 原 著

動脈内注入による Digital Subtraction Angiography (DSA)

国立循環器病センター放射線診療部

栗井 一夫・佐合 正義・東儀 英明

若松 孝司・巢組 一男

(論文受理 1983年4月25日)

(最終論文受理 1983年10月21日)

(Code No. 23340, 23390)

Key words: Digital subtraction angiography, Intraarterial injection

DIGITAL SUBTRACTION ANGIOGRAPHY (DSA) BY INTRAARTERIAL INJECTION

KAZUO AWAI, MASAYOSHI SAGO, HIDEAKI TOGI,
TAKASHI WAKAMATSU and KAZUO SUGUMI

Department of Radiology, National Cardiovascular Center

(Article received; Apr., 25, 1983)

Summary

Because of their poor image quality, especially resolving power, digital subtraction angiographic (DSA) images obtained by intravenous injection of contrast medium are not available for scrupulous examinations except for some cases. In order to make more effective use of DSA, the authors applied, this time, DSA by intraarterial injection of contrast medium to many cases, and obtained better results in those cases with cerebral, spinal arterial and peripheral vascular lesions of extremities compared with conventional serial angiography by catheter.

1. 諸 言

Digital fluoscopy (以下 DF) による digital subtraction angiography (以下 DSA) は造影剤を静脈内に注入して動脈撮影を行った、いわゆる非観血的動脈撮影を可能にし、多くの報告がなされている^{1)~4)}。初期の DF は X線量子ノイズ、TV カメラの電気ノイズなどが加わり、粒状性の悪い画像であった。またサブトラクション画像を VDR、もしくは VTR に蓄積する方式であ

ったため、それらの付加ノイズも加わり画質の低下を生じていた。その対策として画像の加算、デジタルフィルタの利用^{5)~7)}、高解像力 TV、大出力 X線発生装置などを用いて画質の向上をめざしてきた。また外部メモリーをデジタル化して付加ノイズを減少させる方法も取り入れられている。

今回、われわれは造影剤の経静脈性注入 (intravenous injection 以下 I. V.) による DSA に比べて高コントラスト画像の得られる動脈注入 (intraarterial injection

動脈内注入による Digital Subtraction Angiography (DSA) (栗井・佐合・東儀・若松・栗組)

以下 I. A.) による DSA を多数施行し、良好な結果を得たので報告する。

2. 使用機器

- 画像処理装置: Angitron
デジタルメモリー
512×512×12 bit
A/D コンバータ
8 bit×20 MHz
- TV 装置: Videomed-H 25 MHz
SNR 60 dB
- I. I.: Optilux 25/17 HIN
- VTR: Sirecord-XH SNR 39 dB
- X線発生装置: Pandoros-optimatic
- X線管: OPTI 110/12/50 HSG 焦点 0.6 mm

3. 結果および考察

Angiotron にて、1982年4月～1983年3月までの1年間に627例の DSA 検査を施行した。その中で199例が I. A. によるものである。内訳を Table 1 に示す。

I. A. による DSA を行なうための DF 装置は以下の条件を満足せねばならない。

3.1 画像記録速度

オシロスコープを用いて I. V. と I. A. による造影剤濃度の時間推移の原信号を測定した。I. V. では上行大静脈に76%ウログラフィン 40 ml を 18 ml/秒の速度で注入した。I. A. では65%アンギオグラフィン 20 ml を 15 ml/秒の速度で胸部動脈から注入した。I. V. と I. A. による造影剤濃度を腹部大動脈で測定した図が Fig. 1 である。I. V. では造影剤が心臓で循環攪拌されるため長時間造影像を維持するが、全体に低コントラストとなる。I. A. では高コントラストの画像が得られるが、造影剤は短時間で流れ去る。I. V. では1～4枚/秒のパルスモードの画像記録でも十分な画像を得ることができるが、I. A. では10枚/秒以上の画像記録を行わないと良好な造影像を逃す恐れがある。

Table 1. Number of cases by site of examination with intraarterial injection.

Indications for Examination (Total 199)	
○ Intracranial art. and cervical art.	140
○ Thoracic art. and abdominal art.	25
○ Renal art.	12
○ Spinal art.	11
○ Peripheral art.	11

Fig. 1. Comparative time-courses of contrast medium signals between intravenous injection and intraarterial injection.

3.2 マトリックスサイズ

DF では1%コントラストの造影剤が濃度が識別でき、10インチ径 I. I. を使用した場合、1 lp/mm の解像力を有する。しかし、実際の I. V. による DSA では、いろいろなノイズによって画像の低下をまねくため、そのような微細血管までは読影できない。しかし、I. A. では高コントラスト画像が得られ、1ピクセル径の血管まで描出可能なのでマトリックスは多いほどよく I. C メモリーと X線 TV の現状の性能から最低限512×512のマトリックスが必要である。

3.3 画像の蓄積方法

I. V. では1回の検査に多量の造影剤を使用するため(30～50 ml) 造影回数が制限される。I. A. では少量かつ低濃度の造影剤で良好な画像を得られるので、カテーテルを用いた選択的造影検査によって数多くの部位の造影が可能となる。したがって、検査を迅速に行うためにも画像の外部メモリーには大容量のものが要求される。現在 DF 装置に最も多く使用されている外部メモリーは VDR である。VDR は操作が簡単かつ画像の呼び出しに手間取らない利点はあるが、容量が小さい。デジタル I. C メモリー、デジタルディスクを使用した装置では、外部メモリーの付加ノイズが少なく、良好な画像を得られる。しかし、大容量にすると高価格になる。

Angiotron は外部メモリーに VTR を使用している。VTR は安価で大量の画像を記録できるが、操作性が悪いので DF の外部メモリーには使用されなかった。Angiotron ではビデオテープ側縁のオーディオトラックにデジタルタイムコードとデータコードを記録し、DF 装置の CPU によって0.1秒ごとに制御する方法を用いて VTR の使用を可能にしている。その結果、I. A. による DSA をより容易にした。

3.4 撮影条件の設定

I. V., I. A. に限らず DF 撮影条件設定は、迅速かつ簡

単にできなくてはならない。Fig. 2に Angiotron 動作時 (撮影条件 $500 \mu\text{R}/\text{秒}$) における発生器の制御特性曲線

Fig. 2. Control characteristic curve (under photographing condition of $500 \mu\text{R}/\text{sec.}$) of X-ray generator at operating time of Angiotron.

Fig. 3. DSA image (aneurysm) by selective internal carotid arteriography.

Fig. 4. DSA image (cerebral arteriovenous malformation) by selective internal carotid arteriography.

Fig. 5. DSA image by selection external carotid arteriography. Comparative DSA images pre-, pero- and post-catheter embolization ($\rightarrow$ internal carotid artery cavernous sinus fistula)

動脈内注入による Digital Subtraction Angiography (DSA) (栗井・佐合・東儀・若松・巢組)

頭蓋内撮影は他の部位に比べて大線量を必要とする。撮影電圧に反比例してコントラストは低下するので、低コントラストの造影剤を識別しなければならないI.V.によるDSAでは、非常に不利である。I.A.によるDSAではI.V.と比較して高コントラスト画像が得られ、細かい血管まで観察できるので微細血管の読影を必要とする頭蓋内血管の症例には有用である。

Fig. 3 は脳動脈瘤の患者のカテーテルによる内頸動脈造影で、1/2濃度に希釈した65%アンギオグラフィン7mlを手動注入した画像である。

Fig. 4 は脳動静脈奇形(AVM)の患者の内頸動脈造影で、1/2濃度に希釈した65%アンギオグラフィン7mlを手動注入し、5.6秒、5.9秒、6.4秒、7.6秒後の画像である。DSAでは、動画で観察でき、さらに任意の時間で静止画像を得られるので血流状態を把握しやすく、AVMの導入動脈と導出静脈の同定が容易である。また、AVM、内頸動脈海綿静脈洞瘻(CCF)などの治療法として、カテーテルから塞栓子を流入する人工塞栓術(embolization)を行なう際、塞栓の程度を観察するのにDSAを利用するとreal timeに病態の変化を把握でき、検査時間の短縮と安全性の向上をはかることができる。**Fig. 5**はCCFの患者にembolizationを施行し、塞栓の状態をみるためにDSAで撮影した画像である。最初造影されていたCCFが徐々に縮小していく過程がよくわかる(矢印)。

4.2 脊 髄 動 脈

Fig. 6. DSA image of spinal artery. Comparative DSA images before and after catheter embolization (↑ spinal cord AVM, ↑ adamkiewicz artery)

脊髄動脈は脳動脈に比較して極めて細く、直接連続撮影ではうまく造影されない。技術的にも煩雑で、重篤な合併症を生じることがある。脊髄動脈造影にDSAを使用すると、少量・低濃度の造影剤で高コントラスト画像が得られる。したがって、ポジショニングから撮影までが短時間に行えるので合併症の防止にもなり有用であ

Fig. 7. DSA image of lower extremity artery (ASO)

Fig. 8. DSA image of lower extremity artery (ASO)

る。また脳動脈病変と同様に脊髄病変に対する embolization にも利用できる。Fig. 6 は spinal cord AVM の患者に embolization を実施した症例の画像である。塞栓前には AVM (↑印) と adamkiewicz artery (↑印) が造影されているのが、塞栓後は adamkiewicz artery (↑印) のみ造影され AVM が完全に塞栓されたのがわかる。

4.3 四肢血管

四肢血管造影では造影剤注入時の疼痛や灼熱感が強く、患者の苦痛が大きいため前処置が必要である。また撮影のタイミングも難しい。DSA では I. I. 視野が連続撮影 (大角もしくは長尺フィルム) と比較して小さいので撮影範囲が制限され、撮影回数が多くなる欠点がある。しかし、少量の低濃度造影剤で高コントラスト画像が得られるので、患者の苦痛が著しく減少した。Fig. 7 は閉塞性動脈硬化症 (ASO) 症例で、骨盤から下腿を4回に分割して撮影した画像である。使用した造影剤は65%アンギオグラフィンを1/2濃度に希釈し、(A) 20 ml を 15 ml/秒、(B) 10 ml、(C) 10 ml、(D) 15 ml を 4 ml/秒の速度で注入した。図左はマスク像である。

Angiotron は I. I. 面における線量 $500 \mu\text{R}/\text{秒}$ の条件で 20 秒間、 $100 \mu\text{R}/\text{秒}$ では 50 秒間撮影できるので撮影タイミングをはずすことはない。Fig. 8 は ASO の症例で 1/2 濃度に希釈した 65% アンギオグラフィン 40 ml を 4 ml/秒の速度で大腿動脈から注入し、撮影開始から 35 秒と 44 秒後の画像である。DSA は、このような末梢部でも高いコントラストの画像が得られる。

5. 結 論

以上のことからカテーテル使用による直接連続撮影と比較して I. A. による DSA の利点として次のことがいえる。

1. 少量の低濃度造影剤で高コントラスト画像が得られる。
 2. 造影剤の使用量が少量ですむ。
 3. 患者の苦痛が緩和される。
 4. 今までカテーテル検査の対象外であった症例 (特に高齢者に対する適用) にも I. A. による検査が実施可能となった。
- I. V. による DSA と比較して I. A. による DSA は次の利点がある。

- マスク像と静止画像の時間間隔が短いので misregistration artifact が少ない。

また 1, 2 は I. V. による DSA に対する I. A. による DSA の利点である。

造影剤を静脈注入することによって外来患者の動脈造影を可能にした DSA も、画質は今一歩である。現在の DF 装置は TV カメラ、X線発生装置、デジタル I.C メモリーなど、何一つ DF 用に新開発されたものではなく、市販製品の寄せ集めである。現状を打開するには、CsI を使用した I. I. にかわる高感度の detector の開発がまたれる。このような状況にある DF を最大限に利用するには、I. A. による DSA は有効な方法である。また DF 装置には DSA 専用機として開発されたものが多い。しかし、日本の現状に合致させるには、血管撮影装置に併用して取り付け、お互いに補足し合う形式にすると、安全性の向上、検査のスピードアップにつながるものと考ええる。

稿を終えるにあたり、御助言をいただいた当センター脳神経外科唐沢淳医長、同永田泉医師に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Christenson P C, et al.: Intravenous angiography using digital video subtraction, intravenous cervicocerebrovascular angiography. *AJR* 135, 1145-1152, December, (1980).
- 2) Crummy A B, et al.: Computerized fluoroscopy, digital subtraction for intravenous angiocardiology and arteriography. *AJR* 135, 1131-1140, December, (1980).

動脈内注入による Digital Subtraction Angiography (DSA) (粟井・佐合・東儀・若松・巢組)

- 3) Hillman B J, et al.: Digital video subtraction angiography of renal vascular abnormalities. Radiology **139**, 277-280, May, (1981).
- 4) Buonocore E B, et al.: Digital subtraction angiography of the abdominal aorta and renal arteries. Radiology **139**, 281-286, May, (1981).
- 5) 西村 玄, 他: デジタルラジオグラフィの現況と展望, 病態生理, **1**, No. 7, 773-781, (1982).
- 6) Riederer S J: The application of matched filtering to X-ray exposure reduction in digital subtraction angiography: Clinical Results. Radiology **146**, 349-354, February (1983).
- 7) Kruger R A, et al.: A method for the time domain filtering using computerized fluoro-scropy. Med.

Phys. **8**(4), 466-470, (1981).

その他参考文献

- 1) Mistretta C A, et al.: Digital angiography: A Perspective. Radiolgy **139**, 273-276, May (1981).
- 2) Bray W R, et al.: Intravenous carotid arteriography using line-scanned digital radiography. Radiology **139**, 297-300, May (1981).
- 3) Zawadzki M B, et al.: Digital subtraction cerebral angiography by intraarterial injection. AJR. **140**, 347-353, February, (1983).
- 4) 吹抜敬彦: 画像のデジタル信号処理日本工業新聞社(1981).