

미술관의 조명환경 변화에 따른 시각적 반응 및 피로감각 변화분석

박 윤 혜, 김 수 영[†]
연세대학교 주거환경학과

Influence of Luminous Environments on Visual Responses and Fatigue Sensation in Art Galleries

Yoonhye Park, Sooyoung Kim[†]
Dept. of Housing and Interior Design, Yonsei University, Korea
(Received August 16, 2010; revision received November 10, 2010)

ABSTRACT: The influences of luminous environment on visual responses and fatigue sensation in art galleries were examined in this study. Field measurements and survey were performed in three galleries under various illuminance and luminous conditions. Result implies that vertical illuminance on art paintings needed to be somewhere between 200 lx and 300 lx to avoid visual discomfort. The vertical illuminance difference between consecutive paintings should not exceed 100 lx to keep visually comfortable environment. Visual comfort sensations were related to glare, visual stimulus, reflection from paintings, illuminance variation, and the sensation that subjects can clearly see the paintings. The sensation of fatigue was significantly influenced by the changes of luminous element that caused visual stimulus and discomfort. The sensation of eye fatigue among physical fatigue was primarily influenced by the glare, visual stimulus and comfort. The psychological fatigue was also influenced by eye fatigue, visual comfort, brightness and satisfaction with color of light.

Key words: Art gallery(미술관), Luminous environment(조명환경), Visual response(시각적 반응), Visual comfort(시각적 만족도), Fatigue sensation(피로도)

1. 서 론

예술작품을 전시하는 미술관 및 역사적인 사실을 제공하는 박물관은 사회적, 문화적 가치를 부여하는 장소로 활용되고 있다. 미술관 및 박물관의 관람을 통하여 관람객은 객관적인 사실을 배우고 정보를 얻게 되며, 미적인 경험 및 흥미와 즐거움을

얻는 것으로 알려져 있다.^(1,2) 이러한 유의한 사항을 얻기 위하여 관람객은 미술관 또는 박물관의 공간내부를 연속적으로 이동하면서 전시된 작품을 관람한다. 관람을 위한 이동과정에서 관람자는 관람 동선을 따라 이동하기 때문에 보행에 따른 육체적 피로 및 관람시간동안 주의력을 유지하면서 생기는 정신적 피로를 느끼게 된다.

피로의 발생 및 누적으로 집중력이 저하되는 경우, 관람자는 관람을 포기하는 현상도 발생한다. 관람효과를 향상하기 위하여 관람도중에 발생하는 피로도는 적절하게 통제되어야 하는 것으로 알려져

[†] Corresponding author
Tel.: +82-2-2123-3142; fax: +82-2-313-3139
E-mail address: sooyoung@yonsei.ac.kr

있다.⁽²⁾ 피로의 발생 및 제어를 위하여 미술관에서는 적절한 동선의 배치 및 조명조건의 설정이 필요하다. 특히, 예술작품의 전시에 필요한 조명환경은 일반적인 사무소공간등과 같은 업무용 공간에서 적용되는 균등한(uniform) 조명환경과는 다르게 유지된다. 이로 인하여 관람자에게는 시각적인 자극(visual thresholds)이 발생될 수 있으며, 이러한 조명환경에 오랜 시간동안 노출되면 피로감이 발생될 수 있다.

따라서 미술관등과 같은 전시공간에서 관람객의 피로도를 최소화하기 위하여 조명환경은 적절히 적용되어야 한다. 본 연구는 각기 다른 조명환경이 적용된 미술관에서 관람자가 감지하는 시각적 반응 및 피로도를 분석하여, 관람시 피로도를 최소화 할 수 있는 조명환경 조성에 필요한 기초자료를 제공한다. 이를 위하여, 서울시에 위치한 3개의 미술관에서 현장실험 및 설문조사가 실시되었다.

2. 연구 방법

2.1 실험대상 공간 및 조명조건

현장실험 및 설문에 사용된 공간은 서울 시내에 위치한 3개의 미술관 전시실이다. 각 전시공간의 면적은 300 m^2 이하의 소규모 전시실이며 회화작품을 전시하는 공간으로 설정되었다. 전시되는 작품에 대한 전시타입은 미술관 전시실에 적용되는 전형적인 벽면전시이며, 회화작품 전시가 중심이 되는 미술관 공간범위에 부합할 수 있도록 미술관의 공간적 범위 및 전시물이 한정되었다.

선정된 미술관의 전시실에 대한 평면 및 회화작품의 배치를 나타내는 번호는 Fig. 1~Fig. 3에 나타나 있다. 미술관 K는 2층 구조이며 전시면적은 292.43 m^2 이었다. 관람에 필요한 동선의 전체거리는 111 m이며 26개의 전시작품이 벽면에 설치되었다. 미술관 H의 전시면적은 175.69 m^2 , 관람에 필요한 동선의 전체거리는 68 m이었다. 전체 27개의 전시작품이 벽면에 설치되었다. 미술관 S는 단층 구조이며 전시면적은 153.42 m^2 이었다. 관람에 필요한 동선의 전체거리는 53 m이며, 28개의 전시작품이 벽면에 설치되었다.

세 개의 미술관에는 전시용에 가장 일반적으로 적용되는 천정부착형(track lighting) 조명방식이 사용되었다. 조명기기에서 투사되는 빛이 전시된 회화작품에 투사되어 작품표면을 강조하였으며, 전시실

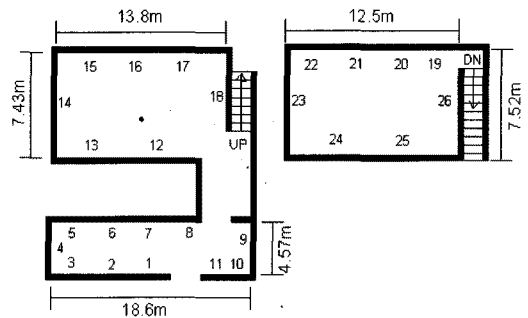


Fig. 1 Layout of exhibition hall(K gallery).

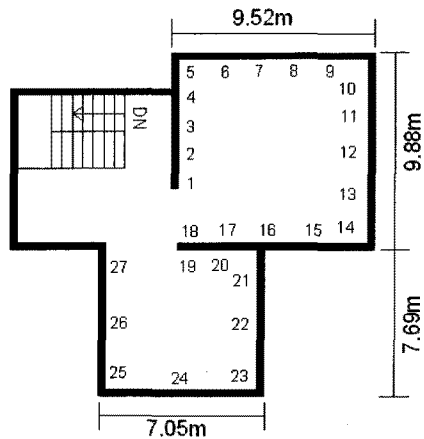


Fig. 2 Layout of exhibition hall(H gallery).

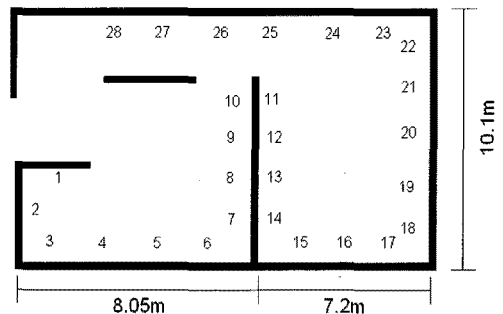


Fig. 3 Layout of exhibition hall(S gallery).

의 전반적인 조도는 별도의 조명기기에 의하여 유지되지 않고 벽면에서 반사되는 빛에 의하여 유지되었다. 각 미술관마다 특색에 맞게 조명설계가 실시되어 조명기기의 벽면에서의 이격거리, 설치위치 및 간격은 각기 다른 것으로 나타났다. 사용된 광원(light source)은 백열램프계열 포함되는 것으로 나타났다.

미술관 S에는 할로겐 램프가 사용되었으며 램프를 가릴 수 있는 덮개가 동시에 적용되었다. 일반적으로 할로겐램프는 가시광선 스펙트럼상에 긴 파장이 부분인 붉은색이 상대적으로 많은 것으로 나타나는 특성이 있다. 미술관 H에 사용된 램프는 다중 반사판(multiple reflector)이 설치된 MR 형태의 조명기기이며, 이 또한 붉은색계열이 상대적으로 많은 특성을 보이고 있었다. 미술관 K에 사용된 램프는 MR 형태이며 램프의 색은 미술관 S 및 H에 적용된 램프에 비교하여 붉은색 부분이 상대적으로 약한 것으로 나타났다. 조명기기로부터 발생하는 정확한 색온도(color temperature) 측정기에 의하여 측정되어야 하나 본 연구에서는 색온도의 정확한 측정은 이루어 지지 않았다.

2.2 설문항목 및 피험자 사전교육

설문항목은 실험 참가자에 대한 일반적인 사항, 전시실에서 회화품을 관람하면서 감지한 조명조건에 대한 평가 및 조명조건으로 인하여 발생하는 자가피로도도에 대한 반응의 3가지 부분으로 구성되었다. 일반적인 설문사항은 실험 참가자에 대한 성별, 나이, 개인의 시력등에 관한 사항, 눈부심 현상에 대한 민감도, 육체적 정신적 피로상태 및 조명에 대한 개인적인 선호도를 포함하고 있다. 조명조건에 대한 평가항목에는 시각적인 자극의 정도, 시각적인 만족도, 조명으로 인한 산만함, 조명 빛 공간에 대한 심리적인 만족도등에 대하여 19항목이 포함되어 구성되었다.

자가피로도도에 대한 반응에 대한 설문은 일본 산업청에서 제시한 내용에 근거하여 조명환경에 의하여 영향을 받을 것으로 예상되는 요소들로 구성되었다.⁽²⁾ 이는 신체적, 정신적, 신경감각적 피로도도의 3분야로 구성되어 16개의 설문항목으로 구성되었으며 눈의 피곤함 정도, 생각의 집중정도 및 산만함, 인내심의 변화 등에 관한 항목을 포함하였다. 실험 시 설문조사에 사용된 문항 중에서 본 연구에서 분석된 설문내용은 Table 1, Table 2에 나타나 있다. 실험참가자들은 Table 3에 나타난 7단계 척도를 이용하여 설문항목에 응답하였다.

실험에 참가한 피험자는 고정시력이 정상인 20대 남녀 18명으로 구성되었으며, 실험에 참가하기 전에 이들의 건강에 대한 사전 설문조사가 이루어져 건강한 상태로 실험에 참가하였다. 이들은 미술관

Table 1 Questionnaire on visual sensation

No	Content
L1	Do you like the gallery space?
L2	Is the gallery space bright?
L3	Is it clear to see paintings on the wall?
L4	Do you feel the gallery is spacious?
L5	Does the lighting make you feel relax?
L6	Do you feel glare from wall and painting?
L7	Do you feel visually comfortable?
L8	Are you satisfied with lighting conditions?
L9	Is the lighting condition visually warm?
L10	Does the lighting make you feel concentrated?
L11	Isn't the lighting condition stimulating?
L12	Is the lighting condition attractive?
L13	Is the lighting condition dynamic?
L14	Do you feel no eye fatigue?
L15	Do you feel no reflected light from painting?
L16	Is the lighting high-grade quality?
L17	Is it clear to read letters?
L18	Is it easy to feel color in the space?
L19	Are you satisfied with the color of light?

Table 2 Questionnaire on fatigue sensation

No	Content
A1	Do you agree you do not have a dull feeling in the head?
A2	Do you agree you do not feel fuzzy-headed?
A3	Do you agree you do not feel sleepy?
A4	Do you agree you do not have eye fatigue?
B1	Do you agree you can focus on the thought?
B2	Do you agree you do not feel to talk?
B3	Do you agree you do not have fidgety?
B4	Do you agree you are not distracted?
B5	Do you agree you do not remember what you have seen previously?
B6	Do you agree you do not feel nervous?
B7	Do you agree you do not watch paintings with relaxed mind?
B8	Do you agree you are not lacking in patience?
C1	Do you agree you do not feel headache?
C2	Do you agree you do not feel psychological distraction?
C3	Do you agree you get cramps in your eyes?
C4	Do you agree you do not feel nausea?

Table 3 Voting scale

Answer	Voting Scale
Strongly agree	+3
Moderately agree	+2
Slightly agree	+1
Neither agree nor disagree	0
Slightly disagree	-1
Moderately disagree	-2
Strongly disagree	-3

및 박물관등과 같은 전시시설에 조성된 전시조명환경 조건에서 예술품을 관람했던 경험이 있는 사람들로 구성되었다.

피험자들은 연구에 대한 설문이 진행되는 미술관에 도착하여 전시실을 관람하기 전 예비실에서 실험과정에 대한 사전교육을 받았다. 사전교육에는 실험이 진행되는 과정에 대한 설명, 피험자의 일반사항에 대한 설문응답, 설문항목에 나타난 용어설명, 응답시 사용되는 응답척도에 관한 설명등이 포함되었다. 설문에 대한 사전교육이 실시되는 동안 피험자의 눈은 실내조명환경에 충분히 순응하였으며, 이후 본 실험 및 설문이 진행되어 순응시간 부족으로 인하여 발생될 수 있는 오류는 예방되었다.

사전교육이 실시된 후 피험자는 전시실로 입장하여 벽면에 전시된 회화작품 1개당 당 1분씩 감상하며 이동하여 총 30분 동안 관람하였다. 관람이 종료된 후, 조명조건에 대한 시각적 반응 및 자가 피로도에 대한 설문에 응답을 실시하였다. 이러한 과정은 선정된 3개의 미술관에 대하여 18명의 피험자를 대상으로 동일하게 적용되었다.

2.3 데이터 모니터링

선정된 미술관전시실에 대한 조명환경을 분석하기 위하여 조도 및 휘도분포가 측정되었다. 전시실에서의 수평조도는 회화작품의 중심으로부터 2 m 이격된 지점에서 측정되었으며, 수직조도는 각 회화작품이 설치된 중앙지점에서 측정되었다. 휘도는 목표휘도(target surface luminous)와 배경휘도(background surface luminous)로 나뉘어져 측정되었다. 목표휘도는 전시된 회화작품의 중앙부분과 관람자가 작품을 바라보는 방향에서 우측상단에서 좌측하단으로 대각선 방향의 2지점을 대상으로 측정되었다. 배경휘도는 전시작품이 설치된 벽면에서 작품의

양옆과 상부끝부분에서 각각 0.3 m 이격된 지점에서 측정되었다. 조도 및 휘도는 조도계와 휘도계를 이용하여 측정되어 측정이 완료되는 대로 기록되었다. 사용된 조도 및 휘도센서는 CIE에서 제안하는 파장범위를 6% 이내 오차범위로 측정한다.⁽³⁾

3. 결과 및 고찰

3.1 대상공간의 조명환경

전시실에서의 수평 및 수직 조도는 3개 미술관의 경우 각각 다른 분포를 보이고 있었으나, 각 미술관에서 회화작품이 전시된 부분에서의 조도는 유사한 범위내에 있는 것으로 나타났다. 각 미술관의 전시실에서 측정된 수평 및 수직 조도의 변화는 Fig. 4, Fig. 5에 나타나있다. 관람객이 이동하는 부분에서 수평조도는 회화작품이 전시되어 있는 벽면에서 수직조도의 60~67% 범위에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 관람객이 이동하면서 전시된 작품을 관람하는데 필요한 조명조건을 형성하기 위하여 적용된 것으로 분석된다.⁽⁴⁾

미술관별 조도분포는 H의 경우 가장 높은 분포를 보이고 있으며, S 미술관의 경우 가장 낮은 조도조건을 형성하고 있는 것으로 나타났다. 수평조도 분포는 H의 경우 최저 134.1 lx에서 최고 488 lx로 측정되어 그 변화범위는 353.9 lx이었다. S 미술관의 경우 최소 59.7 lx에서 최고 114.6 lx로 변화하여 그 차이는 54.9 lx로 나타났다. K 미술관의 경우 수평조도는 최소 69.1 lx에서 최고 253.1 lx로 변화하여 변화범위는 184 lx로 나타났다. 조도조건이 높은 H 미술관의 경우 수평조도의 변화범위도 가장 높은 것으로 나타났다.

회화작품이 전시된 벽면에서의 수직조도 변화수평 조도의 분포와 동일하게 H 미술관에서 가장 높게 나타났으며, S 미술관에서 최저값을 보이고 있는 것으로 분석되었다. H 미술관의 경우, 2개의 회화작품이 전시된 지점에서 748 lx 및 717 lx 분포가 발생된 경우를 제외하면, 전반적으로 197 lx에서 581 lx 미만으로 나타났다. S 미술관의 경우, 회화작품이 전시된 각 벽면지점에서 조도차이는 가장 적은 것으로 나타났으며 조도값도 최저 104.8 lx에서 최고 158.5 lx로 낮게 나타났다. K 미술관의 경우, 674 lx 를 나타내는 한 지점을 제외하고 나머지 부분에서 84 lx ~376 lx의 분포를 보이고 있다. 각 미술관 별 최고

조도와 최저 조도의 차이는 H, S, K 미술관의 경우 각각 550.8 lx, 53.7 lx, 589.4 lx로 나타나 수평조도의 경우에 비교하여 차이가 큰 것을 알 수 있다.

미술관 전시실에서 관람객이 이동하는 동선상에 조도의 변화는 시각적인 자극을 초래하여 피로도에 영향을 미칠 수 있다. 이를 위하여, 현재 감상중인 회화작품이 전시된 지점에서의 조도조건과 관람자의 이동동선 상에서 바로 다음 작품이 전시된 곳에서 조도변화는 분석되어야 한다. 각 회화작품이 전시된 지점에서 측정된 조도간의 차이에 대한 빈도 분석 결과는 Table 4에 있다.

수평조도는 전반적으로 100 lx 미만의 변화를 보이고 있는 것으로 분석되었으나, H 미술관의 경우 150 lx 이상 변화되는 경우가 전체의 38.4%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. S 미술관의 경우 조도의 변화는 50 lx 미만으로 변화하여 안정적인 것으로 나타났다.

수직조도변화는 S 미술관의 경우 수평조도의 변화와 동일하게 모든 조건에 대하여 50 lx 미만으로 나타났다. K 미술관의 경우 100 lx 이상 변화하는 비율이 전체의 20%를 차지하였다. 조도값이 가장 높았던 H 미술관의 경우, 100 lx 이상 변화범위는 53.8%로 나타났다. 특히, 300 lx를 초과하는 경우도 전체의 15.4%를 차지하였다.

관람객의 시각적인 감각에 자극을 주는 요인중의 하나인 회화작품이 전시된 배경벽체 표면에서의 휘도변화는 Fig. 6에 나타나 있다. 3개의 미술관에서 휘도는 6.04~152.21 cd/m²의 범위내에서 변화하였다. 수직 및 수평조도분포가 가장 높았던 H 미술관의 배경휘도가 가장 높게 나타났다. 이는 배경면의 반사율은 고정되어 있고 배경면으로 입사되는 빛의 강도가 높아서 발생된 것으로 판단된다. 조도가 안정적인 분포를 보이면서 변화된 S 미술관의 경우 벽면으로부터 휘도는 최대 35.03 cd/m² 이내범위에서 안정적으로 변화하였다.

배경표면과 목표표면에서의 휘도차이에 근거한 대비(contrast)값의 변화가 전시된 회화작품을 시각적으로 인식하는 과정에 영향을 미치게 된다. 각 회화작품이 전시된 부분에서 산정된 대비값의 변화는 Fig. 7에 나타나 있다. 전반적으로 조도 및 휘도가 높은 분포를 보인 H 미술관에서 대비값은 높게 나타났다. 낮은 조도 및 휘도분포를 보인 S 미술관의 경우 상대적으로 높은 대비분포를 나타내었다. 이는 전반적인 휘도는 낮지만 회화작품이 전시된 벽

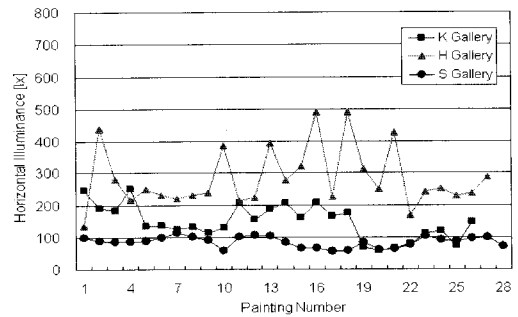


Fig. 4 Horizontal illuminance on floor.

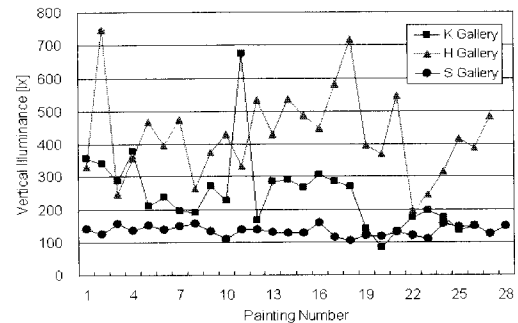


Fig. 5 Vertical illuminance on painting.

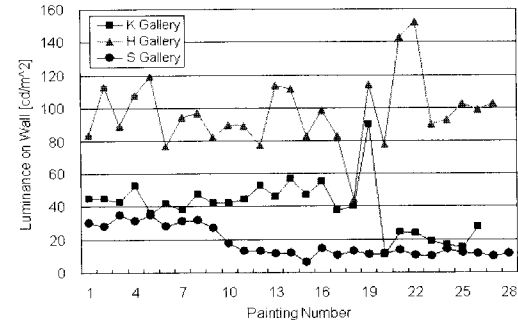


Fig. 6 Luminous on wall.

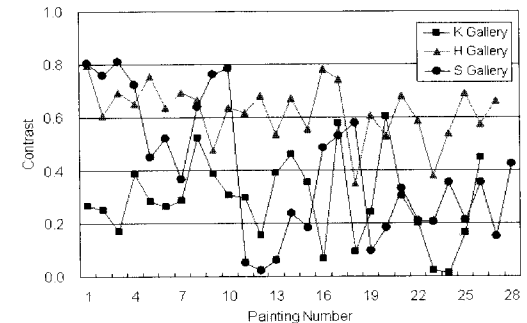


Fig. 7 Contrast between wall and painting.

Table 4 Frequency of illuminance variation[%]

Variation Range [lx]	Horizontal illuminance			Vertical illuminance		
	Gallery			Gallery		
	K	H	S	K	H	S
0~50	76	38.5	100	64	15.4	100
51~100	16	15.4	0	16	30.8	0
101~150	8	7.7	0	8	26.9	0
151~200	0	23.1	0	4	3.8	0
201~250	0	0	0	0	7.7	0
251~300	0	11.5	0	0	0	0
> 301	0	3.8	0	8	15.4	0
Total	100	100	100	100	100	100

Table 5 Frequency of luminance variation[%]

Variation Range [cd/m ²]	Luminous on painting			Luminous on wall		
	Gallery			Gallery		
	K	H	S	K	H	S
0~10	76	50	96.3	72	36.4	100
11~20	4	42.3	3.7	20	26.9	0
21~30	12	7.7	0	0	11.5	0
31~40	4	0	0	0	11.5	0
41~50	0	0	0	4	3.8	0
51~60	4	0	0	0	0	0
> 61	0	0	0	4	11.5	0
Total	100	100	100	100	100	100

면의 배경면과 회화작품 표면에서의 휘도 차이가 높게 나타남을 의미한다.

각 회화작품이 전시된 지점에서 측정된 휘도간의 차이에 대한 빈도분석 결과는 Table 5에 나타나 있다. 3개 미술관에서 휘도는 전반적으로 30 cd/m²의 범위내에서 변화하였으나, 휘도 분포가 높게 나타난 H 미술관의 경우, 60 cd/m²를 초과하는 빈도가 전체의 11.5%를 차지하였다. S 미술관의 경우 휘도의 변화가 10 cd/m²를 초과하는 경우는 발생하지 않았다. 대비값은 S 및 K 미술관의 경우 4개 지점을 제외하고 3개 미술관내에서 최대 0.4이내의 범위에서 안정적으로 변화하였다.

3.2 피험자 일반사항 및 특성

본 연구에서 이루어진 설문은 각 3개의 미술관당

동일한 대학생 18명을 대상으로 이루어 졌다. 이들은 남자 4명, 여자 14명으로 구성되어 남녀 구성비율은 남자 22%, 여자 78% 이었다. 대상자 18명의 나이는 21~26세 이내로 평균 22.9세 이었다. 이들의 평균 시력은 좌우 각각 0.77 및 0.81이었다. 설문에 참가하는 전날의 평균수면 시간은 6.8시간으로 대상자 모두 충분한 수면을 취하였다고 응답하였다.

설문참가자에 대한 개인적인 특성은 Fig. 8에 나타나 있다. 전날 평균수면시간이 6.8시간으로 집계되어 참가자들은 모두 피곤함을 심각하게 느끼지 않는 것으로 나타났다. 따라서 참가자가 설문전에 감지하고 있던 신체적으로 피곤함은 본 연구에서 분석되는 피로도 감각의 변화에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

참가자들은 자신들이 조명의 변화로 인하여 발생하는 빛의 변화에 민감하다고 응답하여 조명으로 인하여 발생하는 조도 및 휘도의 변화에 민감하게 반응할 것으로 예상된다. 특히, 회화작품이 전시된 벽면 및 작품표면에서 관람객을 향하여 투사되는 휘도로 인하여 발생할 수 있는 눈부심(glare)에 대하여 민감하게 반응할 것으로 판단된다. 또한 88.9%의 참가자가 미술관에서 조명조건은 매우 중요하다고 응답하여 이들이 감지하는 시각적인 반응과 신체적, 정신적 및 감각적 피로도에는 상호연관성이 있을 것으로 예측된다.

3.3 조명조건에 대한 시각적 만족도변화

각 미술관 전시실에서 공간에 대한 평가 및 시각적인 반응은 조명조건에 따라 변화하는 것으로 나타났다. 본 연구에 사용된 설문내용에 관한 피험자들의 응답은 Fig. 9~Fig. 12에 나타나 있다. 그래프의 가로축에는 Table 1에 명시된 설문항목 번호가

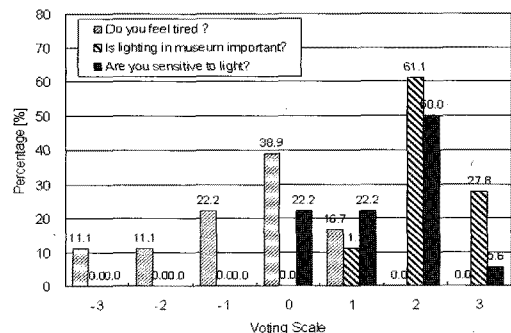


Fig. 8 Participants' general characteristics.

나타나 있으며, 세로축에는 응답척도가 나타나 있다. 그래프의 각 점은 설문에 참가한 18명의 피험자가 응답한 값의 평균값을 의미한다.

각 미술관의 전시실 공간에 대한 평가는 Fig. 9에 나타난 것과 같이 전반적으로 긍정적인 것으로 나타났다. K 미술관의 경우 공간에 대한 평가는 3개의 미술관 전시실 중에서 긍정적인 부분이 높은 것으로 나타났다. 피험자들은 전시실을 선호하였으며(L1, M = 1.94, SD = 1.06), 공간에서 안락함(relax)을 감지하는 것으로 응답하였다(L5, M = 1.72, SD = 1.23). 또한 전시실 공간이 피험자들에게 매력적(attractive)인 것으로 나타났으며(L12, M = 1.11, SD=1.53), 전체적인 면에서 조명조건은 단조롭지 않은 것으로 분석되었다(L13, M = 0.06, SD = 1.39).

H 및 S 미술관의 경우, 응답자들의 두 미술관공간에 대한 선호도는 유사하게 나타났다(L1, M = 0.94, SD = 1.21~M = 1.0, SD = 1.28). 공간에 대한 안락함을 감지하는 정도(L5) 차이는 응답척도 평균 0.28의 차이를 보여 유사한 것으로 분석되었으며, 공간이 단조롭다는 반응(L13)도 응답척도 0.05의 차이로 나타나 두 미술관 전시실에 대한 차이는 없는 것으로 분석되었다. 공간에 대한 매력정도(L12)는 S 미술관이 H 미술관에 비교하여 평균 0.67 높은 것으로 나타났다. 전시실 공간에 대한 전반적인 평가는 전시실의 면적에 영향을 받은 것으로 평가된다. K 미술관의 경우 면적이 H 및 S 미술관 보다 39.9~47.5% 넓어서 긍정적인 평가가 이루어진 것으로 판단된다.

색상감지에 대한 응답은 Fig. 10에 명시된 것과 같이 전반적으로 양호한 것으로 평가되었다. K 미술관의 조명조건이 시각적으로 따뜻한 느낌을 조성하지 않았지만(L9, M = -0.72, SD = 1.53) 전시된 회화작품을 구별하기에 양호한 것으로 분석되었다(L3, M = 1.89, SD = 1.45). 이러한 조명조건은 좋은 색상조건을 형성하는 것으로 평가되었다(L18, M = 1.61, SD = 1.20).

S 및 H 미술관의 경우, 전시된 회화작품을 뚜렷하게 구별하는데 있어 부정적으로 평가되지는 않았으나 우수한 조건은 아닌 것으로 나타났다(L3, M = -0.06, SD = 1.39~M = 0.67, SD = 1.41). 두 조명조건 모두 시각적으로는 약간 따뜻하다는 평가를 받았으나(L9, M = 1.22, SD = 1.35~M = 1.39, SD = 1.04), 우수한 조명색으로 평가되지 않았다(L18, M = 0.06, SD = 1.47~M = 0.39, SD = 1.65).

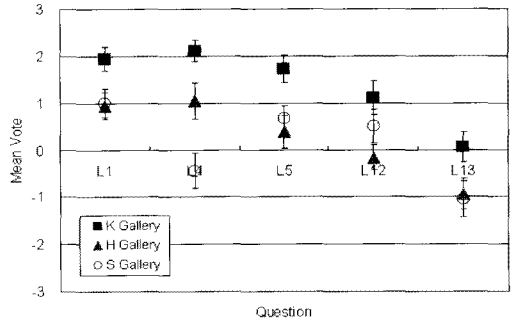


Fig. 9 Sensation for space.

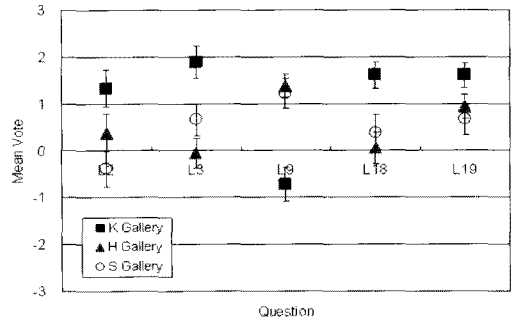


Fig. 10 Responses on color.

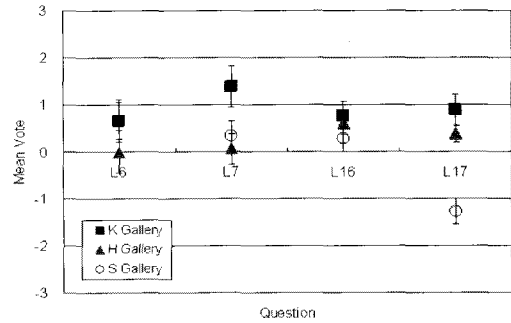


Fig. 11 Responses on visual stimulus.

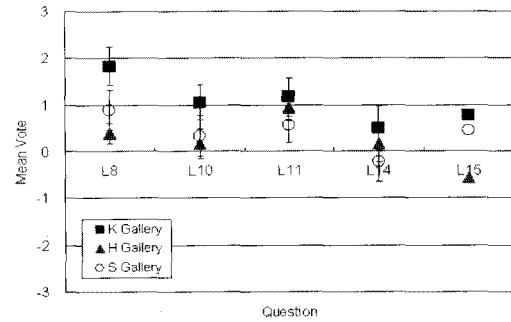


Fig. 12 Responses on visual comfort.

측정된 조도값이 낮은 S 미술관의 경우, 조명조건의 밝음(L2)에 대한 응답평균은 -0.39로 나타나 약간 어두운 조건을 형성하는 것으로 나타났다. 응답자들은 K 미술관 조명조건을 밝은 것으로 감지하였고(L2, M = 1.33, SD = 1.64), 주어진 조명조건에 만족하는 정도(L19)가 응답평균 1.61로 가장 높게 나타났다. S 및 H 미술관의 조명조건에 대한 만족도는 응답평균 0.27의 차이를 나타내어 유사하게 분포하였다. 이는 전시실에서 측정된 조도 및 휘도 분포가 H 미술관의 경우 가장 높게 나타났고, 상대적으로 S 미술관의 경우 가장 낮게 나타나 발생된 것으로 판단된다.

시각적인 자극에 대한 반응은 전반적으로 K 미술관에서 약하게 나타난 것으로 분석되었다. Fig. 11에 명시된 것과 같이 벽면 및 회화작품으로부터 피험자들은 눈부심(glare)현상을 감지하는 경우가 없는 것으로 분석되었다(L6, M = 0.67, SD = 1.88). 이러한 반응은 시각적인 편안함(visual comfort)에 영향을 주어 K 미술관에서 응답자들은 시각적으로 가장 편안함을 감지하는 것으로 분석되었다(L7, M = 1.39, SD = 1.82).

회화작품에 부착된 설명용 글자를 보기에는 전체적인 조도가 낮았던 S 미술관에서 가장 불리한 조건이 형성된 것으로 나타났다(L17, M = -1.28, SD = 1.18). 수직면 조도 분포가 가장 높게 나타났던 H 미술관의 경우 벽면으로부터 눈부심은 피험자에게 심각하게 감지되지 않았지만(L7, M = 0.00, SD = 1.67), 글자를 감지하기에 K 미술관 조건보다는 불리한 것으로 분석되었다(L7, M = 0.39, SD = 0.78). 이러한 반응으로 인하여 피험자들의 시각적인 편안함은 H 및 S 미술관에서 양호한 범위를 보이지 않은 것으로 판단된다(L7, M = 0.06, SD = 1.39~M = 0.33, SD = 1.37).

시각적 피로도, 자극정도 및 만족도(visual satisfaction)에 대한 피험자들의 반응은 K 미술관의 경우 상대적으로 긍정적인 것으로 분석되었다. Fig. 12에 나타난 것과 같이 벽면과 회화작품으로부터 반사되는 빛의 정도는 K 미술관에서 가장 낮은 것으로 응답되었으나(L15, M = 0.78, SD = 2.05), 절대적인 조도분포가 높게 나타난 H 미술관에서는 반사되는 빛이 감지되는 것으로 분석되었다(L15, M = -0.56, SD = 1.69). 반사되는 빛의 감지 정도는 3개 미술관에서 각기 다르게 나타났으나, 이로 인한 눈의 피로 정도는 크게 차이하지 않는 것으로 나타났다(L14,

M = -0.22, SD = 1.56~M = 0.50, SD = 1.76).

시각적인 산만감(distraction)은 K 미술관에서 가장 약한 것으로 나타났다(L10, M = 1.06, SD = 1.73). 이는 조도가 가장 높았던 H 미술관과 조도가 가장 낮았던 S 미술관에서 감지되는(L10, M = 0.17, SD = 0.99~M = 0.33, SD = 1.81) 것으로 나타나, 조도 및 휘도 분포가 시각적인 산만감에 영향을 주는 것을 알 수 있다. 이와 같은 시각적인 자극은 전반적인 시각적인 만족도(visual satisfaction)에 영향을 준 것으로 분석되었다. 자극정도가 낮게 분포되었던 K 미술관에서 시각적인 만족도는 가장 높게 나타났다(L8, M = 1.83, SD = 1.42). 반면, H 및 S 미술관에서 만족도는 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 시각적인 만족도는 시각적으로 자극을 주는 요인에 의하여 유효하게 영향을 받는 것을 의미한다.

분석 내용을 요약하면, 벽면에서의 수직조도가 200~300 lx로 조성되는 조건이 회화작품을 감상하는데 있어 시각적인 편안함(visual comfort)을 유지하는 효과적인 조명환경이 된다. 또한 연속적으로 전시되어 있는 각 회화작품간의 수직조도차이가 50 lx 이하로 균등하게 이루어지는 경우, 조도변화에 따른 시각적인 자극이 감소되는 것을 의미한다. 이는 목표면의 조도변화 범위가 200 lx 미만으로 유지되어야 한다는 점에서 사무실공간을 대상으로 기존연구에서 분석된 결과와 유사하다.^(5,6)

시각적인 만족도(visual comfort)에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 다중선형 회귀분석(multiple linear regression)이 실시되었다. 시각적 만족도를 종속변수로 가정하였고, 시각적 반응에 대한 응답을 독립변수로 가정하여 예측식을 결정하였다. 예측식에 대한 분석결과는 Table 6에 명시되어 있으며, 이는 신뢰도 수준 0.01범위에서 유효한 것으로 나타났다. 예측모델식에 의하면 시각적인 만족도는 대상이 명확하게 보이는 정도, 눈부심의 감지 정도, 시각적인 자극의 변화, 빛의 변화정도 및 벽면에서부터 반사되는 빛에 의하여 영향을 받는 것으로 분석되었다. 특히 대상이 명확하게 보이는 정도에 대한 반응이 다른 요인에 비교하여 시각적인 만족도에 우세하게 영향을 주는 것으로 분석되었다. 모델식에 대한 결정계수(r^2)가 0.8904로 나타났으며, 이는 고려된 5개의 시각적 반응을 이용하여 시각적인 만족도를 예측하는 경우 변화량(error variation)은 89.84% 감소하여 유효하게 적용되는 것을 의미한다.⁽⁷⁾

Table 6 Relationship between visual responses and visual comfort(L7)

Variable	U.C		t	Sig.
	B	S.E		
Constant	-0.437	0.11	-3.96	0.00
L3	0.444	0.06	7.82	0.00
L6	0.185	0.07	2.77	0.01
L11	0.374	0.07	5.63	0.00
L13	-0.286	0.06	-4.97	0.00
L15	0.270	0.05	4.92	0.00
ANOVA	$r^2 = 0.8904,$ $F(5,48) = 70.00, \text{Sig.} = 0.00$			

Note) UC : Unstandardized Coefficient.

S.E : Std. Error.

3.4 자가 피로도 변화 및 조명의 영향

피험자들이 각 미술관에서 회화작품을 감상 후 감지한 피로도의 반응은 조명조건 및 시각적 반응에 따라 변화하였다. 피로도 설문내용에 대한 피험자들의 응답은 Fig. 13~Fig. 16에 나타나 있다. 그래프의 가로축에는 Table 2에 명시된 설문항목 번호가 나타나 있으며, 세로축에는 응답척도가 나타나 있다. 그래프의 각 점은 설문에 참가한 18명의 피험자가 응답한 값의 평균값이다.

신체적인 피로도는 Fig. 13에 명시된 것과 같이 조명조건이 다른 3개의 미술관에서 차이를 보이고 있다. 일반적으로 조명조건이 시각적인 자극에 많은 부정적인 영향을 주지 않았던 K 미술관에서 신체적인 피로도는 전반적으로 약하게 나타나고 있으며, 두통에 관한 피로도가 상대적으로 낮게 것으로 나타났다(A1, M = 1.22, SD = 1.55). 특히 조도가 높게 분포하였던 H 미술관의 경우 눈의 피곤함 정도가 가장 높게 나타났다(A4, M = -0.33, SD = 1.61). 반면, 조도가 낮았던 S 미술관의 경우 눈의 피곤함 정도가 상대적으로 낮게 나타나(A4, M = 0.11, SD = 1.49), 과도한 조도로 인한 벽면으로부터의 반사가 눈의 피로도에 유효한 영향을 준 것으로 판단된다.

정신적인 피로도는 Fig. 14~Fig 15에 명시된 것과 같이 두 개의 설문항목(B1, B2)을 제외하고 일반적으로 유사한 응답범위를 보이고 있다. 조명조건의 차이는 피험자들의 생각을 집중하는데 유효한 영향을 준 것으로 분석된다. 가장 높은 조도분포를 보였

던 H 미술관의 경우 생각의 집중도가 높지 않았으나(B1, M = -0.28, SD = 1.18), 시각적인 자극이 낮게 평가되었던 K 미술관의 경우 회화작품을 감상하는데 더욱 효과적으로 집중이 이루어진 것으로 나타났다(B1, M = 1.06, SD = 1.39). 생각이 집중되지 않는 정도는 산만하게 느껴진다는 응답과 유사한 분포를 나타내었다. 시각적으로 산만하다는 느낌은 조도가 가장 높았던 H 미술관의 경우 가장 높았으며(B4, M = 1.39, SD = 1.38), K 미술관의 경우 가장 낮게 나타났다(B4, M = 0.67, SD = 1.50).

신경감각적인 피로도는 Fig. 16에 명시된 것과 같이 전반적으로 심각하게 발생하지 않은 것으로 나타났다. 이는 조명조건이 다르게 유지되었던 3개의 미술관에서 유사한 범위의 변화를 나타내어, 조명 조건의 변화에 따라 유효하게 영향을 받지 않는 것으로 분석된다. 조명조건이 변화하여도 두뇌의 활동과 연관이 있는 심리적인 산만감 및 두통에 대한 응답은 각 미술관에 대하여 유사한 범위내 이내로 나타났다(C1, M = 1.11, SD = 1.84~M = 1.22, SD = 1.77).

미술관에서 회화작품 관람시 조명조건이 변화되는 경우 발생하는 피로도의 변화와 시각적인 반응의 관계는 다중선형 회귀분석방법이 적용되어 분석되었다. 시각적인 반응이 독립변수로 고려되었고 각 피로도 감각의 변화가 종속변수로 가정되어 회귀식에 적용되었다. 분석결과는 Table 7~Table 9에 나타나 있으며, 각 예측식은 신뢰도 수준 0.01에서 유효한 것으로 분석되었다.

신체적인 피로도에서 가장 중요하게 고려되는 눈의 피로도(A4)는 대상이 명확하게 보이는 정도, 관람시 발생하는 눈부심정도, 시각적인 만족도 및 조명으로부터 받는 자극의 변화에 의하여 유효하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 눈의 피로도는 벽면 및 회화작품으로부터 발생하는 시각적인 자극의 정도(L11) 및 시각적 편안함(L7) 가장 많은 영향을 받는 것으로 분석되었다. 예측식에 대한 결정계수(r^2)는 0.8305로 나타나 네 가지 독립변수가 적용되어 눈의 피로도를 예측하는 경우, 예측에 대한 변화량(error variation)이 83.05% 감소하는 것을 의미한다. 예측모델식에 대한 검증 결과는 신뢰도 수준 0.01 이하에서 유효한 것으로 인정되어 적용된다.⁽⁷⁾

정신적 피로도 중에서 생각이 집중되지 않는 정도(B1)는 실내공간의 어두운 정도, 시각적인 만족도, 눈의 피곤함 및 조명색에 대한 만족도에 영향을

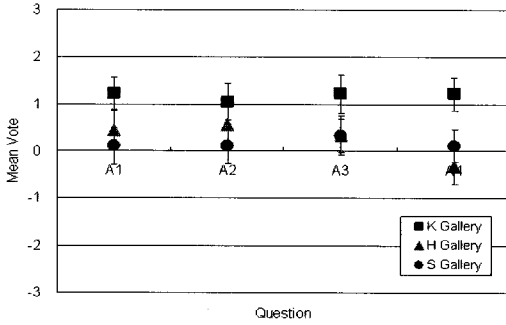


Fig. 13 Responses on physical fatigue.

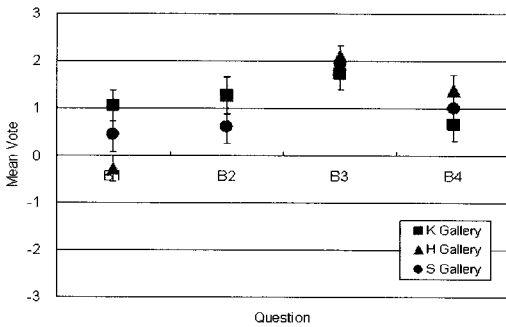


Fig. 14 Responses on psychological fatigue I.

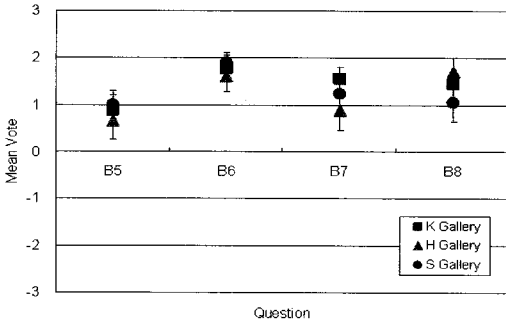


Fig. 15 Responses on psychological fatigue II.

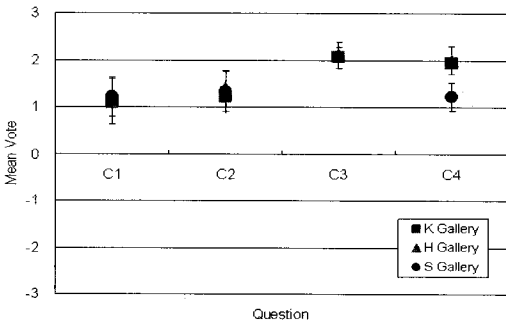


Fig. 16 Responses on neurosensory fatigue.

Table 7 Relationship between visual responses and physical fatigue A4

Variable	U.C		t	Sig.
	B	S.E		
Constant	-0.557	0.12	-4.59	0.00
L3	0.298	0.09	3.34	0.00
L6	-0.326	0.09	-3.68	0.00
L7	0.573	0.14	4.22	0.00
L11	0.503	0.09	5.73	0.00
ANOVA	$r^2 = 0.8305,$ $F(4,49) = 60.04, \text{Sig.} = 0.00$			

Note) UC : Unstandardized Coefficient.

S.E : Std. Error.

Table 8 Relationship between visual responses and psychological fatigue B1

Variable	U.C		t	Sig.
	B	S.E		
Constant	0.478	0.18	2.62	0.00
L2	0.375	0.08	4.90	0.00
L8	0.469	0.13	3.52	0.00
L14	0.559	0.10	5.36	0.00
L19	-0.752	0.14	-5.27	0.00
ANOVA	$r^2 = 0.6832,$ $F(4,49) = 26.42, \text{Sig.} = 0.00$			

Table 9 Relationship between visual responses and psychological fatigue B6

Variable	U.C		t	Sig.
	B	S.E		
Constant	1.775	0.16	11.17	0.00
L3	0.297	0.08	3.53	0.00
L14	0.357	0.10	3.70	0.00
L16	0.449	0.15	3.10	0.00
L19	-0.527	0.14	-3.66	0.00
ANOVA	$r^2 = 0.5640,$ $F(4,49) = 15.84, \text{Sig.} = 0.00$			

받으며 변화되는 것으로 분석되었다. 독립변수로 고려된 네 가지 요인은 시각적인 자극에 관련된 인자에 포함되므로, 시각적인 반응이 정신적인 피로도에 미치는 영향은 유효한 것으로 판단된다. 또한 모델식의 결정계수가 0.6832로 나타나 고려된 변수

간의 상관성은 유효한 것으로 분석되었다. 이는 4개의 변수를 적용하여 생각이 집중되는 정도를 예측하는 경우, 예측에 대한 변화량(error variation)이 68.32% 감소하는 것을 의미한다.

한편, 신경질적인 감정이 발생하는 정도(B6)의 변화는 대상이 명확하게 보이는 정도, 눈의 피로함, 조명의 질(quality) 및 조명기기로부터 발생하는 색에 대한 만족도에 의하여 영향을 받는 것으로 분석되었다. 예측식에 대한 결정계수는 0.5640으로 높게 나타나지는 않았으나 고려된 각 변수간에 상관성은 유효한 것으로 분석되었다.

본 연구에서 고려된 조명환경 변화시 발생하는 시각적인 반응과 이로 인한 피로도 변화의 상관성은 유효한 것으로 분석되었다. 예측식에 의하면, 피로도의 변화는 주로 시각적인 자극을 발생하는 인자에 의하여 유효하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 미술관과 같은 회화작품이 전시된 공간에서 시각적인 자극을 발생할 수 있는 인자는 관람객의 피로도절감을 위하여 효과적으로 제어되어야 함을 의미한다. 특히, 조명설계시 대상을 명확하게 식별할 수 있는 정도, 눈부심 발생가능성, 시각적인 만족도 및 눈의 피곤함, 조명기기로부터 발생하는 시각적인 자극정도 및 색상의 변화를 고려하여 전반적인 조명의 질이 고려되어야 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 3개의 미술관 전시실을 대상으로 회화작품 관람시 조명조건의 변화에 의하여 발생하는 시각적인 반응 및 피로도에 관한 분석이 이루어졌다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 벽면의 수직조도가 200~300 lx로 조성되는 조건이 회화작품을 감상하는데 있어 시각적인 편안함(visual comfort)을 유지하는 효과적인 조명환경으로 나타났다. 또한, 연속적으로 전시되어 있는 각 회화작품간의 수직조도 차이가 50 lx 이하로 균등하게 유지되면 회화작품을 감상하는데 있어 시각적인 불편함이 없는 것으로 나타났다.

2) 시각적인 반응에 관한 다중선형 회귀분석결과 시각적인 편안함은 대상이 명확하게 보이는 정도, 시각적인 자극의 변화, 빛의 변화되는 정도에 따른 조도의 변화 및 벽면으로부터 반사되는 빛에 의한 눈부심의 감지 정도에 유효하게 영향을 받는 것으

로 분석되었다. 따라서 회화작품이 전시되는 미술관에서 시각적인 편안함을 유지하기 위한 조명설계는 위의 4가지 인자를 종합적으로 고려되어 이루어져야 한다.

3) 신체적인 피로도에서 가장 중요하게 고려되는 눈의 피로도는 대상이 명확하게 보이는 정도, 관람시 발생하는 눈부심정도, 시각적인 만족도 및 조명기기로부터 받는 시각적 자극의 변화에 의하여 유효하게 영향을 받는 것으로 분석되었다. 이는 시각적인 만족도와 관련이 있는 눈의 피로도를 최소화 하는 미술관 조명조건을 유지하기 위하여 대상이 명확하게 보일 수 있도록 눈부심(glare)없는 조명환경이 설정되어야함을 의미한다.

4) 정신적 피로도 중에서 중요하게 고려되는 생각이 집중되지 않는 정도에 대한 반응은 실내공간의 어두운 정도, 시각적인 만족도, 눈의 피곤함 및 조명색에 대한 만족도에 영향을 받으며 변화되는 것으로 분석되었다. 한편, 신경질적인 감정이 발생하는 정도의 변화는 대상이 명확하게 보이는 정도, 눈의 피로함, 조명의 질(quality) 및 조명기기로부터 발생하는 색에 대한 만족도에 의하여 영향을 받는 것으로 분석되었다.

5) 미술관에서 조명조건이 변화하는 경우, 피로도의 변화는 시각적인 자극을 발생하는 인자에 의하여 유효하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히, 대상을 명확하게 식별할 수 있는 정도, 눈부심 발생가능성, 시각적인 만족도 및 눈의 피곤함을 초래하는 조명기기로부터 시각적인 자극정도 및 색상의 변화 등이 조명 설계에 효과적으로 반영되어야 한다.

5. 연구의 한계점 및 향후연구

본 연구에서는 제한된 미술관의 회화작품 전시실을 대상으로 조명 조건의 변화에 따른 시각적인 반응 및 피로도의 변화에 대한 분석이 이루어졌다. 미술관에는 각기 다른 조명조건이 적용될 수 있으므로 보다 다양한 조명환경에서 관람객의 반응에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 제한된 연령대에 있는 20대 대학생을 피험자로 선정하여 연구가 진행되었으므로 연구결과가 국한적으로 적용될 수 있다. 따라서 보다 넓은 연령대에 있는 많은 피험자를 대상으로 하여 추가적인 연구가 진행될 필요성이 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Thomson, D., 1993, Considering the Museum Visitor : An Interactional Approach to Environmental Design(Visitor Immersion), Ph.D Dissertation, The University of Wisconsin-Milwaukee, USA.
2. Jung, J. and Lee, K., 2004, A Study on Relationship of Physical Environment and Museum Fatigue, Journal of Korea Institute of Architecture, Vol. 20, pp. 87-94.
3. Konica Minolta, 2008 Illuminance and Luminous meter operation manual.
4. Rea, M., 2002, IESNA Handbook 9th editions, The Illuminating Engineering Society of North America, USA.
5. Kim, S. and Kim, J., 2007 Influence of light fluctuation on occupant visual perception, Building and Environment, Vol. 42, pp. 2888-2899.
6. Kim, S. and Kim, J., 2007 The Effect of Fluctuating Illuminance on Visual Sensation in a Small Office Environment, Indoor and Built Environment, Vol. 16, pp. 331-343.
7. Neter, J., Kutner, M., Nachtsheim, S. and Wasserman, W., 1996, Applied linear statistical models, WBC McGraw-Hill New York.