

Measurement of MRI Monitor Luminance and MRI Room Illuminance with a Light Probe

Ji Min Kim, Ah Yung Han, Ha Young Lee, So Ra Lee, and Dae Cheol Kweon*

Department of Radiological Science, College of Health Science, Shinhan University, Uijeongbu 11644, Korea

(Received 23 September 2016, Received in final form 13 October 2016, Accepted 13 October 2016)

The purpose of the optimal environment of the MRI room to measured luminance and illuminance of the MRI room and the monitor. University Hospital (n = 6) of the MRI (n = 10) in the luminance and illuminance Light Probe Xi Unfors (Unfors Instruments AB, Billdal, Sweden) was measured by using the. Black luminance level and white level of illuminance is repeated three times in the middle of the side of the monitor to obtain the mean and standard deviation using a t-test statistical processing was of significance test. Monitor luminance and black level in the average 1.78 cd/m², the standard deviation was 0.85 cd/m², white level average of 43.58 cd/m², the standard deviation of 13.19 cd/m². Illuminance of MRI room was the lowest value measured in accordance with the 30.5 lux, the maximum value is 601.3 lux, mean was measured by a variety of 177.86 lux. Luminance and illuminance of the MRI room and monitor is found to have statistically significant difference ($p < .05$). In conclusion, refer to the recommended standard of MRI and room monitor luminance and illuminance and to create an optimal environment.

Keywords : environment, illuminance, luminance, monitor, MRI room

Light Probe를 이용한 MRI 검사실 및 모니터의 조도와 휘도 측정

김지민 · 한아영 · 이하영 · 이소라 · 권대철*

신한대학교 보건과학대학 방사선학과, 경기 의정부시 호암로 95, 11644

(2016년 9월 23일 받음, 2016년 10월 13일 최종수정본 받음, 2016년 10월 13일 게재확정)

MRI 검사실의 최적환경을 목적으로 검사실 및 모니터의 휘도와 조도를 측정하였다. 대학병원(n=6)의 MRI(n=10)에서 휘도와 조도를 Unfors Xi Light Probe(Unfors Instruments AB, Billdal, Sweden)를 이용하여 측정하였다. 휘도는 black level과 white level을 조도는 모니터의 측면의 중앙에서 3회 반복하여 평균과 표준편차를 구하여 t-test를 이용하여 유의성 검정의 통계적 처리를 하였다. 모니터 휘도는 black level에서 평균 1.78 cd/m², 표준편차 0.85 cd/m²이었고, white level에서는 평균 43.58 cd/m², 표준편차 13.19 cd/m²로 측정되었다. MRI 검사실 조도는 최저값 30.5 lux, 최대값 601.3 lux, 평균 177.86 lux로 측정되었고, 휘도와 조도는 통계학적으로 유의한 차이가 있다($p < .05$). MRI 모니터 및 검사실 휘도와 조도의 권고 기준을 참고하여 최적의 환경을 조성하도록 한다.

주제어 : 휘도, 조도, 자기공명영상 검사실, 모니터

I. 서 론

영상의학의 분야인 MRI(magnetic resonance imaging), CT(computed tomography), 초음파 등은 의료분야에서의 인류의 질병 진단과 예방 및 치료에 큰 역할을 해왔으며 의료 기술이 발전하면서 의료장비의 기술이 고도로 발달되어 인류

의 질병 진단의 신속성 및 정확성을 위하여 대부분의 병원에서 영상표시단말장치(visual display terminal, 이하 VDT)의 사용이 일반화되어 있다. 현재의 기술은 업무와 관련하여 적절한 장비, 인체공학, 전문적인 상담을 필요하고 영상학과에서 사용되어야 한다[1]. 인체공학적 기반의 워크스테이션은 작업 공간을 개선하고 환자 관리 및 사업 운영에서 고객의 디자인 환경을 도움을 주어 최적화하여 인체공학을 기반으로 효율적인 기술로 인체 공학적으로 잘 설계된 워크스테이션은 최적화생산성을 향상시킨다. 정보매체의 급속한 발달로 인해

© The Korean Magnetics Society. All rights reserved.

*Corresponding author: Tel: +82-31-870-3416,

Fax: +82-31-870-3419, e-mail: dckweon@shinhan.ac.kr

휴대폰과 컴퓨터 기기 및 영상단말기의 사용은 근거리 작업량을 증가시켜 불편한 눈 증상을 일으키는 큰 원인이 되고 있다. 다양한 증상으로 나타나는 시각피로는 불편함, 피로감, 건조감 등의 증상과 시야 흐림이나 초점 흐림과 같은 시각증상 그리고 두통, 피로 등의 육체증상으로 분류된다[1]. 오랜 시간 근거리작업에서 지속적인 조절작용과 폭주운동으로 인해 눈은 피로감, 충혈, 복시 등의 자각증상이 나타나며, 조절 및 폭주의 불균형, 조절이상, 근거리 사위 및 사시 등의 같은 양안시(binocular vision)기능 이상이 나타난다[2].

VDT는 모니터 장치를 이용하는 대표적인 검사방법으로는 엑스선 검사, CT, MRI 등이 있다. MRI는 엑스선 및 CT와는 달리 자기장과 RF를 이용해 연부조직의 대조도가 뛰어나며 수소원자핵을 함유한 조직의 생화학적 특성을 수학적인 Fourier 변환으로 영상을 획득하며 많은 국가에서 현재 이용되고 있다[3]. 이러한 MRI 검사는 환경에 많은 영향을 주며 적절한 기구를 사용하여 환자에게 적용하여 부작용이 없도록 검사해야 한다[4, 5]. MRI 검사를 할 때에는 어두운 환경에서 작업을 실행하기 때문에 방사선사 및 작업자 들은 MRI 모니터를 해석할 때 많은 시각적인 신체적 불편함을 겪고 있으며 검사에서 발생하는 시끄러운 소음으로 인한 소음으로 인해 환자들은 불안감을 겪는다. MRI 검사실의 환경에서 휘도(luminance)는 광원의 단위 면적당 밝기의 정도를 말하며 조도(illuminance)는 어떤 면에 투사되는 광속을 면적으로

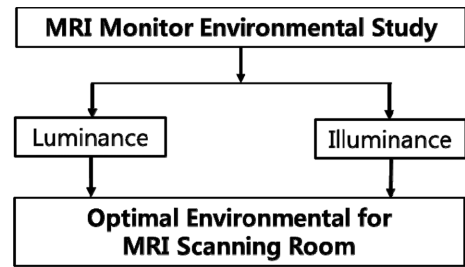


Fig. 2. Optimal environmental for MRI scanning room of research flow model.

나는 것을 말한다. 또한 조도는 시력변화를 줄 수 있는 요소 중 하나로 작용하는데 낮은 조도는 입체에도 영향을 주어 일상생활에 불편함을 초래할 수 있으며 근거리시력에 영향을 준다. 기존 연구에서는 판독용 모니터에 대한 연구에서 품질관리용 패턴(TG18-QC pattern, AAPM 또는 SMPTE pattern)을 이용한 모니터의 목적 정기점검과 휘도 측정기를 이용하여 모니터의 정기점검은 3개월에 한번 시행하여 보고되어 있다. 그러나 이러한 중요한 환경을 제공하는 MRI 검사실의 스캔용 모니터와 실내의 환경에 대한 보고는 전무하다.

병원의 MRI 검사실 환경에서 환자 및 방사선사가 가장 많이 접하는 모니터의 휘도와 검사실의 조도를 측정하고 환경에 관련된 연구를 비교하여 최적의 검사실의 조성을 목적으로 한다.

II. 재료 및 방법

1. 휘도(luminance) 및 조도

휘도는 광원 등의 빛나는 정도로 눈에 도달하는 광자의 에너지로 정의하며 측정 단위는 칸델라(cd)이다. 측정 기본 단위는 발광 광도(cd/m² or nits)로 정의한다. 휘도는 광원면으로부터 어느 방향으로의 광도를 그 방향으로의 광원의 겉보기 면적으로 나눈 값으로 나타낸다. 의료용 디스플레이 시스템은 병변의 진단의 정확성과 효율성을 달성하기 위한 필수적인 특정 독특한 특징이 있다. 의료용 모니터는 휘도가 250~300 cd/m²에서 높은 휘도로 미세한 병변을 검출하기 쉽게 할 수 있다[6].

휘도는 특정 방향에 대한 광밀도로 일정 면적을 통과하여 일정 입체각으로 들어오는 빛의 양으로 나타내며 휘도에 대한 수식적 정의는 다음과 같다[7].

$$L_v = \frac{d_2 \Phi_v}{d \Sigma d \Omega_\Sigma \cos \theta_\Sigma} \quad (1)$$

L_v 휘도(cd/m²)는 면적의 제곱 미터에 대한 칸델라의 양으로 표시되고,



Fig. 1. (Color online) Environmental of MRI scanning room.

$d\Phi_v$, 입체각($d\Omega_s$)안에 직접적 방향에서 면적($d\Sigma$)을 떠난 광속(lm),

$d\Sigma$ 명시된 포인트를 포함한 광원의 무한한 면적(m^2),

$d\Omega_s$ 규정된 방향을 포함한 무한한 입체각(sr),

θ_s 규정된 방향의 표면($d\Sigma$)과 정상적인 각(n_s)

공간은 컴퓨터를 사용하는 정보화 사회로 컴퓨터와 디지털화된 기기들로 구성되는 인간과 기계의 상호 인터페이스적인 공간이다. 인간과 기계가 통합체제로 운영되는 인터페이스공간은 모니터링을 통해 조작 통제하는 VDT 사무공간이다. 공간에서 조도 휘도분석을 통해 검증된 인간공학적인 조명환경은 주목성을 강조하여 사용자의 효과적이며 정확한 정보과약을 가능케 하고 시각적 피로도를 감소시켜 신뢰도 향상에 기

여함과 동시에 쾌적한 검사실 환경을 제공하는데 의의가 있다[8].

조도는 특정공간에 입사되는 단위 면적당 입사하는 광속으로 정의하며, 빛이 비추지는 단위면적의 밝기에 대한 척도로 나타낸다. 1 lux는 1 m²의 단위면적에 1 루멘(lm)의 광속이 평균적으로 조사되고 있을 때의 조도로 정의하고 있다. MRI 스캔 모니터 앞면의 중앙에서 모니터의 조도를 측정하였다. 조도는 광원의 밝기에 비례하고 광원으로부터의 거리의 제곱에 반비례하며 아래의 식으로 정의한다.

$$\text{Illuminance} = \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}(\text{lux}) \tag{2}$$

2. 측정방법

MRI 모니터는 6개 대학병원의 Siemens(Siemens Healthcare, Erlangen, Germany)의 1.5 5대와 3T의 7대에서 측정하였고, Philips Ingenia MR-scanner(Philips Health Care, Best, the Netherlands)는 1.5 4대와 3.0T 6대 총 10대 기기의 스캔 모니터에서 휘도 및 조도를 측정하였다. 휘도는 brightness (black level)과 contrast(white level)을 지점으로 하여 측정하였고, 조도는 모니터의 측면의 중앙에 조도 계측기를 위치하여 측정하였다. 휘도와 조도의 측정 기기는 Unfors Xi Light Probe(Unfors Instruments AB, Billdal, Sweden)를 이용하였다.

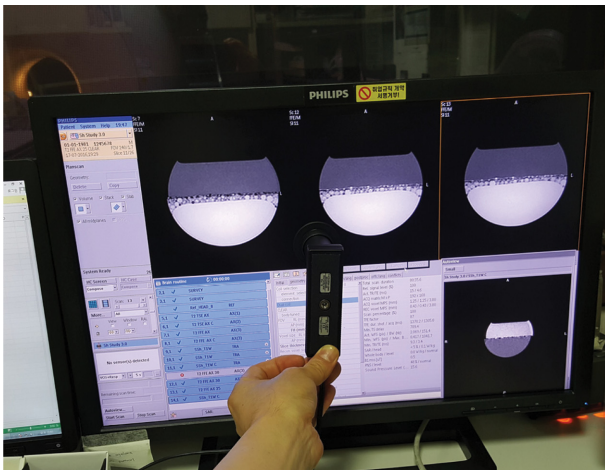
통계분석은 조도와 휘도를 비교하여 t-test를 모든 실험은 3회 반복실험을 실시하여 결과를 평균과 표준편차로 나타내었고 각군 간의 평균치에 대한 유의성 검정을 하였으며, SPSS (Version 18, IBM, NY, USA)을 이용하여 paired t-test를 이용하여 분석하였고, 통계적 유의성 검정은 신뢰구간 $p < .05$ 수준에서 분석하였다.

III. 결 과

MRI 검사실에서 모니터의 휘도는 brightness를 결정하는 black level에서 기기에 따라 최저값 0.1과 0.15 cd/m², 최대 값은 9와 8.3 cd/m²으로 측정되었고, 평균은 1.78 cd/m², 표준 편차는 0.85 cd/m²로 측정되었다. 또한 대조도를 대표하는 white level에서는 기기에 따라 최저값 17과 35 cd/m²이었고,

Table I. Luminance of MRI monitor.

Manufacturer	Black level		White level	
	Lmin (cd/m ²)	Lmax (cd/m ²)	Lmin (cd/m ²)	Lmax (cd/m ²)
Siemens	0.1	9	17	35
Philips	0.15	8.3	20	59
Mean ± SD	1.78 ± 0.85		43.58 ± 13.19	



(a)



(b)

Fig. 3. (Color online) MRI environmental measured by luminance and illuminance in the MRI monitor and room. (a) Luminance measured of luminance of the MRI monitor. (b) Illuminance measured of MRI monitor with in MRI scanning room.

Table II. Illuminance in the MRI scanning room.

Illuminance (lux)	Minimum	Maximum	Mean ± SD
	30.5	601.3	177.86 ± 141.34

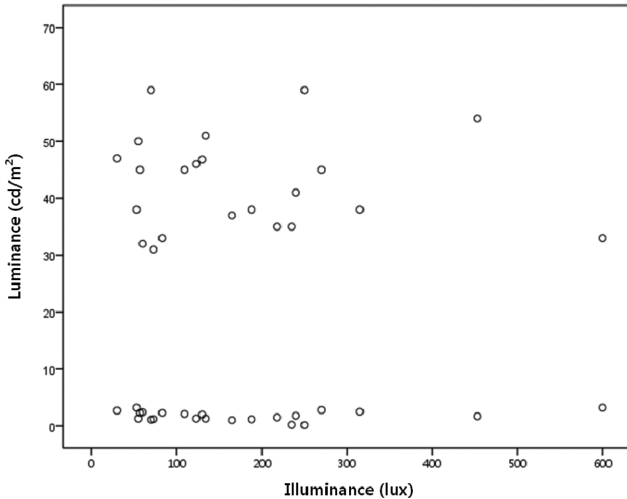


Fig. 4. Scattergram illustrating of illuminance and luminance.

Table III. Luminance and illuminance of paired t-test of MRI room and monitor.

Parameter		T	p-Value
Luminance	Illuminance	-7.28	< .05

최대값은 20 및 42 cd/m²이었고, 평균 43.58 cd/m², 표준편차 13.19 cd/m²로 측정되었다(Table I). MRI 검사실의 조도는 측정 병원에 따라 최저값이 30.5 lux이었고, 최대값은 601.3 lux이었고, 평균은 177.86 lux로 다양하게 측정되었다(Table II). 조도와 휘도는 black level과 white level의 산점도에서 이중적인 층을 이루고 있어, 측정 부위에 따라 차이가 있었다(Fig. 4).

MRI 모니터의 휘도와 MRI 검사실의 조도는 Table III과 같이 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

IV. 고 찰

조명은 인간에게 많은 영향을 미치는 환경인자로 쾌적한 생활과 유지하는데 지대한 영향을 미치므로 적절한 조도를 유지하는 것이 쾌적한 생활을 위해 필요하다. 이러한 조도는 병원의 MRI 검사실의 환경에도 영향을 주어 피로 및 불편을 해소하는데 조도환경을 강조하여야 한다. 이러한 검사실 및 영상 관독에서는 적절한 조도를 유지하여야 한다.

모니터 디스플레이는 컴퓨터 사용자에게 정보를 표시하며

Table IV. Rules on industrial health standards of illuminance criteria.

Work scope	Criteria (lux)
Ultra-precision work	750 more than
Precision work	300 more than
Usually work	150 more than
Other work	75 more than

디지털 영상으로, 초음파, CT, MRI의 콘솔 및 워크스테이션과 PACS에서 사용되고 있다. 의료용 디스플레이의 다양한 성능 매개 변수에 대해 잘 알고 있어야 하며, 검사실의 모니터의 올바른 선택은 영상의학과 관련 부서에 큰 정확성, 효율성에 미치는 영향 및 속도를 가질 수 있기 때문에 선택이 중요하다. MRI, 초음파, CT에서 진단 및 검사에 중요한 정보의 제공으로 사용되는 모니터의 선택은 매우 중요한 작업환경을 제공하며 이러한 디스플레이 모니터는 디지털영상의 영향, 영상 연결(image chain), 분석모델의 이동(shift in analysis model), 데이터의 이질성(heterogeneity of data), RIS와 PACS의 성장, 원본 데이터셋(original dataset)의 작업지식 및 인간의 인터페이스를 제공하지만 어두운 MRI 검사실의 환경에서 최적의 환경 조건으로 작업환경의 개선이 필요성이 있다[9, 10].

산업안전보건기준 규칙 제8조의 조도에 따르면 컴퓨터 작업을 많이 하는 사무실은 300~700 lux 수준을 유지하는 것이 바람직하다(Table IV). MRI 검사실의 조명은 모든 병원에서 형광등을 사용하고 있었고, MRI 검사실에 환경도모를 위하여 몇 개의 병원의 검사실 환경의 휘도와 조도를 Unfors Xi 기기를 이용하여 측정하였다. MRI 검사실의 환경이 어두울 경우 굴절 교정 값에 편차를 주어 안정피로와 시력에 영향을 줄 수 있으므로, 특별한 경우를 제외하고 보통작업에서는 500~1,000 lux로 설정되어야 한다[11].

국가에 따라, 심리적, 생리적 환경여건에 따라 조도기준을 정하고 있으며, 한국에서는 실생활에 필요한 조도를 300~600 lux로 설정해 놓고, 조도 기준은 한국산업규격조도(KS A 3011)를 기반으로 하고 있으며 실생활 조도환경을 3 lux에서 15,000 lux로 다양하게 분류 해놓고 있다[12]. 사무실 주변 조명을 통한 시각적 피로문제는 0 lux 및 1,200 lux는 쉽게 시각적 피로를 일으키고 300 lux에서는 시각적 피로를 덜 느낀다. 시력검사실 조도환경이 어두울 경우 굴절 교정값에 편차를 주어 안정피로와 시력에 영향을 줄 수 있으므로, 시력검사실 조도환경은 특별한 경우를 제외하고 보통작업에 권장하는 500~1,000 lux로 설정되어야 한다고 보고하였다[11]. 따라서 MRI 모니터의 휘도 및 조도가 영향을 미치는 방사선사들의 시각 기능 변화에 연구가 지속적으로 필요하고 환경에 대한 지속적인 품질 관리와 일관되게 관리되는 점이 중요하다.

우리나라의 기준조도표에 의하면 보통작업의 조도범위를 500-750-1,000 lux로 규정하고 있으며, 빛은 인간이 삶을 영위하고 창조활동을 하기 위해 필요한 환경요소로서 현대에는 빛을 통해 사물을 인지하고, 심리적 · 생리적 변화를 경험하도록 한다. 또한 정보를 전달하는 시각적 요소와 건축공간을 구성하는 미적요소로 활용되며 최적의 환경을 제공해야 한다 [13].

검사실의 기준조도표 보다 낮은 MRI 검사실의 병원은 이에 따른 작업환경의 개선을 하여 환자에게 스캔시간 단축하여 방법뿐만 아니라 이러한 검사실의 환경개선을 통해 안정적인 검사를 진행할 수 있고, 방사선사의 업무 능력의 향상을 줄 수 있다[14, 15].

조도와 휘도와의 관계에서 조도를 0 lux에서 50 lux로 증가하면 휘도는 약 20% 증가하는 결과를 보고하였으나, 본 연구에서는 다양한 조도가 분포하는 결과를 보였다. 조도와 휘도와의 통계적 검증에서는 유의한 차이로 분석되었다[16].

연구의 제한점은 첫 번째, 모니터 디스플레이 품질을 유지하기 위한 지침을 제공하는 모니터 정도관리의 하나인 AAPM TG18 QC(American Association of Physicists in Medicine Task Group 18 Quality Control) 기준을 적용하지 않았고[17], 국내에서의 의료영상의 판독용 모니터 정도관리를 위한 AAPM TG-18을 이용한 정량적인 측정을 적용하지 않은 제한점으로 추가 연구가 필요하다[18, 19]. 두 번째, 연구에서는 MRI 검사실 및 LCD 모니터의 확대하여 다양한 모니터의 정량적인 분석이 요구된다. 세 번째, 이번 연구는 조도(0.05-50,000 lux), 휘도 0.05-50,000 cd/m²의 측정이 가능한 light probe로 측정하였으나, 다양한 측정기를 이용하여 조도와 휘도와의 상관관계 분석 및 비교 연구와 함께 MRI 검사실에 상주하는 방사선사 및 작업종사자에게 설문조사를 통한 정성적인 추가 연구가 요구된다. 네 번째, 모니터의 지속적인 QA(quality assurance)의 프로그램을 제공하는 시스템을 제안하여 MRI 검사실의 환경을 개선할 필요가 있다.

V. 결 론

결론적으로 MRI 검사실의 환경요소인 조도와 휘도를 측정

하여 휘도와 조도가 기준보다도 낮은 결과를 보였다. MRI 검사실의 환경개선을 위해 MRI 모니터의 적정 조도와 휘도를 참고하여 최적의 환경을 조성하도록 해야 한다.

References

- [1] L. Ruess, S. C. O'Connor, K. H. Cho, F. H. Hussain, W. J. 3rd Howard, R. C. Slaughter, and A. Hedge, *Am. J. Roentgenol.* **181**, 37 (2003).
- [2] S. H. Bae and H. W. Kwak, *J. Korean Oph. Opt. Soc.* **17**, 75 (2012).
- [3] Y. S. Han, S. C. Lee, D. Y. Lee, J. W. Choi, J. W. Lee, and D. C. Kweon, *J. Magn.* **21**, 115 (2016).
- [4] M. Periysamy and R. Dhanasekaran, *J. Magn.* **20**, 295 (2015).
- [5] F. G. Shellock, T. O. Woods, and J. V. Cruess, *Radiology* **253**, 26 (2009).
- [6] I. K. Indrajit and B. S. Berma, *Indian J. Radiol. Imaging* **19**, 94 (2009).
- [7] J. Chaves, *Introduction to nonimaging optics. Optical Science and Engineering*, CRC Press, New York (2008) p. 449.
- [8] S. K. Back and S. H. Lee, *J. Ergon. Soc. Korea* **27**, 73 (2008).
- [9] I. K. Indrajit and B. S. Verma, *Indian J. Radiol. Imaging* **19**, 24 (2009).
- [10] W. F. Bennett, K. K. Vaswani, J. A. Mendiola, and D. G. Spigos, *J. Digit. Imaging* **15**, 171 (2002).
- [11] Y. S. Noh, S. Y. Kim, B. Y. Moon, and H. G. Cho, *J. Korean Ophthalmic Opt. Soc.* **19**, 383 (2014).
- [12] J. W. Kim, *J. Korean Soc. Hazard Mitig.* **13**, 25 (2013).
- [13] J. E. Lee and A. S. Choi, *J. Korean Inst. Illum. Electr. Install. Eng.* **19**, 1 (2005).
- [14] Y. J. Choi and D. C. Kweon, *J. Korean Magn. Soc.* **26**, 92 (2016).
- [15] M. L. Wood and V. M. Runge, *Radiology* **169**, 326, (1988).
- [16] K. Chakrabarti, R. V. Kaczmarek, J. A. Thomas, and A. Romanyukha, *J. Digit. Imaging* **16**, 350 (2003).
- [17] E. Sameia, *Am. Assoc. Phys. Med.* **32**, 1204 (2005).
- [18] G. G. Son, D. W. Dong, J. H. Jeong, H. D. Kang, J. R. Lee, and H. K. Jung, *J. Korean Radiol. Soc.* **58**, 631 (2008).
- [19] A. Cresp, F. Bonsignore, N. Paruccini, E. De Ponti, and I. Macchi, *Phys. Med.* **22**, 17 (2006).