

21. 臨床病院における診断用モニタの特性及び設置環境が診断能に与える影響の調査研究

- 新美 孝永 (名古屋第二赤十字病院・医療技術部 放射線科)
杉本 美津夫 (名古屋第二赤十字病院・医療技術部 放射線科)
真野 晃浩 (名古屋第二赤十字病院・医療技術部 放射線科)

緒言

近年の地域医療連携の活性化は従来の一施設内における画像診断の枠を大きく外れ他院の画像を当院で、または当院の画像を他院で読影する機会も増大した。このような状況の中、診断に用いるモニタの性能や設置環境が画像診断に与える影響は警告されているものの臨床病院における系統的な調査研究は少ないと考えられる¹⁻³⁾。本研究では臨床病院における医用診断液晶モニタ（以降診断用モニタとする）の特性及び設置環境の違いが診断能に与える影響の把握を目的に調査研究を実施した。

方法

国内における診断用モニタ管理のガイドラインとしては、日本画像医療システム工業会が発行する JESRA X-0093*A⁻²⁰¹⁰ に基づく管理⁴⁾が一般的に採用されており、当院においてもこの基準に従い管理を実施している。本研究では、はじめに当院で稼働する診断用モニタ（EIZO 社製 Radiforce GX-220）についてその特性の中でも重要視される階調と輝度および設置環境の照度の影響について調査を行った。階調は、人間の識別域を考慮して作成された Grayscale Standard Display Function (GSDF)⁵⁾を用い、設定輝度内における特性を管理した。輝度は、長時間使用することで低下し診断能に影響を及ぼすことが知られている^{6,7)}ためその経時的変化を測定した。また、輝度の低下により信号検出能にどのような影響が出るのか確認するため単純信号を含む Contrast detail (C-D) ファントム（図 1）を用いて評価を行った。図のように信号直径と信号の高さを 1mm から 5.5mm まで変化させることにより信号強度を変え視覚的に検出能を評価した⁸⁾。同一モニタにて輝度が一般的な推奨輝度とされる 450cd/m²の場合と、それより低い 300cd/m²について C-D ダイアグラムを作成し、検出能の変化を確認した。観察は、環境照度 20 ルックスにて診療放射線技師 11



図 1. C-Dファントム画像

名で実施した。さらに、読影環境の調査としてモニター周辺の照度を測定し、Receiver Operating Characteristic Analysis (ROC) 解析^{9,10}により環境照度の診断能への影響を定量化した。対象とした環境照度は当院で実際にモニターが設置されている1000、850、700、500、80 ルックスとし、モニター輝度450cd/m²で図2に示す胸部画像を観察した(病変有り25枚、なし25枚)。病変の大きさは直径3mm(図中に矢印で示す)、観察試料の輝度、階調レベルは肺野内の病変を想定した範囲で作成した。

次に、病診連携等で発生する当院のモニターで確認された病変が他施設の診断用モニターでは確認できないような事例の要因を解明するために院外5施設の協力を得て実際の臨床診断に近い状況で調査を実施した。実験には、肺疾患の中でも検出が困難とされる肺非結核性抗酸菌症の病変を抜き取り、それを正常画像に埋め込んで読影画像とした(当院倫理委員会で院内での臨床画像の使用許可は得ているが院外への持ち出しは禁止されているため模擬的に画像を作成した)。図3に実験に使用したテスト画像の一部を示す。可搬媒体(CD)に記録した同一のテスト画像を各場所で複数人の診療放射線技師で読影し、機種の違いが診断能に与える影響をROC解析により定量化した(病変有り25枚、なし25枚)。また、診断用モニターとの性能の違いを明確にするため電子カルテ用モニター(汎用モニター)でも実施した。

結果

図4は、導入時に450cd/m²と設定した最高輝度値が長時間の使用によりどのように変化していくのか測定したものである。この結果、11500時間で410cd/m²と約10%の低下が確認された。一方、設定輝度範囲内におけるGSDFの階調特性は、11500時間の使用でも対象とするすべての診断用モニターについて±10%以下の値となった。図5は、輝度の低下がどの程度検出能に影響を及ぼすのかを示すC-D曲



図2. 信号を付加した胸部の観察画像

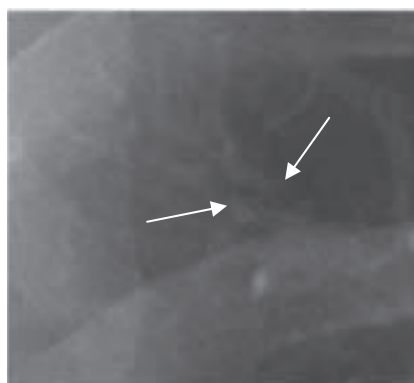


図3. 病変を付加した胸部の観察画像 (病変部を拡大表示)

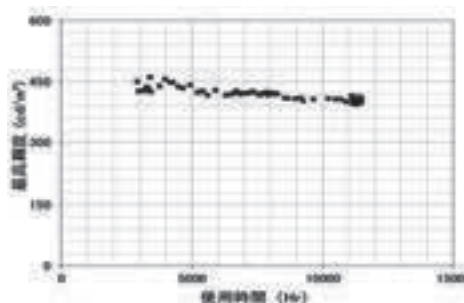


図4. モニタ使用時間と最高輝度の関係

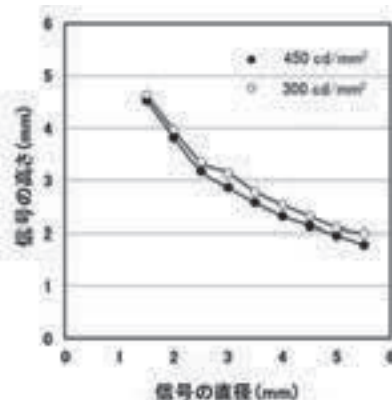


図5. 最高輝度と信号検出能の関係

線を示す（C-D 曲線が下方になるほど検出能は高くなる）。モニタ輝度 450cd/m^2 と 300cd/m^2 では全体的に 450cd/m^2 の検出能が高く、輝度の低下とともに検出能が低下することが確認できた ($p < 0.005$)。図 6 は、環境照度と信号検出能の関係を示す ROC 曲線である（ROC 曲線ではカーブが左上方ほど、つまり ROC 曲線下面積が大きいほど検出能は高い）。この結果、ROC 曲線下面積（カッコ内に数値を示す）は、 $80\text{lx}(0.94) > 500\text{lx}(0.91) > 700\text{lx}(0.87) > 850\text{lx}(0.85) > 1000\text{lx}(0.82)$ の順に照度が低くなるほど検出能は高くなった。図 7 は、院外 5 施設に設置されている機種異なる 3 種類の診断用モニタ（EIZO 社製 RX211, MX210, MX190）及び汎用モニタ（PC）の ROC 曲線を平均したものを示す。設置環境等は各施設の読影環境に準じた。この結果、読影環境が異なる中でも各モニタの性能（メーカーカタログ値）と同じく $\text{RX211} > \text{MX210} > \text{MX190} > \text{PC}$ の順に検出能は高くなった。また、診断用モニタは汎用モニタに比較して明らかに高い検出能を示した ($p < 0.005$)。

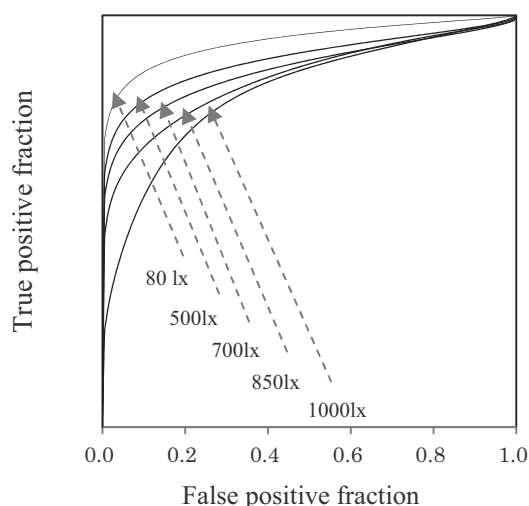


図 6. 環境照度と信号検出能の関係

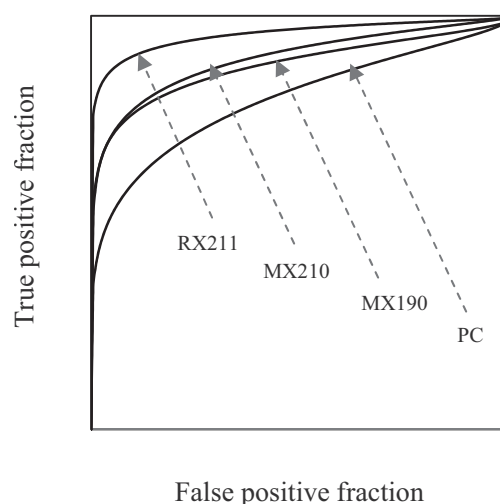


図 7. 機種異なるモニタの病巣検出能

考察

診断用モニタでは、視覚的一貫性を保証するために GSDF による階調が一般的ではあるが、この階調特性も輝度変化に影響を受ける。したがって、院内すべての診断用モニタについて定期的に測定をしたところ GSDF による階調表示は、11500 時間の使用でも $\pm 10\%$ 以内となり、許容範囲である $\pm 15\%$ を下回り精度が保たれていた。この結果、階調表示に関しては統一された画像配信が実施されていると考えられた。また、当院の最高輝度は、最大輝度の $60\sim 70\%$ といわれる推奨値を参考として 450cd/m^2 と設定した³⁾。図 4 の結果より 11500 時間の使用で約 10% 輝度の低下を認めたが、この値は推奨輝度の範囲内であり診断への支障はないものと考えられた。これは、当院で稼働する Radiforce GX-220 を含む最近の診断用モニタでは、輝度安定化回路が組み込まれているため¹¹⁾ 11500 時間程度の使用ならば特に問題はないことを示している。ただし、図 5 に示されるように輝度の低下が診断能に影響

を与えるので継続的な管理が必要と考えられた。また、診断用モニタが設置されている環境について調査を行ったところ、照度は 1000 から 80 ルックスの広範囲となった。最近では、環境照度がモニタ読影に与える影響についての研究報告も多数あり^{12,13)}、診断用モニタの設置場所にも注意を要する。旧来のブラウン管モニタと比較して液晶モニタは輝度が高く環境照度の影響は受けにくいとされるが²⁾、**図 6**の結果から環境照度を上げれば検出能は低下するので照度が高い場所での診断能低下が懸念された。ROC 解析の結果から許容できる照度を推定した結果、ROC 曲線下面積が 0.9 以上（検出能が 90%以上）を示す 500 ルックスまでが適正な読影環境ではないかと考えた。可搬媒体に記録した同一のテスト画像を各施設で観察した場合の検出能については、読影環境が異なる中でも各診断用モニタの性能に準じて高い値となり、各施設が導入したモニタの性能がそのまま診断能に反映した結果となった。このことは性能の優れた診断用モニタほど値段は高く、診断能が各施設の経済状態にも左右されるという問題の発生も存在する。しかしながらどこまでの性能があれば安心できるのか今回の実験だけでは判定が難しい。明確になったことは、汎用モニタ（電子カルテ閲覧用）での読影は誤診の可能性が非常に高く使用は控えるという事である。早期発見早期治療に繋がる国民の健康支援のためにも診断用モニタの普及は必要不可欠であり、小さな診療所も含め多くの臨床病院がフィルムからモニタ診断へ急速な勢いで変化している現在、本調査研究の意義は大きいと考えられた。

結論

本研究では、診断用モニタの特性や設置環境の違いが診断能に与える影響を把握するための基礎的実験および院外 5 施設での読影実験を実施した。その結果、診断用モニタの特性や設置環境の違いの影響を数値的に検証でき、国民の健康支援のためにもその使用は必要不可欠であることが明らかとなった。

謝辞

研究助成をいただきました（財）大同生命厚生事業団に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 横川新吾, 田頭裕之, 他: CRT 輝度の低下が画像に及ぼす影響について. 日放技学誌, 55(3), 285-290, 1999
- 2) H. Muramoto, K. Shimamoto: Influence of monitor luminance and room illumination of soft-copy reading evaluation with electronical generated contrast-detail phantom: Comparison of cathode-ray tube monitor with liquid crystal display. Nagoya J. Med. Sci., 68, 115-120, 2006
- 3) 橋本憲幸: LCD モニタの基礎と品質管理. 全国循環器撮影研究会誌, 20, 58-65, 2008
- 4) JESRA X-0093*A⁻²⁰¹⁰: 2010, 医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン. 日

本画像医療システム工業会 (JIRA) , 2010

- 5) DICOM PS3.14. Digital imaging and communications in medicine (DICOM) –Part 14: Grayscale Standard Display Function.
- 6) 新美 孝永: 名古屋第二赤十字病院におけるモニタ品質管理の考え方とノウハウ. INNERVISION 23(12), pp 64-65, 2008
- 7) 新美 孝永: 臨床現場から見たモノクロ医用画像表示用モニタRadiForce GX-220の有用性. Rad Fan vol.7 (4), pp 52-53, 2009
- 8) Niimi T, Imai K, et al. Information loss in visual assessments of medical images. Eur J Radiol, 61(2), 362-366, 2007
- 9) Hanley JA, McNeil BJ. The Meaning and Use of the area under a Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve. Radiology 1982; 143: 29-36.
- 10) Obuchowski NA. Receiver Operating Characteristic Curves and Their Use in Radiology. Radiology 2003; 229: 3-8.
- 11) 橋本憲幸, 比良浄敬: マンモグラム診断用モニタの選定と精度管理. 医用画像情報学会誌, 23(2), 64-69, 2006
- 12) Chakrabarti K, Kaczmarek RV, et al. Effect of room illuminance on monitor black level luminance and monitor calibration. J Digit imaging, 16(4), 350-355, 2003
- 13) Brennan PC, McEntee M, et al. Ambient lighting: Effect of illumination on soft-copy viewing of radiographs of the wrist. Am. J. Roentgenol., 188(2), W177-180, 2007

経費使途明細

○簡易的測定器具の使用費	52,500円
○消耗品費	
テスト画像作成用ソフトAdobe Photoshop CS6	92,400円
データ記憶用ハードディスク	35,000円
データ記憶用コンパクトディスク 50枚	2,898円
プリンタインク3本(1本3300円)	9,900円
クリアファイル20冊(1冊200円)	4,200円
○書籍購入費	10,568円
○調査費	
(謝金) 助 手 1人×10日×5000円	50,000円
(会議出席旅費・会議費等) 5人×3回×5,000円 (平均単価)	75,000円
○通信費 (コピー代等も含む)	5,500円

合計 337,966 円