I・I モード多段切り換え法によるシネ拡大撮影法 (河村・江口・杜)

原 著

I・I モード多段切り換え法によるシネ拡大撮影法

久留米大学循環器病研究所

河 村 政 秀・江 口 秀 典

東芝メディカル福岡出張所

杜 博 文

(論文受理 1984年3月26日)

(最終論文受理 1984年7月20日)

(Code No. 21462, 21442, 24232)

Key words: I・I Zoom, Cine magnification angiography

CINE MAGNIFICATION ANGIOGRAPHY METHOD BY MULTI STAGE I.I. MODE CHANGE OVER

MASAHIDE KAWAMURA and HIDENORI EGUCHI

Kurume University Cardiovascular Center

HIROFUMI YUZURIHA

Toshiba Medical Fukuoka Agency

(Article received; Mar., 26, 1984)

Summary

Recently, geometrical magnification using small focus has been noticed in coronary arteriography to obtain more improved resolving power.

For this study, we made a device called "I.I. Zoom" with 20 changeable switch which could make up to two fold image enlargement, and investigated the size of the projectional image in "I・I Zoom" and the geometrical magnification using MTF and ROC. Using this "I・I Zoom", we have been able to get more improved resolving power even in the case of large focal spot angiography and could select the fine visual size.

1. 序 論

最近, Digital Subtraction Angiography^{1)~3)}が急速に
進歩してきているが, 依然として冠動脈疾患の描出法は,

選択的冠動脈造影法に勝るものはないと言われている。
Percutaneous Transluminalis Coronary Angioplasty,
Percutaneous Transluminalis Coronary Reperfusion(以
下 PTCA, PTCR と略す)等の高度な技術を駆使して治

療を目的に行われる検査法が次第に増加して来ている現在、冠動脈シネアンギオグラフィーにおける画質向上の期待は、さらに大きくなってきている。しかも冠動脈の目的狭窄部を正確に映し出し、カテーテル先端との関係を十分に把握することが PTCA, PTCR 術の成否につながり、そのためには目的部位だけを拡大させて大画面に映し出す方法が好ましい。しかも拡大率の再現性が良く、簡単に迅速に適当な視野を選択できるものが必要となる。

シネアンギオグラフィーにおける拡大撮影法としては、「0.6 mm 焦点による X 線拡大撮影」⁴⁾として田中らの報告があり、この拡大撮影法は各方面で注目されている。しかし、PTCA, PTCR 術の対象の大半が成人であることから、装置機構の問題として以下の制限を受ける。つまり焦点～I・I 間距離(以下 SID と略す)が短い装置では、Positioning によって被写体と I・I 間距離(以下 PID と略す)に制限を受け十分な拡大率を望めないばかりかグレーデル効果⁵⁾⁶⁾を満足させる十分な air gap をとれないために、グリッドの使用を余儀なくされる。つまり、グレーデル効果を利用して行う幾何学的拡大法は、成人について適応するにはかなりの制限を受ける。そこでわれわれは、この問題を考慮し従来から行われている I・I モード切り換え方式による拡大法について改めて検討を加えた。

使用装置は、当初から設置されている 7 インチモード、9 インチモード切り換え方式を高性能化し、20 段階に、最大 2 倍まで拡大できるように改良(以下この装置を「I・I ズーム」と呼ぶ)した。次に、各拡大率において総合 MTF を求め解像力を評価すると共に、I・I ズーム拡大時におけるコントラストの変化と撮影条件の関係、および総合評価として ROC 曲線を求めた。さらに、過去 3 年間の使用経験に基づき、今後の臨床撮影における問題点を検討した。

2. 方 法

2.1 使用装置・器具

X 線発生装置: 東芝 KXO-1250

X 線 管: DRX-4224HD-S

1.2 mm/0.6 mm (公称値)

I.I.: RTP9204C-G3

撮影システム: 東芝 U アーム

濃 度 計: サクラマイクロデンシトメータ
PDM-5

シネフィルム: KODAK・RAR2496

自 現 機: Nagase・NX-2

現 像 液: Kodak・KLX

プロジェクタ: Tagarno・CX-35

矩形波チャート: フンク Nr. 22476
0.25～2.5 Lp/mm

そ の 他: 造影剤チャート

ROC 用ビーズ玉

2.2 I・I ズーム装置について

東芝 I・I RTP9204C 型は、5 極管で視野サイズ決定は加速電源 VP-33323 のグリッド電圧 G_1 , G_3 , フォーカス調整はその G_2 でなされる。視野選択は、7 インチおよび 9 インチモードの各電圧 (G_1 , G_2 , G_3) を設定しておけば外部スイッチを ON, OFF することにより切り換える方式である。

I.I. ズームのブロック図を Fig. 1 に示す。まず、 G_1 , G_2 , G_3 の 20 段階における総てのデータを新しく設けた CPU ユニットの ROM に書き込んでおく。ズーム使用時は、外部のロータリースイッチ Fig. 2 により I・I サイズを選択すれば、その I・I サイズの各々のデータがラッチされて A/D 変換され HV ユニットで昇圧される方式である。

2.3 解像力評価

Fig. 1. "I-I Zoom" block diagram.

Fig. 2. Outline of "I-I Zoom".

I・I モード多段切り換え法によるシネ拡大撮影法 (河村・江口・杜)

解像力テストにおける実験配置図を Fig. 3 に示す。I・I ズーム方式、および幾何学的拡大法ともグリッドを除き SID 90 cm の間に矩形波チャートを置きシネフィルムに撮影し、総合 MTF を求め解像力評価を行った。

2.3.1 小焦点による拡大

Fig. 4 は、公称値 0.6 mm (実測値 0.7 mm) 小焦点で拡大撮影した場合の MTF を示す。同じ拡大率 (1.8 倍) では、I・I ズームによる拡大法が幾何学的拡大法より優れている。つまり拡大率が増す程 MTF は優れてくることが理解できる。Fig. 5 は幾何学的拡大による MTF を示す。これより 1.6 倍拡大までは MTF は良くなるが、1.8 倍になると逆に MTF は悪くなる傾向となる。つまり当装置 (SID 90 cm) では、1.6 倍が幾何学的拡大の限度である。このことは、X線管焦点の大きさと、SID が短いという機構上の問題が強く関与していると考えられる。さらに、幾何学的な 1.6 倍拡大でも I・I～チャート間距離は 30 cm となり実際被写体表面と I・I 面は、さらに短くなる。田中等は、10:1、36本/mm のアルミグリッドに匹敵する散乱線除去効果を上げるには 40 cm の air gap が必要と言っているがグリッドを除いた場合、成人の大半に対し十分なグレーデル効果を期待できない。このこ

Fig. 3. General arrangement of the experiment.

Fig. 4. MTF curve

Relation between "I・I Zoom" magnification and geometrical magnification using small focus.

とから、むしろグリッドは必要であると考えられる。

2.3.2 大焦点による拡大

Fig. 6 は、大焦点による幾何学的拡大を示すもので、拡大するほど解像力は低下する。このことより、密着撮影の必要性が理解できる。

Fig. 7 は、I・I ズームにて 1.4 倍拡大させ、さらに若干の air gap をとり 1.6 倍から 2 倍まで拡大させた場合で、解像力は漸次低下する。

Fig. 8 は、I・I ズームを使用し密着撮影で 2 倍まで拡大したグラフで、解像力は次第に向上する。故に、大焦点の場合、密着撮影でズーム効果を期待できるが密着不可能な場合、その期待は望めない。

2.4 コントラストについて

1 cm 厚さの亚克力板に 1, 2, 3, 4, 6 mm の溝を設けた造影剤チャートに 1/2 に希釈した 76% ウログラフィン

Fig. 5. MTF curve showing respective geometrical magnification using small focus.

Fig. 6. MTF curve showing respective geometrical magnification using large focus.

Fig. 7. MTF curve showing magnification of the "I-I Zoom" in addition to geometrical magnification.

Fig. 8. MTF curve showing 2 $\times$ magnification using "I-I Zoom" with contact.

を注入し、これを厚さ 20 cm のアクリルフェントム中に設置し、シネフィルム上で最大濃度が 0.8 になるような条件下において濃度差 ΔD の相対コントラストを求めた。

Fig. 9 は、撮影電圧とコントラストの関係を示し、撮影電圧が高くなるに従いコントラストは低下する。

Fig. 10 は、I-Iズームの拡大率とコントラストの関係を示し、拡大率が増せば相対コントラストは低下する。I-Iズームは、小視野を電氣的に拡大させる方式で、拡大率を増すにしたがい同一濃度を得るに必要なX線線量は増す必要がある。撮影条件設定において、撮影管電圧だけで調整すればコントラストの低下は免れない。よって、撮影管電流との調整を充分に行わねばならない。

2.5 ROC 曲線による総合評価

I-Iズームで拡大するにしたがい解像力は向上するが、しかし相対コントラストは若干低下する。それ等の関係

Fig. 9. Relation between the tube voltage and contrast.

Fig. 10. Relation between "I-I Zoom" magnification and contrast at 70 kV.

を理解するために総合的な評価を加える必要がある。今回われわれは、ROC 曲線を求め視覚的综合評価を行った。

2.5.1 幾何学的拡大と I-Iズームによる拡大の ROC 比較

先ず試料として 1 mm ϕ のビーズ玉 20 個をフィルム上に任意に並べ固定したものを用いた。試料作成は、散乱体としてアクリル 10 cm を介在させ、各拡大率においてシネフィルムの有効視野内でビーズの位置を変え、フィルムの基礎濃度が 0.7 になるように撮影した。画像観察

I・I モード多段切り換え法によるシネ拡大撮影法 (河村・江口・杜)

は、タガノ CX-35 を用いて静止画像および映画像の双方について5段階評価を行った。映画像観察は、50コマ/秒、10秒間とし、静止画像は1コマを5秒間観察した。観察者は、放射線技師5名（全員がシネアンギオの経験者）で行い、全員が同条件下で観察した。なお、I・Iズームを用いた場合の試料作成は、グリッドを付け幾何学的拡大法は、グリッドを除きグレーデル効果を利用した。AからEの条件でROC評価を行った。

- A: 小焦点で1.8倍までズーム拡大しさらに幾何学的拡大を加え総合2倍拡大
- B: 大焦点でI・Iズーム1.8倍拡大
- C: 小焦点でI・Iズーム1.4倍拡大
- D: 小焦点で幾何学的に1.4倍拡大
- E: 大焦点で幾何学的に1.4倍拡大。

Fig. 11 は、静止画像におけるROC曲線の一部である。評価順位は、全員が一致しA, B, C, D, Eであった。C, D, Eについては、かなり接近した評価となっている。

Fig. 11. ROC curve at rest picture.

Fig. 12. ROC curve at moving picture.

Fig. 13. Part of ROC curve 1.8× magnification of the I・I Zoom using small and large focus.

A is large focal point.

B is small focal point.

Fig. 12 は、映画像での評価を示し、その順位は静止画像と同様であるが、全体的に評価は良くなっている。

2.5.2 I・Iズームでの焦点の違いによるROC評価

次に、左冠動脈を長軸にとらえる positioning として RAO 30°~35° は不可欠な撮影方向⁷⁾である。この場合、目的血管とI・Iとは当然15 cm~25 cm 離れる事になりI・Iズームを使用する上で、以下述べる重要な問題を提起する。それは、前述の解像力評価 Fig. 7 に示したように大焦点撮影において、I・Iズームを使用した場合若干の air gap でも解像力の低下は免れないからである。この問題を解決するには、小焦点撮影が妥当であるがこの場合X線管定格上、管電流の制限を受け必然的に撮影電圧が上り写真コントラストに影響を及ぼす。したがって、実際に即した評価が必要となる⁸⁾。われわれは、PIDを20 cm 離しI・Iズームにて1.8倍拡大させ大焦点、小焦点の双方についてROC評価を行った。その一部を Fig. 13 に示すが、5名の観察者のうち4名が小焦点優位であり、1名が大焦点優位となった。

試料作成

散乱体: アクリル 15 cm

グリッド: CFRP 12:1, 42本/cm

撮影条件: 大焦点 60 kV

小焦点 70 kV

SID: 90 cm

3. 考 察

幾何学的拡大法は、小焦点でグレーデル効果を活用し拡大させる方法で、小児科領域では可成りの好結果が得

られている。しかし装置によってはSIDの制限(東芝Uアームシステムは95cmが限度)を受け十分な拡大率が望めないばかりか、あらゆる positioning において常に十分なグレースケール効果を活用する事は難しい。しかしこのことは、Uアームシステムを改良することで解決され、現在はほとんどの製品において長いSIDがとれるようになっている。

次に、I・Iズーム方式について検討すると、大・小の焦点いずれにおいても2倍拡大までは解像力を上げることができる。この方式は、I・I入力面の有効視野を小視野にして電子レンズ系でI・I出力面に拡大し結像させる。このことは、電子レンズ系の性能が向上することとなる。故に、幾何学的なボケ因子を無視できる密着撮影において、ズーム拡大するほど解像力は向上する。しかし、I・I入力面像にボケの因子が含まれる場合、例えば大焦点にて若干の air gap をとりさらにI・Iズーム拡大を行った場合I.I.出力面像は、さらにボケを助長させる結果となる。したがって実際の臨床撮影において、密着撮影が可能である正面像、第2斜位像においては、大焦点、I・Iズーム方式を十分に活用すべきである。しかし、第一斜位30°~35°、caudo-cranial view, cranio-caudal view では、目的部位とI・I間距離がある程度離れるために解像力は低下する。この場合、MTF, ROCの双方の評価について述べたように、小焦点撮影を行う方がより妥当な撮影法といえる。Caudo-cranial view, cranio-caudal view の場合は、目的血管と他の枝血管とを明瞭に分離させる目的であり、X線入射角度もかなり複雑となる。さらに、全体像は必要とせず、目的部位近位に限局して照射野を絞り込み拡大撮影するため撮影条件も上がる。故に、成人の大半において大焦点撮影も余儀なくされる。小焦点にて画質向上を計るには、X線管球容量の増加の他に、高輝度にて高解像力のI・Iおよびオートアイリス機構の設置は必要と考える。今回使用したこのI・Iズームは、最大拡大率が2倍になるように限定して改良したが、さらに改良を加えればもっと拡大率を上げることが可能と考える。しかし、I・Iの機構上の問題および特性(グリッド電圧の制限等)を充分考慮する必要がある。

次に、I・Iズームの大きな特徴は、20段階に任意の視野を選択できる点である。個人差や心臓の大きさによって、I・Iモードを適宜に選択することでI・Iの視野を有効に使用することができる。さらに、PTCA, PTCR等

の危険を伴う高度な術式では、術者は、カテーテル先端が目的部位に達するまでは心肺をなるべく大視野で観察する必要があり、一度カテーテルが目的部位に達すれば大画面で正確な位置関係を把握し、必要に応じて直ぐに撮影できる状態でなければならない。そのためには、敏速に適当な画面を選択できるシステムでなければならない。

今回報告したこのI・Iズーム方式は、以上の必要事項を十分に満足させるものである。

4. 結 論

(1) I・Iズーム方式は、若干のコントラスト低下を招くが拡大することにより視覚的ROC評価はむしろ向上する。

(2) I・Iズーム方式は、大焦点撮影でも密着させた場合、拡大することにより解像力は向上する。密着撮影が不可能な positioning においては小焦点撮影が妥当である。

(3) I・Iズーム方式は、瞬時に有効視野を選べる。さらに、拡大率の再現性が良い。

稿を終えるにあたり、御校閲をいただいた久留米大学RI基礎部門の梅崎典良講師に心より感謝いたします。

文 献

- 1) 高橋睦正, 他: デジタル透視血管造影法による心大血管疾患の診断. 臨放, 27, 887-895, (1982).
- 2) 日本臨床: 41(7), 4-116, (1983).
- 3) Charles A Mistretta, et al.: Digital Angiography, Radiology, 273, (1981).
- 4) 田中 勲, 若松孝司, 佐野 敏, 他: 0.6 mm 焦点によるX線シネ拡大撮影. 日放技学誌, 39(2), 148-153, (1983).
- 5) 内田 勝, 山下一也, 稲津 博: 放射線技術者のための画像工学. 通商産業研究社, 7-54, 89-97, 191-194, (1979).
- 6) 内田 勝, 金森仁志, 稲津 博: 放射線画像情報工学(1巻), 通商産業研究社, 297-310, (1980).
- 7) 延吉正清: 冠動脈造影法. K.K. 医学書院, 21-265, (1982).
- 8) 小塚隆弘, 太田光重, 他: 冠動脈撮影の画質と臨床の問題点. 放射線像研究, 8(3).