

5 Mega 화소 진단용 전자표시장치 인수검사 및 국내 실정에 적합한 정도관리 가이드라인 연구

*연세대학교 방사선의과학연구소, †연세대학교 보건과학대학 방사선학과,
‡영남대학교 의과대학 방사선종양학교실

정 해 조* · 김 희 중† · 김 성 규‡

2005년 6월 연세의료원 세브란스병원에서는 진단목적으로 20대의 5 mega 화소 Totoku ME511L 평판 LCD 표시장치를 추가하여 PACS를 확장하였다. 20대의 Totoku ME511L 표시장치를 대상으로 반사, 휘도 반응, 휘도 공간 의존, 분해능, 잡음, 베일링 그레이, 그리고 색도 항목에 대하여 AAPM TG 18 보고서에 기준하여 정량적인(또는 시각적인) 인수검사를 실시하였다. 측정에 사용된 장치는 색도를 측정할 수 있는 만원경식 휘도계, 조도계, 반사 측정에 필요한 빛 선원, 빛 차단 장치, 그리고 TG18 테스트 패턴들이었다. 선택된 8대의 표시장치에 대한 평균 확산 반사계수(R_d)는 $0.019 \pm 0.02 \text{ sr}^{-1}$ 이었다. 휘도 반응 검사에서, 휘도비(LR), 최대 휘도 변이(L_{max}), 그리고 최대 대조도 반응 변이는 각각 550 ± 100 , $2.0 \pm 1.9\%$, 그리고 $5.8 \pm 1.8\%$ 이었다. 휘도 균일도 검사에서, 최대 휘도 변이는 TG18-UNL10 테스트 패턴의 10% 휘도에 대하여 $14.3 \pm 5.5\%$ 이었다. 분해능 측정은 휘도 측정법으로 수행하였으며 중심에서 퍼센트 휘도(ΔL)는 $0.94 \pm 0.64\%$ 이었다. 시각적인 방법의 잡음측정의 모든 경우에서, 중앙 및 주위 4사분면에서 가장 작은 것을 제외하고 15개의 모든 정사각형의 표적을 인식할 수 있었다. 그레이 비(GR)은 $12,346 \pm 1,995$ 이었다. 최대 색도 균일도 지표(D)는 0.0025 ± 0.0008 이었다. 또한 국내 실정에 적합한 진단용 표시장치의 정도관리 가이드라인 연구 결과를 제시하였다. 모든 인수검사 결과는 AAPM TG18 보고서 기준에 포함되어 진단 목적으로 사용하기에 적합하였다. 결론으로 인수검사는 표시장치가 진단에 사용하기에 적합한 성능임을 알려줄 뿐만 아니라 정도관리의 가이드라인, 최적 판독 환경, 그리고 표시장치의 교체시기를 결정하여주는 중요한 역할을 할 수 있다.

중심단어: 진단용 전자영상표시장치, 인수검사, 정도관리, AAPM TG18, 5 mega 화소

서 론

1970년대 이후 디지털 검출기 기술과 컴퓨터 및 통신 기술의 발달로 PACS (Picture Archiving and Communication System)의 출현은 의료영상 분야에서 전통적으로 판독대를 사용하여 필름으로 판독하던 아날로그 방식에서 디지털로 방사선과 영상들을 획득, 저장, 조회하는 유용한 수단을 제공하게 되었다. 의료영상들은 영상장치에서 적합한 영상 획득 조건을 설정하여 얻어지며, 얻어진 디지털 영상들은 영상처리 과정을 통하여 판독하기에 최적화 상태로 조절된

다. 이러한 영상들은 직접 필름 또는 사진 형태로 출력되거나 워크스테이션(또는 PACS)으로 전송, 저장되고, 최종적으로 전자 표시장치(electronic display device 또는 monitor)를 사용하여 표시한다. 의료영상 전자 표시장치의 올바른 선택, 최적화 설정 상태 유지, 그리고 알맞은 주위 환경(주로 주위 밝기, 빛 반사 물체) 조성은 영상획득 장치를 통하여 얻은 영상들의 고유한 영상의 질을 저하시키지 않고 판독하고 검사하는데 매우 중요한 역할을 한다.

1980년 초기에 The Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE)에서는 영상 표시장치의 성능평가 필요성을 인식하고 1986년 테스트 패턴(SMPTE test pattern)을 사용하는 권고안(SMPTE RP133)을 마련하였다.¹⁾ 그 후 The National Electrical Manufacturers Association (NEMA)에서는 DICOM 표준의 한 부분으로 Grayscale Display Standard Display Function (NEMA PS 3.14)을 발표하여 인간의 시각 시스템의 비선형 성질을 고려한 의료영상의 계조표시(gray scale) 영상들의 표준화된 표시 함수를 제시하였다.²⁾

이 연구는 식품의약품안전청 의료기기 기준규격 개발(06112의기규 270) 연구사업 지원에 의하여 이루어진 것임.
이 논문은 2007년 6월 5일 접수하여 2007년 6월 19일 채택되었음.
책임저자: 김성규, (705-717) 대구시 남구 대명동 317-1번지
영남대학교 의과대학 방사선종양학교실
Tel: 053)620-3373, Fax: 053)624-3599
E-mail: skkim@med.yu.ac.kr

1987년 독일에서는 DIN 6868 (Imaging Quality Assurance in X-ray Diagnosis Part 57: Acceptance Testing for Imaging Display Devices)에 근거하여 진단용 영상 표시장치의 초기 사용 전에 인수검사를 하여야 한다고 법제화하였다.³⁾ American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Task Group 18에서는 여러 번의 개정을 걸쳐서 2005년에 AAPM on-line report No 03: Assessment of Display Performance for Medical Imaging Systems를 의료용 표시장치의 인수검사 및 정도관리에 지침으로 사용할 것을 권고하였다.⁴⁾ 현재 International Electrotechnical Commission (IEC)에서도 AAPM TG18 보고서를 기준하여 의료용 전자표시장치의 국제 표준안을 마련 중에 있다.⁵⁾

AAPM TG18 보고서는 시각적(visual), 정량적(quantitative), 그리고 고급(advanced) 수준의 3단계로 구분하여 의료용 전자 표시장치의 인수검사 및 정도관리의 방법과 각 단계에서 지침과 허용기준을 마련하여 제공하고 있다. AAPM TG18 보고서는 전자 표시장치의 인수검사(또는 정도관리) 항목으로 기하학적 왜곡(geometric distortions), 반사(display reflection), 휘도 반응(luminance response), 휘도 공간 및 각도 의존(luminance spatial and angular dependencies), 분해능(display resolution), 노이즈(display noise), 베일링 글레어(veiling glare), 색도(display chromaticity)와 기타 테스트(miscellaneous tests)를 포함하였다.

연세의료원 세브란스병원에서는 2005년 6월 새병원 개소와 함께 추가 도입한 전자 표시장치 중에서 20대의 5 mega 화소 전자 표시장치(Totoku ME511L: 5 mega pixel LCD display)를 영상의학과 각 판독실에 설치하였다. 본 연구에서는 AAPM TG18 보고서에 의하여 시각적 또는 정량적인 평가 방법으로 Totoku ME511L의 인수검사를 실시하고 그 결과를 분석하였다. 국내에서도 의료 목적의 판독용 전자 표시장치가 의료영상화질에 화질 유지에 중요한 역할을 하는 것으로 인식하고 성능평가 방법과 효율적인 정도관리를 하기 위하여 정부와 학계에서 많은 노력을 하여왔다. 식품의약품안전청에서는 2006년부터 사용자, 학계, 그리고 장치 공급업체가 참여하여 판독용 전자 표시장치의 성능평가 및 정도관리 가이드라인을 마련 중에 있고, 2007년 3월부터 한국의료영상품질관리원에서는 특수의료장비관리 대상인 자기공명촬영장치(MRI), 전산화단층촬영장치(CT), 유방촬영용장치(mammography) 영상의 품질관리에 판독용 모니터를 점검 항목으로 추가하여 시행하고 있다. 본 연구에서 국내 실정에 적합한 진단용 전자표시장치의 정도관리 가이드라인 연구 결과를 제시한다.

재료 및 방법

1. 실험 대상

본 연구에서는 2005년 6월 연세의료원 세브란스병원의 새병원 개원과 함께 영상의학과에 추가로 설치된 20대의 5 mega 화소 진단용 평판 LCD 표시장치(Totoku, model ME511L, Japan)를 인수검사 대상으로 선정하였다. ME511L 표시장치는 21.3 inch TFT monochrome LCD panel을 사용하며, 표시면적은 $422.4 \times 337.9 \text{ mm}^2$, 화소 분해능은 $2,560 \times 2,048$, 최대 휘도는 750 cd/m^2 , 표시 계조는 11 bit depth (2,048 shades)이다.

2. 실험 방법

인수검사에 사용된 모든 Totoku ME511L 표시장치는 검사 전에 장치 표면은 깨끗하게 하였으며, 최적의 표시 상태가 되도록 제조사가 제공한 프로그램에 의하여 설정값 교정(calibration)을 실시하였다. 실험 방법 및 항목은 AAPM on-line report No 03에 기준하여 반사, 휘도 반응, 휘도 공간 의존, 분해능, 노이즈, 베일링 글레어, 색도 항목들에 대하여 휘도계(Topcon spectrometer SR-3, Japan), 조도계(Hioki 3422 digital lux tester, Japan), 그리고 적당한 광원(반사 검사의 경우)과 AAPM TG18 테스트 패턴들을 사용하여 정량적인 방법 또는 시각적인 방법(정량적 측정 방법이 실제 병원 환경에서 많은 시간이 소요되거나 복잡한 측정 과정을 요구하는 경우)을 사용하여 인수검사(acceptance test)를 실시하였다.^{4,6)}

1) 표시 반사(Display reflection)

표시장치에서 반사는 판독실의 주위 광원으로부터 빛들이 표시 장치 표면에서 반사되어 판독하려는 영상들에 빛이 더해져 영상의 질을 저하시키는 현상이다. 반사는 표시 장치 표면층 내부까지 확산 후 반사되는 퍼진 반사(diffuse reflection) 계수를 측정하였다. 퍼진 반사계수(R_d)는 입사 휘도(luminance)와 표시장치 표면에서 조명도(illuminance)와 연관되어 있으며, 표시장치의 중앙 법선 방향과 각각 30° 각도를 이루는 두 광원(약 10 W 형광등)을 설치하고 표시 장치 표면 중앙에서 조도계를 이용하여 조명도를 측정하고 표시 장치 표면 중앙으로부터 50 cm 떨어진 위치에서 휘도계를 사용하여 휘도를 측정하여 휘도와 조명도로부터 계산하여 구한다. 모든 반사 검사는 표시장치 전원을 끄고 암실 상태에서 실시한다(Fig. 1). 퍼진 반사계수(R_d) 입사휘도와 반사조명도(sr^{-1})의 비로서 계산에 의하여 구해진다.

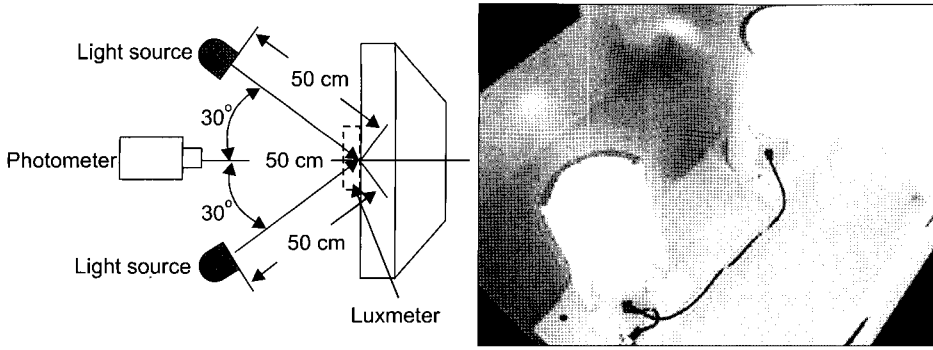


Fig. 1. Experimental setup for diffuse reflection measurements. The photographs show the setup (left) and light sources (right) used for the diffuse luminance measurement.

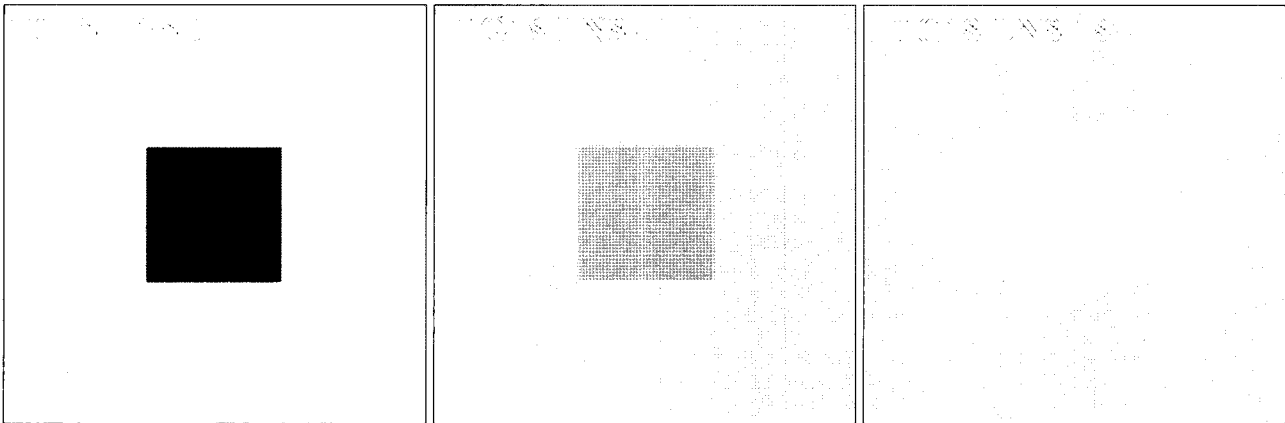


Fig. 2. The TG18-LN-0 test pattern (left), TG18-LN-9 test pattern (middle), TG18-LN-18 test pattern (right).

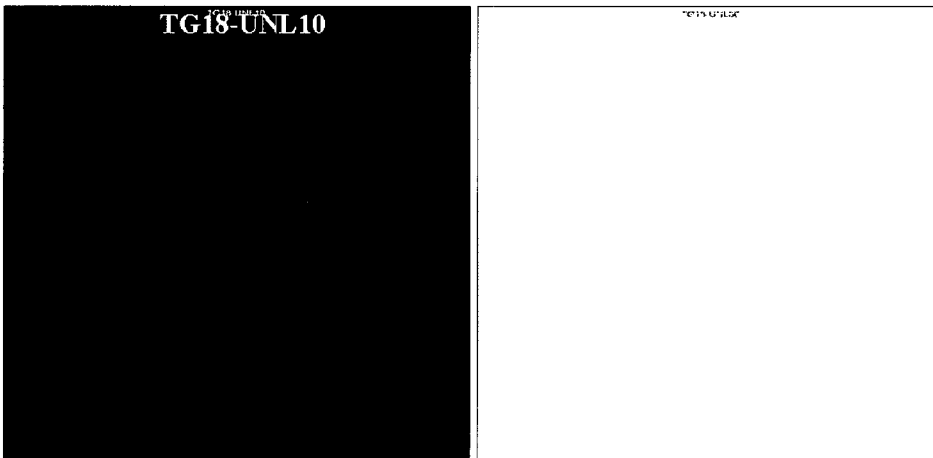


Fig. 3. The TG18-UNL10 test pattern (left), TG18-UNL80 test pattern (right).

2) 휘도 반응(Luminance response)

표시장치의 휘도는 표준화된 영상 표시장치 시스템의 영상 화소 입력 값들과 표시되는 휘도 사이를 관련시키는 것이다. 정량적인 휘도 반응검사는 18단계로 구성된 TG18-LN 테스트 패턴들과 휘도계를 사용하여 이루어진다(Fig.

2). 그리고 측정된 결과들은 두 측정 사이의 휘도 차이에 대한 평균 대조도 전달 특성을 결정하도록 계산된다. 관독용 표시 장치의 최대 휘도는 최소한 171 cd/m^2 이상이어야 하고, 바람직한 휘도비(luminance ratio, $LR=L_{\text{max}}/L_{\text{min}}$)는 250 이상 되어야 한다.

3) 휘도 공간 의존(Luminance spatial dependency)

휘도 공간 의존은 균일한 테스트 패턴이 표시되었을 때, 표시된 면적에서 휘도의 최대 변이를 나타내는 것이다. TG18-UNL10과 TG18-UNL80 테스트 패턴을 표시하여 중앙과 각 4 모서리 부분에서 휘도계를 이용하여 휘도를 측정한다. 각 표시된 패턴에 대하여 최대 휘도 편차는 $200 * (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min}) \%$ 로 계산된다(Fig. 3). 이 휘도 공간 의존은 30%보다 작아야 한다.

4) 표시 분해능(Display resolution)

표시장치 시스템에서 공간 분해능은 높은 충실도로써 서로 다른 점들을 분리하여 볼 수 있는 능력을 측정하는 것

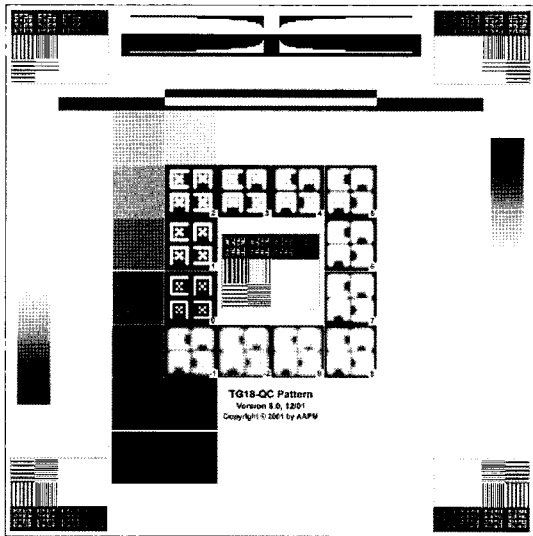


Fig. 4. The TG18-QC comprehensive test pattern.

이다. 표시 분해능의 정량적인 측정 방법으로 접촉식 특수 디지털 카메라와 분해능 테스트 패턴(TG18-RV 또는 TG18-RH)을 사용하여 변조전달함수(Modulation Transfer Function, MTF)를 구하는 MTF방법과 TG18-QC 테스트 패턴을 표시하여 횡축과 종축의 Nyquist frequencies (line-pair pattern)의 중앙과 4 모서리에서 휘도계를 사용하여 각각을 휘도를 측정하여 분석하는 휘도방법이 있다. 본 연구에서는 휘도방법을 사용하였으며, 테스트 패턴의 중앙에서 측정한 평균 휘도 차이, $\Delta L = 200 * (L_{ver} - L_{hor}) / (L_{ver} + L_{hor}) \%$ 가 30%보다 작아야 한다(Fig. 4).

5) 표시 잡음(Display noise)

의료영상들에서 낮은 대조도 그리고 작은 물체의 검출은 그들의 크기와 대조도 뿐만 아니라 영상에 가해지는 잡음에 의존한다. 표시장치 시스템에서 영상에 포함되는 잡음을 측정하는 방법으로는 TG18-AFC 테스트 패턴을 사용하여 크기와 관련된 인지할 수 있는 정도의 휘도 차이를 시각적인 방법에 의하여 시행하였다(Fig. 5). 이 테스트 패턴은 사분면으로 구성되어 있고, 각 분면은 표적의 위치에 따라서 변하는 여러 개의 영역으로 구성되어있다. 관찰자는 표시장치 표면으로부터 30~50 cm 정도의 거리에서 테스트 패턴을 시각적으로 평가한다. 관독용 표시장치에 대하여, 이 방법의 평가 기준은 가장 작은 동그라미 표적을 제외하고 모두 식별할 수 있어야 한다.

6) 베일링 그레어(Veiling glare)

베일링 그레어는 표시장치에서 발생하는 빛 형태의 영상 정보가 표면층을 투과하면서 일부가 산란, 감쇠하여 의도한 영상 질을 저하시키는 효과이다. 베일링 그레어는 밝은

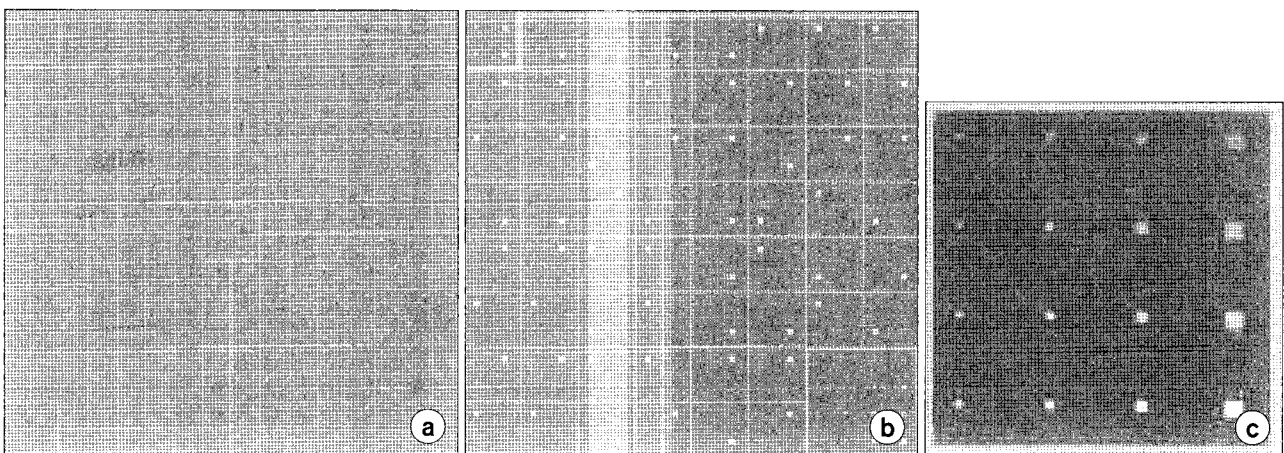


Fig. 5. (a) The TG18-AFC test pattern for the noise test, (b) One quadrant pattern of the TG18-AFC test pattern, (c) One corner pattern of the TG18-AFC test pattern. (b) and (c) test patterns are contrast-enhanced to illustrate its features.

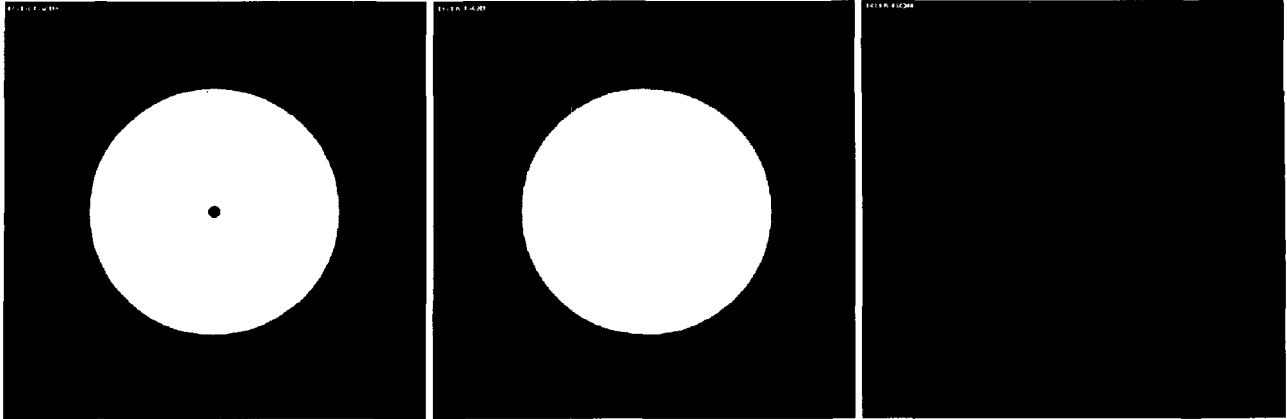


Fig. 6. TG18-GV test pattern (left), TG18-GQB (middle) test pattern, TG18-GQN test pattern (right).

부분으로 둘러 싸여진 검은 영역의 TG18-GV, TG18-GQB, 그리고 TG18-GQN 테스트 패턴들과 휘도계를 사용하여 측정한다(Fig. 6). 측정하고자 하는 부분 이외의 영역으로부터 빛을 차단하기 위하여 검은 색의 깔때기를 사용하며, 표시 장치 표면의 중앙에 표시된 테스트 패턴들의 중앙 휘도 값(TG18-GV에 대하여 L , TG18-GQB에 대하여 L_B , 그리고 TG18-GQN에 대하여 L_N)들을 각각 측정한다. 표시장치에 대한 그레이 비는 $GR=(L_B-L_N)/(L-L_N)$ 의 식으로부터 계산되며, 그 값은 판독용 표시장치인 경우 400 이상이 되어야 한다.

7) 표시 색도(Display chromaticity)

표시장치의 색도는 단독 워크스테이션에서 여러 대의 표시장치를 사용할 때 그레이 스케일의 컬러를 조화시키는 데 중요하다. 컬러 균일도를 측정하기 위하여, 색채계(colorimeter)와 TG18-UNL80 테스트 패턴을 사용하여 표시장치 표면의 중앙과 4 모서리 부분에서 시스템 컬러 u' 와 v' 의 좌표들을 측정한다. 컬러 균일도 지표는 두 점, (u_1', v_1') 와 (u_2', v_2') 사이의 거리 $D=((u_1'-u_2')^2+(v_1'-v_2')^2)^{1/2}$ 의 식으로부터 계산된다. 판독용 표시장치에서 최대 컬러 균일도 변수는 0.01보다 작은 값이어야 한다.

3. 국내 실정에 적합한 진단용 전자영상표시장치 정도관리 가이드라인 개발

국내 실정에 적합한 의료목적의 진단용 전자 표시장치의 인수검사/정도관리 가이드라인을 마련하기 위하여 정도관리 전후의 결과를 분석하고,⁷⁾ 정도관리 항목들의 난이도, 검사 항목의 유용성, 그리고 국내 의료용 전자 표시장치 공급업체(BarcoView Ltd, Totoku: Ex-Vision, WIDE corporation)의 기술적 자문을 고려하였다. 본 연구에서는 사용자 가 TG18-QC 테스트 패턴을 표시하여 매일 시각적 검사와

의학물리사가 수행하는 정량적인 검사를 6개월과 1년의 주기로 하여 제시된 모든 항목을 테스트하는 것으로 구분하였다.

결 과

연세의료원 세브란스병원에서 진단용으로 추가되는 Totoku 5 mega 화소 LCD 평판 전자 표시장치를 대상으로 각 성능 검사 항목에 대한 측정값과 시각 판단들은 검사보고서 양식에 기록하였고, 정의된 수식과 제시된 기준에 의하여 계산, 판단하여 측정 결과를 얻었다.

20대의 5 mega 화소 Totoku ME511L 표시장치 중에서 8대를 선택하여 퍼진 반사계수를 측정을 하였으며, 퍼진반사계수(R_d)는 0.019 ± 0.02 ($m \pm \sigma$, $n=8$) 값을 얻었다. 이러한 반사검사의 결과로부터 판독실의 최대 조명도는 약 20 lux 이하로 유지되어야 최적 상태로 영상을 판독할 수 있는 조건을 계산하였다. Totoku ME511L의 가능한 최대 휘도는 750 cd/m^2 이지만 안전하고, 장기간 사용을 위하여 410 cd/m^2 로 설정하였으며, 휘도 반응 검사에서 측정된 최대 휘도 L_{max} 는 415.4 ± 10.3 ($m \pm \sigma$, $n=20$), 최대 휘도변이($\Delta L_{max} = 100 * [\text{설정최대휘도} - \text{측정최대휘도}] / \text{설정최대휘도}$)는 $2.0 \pm 1.9\%$ ($m \pm \sigma$, $n=20$) 휘도비(luminance ratio, $LR=L_{max}/L_{min}$)는 550 ± 100 ($m \pm \sigma$, $n=20$)이었고, 18단계의 TG18-LN 테스트 패턴들을 사용하여 측정된 휘도와 DICOM part 14의 GSDF과 변이를 나타내는 최대 휘도 반응(K_δ)은 $5.8 \pm 1.8\%$ ($m \pm \sigma$, $n=20$)로 AAPM TG-18의 권고값($L_{max} \geq 170$, $LR \geq 250$, $\Delta L_{max} \leq 10\%$, 그리고 $K_\delta \leq 10\%$)에 모두 적합하였다. 휘도 균일도 검사에서, 최대 휘도 편차는 TG18-UNL10 패턴에 대하여 14.3 ± 5.5 ($m \pm \sigma$, $n=20$)와 TG18-UNL80 패턴에

대하여 15.7 ± 4.4 ($m \pm \sigma$, $n=20$)로 AAPM TG-18 권고값인 30% 이내에 모두 포함되었다. 분해능 검사에서 평균 휘도 차이는 중심에서 0.94 ± 0.64 ($m \pm \sigma$, $n=20$), 위 오른쪽에서 5.41 ± 2.74 ($m \pm \sigma$, $n=20$), 위 왼쪽에서 6.25 ± 3.56 ($m \pm \sigma$, $n=20$), 아래 오른쪽에서 6.24 ± 2.93 ($m \pm \sigma$, $n=20$), 아래 왼쪽에서 5.04 ± 3.01 ($m \pm \sigma$, $n=20$)로 AAPM TG18에서 권고한 30% 이내에 모두 포함되었다. 잡음 검사에서는 TG18-AFC 테스트 패턴을 사용하여 시각적인 검사를 하였으며, 모두 경우에서 AAPM TG18이 권고한 사항을 만족하였다. 베일링 그레이 검사에서, 그레이 비 GR는 $12,346 \pm 1,995$ ($m \pm \sigma$,

$n=20$)로 AAPM TG18에서 권고한 400 이상을 모두 충족하였다. 컬러 색도 검사에서, 최대 컬러 균일도 지표 D (color uniformity index)는 0.0025 ± 0.0008 ($m \pm \sigma$, $n=20$)로 AAPM TG18이 권고값 0.01 이하의 값을 모두 만족하였다.

진단용 표시장치의 정도 관리는 매일, 6개월, 1년 주기로 구분하여 제시하였으며 검사 항목 및 허용 기준안은 정도 관리 효과의 정량적 분석과 대한PACS학회 자문 및 국내 주요 진단용 전자표시장치 공급 및 제조업체의 의견을 종합적으로 반영한 결과이다.

매일 정도관리는 표시장치 사용자인 판독의사가 수행하

Table 1. Tests, test methods, and criteria for 6 months quality control of electronic display systems performed by a medical physicists, or by a QC technologist under the supervision of a medical physicist.

Test	Evaluation method	Proposed method	Proposed acceptance criteria	Remarks
Luminance response	Visual Quantitative	0	$L'_{max} \geq 170 \text{ cd/m}^2$, $LR' \geq 250$, $\Delta L'_{max} \leq 10\%$	
Luminance spatial and angular dependencies*	Visual Quantitative	0	Spatial dependency: Non-unif. $\leq 30\%$	
Display resolution	Visual Quantitative	0	$\Delta L \leq 30\%$	Luminance method

*The test of angular dependency can be substituted with the manufacture's test results

Table 2. Tests, test methods, and criteria for annual quality control of electronic display systems performed by a medical physicist.

Test	Evaluation method	Proposed method	Proposed Acceptance Criteria	Remarks
Geometric distortion	Visual Quantitative	0	Deviation $\leq 2\%$	CRT only
Display reflection	Visual Quantitative	0	$*L_{min} \geq 1.5 L_{amb}$	*Use of the results of luminance response
Luminance response	Visual Quantitative	0	$L'_{max} \geq 170 \text{ cd/m}^2$, $LR' \geq 250$, $\Delta L'_{max} \leq 10\%$, $k_s \leq 15\%$	
Luminance spatial and angular dependencies	Visual Quantitative	0	Spatial dependency: Non-unif. $\leq 30\%$ † Angular dependency: $LR'_{\delta,\theta} \geq 175$, $k_{\delta,\theta} \leq 30\%$	† Refer to manufacture's test result
Display resolution	Visual Quantitative	0	† $\Delta L \leq 30\%$	† Luminance method
Display noise	Visual Quantitative	0	All targets visible excepts the smallest	(TG18-AFC pattern)
Veiling glare	Visual Quantitative	0	≥ 3 targets visible in TG18-GV GR ≥ 400	LCD only CRT only
Display chromaticity	Visual Quantitative	0	$\Delta(u',v') \leq 0.01$	

며 TG18-QC 테스트 패턴을 표시하여 시각적으로 평가한다. TG18-QC 테스트 패턴 시각적 평가는 다음의 방법에 의하여 행한다(표시 장치의 사용자인 방사선과의사가 수행한다).

(1) 일반적인 영상 화질과 인공물: 테스트 패턴의 전체적인 모양 평가. 특히 흑-백 그리고 백-흑 변환 부분에서 어떤 불-균일이나 인공물에 주의하라. 계단 막대가 어떤 윤곽선 없이 연속적으로 나타나는지 확인하여야.

(2) 기하학적 왜곡: 패턴의 경계나 선들이 뚜렷하고 곧바른지와 패턴이 표시장치의 표시 영역에 중심에 위치되어 나타나는지 확인하여야. 만약 필요하다면 왜곡을 측정하여야.

(3) 휘도, 반사, 노이즈, 그리고 글레어: 모든 16 휘도 구역이 뚜렷하게 구별되는지 확인하여야. 만약 필요하다면 휘도계를 사용하여 그들의 휘도를 측정하여야. 그리고 DICOM GSDF와 비교하여 결과를 평가하여야. 5% 그리고 95% 구역이 식별 가능한지 확인하여야. 저-대조도 문자 그리고 주위 불빛이 있고 없을 때 모든 휘도 구역의 영역에서 표적이 나타나는지 평가하여야.

(4) 분해능: 패턴의 중앙과 가장자리에서 Cx 패턴을 평가하고 참고 특점에 비교하여 등급을 주어라. 패턴의 중앙과 가장자리에서 Nyquist 주파수 패턴에서 선쌍의 가시성을 확인하여야. 그리고 만약 필요하다면 횡축과 종축 고-변조 패턴 사이의 휘도 변화를 측정하여야.

6개월 및 1년 주기의 정도관리 항목 및 허용 기준안 제시는 다음과 같다(Table 1, 2).

고찰 및 결론

영상 화질의 고유한 특성은 영상획득장치의 기계적/물리적인 특성들과 영상 획득 시 적용한 조건들에 의하여 결정된다. 이렇게 얻어진 디지털 영상 데이터에 대하여 판독을 위하여 표시되는 영상 화질은 표시장치의 고유한 성능, 설정 조건들, 그리고 주위 조명에 의하여 많은 영향을 받는다. 따라서 표시장치의 인수검사는 의료 영상의 진단 그리고 임상적 판독에 최적 조건을 마련하는데 중요한 요소이다. 본 연구에 사용된 Totoku ME511L 5 mega 화소 LCD 평판 표시장치의 인수검사는 AAPM TG18 보고서에 기초하여 원칙적으로 정량적인 방법에 의하여 그리고, 검사 방법이 복잡하거나 많은 시간이 소요되는 검사는 시각적인 방법으로 수행하였으며, 한 표시장치 시스템(한 워크스테이션에 2대의 표시장치를 설치한 경우)에 대하여 약 1시간이 소요되었다. 시각적 평가 방법은 병원 환경에서 표시장치

의 정도관리를 시행하는 데 간편하고 편리한 수단이지만, 표시되는 테스트 패턴을 평가하는데 다소 주관적인 판단이 필요하다. 특히, 각각의 표시장치의 반사 특성은 최대 허용 주위 조명과 표시장치 내부에서 발생하는 최소 고유한 휘도와 관련이 있고 주위 조명도 수준은 진단 영상을 해석할 때 판독 환경의 중요한 특성이기 때문에 엄격하게 검사되어야 한다. 본 연구에 포함된 Totoku ME511L 5 mega 화소 LCD 평판 표시장치의 모든 인수검사 결과가 AAPM TG18에서 권고하는 기준에 만족하였으며 진단 목적으로 영상을 판독하기에 아주 적합한 것으로 판단되었다.

AAPM TG18 보고서 인수검사 항목에 포함된 기하학적 왜곡 검사는 LCD 평판 표시장치의 경우 각 영상 화소가 일정한 크기로 고정된 상태로 배열하고 있어서 기하학적 왜곡을 일으키지 않기 때문에 인수검사 항목에서 제외하였다. 표시장치의 반사 검사는 장치의 표면 특성과 불빛에 의하여 결정된다. 이렇게 결정된 반사 계수는 주위 불빛 수준을 제한하는데 사용되며 표시장치만의 고유한 특성이 아니기 때문에 검사 기준 항목은 아니다. 8대의 ME511L을 대상으로 측정한 확산반사계수를 AAPM TG18 보고서 조건 표에 적용하면 최대 허용 주위조명도는 19.7 lux이다. 이 수준의 조명도는 판독실 조명 수준을 상당히 어렵게 유지하여야 한다. LCD 평판 표시장치 기술의 발달에 의하여 이전보다 높은 휘도, 높은 대조도비, 넓은 시야각을 실현을 이루어왔다. 본 연구에서 사용된 표시장치는 최대 750 cd/m²의 휘도를 나타낼 수 있지만 실제 적용된 최대 휘도는 표시장치의 수명과 의료 영상을 판독하기에 적합한 요건을 고려하여 제조사의 권고인 410 cd/m²으로 설정하였다. 최대 휘도를 410 cd/m²로 설정한 LCD 평판 표시장치는 약 600 JND (Just Noticeable Difference) 범위를 제공하였고, 이러한 값은 작은 대조도 차이를 지니는 표적을 표시하기에 충분한 값이다.⁸⁾ 비록 인지되는 영상화질은 표시장치의 휘도를 크게 하면 향상되지만, 측정된 평균 최대 휘도(L_{max}) 415.4±10.3 cd/m²은 진단용 표시장치에 사용하기에 충분하고 특히, 이 값은 AAPM TG18에서 권고하는 최대 휘도 170 cd/m²에 비교하여 충분한 값이다. 검사된 표시장치에 대한 평균 휘도비(LR)는 550±100으로 AAPM TG18에서 권고하는 기준값보다 커서 높은 대조도로 영상을 표시할 수 있다. 본 연구에서 검사된 표시장치의 최대 휘도변이는 AAPM TG18에서 권고하는 10%보다 낮은 값을 나타내었다. 18단계의 TG18-LN 테스트 패턴을 이용하여 측정한 대조도 반응의 분석 결과는 AAPM TG18에서 권고하는 기준의 ±10% 이내에 포함되어 DICOM 3.14에서 제시하는 GSDF과 일치하고

있음을 보여준다. Totoku ME511L 표시장치에 대한 휘도 공간 균일도 검사에서, 최대 휘도 편차는 모두 AAPM TG18에서 권고하는 기준 30%보다 적은 값이었다. 높은 휘도 불균일도는 표시되는 영상에서 낮은 대조도의 영상 정보를 잃게 하는 결과를 초래한다. 그러므로 낮은 불균일도의 휘도는 표시되는 전 영역에 걸쳐서 유사한 대조도의 민감도를 얻는데 중요하다. 본 연구 결과는 이전의 Totoku ME312L (3 mega pixels LCD display device) 연구의 결과에 비하여 다소 낮은 휘도 균일도를 보여주었다.⁶⁾ AAPM TG18 최종 보고서에는 시야각 의존 항목을 인수검사에 포함하고 있으나 정도관리에서는 제외하였다. 이 시야각 의존 검사는 특수한 장치가 필요하고, 검사방법이 복잡하며, 많은 시간이 소요되어 본 연구에서는 제외하였다. 표시장치의 잡음 검사의 정량적 측정은 실제 병원 환경에서 수행하기에 표시장치의 noise power spectrum (NPS)을 측정하여 이루어지는 과정이 복잡하고 특수한 장치를 이용하여야 하는 어려움이 있어서 제외하였다. 휘도 측정법에 의한 분해능 검사에서, 퍼센트 휘도 차이, ΔL 은 AAPM TG18에서 권고하는 기준 30%보다 적은 값을 나타내었다. 전체적으로 퍼센트 휘도 차이는 모든 표시 영역에서 크지 않았다. 흑백 표시장치에서 컬러 색도의 차이는 한대의 워크스테이션에 여러 대의 흑백 표시장치들을 사용하는 경우 컬러를 조화시키는데 중요한 역할을 한다. 컬러 색도 측정은 다중 표시장치 시스템의 불균형한 컬러 색도를 조화시키는 수단으로 사용되며, 허용할 수 있는 정도의 컬러 색도 조화를 유지하고 평가하는데 유용하다. 본 연구에 사용된 20대의 Totoku ME511L 표시장치에 대한 가능한 두 점 사이의 컬러 최대 거리(u' , v')는 평균 0.0025 ± 0.0008 로 AAPM TG18 권고값인 0.01을 만족하는 결과를 보여주었다.

식품의약품안전청에서는 진단 목적으로 사용되는 전자 표시장치의 인수검사 및 정도관리의 중요성을 인식하고 국내 실정에 적합한 의료 진단용 전자 표시장치의 인수검사 및 정도관리 방안 가이드라인을 준비 중에 있으며, 2007년 3월부터 한국의료영상품질관리원에서는 특수의료장비 관리에 포함되는 자기공명촬영장치(MRI), 전산화단층촬영장치(CT), 유방촬영용장치(mammography)의 품질관리에 판독용 모니터 관리 항목을 추가하여 시행하고 있다.

표시장치의 인수검사는 표시장치 자체의 성능을 평가하는데 중요한 역할을 하며, 이러한 검사 결과는 구매 결정에 사용되기도 하고, 정례적인 QC 프로그램에 기초 자료로 사용된다. 표시장치 성능이 판독에 영향을 미치고 또한 시간이 지나감에 따라서 그 성능이 저하되기 때문에, 표시장치의 인수검사 그리고 규칙적인 정도관리가 철저하게 수행되어야 한다. 기술한 인수 검사 방법은 진단용으로 사용되는 표시장치의 최적 판독 조건을 조성하는데 지침의 성공적인 임상 적용임을 보여주었고, 만약 정도관리 프로그램과 사용되면 사용되는 표시장치를 교체 또는 업그레이드의 시기를 결정하는데 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. SMPTE RP133: *Specifications for Medical Diagnostic Imaging Test pattern for Television Monitors and Hardcopy Recording Cameras*. Society of Motion Picture & Television Engineers, 595 West Hartsdale Avenue, White Plains, NY 10607, +1 (914) 761-1100
2. NEMA PS 3.14-2001: *Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) part 14: Grayscale Display Standard Function*. National Electric Manufactures Association, <http://medical.nema.org>
3. DIN 6868-57-2001: *Image Quality Assurance in x-ray Diagnostic. Acceptance Testing for Image Display Devices*. The German Standards Institution, Deutsches Institut fur Normung e. V., (2001)
4. AAPM ON-LINE REPORT NO. 03: *Assessment of Display Performance for medical Imaging Systems*. American Association of Physicists in Medicine, <http://deckard.mc.duke.edu/~samei/tg18>
5. IEC 61223-2-5: *Evaluation and Routine Testing in Medical Imaging Departments - Part 2-5: Constancy Tests - Image Display Devices*. <http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/016690>
6. Jung HJ, Kim HJ, Kang WS, et al: Assessment of flat panel LCD primary class display performance based on AAPM TG 18 acceptance protocol. *Med Phys* 31:2155-2164 (2004)
7. Jung HJ, Kim HJ: Quantitative analysis of effects for quality control on medical primary class lcd display devices based on AAPM TG18 report. *Korean J Med Phys* 17:77-82 (2006)
8. Pavlicek W, Owen JM, Peter MB. Active matrix crystal displays for clinical imaging: comparison with cathode ray tube displays. *J Digit Imaging* 13:155-161 (2000)

The Acceptance Testing of 5 Mega Pixels Primary Electronic Display Devices and the Study of Quality Control Guideline Suitable for Domestic Circumstance

Haijo Jung*, Hee-Joung Kim[†], Sung Kyu Kim[†]

*Research Institute of Radiological Science, Yonsei University,

[†]Department of Radiological Science/Radiology, Yonsei University College of Health Science/Medicine,

[†]Department of Therapeutic Radiology & Oncology, College of Medicine, Yeungnam University

In June 2005, Yonsei University Medical Center, Severance Hospital upgraded a full-PACS system by adding twenty (5 mega pixels) Totoku ME511L flat panel LCD display devices for diagnostic interpretation purposes. Here we report upon the quantitative (or visual) acceptance testing of the twenty Totoku ME511L display devices for reflection, luminance response, luminance spatial dependency, resolution, noise, veiling glare, and display chromaticity based on AAPM TG 18 report. The tools used in the tests included a telescopic photometer, which was used as a colorimeter, illuminance meter, light sources for reflection assessment, light-blocking devices, and digital TG18 test patterns. For selected 8 flat panel displays, mean diffuse reflection coefficient (R_d) was $0.019 \pm 0.02 \text{ sr}^{-1}$. In the luminance response test, luminance ratio (LR), maximum luminance difference (L_{max}), and deviation of contrast response were 550 ± 100 , $2.0 \pm 1.9\%$, and $5.8 \pm 1.8\%$, respectively. In the luminance uniformity test, maximum luminance deviation was $14.3 \pm 5.5\%$ for the 10% luminance of the TG18-UNL10 test pattern. In the resolution test with luminance measurement method, percent luminance (ΔL) at the center was $0.94 \pm 0.64\%$. In all cases of noise testing, rectangular target in every square in the three quadrants was visible and all 15 targets except the smallest one in the every corner pattern and the center pattern. The glare ratio (GR) was $12,346 \pm 1,995$. The color uniformity, (u', v'), was 0.0025 ± 0.0008 . Also, the research results of quality control guideline of primary display devices suitable for domestic circumstance are presented. All test results are in-line with the criteria recommended by AAPM TG18 report and are thus fully acceptable for diagnostic image interpretation. As a result, the acceptance testing schedule described provides not only an acceptance standard but also guidelines for quality control, optimized viewing conditions, and a means for determining the upgrading time of LCD display devices for diagnostic interpretation.

Key Words: Primary electronic display device, Acceptance testing, Quality control, AAPM TG18, 5 mega pixels