原 著

脳血管同時 2 方向撮影における側方散乱の検討
(希土類吸収体による除去効果について)

星ヶ丘厚生年金病院 放射線部

米 岡 敏 雄・長 畑 弘

大阪大学微生物病研究所附属病院 放射線部

寺 田 央

(論文受付 昭和54年 8 月11日)

(Code No. 21124, 21322, 24252)

THE EXAMINATION OF THE SIDE SCATTER IN THE SIMULTANEOUS
BI-PLANE SYSTEM OF CEREBRAL ANGIOGRAPHY
(On the Effects of Elimination by the Rare Earth Absorbing Substance)

by TOSHIO YONEOKA

HIROSHI NAGAHATA

Department of Radiology, Hoshigaoka Ko-
seinenkin Hospital

HIROSHI TERADA

Department of Radiology, Osaka University
Research Institute for Microbial Diseases

(Article received; Aug. 11, 1979)

Summary

In the simultaneous bi-plane system, one of the most important problems is the deterioration of radiographic image quality by the scattered X-rays from many direction.

We met with good results by using the rare earth substance for the sake of deteriorating the side scattered X-rays. Then we compared the effects of elimination of the side scattered X-rays by using aluminum with that by using some rare earth substance and studied by X-ray spectrum theoretically.

From the above-mentioned things, we got the best effect when the absorption edge of rare earth substance agreed with the region of energy of the side scattered X-rays.

1. はじめに

脳血管撮影は、1927年 Portugal の神経科医 Moniz が、
内頸動脈より25%沃化ナトリウムを注入し、撮影に成功

脳血管同時2方向撮影における側方散乱の検討 (米岡・長畑・寺田)

して以来目覚ましい発達を遂げ、現在では頭蓋内疾患の診断では、Computed Tomography と並び不可欠な検査法の一つとなった¹⁾。

特に脳血管同時2方向撮影は、経時的变化による血管影の同位相が得られる事や、患者に対する負担の軽減からも臨床的に広く応用されているが、反面、他方向からの側方散乱線の影響による画質の低下は免れない²⁾³⁾。過去においても同時2方向撮影時の側方散乱線除去に関し、種々の方法が報告されているが、未だ満足された結果は得られておらず、交互曝射で撮影されているのが現状である^{4)~7)}。

今回、側方散乱線の吸収物質に、希土類増感紙に含まれている希土類系物質を用いる事により、効率的に側方散乱線を除去し、合わせて画質の改善に良好な結果を得たので報告する。

2. X線吸収係数

Aluminum (Al) および各種希土類増感紙に含まれる希土類系物質のX線吸収係数を Fig. 1 に示す。

エネルギーの高いK-吸収端は、Al では 1.559 keV にあり、診断領域内においては連続的に吸収係数が減少するため、低エネルギー成分を除去し、被曝低減を計ると同時にX線の線質を調整するフィルタとして使用されているが⁸⁾、希土類増感紙に含まれる Gadolinium (Gd) では 50.239 keV, 又 Lanthanum (La) では 38.925 keV, Yttrium (Y) では 17.038 keV に吸収端がある⁹⁾。

今回は、この吸収端を応用することにより、効率的に側方散乱線除去が出来た。

3. 側方散乱線の各種吸収体による除去効果

脳血管撮影システムの状態 (Fig. 2) において、水ファントム (15 cm×20 cm×18 cm) を置き、側面X線管球からの出力および受光系を一定に保ち、正面の AOT 上に於ける側方散乱線の除去効果を、Al および各種希土類系物質の厚さを変化させ、フィルム法による濃度測定を行い検討した。

3.1 Al による除去効果

Al 板厚 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 3.0 mm, 4.0 mm, 5.0 mm を用い、Al 厚 0.5 mm より 0.5 mm 間隔で 10 mm までの各厚さにおける側方散乱線の除去効果を、管電圧 60 kV, 70 kV, 80 kV, 90 kV で測定した。

測定結果は Fig. 3 に示す通りである。この結果から、管電圧が高くなると側方散乱線のカブリ濃度は高くなり、

Fig. 1 Mass absorption coefficients of Al and some rare earth substances.

Fig. 2 The generality simultaneous bi-plane system of cerebral angiography.

Fig. 3 The eliminated effects of side scattered X-rays by Al.

Al による散乱線除去効果は望めず、画質的に臨床応用は難しくなる。しかし、管電圧 60~70 kV 程度になると側方散乱線のカブリ濃度は減少し、Al による散乱線除去効果は良くなるため、Al 厚 5.0 mm 位で使用すれば、

通常の診断に耐える画質を得ることが出来る。しかし、Alの吸収による直接線の線量低下は、管電圧 70 kV, Al 厚 5.0 mm では35%, Al 厚 10 mm では60%, Al 厚 15 mm では75%減となる。又、管電圧 90 kV では、それぞれ25%, 50%および62%減となった。

3.2 Gd(Gd_2O_3 : Tb=G4増感紙)による除去効果

G4 増感紙の Front 5 枚を使用し、3.1と同様に側方散乱線のカブリ濃度測定を行った結果を Fig. 4 に示す。この結果の示す通り管電圧 70 kV~90 kV では、管電圧による側方散乱線のカブリ濃度は変化せず、当然 Gd の含有率の増加(増感紙の枚数)により減少することがわかる。又、除去効果を Al と比較すると、G4 増感紙 1 枚に対し Al では 3.0 mm, 2 枚では Al 5.0 mm と同じ効果があり、2 枚迄は G4 増感紙の方が Al に比べて直接線の吸収に対する散乱線除去効果が大きい。一方増感紙 3 枚以上では、側方散乱線の除去効果は良くなるが、直接線の吸収による線量低下が多くなる。

3.3 Y.Gd($(\text{Y.Gd})_2\text{O}_3$: Tb=LU増感紙)による除去効果

Fig. 4 The eliminated effects of side scattered X-rays by the rare earth screen (G4).

Fig. 5 The eliminated effects of side Scattered X-rays by the rare earth screen (LU).

LU 増感紙の Front 5 枚を使用し、3.1と同様に側方散乱線のカブリ濃度測定を行った結果を Fig. 5 に示す。この結果にもあるように、Y. Gd 混合物質では、管電圧 80 kV で撮影を行った時、側方散乱線除去効果は最もよく、管電圧 70 kV および 90 kV では除去効果は悪くなる。このことから、Y. Gd 混合物質を側方散乱線の吸収物質として用いる時は、管電圧 80 kV で撮影を行うとより効果的であると言える。又、Al との比較をすると、管電圧 70 kV および 90 kV では、LU 増感紙 1 枚と Al 2.3 mm, 2 枚用いると、Al 4.0 mm と同じ効果がある。又、管電圧 80 kV では、LU 増感紙 1 枚で Al 3.5 mm, 2 枚では Al 6.0 mm と同じ効果があるように、Al に比べ側方散乱線除去効果が大きい上に、Gd 単体より Y. Gd 混合体の方がより除去効果が大きい。又、LU 増感紙を 3 枚以上重ねると、前述の G4 増感紙と同様に直接線による線量低下がかなり大きくなる。

3.4 各種希土類増感紙による除去効果の比較

希土類増感紙の中でも、増感紙に含まれる希土類系物

Fig. 6 Comparison of the eliminated effects of side scattered X-rays by some rare earth screen, (tube voltage; 70 kV).

Fig. 7 Comparison of the eliminated effects of side scattered X-rays by some rare earth screens, (tube voltage; 80 kV).

脳血管同時2方向撮影における側方散乱の検討 (米岡・長畑・寺田)

質により、側方散乱線の除去効果は大きく変化する。その傾向を Fig. 6. 7 に示す。この傾向にも示すように、除去効果は管電圧と希土類系物質の吸収係数の大小および、散乱線のエネルギーと各種希土類系物質の吸収端のエネルギーにより、その除去効果が大きく左右される。

この傾向から、Lanex 増感紙、G4 増感紙、LU 増感紙の比較をしてみると、管電圧 70 kV では Lanex 増感紙が側方散乱線の除去効果は最も良く、G4 増感紙、LU 増感紙は同じ効果を示す。一方、管電圧 80 kV では、やはり Lanex 増感紙が最も良く、次いで LU 増感紙、G4 増感紙と悪くなる。このことは、増感紙に含まれる希土類系物質が、Lanex 増感紙では La と Gd の混合体、LU 増感紙では Y と Gd の混合体、G4 増感紙では Gd 単体のため、頭部撮影を行った時の側方散乱線の平均エネルギーが、丁度、希土類系物質の K-吸収端 に略一致した時、より多く吸収されるためである。

4. X線スペクトルによる理論的考察

希土類系物質を吸収物質として応用することで、その K-吸収端 による選択吸収作用により、Al に比較して側方散乱線を効率的に取除くことが実験的に立証されたが、

Fig. 8 Comparison of the X-ray spectra of incident and after penetrating 19 mm Al.

$$E' = \frac{511E}{511 + E(1 - \cos\theta)} \quad (\text{keV})$$

Fig. 9 Formula of Compton scattering.

その理論的裏付けとして X 線スペクトルによる若干の考察を行った。

4.1 頭部撮影時における入射および透過後の X 線スペクトルの変化

先づ、X 線スペクトル測定は 1000 チャンネル波高分析

Fig. 10 The X-ray spectra after penetrating rare earth substances.

Fig. 11 The clinical example of simultaneous bi-plane system of cerebral angiography with 2 mm Al.

器 (NAIG) と Si (Li) 半導体検出器 (EDAX) の組合せにより測定した。検出器の有効面積は 80 mm^2 , 空乏層の厚さ 3 mm で分解能は ^{241}Am で 17.8 keV の X 線に対し, 半値巾で約 $550 \text{ eV}^{(10)}$ であった。尚, 検出器の検出効率 ^{57}Co と ^{241}Am の標準線源を用い, 得られた結果は電子計算機の処理により, 空気の吸収および検出効率の補正を行い正しいスペクトルを得た⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

上記の方法で得られた管電圧 80 kV (総口過: 2.5 mmAl) に対する入射および頭部ファントム (19 mmAl) 透過後のスペクトルを Fig. 8 に示す。各々のスペクトルから得られた平均エネルギーは $E_{av} = 41.59, 54.99 \text{ keV}$ で, Fewell⁽³⁾ 等による X 線スペクトルの実測と幾分異なるが, 総口過の違いによるものと思われる。

その Fewell 等の実測 (総口過: 3.2 mmAl) による頭部撮影を行った時の入射および透過後の平均エネルギーは, $E_{av} = 44.06$ および 58.24 keV で, 20° 散乱線の平均エネルギーは, $E_{av} = 49.20 \text{ keV}$ であると報告している。いずれにしても散乱角が大きくなるに従って散乱線の平均エネルギーも低エネルギー側に移行するが, その変化

量は少なく, 当然散乱カブリとしてより画質に影響を与えるのは高エネルギー成分であると考えられる。(Fig. 9)

4.2 希土類系による吸収物質透過後の X 線スペクトルの変化

各種希土類系物質透過後の X 線スペクトルを Fig. 10 に示す。共に K-吸収端 による選択吸収作用により, 高エネルギー成分が抑制されたスペクトルを示す。

散乱線の平均エネルギーを X 線スペクトルから $45 \sim 50 \text{ keV}$ 前後とすると, 希土類系の吸収端エネルギーと略一致することから散乱線の高エネルギー成分をより多く吸収することになる。

又, Gd 単体に比べて, 混合体の方が散乱線の吸収されるエネルギー域が多くなるため, 散乱線の除去効果が顕著に現われた。この点については X 線スペクトル分布から見ても理解出来る。

5. 臨床への応用

我々が試行した側方散乱線除去の方法により, 脳血管

Fig. 12 The clinical example of simultaneous bi-plane system of cerebral angiography with 5 mmAl .

Fig. 13 The clinical example of simultaneous bi-plane system of cerebral angiography with one LU screen.

脳血管同時2方向撮影における側方散乱の検討 (米岡・長畑・寺田)

同時2方向撮影を行った臨床写真を比較検討する。

Fig. 11, 12 は, Al による方法で, Fig. 11 は Al 厚 2.0 mm, Fig. 12 は Al 厚 5.0 mm に, それぞれ 8:1 のグリッドを附加したものである。

Fig. 13, 14 は, LU 増感紙を1枚および2枚と 8:1 グリッドを附加したものである。

尚, 側面の撮影管電圧は, Al による方法では 60~65 kV を使用し, LU 増感紙では 75~80 kV を使用した。

以上の臨床写真でも分かるように, Al 厚 2.0 mm の写真では, 頭部半分に明らかに側方散乱カブリの影響による画質の低下が見られる。又, Al 厚 5.0 mm になると, 側方散乱線の影響による画質の低下が少なくなっているのが分かる。又, LU 増感紙による方法では, 側方散乱線による画質の低下は見られないが, LU 増感紙を2枚にすると, やや Contrast の低下が見られる。

6. 結 論

今回, 我々が試行した側方散乱線除去の方法は, 希土類系物質 (La, Gd, Y) を吸収物質として使用すること

Fig. 14 The clinical example of simultaneous bi-plane system of cerebral angiography with two LU screens.

により, Al に比較して画像の阻害因子である散乱線を選択的に吸収するため, 同一の管電圧においても散乱線カブリが減少し, 画質の改善がおこなえた。

又, 各種希土類系物質の中でも La と Gd の混合体の方が Gd 単体に比べて吸収効率が大きく, Fewell 等の頭部撮影における X 線エネルギースペクトルや, 我々が行った希土類系物質を含めた X 線スペクトル測定結果からの理論ともよく一致している。

今回, 希土類系物質を散乱線を取除くために応用したが, 更に管球放射口に取付けて, Contrast の増強と同時に被曝線量の軽減を行い, それに伴う受光系の至適組合せについても今後の課題としたい。

稿を終るにあたり, 終始御懇篤な御指導を頂いた大阪大学産業科学研究所の山本幸佳先生をはじめ阿部信行先生, 画像評価で御助言を頂いた阪大医療短期大学の山下一也助教授, 国立循環器病センターの若松孝司副技師長, 実験材料を提供して頂いた東芝メディカルの北田氏, 富士フィルムの野原氏, 東洋レントゲンの横谷氏, 研究にあたり終始御指導御助言を頂いた星ヶ丘厚生年金病院放射線部橋本正澄部長に深く感謝の意を表します。

又, 実験に御協力を頂いた大阪大学微生物病研究所附属病院放射線部山崎和江技師, 星ヶ丘厚生年金病院放射線部船橋正夫技師, 十倉敏男技師, 岩家明子技師ならびに放射線部技師一同に感謝致します。

尚, 本論文の要旨は, 第35回日本放射線技術学会総会において発表した。

文 献

- 1) 鈴木宗治: 血管撮影読影講座 1 頭部. 金原出版, 16 (1971).
- 2) 山下一也: 同時2方向撮影の検討. 日放技学誌, 24, 353 (1969).
- 3) 山下一也: 同時2方向撮影における側方散乱線の空間周波数特性. 阪大医療技術短期大学 研究紀要, 87~97 (1975).
- 4) 掛川満男, 他: 頭部同時2方向撮影における側方散乱の影響. 日放技学総会, 128 (1972).
- 5) 太田達美, 他: 脳血管同時2方向撮影. サクラ X-レイ写真研究, vol. 29 (1978).
- 6) 山下一也, 若松孝司: X線画像. 日放技学誌, 878~907 (1978).
- 7) 高尾義人: 血管造影の装置と撮影技術について. 日放技学誌, 151-165 (1968).
- 8) 岡田寅彦, 他: 血管撮影時における補正 Al Filter の

- 試作について. 日放技学総会, 126 (1972).
- 9) 寺田 央, 他: 高圧撮影におけるフィルター効果のスペクトル解析. 日放技学総会, 410-411 (1978).
- 10) 阿部信行, 他: ECR プラズマから放射される特性 X線とその医用ラジオグラフィーへの応用. 保健物理(13) 287-293 (1978).
- 11) 寺田 央: 線量評価におけるエネルギースペクトルの重要性. 日放技学誌, 773-777 (1978).
- 12) 寺田 央: 乳房撮影における X線エネルギースペクトルの適正化の研究. 映像情報, 10, 517-521 (1978).
- 13) T. R. Fewell, et al.: The measurement of diagnostic X-ray spectra with a high purity germanium spectrometer. SPIE, 9-18 (1975).