昭和 49 年 5 月

日本放射線技術学会雑誌

アンギオ スキャノグラフィの研究

鹿児島大学医学部附属病院中央エックス線室

(放射線医学講座 篠原慎治教授指導)

下 野 哲 勇

協力者：第1外科 今 村 壮 太

(論文受付 昭和49年1月25日)

ANGIO SCANOGRAPHY

By TETSUO SHIMONO

Department of Radiology, Kagoshima
University Hospital

(Article received : Jan. 25, 1974)

Summary

It is the technical or clinical purpose of the angiography of the lower extremity in vascular disease to obtain the exact and detail angiogram of whole arterial system at the region from the thigh to the tops of toes.

Large-field angiography using US differential screen has generally been performed. An angiographic picture obtained by the technique of this method, however, gives a dilated or strained appearance at the portion of both thigh and foot, and occasionally shows a lack of radiographic density or sharpness at the portion of the thigh caused with doubleness of arteries and veins, according to prolonged infusion of relatively much of radiopaque.

For the purpose of reduction of these disadvantages, angiographic scanography-called angioscanography was employed in present studies using mechanism of table sliding of modified KOORDINAT KOMBI apparatus. An angioscanographic picture was taken by the proportional motion of table sliding with the stream of infused radiopaque under the condition of fixation of narrowing slit which was attached just beneath the x-ray tube.

The experiments on the scanographic examination by the technique of present method indicated the followings. The reduction of Strobo effects was obtained by narrowing of slit width, slowing of scanning speed, and supplying of flat electric current to the x-ray tube. In present investigations, therefore, were employed the three phase 12 pulses of GIGANTOS's. Regarding the relationship between slit width, scanning speed, and radiographic sharpness, which was shown in CTF curve, radiographic sharpness was reduced when scanning speed was slowed and remarkably when slit widened. The results of fundamental examination indicated that radiographic sharpness was obtained by the maximum out put of x-ray apparatus and by narrowing slit width.

Clinical angioscanography was performed on the base of the fundamental examination. Favorable angioscanogram in the long area such as the aorta or the extremity was obtained by the infusion of high concentrated radiopaque for a few seconds under the condition of proportional motion of table sliding and by adequate adjustment of electric current for radiographic density in each objective area.

アンギオ スキャノグラフィの研究 (下野)

緒 言

上・下肢における動脈造影は、腫瘍や炎症等の診断を目的とするものと、動脈硬化症、動脈瘤、動静脈瘻、血栓症、Raynaud 症候群、や血管の損傷、圧排など血管そのものの病変の診断を目的とするものがある。

前者は、撮影範囲が比較的狭く限定されており、造影剤の pooling の状態や動静脈短絡（吻合）等を知るために、造影剤の時間的推移の観察が必要とされるので連続撮影が適している。

一方後者は、しばしば広範囲にわたる病変が多く特に下肢においてはその全長にわたる動脈系の観察が必要とされる。従って血管病変の下肢動脈造影法には、large field angiography (Fig. 1) として何枚かのカセットを連

Fig. 1

ねる方法があるが、継ぎ目に間隙を生じ観察・診断できないという欠点がある。これを改良したものが長尺カセットにて US 感度補償型増感紙を使用する方法^{1)~5)}、現在一般化されている。これ等はいずれも一回のX線曝射で下肢全体の撮影を行なうものであり、足部の動脈が造影される迄の間、造影剤の注入を続けなければならない。このために、大腿部では毛細管はもとより静脈系迄も造影され、動・静脈の重積像を招来し、濃度の不足をきたし、診断的価値の低下はまぬがれない¹⁾²⁾。このため現在最も適切なる下肢動脈造影法として用いられているのは、2~3枚の長尺カセットを装填したカセットチェンジャーを用いて連続撮影を行なう方法¹⁾⁶⁾がある。しかしながら血管病変の診断を目的とする場合は、必ずしも連続撮影の必要性はなく、またこの方法ではさらに長尺カセットチェンジャー装置をも設置しなければならない。

ところで下肢動脈造影において血管病変の診断的価値を高めるには、大腿部より足部に至る迄の全長にわたる動脈像がフィルム上に同時に捕えられるようにする必要

COMBINED ANGIOGRAPHY.

Fig. 2 Sliding step 25cm
Maximum number of sliding step 3
Exposure field covered 81cm

Fig. 3

がある。また大腿部及び足部の濃度、軟部組織及び骨重積部の濃度を均等化するような条件を選ぶことにより、いかなる部位での読影も容易で、さらに像の拡大や歪像はできるだけ最小限に留め、大腿部も足部も動脈像だけを得るように努力がなされるべきである。

このような条件を満たすために著者は、既設の連続撮影装置（エレマシエンデル社のコーディネートテーブル及びフィルムチェンジャーを組合せたもの）を利用し、下肢血管造影法に関して工夫・改良をくわだて、コーディネートテーブルの長軸方向の移動範囲 80cm を 3 分割し、フィルムチェンジャーとの組合せにより、combined angiography (Fig. 2) も行なえるようにすると共にまたコーディネートテーブルのなめらかな軽いスライドを利用して、管球固定方式の scanography⁷⁾ (slit scanography⁸⁾, slit slide 撮影法⁹⁾) (Fig. 3) を行なうようにした。

著者は、この scanography を下肢動脈造影法に応用した angioscanography を日常の臨床において実施し、診断に供しているのものでその造影法を供覧し、本法の有用性

について考察を加え、報告する。

1. 使用機器及び材料

(1) X線発生装置

- a) 単相全波整流方式 500mA 型
合松レントゲン Ever Fantasia THE 5TH
- b) 三相12パルス整流方式 1,000mA 型
SIEMENS GIGANTOS

(2) X線管

- a) 廻転陽極型
焦点 公称 $1.0 \times 1.0\text{mm}$
- b) 廻転陽極型 Bi 150/30/50R
焦点 公称 $0.6 \times 0.6\text{mm}$

(3) 増感紙

極光製 US; HS; MS; FS; LT-II

(4) フィルム

富士 RX; RX-S

(5) 自動現像機

Pakorol-XU 90秒型

(6) 処理液

現像液 富士 RD-III 35°C

定着液 富士 F

(7) X線用テストチャート

Micro Chart R-1

(8) 測定器

- a) さくら光電濃度計 PD-9R型
- b) Fuji Micro Photo Meter

測定スリット $50 \times 250\mu$

試料送り速度 15m/m/min

チャート紙送り速度 100m/m/min

(9) 撮影台

KOORDINAT KOMBI

2. 基礎実験

scanography は slit で絞ったX線束で、長軸方向に移動しながら撮影する方法であるが、この場合X線管電圧は、そのX線発生装置に供給される交流電源の相数や使用されている整流方式により波形の変った脈流となり、X線発生もそれに応じて脈動するので、このようなX線発生装置で scanography を行なうと、X線曝射時間測定の際に用いられるストロボグラフ法と同一の結果となり、フィルム上には縞模様のストロボ効果を来たすこととなる。よってこのストロボ効果を消滅させるには、X線管電圧を直流にすればよいが、既設のX線発生装置の脈動

電圧の場合には、slit 巾と scan speed による影響があるので、その関係を調べ、また scanography における slit 巾と scan speed は鮮鋭度に重要な関係があるので、下記の如き基礎実験を行なった。

2.1 ストロボ効果

Fig. 4 の如く、回転板の上にフィルムを置き、slit にて絞ったX線束で曝射し、濃度ムラ、即ちストロボ効果の消滅する slit 巾と scan speed との関係を求めた。

一般に slit 巾を大きくし、scan speed を低下させるとストロボ効果は消滅させ得るが、Fig. 5a' (Fig. 5 のズームアップ) のように単相全波整流方式では、slit 巾をフィルム面上で 5mm にしても、ストロボ効果の消滅する箇所としない箇所とが交互にみられ、speed によっては消滅できるが非常にむづかしい点が認められた。しかしながら三相12パルスでは、slit 巾をフィルム面上 1mm で scan speed 7cm/sec 以内、 3mm で 11cm/sec 以内の条件であればストロボ効果は容易に消滅できることが認められた。

一方 slit 巾は、scan time が $4 \sim 20\text{sec}$ の範囲では管球容量（最大出力）による適性濃度を得るべく slit 巾を調整したが、この範囲内ではストロボ効果は生じなかった。

ストロボ効果は、発生装置よりの管球供給電圧、電流波形が平滑であれば、即ち直流に近づくほど消滅し得るもの⁹⁾であるが、一方発生装置の電源の変動、エミッシ

Fig. 4 Examination method for strobo effect

アンギオ スキャノグラフィの研究 (下野)

Fig. 5 Radiography of the strobo effect examination

- a) single phase slit diaphragm 5mm
b) three phase 12puls slit diaphragm 3mm

Fig. 5a' magnification picture of Fig. 5a

Fig. 6 Radiography of the strobo effect examination

- a) three phase 12puls slit diaphragm 3mm
b) three phase 12puls slit diaphragm 1mm

ン、管球の陽極高速回転に起因する slit 部分の振動、scan speed の変化等による ストロボ効果も 生じるので留意すべきである。

2.2 slit 巾と鮮鋭度

メタアグリル樹脂板 (3mm) で $20 \times 15 \times 10$ cm の水ファントムを作り、水深10cmの中央に Micro Chart R-1 を置き、FFD 90cm にて素地濃度 1.0~1.2 の資料を作り、Micro Photo Meter で測定して、コントラスト伝達関数 (Contrast Transfer Function: CTF¹⁰⁾) を求めた。

US 増感紙を使用する撮影の場合は、大腿部、即ち HS 部の鮮鋭度が特に問題となるので、この部分の CTF を

比較してみた。(Fig. 7, 8, 9, 10, 11)

図中の実線は、scan 方向、即ち長軸方向を示したもので、破線はそれと直交方向を示したものである。

Fig. 7 には、同一条件の下における一般的な撮影法と slit 巾 2mm, scan speed 1m/10sec の scanography との比較を示したが、一般撮影法では、タテ、ヨコの差はほとんどないが、scanography では差異があり、タテ方向に関しては、一般撮影法よりむしろよくなっており、問題はヨコ方向にあると思われる。

Fig. 8 には、slit 巾 2mm にて、

scan speed 1m/10sec と 1m/15sec との比較を示しているが、同一 slit 巾に対しては、scan speed が速いほどよくなっている。

Fig. 9 は、scan speed を 1m/10sec とし、slit 巾を 2mm, 3mm, 4mm, と変化させた場合のものであるが、同一 scan speed に対しては、slit 巾が狭いほど CTF は良好となっている。

Fig. 10 は、scan speed 1m/15sec とし、slit 巾を 1mm, 2mm とした場合の両者の比較であるが、タテ方向には差がなく、ヨコ方向は slit 巾 2mm の方が、やや悪くなっている。

昭和 49 年 5 月

日本放射線技術学会雑誌

Fig. 7 C.T.F. Curve

Fig. 8 C.T.F. Curve

Fig. 9 C.T.F. Curve

このように scanography における CTF は, scan speed が低いほど悪くなり, また slit 巾が大きくなるほど特に

悪くなっている。

Fig. 11 は, slit 巾 3mm, scan speed 1m/10sec の条件にて, RX 及び RX-S フィルムを用いた場合の CTF の比較を示しているが, 高感度フィルム RX-S の方がやや悪くなっている。しかし RX-S の感度は RX よりも 60~70% 高くなっている¹⁰⁾, 同一濃度を得るには, slit 巾を感度の上昇分だけ狭くすることができ, CTF はフィルムによる差よりも, slit による影響が大きいため, RX-S を使用してもよいと云えるようである。

3. われわれの Angio-scanography の手技について

US 増感紙を使用した長尺カセット (四切タテ 3 枚 92×26cm 及び大四切ヨコ 4 枚 112×36cm) に造影範囲に応じてフィルムを装填したが, 装填については, フィルム間の継ぎ目が重なったり, 間隙を生じないようによく留意して行なった。

またわれわれは長尺フィルムについては, 当院での使用量も少なく, 購入及び管理や撮影後の保存の関係などにより, これを使用しなかった。

われわれの術式は, 一侧の場合は, 大腿動脈に留置針を逆行性に穿刺するようにしたが, これは末梢部へ向けて穿刺すると, 深大腿動脈に選択的に造影されることがしばしばあり, 下肢動脈造影の目的を達し得ないことがあるからである¹³⁾。また両側の場合には, KIFA-Green カテ

ーテルを挿入して行なうようにした。なおコーディネータの駆動は鉈りの落下或はモータにより駆動する

アンギオ スキャノグラフィの研究 (下野)

Fig. 10 C.T.F. Curve

Fig. 11 C.T.F. Curve

ようにした。

scan speed の決定は、初めに 10cc の造影剤を注入して X-TV 透視下にて scan し、注入より足部迄の到達時間を測定してこれを決定するようにし、撮影電圧は 75～80kV とし、電流は 80mA とし、scan 開始後は漸減し終了時には、40mA 迄減少させ、US 増感紙の補償不足分を補なうことにした。

静脈造影の場合は、scan 方向は動脈造影の逆方向とし、電流は 40mA より開始し 80mA へと漸増させることにした。

FFD は 90cm とし、slit は 2mm pb 板にて作り 0.5mm Al 板にはりつけたものを多重絞り下部に装着し、多重絞りもあわせて併用するようにした。

造影剤の注入は 30～40cc を数秒間で手押注入或は圧注し、angioscanography の開始は、造影剤注入より 2～3 秒後とした。これは scan speed と注入に伴う造影剤の流れとの同調が少々ずれてもよく、またこの範囲内のず

れでは、静脈には造影剤が現われないからである。ただ四肢末端部の血管像には、動脈と静脈とが同時に造影されることも決して少なくないが、これは指趾あるいは、足の腫部には内径 0.03mm くらいの動静脈間の生理的吻合が存在しているために起るといわれており³⁾、scan timing のずれとして、こだわる必要はないものと考えられる。

因みに上肢では、10～20cc を 2～4sec 間で注入するようにした。

下肢静脈の angioscanography は、足背静脈に留置針を穿刺し、生理的食塩水にてよく静脈を洗った後、40～50cc を約 60 sec で注入し、注入終了直後より scan を開始し、注入開始後 60sec 以上にて骨盤部に到達するようにして行なった。尚下肢の静脈造影においては、造影剤と血液の比重による混和性や沈降速度との関係もあり、立位または傾斜させた体位で行なうことがよいとされているが¹¹⁾¹²⁾、

著者が scanography のために改造して使用した装置では、水平 scan は可能であるが、特に下肢静脈造影に際しての立位及び傾斜体位での造影は実施不可能である。

4. 症例供覧

〔症例 1〕 54 歳，♂

閉塞性血栓性血管炎（バージャー氏病）における Large Field Angiography (Fig. 12)

コンレイ 60cc を 10sec で注入、注入終了直前撮影。大腿部では毛細管はもちろん、静脈迄造影剤が充盈しているために、フィルム濃度が低下し読影に困難を覚え診断的におとるようである。

〔症例 2〕 25 歳，♂

正常例における Angio Scanography (Fig. 13a)

slit 巾 2mm, scan time 5sec, 85kV, 60mA, 錘りの落下による駆動, KIFA green 側孔 5 穴, 1m のカテーテルを左大腿動脈から挿入し、その先端を総腸骨動脈内に置き、

昭和 49 年 5 月

日本放射線技術学会雑誌

Fig. 12 Large Field Angiography of the lower limb

コンラキシンH 40ccを $5\text{kg}/\text{cm}^2$ の注入圧にて逆行性に注入。大腿部より足部迄の動脈のみが造影されている。本例は右大腿動脈外傷性血栓症にて右下肢動脈を造影後、比較のため正常と考えられた左下肢動脈の造影を行なったものである。

〔症例3〕 25歳，♀

紅斑性狼瘡による二次性レイノー症候群の Angio Scanography (Fig. 13b)

Fig. 13 Angio Scanography of the lower limb

slit巾2mm, scan time 10sec, 80kV 60mA, 錘りの落下による駆動, コンレイ 40cc 注入。大腿動脈より足部動脈まで動脈像が鮮明に造影されているが、末梢に向けて穿刺したために大腿動脈が選択的に造影され、大腿深動脈の造影は不充分である。

〔症例4〕 37歳，♂

アンギオ スキャノグラフィの研究 (下野)

バージャー氏病の Angio Scanography (Fig. 14a)

slit 巾 3mm, scan time 10sec, 80kV, 80→50mA (電流変化による補償) モーター駆動, コンレイ 40cc 注入. 大腿部より足部迄の動脈のみが良好に造影されている. 大腿部における像のずれは, 麻酔深度が不十分なため患者が血管痛を訴え動揺して起きたものである.

〔症例 5〕 38歳, ♂

バージャー氏病の Angio Scanography (Fig. 14b).

slit 巾 2mm, scan time 10sec, 80kV, 80→50mA, モーター駆動, コンレイ 40cc 注入. 大腿部より足部迄の全長にわたり動脈のみが良好に造影されており, 大腿部ではテーブルのスライド不良のためのストロボ効果が現出している. また下腿中央部には患者動揺による軽度の像のずれが認められている.

〔症例 6〕 55歳, ♂

膝窩動脈閉塞の Angio Scanography (Fig. 15a)

slit 巾 3mm, scan time 5sec, 80kV, 60mA, コンレイ 50cc 注入. 錘りの落下による駆動であるので, scan speed は大腿部では遅く, 下腿部に行くに従い徐々に速くなっているため大腿深動脈は毛細管迄造影剤が充盈され, やや静脈系が造影されている. これは膝窩動脈閉塞のため, それより末梢の動脈は側副吻合路を通り, 造影剤の流れが遅れたためである. このような場合の scan speed は大腿部では速く, 下腿部に行くに従い遅くすべきである.

〔症例 7〕 38歳, ♂

バージャー氏病の Angio Scanography (Fig. 15b)

slit 巾 4mm, scan time 10sec, 77kV, 32mA, 錘りの落下による駆動, コンレイ 40cc 注入. 大腿部より足部迄の動脈のみがよく造影されている.

Fig. 14 Angio Scanography of the lower limb

Fig. 15 Angio Scanography of the lower limb

昭和 49 年 5 月

日本放射線技術学会雑誌

〔症例 8〕 42歳, ♂

バージャー氏病の Angio Scanography (Fig. 16a)

slit 巾 4mm, scan time 5sec, 77kV, 55mA, 外腸骨動脈にコンラキシン H 40cc を 5kg/cm² の注入圧にて逆行性に注入, KIFA green 側孔 5 穴, 1m のカテーテルを使用した. 大腿部より足部迄の動脈のみが選択的によく造影されている.

〔症例 9〕 59歳, ♂

レイノー症候群の Angio Scanography (Fig. 16b)

slit 巾 1.5mm, scan time 10sec, 75kV, 80→30mA, コンレイ 30cc 注入. 患側 (尺骨動脈) にタイミングを合わせたために, 健側 (橈骨動脈) は手部においては, 静脈系まで造影されているが, 患側は指部の細い動脈迄造影されている.

Fig. 16 Angio Scanography of the limb

以上症例について供覧したごとく, 大腿部では Large

Field Angiography より Angioscanography の方がより良好な造影像が得られ, 特に閉塞例における血流の遅延をみるような場合には, 本法は適しているものと考えられる.

ここで Angioscanography の特長的な点を考察してみると

- 1) 長尺フィルムに動脈像のみの造影が可能であり,
- 2) 長軸方向においては, 実長撮影となるので, 病変部の位置的関係が正確に示現されるため, 手術の際にも有用である.
- 3) 造影剤は比較的少量にして短時間注入が可能のため両下肢を同一日に造影することもでき, 少量の造影剤使用可能のため再撮影もこれをさまたげることは少ない.
- 4) 比較的高圧注入により造影能がすぐれている.
- 5) X線 TV 透視下にて, scan time を決定した上で実施するので, 再撮影を可及的避けることができる.
- 6) 部位による濃度補償が比較的簡単にできる.

などである.

一方欠点としては

- 1) 血管の走行が, 横になっているような場合, 鮮鋭度が悪くなる.
 - 2) 管球または撮影台の長軸方向だけの特別のスライド機構が必要である.
 - 3) 管球容量が大きいもの, ストロボ効果のない X線発生装置を使用しなければならないこと.
- などが挙げられるようである.

5. 考 按

大動脈および四肢血管などの長い範囲の血管病変を診断しようとするような場合には, 連続撮影像は必ずしも必要ではなく, むしろ全動脈系を読影・診断できるような X線写真の必要性が強く望まれるところである.

Large Field Angiography では, 一回の曝射で長い範囲の動脈系を造影するため, 診断価値の低下はまめがれないことになる. またこのような状態での素地濃度補償はできたとしても, 毛細管相における軟部組織の造影剤による瀰漫性な染りや, 静脈像の出現は動脈像のコントラストを悪くし, 動脈像の微細な観察を著しく妨げることになる¹⁾.

また下肢を 3~4 分割して, 個々の部位を連続して撮影する方法があるが, 造影剤を 3~4 回注入しなければならないという欠点がある.

一方 Combined Angiography は, 造影剤一回の注入で下肢動脈造影が行なえる優れた方法であるが, (1) フィ

アンギオ スキャングラフィの研究 (下野)

フィルムチェンジャーと、患者をのせてスライドするテーブルを組合わせて、長軸移動範囲を3~4分割して、撮影および患者の移動を任意に行なって連続撮影する方法と、(2)自動的に一定距離づつ患者を移動させながら連続撮影する方法との両者があり、これらはいずれも一連の動脈像として観察する際、フィルムを接続させるわずらわしさが起り、また被曝量も多くなるという欠点がある。

われわれの行なった Angioscanography による下肢動脈造影法は、血管に充満された造影剤の流れにほぼ同調させて scan する方法であるので、大腿部も足部も動脈系だけが造影され、かつ長軸方向の拡大、歪像が少なく、実長が示現され、位置的関係の把握が容易となり、造影剤の注入も少量、短時間注入ですみ、診断的価値の高い血管造影像が得られる方法と考えられる。

元来、脊椎、上肢、下肢など軸方向に長い範囲の撮影を行なう場合、比較的遠距離撮影が行なわれているが、中心部より遠ざかるに従い、歪み像をつくる結果となる。即ち脊椎撮影の場合は、周辺部の椎体は歪像を生じ、椎体間は重なりが出現し、四肢など骨長測定の場合には、周辺部の拡大が診断の妨げとなる。このような欠点を補った理想的な撮影法として Scanography があつた。

Scanography は骨軸に直角に位置する slit にて細長い X 線束を作り、骨軸に沿って X 線管球と同時に移動させながら曝射を行ない撮影する方法であり、この Scanography について、糟谷¹⁴⁾は理論的には最も正確な撮影法であるが、露出時間が長いこと、管球の耐久性に問題があるとしているが、現在高速廻転陽極で大容量の管球が開発され、この点に関しては、ある程度解決されたと思われる。

ここで Scanography の技術的な面および濃度補償について述べてみることにする。

Scanography における slit の取付位置については、フィルム直上⁹⁾と絞り下部⁷⁾⁸⁾に取付ける方法がある。前者は被写体フィルム間に slit を設けるために、同軸で管球と slit がなめらかなスライドをさせる必要があるのですが、われわれもこの後者の方法を採用した。

管球の移動に関して、管球移動方式は、管球およびその支持器が重く、滑らかなスライドが困難であり、スライド速度にムラがあると、ストロボ効果が現われ、写真に縞模様を生じさせることになる。この点著者は、コデナートテーブルのなめらかなスライドを利用して、管球を固定する方式を採用し、FFD 90cm、三相12パルスにて、ストロボ効果を生じない slit 巾および scan speed

を使用して Scanography を行なうように試みたため、鮮明な画像を得ることが可能となった。

長尺カセット使用による下肢動脈造影においては、骨の重積部、軟部組織部、大腿部、足部などの濃度を均等化する必要があるが、この点に関して、鈴木¹⁾³⁾、後藤²⁾等は3つの補償方法を挙げ、US 増感紙を用いる方法で、下肢動脈の Large Field Angiography を行なっているが、大腿部の大きな患者では、その部位の黒化度の不足が目立ち、骨部に重なったところでは、かなり太い血管の読影に困難な症例がかなりの数にのぼったと報告している。現在、この US 増感紙使用による下肢動脈造影は、一般化してきているが、大腿部では濃度は不足がちであるといわれている。このため従来当院では、US 増感紙と放射口下部に挿入する Al または Cu+Al の補償フィルターとの組合せによる補償方法を採用していた⁵⁾。

今回、われわれの行なった Angioscanography における補償方法として、scan speed を変えることと、電流の変化を利用して行なったが、従来補償方法には次の5つの方法が考えられているので、それぞれについて考察を加えてみる。

5.1 scan speed を変える方法

scan speed を大腿部ではゆるやかに、下腿足部へと下方に行くに従い速くして、濃度補償を行なう方法である。K.C.CLARK⁷⁾は、下肢動脈造影を長尺カセットに同一増感紙(感度補償なし)を使用して、大腿部を5秒、下腿部を3秒の計8秒で Angioscanography を行なっている。

著者の初期における下肢動脈の Angioscanography では、US 増感紙を用いて、錘りの落下による重力の加速度を利用し、scan speed を変化させ、濃度補償を行なうようにしたが、この方法では、移動開始時には大きな重量の錘りが必要であり、scan speed は1m/5~6 sec以内となり下肢動脈の Angioscanography では、1m/4~20sec の速度が必要とされるので、錘りとの関係から一部の症例にしか使用されないこととなった。

造影剤の下肢動脈における流れは、末梢部へ行くほど遅くなるといわれており³⁾、scan speed とは逆となり、この方法は下肢動脈の Angioscanography には適していない。

5.2 補償フィルターを使用する方法

補償フィルターは、放射口下部に取付ける方法と被写体カセット間に挿入する方法の2つがある。

放射口下部に取付ける方法は、Large Field Angiography の場合は簡単であるが、Angioscanography の場

合は、scan speed と同調させて移動させなければならぬので、機構が複雑になってくる。

カセット前面に挿入する方法は、広範囲に正確に補償出来るが、補償フィルター自身の陰影を生じやすくまた形が大きく、取扱いに不便で材料費等高価であり、被曝量軽減の点からもこの方法は行なうべきでないと思われる。

5.3 slit 巾を変える方法

slit 巾を大腿部で広く、下腿部で狭くして補償する方法である。CTF は slit 巾を狭くする程よくなっているもので、大腿部において、撮影条件を最大出力で最適濃度を得る最低 slit 巾として、scan speed と同調させて、slit 巾を狭くする方法である。

これは slit に微細な変化をさせることとなり、構造的に困難である。また下肢の軸、即ち中央部と内、外側部との濃度均等の方法は、slit の開口部を直線とせず中央部にやや広くするとよい。なお slit 作製に当り、slit 開口部にキズ（凹）をつけるとか、また X 線吸収物質のゴミ（凸）をつけるとこれが陽、陰の軌跡を生じるので注意を要する。

5.4 高圧撮影による方法

低電圧では濃度範囲が広く、最低濃度と最高濃度との差が大きく、高電圧では濃度範囲が狭くゆるやかになるのはいうまでもなく、林¹⁵⁾は細い造影管について、これを認知できる限界と濃度レベルに関する実験で、広い範囲にわたって見たい場合は高電圧がよく、部分的なコントラストを必要とする場合には低電圧が良いと報告している。高電圧撮影を行えば散乱線による X 線写真の画質への影響を考慮すべきであるが、藤沢¹⁶⁾によると散乱線含有率は電圧の上昇と共に増加の傾向を示すが、それほど大きな変化ではなく、むしろ被写体の厚さが大きく関係し照射野を絞ると低下し特に小さく絞った場合、急激に減少すると報告している。このように Scanography では細い面積であるので、散乱線は特に問題にならず、むしろ造影剤に含有されているヨードの選択吸収が考えられ、奥村(彦)¹⁷⁾の報告では、75kVp 以上の管電圧になると造影剤の X 線吸収が減じはじめ、80kVp 程度になると急激に吸収が減ずるとあり、75~80kVp ぐらいが適当と考えられる。

5.5 電圧または電流を変える方法

Scanography の撮影中、電圧または電流を変える方法であるが、電圧を変えるのは、骨重積部と軟部との濃度範囲を広くすることとなり適当でない。電流を変える方法が簡単であり、適当であると思われる。

さらに下肢動脈の Angioscanography においての scan speed は大腿部では早く、下腿部から足部へ行くに従い徐々に遅くして、造影剤の動脈中における流れに同調させるべきである。たとえ US 増感紙の補償が完全であったとしても scan speed 変化による濃度差を電流調整により補償する必要がある点をも考慮して、われわれは電流を調整する方法を採用した。

また scan speed と下肢動脈における造影剤の流れについては森山⁶⁾等は、大腿動脈より足背動脈までの血液の平均速度は 8~11 秒、奥村(昭)⁹⁾等は 6~15 秒の範囲内、後藤等は²⁾ 18~20 秒、鈴木¹³⁾は 15 秒後に下肢下端にまた 18~25 秒で足部の末端に達するとしている。著者が昭和 47 年 7 月以降に実施した四肢動脈造影の Angioscanography 50 例の経験では、下肢で 4~23 秒で、上肢で 4~10 秒であった。即ち scan time が 4~23 秒となり、大腿部より足部迄を 1m とすると、scan speed は 1m/4~23sec となる。

正常の大腿動脈の平均血流量は 100~300ml/min である¹⁸⁾といわれ、最高血圧、最低血圧、脈圧ともに末梢に至るほど低下して行くとは限らず、むしろ最高血圧は、太い動脈の途中でもっとも高く、場合によっては、大腿動脈の最大の脈圧が大動脈根部の 2 倍以上にも及ぶことがあり、このことは、殊に大動脈から大腿動脈に至る最も太い血管系でいちじるしいといわれている¹⁹⁾。林は¹⁵⁾ 0.6mm 前後の内径の tube に 10~60% のヨードナトリウムを封入して、造影剤の濃度と素地黒化度との関係を調べた結果、パラフィンファントムにおける 2cm のところでは、全濃度が認められたが、15cm の厚さになると約 4 倍の濃度が必要となり、9cm 厚から 30% 以下の造影剤の濃度のものは認められなくなると報告している。

下肢動脈の Large Field Angiography で造影剤 40cc を 18~20sec で等速度注入を行なっても、動脈の血流のため、造影像における黒化度の濃淡を生じやすいが、これはある程度造影剤の高圧注入を行ない、造影剤の血管内における濃度をあげることによって黒化度の濃淡を消褪させ得る。Angioscanography では 30~40cc を数秒間で注入するため前述のような濃淡を持った造影像は少なくなり、また動脈内における造影剤の流れを勘案してこれに同調して scan すれば理想的である。

鈴木¹³⁾は下肢全体の動脈を 1 枚の X 線フィルム上に造影するには、造影剤の量として 40cc を必要とするが、この場合にウログラフィン（ヨード含有量 60%，76%）およびコンレイでは充分なコントラストの造影像とならず、アンギオコンレイの使用をまっしてはじめて満足すべ

アンギオス キャノグラフィの研究 (下野)

き像が得られる¹⁾, 足部の動脈像を得るためには大量のしかも高濃度の造影剤を注入する必要³⁾があるとしており, また神谷²⁰⁾は大腿動脈穿刺による方法では足部に至るまでの十分な造影は得られないとしているが, われわれの供覧症例でもわかるように, コンレイよりコンラキシンHを使用した方が造影能がよいと考えられた。

撮影条件は発生装置, 特に管球容量により決定されるが, できるだけ最大出力を利用して, slit 巾を狭くした方がCTFはよくなり, ヨコのCTFの悪いのは管球容量のためもあるが, 実験に使用した管球の容量の2倍のものも現在製作されているので, これを使用するとslit巾が半分となり改善され得る。前述のように, 四肢のAngioscanographyでは, 血管の走行は長軸方向がほとんどであるので, 臨床的にはあまり問題にならない。

高感度フィルム使用の場合は, 一般撮影において鮮鋭度はやや悪いがscanographyに使用する場合, 同一条件下で撮影するとslit巾を感度上昇分だけ狭くでき得ることになるので, 結果的には鮮鋭度はよくなる。

US 感度補償型増感紙は補償が不足がちであり, 高感度部分(HS)と低感度部分(FS)の感度差をもう少し大きくすべきであり, また中感度部分にはMSと同程度の感度を有し, 鮮鋭度はFSと同等のLT-II²¹⁾を用いるのが好ましい。

高感度の増感紙とフィルムに, 大容量のX線管球を使用すれば, 血管病変の場合, 長い範囲の動脈造影, 即ち腹部大動脈より足部の動脈に亘り, 動脈のみの造影も可能である。

今後に残された問題として, CTFの改善があるが, これはX線装置の大容量化, 増感紙, フィルムの質的向上および鮮鋭度の低下を来さない高感度化の研究に期待されるところである。

6. む す び

著者は下肢動脈造影におけるAngioscanography(コーデナートテーブル及びフィルムチェンジャーの組み合わせによる)について報告したが, 本法では, 一枚のフィルムにて腹部大動脈から足部動脈の間に亘り動脈のみの造影像が得られ, 血管そのものの病変の診断を目的とする場合に特にその有用性が考えられ, またそのいくつかの特長についても考察を加え報告した。

稿を終るにあたり, この実験に際し, 御指導下さった本学部放射線科篠原慎治教授を始め医局員の先生方, 中央X線室税所篤正技師長, 臨床面において積極的御協力を下さった第1外科今村壮太先生, 装置の改造に御協力

下さった日本シーメンス, 日立レントゲン, 材料の提供及びCTFの作製に御協力下さったフジフィルム, 本実験に御協力下さった技師の皆様, 血管造影室勤務新留京子さんに, 深く感謝致します。またご校閲を賜りました篠原慎治教授に深く感謝致します。

本論文の要旨は, 第29回日本放射線技術学会(48.5.13久留米)において「スリットスキャノグラフィによる下肢動脈造影」の演題で口述発表した。

文 献

- 1) 鈴木宗治: 四肢の動脈撮影と動脈閉塞症, 臨牀放射線, Vol.13, No.6, 387-403, 1968.
- 2) 後藤功, 他: 下肢動脈撮影法(US 感度補償 増感紙使用経験について), 日放技学会誌, Vol.25, No.4, 21-25, 1969.
- 3) 鈴木宗治: 血管撮影読影講座, IV 四肢, 金原出版K K, 5-21, 1972.
- 4) 江副正輔, 他: X線撮影技術, 南山堂, 1971.
- 5) 下野哲勇: 下半身同時撮影用補償フィルターの試作, 鹿児島県会報, No.33, 2-10, 1968.
- 6) 森山有相, 他: 末梢血管連続撮影装置の考案について, 日放技学会誌, Vol.22, No.2, 1-6, 1966.
- 7) K.C. CLARK: positioning in Radiography, ILFORD LIMITED, 612-613, 1962.
- 8) 藤木実一: 前膊骨及び胸椎の Slit Scanography に就て, 日放技学会誌, Vol.11, No.4, 12-15, 1956.
- 9) 奥村昭洋, 他: Slit Slide 撮影法の下肢動脈造影への応用(第1報), 第27回日放技学会発表, 同抄録集, 52, 1971.
- 10) 超高感度X-レイフィルムRX-Sの性能, 富士 X-レイ研究, No.98, 3-5, 1973.
- 11) 阪口周吉, 他: 脈管造影よりみた四肢浮腫, 臨牀外科, Vol.23, No.9.
- 12) 角原重利, 他: 静脈造影における造影剤の混和性と撮影体位について, 日放技学会誌, Vol.24, No.5, 1-6, 1969.
- 13) 高尾義人: 血管造影の装置と撮影技術について, 日放技学会誌, Vol.24, No.2, 1-15, 1968.
- 14) 糟谷清一郎: 小児骨折の治療.
- 15) 林周二: X線写真像示現の限界, 日放技学会誌, Vol. 17, No.3, 1-41, 1961.
- 16) 藤沢謙三郎: X線撮影時におけるフィルムに及ぼす散乱線の影響について, 散乱線の識別能に及ぼす影響, 日放技学会誌, Vol.17, No.4, 1-15, 1962.

昭和 49 年 5 月

日本放射線技術学会雑誌

-
<p>17) 奥村彦太郎: 各種造影剤のエックス線吸収に就いて,
日放技学会誌, Vol.19, No.4, 8-11, 1954.</p> <p>18) 井口潔, 他: 血行再健術の予後判定の面から見た血
流実測値の評価, 脈管学, Vol.9, No.1.</p> <p>19) 畠山一平: 循環の生理学, 生理学大系Ⅲ, 第5章,
動脈系の循環血圧, 585-621.</p> | <p>20) 神谷喜作: 四肢動脈造影, 臨牀外科, Vol.23, No.9,
91-98, 1968.</p> <p>21) 大日本塗料株式会社螢光品事業部: 増感紙 (LT-Ⅱ)
と熱螢光線量計 (TLD-1300), 日放技会誌, No.
233, 38, 1973.</p> |
|---|--|