http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.06.194

배경에 따른 혈문증강 시약(Fuchsin Acid, Eosin-Y, Acid Yellow 7) 적용의 현출도 비교실험

Development Comparative Experiments of Blood Prints Enhancement Reagent (Fuchsin Acid, Eosin-Y, Acid Yellow 7)

김아람, 김우중, 정혜영
순천향대학교 법과학대학원

A-Ram Kim(boss510@hanmail.net), Woo-Joong Kim(under86@hanmail.net),
Hey-Young Jung(heyyo33@daum.net)

요약

강력사건에서 혈액지문은 범인과 피해자를 연결하는 중요한 증거물이기에 현재까지도 이에 대한 많은 실험과 연구가 이루어지고 있다. 과거부터 Fuchsin Acid와 Acid Yellow7간의 비교는 이루어져왔으나, Eosin-Y의 경우 국내에 조직염색시약으로만 알려졌을 뿐 직접적으로 지문에 적용된 사례가 없다. Fuchsin Acid는 특유의 붉은색으로 인해 밝은 배경에서 좋은 대조비를 보이지만, 어두운 배경에서는 Gel lifter를 적용해야 형광이 관찰되는 등 번거로움이 있다. 또한 Gel lifter 사용 시 지문의 좌우가 바뀌기 때문에 주의를 기울여야 한다. Acid Yellow 7은 노란색의 결과물이 현출되기 때문에 밝은 배경에서는 대조비가 좋지 않지만, 어두운 배경에서 매우 강한 형광을 나타냈다. Eosin-Y의 경우 분홍색의 결과물로 인해 밝은 배경에서 Acid Yellow 7에 비해 대조비가 좋았으며, 어두운 배경에서는 Fuchsin Acid 보다나은 형광이 관찰되었다. 물론 Eosin-Y가 밝은 배경에서의 Fuchsin Acid 및 어두운 배경에서의 Acid Yellow 7 형광에 비해서 효과성은 다소 떨어지나 배경에 구애받지 않는다는 장점이 있기에 현장에서 근무하는 수사요원에게는 보다 효과적인 혈액지문증강이 될 것이다.

■ 중심어 : | 혈액지문 | Fuchsin Acid | Eosin-Y | Acid Yellow 7 | Gel lifter |

Abstract

In serious crimes, bloody fingerprints are crucial evidence that make links between suspects and victims. There have been many studies related to bloody fingerprints for a long time. There are many comparative studies for effectiveness of Acid Fuchsin and Acid Yellow 7, but nothing about Eosin-Y in this country. Acid Fuchsin is a useful reagent that has unique red color distinguishing from light colored background. but it is useless on dark surfaces. In order to make it visible, we should use BVDA Gel lifters. On the contrary this, Acid Yellow 7 makes stronger fluorescence on a dark background. In this study, we got the conclusion that Eosin-Y is more useful than the others not only on dark background but also light background.

■ keyword : | Forensic Science | Fuchsin Acid | Eosin-Y | Acid Yellow 7 | Blood Prints | Gel Lifter |

접수번호 : #130329-002
접수일자 : 2013년 03월 29일
심사완료일 : 2013년 04월 26일
교신저자 : 김우중, e-mail : under86@hanmail.net

Ⅰ. 서 론

오늘날 수사기관은 DNA, 미세증거, 혈흔형태분석, 심리분석 등 다양한 루트를 통하여 사건의 진실에 접근한다. 과학의 발달은 새로운 수사기법의 발전을 도모하였으나 과거부터 사용되어진 지문을 통한 개인 식별은 현재까지도 범죄현장에서 신원을 확인하는 가장 유용한 방법으로 평가받고 있다. 특히 강력사건에서 혈액지문은 범인과 피해자를 연결하는 증거물이기에 그 활용가치는 매우 높다.

혈액지문의 특성상 지문의 형태를 육안으로 관찰하기 어렵지만, 혈액증강시약의 적용으로 가시성을 높일 수 있다. 대표적인 혈액증강시약으로 알려진 Luminol은 혈액반응의 민감도에서 매우 우수하지만 형광으로 반응하는 시간이 짧아 주로 혈흔의 존재여부와 위치를 확인하는 혈흔예비시약으로 사용되고 있다[8][9]. 이밖에 Amido black, LCV, Coomassie blue등의 다양한 시약이 현장에 유류된 미세한 혈액증거의 증강을 위해 사용되고 있다[1]. 하지만 Amido black, LCV, Coomassie blue 등의 시약은 블루계열의 어두운색으로 염색되어, 어두운 배경에서 혈액지문의 관찰이 쉽지 않아 형광시약의 필요성이 대두된다.

이에 본 연구에서는 혈액증강시약 중 형광관찰이 가능한 Fuchsin Acid와 Eosin-Y, Acid Yellow 7을 적용하여 혈액지문의 증강을 살펴보았다. 위 세가지 시약의 경우 앞서 문제시 된 어두운 배경에서의 혈액지문의 관찰이 가능하며, 밝은 배경에서 또한 혈액지문 관찰이 가능한 시약이다.

표 1. 혈흔시약의 장단점[12][13]

혈흔시약	장점	단점
Luminol 계열시약 (감지시약)	혈흔반응의 민감도가 뛰어남	반응지속 시간이 짧아 촬영에 어려움이 있음
Amido black (증강시약)	가장 오래되고 검증된 검정색의 혈액증강시약	어두운 배경에서의 사용이 어려우며 헹굼 절차가 복잡함
Coomassie blue (증강시약)	피부에 유류된 혈흔지문 증강에 유용한 블루계열의 시약	어두운 배경에서의 사용이 어려우며 다른 시약에 비해 독성이 강함
LCV (증강시약)	헤모글로빈과 반응하여 피부에 유류된 혈흔지문 증강에 유용한 보라색시약	어두운 배경에서의 사용이 어려움

Fuchsin Acid는 혈액속의 단백질을 염색시키는 시약으로 눈에 보이지 않는 혈흔지문과 족적을 어두운 붉은색으로 염색시켜 육안으로 볼 수 있게 해준다[10]. 특히 밝은 표면에 적용할 경우 표면과 현출된 지문간의 대조비가 높아 육안으로도 관찰이 용이하다. 그러나 Fuchsin Acid가 모든 표면에 적용 가능한 것은 아니다. Fuchsin Acid의 반응색인 어두운 붉은색으로 인해 붉은 배경과 어두운 배경의 표면에서는 육안으로의 관찰이 어렵다. 붉은 배경과 어두운 배경의 표면에서 Gelatin lifter를 사용하여 지문을 전사하면 형광관찰이 가능하며[2][11], 오랜 시간의 노출을 적용할 경우 Gelatin lifter를 사용하지 않고도 형광촬영이 가능하다.

이와 유사한 혈액 증강시약으로 Eosin-Y가 있다. Eosin-Y는 혈액에 있는 헤모글로빈(haemoglobin)의 Heme과 결합하여 주로 조직염색에 사용하였으나[3][14] 외국의 경우 Eosin-Y를 여타의 혈액증강시약과 유사한 적용방법으로 혈액지문을 증강하는데 사용하고 있다[4]. 다만 국내에서는 Eosin-Y에 대한 인식이 조직염색시약으로만 머물러 있으며, 여타의 혈흔시약과는 달리 판매되고 있지 않아, 이를 현장에 적용하고자 하는 경찰의 시도 또한 이루어지지 않았다. Eosin-Y는 붉은색을 띄는 산성염료로 혈액과 반응 시 옅은 황적색의 형광을 발한다[5]. 때문에 비다공성 표면에서 Fuchsin Acid와는 다르게 gelatin lifter의 전사절차 없이 짧은 시간의 노출로도 형광지문을 촬영할 수 있다.

Acid Yellow 7은 Fuschsin Acid와 유사하게 혈액의 단백질을 염색시켜 증강시키는 시약으로 비다공성 표면에서 적용이 가능하다[6]. Acid Yellow 7는 밝은 배경에서 시약 특유의 노란빛으로 인해 대조비가 매우 낮아 가시성이 떨어지지만 어두운 배경에서는 밝은 형광을 나타내기 때문에 어두운 배경에서의 혈문 증강시약으로 사용하기 좋다.

본 연구에서는 위에서 언급한 세 가지 혈흔 증강시약을 사용하여 그 장점과 단점들을 비교해보았다.

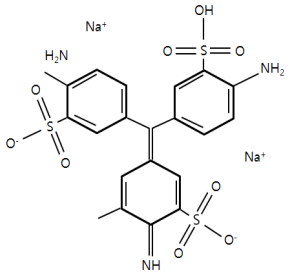
Ⅱ. 실험방법

1. 시약 및 장비

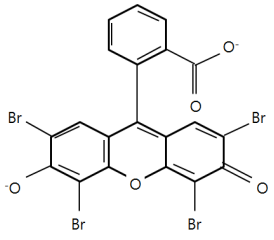
본 실험에서 혈액지문을 현출할 때 사용한 Fuchsin

Acid는 BVDA(Netherlands)제품이며, Acid Yellow 7 용액은 SIRCHIE(USA), Eosin-Y는 (D.W 44%, 에탄올 2%)로 제조하여 Filtering 후 사용하였다. 적용표면인 타일은 블랙 유광 자기질타일과 화이트 유광 자기질 타일 제품이며, 혈액유류 후 고상을 위하여 헤모픽스(HemoFix or 고상제(sulfosalicylic acid)) 미세혈흔 고상제 알트라이트(Korea)를 사용하였다. 각 시약들의 형광촬영을 위하여 폴리라이트 PL500SC와 폴리뷰 Rofin(Australia)를 사용하였으며, 필터 역시 Rofin(Australia)을 사용하였다. 자연광 촬영의 카메라는 Body: Nikon D7000, Japan, 렌즈는 Nikon AF-S MICRO NIKKOR 105mm 1:2.8G ED/ AF NIKKOR 24-85mm 1:2.8-4D Japan을 사용하였다.

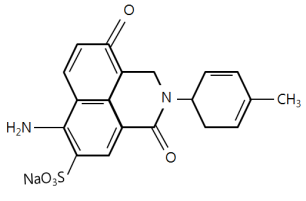
2. Fuchsin Acid 와 Eosin-Y, Acid Yellow 7 의 화학적 구성



〈Fuchsin Acid〉



〈EosinY〉



〈Acid Yellow 7〉

그림 1. Fuchsin Acid 와 Eosin-Y, Acid Yellow 7의 화학구조

3. 혈액지문 유류 및 현출 정도 평가

실험에 사용한 모든 혈액은 한 사람의 것이며, 채혈 후 즉시 사용하였다. 일회용 페트리디쉬(Petridish)에 혈액 3㎖을 넓게 펼친 후 엄지손가락 끝에 혈액을 묻혀 혈액방울이 더 이상 떨어지지 않을 때, 엄지손가락을 미리 준비한 타일에 순차적으로 10번 유류하였으며, 지문이 유류된 타일은 2시간동안 자연건조를 시킨 후 실험에 사용하였다. 지문이 순차적으로 유류됨에 따라 후반부에 유류된 지문일수록 가시성이 떨어진다. 이에 시약에 따른 지문 융선의 선명도 및 시약적용 시간에 따른 현출정도를 기준으로 10번째 유류된 지문의 현출도를 비교하여, 지문의 융선 관찰이 용이할수록 상태가 좋은 지문으로 판단하였다.

4. 시약의 적용 및 촬영

시약을 적용하기 전 혈액이 유류된 타일에 혈액고상을 위한 고상제(sulfosalicylic acid)를 3분간 적용하였다. 고상처리를 마친 혈액지문은 Fuchsin Acid 와 Eosin-Y, Acid Yellow 7 각각의 시약이 담겨진 수조에서 20초간 적용을 거친 후, 증류수에서 다시 30초간 헹굼 절차를 거쳤다. 증강 처리가 된 타일은 폴리뷰와 카메라를 이용하여 Fuchsin Acid와 Eosin-Y는 들뜸스펙트럼 530nm 배리어필터 610nm, Acid Yellow 7은 들뜸스펙트럼 450nm 배리어필터 505nm의 기존 문헌에 맞는 형광모드에 적절하게 맞추어 촬영을 하였다[1][6][7].

Ⅲ. 실험결과

1. 표면에 따른 혈액지문의 현출효과

밝은 표면과 어두운 표면에서 시약으로 인해 현출된 정도의 비교를 위해 흰색, 검은색의 비다공성 타일을 선택하였고, 순차적으로 10개의 혈액지문을 유류하였다. 혈액지문의 유류에서 혈액이 다량으로 묻은(1번 타일의) 경우 융선을 알아볼 수 없는 pool이 형성 되었고, 순차적 적용으로 인해 후반부로 갈수록 지문의 융선이 사라졌기 때문에 본 실험에서 주목하는 잠재혈액지문은 10번 타일을 대상으로 비교하였다. Fuchsin Acid 와

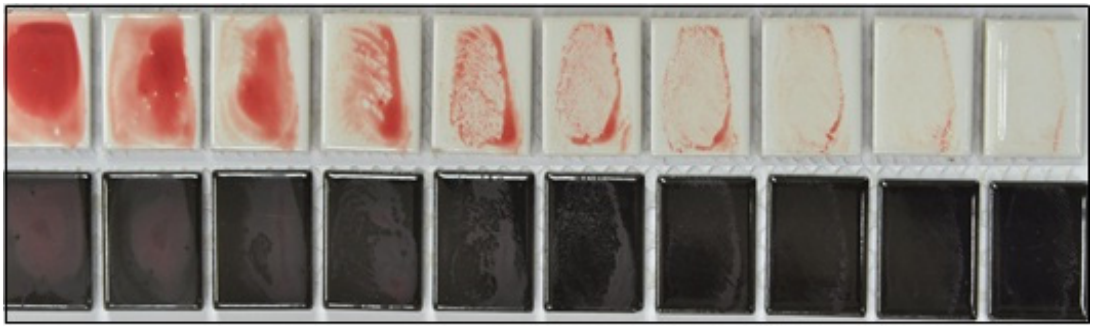


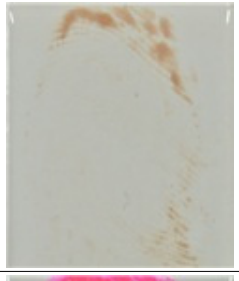
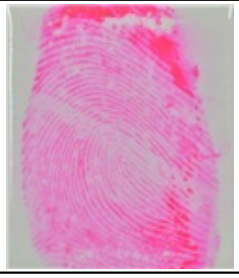
그림 2. 밝은 표면과 어두운 표면에서 지문의 순차적 유류

Eosin-Y, Acid Yellow 7 적용은 밝은 표면에서 특징점 식별이 가능할 만큼의 지문이 현출되었고, 어두운 배경에서는 유류된 혈액 지문의 융선 식별이 어려웠다. 때문에 검은색 배경에선 형광관찰에 초점을 맞추었다.

2. 밝은 표면에서의 시약적용 및 현출

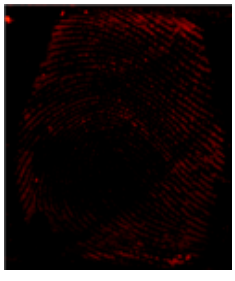
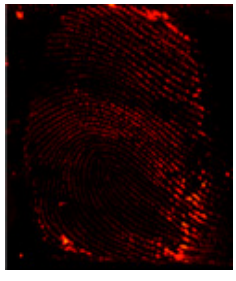
유류된 혈흔에 모두 고상제(sulfosalicylic acid) 처리를 한 뒤, 각각의 시약으로 염색하였다. 시약의 현출정도를 비교하기 위해 F/11, 셔터스피드 1/4s로 고정하여

표 2. 밝은 표면에서 10번 타일의 시약적용

	Fuchsin Acid	Eosin-Y	Acid Yellow 7
혈흔유류			
염색처리			
염색 후			

촬영을 하였다. Acid Yellow 7은 지문이 노란색계열로 현출이 되어 지문의 융선 식별은 가능하지만 배경과의 대조비가 매우 떨어졌기에 밝은 흰색의 표면에서 Acid Yellow 7시약의 적용은 필히 고려되어야 한다. 이에 반해 Eosin-Y는 붉은색계열로 증강이 되어 Acid Yellow 7 보다 대조비가 높게나타났으며 융선의 특징점 식별도 용이 하게 관찰 할 수 있었다. Fuchsin Acid는 밝은 표면에서 육안으로 융선의 특징점 식별이 다른 시약에 비해 가장 좋게 나타났으며, 밝은 표면에서 혈문 증강 시약으로 적절하다고 판단하였다. 형광의 특성을 가진

표 3. 어두운 표면에서의 10번 타일 시약적용

	Fuchsin Acid	Eosin-Y	Acid Yellow 7
혈흔유류			
고상제(sulfosalicylic acid) 처리			
염색 후			
형광촬영			

시약이지만 표면과 혈액의 유류정도에 따라 배경과 지문의 대조비가 매우 좋기 때문에 형광 촬영은 배제하였다.

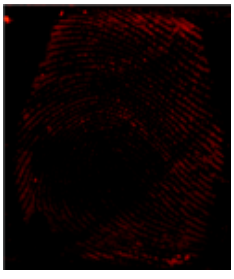
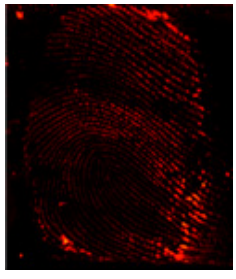
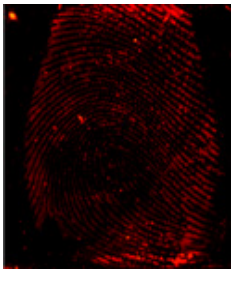
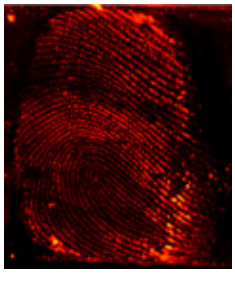
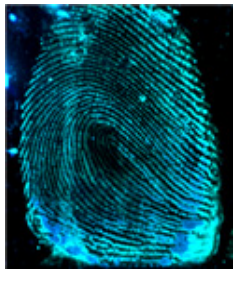
3. 어두운 표면에서의 시약적용 및 현출

어두운 표면의 경우 백색광의 관찰에선 증강의 효과는 거의 볼 수 없었고 유류된 흔적만이 관찰되는 정도의 식별력을 보여주었다. 사광을 비출 경우 지문의 특징점이 관찰되기는 하였으나 형광촬영이 더욱 좋은 결과를 나타내었다. 백색광에서의 촬영은 F/11, 셔터스피드 1/2s을 고정하여 촬영하였고, 형광촬영 또한 비교를 위해 F/2.8과 exposure 1.50s으로 하였다. Fuchsin Acid와 Eosin-Y는 들뜸스펙트럼 530nm 배리어필터 610nm, Acid Yellow 7은 들뜸스펙트럼 450nm 배리어필터 505nm를 사용하였다. 이 결과 Ecsin-Y, Fuchsin Acid, Acid Yellow 7 모두에서 특징점 관찰이 가능할 만큼의 지문 융선을 나타내 주었다. 하지만 동일한 노출에서 Fuchsin Acid은 Eosin-Y, Acid Yellow 7에 비해 형광의 세기가 매우 저조하게 나타났으며 이 결과 시약의 어두운 배경에서 지문을 현출할 때 형광촬영을 함에 있어서는 Fuchsin Acid보다 Eosin-Y 또는 Acid Yellow 7을 적용하는 것이 보다 적절하다고 볼 수 있었다.

4. 어두운 배경에서 노출시간에 따른 형광의 차이

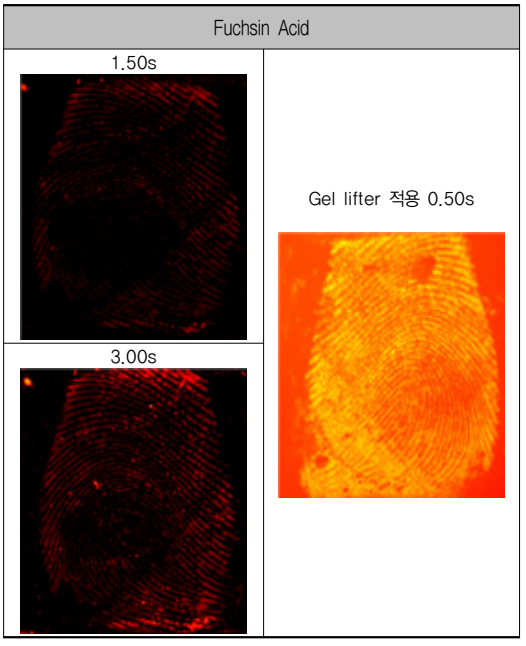
어두운 배경에서 각 시약별로 비교하기 위해 조리개값은 고정시킨 후 노출시간을 달리하여 적용하였다. Fuchsin Acid도 노출시간을 길게 적용하기 되면 지문에서의 형광을 볼 수 있다. F/2.8에서 1.50s의 적용을 보면 Acid Yellow 7와 Eosin-Y의 형광의 세기가 Fuchsin Acid의 형광보다 더 좋게 나타났음을 볼 수 있었고, 3.00s에서 Fuchsin Acid의 형광이 1.50s에서 Eosin-Y와 Acid Yellow 7과 유사하다고 볼 수 있다. 이러한 결과에 따라 어두운 비다공성 배경에서의 혈액지문 증강으로 Eosin-Y의 시약 또는 Acid Yellow 7을 적절히 적용한다면 비교적 좋은 결과를 얻을 것으로 판단된다.

표 4. 어두운 표면에서 각 시약에 따른 노출시간

	Fuchsin Acid	Eosin-Y	Acid Yellow 7
1.50s			
3.00s			

5. Fuchsin Acid의 Gel lifter적용

표 5. Fuchsin Acid의 형광세기



Fuchsin Acid 시약의 형광촬영을 적용하기 위해선 Gel lifter를 사용해야 하고, 형광의 세기를 비교하기 위해 F/2.8로 고정하였다. 시약을 적용한 것에 과노출을 하면 형광을 볼 수 있기는 하지만 Gel lifter에 의해 전사된 지문은 이와는 다르게 매우 적은 노출시간에서 형광이 나타난다. 어두운 배경에서 Fuchsin Acid을 적용하였거나, 복잡한 무늬를 가진 배경에서 지문을 현출해야 할 경우에 있어서 이와 같은 방법을 적용하면 좋은 결과로 현출해 낼 수 있다. 단. Gel lifter로 전사한 지문은 역지문이기 때문에 지문의 좌우 반전에 주의해야 한다.

Ⅳ. 결 론

본 연구는 Eosin-Y와 Fuchsin Acid, Acid Yellow 7의 반응도를 비교하여 적재적소에 적용할 수 있는 방안을 모색하고, 기존 경찰이 사용중인 Fuchsin Acid 및 Acid Yellow 7 이외에 두 시약의 장점을 두루 갖춘 Eosin Y의 적용을 검토하고자 하였다.

Eosin-Y와 Fuchsin Acid, Acid Yellow 7을 표면색에 따라 비교한 결과, 밝은 표면의 경우 백색광으로의 육안관찰시, Fuchsin Acid가 Eosin-Y, Acid Yellow 7보다 나은 결과를 보여주었다. 이는 혈액지문과 반응한 Fuchsin Acid의 반응색이 어두운 자주색인 반면, Eosin-Y의 반응색은 붉은색 계열, Acid Yellow 7은 노란색계열로 배경과의 대조비 차이가 식별력에 영향을 미쳤기 때문이다.

어두운 배경에서 백색광 촬영은 세 시약 모두 좋은 결과를 가져오지 못했다. 이에 형광 촬영에 있어선 모두 양호한 지문 융선을 보여주었지만 Fuchsin Acid가 Eosin-Y, Acid Yellow 7에 비해 형광반응의 세기가 강하지 않아 미세한 혈흔일수록 효과가 뛰어난 Eosin-Y, Acid Yellow 7를 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

범죄현장에는 실험에서 사용한 타일 이외에도 복잡한 색상과 무늬를 갖고 있는 증거물들이 많이 존재한다. 모든 색상과 표면에서 위 실험과 동일한 결과가 나오리라는 보장이 없기에 이러한 부분에 대한 실험은 앞으로 지속적으로 이루어져야 할 부분이다. 하지만 본 연구결과를 통해 현장에서 발견한 증거물을 상태에 따라 각각을 적용을 한다면, 보다 수월한 수사가 진행될 것이다.

이에 본 연구가 비다공성 표면에 유류된 잠재혈액지문을 현출함에 있어 표면색에 따른 시약의 선택에 도움이 되기를 희망한다.

참 고 문 헌

[1] T. Velders, *New Insight into the Chemical Improvement of Shoeprints and Fingerprints Placed with Blood on Non-Porous Surfaces*, Research Report, 2011-2012.

[2] Crime Laboratory - Latent Evidence Section. *Technical Procedures Manual Revised.* pp.36-40, 1998(3).

[3] L. Ruibiao, W. Xiaocong, W. Zhungjing, and W.

Dye, “Lifting Bloody fingerprints on Ground Surfaces,″ Forensic, Science. and Technology, Vol.67, No.4, pp.47-48, 2004,

[4] Y. Wang, Z. Weiping, and M. Janping, ″Eosin-Y Detection of Latent Blood Prints,″ J. of Forensic Identification, Vol.57, No.1, p.54, 2007.

[5] 이종집, “입자상 활성탄에 의한 Eosin-Y의 흡착 제거″, Clean Technology, Vol.16, No.4, pp.277-283, 2010

[6] S. Milutin and C. Lennard, *Fingermark Detection & Enhancement*. National Centre for Forensic Studies, 2011.

[7] G. S. Sodhia and J. Kaurb, *Fixing Constituents of Sweat for Detecting Latent Fingerprints at Difficult Crime Scenes.*

[8] M. Grodsky, K. Wright, and P. L. Kirk, “Simplified preliminary blood testing. An improved technique and comparative study of methods,” J. of Criminal Law and Criminal Police Science, p.42, pp.94-104, 1951.

[9] D. L. Laux, “Effects of luminol on the subsequent analysis of bloodstains,” J. of Forensic Science, Vol.36, No.5, pp.1512-1520, 1991.

[10] A. B. E. Theeuwen, S. van Barneveld, J. W. Drok, I. Keereweer, J. C. M. Limborgh, W. M. Naber, and T. Velders, “Enhancement of footwear impressions in blood,” Forensic Science International, Vol.95, No.2, pp.133-151, 1998.

[11] M. J M. Velders, “*Fluorescing traces in blood on white gelatin lifters with Hungarian red*,” 81st Educational Conference of the International Association of Identification, Greensboro, NC, 1996.

[12] AFP, *Workshop Manual Fingerprint Detection & Enhancement,* p.142, 2001.

[13] Chesapeake Bay, *Division International Association for Identification Latent Fingerprint Processing Techniques - Selection & Sequencing Guide,* 2006.

[14] 고승현, 윤범철, 김지성, 민경옥, “미세전류자극과 고전압 맥동직류 통전이 토끼의 비골 골절치유에 미치는 효과”, 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제10호, pp.287-292, 2011.

저 자 소 개

김 아 람(A-Ram Kim) 준회원

- 2011년 2월 : 순천향대학교 경찰행정(학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원(석사)

<관심분야> : 법 과학

김 우 중(Woo-Joong Kim) 준회원

- 2011년 2월 : 순천향대학교 경찰행정 & 생명과학(학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원(석사)

<관심분야> : 법 과학

정 혜 영(Hey-Young Jung) 준회원

- 2009년 2월 : 순천향대학교 생물자원공학(학사)
- 2011년 9월 ~ 현재: 순천향대학교 법과학대학원(석사)

<관심분야> : 법 과학