



Title	Fuji Computed Radiography(FCR)のDigital Subtraction Angiography(DSA)への応用
Author(s)	石橋, 忠司
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1985, 45(10), p. 1351-1376
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17115
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Fuji Computed Radiography (FCR) の Digital Subtraction Angiography (DSA) への応用

東北大学医学部放射線医学教室 (主任：星野 文彦教授)

石 橋 忠 司

(昭和60年 6月20日受付)

(昭和60年 7月18日最終原稿受付)

Digital Subtraction Angiography (DSA) Using Fuji Computed Radiography (FCR)

Tadashi Ishibashi

Department Radiology, Tohoku University School of Medicine, Sendai, Japan

(Director: Prof. F. Hoshino)

Research Code No. : 201, 500.4, 501, 508

*Key Words : FCR, DSA phantom, DSA resolution, Dye
dilution methods, IVDSA, IADSA*

X-ray instruments have been digitized in company with computer technologies. Also in a field of the angiography, digital subtraction angiography (DSA) has been developed in recent years. We have attempted to use Fuji Computed Radiography (FCR) as DSA unit, which was developed in Japan for the purpose of digitization of all conventional film-screen images utilizing photostimulable phosphor and scanning laser stimuable luminescence. Evaluation of imaging of FCRDSA was carried out in fundamental and clinical use.

A vessel phantom suitable for evaluation of spatial and contrast resolution of FCRDSA has been developed and used for determining resolution. The effects of iodine concentration, low dose exposure, and acryl thickness on the resolution were evaluated in FCRDSA, and FCRDSA images were compared with film subtraction with use of this phantom. It has been proven that limitation of resolution of FCRDSA was 5% lmm and about 1/4 dose exposure compared with conventional film exposure was clinically acceptable.

Dye dilution method was useful to determine a program of IVDSA with imaging plate. It has been proven that time to appearance and time to peak of time-concentration curve of dye dilution method closely correlate to time to appropriate image of DSA in the neck, the chest, and the abdomen.

106 cases of IVDSA and 130 cases of IADSA using FCR in Tohoku University Hospital from January through December 1984 were analyzed. 90% of IVDSA were clinically useful, and 40% of IVDSA were equal or superior than the conventional image. IADSA has more excellent image than IVDSA, especially in the head and the extremity. 95% of IADSA were clinically useful. Inadequate timing exposure of IVDSA were seen in several cases. Almost all causes of unsuccessful examination were occurred by misregistration artifacts, consisting of respiration or cardiac motion in the chest, bowel gas in the abdomen. The aortic arch and branches of the aorta were well opacified by IVDSA. However, vessels of the skull and the extremity were difficult to diagnose by IVDSA, IADSA is recommended in these cases.

FCR needs much more time to digitize X-ray information than DF. Its field of view is wider and spatial resolution is higher than DF. So, this study confirm that FCR can be used as DSA unit with clinically good acceptability.

目 次

- I. 緒言
- II. 基礎的検討
 - 1) 目的
 - 2) 血管ファントームの試作
 - 3) 対象と方法
 - 4) 結果
 - 5) 考察
- III. 臨床的検討
 - 1) IVDSA に関して
 - (a) 色素希釈法を用いた撮影タイミング法
 - (i) 目的
 - (ii) 対象と方法
 - (iii) 結果
 - (iv) 考察
 - (b) IVDSA の臨床的画像評価
 - (i) 対象と方法
 - (ii) 結果
 - 2) IADSA に関して
 - (a) IADSA の臨床的画像評価
 - (i) 対象と方法
 - (ii) 結果
 - 3) 症例と適応
 - 4) 考察
- IV. 結 語

I. 緒 言

近年のコンピューター科学の進歩に伴い、X線検査法のデジタル化が進み、既にCTやMRIはデジタル医用画像として臨床応用されている。一般撮影の分野での発展も著しく、最近、我が国で開発されたFuji Computed Radiography (FCR)は、フィルム増感紙系を用いずに、高感度イメージングをプレートを使用して空間分解能を損うことなく、あらゆるフィルム撮影系をデジタル化することを可能にした^{1)~5)}。

血管撮影の技術の上でも、アナログ画像から、デジタル画像へと発展しつつある。1939年、Robb, Steinbergによって始められた経静脈的動脈造影⁶⁾は、選択的造影法の普及とともに廃れていっ

たが、デジタル化によりわずかな血管内ヨード濃度差も検出可能となり、その優れた濃度分解のために、今日再び、DSAとして非選択的造影法を復活させることができたのである。サブトラクションの技術もフィルム法にはじまり、テレビサブトラクション法⁷⁾、Digital Subtraction Angiography (DSA)へと変遷してきた。DSAとして一般に広く用いられている方法は、TV撮影管を用いたdigital fluorography (DF)^{6)~9)}であるが、当科ではFCRを用いたDSA¹⁰⁾の臨床応用を試みてきた¹¹⁾。本システムをDSAに用いる場合の基礎的検討と、臨床応用の画像評価を行ない、その適応と限界について研究した。

II. 基礎的検討

1) 目的

DSAはフィルム増感紙系に比べ濃度分解能が向上したことにより、静注法にても動脈造影を可能にした。しかし、濃度分解能が向上したとはいえ限界があり、臨床応用に必要な濃度、空間分解能を明らかにする必要がある。しかも、濃度分解能と空間分解能は切り離すことのできるものではなく、DSAでは特に低濃度領域での分解能が問題となる。低濃度領域での定められた画像評価法やファントームはない。そこで、DSA用の血管ファントームを試作し、このファントームを用いてFCRDSAの空間、及び濃度分解能について検討し、又、X線チャートを用い高濃度領域での分解能も併せて検討した。

2) 血管ファントームの試作

1cm厚の亚克力板にCook社製テフロンランスルーセントカテーテル、3Fから12Fの各サイズのチューブを、おのおの4本並列して固定した(Fig. 1)。内径はそれぞれ0.58mm(3F)、0.74mm(4F)、0.99mm(5F)、1.45mm(6.5F)、2.08mm(9F)、2.84mm(12F)、であり、内径と内壁間距離が一定となるようにスペーサーを置いた。サブトラクション像にて、チューブやスペーサー

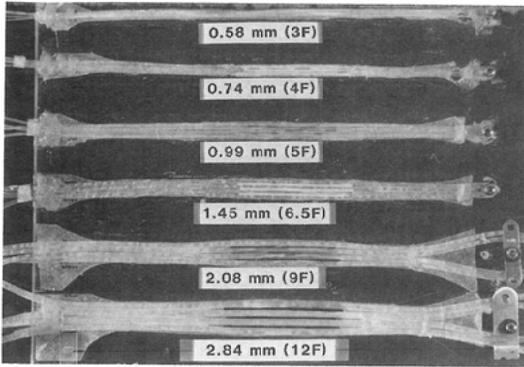


Fig. 1 Vessel phantom

が識別されることなく、DSA ファントムとして支障のないことを確かめた。

3) 対象と方法

撮影装置：日常臨床に胸腹部血管撮影用として使用している Philips 社, Super M 100型と, FCR 法には Fuji の高速四つ切り I.P.チェンジャーを, フィルム法には Siemens 社 AOT を使用した, フィルム焦点間距離を120cm とし, X 線チャート使用時は小焦点0.6×0.6mm を, 血管ファントム使用時は大焦点1.3×1.3mm を使用した (Fig. 2).

X 線チャートを用いた場合 (高濃度領域) : X 線チャートは KYOKKO, Pb, 0.05mm 厚,

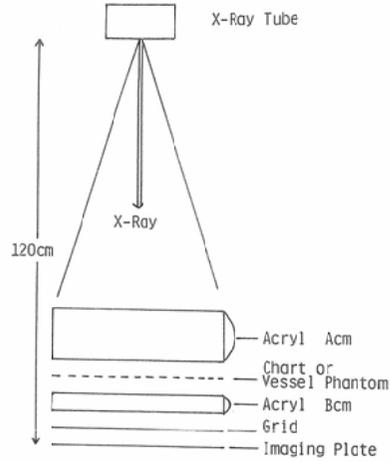


Fig. 2 Schematic diagram of experiment

0.5~10LP/mm を使用し, 散乱体としてチャートと I.P.間に5cm 厚のアクリル板を置き, 1/1線量 (フィルム増感紙法にて撮影する条件 E_0) を50 KVp, 100mA, 200msec.として撮影した。蛍光線量計にて相対線量を測定し, 2倍, 1倍, 1/2倍, 1/4倍, 1/8倍, 1/16倍, 1/32倍線量撮影をし, 分解能を肉眼的に判定し, FCR のもつ3種類の処理モードによる空間分解能の差異と限界を調べた。

血管ファントムを用い FCRDSA を行なった場合 (低濃度領域) : 成人腹部の条件に準じて, 血管ファントムを上10cm, 下5 cm 厚のアクリル

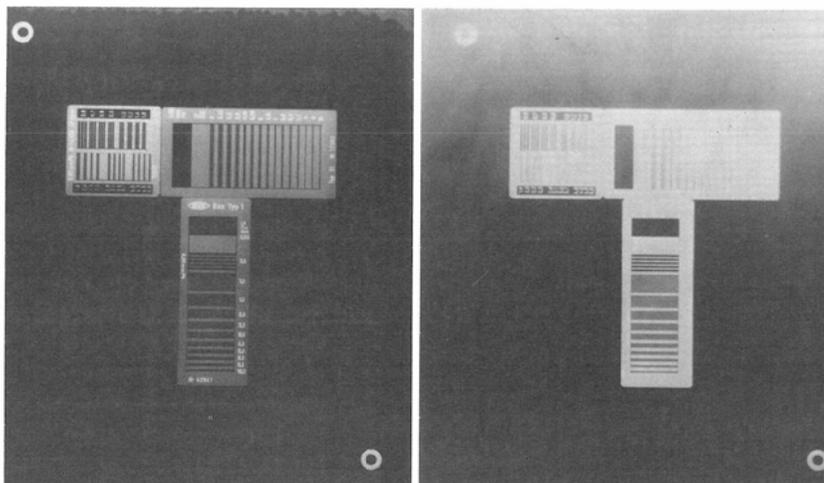


Fig. 3 Spatial resolution with X-ray chart : Fix mode : Conventional X-ray dose (left) 2.5 LP/mm : 1/2 dose (right) 2.5 LP/mm

板に挟み、マスク像としてチューブ内に水を満たし、又チューブ内濃度をそれぞれ40% (168mgI/ml), 20%, 10%, 6%, 4%, 2%, 1%0.5%について、2倍、1倍、1/2倍、1/4倍、1/8倍線量で撮影し、腹部・脈管の条件にて入力処理後、サブトラクション像を作製した。10%, 4%, 1%については、8倍、4倍、1/12.5倍、1/20倍撮影のサブトラクション像も作製した。1/1線量 (E₀)

は75KVp, 300mA, 200msecとした。

血管ファントームを用いフィルムサブトラクションを行なった場合：Kodak TMGフィルムとDupont Sサブトラクションフィルムを使用した。血管ファントームを上10cm, 下5cm厚のアクリル板に挟み、チューブ内濃度をそれぞれ、水、20%, 10%, 6%, 4%, 2%, 1%について、1/1線量(75KVp, 300mA, 200msec)にて撮影後、

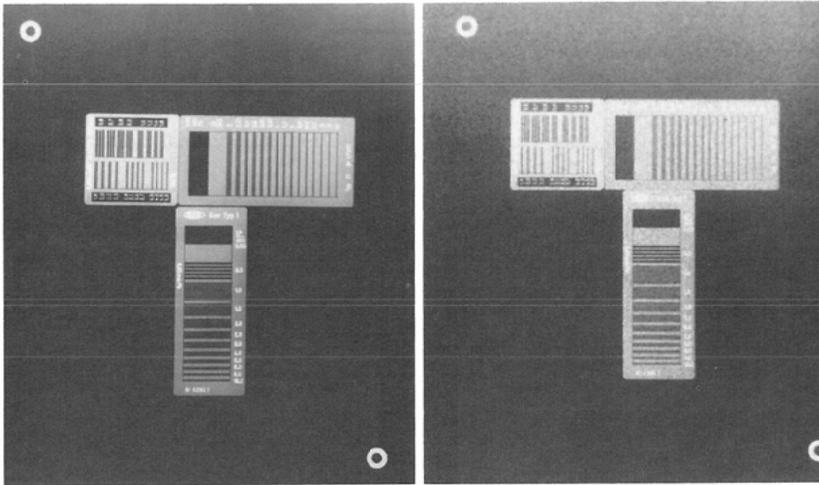


Fig. 4 Spatial resolution with X-ray chart : Semiauto mode : Conventional X-ray dose (left) 2.8 LP/mm : 1/30 dose (right) 2.5 LP/mm

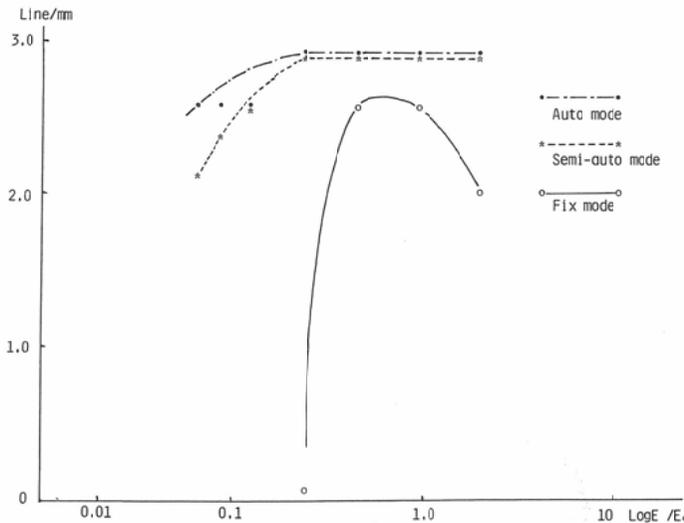


Fig. 5 Spatial resolution (mm) with X-ray chart (high contrast field). Effect of FCR mode and Correlation between X-ray dose and spatial resolution. E₀ = conventional dose

サブトラクション像を作製し、肉眼的に判定し、FCRDSA との比較を行なった。

アクリル板の厚さの影響：チューブ内濃度が水と6%濃度を用いてサブトラクション像を作製した。血管ファントム上のアクリルの厚さは、それぞれ、14cm（腹部条件）、10cm（胸部条件）、6cm（頸部条件）、2cm（四肢末梢条件）とし、I.P.に与えられるX線照射線量がほぼ一定となるように、前もって蛍光線量計にて測定した条件で撮影し、アクリル厚による空間、濃度分解能に与え

る影響を調べた。

4) 結果

X線チャートを用いた撮影線量と空間分解能との関係はFig. 3, 4, 5のようになった。四つ切りプレートを使用した場合、X線チャートの空間分解能は2.8LP/mmが限界であった。FCRは撮影モードによって、それぞれFix mode(フィルム増感紙系とほぼ同じ感度、ラチチュードに固定)では感度幅が極めて狭く、1/4線量では分解できなくなり、Semiauto mode(ラチチュード固定、かつ

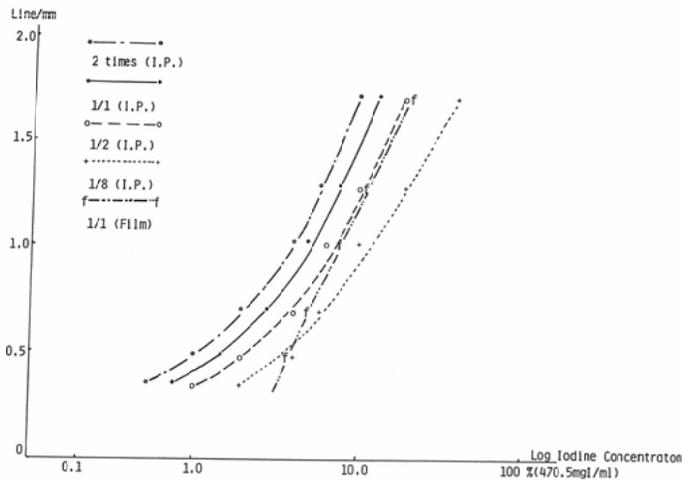


Fig. 6 Spatial resolution in relation to iodine concentration with vessel phantom, and comparison of spatial resolution between conventional dose exposure, low, high dose exposure, and film subtraction.

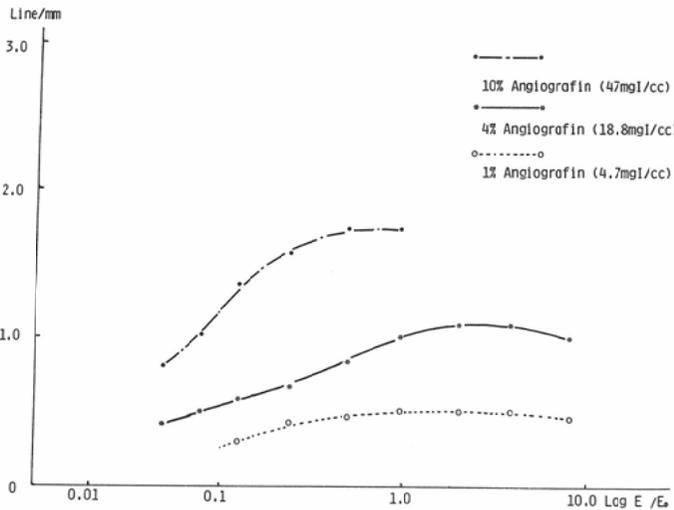


Fig. 7 Spatial resolution with vessel phantom (low contrast field)

感度自動), auto mode (ラチチュード, 感度とも自動)では約1/8線量撮影まで分解能の低下は認めず, 1/10~1/32線量撮影でも分解されるが, Semiauto mode より auto mode がやや優れていた。

血管ファントムを用い DSA を行なった場合のヨード濃度と空間分解能の関係は, 血管内濃度が下がると空間分解能も悪くなり, その関係は血

管の太さと血管内濃度とその積に比例した (Fig. 6)。又, 撮影線量を増すと空間分解能は向上し, 減らすと低下したが, 1/4線量撮影までは画像劣化は少なかった。成人腹部相当 (アクリル15cm厚)での血管1mmを分解するには1倍線量撮影で5%ヨード濃度を必要とし, 又, 3mm径であれば0.75%ヨード濃度でも分解可能であった。撮影線量と空間分解能の関係を, 10%, 4%, 1%濃度

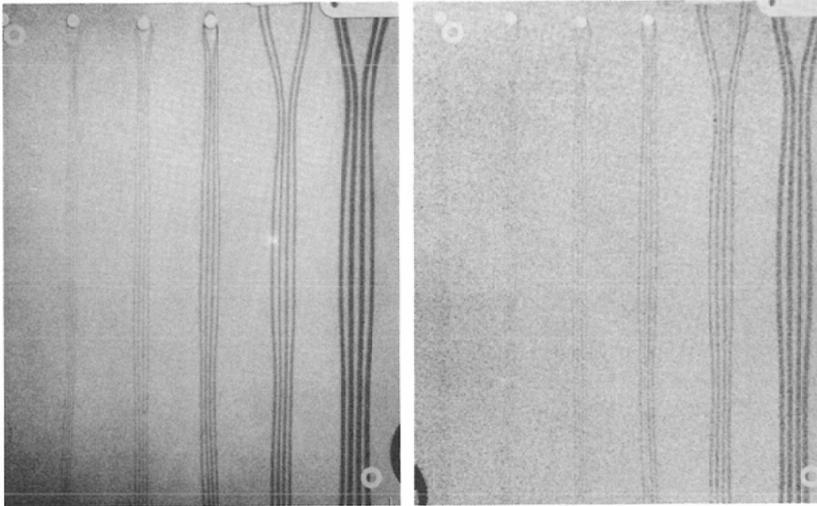


Fig. 8 Resolution of imaging plate. Iodine concentration 10%: Conventional X-ray dose (left) 0.58mm: 1/8 dose exposure (right) 0.99mm

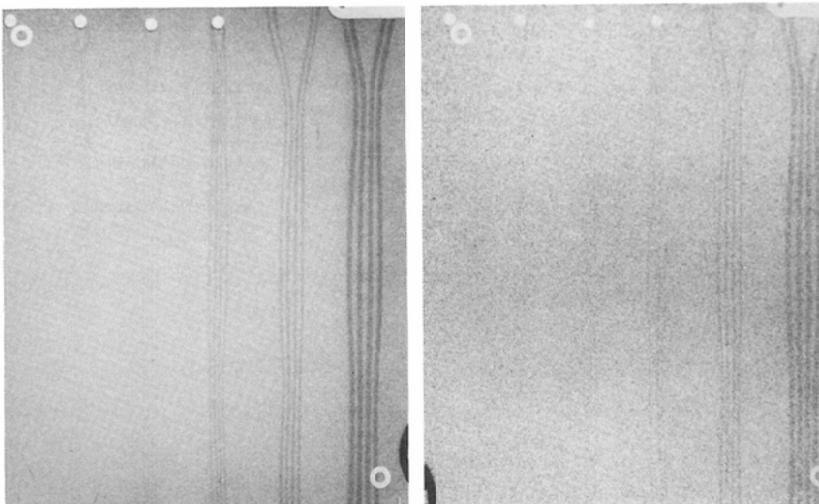


Fig. 9 Resolution of imaging plate. Iodine concentration 4%: Conventional X-ray dose (left) 0.99mm: 1/8 dose exposure (right) 2.08mm

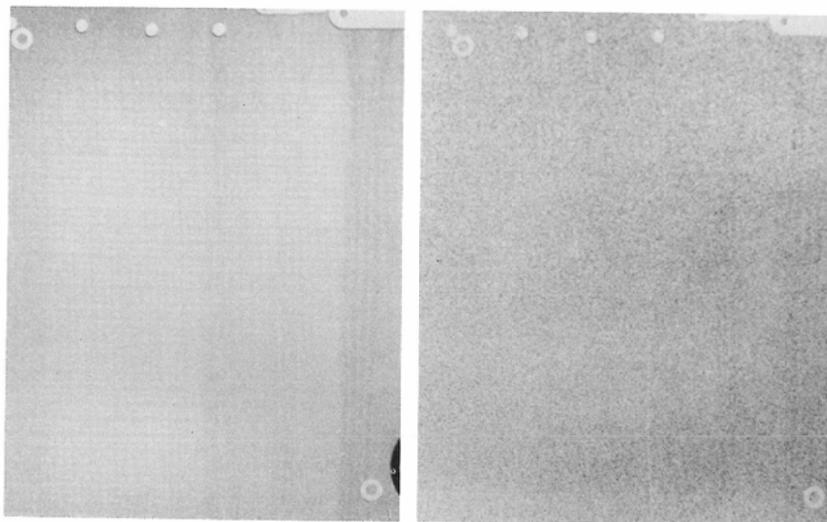


Fig. 10 Resolution of imaging plate. Iodine concentration 1%: Conventional X-ray dose (left) 2.08mm: 1/8 dose exposure (right) No resolution

に関してみると(Fig. 7), 10%で0.9LP/mm, 4%で0.5LP/mm, 1%で0.25LP/mm, が限界で, 血管内濃度が高いほど空間分解能はよく, 又, 撮影線量を減らすと分解能は低下した.(Fig. 8~10) 逆に, 撮影線量を増やしても限界があった.

血管ファントームを用いフィルムサブトラクションを行なった場合は, 8%濃度で1mmを分

解するのが限界であり(Fig. 6), FCRDSA 法に比して分解能が劣ることがわかった (Fig. 11).

アクリル厚を変えて撮影すると, アクリル厚に応じて, 14cm, 1.45mm, 10cmで1.45—0.99mm, 6cmで0.99—0.74mm, 2cmで0.74と薄いものほど分解能は良く, その分解能はアクリル厚に反比例した (Fig. 12).

5) 考察

DSA の評価を行なう上で, 低濃度領域での空間分解能と濃度分解能を試べるファントームが, 最近報告されつつあるが^{13)~14)}, まだ統一したものはない. 一般に X 線撮影解像テストに使用する X 線チャートは矩形波で, 同じ周波数のものを, 等間隔で並べている. アクリル板内に矩形の穴をあけ, 各種のヨード濃度を満たしたファントームを作製すれば, より X 線チャートに近いが, 技術的に1mm以下の矩形の穴をあけることは困難で, 又, 実際臨床上血管は正弦波形をしているので, 円形チューブを用いてもよいと考えた. アクリルとテフロンチューブという2材質を使用しているが, 現時点の DSA 装置でサブトラクション像にてチューブが分解して見えなければ, このファントームは使用可能と考えた.

X 線チャートを用いた解像力テストが示すと

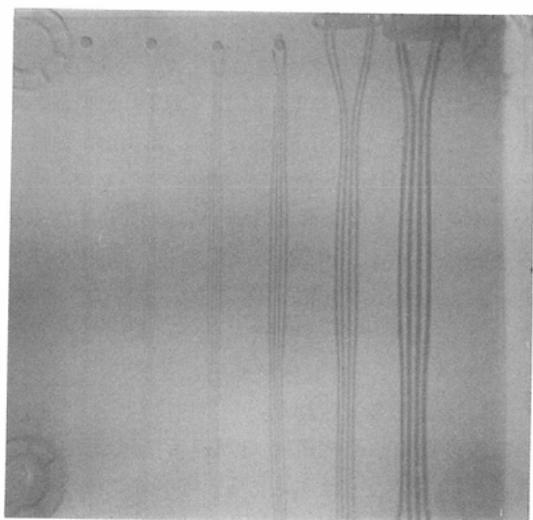


Fig. 11 Resolution of conventional film subtraction Iodine concentration 10%: Resolution 0.74 mm

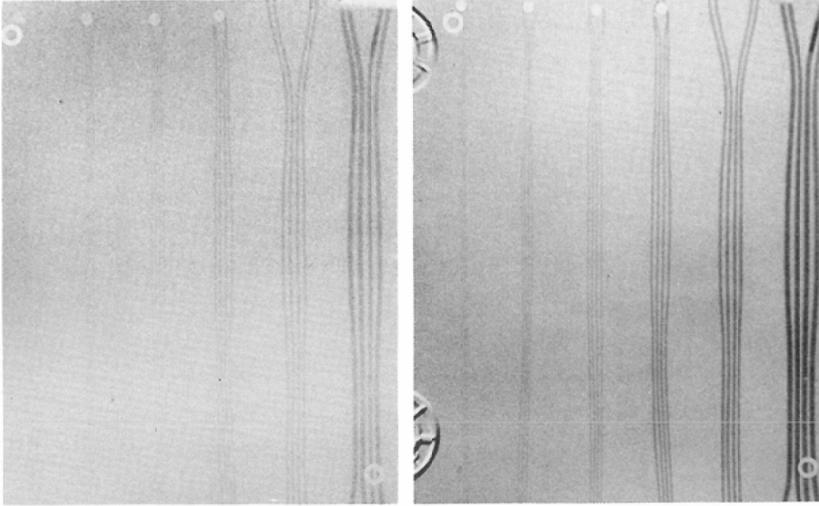


Fig. 12 Effect of acrylic thickness: Iodine concentration 6%: 16cm thickness
(left) 1.45mm: 1cm thickness (right) 0.74mm

おり、FCR システムの最大の特徴の 1 つは、自動感度モード（イメージングプレートに与えられた X 線吸収線量の多少にかかわらず、その線量に比例した光ルミネッセンス現象をおこすために安定した画像出力が可能¹⁾）がとれるために、低線量撮影をも可能にしたことである。Fix mode, に比して auto mode, semiauto mode では撮影線量にかかわらず、安定した画像が得られ、撮影ミスが少なくなった。しかし、X 線チャート法でも 1/10 線量以下では粒状性による劣化を主とした画像劣化が目立った。FCR のもう 1 つの特徴は、DF に比して鮮明な画像を有することである。その原因は四つ切りプレートを用いた場合、その視野は読み取り時、30.5×25.4cm、書き込み時、20.1×16.7cm で、その画像は 2,000×2,000 のマトリックスを有し、1 ピクセルサイズは 100 ミクロンで、読み取り時 8 ビット、書き込み時 10 ビットにて画像処理されるためである。一般に用いられる Digital Fluorography (DF) は 512×512 のマトリックスで、イメージインテンシファイヤーによって視野が制限され、20cm 前後である¹⁵⁾。

血管ファントームを用いた実験では、X 線チャートに比して、低濃度のために当然のことながら空間分解能は低下し、低線量撮影を行なうと、さらに空間分解能が低下した。Rose らは空間分解

能の一般的な概念として、ヨード濃度と血管の直径の積で示されると述べており¹⁶⁾、本実験の結果と一致した。

フィルムサブトラクション法と比較すると、DSA では濃度分解能が著しく向上したことがよくわかった。

アクリル厚を変えた実験では、アクリル厚の薄いものほど空間分解能の向上がみられたが、临床上、四肢末梢や小児の撮影でコントラストの良い写真がとれることであらう。

DF との比較データを持たないが、文献的に¹⁷⁾、DF では、11.25cm の I.I. と 512×512 マトリックスを使った場合、2~3LP/mm で 1%、1mm が限界としている。Buonocore らの報告¹⁸⁾では、I.I. 径が大きくなると 2% 濃度でなければ識別できなくなると述べている。FCRDSA 法では、腹部条件下で、5%、1mm であり、四肢末梢の条件にすれば、さらに低濃度で分解可能である。DF に対して FCRDSA 法は、濃度分解能的に臨床応用上劣ることはないと考えられた。

低線量撮影への応用は、1/4 線量撮影までは、粒状性が目立つことはあっても、分解能の低下も少なく、臨床使用可能と考えられた。しかし、胸部単純写真などの一般撮影での低線量撮影の有効性 (1/8~1/10 線量撮影で可能) に比べて、DSA での

低線量撮影は画像劣化を来たしやすい傾向を認めた。

III. 臨床的検討

1) IVDSA に関して

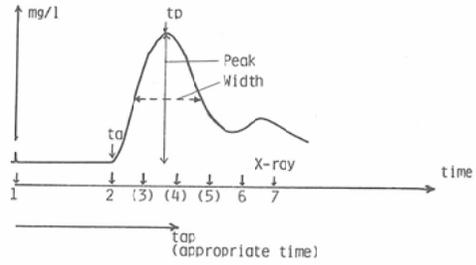
(a) 色素希釈法を用いた撮影タイミング法

(i) 目的

イメージングプレートを用いた撮影には現在用いられている I.P.速写装置上制限があり、秒間3枚、連続12枚が限度である。又、I.P.読み取りとフィルム書き込み時間が約1分、サブトラクション作製に1枚約3分かかり、リアルタイムに像が見えないために、撮影タイミングのミスがないように最小限のプレートで撮影する必要がある。そこで、造影剤の循環時間を予知する方法として、色素希釈法¹⁹⁾を応用し、その意義を検討した。

(ii) 対象と方法

中心静脈へカテーテルを挿入し IVDSA を施行した46症例、79シリーズで、その内訳は、頸部11例、胸部18例、腹部36例、骨盤14例である。イヤープース法にてインドシアニンググリーン1ml (5mg) を生食約15ml とともに注入し、色素希釈曲線を求め、出現時間(ta)、最高濃度時間(tp)、その平均値((ta+tp)/2)と、目的とする血管(頸部は内外頸動脈分枝部、胸部は下行大動脈、腹部は右腎動脈、骨盤は右内腸骨動脈)が最も良く描出された撮影



() : Artery is visible in subtraction film

From the Stewart-Hamilton formula

$$\text{Cardiac output} = \frac{\text{mg I injected}}{\text{Area}} = \frac{\text{Central volume}}{\text{Mean transit time (MTT)}}$$

$$\text{Area} = k \times \text{peak} \times \text{width}$$

$$\text{Cardiac output} = k \times \frac{\text{mg I injected}}{\text{peak} \times \text{width}}$$

$$\text{Peak} = k \times \frac{\text{mg I injected}}{\text{cardiac output} \times \text{width}}$$

$$\text{Width} = k \times \text{MTT} = k \times \frac{\text{central volume}}{\text{cardiac output}}$$

$$\text{MTT} \times \text{width} = \text{central volume} \times \frac{\text{peak} \times \text{width}}{\text{mg I injected}}$$

Fig. 13 Diagnogreen time-concentration curve & gamma variate parameters: ta Time to appearance: tp Time to peak: tap Time to appropriate image

時間 (tap) との相関を調べた (Fig. 13)。撮影プログラムは I.P.を 6~7 枚使用し、1.5~2 秒間隔で撮影した。又、造影剤注入を中心静脈より行なう場合と、末梢静脈より行なう場合との画像に与える影響、および色素希釈曲線から DSA 像の予知が可能かどうか併せて検討した。

(iii) 結果

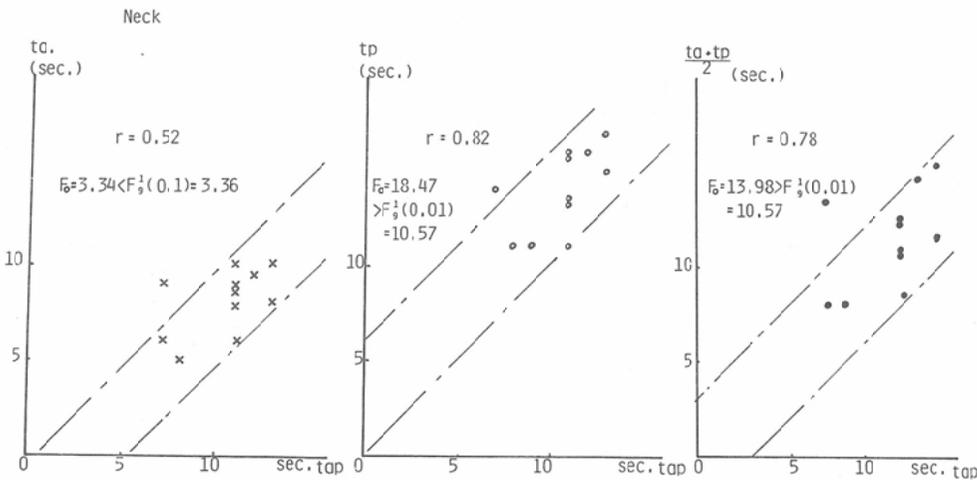


Fig. 14(a) Correlation between tap, &ta, tp, $\frac{ta+tp}{2}$ in neck. r=correlation coefficient: r=

0.52-0.78, $p < 0.01$

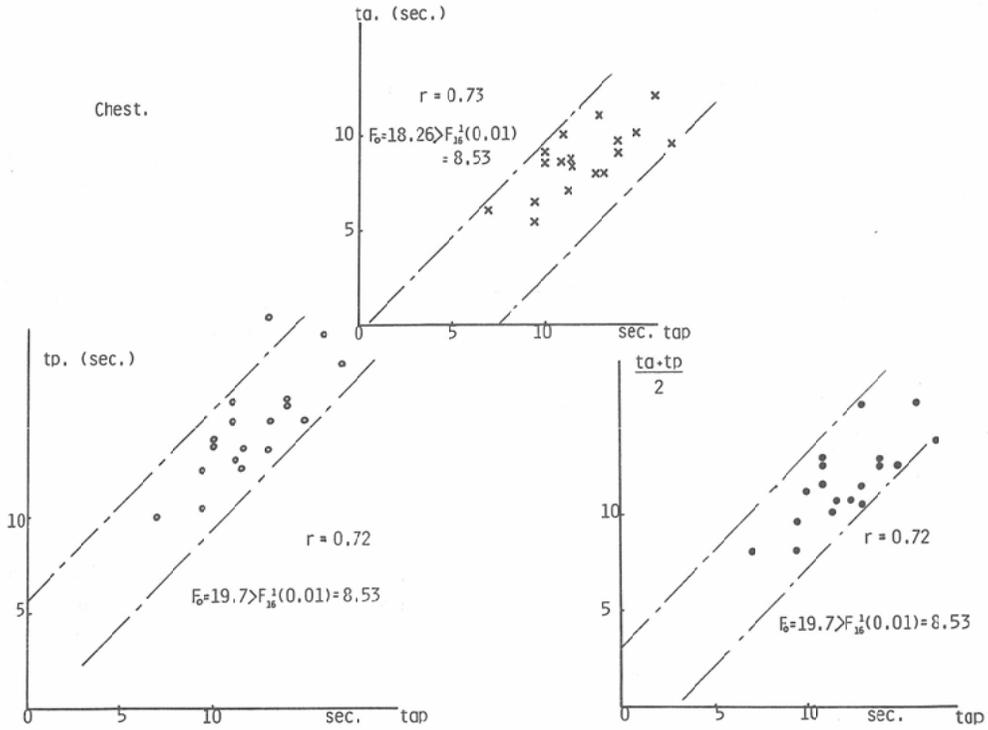


Fig. 14(b) Correlation between tap, &ta, tp, $\frac{ta+tp}{2}$ in chest. $r=0.72-0.73$, $p<0.01$

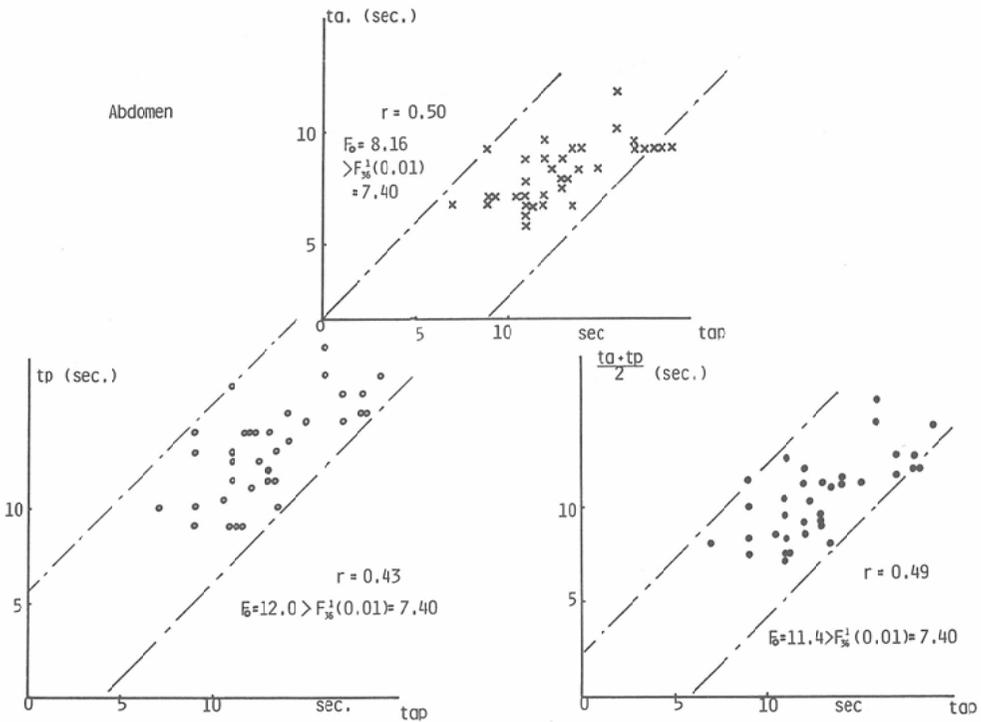


Fig. 14(c) Correlation between tap, &ta, tp, $\frac{ta+tp}{2}$ in abdomen $r=0.43-0.50$, $p<0.01$

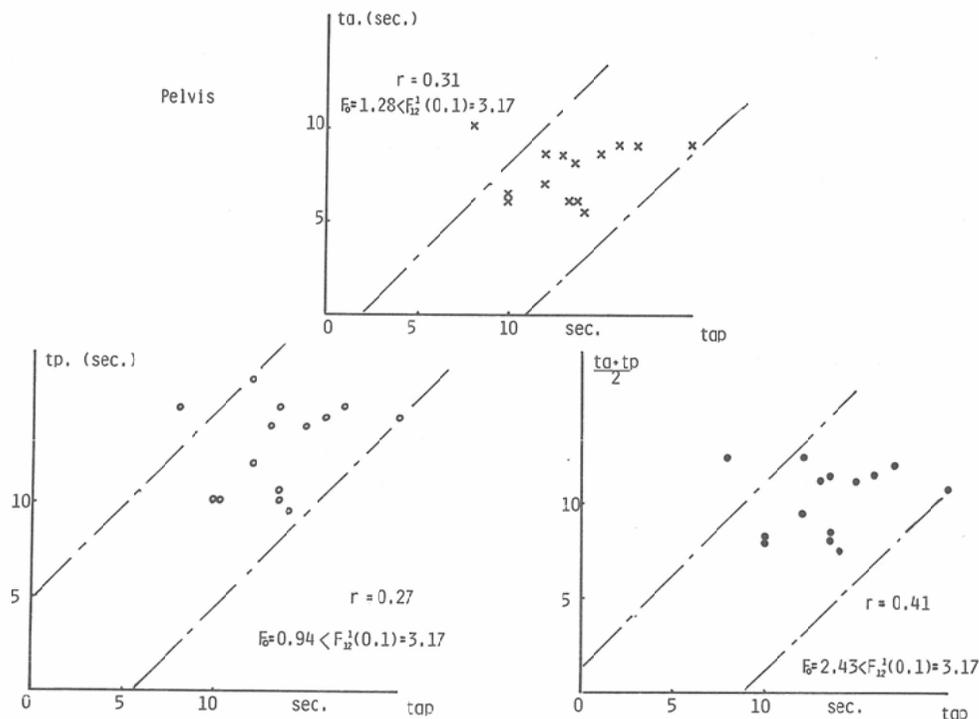
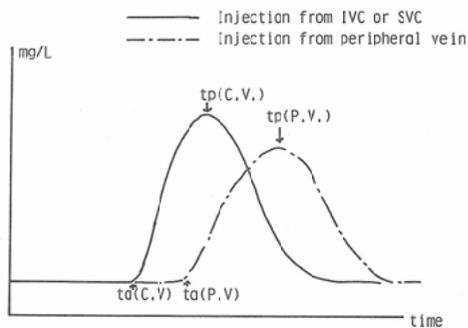


Fig. 14(d) Correlation between tap, %ta, tp, $\frac{ta+tp}{2}$ in pelvis. $r=0.27-0.31$, $p>0.1$

頸部では ta, tp, ta+tp/2 と tap との相関係数は、それぞれ、0.52, 0.82, 0.78であり、F検定を行なうと危険率はそれぞれ10%, 1%, 1%以内であった。頸部では ta より tp, ta+tp/2の方が相関がよかった。胸部では、ta, tp, ta+tp/2 と tap との相関係数は0.73, 0.72, 0.72であり、危険率はいずれも1%以内であった。腹部でも同様、0.50, 0.43, 0.49で、いずれも1%内の危険率であった。骨盤部になると、相関係数は、0.31, 0.27, 0.41であり、危険率は10%を越え相関が少なくなった。(Fig. 14(a)~(d)).

中心静脈 (SVC or IVC) より注入した場合と、末梢静脈 (肘静脈又は大腿静脈) より注入した場合とでは、色素希釈曲線上の出現時間やピークが異なり (Fig. 15), 同一患者で、中心静脈と末梢静脈からの色素希釈曲線で求めた20症例では、出現時間で約3秒、ピーク時間で約4秒末梢静脈注入で遅れた。

DSAにて血管が識別できるには、造影剤の時間濃度曲線 (Fig. 16) の上で background となる検



ta(C.V.)-ta(P.V.) 2.86 sec. (average)
tp(C.V.)-tp(P.V.) 4.12 sec. (average)

Fig. 15 Effect of injection site in the time-concentration curve.

出可能な最小濃度以上の濃度が必要である。幅が狭くピークの高い時間濃度曲線を示すもの (Good type) は造影能が良く、幅が広くピークが低いもの (Poor type) は造影能が悪くなる。色素希釈曲線と造影剤の時間濃度曲線が相関するとすれば、色素希釈曲線の type から画像の予知が可能では

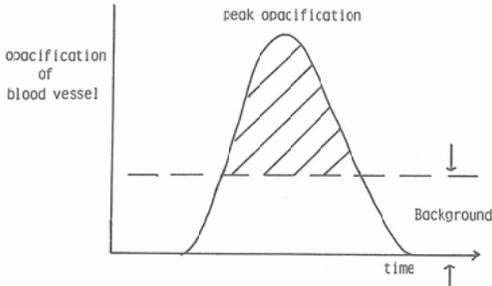


Fig. 16 Parameters of an idealized time concentration curve for contrast media

	Neck		Chest		Abdomen		Pelvis	
visuable time	2.73		3.0		2.89		2.85	
Excellent	4	1	5	1	13	1	1	
Good	4	2	6	4	16	4	11	2
Fair			1	1				
Poor					1	1		
	Good type	Poor type						



Fig. 17 Correlation between types of time-concentration curve and quality of IVDSA. And width of opacification of blood vessel.

ないかと考え調べてみたが、心ずしも予知可能とは言えなかった (Fig. 17).

(iv) 考察

I.P.を用いた撮影のタイミング決定に、色素希釈曲線を応用することが、頸部、胸部、腹部では特に有効であることがわかった。色素法を用いた検査は既に、心拍出量の定量等に用いられ、ステewart・ハミルトンの法則にて知られている²⁰⁾ (Fig. 13)。中心静脈注入よりも末梢静脈注入が Fig. 15の如く出現が遅くれ、ピークが低くなるのは Central volume が増加するためで、心拍出量が変わらないならば、その法則より面積に変化がないので Peak が低く、幅が広がり、MTT (Mean transit time) が延長して造影像が悪くなると理解できる。

目的とする血管の描出時間は平均約 3 秒であるので、一般に 2 秒間隔で撮影すれば、至適造影時間を逃すことはない。そこで色素希釈法を用いて、 t_a を基準にした撮影プログラミングをすると、マスク像を撮影した後に、頸部では、 t_a, t_a+2, t_a+4, t_a+6 秒の計 5 枚撮影すればよい。胸部では同様、さらに t_a+8 秒まで計 6 枚、腹部では、 t_a から t_a+10 秒まで計 7 枚、骨盤部では t_a+2 から t_a+12 秒まで計 7 枚撮影すれば、タイミングミスはほとんどないことになる。同様に、 $t_p, t_a+t_p/2$ でもプログラミング可能である。

色素希釈曲線の各タイプと総合的な画像評価との間に相関を認めなかったのは、造影剤の時間濃度曲線以外に、後に述べる他の因子による影響が大きいためと考えられた。

(b) IVDSA の臨床的画像評価。

(i) 対象と方法

1984年1月から12月までの106症例、236回の撮影を対象とした。年齢は0歳から78歳まで、平均47.7歳、男81症例、女25症例。撮影部位は頭部5症例7回、頸部15症例17回、胸部48症例82回、腹部72症例89回、骨盤部34症例38回、四肢2症例3回である (Table 1)。

Table 1 Case analysis of IVDSA & used imaging plate number

Total	106 cases	236 series	1984 Jan.—Dec.
Age:	0—78 years old (average 47.7)		
Sex:	Male 81 cases, Female 25 cases		
Exposure fields:	Used I.P.		
Head	5 cases	7 series	/ 10.2 (6.0)
Neck	15 cases	17 series	/ 9.0 (5.6)
Chest	48 cases	82 series	/ 7.6 (5.9)
Abdomen	72 cases	89 series	/ 7.2 (5.7)
Pelvis	34 cases	38 series	/ 7.3 (5.8)
Extremity	2 cases	3 series	/ 6.6

() : Used I.P. with dye dilution method (46 cases)

Table 2 Injection site in IVDSA

With catheter 96 (90.5%)		Without catheter 10 (9.5%)	
Femoral vein →IVC	Antecubital v. →SVC	Femoral v.	Antecubital v.
34 (32%)	62 (58.5%)	5 (4.7%)	5 (4.7%)

カテーテルを用いた場合が96例(90.5%)で、肘静脈よりSVCへ挿入したものの62例、大腿静脈よりIVCへ挿入したものの34例であった。カテーテルを用いなかった場合が10例(9.5%)で、肘静脈より注入したものの5例、大腿静脈より注入したものの5例(全例幼小児)であった(Table 2)。カテーテルは、通常5F、直型で側穴付きを使用し、造影剤は肺動脈を観察する場合を除き、希釈せず65%のメグルミンダイアトリゾエート45mlを15ml/secにて注入した。腹部、骨盤部を撮影する場合は、消化管ガスによるミスレジストレーション、

アーチファクトを防止する目的でグルカゴン1mg又は臭化プチルスコポラミン20mgを静注後撮影した。小児は体重に応じて減量した。肘静脈より注入する場合は、18ゲージ、ペニキュラ針にて穿刺し、造影剤は同量、10ml/secにて注入した。

症例の内訳と、その撮影部位、回数はTable 3に示す如くであり、大血管病変を主として検査し、頸部では大動脈炎や、閉塞性動脈硬化症、胸部では解離性大動脈瘤、腹部では腎血管性高血圧症や腹部大動脈瘤、骨盤部では閉塞性動脈硬化症や、腎移植後の経過観察などが良い適応となった。

Table 3 Patient analysis of IVDSA

(): cases	Head	Neck	Chest		Abdomen		Pelvis	Extremity	Total
			A-P	Ob.	A-P	Ob.			
Hemangioma in the face (1)	2								
Epilepsy (1)	2								
A-V Malformation (1)		2							
Thoracic outlet syndrome (1)			2	1					
Aortitis (11)		4	11	3	8		5		
Congenital heart disease (3)			3	4					
Coarctation (1)		1	1	1					
Right aortic arch (1)			1	1					
Pulmonary sequestration (1)			1	1					
S/O Lung tumor (6)			4	2					
Dissecting aneurysm (17)	1	1	17	14	17		1		
Renovascular hypertension (12)			2		14	2			
Abdominal aneurysm (11)		1	4	2	15	4	5		
Buerger disease (4)					4		3		
A.S.O. (22)	2	6	4	1	15		16	2	
Leriche syndrome (1)					1		1		
Post transplantation (3)					2		4		
Liver cirrhosis (5)		1	2		5				
Hepatic tumor (2)		1			2				
Renal tumor (1)					1				
Thrombosis (1)							1		
Bone tumor (1)								1	
Anomaly of extremity (1)							2		
Total (106)	7	17	52	30	83	6	38	3	236

臨床画像評価は、西村らの分類²¹⁾に従い、Excellent は従来のフィルム法に比べ同等かそれ以上のもの、Good は画像劣化はあるものの臨床的に診断し得るもの、Fair は画像劣化が著しく写ってはいないが診断し得ないもの、Poor は全く情報の得られなかったものとして撮影部位別に評価を行ない、その画像劣化の原因を分析した。

(ii) 結果

Excellent 93回(39.4%), Good 119回(50.4%), で臨床使用可能なものは計90%であった。Fair 17回(7.2%), Poor 7回(3%)であった (Table 4)。撮影部位による分析では、頭部は小児を除き頭蓋内血管の描出が悪かった。胸部・腹部では正面、斜位共に Excellent が40~46%であるが、頸部、骨盤部では、29%, 18%と低下していた。四肢では Excellent は認めなかった。

Table 4 Image quality of IVDSA

	Head	Neck	Chest		Abdomen		Pelvis	Extremity	Total
			A-P	Oblique	A-P	Oblique			
Excellent	4 (57%)	5 (29%)	21 (40%) (40%)	15 (50%) (40%)	37 (45%) (46%)	4 (67%) (46%)	7 (18%)	0	93 (39.4%)
Good	2 (29%)	12 (71%)	23 (44%) (40%)	10 (33%) (40%)	39 (47%) (46%)	2 (33%) (46%)	29 (76%)	2 (67%)	119 (50.4%)
Fair	1 (14%)	0	4 (8%) (11%)	5 (17%) (11%)	5 (6%) (6%)		1 (3%)	1 (33%)	17 (7.2%)
Poor	0	0	4 (8%) (5%)	0 (5%)	2 (2%) (2%)		1 (3%)	0	7 (3.0%)
Total	7	17	52 82	30 82	83 89	6	38	3	236

Table 5 Causes of unsuccessful examination of IVDSA

	Head	Neck	Chest		Abdomen		Pelvis	Extremity	Total	
			A-P	Oblique	A-P	Oblique				
Misregistration artifacts	Respiration & cardiac motion	0	6 (50%)	22 (71%)	12 (80%)	3 (7%)	0	1 (3%)	0	44 (31%)
	Gas	0	0	0	0	39 (84%)	2 (100%)	22 (71%)	0	63 (44%)
	Swallowing & other motion	0	1 (8%)	0	0	0	0	0	0	1 (1%)
Technical failure	3 (100%)	5 (42%)	5 (16%)	2 (13%)	4 (9%)	0	7 (23%)	3 (100%)	29 (20%)	
Inadequate timing exposure	0	0	4 (13%)	1 (7%)	0	0	1 (3%)	0	6 (4%)	
Total	3	12	31 46	15 46	46 48	2	31	3	143 (24%) (17%)	

the upper (): Fair & Poor cases, the lower (): % of total cases, (()): % of Fair & Poor cases.

Good 以下の画像劣化を来した主な原因を分析すると、胸部では呼吸や心拍によるもの、腹部や骨盤部では消化管ガスの動きによるミスレジストレーションアーチファクトが大半であった。腹部ではさらに、呼吸による横隔膜の動きも目立った。頸部では嚥下運動や舌の動きが障害となった (Table 5)。技術的失敗の原因の1つに、血管内造影剤濃度が低く、血管を識別できない場合があり、特に成人頭部、四肢に著明であった。このようなケースでは初期の数例を除いて後に述べる動注法

Table 6 Case analysis of IADSA & used imaging plate number

Total	130 cases	372 series	1984 Jan.-Dec.
Age:	0-85 years old (average 40.0)		
Sex:	Male 86 cases Female 44 cases		
Exposure field:			Used I.P.
Head	11 cases	45 series / 5.7	
Neck	11 cases	25 series / 5.8	
Chest	14 cases	22 series / 5.7	
Abdomen	46 cases	83 series / 5.7	
Pelvis	21 cases	31 series / 5.8	
Extremity	64 cases	166 series / 5.6	

Table 7 Patient analysis of IADSA

() : cases	Head	Neck	Chest		Abdomen		Pelvis	Extremity	Total
			A-P	Ob.	A-P	Ob.			
Orbital tumor (2)	8								
Porencephaly (1)	6								
S/O Sturge Weber disease (1)	5								
Fibromuscular Dysplasia (1)	6								
S/O Aneurysm (1)	6				2				
Hemangioma in the face (1)	3								
Epi. & Naso-Pharyngeal ca. (2)	4	1							
Hyperparathyroidism (1)		3							
Thyroid cancer (6)		17							
Neuroblastoma (2)				4	1				
Thoracic outlet syndrome (1)				1					
Lung metastasis (1)				1					
Shot gun injury (1)				1			2		
Chronic pancreatitis (1)					3				
Renovascular hypertention (4)					5				
Hepatic tumor (12)				6	22	1			
Leriche syndrome (1)					1				
Dissecting & Abdominal aneurysm (3)				2	5	1			
Renal tumor (4)					11				
Liver cirrhosis (7)					18				
Radiation ulcer (2)				1				1	
A.S.O. (16)	7	4		3	11	13		17	
Perthes disease (5)								28	
Femoral neck fracture (22)								69	
Soft tissue tumor (14)				2	3	1		23	
Bone tumor (13)				1	1	15		12	
Raynaud disease (4)								12	
Ring structure syndrome (1)								2	
Total (130)	45	25		22	83	31		166	372

にて検査した。その他の技術的失敗の原因は、撮影線量の不足、マスク像に既に造影剤が入ってしまったものであった。撮影タイミング不足は少なくとも6例のみであった。

色素希釈法併用前のI.P.使用枚数は7枚以上であったが、併用例では6枚以下であった。

DSAによる重篤な合併症はなく、造影剤の血管外漏出も認めなかった。しかし、小児麻酔時に一過性の呼吸停止を来した1症例があった。

2) IADSA に関して

(a) IADSA の臨床的画像評価

(i) 対象と方法

1984年1月から12月までの130症例、372回の撮影を対象とした。年齢は0歳から85歳まで、平均40.0歳。男86症例、女44症例。撮影部位別では、頭部11症例45回、頸部11症例25回、胸部14症例22回、腹部46症例83回、骨盤部21症例31回、四肢64症例166回である (Table 6)。

大動脈造影64回、選択的造影が308回であった。大動脈造影時の造影は30~40%に希釈したメグルミンダイアゾリトエート40~45mlを15~18ml/secにて注入した。選択的な造影も同様に希釈した造影剤を使用し、頭部、四肢、小児にはメトリザマイドを使用した。

Table 8 Image quality of IADSA

	Head	Neck	Chest		Abdomen		Pelvis	Extremity	Total
			A-P	Oblique	A-P	Oblique			
Excellent	43 (96%)	21 (84%)	13 (50%)	42 (51%)	26 (84%)	155 (93%)	300 (81%)		
Good	2 (4%)	1 (4%)	9 (41%)	32 (39%)	4 (13%)	9 (5%)	57 (15%)		
Fair	0	2 (8%)	0	9 (11%)	1 (3%)	1 (1%)	13 (3%)		
Poor	0	1 (4%)	0	0	0	1 (1%)	2 (1%)		
Total	45	25	22	83	31	166	372		

Table 9 Causes of unsuccessful examination of IADSA

	Head	Neck	Chest		Abdomen		Pelvis	Extremity	Total
			A-P	Ob.	A-P	Ob.			
Misregistration artifacts	Respiration & cardiac motion	0	1 (23%)	8 (89%)	14 (3) (34%)	0	0	23 (3) (32%)	
	Gas	0	0	0	23 (6) (56%)	2 (40%)	0	25 (6) (35%)	
	Swallowing & other motion	1 (50%)	0	0	0	1 (20%)	5 (45%)	7 (10%)	
Technical failure	1 (50%)	3 (75%)	1 (11%)	4 (10%)	1 (20%)	4 (36%)	14 (3) (19%)		
Inadequate timing exposure	0	0	0	0	1 (1) (20%)	2 (2) (18%)	3 (3) (4%)		
Total	2	4	9	41	5	11	72 (15) (21%)		

the upper (): Fair & Poor cases, the lower (): % of total cases, (()): % of Fair & Poor cases.

症例の内訳は Table 7 に示すごとくであり、頭部、四肢の病変や、胸腹部の細い枝や、腫瘍性病

変に施行した。頭部では眼窩や頭蓋内腫瘍、頸部では甲状腺や副甲状腺病変、腹部では肝や腎の腫



Fig. 18 IVDSA : A 2-month-old male infant with hemangioma in the face

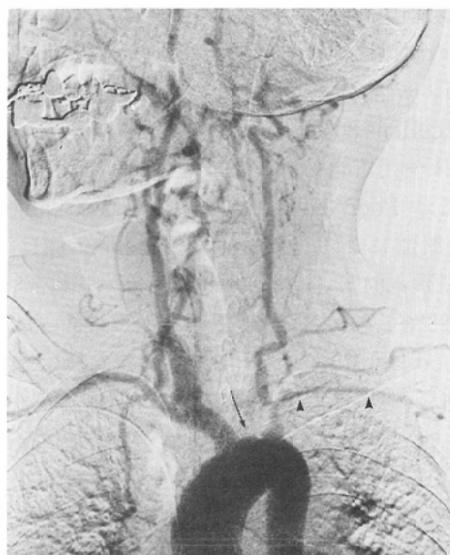
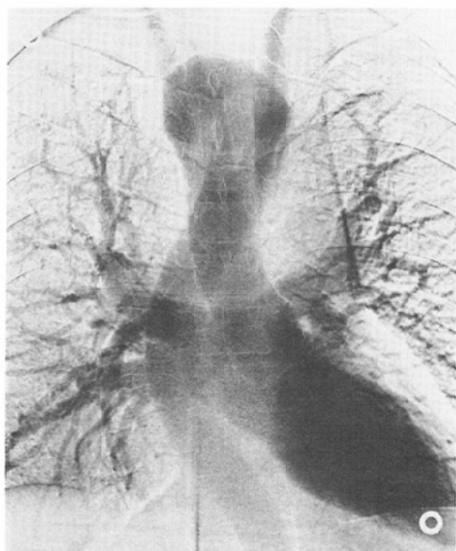
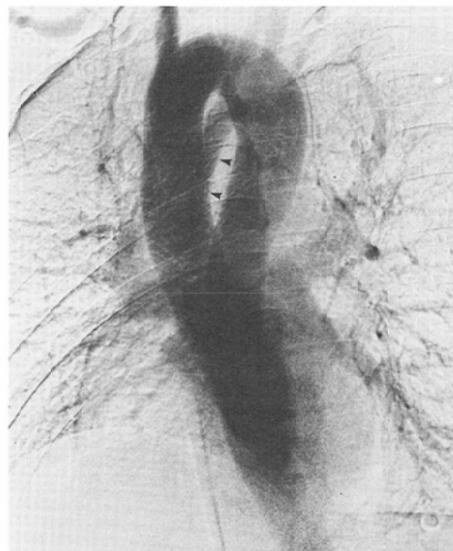


Fig. 19 IVDSA : A 36-year-old female with aorticitis. Occlusion of the left common carotid artery (arrow) and narrowing of the left subclavian artery (arrow heads) are opacified.



(a)



(b)

Fig. 20 IVDSA : A 39-year-old female with right aortic arch. In the frontal projection (a) left descending aorta is seen, and in the left anterior oblique projection (b) left subclavian artery (arrowheads) of the first branch of the ascending aorta is visualized.

瘤、骨盤部の閉塞性動脈硬化症、四肢では骨・軟部腫瘍やレイノー病がその良い適応と考えられた。

臨床画像評価は IVDSA と同様に行ない、画像劣化の原因についても併せて分析した。

(ii) 結果

Excellent 300回 (81%), Good 57回 (15%), で臨床使用可能なものは96%であった。Fain 13回 (3%), Poor 2回 (1%), であった (Table 8)。撮影部位による分析では、Excellent 例は頭部96%, 頸部84%, 胸部59%, 腹部51%, 骨盤部84%, 四肢93%であり、胸部、腹部で低率であった。

Good 以下の画像劣化を来した主な原因を分析すると、胸腹部での呼吸、心拍、消化管ガスの動きによるミスレジストレーションアーチファクトが多かった。四肢では初期に、メトリザマイドを使用できなかったものに疼痛による動きを認めた。技術的失敗の原因には、カテーテルが反跳したり、造影剤注入量が不足したり、FCR のサブトラクション用自動検出マークが絞りのために消失してしまい、十分な位置合わせができなかったな

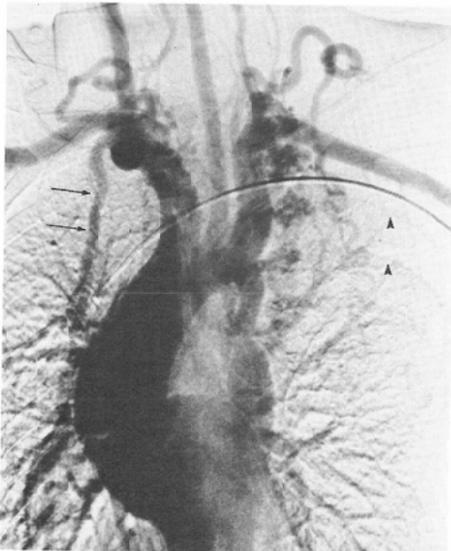


Fig. 21 IVDSA: A 21-year-old female with coarctation. Congenital post-ductal type. The dilated and tortuous intercostal (arrowheads) & internal mammary arteries (arrows) are shown as collateral channels.

どである (Table 9)。

合併症として、前腕動脈よりカテーテルを挿入した1例に前腕末梢の塞栓を認めた。

3) 症例と適応

Excellent と評価した IVDSA (Fig. 18~Fig. 28) と IADSA (Fig. 29~Fig. 40) を提示し、それぞれの部位での適応と限界とを考えた。

頭部撮影: IVDSA では小児の AVM や血管腫 (Fig. 18) では診断能も高いが、成人では頭蓋内血管の描出が悪く、必要に応じて IADSA, 特に選択的造影が有効と思われた。眼窩腫瘍や脳腫瘍濃染像の描出には IADSA が優れている^{22)~24)} (Fig. 29, 30)。

頸部撮影: IVDSA にて総頸、鎖骨下動脈が描出される^{27)~29)} (Fig. 19) が、胸郭の動きなどで鎖骨下動脈の描出が悪い場合がある。又、甲状腺は静注法で濃染することは少なく、動注法にて甲状腺癌の局在や腫瘍血管の描出も可能となり (Fig. 32, 33), また副甲状腺腫の検出も動注法にて初めて可能となる²⁵⁾²⁶⁾。

胸部撮影: 大動脈瘤や大動脈炎などの大動脈病変は IVDSA にて臨床上必要な情報が得られる³⁰⁾



Fig. 22 IVDSA: A 82-year-old male with aneurysm. In the left anterior oblique projection, sacular aneurysm (arrowheads) and irregular thickened wall (arrows) are projected.

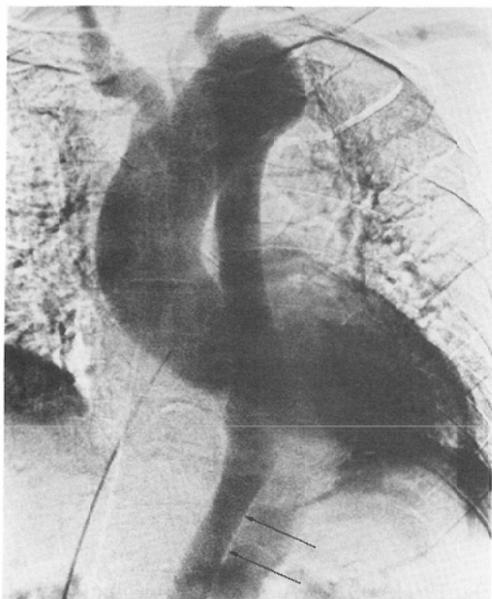


Fig. 23 IVDSA : A 66-year-old male with dissecting aneurysm. Entry is closed and blood flow backward into the false lumen through the re-entry, and intimal flap (arrows) is visualized.

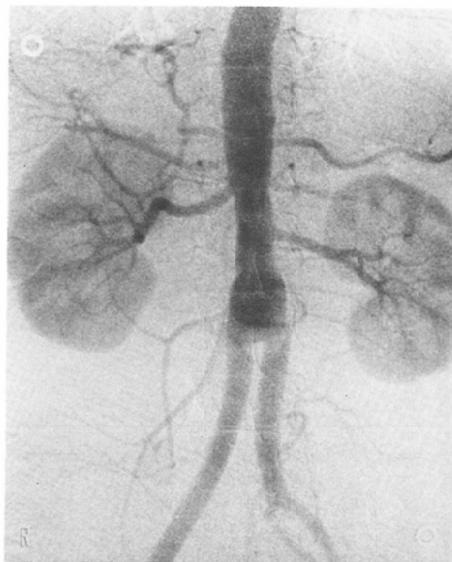


Fig. 25 IVDSA : A 50-year-old male after Y-graft replacement for abdominal aortic aneurysm.

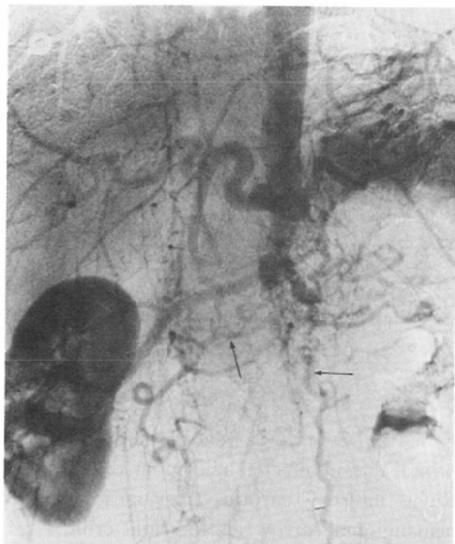


Fig. 24 IVDSA : A 24-year-old male with Leriche syndrome due to Buerger's disease. Dilated lumbar arteries (arrows) are seen as collateral channels.

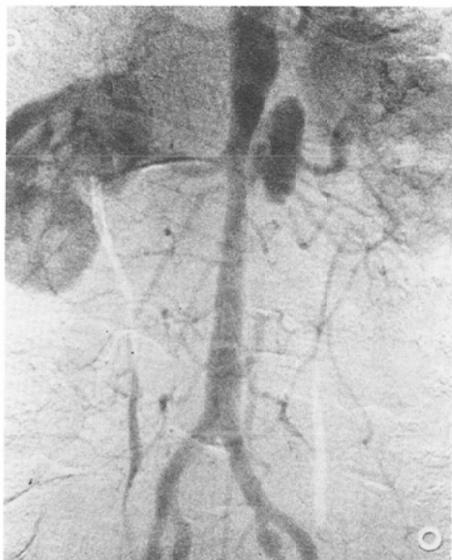


Fig. 26 IVDSA : A 36-year-old male with the abdominal dissecting aneurysm and left renal infarction. False lumen is seen in the region of the left renal artery.

(Fig. 20, 21, 22). しかし、解離性大動脈瘤(Fig. 23)でも、De Bakey I型では肺動静脈と重なり

見にくくなり、この場合や、解離性大動脈瘤の真腔が極めて細いもの、大動脈縮窄症の副血行路の描出には動注法が必要となる。心血管撮影への適応は、現装置では秒間3枚の撮影が限界であり、

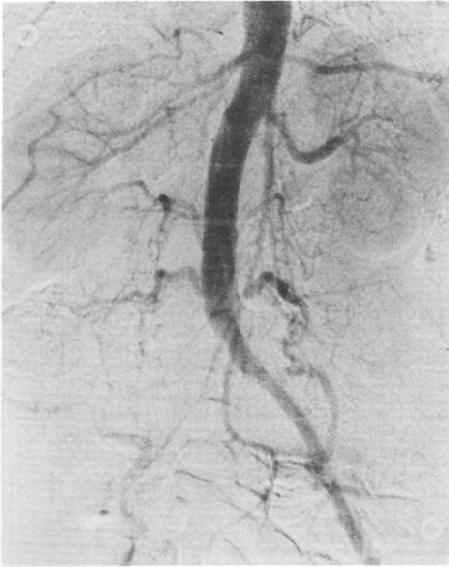


Fig. 27 IVDSA: A 58-year-old male with arteriosclerosis obliterans. Both internal iliac and right external iliac arteries are completely obstructed.



Fig. 29 IADSA: A 58-year-old male with rubeosis in the left eye ball. Left common carotid arteriography reveals extremely narrowed left internal carotid artery (arrows) due to fibromuscular dysplasia.

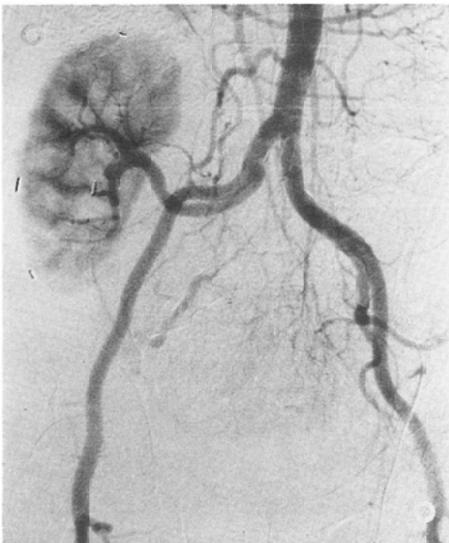


Fig. 28 IVDSA: A 44-year-old male after autologous transplantation of the right kidney for renovascular hypertension. No stenosis is present.

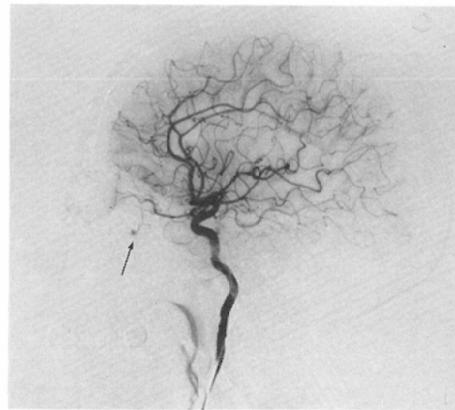
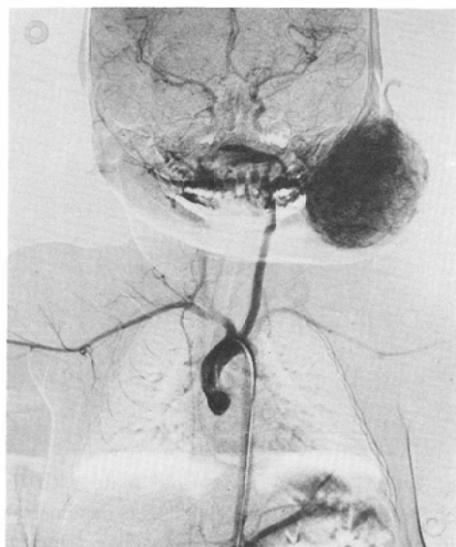


Fig. 30 IADSA: A 31-year-old female with right orbital tumor detected by computed tomography. Right internal carotid arteriography reveals hemangioma (arrow) in the right orbit.

又、心拍の動きによるアーチファクトを生ずる。しかし、位相が合っていれば、わずかのシャント量でも右心系や左心系の造影が可能で将来の開発

に期待するところが大きい。

腹部撮影：腹部大動脈瘤や腎血管性高血圧症は IVDSA の良い適応となる^{31)~35)}(Fig. 24, 25, 26) が、適宜に斜位撮影が必要である。動注法は腎機能の悪い患者に少量の造影剤で済む点や、肝癌での腫瘍濃染、腎静脈や門脈の描出に優れており³⁶⁾



(a)



(b)

Fig. 31 IADSA: A 5-month-old female infant with hemangioma in the face. In the aortography (a) and left external carotid arteriography (b) tumor stain is demonstrated.



Fig.32 IADSA: A 62-year-old male with thyroid cancer. Aortography demonstrates hypervascular tumor in the right lobe of the thyroid gland and lymph node metastasis in the right parotid region (arrows).

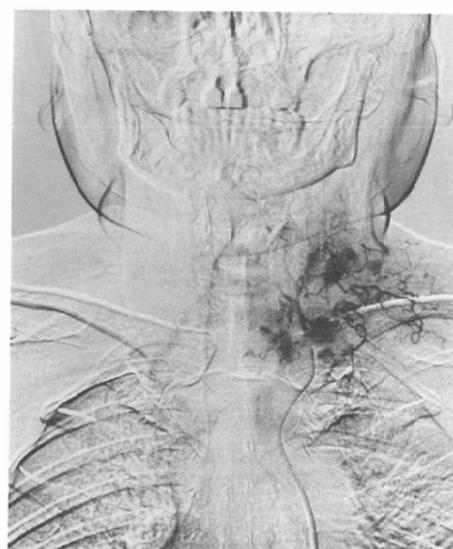


Fig. 33 IADSA: A 57-year-old female with thyroid cancer. Aortography nor selective left subclavian arteriography cannot show tumor stain. Superselective left inferior thyroidal arteriography reveals patchy tumor stains.

(Fig. 34, 35, 36), これら症例には動注法が第1選択と思われた。

骨盤部撮影：IVDSAは腎移植後や閉塞性動脈硬化症のバイパス手術後の経過観察(Fig. 27, 28)

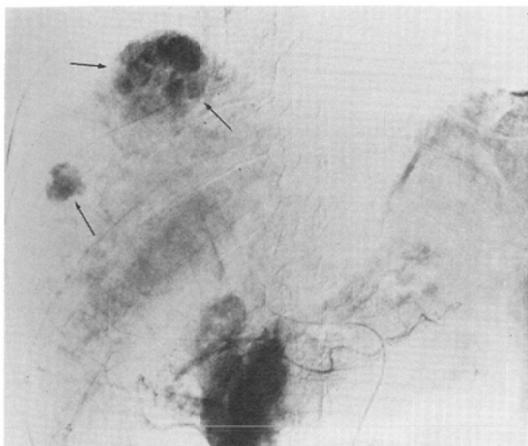
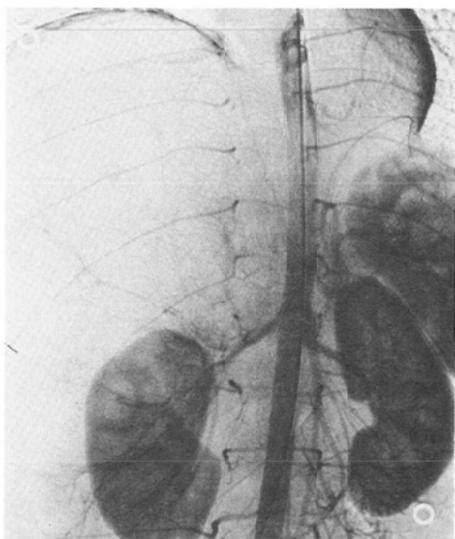


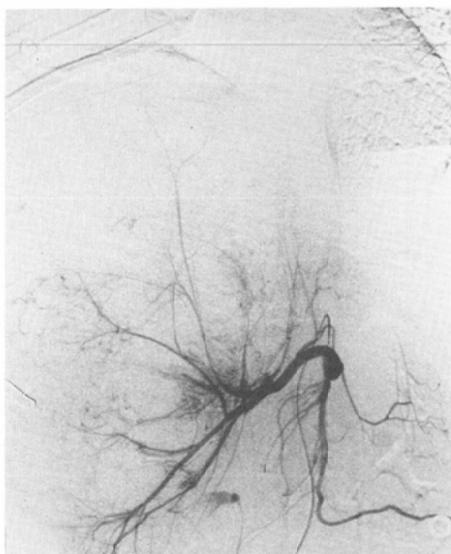
Fig. 34 IADSA: A 53-year-old male with hepatoma. No tumor stain is demonstrated in IVDSA nor IADSA of aortography. In parenchymal phase of proper hepatic arteriography reveals two nodular tumor stains (arrows).



Fig. 35 IADSA: A 27-year-old male with liver cirrhosis. No collateral channels is demonstrated in IADSA of aortography nor celiac arteriography. Left gastric arteriography shows esophageal varices. (arrows)



(a)



(b)

Fig. 36 IADSA: A 3-year-old male with hepatoblastoma. In the aortography (a) large tumor is visualized in the right upper abdomen. In the celiac arteriography (b) tumor vessels of the liver are demonstrated.

には良い適応と思われる³⁷⁾³⁸⁾。しかし、閉塞性動脈硬化症では必ずしも静注法にて満足な画像は得られず、動注法を必要とする場合も少なくない(Fig. 37, 38)。

四肢撮影：骨、軟部腫瘍、閉塞性動脈硬化症、

バージャー病、レイノー病が適応となるが^{39)~41)}、ほとんど動注法でないと診断困難である(Fig. 39, 40)。

4) 考察

FCR はデジタル化された情報を、一般撮影の

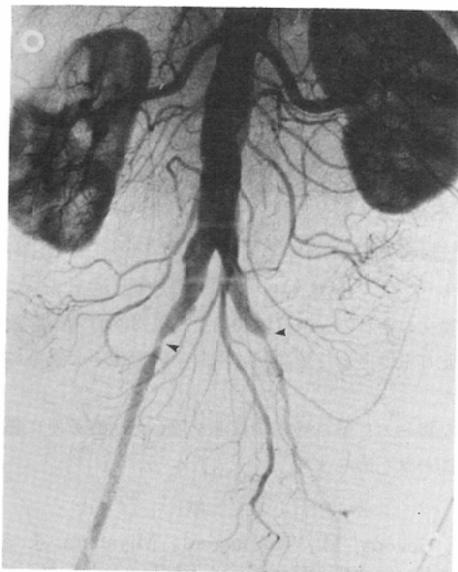


Fig. 37 IADSA: A 60-year-old male with arteriosclerosis obliterans. Both internal iliac and left external iliac arteries are obstructed. (arrowheads).

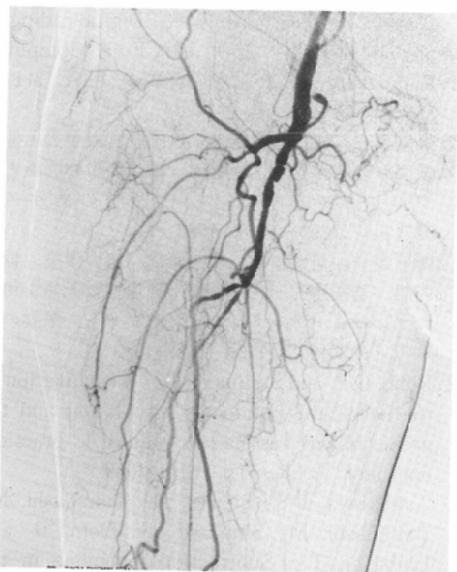


Fig. 38 IADSA: A 75-year-old male with arteriosclerosis obliterans. Right external iliac arteriography reveals occlusion of the superficial femoral artery and irregularity of the deep femoral artery.

場合は画像処理をして、左右2画像表示している。DSAでは画像処理(階調処理と周波数処理)がさ

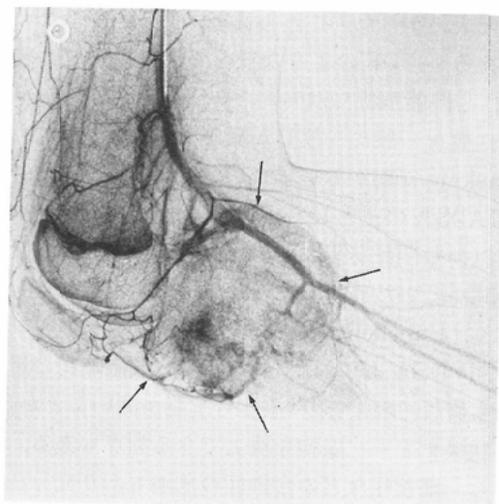


Fig. 39 IADSA: A 13-year-old female with osteosarcoma of the metaphysis of the right tibia. In the lateral projection protrusion of tumor stain (arrows) is visualized.

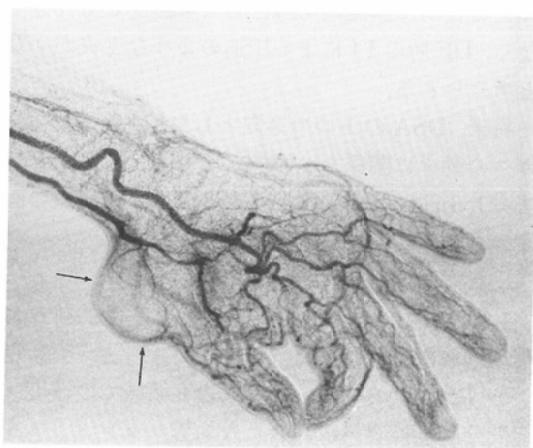


Fig. 40 IADSA: A 59-year-old male with soft tissue tumor in the left palm. Hypovascular and no malignant finding (arrows) is seen. It was proven as fibroma by operation.

ほど有効とは思われない。しかし、FCRをDSAに用いる場合、視野が広く、鮮明なサブトラクション画像が得られることが臨床データからも明らかとなった。

IVDSAの適応は主として胸腹部大血管病変に主として認め、その撮影プログラミングには色素希釈法を応用すればミスのないことも明らかとなった。しかし、骨盤部では難かしい場合のある

こともわかった。これら適応はDFと大差ないと考えるが、DFのような種々の撮影モードはとれず、心機能解析には向かない⁴²⁾。又、FCR法はマスク像を一般に一枚しか撮影していないのでre-maskingが難かしい場合がある。

IADSAは主として、頭部、四肢、大動脈二次分枝以後や門脈造影に優れ、IVDSAに比べて撮影時間が短いために、呼吸や消化管ガスの動きも少なく、Excellent例も多い。造影剤量もフィルム法、IVDSAより少なく済み、腎機能障害の患者にも使用可能であり、濃度分解能が高いことから、甲状腺や副甲状腺腫を検出できる利点もある。しかし、塞栓症などの合併症の危険もあり充分注意が必要である。

ミスレジストレーションアーチファクトの主たる原因となる呼吸による動きを抑えるには、小児や老人には期待しにくく、又、腹部ガスの動きを抑える目的で鎮痙剤を静注しても必ずしも充分でなく、DF時のI.I.による圧迫のような工夫が必要と考えられる。

将来、DSAの1つの方向として、呼吸や消化管ガスの動きに関係なく画像がとれる、dual energy法やhybrid subtraction法が普及すれば1つの画像改善の道が開けよう^{43)~48)}。

IV. 結 語

1. FCRをDSAに用いる場合の基礎的並びに臨床的検討を行なった。

2. DSAにて問題となる低濃度領域での濃度・空間分解能検査用に、新たな血管ファントームを考案した。このファントームを用いると、FCRDSAの腹部条件下では、5%ヨード濃度、1mmが限界であった。

3. FCRDSAを施行する上で問題となる撮影プログラミングの決定に、色素希釈法を用いた。頸部、胸部、腹部では出現時間、ピーク時間との相関が強く、骨盤部では相関が少なくなるが、タイミングミスなく撮影が可能となった。

4. IVDSAでは、主に胸腹部大血管病変に適応を認め、Excellent, Good症例合わせて90%であった。画像劣化の原因は呼吸や消化管ガスの動きによるものが多かった。

5. IADSAでは、主に頭部、頸部、四肢を中心に適応を認め、Excellent, Good症例合わせて95%であった。胸腹部では呼吸や消化管ガスの動きによる障害が目立った。

6. FCRDSA法は、広視野、高濃度分解能を有し、DSA法として臨床利用できるものと考えた。画像処理時間のかかる点、リアルタイムに像が見えない欠点を有し、今後の解決点と考えた。

本論文の要旨の一部は第70回及び第71回日本医学放射線学会北日本地方会、第44回日本医学放射線学会総会にて発表した。

稿を終るに臨み終始御指導を頂いた星野教授に謹んで感謝の意を表します。

文 献

- 1) Sonoda, M., Takano, M., Miyahara, J. and Kato, H.: Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence¹. *Radiology*, 148: 833-838, 1983
- 2) 高野正雄: 輝尽性蛍光体を使った新しいComputed Radiography. *日本臨床*, 41: 1395-1403, 1983
- 3) 江口研二, 阿南充洋, 山田達哉: Digital radiography—胸部診断に応用したFuji Computed Radiography(FCR)の使用経験—。呼吸, 3(1): 38-45, 1984.
- 4) 蜂屋順一, 桜井賢二, 是永建雄, 宮坂康夫, 似鳥俊明, 若狭勝秀, 古屋儀郎: 胸部疾患の診断とデジタルラジオグラフィー. *医学のあゆみ*, 127(14): 1292-1298, 1983
- 5) 蜂屋順一, 是永建雄, 桜井賢二, 宮坂康夫, 似鳥俊明, 若狭勝秀, 古屋儀郎: 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
- 6) Robb, G.P. and Steinberg, I.: Visualization of the heart, the pulmonary circulation and the great blood vessels in man: A practical approach. *A.J.R.*, 41: 1-14, 1939.
- 7) Takekawa, D.S., Suzuki, K., Takahashi, M., Takahashi, M., Shinkano, S., Goto, H. and Ishibashi, T.: Subtraction technique in the angiographic assessment of extent of hepatocellular carcinoma. *Nippon Acta Radiologica*, 43(9): 1097-1103, 1983
- 8) Kruger, R.A., Mistretta, C.A., Houk, T.L., Riederer, S.J., Show, C.G., Goodsitt, M.M., Crummy, A.B., Zwiebel, W., Lancaster, J.C., Rowe, G.G. and Flemming, D.: Computerized fluoroscopy techniques for noninvasive image of the cardiovascular system. *Radiology*, 130:

- 49—57, 1979
- 9) Meaney, T.F., Weinstein, M.A., Buonocore, E., Pavlicek, W., Bowkowski, G.P., Gallagher, H., Sufka, B. and Maclyre, W.J.: Digital subtraction angiography of the human cardiovascular system. *A.J.R.*, 135: 1153—1160, 1980
- 10) 是永建雄, 蜂屋順一, 桜井賢二, 似鳥俊明, 宮坂康夫, 古屋儀郎: Fuji Computed Radiography (FCR) システムによる digital subtraction angiography (DSA). *放射線科*, 2: 61—70, 1983
- 11) 星野文彦, 石橋忠司, 洞口正之, 有馬宏寧: 大学病院における FCR の使用経験. *画像診断*, 4(1): 109—111, 1984
- 12) Rouse, S., Haywood, J.M., Cowen, A.R. and Clarke, O.F.: Digital subtraction fluorography: Operational and technical aspects. *Radiography*, 50(590): 51—63, 1984
- 13) 小塚隆弘, 高宮 誠, 太田 重, 香川雅昭, 粟井一夫, 与小田一郎, 田中 勲, 小倉裕樹: デジタル透視血管造影法の画像評価, とくに空間分解能と misregistration の問題. *日本臨床*, 41(7): 1450—1458, 1983
- 14) 高橋睦正, 土亀直俊: DSA 血管ファントムの試作と分解能に関する実験的研究. *日医放誌*, 44(3): 494—502, 1984
- 15) Pfeiler, M. and Marhoff, P.: Technical aspects of digital fluoroimaging (subtraction angiography). *Radiology Today*, 2: 283—293, Springer-Verlog Berlin, Heidelberg, 1983
- 16) Rose, A.: *Vision: Human and electric*. New York, Plenum Press, 1973
- 17) 秋貞雅祥: デジタルラジオグラフィ—臨床応用へのパースペクティブ—. 1—25, 1982, ライフ・サイエンス・センター・東京
- 18) Buonocore, E., Meaney, T.F., Borkovski, G.P., Pavlicek, W. and Gallagher, J.: Digital subtraction angiography of the abdominal aorta and renal arteries: Comparison with conventional aortography. *Radiology*, 139: 281—286, 1981
- 19) 似鳥俊明, 蜂屋順一, 是永建雄, 宮坂康夫, 若狭勝秀, 古屋儀郎, 桜井賢二: IVDSA における色素希釈法循環時間測定の意義. *画像診断*, 4(5): 438—445, 1984
- 20) Burbank, H.F.: Determinations of contrast enhancement for intravenous digital subtraction angiography. *Invest Radiology*, 18: 303—316, 1983
- 21) 西村 玄, 内藤博昭, 山口敏雄, 高宮 誠, 小塚隆弘, 大野英丸, 安原 弘: Digital Video Subtraction Angiography (DSA) の臨床. *画像診断*, 2: 182—187, 1982
- 22) Weinstein, M.A., Pavlicek, W.A., Modic, M.T. and Duchesneau, M.: Intraarterial digital subtraction angiography of the head and neck. *Radiology*, 147: 717—724, 1983
- 23) Brant-Zawadzki, M., Gould, R., Norman, D., Newton, T.H. and Lane, B.: Digital subtraction cerebral angiography by intraarterial injection: Comparison with conventional angiography. *A.J.R.*, 140: 347—353, 1983
- 24) David, P.C. and Hoffman, J.C.: Work in progress. Intra-arterial digital subtraction angiography: Evaluation in 150 patients. *Radiology*, 148: 9—15, 1983
- 25) Krudy, A.G., Doppman, J.L., Miller, D.L., Norton, J.A., Marx, S.J., Spiegel, A.M., Santora, A. C., Aurbach, G.D. and Schaaf, M.: Detection of mediastinal parathyroid glands by non-selective digital arteriography. *A.J.R.*, 142: 693—695, 1984
- 26) Krudy, A.G., Doppman, J.L., Miller, D.L., Marx, S.J., Norton, J.A., Santora, A.C., Lasker, R.D., Downs, R.W., Spiegel, A.M. and Aurbach, G.D.: Work in progress: Abnormal parathyroid glands. *Radiology*, 148: 23—29, 1983
- 27) Sheldon, J.J., Janowitz, W., Leborgne, J.M., Sivina, M. and Rojo, N.: Intravenous DSA of external carotid lesions: Comparison with other techniques and specimens. *A.J.R.*, 143: 1289—1294, 1984
- 28) Chilcote, W.A., Modic, M.T., Pavlicek, W.A., Little, J.R., Furlan, A.J., Duchesneau, P.M. and Weinstein, M.A.: Digital subtraction angiography of the carotid arteries: A comparative study in 100 patients. *Radiology*, 139: 287—295, 1981
- 29) Pinto, R.S., Manuell, M. and Kricheff, II: Complication of digital intravenous angiography: Experience in 2488 cervicocranial examinations. *A.J.R.*, 143: 1295—1299, 1984
- 30) Guthaner, D.F. and Miller, D.C.: Digital subtraction angiography of aortic dissection. *A.J.R.*, 141: 157—161, 1983
- 31) Flanningam, B.D., Gomes, A.S., Stumburk, E. C., Lois, J.F. and Pais, S.O.: Intraarterial digital subtraction angiography: Comparison with conventional hepatic arteriography. *Radiology*, 148: 17—21, 1983
- 32) Hillman, B.J., Ovitt, T.W., Nudelman, S., Fisher, H.D., Frost M.M., Capp, m.P. Roehrig, H. and Seeley, G.: Digital video subtraction angiography of renal vascular abnormalities.

- Radiology, 139: 277-280, 1981
- 33) Smith, C.W., Winfield, A.C., Price, R.R., Harding, D.R., Tucker, S.W., Witt, W.S. and Hollifield, J.W.: Evaluation of digital venous angiography for the diagnosis of renovascular hypertension. *Radiology*, 144: 51-54, 1982
 - 34) Hillman, B.J., Ovitt, T.W., Capp, M.P., Prosnitz, E.H., Osbone, R.W., Goldstone, J., Zukoski, C.F. and Malone, J.M.: The potential impact of digital video subtraction angiography on screening for renovascular hypertension. *Radiology*, 142: 577-579, 1982
 - 35) Clark, R.A. and Alexander, E.S.: Digital subtraction angiography of the renal arteries: Prospective comparison with conventional arteriography. *Invest Radiology*, 18: 6-10, 1983
 - 36) 八代直文, 大友 邦, 古井 滋, 小久保守, 板井 悠二, 飯尾正宏: 腹部血管造影における動注法 digital subtraction arteriography の役割. *日医放誌*, 44(11): 1366-1373, 1984
 - 37) Rosen, R.J., Roven, S.J., Taylor, R.F., Imparato, A.M. and Riles, T.S.: Evaluation of aorto-iliac occlusive disease by intravenous digital subtraction angiography. *Radiology*, 148: 7-8, 1983
 - 38) 粟林幸夫, 大滝 誠, 渡部恒也, 松山正也: 経静脈性 Digital Subtraction Angiography による血行再建後のグラフト開存性の評価. *日医放誌*, 45(1): 22-30, 1985
 - 39) Conrad, C. and Fries, J.: Intravenous digital subtraction angiography: Collateral circulation to empty leg. *Acta Radiologica. Diagnosis*, 24(5): 369-373, 1983
 - 40) Kaufman, S.L., Chang, R., Kadir, S., Mitchell, S.E. and White, R.J.: Intraarterial digital subtraction angiography in diagnostic arteriography. *Radiology*, 151: 323-327, 1984
 - 41) Crummy, A.B., Strother, C.M., Lieberman, R.P., Stieghost, M.F., Sackett, J.F., Wojtowycz, M. M., Kruger, R.A., Turnipseed, W.D., Ergun, D. L., Shaw, C.G., Mistretta, C.A. and Ruzicka, F. F.: Digital video subtraction angiography for evaluation of peripheral vascular disease. *Radiology*, 141: 33-37, 1981
 - 42) Brusch, J.H., Brennecke, H.J.H.R., Gronemeier, D. and Heintzen, P.H.: Assessment of arterial blood flow measurements by digital angiography. *Radiology*, 141: 39-47, 1981
 - 43) Katragadda, C.S., Fogel, S.R., Cohen, G., Wagner, L.K., Morgan, C., Handel, S.F., Amtey, S.R. and Lester, R.G.: Digital radiography using a computed tomographic instrument. *Radiology*, 133: 83-87, 1979
 - 44) Brody, W.R., Macovski, A., Pelc, N., Lehmann, O., Joseph, R.A. and Edelheit, L.S.: Intravenous arteriography using scanned projection radiography. *Radiology*, 141: 509-514, 1981
 - 45) Marshall, W.H., Alvarez, R.E. and Macovski, A.: Initial results with prereconstruction dual-energy computed tomography (PREDECT). *Radiology*, 140: 421-430, 1981
 - 46) Huebener, K.H.: Scanned projection radiography of the chest versus standard film radiography: A comparison of 250 cases. *Radiology*, 148: 363-368, 1983
 - 47) Kalender, W.A., Huebener, K.H. and Jass, W.: Digital scanned projection radiography: Optimization of image characteristics. *Radiology*, 149: 299-303, 1983
 - 48) Levin, D.C., Schapiro, R.M., Boxt, L.M., Dunham, L., Harrington, D.P. and Ergun, D.L.: Digital subtraction angiography: Principles and pitfalls of image improvement techniques. *A.J.R.*, 143: 447-454, 1984