▸원 저◂

ISSN 1226-2854

판독용 LCD 컬러 모니터 장치의 성능 평가
- 성능 평가 및 Calibration 주기 결정을 중심으로 -

— Assessment of LCD Color Display Performance Based on AAPM TG 18 Protocol : Decision of Quality Control and Calibration Period —

서울아산병원 영상의학과 · Totoku Electric LTD.[1] · 동남보건대학 방사선과[2]

이원홍 · 손순룡 · 노성순 · 이인화 · 강성호 · 이용문 · 박재수[1] · 윤석환[2]

— 국문초록 —

목 적: 판독용 모니터의 성능을 평가하는데 있어 불필요한 시간 및 인력 등을 줄이고 판독의 최적화 유지와 모니터의 upgrade 시기, 그리고 교체 시기를 결정할 수 있는 시스템을 구축하는데 필요한 적절한 수준의, 일정기간의 성능평가 관리 주기 및 calibration 주기를 결정하고자 하였다.

대상 및 방법: 판독용 LCD 컬러 모니터(CCL350i, Totoku, Japan) 20대를 대상으로 2007년 3월부터 8월(첫 calibration 후 3, 4, 5, 6, 7, 8개월째)까지 매달 1회에 걸쳐 한 달 주기로 총 6회의 성능 평가를 하였다. 성능평가에 사용된 측정 도구는 휘도계(DTP 94 39630, X-Rite Inc. U.S.A.)와 조도계(LX-101 Q031871, Lutron, U.S.A.) 그리고 모니터 성능관리 프로그램인 AAPM TG 18 protocol를 이용하였다. 성능평가 항목은 기하학적 왜곡(geometric distortion), 반사 테스트(reflection test), 휘도 반응 평가(luminance response evaluation), 휘도 균일도(luminance uniformity), 분해능(resolution), 노이즈(noise), 베이링 그레어(veiling glare), 색도(chromaticity) 등 8개 항목을 포함하였다.

결 과: 기하학적 왜곡 평가와 반사 테스트, 휘도 균일도 테스트, 분해능, 노이즈 평가, 베이링 그레어 테스트, 색도 테스트 등은 AAPM TG 18에서 권고하는 기준치에 모두 부합되었다. 휘도반응평가 중 예측되는 최대 휘도와 관측되는 휘도의 편차 항목에서 4개월째부터 25%(4대)의 모니터가 8개월째까지 기준 편차를 벗어나기 시작하였으며, 8개월째에는 다른 모니터 7대에서도 편차를 보이기 시작하여 전체적으로 55%(11대)의 모니터에서 기준 편차를 벗어나고 있었다. 또한 대조도 반응의 편차 항목에서 4개월째부터 예측되는 최대 휘도와 관측되는 휘도의 편차의 기준치를 벗어나기 시작한 4대의 모니터 중 5%(1대)에서 4개월째부터 8개월째까지, 또 다른 2대는 8개월째부터 편차를 보여 전체적으로 8개월째에는 15%(3대)의 모니터에서 기준 편차를 벗어났다.

결 론: 성능평가의 주기는 calibration 후 4개월째부터 오차 범위를 벗어나는 결과와 모니터 수 그리고 성능검사에 소요되는 인력 및 시간을 고려할 때 3개월에 한번씩 평가함이 효율적이라고 판단된다. 또한 calibration 주기는 8개월째부터 50% 이상에서 편차를 보인 결과 및 성능평가 주기를 고려할 때 calibration 후 6개월을 주기로 calibration을 다시 시행하여야 할 것으로 판단된다.

중심 단어 : 판독용 LCD 모니터, AAPM TG 18, 성능관리 주기, Calibration 주기

* 이 논문은 2008년 1월 15일 접수되어 2008년 2월 28일 채택 됨.

책임저자 : 이원홍, (138-736) 서울시 송파구 풍납2동 388-1
서울아산병원 영상의학과
Tel : 02-3010-5964, Fax : 02-476-8668
E-mail : whlee@amc.seoul.kr

Ⅰ. 서 론

PACS 환경에서 판독용 모니터는 의료 영상계의 마지막 단계로서 판독에 직접적인 영향을 미치므로 모니터의 품질관리(quality control, QC) 프로그램을 통하여 항상 최적의 상태를 유지해야 한다. E. Samei[1], D.S. Grith[2], W. Pavlicek[3] 등 많은 의학물리학자들이 CRT 모니터를 비롯 LCD 모니터의 물리적 특성과 성능 관리를 위해 노력해왔다. 그러나 임상에 있어서 판독용 모니터의 성능을 적정 수준으로 유지하기 위한 정기적인 평가 주기 및 calibration 주기에 대한 권고사항이 없어 너무 자주 성능평가를 하므로서 불필요한 시간 및 인력을 소비하고 있으며, 또한 이러한 이유로 판독용 모니터에 대한 체계적인 관리를 시행하지 않고 있어, 모니터의 upgrade나 교체 시기를 결정하는데 객관성이 낮은 Life-time에 한정하여 의존하고 있으며, 이로 인한 모니터의 불필요한 교체가 빈번할 우려가 있고, 판독용 모니터의 적정성을 유지하는데도 어려움이 있다.

이에 저자 등은 판독용 모니터의 성능을 평가 하는데 있어 불필요한 시간 및 인력 등을 줄이고 판독의 최적화 유지와 모니터의 upgrade 시기, 그리고 교체 시기를 결정할 수 있는 시스템을 구축하는데 필요한 적절한 수준 및 일정기간의 성능 평가 관리 주기와 calibration 주기를 결정하고자 하였다.

Ⅱ. 대상 및 방법

영상의학과 내에 설치된 20대의 판독용 LCD 컬러 모니터(CCL350i, Totoku, Japan)를 대상으로 2007년 3월부터 8월(첫 calibration 후 3, 4, 5, 6, 7, 8개월째)까지 매달 1회에 걸쳐 한 달 주기로 총 6회의 성능 평가를 하였다. 대상으로 한 20대의 모니터는 2006년 11월에 도입하여 인수검사 후 12월에 calibration하여 성능평가를 받았으며, 그 이후 2007년 8월 성능평가를 받을 때까지 calibration을 시행하지 않았으며, 8월의 성능평가 후 calibration을 받았다.

성능평가에는 판독용 모니터 관리를 담당하고 있는 방사선사 2명과 측정 대상 모니터 제조사의 소프트웨어 담당자 1명 등 3명의 측정자가 측정 기간 동안 계속 참여하였다. 모니터 성능평가를 위해 미국의학물리학회(American Association of Physicists in Medicine: AAPM)의 Task Group 18에서 만든 판독용 모니터 성능관리 프로그램인 AAPM TG 18 AT plug in software (Totoku, Japan)를 판독용 모니터에 설치하였다. 모니터용 세정액으로 표면을 깨끗이 청소한 후 성능 평가 30분 전에 모니터를 켜서 전기적으로 안정된 상태에 이르게 하여 평가를 시행하였다. 성능평가 항목은 기하학적 왜곡(geometric distortion), 반사 테스트(reflection test), 휘도 반응 평가(luminance response evaluation), 휘도 균일도(luminance uniformity), 분해능(resolution), 노이즈(noise), 베이링 그레어(veiling glare), 색도(chromaticity) 등 8개 항목을 포함하였다.

성능평가에 사용된 측정 도구는 휘도계(DTP 94 39630, X-Rite Inc. U.S.A.)와 조도계(LX-101 Q031871, Lutron, U.S.A.), 그리고 각 모니터에 설치한 AAPM TG 18 test pattern version 10.0(Fig. 1) 등이었다.

성능평가 및 Calibration을 시행해야 할 주기는 2007년 3월부터 시행한 측정 결과와 2006년 12월 calibration 후 측정한 결과 및 2007년 8월 calibration 결과를 추가하여 평가한 다음 결정하였다.

Fig. 1. Overall assessment on LCD monitor of TG 18-QC pattern created based on AAPM TG 18 Ver.10

Ⅲ. 결 과

AAPM TG 18 test 프로그램에 의한 성능평가 항목 8개는 모두 자동적으로 계산되고 분석되어 평가표에 기록되었으며, 주로 시각적 평가와 부분적인 정량적 평가를 병행하였다.

1. 기하학적 왜곡(geometric distortion)

시각적 평가와 정량적 평가를 병행하였으며, 대상 모니터 20대 모두 시각적 평가에서 calibration 후 3, 4, 5, 6, 7, 8개월째의 성능평가 전부에서 주목할 만한 기하학적 왜곡 없이 직선들이 곧게 보였고, 격자선들이 일정하게 배열되어 정사각형을 이루고 있었다. 또한 주목할 만한 barrel이나 pincushion 왜곡이 나타나지 않았다. 정량적 평가에서는 6번의 모든 평가, 그리고 모든 모니터에서 표시된 test pattern은 5곳의 수평과 수직 방향의 거리가 각각 90 mm로 측정되었다.

2. 반사테스트 (reflection test)

반사테스트는 시각적 평가를 시행하였다. calibration 후 3, 4, 5, 6, 7, 8개월째 성능 평가 모두에서 주위 실내조명에서 볼 때와 조명을 완전히 어둡게 하여 보았을 때 모니터 상의 TG 18-AD test pattern의 시도(visibility)에는 차이가 없었으며, 모니터의 전원을 껐을 때와 켰을 때 고대조도로 보여지는 물체나 교란되어 반사되는 물체는 관찰되지 않았다.

3. 휘도 반응 평가(luminance response evaluation)

시각적 평가(Fig. 2)와 정량적 평가(Fig. 3)를 병행하였다. 본 성능평가의 대상이 된 20대의 모니터 장치는 최대 400 cd/m^{2}의 휘도를 제공할 수 있지만 장치의 수명과 영상을 판독하기에 충분한 요건을 고려하여 최대 휘도를 250 cd/m^{2}로 설정하였다. 시각적 평가에서 calibration 후 3, 4, 5, 6, 7, 8개월째 성능평가 모두에서 모니터에 표시된 TG 18-CT low contrast test pattern의 16단계의 서로 다른 휘도 영역의 각 모서리에서 각각 4개의 저대조도 물체와 중심부의 반달모양 target을 확인할 수 있었다. TG 18-LN8-01에서 -18까지의 18단계의 test pattern을 이용한 정량적 평가에서는 대조도비(LR'), 최대 휘도(L'max), 예측되는 최대 휘도와 관측되는 휘도의 편차, 대조도 반응의 편차, 그리고 주변 휘도(Lamb)의 다섯 평가 항목 중 대조도비(LR')는 251.4에서 339.2, 최대 휘도(L'max)는 241.6에서 262.9 cd/m^2, 그리고 주변 휘도(Lamb)는 0.04에서 0.34 사이의 분포를 보여 세 항목에서는 calibration 후 3, 4, 5, 6, 7, 8개월째 성능평가 모두에서 기준치를 벗어나지 않았다. 그러나 예측되는 최대 휘도와 관측되는 휘도의 편차 항목에서는 4개월째부터 4대의 모니터에서 기준 편차인 ±5%를 벗어나기 시작하였으며(-5.8에서 -10.3%), 8개월째에는 7대의 모니터가

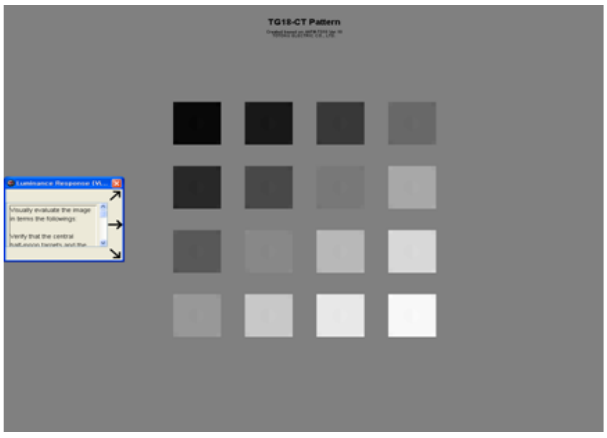
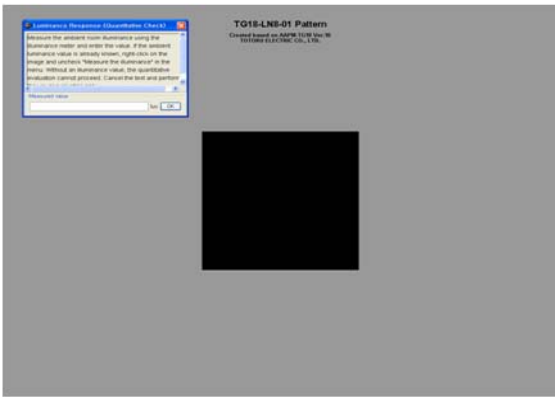
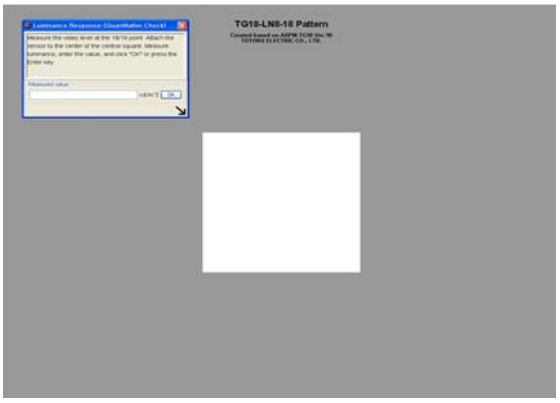


Fig. 2. Luminance response evaluation for visual check on LCD monitor TG 18-CT low contrast test pattern



A



B

Fig. 3. Luminance response evaluation for quantitative check on LCD monitor TG 18-LN 8-01 pattern(A) and TG 18-LN 8-18 pattern(B)

Table 1. Number of monitor passed deviation of luminance by step on in four monitors passed deviation of luminance(from four months)

Step	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
No. of Monitor	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 2. Number of monitor passed deviation of luminance by step on in eleven monitors passed deviation of luminance(from eight months)

Step	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
No. of Monitor	11	2	0	0	0	0	2	0	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0

Table 3. Number of Monitor passed deviation by month of contrast response test after calibration

Test by month after calibration	3	4	5	6	7	8
No. of Monitor	0	1	1	1	1	3

추가되어(−5.2에서 −9.4%) 11대의 모니터에서 기준 편차를 벗어나기 시작하였다(Table 1, 2). 또한 대조도 반응의 편차 항목에서는 4개월째부터 예측되는 최대 휘도와 관측되는 휘도의 편차 기준치를 벗어나기 시작한 4대의 모니터 중 1대(편차 10.3%)에서 4개월째부터, 또 다른 2대(편차 10.5%, 10.9%)는 8개월째부터 기준 편차인 ±10%를 벗어났다(Table 3).

4. 휘도 균일도 테스트(luminance uniformity test)

시각적 평가와 정량적 평가를 병행하였다. 대상 모니터 20대 모두에서의 시각적 평가에서 calibration 후 3, 4, 5, 6, 7, 8개월째의 성능 평가 전부에서 각 휘도 균일도 테스트 패턴의 중심부에서 가장자리로 현저한 불균일도가 없었다. 정량적 평가에서는 20대 전부 calibration 후 각각 측정 때마다 테스트 패턴의 중심부와 4 가장자리에서의 최대휘도편차는 TG 18-UN 10 test pattern(10% 백색 휘도)에서는 8.9에서 17.5%, TG 18-UN 80 test pattern(80% 백색 휘도)에서는 7.0에서 15.9%의 분포를 보여 기준치인 최대 30%를 벗어나지 않았다.

5. 분해능 테스트(resolution test)

시각적 평가를 시행하였다. 모든 회 차의 20대 모니터 전부에서 모니터에 표시된 TG 18-QC test pattern의 "Cx" 표시는 중심부와 4 가장자리에서 모두 첫 번째 참고 패턴의 선명도를 보였으며, Nyquist 주파수에서 수평 그리고 수직의 line-pair 들을 중심부와 4 가장자리 모두에서 식별할 수 있었다.

6. 노이즈(noise)

시각적 평가에 의해 시행하였으며, 모든 회 차의 모든 대상 모니터에서 TG 18-AFC test pattern의 두 번째, 세 번째, 네 번째의 4분면 각 사각형에서 하나의 점들을 관찰하였고, 각 가장자리 패턴에서 16개의 표적들을 식별하였다.

7. 베이링 그레어(veiling glare)

시각적 평가에 의해 시행하였으며, 모든 회 차의 모든 대상 모니터에서 TG 18-GV와 TG 18-GVN test pattern의 중심부에서 4개 이상(기준치 3개 이상)의 저대조도 원을 확인할 수 있었다.

8. 색도 테스트(chromaticity test)

정량적 평가를 시행하였다. TG 18-UNL 80 test pattern의 중심부와 4 가장자리에서 측정하였으며, 대상 모니터 20대 모두에서, 그리고 매 회 측정 시마다 파라미터가 0.002에서 0.007의 분포를 보였다(기준 파라미터: 0.01 이하).

Ⅳ. 고찰 및 결론

PACS(Picture Archiving and Communication System)의 사용이 널리 보급되면서 임상에서 얻어진 영상을 최종적으로 표시하게 되는 장치가 모니터이므로 이에 대한 품질 관리 및 calibration을 통한 품질 평가 및 보정은 필수적이다. 특히 영상을 판독하기 위한 판독용 모니터 경우는 더욱 더 중요하기 때문에 물리적 특성 평가와 품질 관리 측면에서 많은 노력이 이루어져 왔다[1-4]. 이러한 성과 중의 하나가 미국의학물리학회(American Association of Physicists in Medicine: AAPM)의 Task Group 18에서 만든 모니터 성능 관리 프로그램이다[5]. 국내에서는 진단용 CRT와 LCD 모니터를 대상으로 이 AAPM TG 18 test 프로그램을 이용하여 인수검사(acceptance test, 최초 도입 시 측정검사)를 한 결과 성공적인 평가를 내렸다는 보고가 있지만[6,7], 저자 등은 최근 모니터의 급속한 변화 추세에 따라 LCD 컬러 모니터 만을 대상으로 도입 후 일정한 기간을 두고 검사하였다는 특징이 있다.

AAPM TG 18 test 프로그램은 시각적 평가 방법과 정량적 평가 방법을 혼용하는데, 저자 등은 모니터 1대 당 소요되는 시간이 30분 정도로 많아 주로 시각적 평가를, 부분적으로 정량적 평가를 병행하여 소요되는 시간을 15분 정도로 줄였다. 그러나 시각적 평가는 다소 주관적일 수 있기 때문에 모니터의 특성상 중요 항목인 휘도나 조도에 관한 성능평가에서는 정량적 평가를 권고하고 있다. 본 평가에서도 휘도와 조도는 각각 휘도계(DTP 94 39630, X-Rite Inc. U.S.A.)와 조도계(LX-101 Q031871, Lutron, U.S.A.)를 이용하여 정량적 평가를 시행하였다.

저자 등의 결과에서 기하학적 왜곡 평가와 반사 테스트, 휘도 균일도 테스트, 분해능, 노이즈 평가, 베이링 그레어 테스트, 색도 테스트 등은 AAPM TG 18에서 권고하는 기준치에 모두 부합되었다. 이는 LCD 모니터가 평면이라 CRT 모니터에 비해 왜곡 정도가 적으며, 권고 기준치도 완화되었고, 대상으로 한 모니터의 사용기간이 다소 짧아 충분한 비교 검토에 제한이 있었던 것으로 분석된다. 이러한 평가항목들은 향후 수년간 측정하면서 추이를 관찰하여 변곡점 및 정도를 파악해야 할 것으로 사료된다.

이에 반해, 모니터 성능평가의 가장 중요한 항목으로 모니터 시스템의 입력 값과 실제로 표시되는 휘도와의 관계를 확인하는 휘도 반응 평가에서는 편차를 보였다. 시각적 평가에서는 매회 평가 때마다 TG 18-CT low contrast test pattern의 16단계의 서로 다른 휘도 영역의 각 모서리에서 각각 4개의 저대조도 물체 전부와 중심부의 반달 모양 target을 분명히 확인할 수 있어 그 기준에 적합하였고, 정량적 평가에서도 대조도비(LR'), 최대 휘도(L'max), 주변 휘도(Lamb) 항목 에서도 권고치를 만족시켰으나, 예측되는 최대 휘도와 관측되는 휘도의 편차 항목에서는 4개월째부터 25%(4대)의 모니터가 8개월째까지 기준 편차를 벗어나기 시작하였으며, 8개월째에는 다른 모니터 7대에서도 편차를 보이기 시작하여 전체적으로 55%(11대)의 모니터에서 기준 편차를 벗어나고 있음을 알 수 있었다. 또한 대조도 반응의 편차 항목에서도 4개월째부터 예측되는 최대 휘도와 관측되는 휘도의 편차의 기준치를 벗어나기 시작한 4대의 모니터 중 5%(1대)에서 4개월째부터 8개월 때까지, 또 다른 2대는 8개월째부터 편차를 보여 전체적으로 15%(3대)의 모니터에서 기준 편차를 벗어나 calibration을 필요로 하였다. 이는 모니터 성능의 가장 중요한 항목 중 하나인 휘도는 다른 항목에 비해 빨리 저하됨을 알 수 있었으며, 지속적인 성능평가에 의한 calibration이 필요함을 인지하게 되었다.

성능평가의 주기는 명문화된 권고사항은 없으나, calibration 후 4개월째부터 성능의 편차를 보이기 시작한 저자 등의 측정 결과와 모니터 수에 따른 성능검사에 소요되는 인력 및 시간 등을 고려할 때 3개월에 한 번씩 성능 평가를 시행함이 좋을 것으로 판단된다. 또한 calibration 주기는 상기의 결과에서 알 수 있듯이 8개월째에 55%의 모니터에서 편차를 보이고 있고, 또한 성능평가 주기인 3개월을 고려할 때 6개월째에 성능 평가 후 Calibration을 함께 시행함이 좋을 것으로 보인다. 부득이 성능평가에 의한 calibration이 어려울 경우, calibration 후 6개월 주기로 다시 한번 calibration을 시행하여야 할 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 AAPM TG 18 test 프로그램에 의한 판독용 모니터의 성능 평가는 판독용 모니터의 판독 조건을 최적으로 유지시키기 위한 품질관리 프로그램으로 유용할 것으로 판단되며, 향후 이러한 정기적인 성능평가와 calibration 자료의 축적은 그 판독용 모니터의 upgrade나 교체 시기 등을 결정하는데 유용하게 사용될 것으로 생각된다. 다만, 저자 등의 연구기간이 8개월로 성능평가 기간이 짧았으며, 모니터 사용 시간(Life time)과 연계하지 못한 점, 그리고 전체의 모니터가 아닌 일부에 국한시킨 점 등의 제한점이 있다.

그러나 국내는 물론, 세계적으로 아직 체계적인 성능평가에 관한 세부적인 규정이 없는 환경에서 본 연구의 성과는 초보적인 결과지만, 연구의 가치는 높다고 보여 진다. 향후 본 연구에서 드러난 미비점을 보완하여 주기적인 평

가를 시행한다면, 축적된 자료를 통한 판독용 모니터의 중장기적인 평가시스템 구축에 매우 유용하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. E. Samei : New developments in display quality control, "in: Quality assurance and quality control in digital imaging department", Eds. E. Siegel, B. Reiner, J. Carrino, (SCAR university premier series 3, Society for Computer Applications in Radiology, Great Falls, VA), 71-82, 2002
2. DS Grith, SN Bernatz. KA Fetterly, NJ Hangiandreou : Cathode ray tube quality control and acceptance testing program : initial results for clinical PACS display, Radiographics, 21, 719-732, 2001
3. W. Pavlicek, JM Owen, MB Peter : Active matrix crystal displays for clinical imaging : comparison with cathode ray tube displays, J. Digital Imaging, 13, 155-161, 2000
4. VESA, Flat panel display measurements(FPDM2) standard version 2.0, Video Electrics Standards Association, 920 Hillview Court, Suite 140, Miloitas, CA 95035, 2001
5. AAPM TG 18 ; Assessment of display performance for medical imaging systems, American Association of Physicists in Medicine(AAPM), task group, pre-final DRAFT(version 10.0)
6. 정해조, 강원석, 김새롬, 민덕기, 홍진오, 김용년 등 : AAPM TG 18에 의한 진단용 CRT 디스플레이 시스템의 성능 평가, 대한PACS학회지, 9, 71-79, 2003
7. HJ Jung, HJ Kim, WS Kang, SK Yoo, K Fujioka, M Hasegawa, et al. : Assessment of flat panel LCD primary class display performance based on AAPM TG 18 acceptance protocol, Med Phys., 31, 7, 2155-64, 2004

• Abstract

Assessment of LCD Color Display Performance Based on AAPM TG 18 Protocol : Decision of Quality Control and Calibration Period

Won-Hong Lee · Soon-Yong Son · Sung-Soon Noh · In-Hwa Lee
Sung-Ho Kang · Yong-Moon Lee · Jae-Soo Park[1] · Seok-Hwan Yoon[2]

Department of Radiology, Asan Medical Center
[1] Totoku Electric LTD.
[2] Department of Radiologic Technology, Dongnam Health College

Purpose : This study is to decide a quality control and calibration period of LCD display devices used for reading diagnostic images.

Materias and Methods : The assessment test of 20 flat panel LCD color display devices used for reading diagnostic images were performed based on AAPM TG 18 protocol over the total six sessions at one month intervals from three months after primary calibration, in terms of geometric distortion, reflection test, luminance response evaluation, luminance uniformity, resolution, noise, veiling glare and chromaticity test.

Results : The results of geometric distortion, reflection test, luminance uniformity, resolution, noise, veiling glare and chromaticity test were within the criteria recommended by AAPM TG 18, except for luminance response evaluation. In the measured luminance deviation of luminance response evaluation, 4(25%) of 20 display devices were passed a criterion from four months after calibration, and 11(55%) were passed from eight months. Also in the contrast response of the luminance response evaluation, 1(5%) display device was passed a criterion from four months after calibration, and 3(15%) were passed from eight months.

Conclusion : Considering the passing deviation after calibration, the time required and a manpower, the quality control and calibration period of LCD display devices used for reading diagnostic images should be a three months and six months after calibration.

Key Words : LCD display devices, AAPM TG 18, Quality control period, Calibration period