

# 음압에 의해 생성된 멍 촬영을 위한 적외선 광원과 필터 조합에 관한 연구

## Combination of Infrared Light Source and Barrier Filter for Suction Bruise Photography

김주은, 김지연, 전소영, 김은아, 유제설  
순천향대학교 법과학대학원

Ju-Eun Kim(june0501@nate.com), Ji-Yeon Kim(rainbow0856@naver.com),  
So-Young Jeon(soyoung6753@gmail.com), Eun-A Kim(aawt09@naver.com),  
Je-Seol Yu(haplf@naver.com)

### 요약

학대나 폭력을 입증할 수 있는 증거 중 하나인 멍은 크게 외력에 의한 것과 음압에 의한 것으로 나뉜다. 외력에 의해 생성된 멍에 관한 연구는 많지만, 음압에 의해 생성된 멍에 관한 연구는 적다. 적외선 광원으로 멍을 촬영한 선행연구들을 살펴보면 하나의 적외선 광원과 필터만을 사용하여 실험했다는 문제점이 있다. 본 실험의 연구자들은 적외선 광원과 필터의 조합에 따라 멍의 촬영 결과물이 다른 양상을 보일 것으로 생각하였다. 따라서 세 종류의 적외선 광원과 다섯 종류의 적외선 필터를 사용하여 음압에 의해 생성된 멍을 촬영하는데 최적의 조합을 찾고자 하였다. 그 결과 750 nm 영역을 포함하는 텅스텐과 이 영역을 투과시키는 필터인 Kodak Wratten #18A를 사용했을 때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

■ 중심어 : | 멍 | 적외선 | 광원 | 텅스텐 | 필터 | 음압 |

### Abstract

Bruise caused by damages through physical compression and suction is one of evidences that can prove abuse or assault. It is essential for taking photography to prove a crime. Some studies about the Infrared (IR) light source have limitations that only one IR light source and one barrier filter were used. To find the best combination of filters and IR light sources, we produced suction bruise artificially and used three IR light sources and five barrier filters. Consequently, we found that the best combination is using a tungsten lamp and Kodak Wratten #18A barrier filter.

■ keyword : | Bruise | Infrared | Light Source | Tungsten | Barrier Filter | Suction Bruise |

## I. 서론

학대나 폭력행위를 입증하는 증거로 사용될 수 있는 멍은 세포조직이 파괴되거나 내부 출혈이 발생하여 피

하에 국소적으로 피부 색상변화가 일어난 것을 말한다 [1][2]. 멍은 시간이 지날수록 적혈구 내에 있는 헴(heme)의 색이 변함에 따라 멍이 얼어지게 되고 점차 사라진다[3]. 따라서 범죄를 입증하는 수단으로 사용하

\* 본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.

접수일자 : 2016년 08월 19일  
수정일자 : 2016년 09월 21일

심사완료일 : 2016년 09월 21일  
교신저자 : 유제설, e-mail : haplf@naver.com

기 위해서는 멍이 사라지기 전에 사진으로 기록해야 한다[4].

멍은 발생기전에 따라 외부충격에 의해 생성된 멍[5][6]과 음압에 의해 생성된 멍으로 나눌 수 있다[6][7]. 음압에 의해 생성된 멍은 성폭행 사건 등에서 발생하는 흡입에 의한 멍을 뜻하고 흔히 ‘키스마크(hickey)’라고 불린다[8][9]. 선행연구들을 살펴보면 외부의 충격으로 생성되는 멍에 관한 연구는 활발하게 진행되어 왔지만 [4][5][10][11] 성폭행 사건 등에서 발생할 수 있는 음압에 의해 생성된 멍에 관한 연구는 미비하다[6].

멍은 가시 영역인 400-700 nm에서 눈으로 관찰할 수 있지만, 선행연구들에서 멍을 촬영할 때에는 백색광을 사용한 촬영과 비가시 영역인 자외선(Ultraviolet)이나 적외선(Infrared)을 이용하여 눈으로 관찰할 수 없는 부분까지 카메라를 통해 촬영할 것을 권장하고 있다 [5][12][13]. 자외선은 가시선에 비해 피부 표면을 더 자세하게 관찰할 수 있고 적외선은 피부 아래 3 mm까지 투과되어 피하조직까지 관찰할 수 있다[5][14]. 하지만 I. Quinones 외의 연구에 따르면 멍을 자외선으로 기록한 경우보다 적외선으로 기록한 경우가 상대적으로 더 효과적이었으므로[5] 이 연구에서는 적외선 광원을 사용하여 촬영하였다.

적외선 영역에서 멍을 촬영한 선행연구들을 살펴보면 I. Quinones 외의 연구에서는 hot mirror 필터를 제거한 적외선 카메라를 사용하여 보라색이나 파란색 멍을 더 높은 대조비로 촬영하였고, 어두운 피부에서 밝은 피부보다 더 높은 대조비로 멍을 촬영할 수 있음을 확인하였다[5]. 하지만 이 실험에서 사용된 적외선 광원과 필터가 명시되어 있지 않아 재현할 수 없다는 문제점이 있다. C. Tetley의 연구에서는 적외선 카메라가 아닌 일반 카메라에 Kodak Wratten #87 필터를 장착하고 800-900 nm 파장의 광원을 사용하여 멍을 촬영한 결과 가시영역보다 대조비가 낮음을 확인하였다[15]. P. Rowan 외의 연구에서는 hot mirror 필터를 제거한 카메라로 태양광을 이용하여 눈으로는 보이지 않는 멍을 관찰한 결과 10명 중 한 명의 피험자에게서만 멍을 관찰할 수 있었다[16]. G. S. Golden의 연구에서는 hot mirror 필터를 제거한 적외선 카메라에 Kodak Wratten

#87 필터를 장착하고 백색광을 사용하여 멍을 촬영한 결과 백색광만으로도 적외선 촬영을 할 수 있었다. 하지만 가시 영역의 사진에 비해 적외선 사진의 경우 멍의 디테일이 떨어진다는 것을 확인하였다[17].

선행연구들에서는 다양한 광원과 필터를 사용하지 않아 적외선 촬영 시 누락되는 파장이 있을 수 있다는 문제가 있기 때문에 선행연구들에서 얻은 결과가 적외선으로 멍을 촬영하기 위한 최적의 조합이라고 확신할 수 없다. 광원과 차폐필터의 조합에 따라 투과되거나 차단되는 파장이 달라지고 이는 결과물의 품질을 향상시키거나 저하시킬 수 있다. 시중에는 다양한 파장의 적외선 광원과 필터가 판매되고 있고 이에 본 실험의 연구자들은 이를 이용하여 적외선으로 멍을 촬영하는데 더 나은 광원과 필터의 조합을 제시할 수 있을 것으로 생각하였다.

본 연구에서는 성폭행 사건에서 발견될 수 있는 음압에 의해 생성된 멍에 관한 연구를 하기 위해 음압 장치를 사용하여 멍을 만들고 세 종류의 적외선 광원 (팅스텐, LED 850 nm, LED 950 nm)과 다섯 종류의 적외선 필터(Kodak Wratten #18A, Kodak Wratten #70, Kodak Wratten #87A, Kodak Wratten #88A, Kodak Wratten #89B)를 사용하여 음압으로 생성된 멍을 적외선으로 촬영하기 위한 최적의 광원과 필터 조합을 찾았다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 멍 만들기

본 연구에서는 M. L. Piling 외의 연구를 참고하여[6] 20대 여성 피험자 1명에게 지름 5 cm인 DP-B (Daekun, Korea) 부항기를 이용하여 멍을 만들었다. 피험자의 왼쪽 등에 부항기를 흡착한 후, 실린더를 3번 당겨 부항기 내의 공기를 제거하였다. 약 30분 후에 부항기를 제거하였다.

### 2. 촬영

멍을 만든 직후부터 12시간 간격으로 멍이 더 이상

관찰되지 않을 때까지 (0시간, 12시간, 24시간, 36시간, 48시간, 60시간, 72시간) 적외선 광원과 필터를 사용하여 촬영하였다.

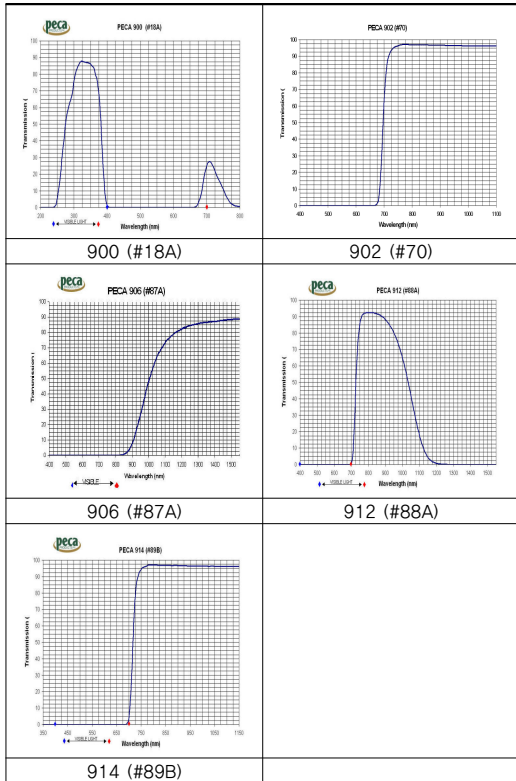


그림 1. 필터별 투과 파장[18]

적외선 광원으로는 KRYPTON-13 (Ilkwang, Korea) 텡스텐, Polilight Flare Plus 2 850 nm, Polilight Flare Plus 2 950 nm (Rofin, Australia) 세 가지를 사용하였다. 텡스텐은 피험자의 멍과 근접한 위치에서 비추었고 좁은 영역을 강한 빛으로 비추는 850 nm와 950 nm 광원은 핫스팟이 생기는 것을 방지하기 위하여 카메라와 인접한 거리에서 비추었다. Hot mirror 필터를 제거한 D7000 (Nikon, Japan)를 사용하였고, AF-S MICRO 105 mm 1:2.8G ED 렌즈 (Nikon, Japan) 앞에 적외선 필터인 900 (#18A), 902 (#70), 906 (#87A), 912 (#88A), 914 (#89B) (Peca, USA)를 장착하여 매뉴얼 모드에서 노출 값을 ISO200, F/22로 고정하고 광원과 필터 조합

에 따라 [표 1]과 같이 셔터스피드를 조절하여 촬영하였다. 각 필터의 투과 파장은 [그림 1]과 같다[18].

표 1. 광원과 필터 조합에 따른 셔터스피드 (\*단위는 초)

	900	902	906	912	914
텡스텐	1.3	1/15	2	1/13	1/13
850	1/1.3	1/80	1/2	1/60	1/60
950	2	1/40	1/10	1/30	1/30

### 3. 사진 평가 기준

적외선 광원을 사용하여 촬영한 멍의 가시화 정도를 평가하기 위하여 법과학 교육을 받은 20명을 평가자로 선정하였다. 광원과 필터의 조합별로 촬영된 사진을 [표 2]의 기준을 보고 평가하도록 하였다. 평가 기준표는 M. M. Lecomte 외의 연구를 참고하여 기준을 설정하였다[4].

표 2. 멍과 피부 사이의 대조비에 따른 평가 기준표

점수	세부사항
0	보이지 않음
1	희미하게 윤곽만 보임
2	전체적으로 보이거나 멍과 피부 사이의 대조비가 약함
3	전체적으로 보이거나 멍과 피부 사이의 대조비가 보통
4	전체적으로 보이거나 멍과 피부 사이의 대조비가 좋음

### 4. 프로그램을 이용한 증강

평가 결과 점수가 높았던 광원과 필터 조합의 사진을 Adobe Photoshop CS6의 명도/대비 조정기능과 RGB 곡선 조정기능을 이용하여 증강하였다.

## III. 결과

평가자들의 평가 결과를 합산하여 평균과 표준편차를 [표 3]에 나타내었다.

[표 4]는 [표 3]의 평균들을 광원과 필터의 조합별로 합산하여 나타낸 결과이다. 텡스텐은 906 (#87A) 필터를 제외한 나머지 네 개의 필터에서 11점 이상의 점수를 얻었고, 850 nm 광원은 모든 필터 조합에서 약 10점

의 점수를 얻었다. 950 nm 광원은 모든 필터조합에서 약 7~8점대의 점수를 얻었다.

가장 높은 점수를 받은 광원과 필터의 조합은 텅스텐-900 (#18A)이었고 그다음으로 높은 점수를 받은 광원과 필터의 조합은 텅스텐-902 (#70)이었다.

표 3. 멍 생성 후 시간 경과에 따른 광원과 필터 조합별 점수의 평균과 표준편차 (\*괄호 값은 표준편차, h는 시간)

0 h	900	902	906	912	914
텅스텐	3.9 (0.3)	3.9 (0.4)	3.8 (0.5)	3.6 (0.7)	3.7 (0.5)
850 nm	3.6 (0.6)	3.7 (0.6)	3.5 (0.7)	3.5 (0.7)	3.5 (0.7)
950 nm	3.7 (0.6)	3.7 (0.6)	3.6 (0.6)	3.5 (0.7)	3.7 (0.6)
12 h	900	902	906	912	914
텅스텐	3.0 (0.8)	2.6 (0.8)	1.8 (1.0)	2.7 (0.9)	2.8 (0.9)
850 nm	2.6 (0.9)	2.3 (1.0)	2.1 (1.1)	2.1 (1.0)	2.2 (1.2)
950 nm	2.0 (1.1)	1.9 (1.1)	1.9 (1.2)	1.8 (1.1)	1.9 (1.1)
24 h	900	902	906	912	914
텅스텐	2.0 (0.7)	1.9 (0.8)	0.9 (0.5)	1.6 (0.7)	1.6 (0.7)
850 nm	1.5 (0.7)	1.5 (0.6)	1.5 (0.6)	1.5 (0.6)	1.6 (0.7)
950 nm	1.5 (0.7)	1.5 (0.7)	0.7 (0.6)	0.6 (0.6)	1.3 (0.8)
36 h	900	902	906	912	914
텅스텐	1.8 (0.9)	2.0 (0.7)	0.9 (0.6)	1.8 (0.7)	2.0 (0.7)
850 nm	1.6 (0.7)	1.5 (0.5)	1.9 (0.8)	1.7 (0.6)	1.5 (0.9)
950 nm	0.7 (0.7)	0.6 (0.6)	0.8 (0.5)	0.7 (0.5)	0.9 (0.6)
48 h	900	902	906	912	914
텅스텐	1.7 (0.9)	1.5 (0.8)	0.3 (0.6)	0.7 (0.6)	1.0 (0.4)
850 nm	0.7 (0.6)	0.6 (0.5)	1.1 (0.6)	1.0 (0.7)	0.8 (0.4)
950 nm	0.2 (0.4)	0.1 (0.2)	0.1 (0.2)	0.4 (0.5)	0.3 (0.6)
60 h	900	902	906	912	914
텅스텐	0.9 (0.7)	0.7 (0.5)	0.1 (0.2)	0.6 (0.5)	0.5 (0.6)
850 nm	0.2 (0.4)	0.1 (0.3)	0.3 (0.4)	0.1 (0.3)	0.2 (0.4)
950 nm	0.1 (0.2)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.1 (0.3)
72 h	900	902	906	912	914
텅스텐	0.3 (0.5)	0.3 (0.4)	0.1 (0.2)	0.2 (0.4)	0.2 (0.4)
850 nm	0.0 (0.0)	0.2 (0.4)	0.1 (0.2)	0.1 (0.2)	0.2 (0.4)
950 nm	0.1 (0.3)	0.1 (0.2)	0.2 (0.4)	0.1 (0.3)	0.1 (0.2)

표 4. 광원과 필터 조합별 점수 평균의 합

	900	902	906	912	914
텅스텐	13.5	12.7	7.8	11.1	11.7
850 nm	10.0	9.8	10.2	9.8	9.9
950 nm	8.1	7.8	7.1	7.0	8.1

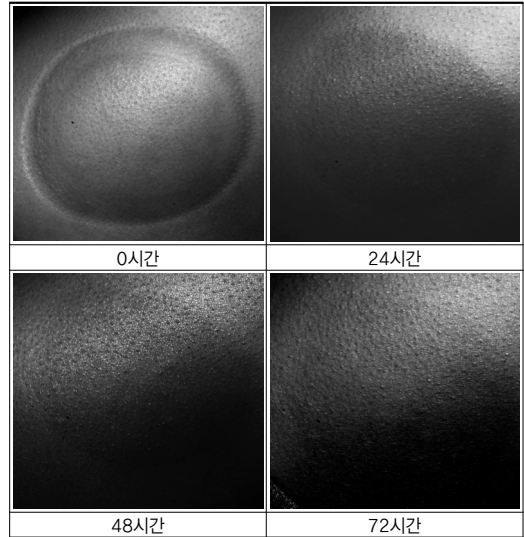


그림 2. 텅스텐-900 (#18A)의 광원-필터 조합으로 촬영한 사진을 포토샵으로 증강한 결과

[그림 2]는 [표 4]에서 가장 높은 점수를 받은 텅스텐-900 (#18A)의 조합으로 촬영한 사진을 포토샵으로 증강하여 시간 경과에 따라 나타낸 결과이다.

#### IV. 고찰 및 결론

본 실험은 음압으로 생성된 멍을 촬영할 때 최적의 적외선 광원과 필터의 조합을 찾기 위해 진행되었다.

[표 4]의 결과에 따르면 850 nm 또는 950 nm의 광원을 사용하였을 때보다 텅스텐을 사용하였을 때 멍을 더 잘 관찰할 수 있었다. F. D. Wright와 G. S. Golden의 연구를 보면 파장에 따라 피부를 투과하는 깊이가 다르고 약 750 nm 영역대에서 가장 깊이 투과된다고 언급되어있다[14]. 따라서 텅스텐이 850 nm와 950 nm 광원에 비해 750 nm 영역의 빛을 많이 포함하고 있기 때문

에 멍을 더 잘 관찰할 수 있었던 것으로 보인다.

950 nm 광원을 사용한 결과물은 전체적으로 낮은 점수를 받았는데 이는 텡스텐과 850 nm 영역의 광원에 비해 750 nm 영역의 빛이 적고 사진 촬영 시 핫스팟(hot spot)이 생겨 멍을 관찰하기 어려웠기 때문인 것으로 보인다.

텡스텐과 다섯 개의 필터 조합 중 906 (#87A) 필터와의 조합이 나머지 네 개의 필터 조합보다 점수가 낮았던 이유는 906 (#87A) 필터가 나머지 네 개의 필터와 달리 750 nm 부근의 영역을 투과시킬 수 없었기 때문이라고 생각된다. 이 역시 750 nm 영역대의 빛을 포함하는 텡스텐이 850 nm와 950 nm의 광원에 비해 멍을 더 잘 관찰할 수 있다는 결과와 일치한다.

결론적으로 성폭행사건에서 생성될 수 있는 음압에 의한 멍을 적외선으로 촬영할 때에는 750 nm 영역대를 포함하는 적외선 광원과 750 nm 영역대를 투과하는 필터를 사용하여 촬영하는 것이 권장된다. 하지만 외부 충격에 의한 멍은 생성기전이 다르므로 멍 촬영 시 적외선 광원과 필터의 조합 역시 달라질 수 있으므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

#### 참 고 문 헌

- [1] S. Maguire, M. K. Mann, J. Sibert, and A. Kemp, "Can you age bruises accurately in children? A systematic review," *Archives of disease in childhood*, Vol.90, No.2, pp.187-189, 2005.
- [2] K. Kaczor, M. C. Pierce, K. Makoroff, and T. S. Corey, "Bruising and physical child abuse," *Clinical Pediatric Emergency Medicine*, Vol.7, No.3, pp.153-160, 2006.
- [3] L. E. Otterbein and A. M. Choi, "Heme oxygenase: colors of defense against cellular stress," *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, Vol.279, No.6, pp.L1029-L1037, 2000.
- [4] M. M. Lecomte, T. Holmes, D. P. Kay, J. L. Simons, and S. K. Vintiner, "The use of photographs to record variation in bruising response in humans," *Forensic science international*, Vol.23, No.1, pp.213-218, 2013.
- [5] I. Quinones, "Photography of Faded or Concealed Bruises on Human Skin," *Journal of Forensic Identification*, Vol.63, No.1, pp.103-125, 2013.
- [6] M. L. Pilling, P. Vanezis, D. Perrett, and A. Johnston, "Visual assessment of the timing of bruising by forensic experts," *Journal of forensic and legal medicine*, Vol.17, No.3, pp.143-149, 2010.
- [7] J. Taylor and J. Kieser, *Forensic Odontology: Principles and Practice*, John Wiley & Sons, 2016.
- [8] C. Jack, "Interpretation of non-genital injuries in sexual assault," *Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology*, Vol.27, No.1, pp.103-111, 2013.
- [9] S. L. Lahoti, N. McClain, R. Girardet, M. McNeese, and K. Cheung, "Evaluating the child for sexual abuse," *American family physician*, Vol.63, No.5, pp.883-896, 2001.
- [10] M. Bernstein, G. Nichols, and J. Blair, "The use of black and white infrared photography for recording blunt force injury," *Clinical Anatomy*, Vol.26, No.3, pp.339-346, 2013.
- [11] E. D. Bariciak, A. C. Plint, I. Gaboury, and S. Bennett, "Dating of bruises in children: an assessment of physician accuracy," *Pediatrics*, Vol.112, No.4, pp.804-807, 2003.
- [12] 조형우, 고현서, 한상균, 유계철, "법광원을 이용한 복잡한 배경의 잠재지문 시각화 및 증강에 관한 연구," *한국콘텐츠학회논문지*, 제16권, 제3호, pp.72-80, 2016.
- [13] 김상기, 김유진, "법과학 분야에서 디지털 적외선 사진을 위한 노출 결정 방법," *한국콘텐츠학회논문지*, 제14권, 제2호, pp.191-191, 2014.
- [14] F. D. Wright and G. S. Golden, "The use of full spectrum digital photography for evidence

collection and preservation in cases involving forensic odontology," Forensic science international, Vol.201, No.1, pp.59-67, 2010.

[15] C. Tetley, "The photography of bruises," Journal of visual communication in medicine, Vol.28, No.2, pp.72-77, 2005.

[16] P. Rowan, M. Hill, G. A. Gresham, E. Goodall, and T. Moore, "The use of infrared aided photography in identification of sites of bruises after evidence of the bruise is absent to the naked eye," Journal of forensic and legal medicine, Vol.17, No.6, pp.293-297, 2010.

[17] G. S. Golden, "Standards and practices for bite mark photography," J Forensic Odontostomatol, Vol.29, No.2, pp.29-37, 2011.

[18] <http://www.ir-uv.com/iruv.html>

**전 소 영(So-Young Jeon)**

준회원



- 2015년 2월 : 부산대학교 물리학과(이학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학과 재학 중

<관심분야> : 지문, 법과학, 법광원

**김 은 아(Eun-A Kim)**

준회원



- 2015년 2월 : 경희대학교 유전공학과(이학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학과 재학 중

<관심분야> : 지문, 법과학, 법광원

**저 자 소 개**

**김 주 은(Ju-Eun Kim)**

준회원



- 2015년 2월 : 순천향대학교 화학과(이학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학과 재학 중

<관심분야> : 지문, 법과학, 법광원

**김 지 연(Ji-Yeon Kim)**

준회원



- 2015년 2월 : 경희대학교 유전공학과(이학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학과 재학 중

<관심분야> : 지문, 법과학, 법광원

**유 제 설(Je-Seol Yu)**

정회원



- 1998년 : 경찰대학 법학과(법학사)
- 2007년 : 경북대학교 법의학교실 수사과학대학원 과학수사진공(석사)
- 2015년 : 경기대학교 범죄학과(박사)

▪ 2009년 ~ 2011년 : 국립경찰대학 경찰학과 교수

▪ 2012년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 교수

<관심분야> : 지문, 법광원, 법과학