ± 20.1

Table 5

		No.of frames (frames)		PERP-AK (mGy)	
Direction	n	Reduction amount Mean ± SD	Reduction ratio (%) Mean ± SD	Reduction amount Mean ± SD	Reduction ratio (%) Mean ± SD
Frontal	25	2.4 ± 2.5	6.7 ± 6.6	3.2 ± 4.5	8.8 ± 14.1
Lateral	25	2.4 ± 2.5	6.7 ± 6.6	0.5 ± 1.0	3.8 ± 7.6
Oblique	37	1.9 ± 2.5	5.6 ± 7.3	1.6 ± 4.8	4.4 ± 18.2
Enlarged	31	4.0 ± 4.4	13.6 ± 15.1	5.0 ± 11.8	8.5 ± 18.4
Total	118	2.7 ± 3.2	8.1 ± 10.2	2.6 ± 7.1	6.3 ± 15.7

Table 6

		No.of frames (frames)		PERP-AK (mGy)	
Direction	n	Reduction amount Mean ± SD	Reduction ratio (%) Mean ± SD	Reduction amount Mean ± SD	Reduction ratio (%) Mean ± SD
Towne	22	3.1 ± 3.0	8.4 ± 8.0	5.4 ± 8.4	12.1 ± 21.4
Lateral	22	3.1 ± 3.0	8.4 ± 8.0	2.7 ± 8.8	4.3 ± 41.7
Oblique	36	2.2 ± 3.3	6.1 ± 9.2	3.3 ± 6.7	5.3 ± 13.5
Straight	12	1.5 ± 3.2	3.9 ± 9.1	3.8 ± 6.2	8.9 ± 16.7
Enlarged	16	3.4 ± 6.2	9.8 ± 20.1	18.1 ± 19.5	19.9 ± 24.3
Total	108	2.7 ± 3.8	7.4 ± 11	5.9 ± 11.3	9.0 ± 25.1

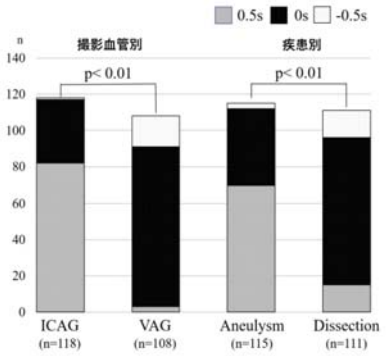

Fig.1

【考察】

造影剤注入遅延時間は被ばく防護の最適化における重要な因子であり、本検証のように前回検査時のDSAから逆算し設定することは被ばく低減に有効であると考える。病変部拡大撮影はカテーテルと撮影視野までの距離が長く造影剤の到達までに時間を要し、複雑なアーム角、高拡大により1フレームあたりの線量が高くなることから、造影剤注入遅延時間短縮の効果が大きくなったと考える。設定した造影剤注入遅延時間は全症例0.5秒を超えることはなく、撮影血管や疾患により一定の傾向がみられた。しかし、椎骨動脈撮影にも2%と少数ではあるが0.5秒の症例があったことから、撮影血管や疾患によって造影剤注入遅延時間を設定することは安全側に考えると実臨床での使用は現状難しいと考える。これらを踏まえ、初回の血管撮影では造影剤注入遅延時間のプリセットを1秒から0.5秒に変更し、検査中適宜短縮することが安全かつ確実な被ばく低減法であると考える。

【まとめ】

頭部領域のDSAにおいて、造影剤注入遅延時間の短縮により、マスク像撮影フレーム数を最適化することは撮影フレーム数及び被ばく低減に有効である。Follow-up検査時は、前回DSAから逆算し造影剤注入遅延時間を設定することが肝要であり、初回検査時には造影剤注入遅延時間プリセット変更の必要性が示唆された。

【参考文献・図書】

1）放射線医療技術学叢書（34）Interventional Radiologic Technology 公益社団法人 日本放射線技術学会