デジタル透視血管造影法による中枢神経疾患の診断

高橋 睦正・仏坂 博正・野中 信仁*・三浦 義一*・平田 好文**・松角 康彦**

Digital Fluoroscopic Angiography in the Diagnosis of Central Nervous System Diseases

Mutsumasa TAKAHASHI, Hiromasa BUSSAKA, Nobuhito NONAKA*, Giichi MIURA*, Yoshifumi HIRATA** and Yasuhiko MATSUKADO**

*Departments of Radiology and **Neurosurgery, Kumamoto University, Kumamoto; *Department of Neurosurgery, Saiseikai Kumamoto Hospital, Kumamoto*

Abstract

Digital fluoroscopic angiography (DFA) is a recently developed non-invasive intravenous angiography which has become possible through real-time digital subtraction of X-ray transmission data from an image intensifier and television fluoroscopic system. Prototype units were developed and installed. The output signal of the image intensifier-television camera system was digitized by an analog-digital converter. The digital information, 512×512 pixels and 9 bits deep, was fed into the image processing assembly after logarithmic amplification, where 2-8 frames were added and subtracted from the mask images for the final digital images. Up to 32 serial digital images could be stored in real time in the frame memories, while additional images were transferred to other recording units as necessary.

Fifty-five examinations were performed on 49 patients with various clinical symptoms referable to the central nervous system. Diagnostic information was obtained in 26 of the 55 examinations (47.3%), which included brain tumors, aneurysms, and atherosclerotic diseases in the neck. Examinations of "fair" quality were obtained 19 times (34.5%), most being intracranial arterial occlusive diseases. No information was obtained in 10 examinations (18.2%), mostly due to technical failures or misregistration artifacts.

Although spatial resolution of DFA is inferior to conventional angiography, this technique will replace it in certain conditions such as: 1) screening and postoperative follow-up of cervical diseases; 2) visualization of carotid arteries in contemplated transsphenoidal hypophysectomy; 3) diagnosis of large tumors or vascular tumors; 4) visualization of faint tumor stains; 5) diagnosis of sinus occlusions; 6) screening of vascular lesions such as subarachnoid hemorrhage and megadolichobasilar artery; and 7) patency of STA-MCA anastomosis.

Future development of DFA should be directed towards improvement of spatial resolution and removal of misregistration artifacts.

Key words: digital fluoroscopic angiography, digital subtraction angiography, brain tumors, cerebral vascular lesions

I はじめに

中枢神経疾患の診断において、脳血管造影 (CAG) は CT が広く応用されるようになった現在でも必須の検査法

である。最近では、拡大撮影、拡大立体撮影、断層撮影などを併用してより詳細な情報を得る試みがなされ、いっそうの診断能の向上が試みられている^{15,17)}。一方、画質には劣るが従来の血管造影ほど侵襲が大きくない、デジタル透

熊本大学放射線医学教室 ** 同脳神経外科 * 済生会熊本病院脳神経外科

Address reprint requests to: M. Takahashi, M. D., Department of Radiology, Kumamoto University, 1-1-1 Honjo, Kumamoto 860.

受稿 1982年6月7日 受理 1982年12月2日

Fig. 1 Block diagram of digital fluoroscopic angiography (DFA).

視血管造影法 digital fluoroscopic angiography (DFA) が、各種中枢神経疾患の診断に用いられようとしている^{2,4,8,16)}。本法の利点は、第一には静脈性に注入した造影剤によって動脈側の情報が得られることであり、動脈内カテーテル挿入や動脈直接穿刺が不要で非侵襲的に動脈造影が可能である。第二の利点は、X線情報のデジタル化処理を行うので、サブトラクションを初めとする種々の画像処理が正確かつ簡単にできることである。

DFA は米国において研究が進み、いくつかの研究施設で臨床応用が始まり、主として頸部血管、腎血管、大動脈などの病変に利用価値の高いことが報告された^{1,2,4,13,18)}。一方、頭蓋内疾患への応用は、X線吸収度の高い頭蓋骨のために臨床的価値は高くないと考えられ、臨床応用が遅れていたが、最近の機器の進歩によって Seeger ら¹²⁾、Modic ら⁵⁾、Strother ら¹⁴⁾により初期の経験の報告がなされた。

我々は、DFA の装置を試作し臨床的評価を行っている¹⁶⁾が、本稿では頸部血管と頭蓋内血管への応用について報告する。

II 装置および画像構成

我々の装置のブロックダイアグラムを Fig. 1 に示す。

人体を透過してきたX線は蛍光増倍管 (I. I.) と撮像管 (TV カメラ) で受け、画素数 512×512 、階調 8 ビット (256 段階) にアナログ・デジタル変換 (A/D 変換) を行

い、直接にまたは対数増幅を加えたのち、演算ユニット (マイクロコンピュータ) に送られる。演算ユニットでは、マスク像は 2 ~ 4 枚が加算されてフレームメモリ I に、血管に造影剤が入ったフレームは 2 ~ 4 枚を加算したのち、マスク像との間でサブトラクションを行ってフレームメモリ II に送られる。フレームメモリの情報は、デジタル・アナログ変換 (D/A 変換) を行って、それぞれ 2 個のテレビモニターに表示するとともに video disc recorder (VDR)、video tape recorder (VTR) に記録する。これらの画像はマルチフォーマットカメラでX線フィルムに焼付けることができる。

撮影中にサブトラクションを得る方法には serial mode と continuous mode の 2 つの mode が備えられている。Serial mode は、加算したマスク像と加算した造影フレームとの間のサブトラクションを、毎秒 1 ~ 2 回の速度で 10 ~ 20 秒間行うものであり、continuous mode はマスク像として 1 秒間程度の平均画像を用い、毎秒 30 フレームの速度の造影画像との間でサブトラクションを行い 20 秒間の透視像を得るものである。頸部、頭蓋内疾患の診断には serial mode を用いている。

ホストコンピュータでは γ -補正、マスク変換、階調調節、輪郭強調、スムージング、動態解析を実施できる。TID (time interval difference) も行うことができるが、post processing 操作として行っている。

Ⅲ 造 影 法

検査前の食事は禁じ、必要に応じてジアゼパム10 mg、硫酸アトロピン0.5 mgを投与して検査を開始する。肘部の静脈に gauge 16のエラスト針を挿入し、自動注入器の注射筒に連結して造影を行う。注入する造影剤76%ウログラフィン40~45 mlの上に20~25 mlの5%ブドウ糖液を重ねておくと、鎖骨下静脈内の造影剤を造影直後に洗い流すことができる¹⁶⁾。上大静脈にカテーテルを進めて行う場合もあるが、この際はこのようなブドウ糖液を重ねる必要はない。

注入速度は肘部の静脈から造影する場合は10~15 ml/秒、上大静脈からは20~25 ml/秒の速度で注入する。撮影は造影剤注入開始後、頸部血管では4~6秒後、頭蓋内の血管では6~8秒後にマスク像の撮影を開始し、引き続いて造影フレームを得るようにしている¹⁶⁾。撮影プログラムは途中で変更することも可能であるが、一般には毎秒1枚の速度でマスク像を含めて20枚撮影している。毎秒2枚を5秒間、毎秒1枚を10秒間という撮影プログラムに変更することも可能である。第1回目の撮影を観察したのち、第2回目の撮影開始時間を調節する。

撮影方向は、頸部の撮影では左前斜位、右前斜位それぞれ60~70度の角度で撮影しているが、正面像も有用なことが少なくない。一方、頭蓋内病変の撮影に当たっては、正面像は足方向へ10度傾けた入斜方向が良く、タウン像の撮影にあたっては足方向へ30度傾けると良い。一方、側面像の撮影にあたっては体軸方向に約5~10度傾けて撮影して

いる。

Ⅳ 材料および方法

頸部病変10例、頭蓋内病変39例の合計49例に DFA を実施した。このうち4例は、頸部病変と頭蓋内病変の2部位の診断のために DFA を実施したのであり、他の2例は同じ部位を2回検査した。したがって合計55回の検査を今回の検討の対象とした。

評価基準は血管造影との比較で行ったが、同じ時期の血管造影がないものについては撮影の画質で評価した。3段

Table 1 No. of procedures of digital fluoroscopic angiography in intracranial and cervical abnormalities (5, 20, 1982)

Clinical diagnosis	Quality			Total
	Good	Fair	Poor	
brain tumor	8(2)	4	5(2)	17(4)
aneurysm	6	1(1)		7(1)
occlusive disease	2(1)	8(7)	4(3)	14(11)
arteriovenous malformation	1	1		2
vascular anomaly	1(1)	1		2(1)
hypertensive intracerebral hemorrhage		1		1
STA-MCA anastomosis		1		1
cervical arterial occlusive disease	8(5)	2(1)	1(1)	11(7)
	26(9)	19(9)	10(6)	55(24)

(): angiography not available for comparison.
6 cases studied for 2 regions.

Fig. 2 Meningioma of the right parietal convexity. A: Lateral projection, arterial phase. There is a large vascular tumor in the parietal area with inferior and anterior displacement of the sylvian triangle. The vascularity appears to be supplied by the middle meningeal artery. B: Lateral projection, venous phase. The tumor is densely stained and the major drainage is toward the superior sagittal sinus via a cortical vein. The internal cerebral vein is slightly depressed.

Fig. 3 Aneurysm of the anterior communicating artery. A: Anteroposterior projection. There is a small, round, increased density superimposed over the anterior communicating artery. B: Oblique projection. The density is in close proximity to the anterior communicating artery, suggesting that it is an aneurysm of the anterior communicating artery.

階で評価したが次のように分類した。

Good : DFAが血管造影と同じ所見を描出しているもの、画質が良好で診断上十分な所見の得られたもの。

Fair : 血管造影で描出された主な所見は DFA で描出されているもの、画質が十分でないので診断上細かい所見は得られていないもの。

Poor : DFA の診断的価値のないもの、技術的に失敗したもの。

V 結 果

1. DFA の評価

DFA の診断的価値が高いと評価して“good”とした検査は55回中26回 (47.3%) であり、脳腫瘍、動脈瘤、頸部閉塞性病変の頻度が高かった。一方、“fair”としたのは55回中19回 (34.5%) であり、頭蓋内閉塞性病変に多い傾向があった。診断的情報の得られなかった検査は55回中10回 (18.2%) あり、病巣が小さいか部位的に描出困難であったもの4回、患者の動きによる misregistration artifacts 3回、造影剤注入タイミング不良・機械の作動不良3回であった。特に、後頭蓋腫瘍の1例は骨陰影に重なりサブトラクションが不良なために、STA-MCA 吻合術後の2症例は吻合血管が小さいために描出できなかったと思われた。また、misregistration artifacts としては患者の動きのほかには嚥下運動、造影剤の内頸静脈への逆流によるものが多かった。

2. 脳腫瘍

8例に“good”の描出が得られたが、大きい腫瘍、腫瘍血管に富む腫瘍の診断は容易であった。この中には前頭葉

Fig. 4 Normal cervical cerebral arteries in the left anterior oblique view. There is no evidence of stenosis, occlusion, or plaque formation. The bifurcation of the common carotid artery is well visualized.

と側頭葉の膠芽腫の各1例、脳梁星細胞腫、蝶形骨平面と傍矢状部の髄膜腫の各1例、下垂体腫瘍、頭頂葉の転移性腫瘍、術後症例各1例が含まれる (Fig. 2)。髄膜腫では CAG で腫瘍濃染像は描出できなかったが、DFA で明瞭に描出できた。下垂体腫瘍では、DFA にて前大脳動脈水平

Fig. 5 Arteriovenous malformation of the right parietal lobe. A: Lateral projection, arterial phase. There is a large vascular lesion in the parietal area with enlarged pericallosal and callosomarginal arteries. No displacement of the sylvian vessels is noted. B: Anteroposterior projection, arterial phase. The large vascular lesion is in the medial portion mainly supplied by the anterior cerebral artery. There is also contribution from the branches of the middle cerebral artery.

部の偏位のための所見がみられ、血管性病変が否定でき、CT所見と総合すればCAGは省略できると考えられた。

一方、血管偏位の軽度な腫瘍や無血管性腫瘍は大きいものでも診断できない印象であった。“Fair”と評価された頭頂葉膠芽腫2例、視床腫瘍、頭頂部の転移性腫瘍各1例の4例はそのような腫瘍であった。また小脳橋角部腫瘍、傍正中髄膜腫を含む5例はそれぞれ“poor”に分類されたが、技術的失敗やmisregistration artifactsで“poor”の分類となったものである。

3. 動脈瘤

内頸動脈の海绵静脈洞部2例、前交通動脈、後交通動脈起始部、脳底動脈末梢および眼動脈起始部各1例の6動脈瘤は明瞭に描出され“good”と考えられたが、血栓を有する脳底動脈末梢部の動脈瘤は“fair”と評価された(Fig. 3)。

動脈瘤が発生した血管の2倍以上の直径を有する場合には容易に診断しうる印象であったが、それより小さいものは診断困難と思われた。

4. 頭蓋内閉塞性病変

このグループには14回のDFAが含まれているが、“good”とされたものは2例のみで、8例は前大脳動脈、中大脳動脈、脳底動脈は描出されているが閉塞性変化や副行路を観察することはできず“fair”と分類された。しかし、これらの症例は1例しか血管造影を実施していないので、比較検討はできなかった。4例に技術的に不成功で不

十分な所見しか得られなかった。

5. 頸部血管

右前斜位では右総頸動脈の分岐部が、左前斜位では左総頸動脈の分岐部がよく観察された。8例については、良好な造影が得られ通常のCAGは不要と思われた(Fig. 4)。嚥下運動、頸静脈への造影剤逆流によるartifactsのために、斜方向で対側の血管がよく描出できなかったもの各1例がみられた。いずれもその側の斜位撮影を行うことにより診断価値のある検査を行いえた。

臨床所見を考慮に入れて読影を進めれば、頸部血管の病変の診断には本法で十分と考えられる症例が多かった。特にfollow-upにはDFAは十分な所見を示すと思われた。

6. その他の病変

頭頂部の動静脈奇形と間脳嚢胞を伴う血管奇形では、従来の血管造影に対応する所見が得られ“good”と分類された(Fig. 5)。このほかに松果体腫瘍に伴う動静脈奇形、高血圧性脳出血各1例では、DFAで所見の描出が比較的良好に“fair”に分類された。特に、高血圧性脳出血の症例ではCT所見と総合的に判断すればCAGは不要と思われた。

VI 考 察

脳血管造影法は、1927年にポルトガル人のEgas Moniz⁶⁾により開発されたが、それ以来幾多の手技の進歩がなされてきた。その中で、静脈内造影剤投与方法によって非侵襲的に脳血管造影を行う試みも行われてきた^{3, 6-11)}。しかし、記

録法としてX線フィルムを用いるかぎり、4～5%の造影剤ヨード濃度では、1935年に開発されたサブトラクション¹⁹⁾を用いても良好な画質の診断的価値の高い撮影を行うことはできず、一般に用いられるには至らなかった。しかし、CTの出現以来デジタル画像処理技術が進歩し、I. I.-TV系で撮影した画像にデジタル処理、サブトラクションを加え、画像表示を行う方法が開発され、digital fluoroscopic angiography, digital video subtraction angiography, digital subtraction angiography, digital vascular imaging などと呼ばれるようになった^{2,4,7,8,16)}。

DFAはデジタル処理を行うので、サブトラクション、画像加算などの画像処理が簡単に迅速に実施できるので、コントラスト分解能に優れる画像が得られる。このためDFAを用いれば、1～2%に希釈された造影剤ヨード濃度でも診断的に有用な血管像が構成でき、肘部静脈に注入した造影剤によっても動脈の画像構成が可能である。このような利点から、本法では動脈内カテーテル挿入、頸動脈穿刺を行う必要がなく、非侵襲的で患者の負担が少ないという利点が挙げられている。また本法は塞栓症や血栓症の危険を回避することが可能で、高齢者や全身状態の悪い患者でも実施でき、外来検査として反復実施することもできる。

本法の欠点は、空間分解能が従来のCAGに劣る点であり、現在のところファントム実験では、1～2%の造影剤濃度の場合1～2mmの解像力が限界である²⁾。また、被撮影部に動きがあるとサブトラクションが正確に行われず、いわゆる misregistration artifacts が形成され、画質が著明に低下することが挙げられる。さらに、すべての脳血管が同時に撮影されるために、病変と正常血管の重なりも診断の妨げになることも少なくない。造影剤を大量に使用するための副作用も無視できないと思われ、アレルギー反応、アナフィラクシーショックなどの発生する可能性も無視することはできない。

DFAには、今後装置の改善、画質の向上が必要であるが、今後の応用の方向は次のような点が含まれると考えられる。①頸部の血管性病変のスクリーニング、手術後の経過観察などには本法が十分な役割を果たし、従来のCAGは特殊な症例以外は必要でない場合もあると考えられる。②経蝶形骨洞下垂体手術における内頸動脈の走行同定、動脈瘤の除外はDFAで十分になしうる。③腫瘍血管に富む腫瘍や大きな腫瘍では、CTの所見と総合すればかなりの情報が得られ、診断、鑑別診断が可能である。④腫瘍濃染像はDFAでより明瞭に描出されることがある。⑤矢状洞の開存、閉塞などの所見は本法でより明瞭に描出できる。⑥血管性病変のスクリーニングに有用であり、血管の

スパズム、クモ膜下出血の原病巣の検索、megadolico-basilar arteryの診断に有用である。⑦外頸動脈頭蓋内血管吻合の開存の診断が可能である。これらの点に関して、さらに症例を重ね検討する必要がある。

DFAのもっとも大きな課題は、空間分解能をいかに高めるかという点であり、今後の機器の改良はこの方向に向けられなくてはならない。さらに、血管の重なりを除くために立体撮影の可能な装置の開発を進めることが重要であり、性能の良い蛍光増倍管、撮像管の開発、コンピュータの利用拡大などによってしだいに向上していくものと思われるが、フィルム法の程度まで空間分解能を高めることもいづれは可能であろう。脳血流などの血行動態測定の可能性も今後検討する必要がある。現在の装置では、画像が一定のマトリックスによって構成されるという大きな限界があり、従来のCAGがまったく不要になるとは将来とも考えられない。しかし、CTをはじめとする他の神経放射線学的検査と総合的に読影することにより、かなりの症例で従来のCAGに代わりうる検査法に発展することが予測される。

VII ま と め

我々が開発したデジタル透視血管造影装置について述べ、中枢神経疾患に対する初期の臨床経験を報告した。本法は空間分解能には劣るが、患者の侵襲が少なく簡単に実施できるので、頸部血管病変、脳腫瘍、動脈瘤、動静脈奇形などについて、スクリーニング、術後の経過観察、除外診断、鑑別診断に有用なことを述べた。機器の改良とともに、中枢神経疾患診断における重要な検査法に発展するものと考えられる。

文 献

- 1) Chilcote WA, Modic MT, Pavlicek WA, Little JR, Furlan AJ, Duchesneau PM, Weinstein MA: Digital subtraction angiography of the carotid arteries: A comparative study in 100 patients. *Radiology* 139: 287-295, 1981
- 2) Christenson PC, Oviatt TW, Fisher HD, Frost MM, Nudelman S, Roehrig H: Intravenous angiography using digital video subtraction: Intravenous cervicocerebrovascular angiography. *AJNR* 1: 379-386, 1980
- 3) Manelfe C, Ducos de Lahitte M, Marc-Vergnes JP, Rascol A, Guiraud B: Investigation of major cerebral arteries by intravenous angiography: Report of 1000 cases. Presented at the annual meeting of the American Society of Neuroradiology, Los Angeles, March 1980. *AJNR* 1: 362, 1980
- 4) Meaney TF, Weinstein MA, Buonocore E, Pavlicek W, Borkowski GP, Gallagher JH, Sufka B, MacIntyre WJ:

- Digital subtraction angiography of the human cardiovascular system. *Am J Radiol* 135: 1153-1160, 1980
- 5) Modic MT, Weinstein MA, Chilcote WA, Pavlicek W, Duchesneau PM, Furlan AJ, Little JR: Digital subtraction angiography of the intracranial vascular system: Comparative study in 55 patients. *AJNR* 2: 527-534, 1981
 - 6) Moniz E: L'encephalographie arterielle, son importance dans la localisation des tumeurs cerebrales. *Rev Neurol (Paris)* 34: 72-89, 1927
 - 7) 西村 玄, 内藤博昭, 李 晃二, 高宮 誠, 小塚隆弘, 大野英丸, 安原 弘: Digital angiography の現状と問題点. 映像情報 12: 1290-1296, 1981
 - 8) Ovitt TW, Christenson PC, Fisher HD, Frost MM, Nudelman S, Roehrig H, Seeley G: Intravenous angiography using digital video subtraction: X-ray imaging system. *AJNR* 1: 387-390, 1980
 - 9) Pheline CH, Viallet P, Sendra L, Combe P, Chevrot L, Aubry P: L'utilisation de l'angiographie cerebral total simultanee, par voie intra-veineuse chez l'enfant. *Acta Radiol (Stockh)* 46: 279-282, 1956
 - 10) Robb GP, Steinberg I: Visualization of the heart, the pulmonary circulation and the great blood vessels in man: A practical approach. *Am J Radiol* 41: 1-17, 1939
 - 11) Scatliff JH, Evans JA: Radiographic evaluation of major arteries of the neck by intravenous aortography. *Acta Radiol [Diagn] (Stockh)* 1: 404-416, 1963
 - 12) Seeger JF, Weinstein PR, Carmody RF, Ovitt TW, Fisher HD, Capp MP: Digital video subtraction angiography of the cervical and cerebral vasculature. *J Neurosurg* 56: 173-179, 1982
 - 13) Strother CM, Sackett JF, Crummy AB, Lilleas FG, Zwiebel WJ, Turnipseed WD, Javid M, Mistretta CA, Kruger RA, Ergun DL, Shaw CG: Clinical applications of computerized fluoroscopy: The extracranial carotid arteries. *Radiology* 136: 781-783, 1980
 - 14) Strother CM, Sackett JF, Crummy AB, Mistretta CA, Ergun DL, Shaw CC, Kruger RA, Duff TA, Ramirez LF, Turnipseed WD: Intravenous video arteriography of the intracranial vasculature: Early experience. *AJNR* 2: 215-218, 1981
 - 15) 高橋睦正: 神経放射線診断の新しい方向. 日医放線会誌 42: 203-222, 1982
 - 16) 高橋睦正, 広田嘉久, 上亀直俊, 宮脇正行, 仏坂博正, 上野助義, 三浦義一, 島倭文郎, 常岡雅幸: デジタル透視血管造影法の臨床的評価. 画像診断 2: 660-672, 1982
 - 17) Takahashi M, Ozawa Y: Routine biplane cerebral angiography with stereoscopic magnification. *Radiology* 136: 113-117, 1980
 - 18) Turski PA, Strother CM, Turnipseed WD, Sackett JF, Crummy AB, Lieberman RP, Sieghorst MF: Evaluation of extracranial occlusive disease by digital subtraction angiography. *Surg Neurol* 16: 394-398, 1981
 - 19) Ziedses des Plantes: Subtraktion. *Fortschr Roentgenstr* 52: 69-79, 1935
- [別刷請求先: 〒860 熊本市本荘1-1-1, 熊本大学放射線医学教室, 高橋睦正]