資 料

東芝製 TO タイプ増感紙の画像特性

羽手村 昌 宏・肥 合 康 弘・勝 田 昇

守 部 伸 幸・洞田貫 誠 志・高 田 卓 雄

東 田 善 治*・吉 田 彰**

熊本大学医学部附属病院中央放射線部

*熊本大学医療技術短期大学部

**岡山大学医療技術短期大学部

(論文受理 1992年 7 月 2 日)

(最終論文受理 1993年 1 月22日)

(Code No. 521)

Key words: Screen-film system, Imaging property, Image quality

PHYSICAL PROPERTIES OF IMAGE WITH TOSHIBA'S TO TYPE SCREENS

MASAHIRO HATEMURA, YASUHIRO HIAI, NOBORU KATSUDA

NOBUYUKI MORIBE, SEISHI DOUDANUKI, TAKAO TAKADA

*YOSHIHARU HIGASHIDA and **AKIRA YOSHIDA

Department of Radiology, Kumamoto University Hospital

*Department of Radiological Technology, Kumamoto University College of Medical Science

**Department of Radiological Technology, Okayama University School of Health Science

Summary

Relative speeds, modulation transfer functions (MTFs), and Wiener spectra of old (L type) and new (TO type) screens were compared. The relative speed of TO screens was comparable to those of L screens.

TO screens improved the resolution properties slightly. Noise properties of TO type screens were comparable, except for L-660 vs TO-660, to those of L screens. Image quality factor of TO -220 and TO-440 screens showed a slightly improvement over L-220 and L-440 screens.

1. はじめに

従来の東芝製 L タイプ増感紙は、グリーン(オルソ系)
およびブルー(レギュラー系) システムのどちらのフィ

東芝製 TO タイプ増感紙の画像特性 (羽手村・他)

ルムと組み合わせても使用できた。しかし、最近の増感紙-フィルム系の組合せとして、このような2つの系に兼用する方式はあまりとられていない。今回、これまで使用されていたLタイプの増感紙にかわり、グリーン系のフィルムと組合せることを目的とした増感紙 (TO タイプ) が新しく開発され、広く臨床に用いられている。しかし、これまで TO タイプの増感紙の物理特性や画像特性に関する論文はまだ見られない。

本論文では、新しく開発された増感紙 (以下、TO 増感紙) の相対感度、鮮鋭度、および粒状特性などの物理特性の測定に加え、test object、および手骨ファントムの X 線写真の視覚評価から、従来の増感紙 (以下、L 増感紙) との比較検討を行った。

2. 実験方法

従来の系の増感紙として L-100, L-220, L-440, L-660 の4種類の増感紙を用いた。また、新しい系の増感紙として従来の系に相当する相対感度をもつ TO-100, TO-220, TO-440, TO-660 の4種類を用いた。L および TO タイプの各増感紙は、いずれもこの実験のため新しく購入したものである。フィルムはすべての増感紙に Super HRS (富士フィルム) を組み合わせた。

相対感度は、X 線管電圧 80 kV を用い、多重絞りの前面に 20 mmAl フィルタを使用した線質¹⁻³⁾ (以下、BRH canonical beam) を使用し、sprit screen 法¹⁾ で測定した。

鮮鋭度は、各増感紙-フィルム系のスリット像から特性曲線を用いて線像強度を求め、これをフーリエ変換して MTF で比較した^{4,5)}。

粒状性の比較は、Wiener spectrum (以下、WS) で行った。WS の測定に使用したフィルムサンプルは、BRH canonical beam のもとで撮影し、写真濃度はすべて 1.00 ± 0.03 以内におさめた。また、test object、および手骨ファントムの撮影を行い、視覚評価によって従来の系と新しい系の画質を比較した。Test object は、L-220 およびこれに対応する感度をもつ TO-220 でそれぞれ3枚撮影した。撮影に使用した線質は、BRH canonical beam である。Test object には、針、スチールウール、乾燥骨、ワイヤーメッシュおよび大きさの異なるビーズ玉などが含まれており、粒状性の視覚評価には、スチールウールやビーズ玉などを観察した。また、鮮鋭度の指標として、針、ワイヤーメッシュなど比較的高コントラスト物質を観察した。観察は、3名の放射線技師 (経験年数 6~17年) で行った。観察方法は、いずれも L 増感

紙にくらべ鮮鋭度および粒状性が「すぐれている」、「同等である」、「劣る」の3段階評価とした。

手骨ファントム (京都科学製 PB-10) の撮影は、従来の系から L-220, L-440 の2種類、新しい系から TO-220, TO-440 の2種類の増感紙を用い、撮影電圧は 50 kV、管電流 25 mA で、撮影時間を調整することによりすべてのフィルムの写真濃度をほぼ同一に合わせた。また、幾何学的不鋭を除くために撮影距離を 200 cm とした。それぞれの系で3枚づつ撮影した手骨ファントムの写真は8名の放射線技師 (経験年数 6年~23年) で観察した。

観察方法は、対応する2つの系の写真を並べ、従来の系に対応する新しい系の粒状、および鮮鋭度が「すぐれている」を4点、「ややすぐれている」を2点、「同等である」を0点、「やや劣る」を-2点、「劣る」を-4点とする5段階評価とした。観察結果は8名の放射線技師の平均をとった。これから最終的に得られた値を画質係数 (image quality factor) と定義して視覚評価の尺度とした^{6,7)}。2つの視覚評価における観察距離は規定しなかった。実験に使用した X 線装置は、島津 UD-150B である。また、各々のフィルムの現像処理に使用した自動現像機は富士 RU II、現像液は富士 RD-3、定着液は富士 F、処理温度 35.0°C、処理時間 90 秒である。

3. 結 果

Table 1 に8種類の増感紙の相対感度、および相対感度比の測定結果を示す。測定結果は、スプリットスクリーン法で求めた4回の平均である。相対感度は L-220 の相対感度を 1.0 として求めた。L-100, L-220 に対応する TO-100, TO-220 の相対感度は、それぞれ 13%、および 7% 高い値を示す。これらに対し、L-440 に対する TO-440 の相対感度は 11% 低い値を示し、L-660 に対して TO-660 は同等となった。L 増感紙と TO 増感紙の相対感度は、増感紙によってやや異なっているが、いずれも、従

Table 1 Relative speeds of TO and L screens

L-100	0.53	TO-100	1.13
TO-100	0.60	L-100	
L-220	1.00	TO-220	1.07
TO-220	1.07	L-220	
L-440	2.07	TO-440	0.89
TO-440	1.85	L-440	
L-660	2.63	TO-660	0.99
TO-660	2.60	L-660

Fig. 1 MTFs of TO-100 and L-100 screens.

Fig. 2 MTFs of TO-220, TO-440 and L-220, L-440 screens.

Fig. 3 Relationship between relative speeds and MTFs at 2 cycles/mm for TO and L screens.

来の系に対する新しい系の相対感度の差は小さい。

Fig. 1 に L-100 と TO-100 の MTF の比較を示す。結果から明らかなように、2つの系では MTF にはほとんど差が見られない。

Fig. 2 に L-220, L-440 とこれに対応する TO-220, TO

Fig. 4 Wiener spectra of the TO screens measured at a radiographic density of 1.0.

Fig. 5 Wiener spectra of the L screens measured at a radiographic density of 1.0.

-440 の MTF の比較を示す。2つの新しい系では、従来の系に対してすべての空間周波数で MTF が改善している。従来の系に対する新しい系の MTF 値を空間周波数 2.0 cycles/mm において比較すると、L-220 に対し TO-220 は約 10%、L-440 に対し TO-440 は約 23% 改善している。

相対感度と空間周波数 2.0 cycles/mm における MTF 値の関係を Fig. 3 に示す。相対感度は L-220 を 1.0 として表した。従来の L タイプに対し、TO タイプの 2.0 cycles/mm の MTF の値は、同一感度で比較すると一般的に高くなっている。

しかし、今回測定に使用した新しい増感紙の中で、TO-440 は対応する L-440 にくらべ相対感度が 11% 低くなっており、同一感度で比較したときの MTF は、従来の系に近い特性を示した。

Fig. 4, Fig. 5 に L 増感紙と TO 増感紙の写真濃度 1.0 における WS を示す。L 増感紙では、低周波数領域の WS の値は、L-100 が最も小さく、他の 3 種類は差が少な

Fig. 6 Relationship between relative speeds and Wiener spectral values at 0.1 cycles/mm for the TO and L screens.

い。一方、TO 増感紙では TO-100 が最も小さく、相対感度が大きくなるにしたがって WS も大きくなった。高周波数領域では増感紙の MTF が WS に寄与するため交差し、TO-100、TO-220 では大きくなっている。また、L 増感紙と TO 増感紙の WS の値は、ほぼ同一感度のもので同等レベルとなっている。2 つの系の WS と相対感度の関係について理解を容易にするために、相対感度を横軸に、空間周波数 0.1 cycles/mm の WS 値を縦軸にとり Fig. 6 に示す。従来の系と新しい系の WS 値はほぼ同等であり、同一感度レベルにおける粒状の差は見られないうが、TO-660 は従来の L-660 にくらべやや大きな値を示した。しかし、一般的に WS の測定誤差は MTF の測定値に比べてやや大きいため、基本的には 2 つの系の粒状性は同等レベルで差がないと思われる。

Fig. 7 (a), (b) に L-220 と TO-220 で撮影した test object の写真を示す。Test object の写真濃度は 1.00 ± 0.03 以内におさめた。これら 2 つの写真に含まれる針、ワイヤーメッシュなどの観察結果から、TO-220 による鮮鋭度は L-220 と比較してわずかに改善しているが、スチールウール、ビーズ玉、およびバックグラウンドの観察による粒状性の差はほとんど認められなかった。

Fig. 8 (a), (b) に視覚評価に使用した手骨ファントム (第 3 指中節骨) の X 線写真の一例を示す。使用した増感紙は L-220 (a), TO-220 (b) である。視覚評価の結果を Fig. 9 に示す。図の縦軸は画質係数、横軸は相対感度を示す。Fig. 9 の各点およびエラーバーは各観察者の画質係数の平均値と標準偏差を示す。また、点線は画質係数が 0、

a

b

Fig. 7 Comparison of test object images obtained at 80 kV with 20 mm aluminum additional filtration at 200 cm focal spot distance.

- a) L-220
b) TO-220

すなわち従来の系と同等であることを示している。新しい系の TO-220, TO-440 は、視覚評価の平均値がプラスになっていて、画質係数が従来の系よりすぐれていることを示す。

4. 考 察

Fig. 8 Comparison of hand radiographs (phantom) obtained with a: (L-220) and b: (TO-220) screens.

Fig. 9 Result of observer performance test of hand radiographs with TO (220, 440) and L (220, 440) screens.

本研究では、従来の増感紙（L増感紙）と新しい増感紙（TO増感紙）の物理特性および画質特性について検討した。従来のL増感紙に対応するTO増感紙の相対感度は、測定結果にやや差が見られるものの、ほぼ同一感度を有することがわかった。また、鮮鋭度については、TO

増感紙は一種類（TO-100 VS L-100）を除いて全体的に改善している。従来のLタイプの増感紙には、L-100を除いて蛍光体としてイットリビウム（Y）が含まれている（L-100： $(\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb})$ 、L-220、L-440、L-660： $((\text{Gd}, \text{Y})_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb})$ ）。これに対し、TO増感紙ではこの蛍光体を使用されておらず、このため蛍光体の発光スペクトルが変化している。また、蛍光体粒子のサイズが従来のL増感紙にくらべて大きいものから小さいものまで大小広い範囲にわたって分布している⁹⁾。これらのことが、クロスオーバー効果を減少させ、結果的にTO-220、440、660の鮮鋭度が改善した理由と考えられる。

この実験では測定を簡単にするために、LおよびTO増感紙の中から1種類のみを用いて物理特性を比較した。このため、感度あるいは粒状性に対応する系についてわずかな違いが見られたが、これらは実験に使用した増感紙のサンプルバリエーションによるものとおもわれる。

Test objectに含まれる物質の評価では、鮮鋭度はTO増感紙がやや改善していたが大きな差は見られなかった。また、粒状性についてはすべて同等であった。Test objectの撮影に使用した線質はBRH canonical beamであり、散乱線はまったく含まれていない。この線質は人体腹部を透過したときのX線スペクトルに類似していることが知られており、この線質下では、物理特性にかなり差がないと画質の差としては認められにくい⁹⁾。したがって、TO増感紙を用い腹部などを撮影したときの画質の差は、従来の系とあまり差がないと考えられる。

第3指を撮影したX線写真の視覚評価では、いずれも従来の系（L-220、L-440）に対してTO増感紙の画質係数がやや高い結果を示した。2つの対応する系の粒状性は、前述したようにほぼ同等レベルである。一方、解像特性は、TO-220が10%改善し、TO-440は23%改善している（いずれも空間周波数2.0 cycles/mm）。したがって、画質係数の違いは主として2つの系の鮮鋭度の違いが視覚評価に寄与しているものと思われる。

これまでのわれわれの経験では、手指骨のように比較的うすい被写体（～5 cm）を撮影した場合、約10%程度の鮮鋭度の違いは視覚評価でも違いが認められている⁷⁾。しかし、前述したように2つの系の鮮鋭度の違いが他の撮影部位でも認められるかどうかは、今後検討しなければならない。

文 献

- 1) Doi K, Kodera Y, Chan HP, et al: MTFs and Wiener spectra of radiographic screen-film sys-

東芝製 TO タイプ増感紙の画像特性 (羽手村・他)

- tems, volume 2, "HHS publication (FDA)", (1985).
- 2) 東田善治, 勝田 昇, 洞田貫誠志, 他: 増感紙-フィルム系の感度の測定 1 絶対感度の測定, 日放技学誌, 44, 425-434, (1988).
- 3) 東田善治, 勝田 昇, 洞田貫誠志, 他: 増感紙-フィルム系の感度の測定 2 相対感度および絶対感度の測定, 日放技学誌, 44, 435-448, (1988).
- 4) 東田善治, 松本政典, 荒木不次男, 他: 増感紙-フィルム系の MTF 測定のためのスリット撮影装置の開発, 富士メディカルフォーラム, 154, 31-36, (1987).
- 5) 東田善治, 守部伸幸, 肥合康弘, 他: 二つの施設における増感紙-フィルム系の MTF の測定精度の比較, 日放技学誌, 43, 460-466, (1987).
- 6) 小寺吉衛, 谷本啓二, 砂屋敷忠, 他: 頭部 X 線規格写真における増感紙-フィルム系の評価, 歯科放射線, 26, 23, 30, (1986).
- 7) 肥合康弘, 東田善治, 勝田 昇, 他: クロスオーバー増感紙の画像特性, 日放技学誌, 45, 854-860, (1989).
- 8) 横田和人: 私信, (1991).
- 9) Higashida Y, Frank PH, Doi K: High-speed, single-screen/single-emulsion film systems; Basic imaging properties and preliminary clinical applications, Radiology, 149, 571-577, (1983).