静注法による全身の Digital Subtraction Angiography (小林・高毛禮・栗田・久保田)

原 著

静注法による全身の Digital Subtraction Angiography

関東逓信病院放射線科

小 林 正 敏・高 毛 禮 篤 子・栗 田 道 雄

富士メディカルシステム株式会社

久 保 田 淳

(論文受理 1984年2月9日)

(最終論文受理 1984年4月20日)

(Code No. 21320, 23340, 233)

Key words: Digital Subtraction Angiography (DSA) Digital Radiography, Vascular system, Intravenous injection.

INTRAVENOUS DIGITAL SUBTRACTION ANGIOGRAPHY OF THE WHOLE BODY VASCULAR SYSTEM

MASATOSHI KOBAYASHI, ATUKO TAKAMORE and MICHIO KURITA

Department of Radiology, Kanto Teishin Hospital

JUN KUBOTA

Fuji Medical Systems Co, Ltd.

(Article received; Feb., 9, 1984.)

Summary

We applied the digital angiography of the whole body on eleven occasions using the FCR system and large format cassette changer (Angiorapid 2).

The results clearly described the image of the vascular system of the whole body using one injection of contrast medium, a valuable diagnosis was obtained which we consider useful for whole body digital subtraction angiography in widespread vascular and kidney disease.

This paper presents the results of our investigation.

1. はじめに

現在, Digital subtraction angiography (以下 DSA と略す) に関する報告は数多くある^{1)~3)}. それらの大半

は I.I/TV 方式によるものであるが, 最近の画像の鮮明度は格段に良くなってきた⁴⁾⁵⁾. しかしながら I.I/TV 方式による DSA は撮影の視野が I.I のサイズに限定されて, 広範囲に病変が存在する場合には, 部位を変えて数回の撮

影をしなければならず、その度に造影剤を必要とし、煩雑さと共に大量の造影剤を使用するため、経静脈性 DSA の特徴の一つである低侵襲性の意義が薄れる場合がある。それらを改善する一つの方法として、われわれの報告⁶⁾、および蜂屋等⁷⁾⁸⁾の報告があるように、FCR システム (Fuji computed radiography system) の imaging plate⁹⁾¹⁰⁾ (以下 IP と略す) を連続的に搬送できる連続撮影装置と組合せた DSA の方法は、I.I/TV 方式の視野の限定を広げた方法である。

さらに今回は、是永等¹¹⁾¹²⁾が報告したように、従来下肢血管撮影用に使用していた large format cassette changer に四つ切サイズの IP を並べて装着し、経静脈性に 1 回の造影剤注入で、体幹部から下肢にわたる広範囲のデジタル血管撮影を試み、良好な DSA 画像を得ることができたので、初期の知見を報告する。

2. 方 法

2.1 使用装置および機器

① 画像処理装置

FCR システム (富士メディカルシステム)

② X線記録媒体

Imaging plate, 四つ切サイズ 24枚 (富士メディカルシステム)

③ Large format cassette changer Angiorapid 2 (シーメンス)

④ 長尺グリッド

32.6 cm×122.6 cm 格子
比 10:1 Al スーパーサ (シーメンス)

⑤ X線発生装置

KXO-1250 型 (東芝)

⑥ X 線 管

DRX-2924HD 0.6/1.2 mm 焦点 (東芝)

⑦ ラワン木板

幅 30 cm, 長さ 120 cm, 厚さ 1.0 cm, 合計 6 枚

2.2 FCR システムの概要

FCR システムについては、すでに詳細に記述した報告があり^{9)~11)}、ここでは簡単に述

べる。本システムは、Fig. 1 に示すような IP (ポリエステル支持体に輝尽性蛍光体を塗布した厚さ 1 mm 弱の X線像蓄積 プレートで、従来の増感紙/フィルム系に相当するもの) に蓄積された X線像をコンピュータ画像処理装置によってデジタル化し、各種の画像処理を行った後、フィルム上に X線像として描出するシステムである。Fig. 2 にシステムの基本構成を示す。

今回使用した FCR システムは、FCR-101 タイプで、杏林大学医学部に設置されているものを使用した。

2.3 Large format cassette changer (ANGIORAPID

Fig. 1. Principle involved in the reading of the X-ray image recorded on the imaging plate.

Fig. 2. Generalized block diagram.

静注法による全身の Digital Subtraction Angiography (小林・高毛禮・栗田・久保田)

2) の概要

Large format cassette changer は、下肢血管撮影用に開発されたもので、large cassette 6 枚を自動的に交換する連続撮影装置で、制御器 (Fig. 3) と撮影台 (Fig. 4) とから成る。制御器は、幅 54.5 cm、高さ 19.0 cm、奥行 23.0 cm、と小型で少ないスペースに収納することができる。前面の制御パネルには、電源スイッチのほか、1 回撮影と連続撮影の切替スイッチ、各種パイロットランプ、5 個のインターバルタイマ (0~12 まで無段階) があり、2 回目から 6 回目までの撮影間隔を最小 1 秒から 12 秒まで各々任意に設定することができる。撮影台は、天板の大きさが幅 720 cm、長さ 200 cm で、左右へ 9.5 cm、縦方向へ 90 cm 移動できる。天板の中央下部には、30 cm×120 cm の長尺カセットを装填して回転させる六面体の網鉄製ドラムがあり、このドラムが回転と上下の合成運動によりカセットの交換を行う方式で、カセットが天板に一番近づくところで撮影位置となり、この時の天板上からカセット前面までの距離は、3.0 cm に密着する。グリッドは専用の 32.6 cm×122.6 cm (格子比 10:1) が装着されている。高さは 75.5 cm で総重量 240 kg の撮影台である。

Fig. 5A は、カセットを装着する六面体ドラムの動

Fig. 3. Front panel of the control unit.

Fig. 4. Large format cassette changer.

A

B

Fig. 5A, 5B. Timing test at the serial exposure.

作状態を確認するため、オシロスコープで撮影した写真で、Aはドラムの密着信号、Bは回転信号、CはX線曝射信号 (蛍光波形) である。曝射時間を 0.2 秒に設定し、毎秒 1 回曝射 (本装置の最高連続撮影機能) の速度で動作させた時の、A, B, C、三者の相互関係が良く把握できる。すなわちドラムは天板に一番近づいた密着状態で撮影準備位置にあり、X線ボタンを押すことにより、あらかじめ設定された時間のX線が曝射される。X線の曝射が終了すると直ちにドラムは下方へ移動すると同時に回転をし、次の面に交換され、上方へ移動して密着し撮影準備状態になり、2 回目のX線が曝射される。この間のX線曝射間隔が 1.0 秒であり、同じ動作を 6 回連続して行い終了する。Fig. 5 B は、ドラムの密着時間、X線曝射のタイミング、および回転時間の関係をさらに詳細に確認するためオシロスコープの掃引時間を早くして撮影した写真で、X線の曝射時間は Fig. 5A と同じく 0.2 秒である。Aの密着時間は 0.3 秒間、Bの回転時間は 0.65 秒間、ドラムが上方へ移動する時間が 0.08 秒となっており、毎秒 1 回の連続撮影では、最大 X線曝射時間は 0.3 秒間である。なお、本装置を使用して撮影する場合、照射野が 30 cm×120 cm と広範囲のため、撮影距離を大きくする必要があり、X線管は天井に固定して FFD は

190 cm とした。

2.4 撮影の方法

Fig. 6 に示す通り、撮影装置のカセット装着部に IP をセットするためにラワン木板 6 枚を用意し、黒いビニールパックの中に装填した IP (Fig. 7) 24 枚を 1 枚のラワン木板に 4 枚ずつテープで貼りつけた。この時、各々の IP は 1 cm ずつ重ねて貼りつけることが肝要である。なぜなら撮影された IP は、FCR システムによりデジタル化され subtraction 処理をするが、位置合せの精度によって上下 0.5 cm 前後の欠像が生じ単純に並べたのでは各 IP ごとに上下 1 cm ずつ欠けた画像となり、連続性に欠けてしまう。このようにして IP を貼りつけた 6 枚のラワン木板を撮影台のカセット装着部にしっかりとセットする。被検者は、天板上に仰臥位として、撮影範囲と X 線中心を決め撮影条件を設定する。撮影条件は、増感紙/フィルム法と同じく、成人で管電圧 80 kV~84 kV、管電流 500 mA、撮影時間 0.2 sec、で行った。この

Fig. 6. Preparation of the imaging plate and setting it in the cassette changer.

Fig. 7. Imaging plate and black vinyl package.

Fig. 8. Intravenous digital angiography using a large format cassette changer.

撮影条件は腹部を対象にした条件であるため、下肢部の露出過度と生殖腺被曝を可及的に通減するために多重絞りの前面に Al 製の楔形 (最大厚 2.0 cm) フィルタを装着した。

次に、術者は被検者の肘静脈 (主として右肘静脈) に 16G angiocath を穿刺し延長チューブに接続した後造影剤注入装置に連結する。造影剤注入装置には、あらかじめ造影剤ウログラフィン 76% (アミドトリゾ酸ナトリウムメグルミン、ヨード含有量 370 mg/ml) 60 ml と生食 20 ml をシリンジの中で重畳して吸引しておき、注入筒を下に向けておくことにより、比重の重い造影剤が下になって先に血管内に注入され、最後に生食が注入され 60 ml の造影剤がボラスに注入できることで好都合である。造影剤の注入方法は、毎秒 10~12 ml で総量 60 ml である。撮影のタイミングは、事前に行う色素希釈曲線の出現時間を最初のマスク像とし、その後 3 秒間隔で 5 回の連続撮影を行う。但し目的部位により多少の設定タイミングは異なる。なお前処置として、造影剤注入 1 分前にグルカゴン 1 mg の静注を行っている。Fig. 8 は、実際に撮影を行っているところである。このようにして撮影した 24 枚の IP を FCR で処理をして、胸部、腹部、骨盤部、大腿部の一番造影の良好なライブ像を選択して、マスク像との subtraction 処理を行って得られた画像をつなぎ合せて全身の DSA を作成した。

3. 結 果

Large format cassette changer に FCR の IP を装着してデジタル血管撮影を行ったのは、11 例 (14 回) と少ないが、その大半の症例において貴重な診断情報が得られた。

静注法による全身の Digital Subtraction Angiography (小林・高毛禮・栗田・久保田)

← Fig. 9. Whole body IVDSA.
Injection of contrast medium 60 ml, flow 15 ml/sec, through right medium cubital vein. (↗↗) Abdominal aortic aneurysm.

Fig. 10. Whole body IVDSA.
Injection of contrast medium 60 ml, flow 12 ml/sec, through right medium cubital vein. (↑) Complete occlusion of right common iliac artery.

Fig. 11.

一部失敗例としては、造影剤注入装置と肘静脈に挿入した angiocath との接続が悪く、造影剤が管外に漏出して再度撮影した1例、撮影条件の設定ミス1例という初歩的なものであった。以下に本法による経静脈性 DSA のいくつかを示す。

症例 1, Fig. 9 は 79 歳の女性で、腹部大動脈瘤の診断のために施行した症例である。大動脈弓部分枝から膝窩動脈まで連続した画像が得られ、腎動脈分枝部以下の腹部大動脈瘤が明瞭に描出されている。

症例 2, Fig. 10 は、57 歳の男性で ASO の診断のために施行した症例である。横隔膜直下の腹部大動脈から膝窩動脈末梢まで連続した画像が得られ、右総腸骨動脈は完全に閉塞し、側副血行路により大腿動脈が造影されている。さらに末梢では、両側の大腿動脈の閉塞があり、側副血行路の出現状態が明瞭に描出されている。

症例 3, Fig. 11 は 25 歳の男性で解離性大動脈瘤の診断のために施行した症例である。胸部大動脈から膝窩動脈まで連続した画像が得られ、上行大動脈に膨隆した動脈瘤が明瞭に描出されている。

症例 4, Fig. 12 は、34 歳の女性で解離性大動脈瘤術後（人工血管置換術）の follow up のため施行した症例である。胸部大動脈から膝窩動脈まで連続した画像が得られ、手術部位の術後の狭窄や血栓がないことが判明した。また、手術施行部位直下より動脈瘤の残存状態がきれいに描出されている。

症例 5, Fig. 13 は、10 歳の女子でモヤモヤ病で下肢の末梢動脈の変化を診断するために施行した症例である。頭部から膝窩動脈末端まで連続した画像が得られ、両外

Fig. 11. Whole body IVDSA.

Injection of contrast medium 60 ml, flow 15 ml/sec. through 6 F cournand catheter with tip in superior vena cava (SVC). (↗↗) Aortic aneurysm.

Fig. 12. Whole body IVDSA.

Injection of contrast medium 60 ml, flow 15 ml/sec, through 6 F cournand catheter with tip in superior vena cava (SVC). (↙↙) Artificial graft. (⇒) Survival of dissecting aneurysm.

Fig. 13. Whole body IVDSA.

Injection of contrast medium 40 ml, flow 10 ml/sec, through right medium cubital vein. (↖↗) Stenosis of both external iliac artery.

静注法による全身の Digital Subtraction Angiography (小林・高毛禮・栗田・久保田)

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 14. Whole body IVDSA.
Postoperative aneurysm (Aorto-iliac
Y graft). No succession of the
vascular system.

Fig. 15. Conventional arteriography using same →
large format cassette changer.
Injection of contrast medium 40 ml, flow
20 ml/sec, through 7 F pigtail catheter
with tip in abdominal aorta. Abdominal
aorta is clearly visible along with its
branches and abdominal aneurysm.

静注法による全身の Digital Subtraction Angiography (小林・高毛禮・栗田・久保田)

腸骨動脈の狭窄, 左右大腿動脈の側副血行路の発達が見られる。

4. 考 察

DSA の臨床応用範囲は, 装置の grade up で画像の質の向上によりさらに広がっていくと思われる。今回, われわれが試みたいいわゆる whole body DSA を加えるとますますその有用性が大きくなることは確実である。

しかしながら, 本法においてもまだ試行の段階であり, 専用の装置を開発する必要がある。Fig. 14 は, IP のラワン木板への貼付を重複させなかったため, 連続性に欠けてしまった例である。画質においては, 特に motion artifact による劣化が一番大きい。本法では目的とする部位によりマスク像の撮影から造影像の撮影終了まで, 短い時でも15秒間, 長い場合には28秒間となるため, その間の呼吸動, 臓器の動き, 腸管のガスの動き, などによる misregistration artifact が問題であり, 現在のところ, 充分な前処置に加え, 腹部圧迫による腸管内ガスの外側への移動や被検者への充分な説明は欠かせない。

血管の描出能において, 大動脈およびその分枝血管の段階までは, 本法で明瞭に描出が期待できるが, 細い血管の描出能については, 通常のカテーテルによる動脈撮影 (Fig. 15) に比較して, まだ今一步と考える。

撮影タイミングについては, 検査前に行う色素希釈曲線は非常に参考になり, 出現時間をマスク像撮影に合せ, ピーク時間を考慮しながら撮影プログラムを決定して良好な結果が得られた。

FCR システムの subtraction 機能はすばらしく,

Table 1. Exposure dose of radiation.
(mrad/exposure)

測定点	皮膚線量 (mrad)	
	ウエッジ形フィルター +	-
A 甲状腺	208	204
B 胸 腺	237	239
C 腹 部	126	285
D 骨 盤	78	285
E 生殖腺	51	282
F 脚	21	211

80kV 500mA 0.2 sec

motion artifact がない場合, Fig. 16 に示すように, ライブ像では同定が困難な頭蓋内静脈系が subtraction 処理をした画像では, 明瞭に描出されている。

すなわち, 本法によってより診断能のある DSA を得るためには, motion artifact の除去をいかに少なくするかが, もっとも大切なことであり, 今後の大きな課題である。さらに, 今回は whole body DSA を行うのが目的であり, X線量の通減については検討しなかったが, 本法における1検査あたりの被検者の被曝線量は Table 1 の1曝射当りの線量に6倍した値で得られ, 胸部で1.422 rad, 腹部で0.756 rad, 骨盤部で0.468 rad, 生殖腺部で0.306 rad である。これらは全て楔形フィルタを付加した時のものである。

5. 結 論

Fig. 16. Subtraction image obtained this method.
A: mask image B: live image C: subtraction image

FCR システムの IP を large format cassette changer に装着し, Whole body DSA を試み初期の知見を報告した。

本法は, DSA の特徴の一つである低侵襲性を維持しつつ, 体幹部から下肢にいたる全身の血管を明瞭に描出することができ, 広範囲にわたる血管病変の診断には有用な方法と考える。さらに, 経静脈性に1回の造影剤注入で良いため, 造影剤使用量の通減ができることで, 腎機能障害のある患者に対しても有効である。

なお, 本研究に際し, 御協力を頂いた杏林大学医学部放射線科助教授蜂屋順一先生はじめ, 是永建雄先生, 似鳥俊明先生, および当院心臓血管外科, 五味昭彦先生に深謝を表します。

文 献

- 1) 高橋睦正, 広田嘉久, 土亀正俊, 他: デジタル透視血管造影法の臨床的評価・画像診断, **2**(8), 660-672, (1982).
- 2) 宮尾昌幸, 仏坂博正, 宮脇正行, 他: Digital Subtraction Angiography の有用性, 映像情報, **15**(13), 627-630, (1983).
- 3) 北中秀法, 金子昌生, 深谷哲昭, 他: DSA の意義(限界と適応) —Diasonics 社製 DF-100 の臨床応用—. 映像情報, **15**(19), 965-971, (1983).
- 4) Ludwig JW, Van Benthien AC: Clinical experience with an improved system for digital subtraction angiography. *Medica Mundi*, **28**, 1-8, (1983).
- 5) Benchetrit J, Hazan H, Weingarten A: Outpatient Intravenous DSA in a Private Clinic: Survey of technique and results achieved in some 1000 investigations. *Electro Medica*, **51**(3), 115-118, (1983).
- 6) 小林正敏, 柳 能成, 松元和敏: Digital Subtraction Angiography の新しい試み. 日放技学誌, **38**(5), 691-697, (1982).
- 7) 蜂屋順一, 是永建雄, 桜井賢二, 他: Digital angiography の新しい試み, 臨床放射線, **27**(7), 705-710, (1982).
- 8) 蜂屋順一, 是永建雄, 桜井賢二, 他: 輝尽性蛍光体を用いたコンピューテッドラジオグラフィー, 医学のあゆみ, **127**(14), 1199-1206, (1983).
- 9) 高野正雄: 新しい Computed Radiography Fuji Intelligent Diagnostic X-ray System, 映像情報, **14**(6), 409-413, (1982).
- 10) 高野正雄: 輝尽性蛍光体を使った新しい Computed Radiography. 日本臨床, **41**(7), 27-35, (1983).
- 11) 是永建雄, 蜂屋順一, 桜井賢二, 他: Fuji computed radiography (FCR) システムによる digital subtraction angiography (DSA). 放射線, **2**(1), 61-70, (1983).
- 12) 是永建雄, 蜂屋順一, 似鳥俊明, 他: 経静脈性大視野デジタル血管撮影. 日本医放会誌, **43**(11), 1318-1320, (1983).
- 13) Sonoda M, Takano M, Miyahara J, et al.: Computed Radiography Utilizing Scanning Laser Stimulated Luminescence. *Radiology*, **148**(3), 833-838, (1983).