ノート

テーブルシフト機構を利用した広範囲描出可能 DSA システムについて

加 藤 耕 二・大久保 正 臣

楠 原 俊 明・中 瀬 節 夫

香川医科大学医学部附属病院放射線部

(論文受理 1986年 9 月26日)

(最終論文受理 1987年 6 月19日)

(Code No. 494, 345)

Key words : Digital Subtraction Angiography System (DSA), Misregistration artifact, Table step shift, Technical consideration, Clinical evaluation

WIDE VIEW DSA SYSTEM USING TABLE STEP SHIFT MECHANISM

KOJI KATO, MASAOMI OKUBO,

TOSHIAKI KUSUHARA and SETSUO NAKASE,

Department of Radiology Kagawa Medical School

(Article received ; Sep., 26, 1986)

Summary

We developed a new technique of digital subtraction angiography (DSA) for peripheral angiography, which made it possible to take a DSA image of two contiguous fields with a single injection of contrast material.

The technique involves combination with step-shift function, which is commonly used in conventional angiography of the abdomen and lower extremities.

After DSA images of the first position have been demonstrated well, the table is automatically translated to the second position. A DSA image of the second position can then be obtained by the remasking method.

With this technique, we were able to reduce the contrast material load and the time taken for the examination.

1. 緒 言

現在, DSA の適用ならびにその有用性については多くの報告¹⁾²⁾³⁾ がなされている。しかし空間分解能が従来の血管造影に比べて劣っており, I.I. の口径が小さいために生じる撮影範囲の狭さや, 経静脈的 DSA 検査 (以下,

IV-DSA と略す) では多量の造影剤を使わなければならないために生じる撮影回数の制限, 造影剤の副作用などの問題点がある。これらの問題点の改善に多くの努力がはらわれている。しかし, 下肢血管撮影における DSA 検査は, 通常, I.I. の有効視野が狭いために, 一側下肢ずつ数回にわたって検査を施行している施設が多い。

テーブルシフト機構を利用した広範囲描出可能 DSA システムについて (加藤・他)

今回、われわれは、DSA 用に購入した両下肢を同時に描出できる14インチ大口径 I.I.⁴⁾ を使用し、かつ既設の下肢血管連続撮影用のステップシフト機構付天板を利用することにより1回の経静脈的造影剤注入で隣り合う2部位を撮影描出できる DSA システムを試作し、その基礎的、臨床的有用性を検討したので報告する。

2. 方 法

2.1 使用装置・器具

1. X線装置…東芝 KXO-1250(C)
2. I.I…東芝 RTT14301F-G1E (14/10/7)
3. カテーテル寝台…東芝 CAT-FX
4. DSA 装置…東芝 DFP-03A
5. 振動計……昭和測機 Digital Vibration Meter Model-1330

アナライジングレコーダ-3655

6. Cu フィルタ、焼石膏
7. 人体ファントム……アルダーソン社製

2.2 本装置の構造および概要

今回の改造におけるブロック図を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 Block diagram of our modified DSA system.

DSA コントロールパネル上に、テーブルシフト選択キーを増設し、第1ステージ(当院 DSA システムの画像メモリーは512×512×10 bit で16画像の取り込みが可能であり、任意に16枚の画像を2ステージに分割して画像取り込みプログラムを変更することができる。)において、モニタ上に充分血管像が描出されたことを確認後、テーブルシフトキーを押す。テーブルがシフトするとともに kV リダクションユニットが作動し、あらかじめ設定していた電圧値だけ降下する。また、テーブルシフトの影響

による振動の収束時間後、第2ステージのプログラムにより画像収集が開始できるように改造した。

Fig. 2 は、造影剤濃度とシフトタイミングの関係、および第1・第2ステージのサブトラクション作成の原理を示す。

Fig. 2 Schematic diagram of table translation DSA.

第1ステージでのマスク設定は従来どおりであり、リアルタイムでサブトラクションイメージが得られるが、第2ステージでは Fig. 2 に示す如く、第1ステージと第2ステージでの目的とする血管への造影剤の最大濃度到達時間がずれていることによりサブトラクションイメージを得ることができる。方法として、第2ステージでの最終イメージをマスクイメージとして再設定(リマスキング)し、第2ステージでのサブトラクションイメージを得た。

3. 基礎的検討ならびに結果

3.1 テーブルシフト幅の決定

テーブルシフト前後の画像は、ある程度重複しなければ貴重な情報を失うことになり、かつ各血管のつながりなど把握が困難になるため、今回14インチ大口径 I.I. の有効視野撮影部位の拡大率などを検討し、適正なシフト幅がどの程度になるか確認した。

当院において、14インチ I.I. 有効視野は35 cm に設定されている。また、通常の使用状態において、目的血管(主として大腿動脈)での拡大率は約1.2倍となっている。以上の結果から、左右の大腿動脈下行枝を同時に描出でき、しかも、シフト前後において重複可能とするにはシ

フト幅を13 cmに設定するのが適正であることが確認された。したがって、シフトすることによりベッド長軸方向においては19インチのI.I.に相当すると考えられる。以後、ステップシフト機構付天板のステップ移動距離を設置時の設定値23.5 cmを13 cmに変更した。

3.2 各ステップでの撮影条件の決定

テーブルシフトに伴う撮影条件を適正にするために、DSAシステムと既設のkVリダクションユニットと接続し、良好な画像が得られるようにした。第1ステージの撮影条件の決定は従来のDSAシステムと同様であり、透視中のATR (auto trans regulator) 機能により透視管電圧から撮影管電圧が設定される。続いてAEC (auto exposure controller) 機能により管電圧を微調整し、適正撮影条件に制御する。第2ステージの撮影条件は第1ステージの設定条件から、適当と思われる撮影管電圧を2 kVおきに変化可能なkVリダクションユニットより設定する。第1ステージにおいて、X-ray readyスイッチを押した状態でテーブルシフトキーを押すことにより、テーブルがシフトして、自動的に設定電圧だけ降下し、指定撮影条件にセットされる。そして再度X-ray readyスイッチを押すことによりハレーションの有無、撮影部位が確認される。以上の操作により、第2ステージでの撮影条件の設定が迅速となり、ポジショニングと条件設定が同時に可能となった。

3.3 フィルタ形状および材質について

本システムについて特に注意しなければならないのは、ハレーションおよびモーションアーチファクトを防ぐためのフィルタリングがあげられる。このシステムにおいては両下肢を同一画面に描出させるために、両下肢間から直接I.I.上にX線が入射する。そのため、ハレーションをおこし、ハレーション部の情報は完全に失ってしまう。このハレーションを防ぐ方法として、Al, Cu, screenなどを利用したフィルタの挿入があげられる。当院では、当初Cuフィルタを使用していたが、今回成型が容易で、障害陰影が生じにくい焼石膏の利用を検討した。

Fig. 3は、アルミニウム・銅・石膏の各フィルタ厚と濃度の関係を示したもので、石膏3 cmはアルミニウム16.8 mmに相当し、銅0.58 mmに相当した。以上の結果から、従来から使用していた銅フィルタ0.1 mm～1.0 mmを石膏0.5 mm～5 cmのフィルタに変更作成した。

フィルタの形状はFig. 4に示すように、撮影頻度を考慮し、骨盤部から膝窩部までのハレーション部をカバーできるように人体から型どりした。このフィルタを固定を確実にするため、患者の大腿間にはさみこむ方式をと

Fig. 3 Relationship between the thickness of the filters and density of film (aluminium, copper, gypsum).

Fig. 4 Configuration of the gypsum filter.

った。Fig. 5はこの石膏フィルタを利用した骨盤一大腿部のマスク像である。ハレーション領域はテスト曝射により確認した結果、皆無となっている。

3.4 テーブルシフトに伴う振動の影響について

DSAによるミスレジストレーションの最も重要な因子として、モーションアーチファクトがある。

今回の改造によってテーブルをシフトさせるために振動を生ずる。この振動がモーションアーチファクトとして画質に影響を与えるので、どの程度時間が経過すれば振動が収束し影響がなくなるか検討した。

実験方法はカテーテル寝台上に約60 kgの人体ファントムを置き、大腿骨頭部にX・Y・Z軸それぞれ独立した振動を測定できる振動計を設置し、テーブル上下方向、テーブル長軸方向、短軸方向のシフト後の振動収束時間をそれぞれ測定した。

Fig. 5 Clinical case using our modified DSA system with a gypsum filter (mask image).

- A) Mask image before table step-shift.
B) Mask image after table step-shift.

テーブル内にはベッド駆動モータ、電磁ロック等が組み込まれており完全には収束しないので、今回の測定では第2ステージでの最終画像をマスク像として設定し、シフト後の画像を各々サブトラクションして0.1ピクセルシフトをしなくても良い最初の画像が得られた時間から収束時間を算定した。結果、テーブル上下方向の振動収束時間は1.25秒 (**Fig. 6**) ベッド長軸方向、短軸方向の振動収束時間はそれぞれ1.0秒であった。

3.5 テーブルシフトのタイミングについて

シフトタイミングは前述の如く、第1ステージにおいてモニタ上に血管影が十分に描出できた時点で、テーブルシフトキーを操作する。テーブルが13 cm 移動してブレーキが動作するまで0.8秒であり、またブレーキが動作して振動が収束するまで最長約1.25秒であるので合計約

Fig. 6 Vibration of the table moving upwards and downwards, long axis, short axis.

2.05秒必要である。この時間経過後、自動的に第2ステージのプログラムにより画像が収集される。また、左右の血流状態の差が著しいため、第1ステージ（テーブル移動前の画像）のみで良い場合はシフトさせずに画像を続けて収集できるようにした。

4. 臨床的応用例

Fig. 7 は本システムを利用した骨盤一大腿部の IV-D SA 像である。テーブルの振動によるモーションアーチファクトもなく良好な画像が描出されている。

5. 臨床評価

テーブルシフト方式を採用したイメージがどのように

Fig. 7 Clinical case using our modified DSA system (IV-DSA).

- A) Subtraction image before table step-shift (pelvis).
B) Subtraction image after table step-shift (proximal thigh).

臨床評価を得ているか検討した。結果を Table 1 に示す。表に示す如く、IV-DSA 法18例、IA-DSA 法29例について、評価を、excellent, good, poor, missed の4段階に分けた。IV-DSA におけるシフト後のイメージでは診断不可能と判定された症例が5例あり、IV-DSA で下肢を描出させるにはタイミング、フィルタリングなどを考慮する必要がある。ただ本法における IV-DSA は主として初期に実施されており、術者の習得度もかなり影響があったものと思われる。IA-DSA においては、診断不可

Table 1 Clinical evaluation using our modified DSA system.

	position	No. of exam	1st. position				2nd. position			
			◎	○	△	×	◎	○	△	×
IV-DSA	abd. → pel.	1	1				1			
	pel. → th.	10	2	6	2		1	4	2	3
	th. → kn.	6	1	4	1		2	2	2	
	kn. → ll.	1	1				1			
	Total	18	4	11	3		1	7	5	5
IA-DSA	abd. → pel.	7	4	2	1		1	3	3	
	pel. → th.	13	8	2	3		4	3	5	1
	th. → kn.	9	3	6			2	2	5	
	kn. → ll.									
	Total	29	15	10	4		7	8	13	1

abd.: abdomen, pel.: pelvis, th.: thigh, kn.: knee, ll.: lower leg, ◎: excellent, ○: good, △: poor, ×: missed,

能なイメージはわずか1例であり、本システムが充分利用できることが明らかになった。

6. 考 察

現在 DSA システムは高画質、解析装置の改良という方向に進んでいると思われる。しかし、広範囲に描出可能という点では大口径 I.I.⁴⁾ を使用する方法以外にメーカ側では発表されていない。その結果、各施設独自において改良を加えているのが現状である。一つは CR システムを利用した whole body DSA⁵⁾ 他にスライディングベッドを利用し、I.I. 上の絞りで撮影条件を変更するシステム⁶⁾⁷⁾ がその例である。

本法では、原理的には kV リダクションユニットを利用して撮影条件を設定し、テーブルをシフトさせる方式で、腹部から下腿まで描出可能であるが、画像収集メモリー容量、フィルタリングの問題が生じるため、第1回のステップで隣り合う2部位を描出するのが限界である。2ステージでの画像はリマスキング処理をしなければならず、リアルタイムで観察できないという問題はあるが、第2ステージの撮影タイミングについてはリアルタイムで観察される第1ステージの画像を見ながらテーブルシフトキーを押すことができるので問題はない。ベッドの振動についても振動収束時間を充分考慮しているため問題はないと考える。

当 DSA 装置においてマスク像は1枚しか登録できないため、シフト後のマスクはポストプロセスにより得る

しかないためノイズが少し増加する。画像収集メモリー容量を多くするとともに、数枚のマスク像を連続的に得ることができるシステムができれば、前記の問題点は解決するものとする。

7. 結 語

われわれは DSA 用に購入した両下肢が同時に描出できる 14 インチ大口径 I.I. を使用し、これに既設の下肢血管連続撮影用のステップシフト機構付天板を組み合わせ、1 回の経静脈的造影剤の注入で、隣り合う 2 部位を撮影できる DSA システムを試作し、その基礎的臨床の有用性を検討した。

基礎的検討としては、テーブルシフト幅の決定、各ステップでの撮影条件の決定、フィルタの形状および材質、テーブルシフトに伴う振動の影響、タイミングである。これらの結果をふまえて、臨床的に応用した。IV-DSA18 例、IA-DSA29 例で得られた画像を、excellent, good, poor, missed の 4 段階に分けて評価したところ、臨床的に利用して価値のあるものであることが明らかとなった。

なお、本研究に際して、終始御指導いただいた香川医科大学放射線医学講座、田邊正忠教授、同講座、児島完治助手、ならびに東芝メディカル高松営業所の皆様に感謝いたします。

文 献

- 1) 安田鋭介, 市川秀男, 遠藤斗紀男, 他: 血管造影時に併用する DSA の有用性について [第 12 回放射線技術シンポジウム]. 日放技学誌, **42**(2), 331-334, (1985).
- 2) 松永尚文, 林 邦昭, 相川久幸, 他: 高安動脈炎の DSA. 臨床放射線, **31**(2), 257-262, (1986).
- 3) 大矢 徹, 田島廣之, 田島なつき, 他: 大動脈解離の DSA 診断. 映像情報, **5**, 497-502, (1986).
- 4) Passariello R, Rossi P, Simonetti G, et al.: Digital Subtraction Angiography for examination of the leg. Use of 40 cm Image Intensifier. Radiology, **149**(3), 669-674, (1983).
- 5) 小林正敏, 高毛禮篤子, 栗田道夫, 他: 静注法による全身の Digital Subtraction Angiography. 日放技学誌, **40**(4), 555-564, (1984).
- 6) 堀部泰樹, 堀部廣恵: 体軸方向連続 DSA の技術的検討. 日放技学誌, **42**(1), 81, (1986).
- 7) Foley WD, Mcdaniel D, Milde NW, et al: Digital Subtraction Angiography of the extremities using table translation. Radiology, **157**, 255-258, (1985).