

혈흔 증강시약들의 시체피부 혈액지문에 대한 효과성 비교

A Comparative study on the Effectiveness of Bloodstain Enhancing Reagents for the Development of Bloody Prints on the Cadaver Skin

민동기, 김다예, 김승갑, 이가을, 이은혜, 유제설
순천향대학교 법과학대학원

Dong-Ki Mim(alsehdr100@naver.com), Da-ye Kim(daye0729@naver.com),
Seung-Gap Kim(what500@naver.com), Ga-Eul Lee(autumn_918@naver.com),
Eun-Hye Lee(anacsuela09@gmail.com), Je-Seol Yu(haplf@naver.com)

요약

유혈의 살인사건 현장에서 피해자의 피부에 남겨진 혈지문은 신원확인에 있어서 강력한 증거물이 되기 때문에 이를 현출하는 일은 매우 중요하다. 본 연구에서는 시체 피부에 유류된 혈지문에 혈지문 증강시약을 적용하여 그 효과성을 비교하였다. 순천향대학교 의과대학 해부학교실에 기증된 한국인 남성의 시체를 사용하여 실험을 진행하였다. 연구자의 우수무지에 혈액을 묻혀 7개 부위에 Depletion series로 지문을 유류하였으며, 잠재된 혈지문 증강을 위해 9~10번째 지문을 선택하여 비교하였다. 혈문고상제와 증강시약을 각각 티슈법으로 적용한 뒤 그 효과성을 비교한 결과, LCV가 용선 및 특징점을 확인할 수 있는 가장 좋은 대조비와 선명한 결과를 나타냈고, Acid violet 17은 용선은 확인할 수 있었으나 특징점을 확인하기는 어려웠다. Amino black과 Coomassie blue, Crowle's double blue stain은 일부 용선이 뭉개지거나 대조비가 낮은 모습을 보였고, Hungarian red는 배경이 함께 염색되면서 가장 낮은 효과를 나타냈다.

■ 중심어 : | 법과학 | 지문 | 혈지문 | 혈흔증강시약 | 시체 |

Abstract

Bloody fingerprints are important in many cases - especially in murder case. This study compared effectiveness of some reagents which had better quality of developing bloody fingerprints from human skin. Leuco crystal violet(LCV), hungarian red, amido black, coomassie blue, acid violet17, and crowle's double stain were used. Fingerprints were generated in the depletion series, and tissue method was used in applying all reagents. LCV showed the best result in this study.

■ keyword : | Forensic Science | Fingerprint | Bloody Prints | Bloodstain Enhancing Reagents | Cadaver |

1. 서론

유혈의 살인사건 현장에서는 시체와 더불어 다양한 형태의 혈흔을 발견할 수 있다. 일반적으로 범죄 현장

에서 시체가 발견될 경우에는 피해자 신원확인을 위한 십지문 채취를 비롯하여 현장 사물에서의 유류 지문 등에 대해서는 집중하지만 아직까지 국내에서는 피해자의 피부로부터 직접적으로 범행과 관련된 타인의 지

* 이 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.

접수일자 : 2016년 01월 28일

수정일자 : 2016년 03월 21일

심사완료일 : 2016년 03월 21일

교신저자 : 민동기, e-mail : alsehdr100@naver.com

문을 현출하려는 시도는 없었다. Sampson & Sampson (2005)는 통계학적인 연구를 통해 지금까지 시체피부에서 지문을 직접적으로 현출하여 해결한 사건은 총67건에 이르며, 주로 팔목, 발목, 허벅지 안쪽, 목, 복부, 가슴 등의 신체 주요 부위에서 현출했다는 사실을 보고하였다[1].

기름 등의 오염물질로 이루어진 지문은 피부표면에 존재하는 지방층과 만나 흡수 및 확산에 의해 변화가 일어나기 때문에 지문만을 현출하는데 어려움이 있다. 또한 피부표면상태 및 노출환경에 따라 잠재지문 현출 효과의 정도도 다르게 나타난다[2]. 이러한 복합적인 이유로 시체피부에서 잠재지문을 현출하는 것은 일반적으로 어렵다고 인식되어 있지만, 1970년 이후 미국의 FBI를 중심으로 다양한 방법들이 연구되어 지금까지도 매우 활발하게 이루어지고 있다. 피부 위에 남겨진 잠재지문을 현출하는 방법으로는 대표적으로 순간접착제 훈증법(Cyanoacrylate fuming method, CA), RTX 훈증법(Rethenium tetroxide fuming method), 요오드 은판 전사법(Iodine-silver plate transfer), Iodine-naphthoflavone, 지문 분말, 실리콘 고무 및 전사 테이프 등을 이용한 다양한 방법들이 제시되어 있다[3]. 하지만 혈지문은 혈액이 묻은 손가락의 융선에 의해 생성되므로 잠재지문보다 더욱 뚜렷한 융선 형태를 보여준다. 또한 가해자 또는 피해자의 혈액이 가해자의 손에 묻어서 남겨진 경우에는 신원확인에 있어서 강력한 증거물이 되기 때문에 이를 현출하는 일은 매우 중요하다.

혈액은 인체 내에서 매우 중요한 역할을 하는데, 인간 체중의 약 8%를 포함하는 불투명하고 점성이 있는 액체와 고체 구성물이 혼합된 액체이다. 혈액은 단백질, 아미노산, 지방, 호르몬, 무기물 등으로 이루어진 혈장과 백혈구, 적혈구, 혈소판으로 이루어진 혈구로 구성되어 있다[4]. 적혈구 내에 존재하는 헤모글로빈(hemoglobin)은 산소를 운반하는 역할을 하며, 헴(heme)과 글로빈(globin)이라고 일컬어지는 단백질로 이루어져있고, 1개의 글로빈분자에 4개의 헴(heme)분자가 붙어있는 형태이다[5].

일반적으로 혈액 내에 존재하는 단백질과 heme을 대상으로 하여 혈흔을 증강시킨다. 혈액의 단백질과 반응하는 시약에는 Acid Violet17(AV17), Acid Yellow7(AY7),

Amido Black(AB), Coomassie Blue, Crowle's double Stain, Hungarian Red등이 있으며, 각기 다른 색상 및 효과를 나타낸다. LMG(leucomalachite green), LCV(leuco crystal violet) 그리고 luminol등은 과산화수소(hydrogen peroxide)와 반응하여 산화하게 되면, 특정 색으로 변하거나 특정 파장의 빛을 내는 반응을 하는데 이 과정에서 혈액속의 heme이 촉매로 작용한다[6]. 혈흔 증강 시약들을 적용하기 전에 혈액에 고상제를 처리하는데, 주로 사용되는 5-sulfosalicylic acid는 혈액 내에 존재하는 단백질을 침전시키는 반응을 통해 혈액을 응고시켜 혈지문의 융선이 훼손되지 않게 하는 역할을 한다[7].

Langenburg는 연구를 통해 사람의 손가락에서 혈액은 3~4분 이내에 건조되며, 거의 마른 상태에서 지문 융선이 보다 잘 유류된다는 사실을 밝혀냈다. 따라서 혈액은 단시간 안에 빠르게 마르는 성질이 있으므로 혈지문이 남았을 때 고의적으로 은폐하는 경우가 아니라면 발견이 불가능한 것이 아니다. 또한 손가락에 묻은 혈액의 양, 공기의 흐름, 주변온도, 혈액의 온도 및 지문이 남겨지는 피부의 온도가 혈액의 건조 및 유류되는 지문 융선의 상태에 영향을 미치는 중요한 요인이라는 사실을 확인하였다[8].

외국의 경우에는 시체 피부에 대한 다양한 연구가 수행되고 있지만 우리나라의 경우 시체 피부에서의 잠재지문 현출에 대한 연구는 돼지 피부를 이용한 몇 편의 연구가 있을 뿐이다. 혈지문에 관한 기존의 연구들은 다른 사물들의 표면을 대상으로 한 연구가 이루어져 왔고, 시체피부 위의 혈지문에 관한 연구는 이루어지지 않았다.

이에 본 연구의 목적은 혈지문 증강시약들이 시체피부에 유류된 혈지문에 미치는 영향에 대해 알아보고, 각각의 혈지문 증강시약들의 효과성을 비교하여 적절한 방법을 제시하는데 있다.

II. 실험 방법

1. 실험기구 및 시약

시체는 순천향대학교 의과대학 해부학교실에 보관중인 한국인 남성의 시체를 사용하였다. 예비실험에서는 냉장처리 된 상태로 진행되었으며, 본 실험에서는 상온에 4시간 이상 방치한 시체 피부에 실험을 진행하였다. 시약 적용 부위는 가슴 부위, 팔 안쪽, 옆구리 부위의 연한 피부표면으로 선정하였다.

혈지문 증강에는 제조한 LCV용액 및 Hungarian red(BVDA, B-88001), Amido black (BVDA, B-89501, 메탄올기반), Coomassie blue (BVDA, B-88700), Acid violet 17(BVDA, B-88200, 에탄올기반), Crowle's stain(BVDA, B-88500)의 단백질 염색시약과 혈액을 고정시키기 위한 고상제로서 Blood fix(BVDA, 2% 5-sulfosalicylic acid)를 사용하였다.

LCV용액은 선행연구를 참조하여 제조하였고(3% 과산화수소용액 500ml, 5-sulfosalicylic acid 10g, 아세트산 나트륨 3.7g, LCV 1g)[9], LCV용액에는 고상제 역할을 하는 5-sulfosalicylic acid가 포함되어 있으나 번짐 현상을 예방하기 위하여 LCV 처리 전에 고상제를 한 번 더 적용하였다.

증강 전과 후를 촬영하기 위해 광원 Polilight® Flare Plus 2(Rofin Australia Pty Ltd), 삼각대 MT194XPRO4(Manprotto), 카메라 D90(Nikon), 조이스틱헤드 324RC2(Manprotto), 105mm접사렌즈(Nikon)를 사용하였다. EDTA 채혈관(BD Vacutainer, K2E(EDTA) 18.0mg), 22G 채혈침(BD Vacutainer)을 사용해 혈액을 채취하고, 연구자의 우수무지에 혈액을 묻혀 혈지문을 유류하였다.

2. 실험과정

살아있는 20대 남성의 혈액을 제공 받아 EDTA tube에 담은 후 살레에 소량을 부어 사용하였다. 지문을 유류하기 전 이물질에 의한 지문 유류의 오류를 방지하기 위해 표면을 70% 농도의 에탄올로 1회 세척하고, 연구자의 우수무지에 혈액을 묻힌 뒤 연속적으로 혈지문을 유류하였다. 압력에 따라 유류되는 혈액의 양을 통제하기 위해 혈액을 우수무지에 한 번만 묻혀 유류하였다. 오른쪽/왼쪽 팔 안쪽, 오른쪽/왼쪽 옆구리, 가슴(오른쪽, 중앙, 왼쪽) 총 7개 부위에 농도 차이가 나도록 각각 10

개의 지문을 연속적으로 유류하였다(Depletion series). 지문이 유류되는 순서에 따라 농도가 떨어지며, 가시성이 줄어들기 때문에 혈지문의 증강실험을 위해 선명도를 기준으로 9, 10번째 유류된 지문의 현출도를 통해 용선의 선명도와 특징점을 비교하였다. 혈지문이 충분히 마른 후, 시약을 적용하기 전 혈액을 고정시키기 위해 고상제(blood fix)를 이용하고, 이후 5분간 건조시켰다. 고상제와 시약을 적용할 때 지문 용선의 번짐을 최소화하기 위해 티슈를 [그림 1]에 표시된 부위에 올려놓고 그 위에 스프레이를 이용하여 고상제와 각각의 시약을 적용하였다.

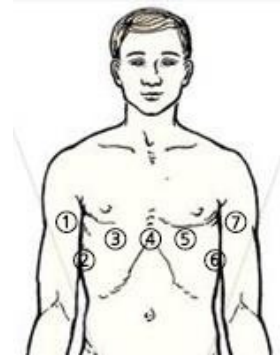


그림 1. 혈지문 유류 위치와 시약 적용 부위

오른쪽 위팔①에 유류된 지문에는 Hungarian red, 오른쪽 옆구리 부위②에는 Crowle's double stain, 오른쪽 가슴③에 coomassie blue, 가슴 중앙부위④에는 acid violet 17, 왼쪽 가슴⑤에 amido black, 왼쪽 옆구리 부위⑥에 Crowle's double stain, 왼쪽 위팔⑦에 LCV를 적용하였다.

표 1. 시약별 적용부위

시약명	적용부위	비고
Amido black	왼쪽 가슴	⑤
LCV	왼쪽 위팔	⑦
Hungarian red	오른쪽 위팔	①
Crowle's double stain	오른쪽 옆구리, 왼쪽 옆구리	②,⑥
coomassie blue	오른쪽 가슴	③
Acid violet 17	가슴 중앙부위	④

시약을 적용한 후 증강 처리된 혈지문은 카메라와 삼각대, 105mm접사렌즈를 이용하여 9번째 또는 10번째 지문을 자연광 아래에서 촬영하였다.

3. 평가방법

증강된 혈지문의 평가를 위해 임의적으로 연구자 5명이 각자 종합적으로 점수를 부여하여 혈지문 평가의 객관성을 확보하였다[10].

표 2. 평가방법

등급	디테일 정의
0	지문이 보이지 않음.
1	지문의 형태 및 융선이 부분적으로 보이지만 선명도가 떨어짐.
2	지문의 형태 및 융선이 보이고 특징점 파악이 가능함.
3	지문의 형태 및 융선, 특징점등 선명하게 보임.

III. 결과

시체 위에 남겨진 혈지문의 증강을 위해서 다양한 시체 표면 위에 연구자의 우수무지를 이용하여 혈지문을 순차적으로 10개씩 유류하였다. 처음 유류한 지문의 경우 혈액이 과다하게 유류되어 융선의 형태를 살펴볼 수 없었고, 뒤로 갈수록 혈액의 양이 적어져서 융선이 없어졌기 때문에 잠재된 혈지문을 증강하기 위한 연구의 목적상 9, 10번째 지문을 선택하여 비교하였다.



그림 2. Depletion series

예비실험에서는 사망 후 냉장 처리한 시체를 꺼낸 뒤 설계된 실험방법에 따라 혈흔 증강시약들을 사용하였다. 시체 표면과 실험실의 온도차이로 인해 피부표면에

결로 현상이 발생하였고 그로인해 유류한 혈지문이 건조되지 않고 흘러내렸다. 또한 혈흔이 건조되지 않은 상태에서 티슈법을 사용하여 고상제와 시약을 적용하였기 때문에 지문의 번짐현상으로 인해 융선과 특징점을 찾을 수 없었다. 따라서 시약 적용전과 후의 증강정도를 평가할 수 없었다.

본 실험에서는 냉장된 시체가 상온에 노출되어 피부 표면에 이슬이 맺혀 유류할 때와 시약을 적용할 때 융선이 번지는 현상을 방지하기 위하여 냉장 상태의 시신을 상온에 4시간 두고 시체 표면의 온도를 높여 주었다. 상온에 두었을 경우 시체가 부패되는 것을 방지하기 위해 고정액을 시체에 주입하였고, 시체의 피부가 굳어지기 전에 실험하였다. 시간이 지나면서 피부 표면이 점점 굳어지는 현상이 나타났는데, 피부표면이 딱딱하게 변형될 경우 완전히 고정된 시체에서 지문 연구가 힘들 것으로 판단되었다.

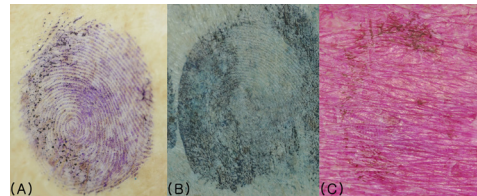


그림 3. (A) LCV, (B) Amido black, (C) Hungarian red

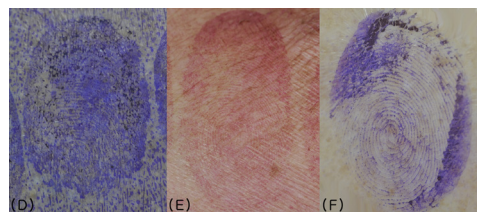


그림 4. (D) Coomassie Blue, (E) Crowle's double stain, (F) Acid violet 17

유일하게 단백질 염색시약이 아닌 heme이 촉매로 작용하여 특정색으로 변하는 LCV의 경우 지문과의 대조비, 선명도와 함께 융선 및 특징점을 찾아보기에 가장 적합한 것으로 나타났다.

Acid violet 17은 표면과의 대조비는 좋으나 일부 융선이 뭉치고, 특징점이 잘 관찰되지 않았다. 또한 일부

구역만 진하게 염색되는 등 전체적으로 고르게 증강되지 않는 모습을 보였다. 하지만 세척방법에 좀 더 주의를 기울인다면, 더 나은 현출력을 보일 것이라고 판단했다. Amido black은 전체적으로 염색이 진하게 이루어졌고 용선의 디테일이나 특징점이 상대적으로 어느 정도 구별할 수 있었으나, 세척 과정을 거치면서 일부 부분이 흐려지거나 뭉친 부분으로 인해 평균적인 점수를 받았다. Coomassie blue는 배경을 많이 염색하게 되므로 대조비가 흐려져서 용선 및 특징점을 파악하기에 어려우므로 비교적 낮은 점수를 받았다.

Crowle's double stain과 Hungarian red은 비교적 낮은 점수를 받았는데, Crowle's double stain은 용선을 볼 수는 있었지만 배경과의 대조비가 약해 확인하기가 어려웠으며, Hungarian red는 배경이 강하게 염색되고, 세척 후에도 사라지지 않아 지문을 구분하기가 어려웠으며, 용선과 특징점도 볼 수 없었다[표 3][그림 3][그림 4].

추후 지속적인 연구가 필요하겠지만 시체의 피부표면에 남겨진 혈지문을 증강하기 위한 시약으로서 LCV와 Acid violet 17을 고려해야한다고 생각한다.

표 3. 시약별 평가점수

	LCV	Amido black	Hungarian Red	Coomassie Blue	Crowle's double stain	Acid violet 17
평균값	2.6	1.6	0.2	1.2	1.4	1.8

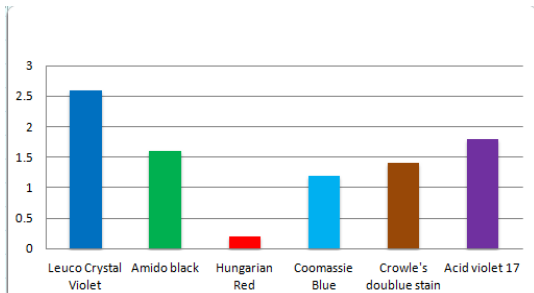


그림 5. 시약별 평균점수표

연구자 5명이 각각 증강된 혈지문을 보고 평가표에 의하여 종합적인 점수를 채점하고, 그 값들을 평균값으

로 나타낸 결과 LCV가 2.6으로 가장 높은 점수를 받았으며, Acid violet 17이 뒤를 이어 1.9로 비교적 양호한 점수를 받았다. Amido black과 Coomassie blue, Crowle's double stain은 1.6, 1.2, 1.4로 평균적인 비슷한 점수를 받았으며, 상대적으로 Hungarian red의 경우 0.2로 낮은 점수를 받았다.

IV. 결론 및 한계점

본 연구의 목적은 유혈의 사건 현장에서 발견된 시체의 피부에 남겨진 혈지문을 증강시키기 위하여 혈지문 증강시약들의 증강 정도와 효과성을 비교해 보는 것이었다.

실험에 사용된 시약은 단백질을 염색하거나 혈액의 기타 성분과 반응하여 사람의 피부에서 혈지문을 증강시킬 수 있는지를 확인하기 위해 선정되었다. 사람의 피부도 단백질로 구성되어 있으므로 낮은 대조비의 결과가 예상되었지만 단백질 염색시약에서 비교적 지문의 증강 정도의 결과가 높게 나타났다. 시체의 피부에서 지문을 현출하기 위해서는 시체가 냉장 또는 냉동처리되기 전에 행하는 것이 바람직하다는 사실도 예비실험과 본실험을 통해서 확인하였다. 널리 사용되는 Hungarian red는 다른 표면과 달리 시체 피부표면에서 가장 낮게 현출되었으며, Amido black, Crowle's double stain, Coomassie blue, Acid violet 17의 경우 마찬가지로 용선의 디테일은 볼 수 있지만 특징점을 파악하기에는 현출 정도가 낮았다. LCV는 용선의 디테일과 특징점을 일부 파악할 수 있을 정도로 선명하게 대조비가 뛰어났다. LCV의 경우 주로 혈흔축적을 증강하는 시약으로 알려져 있고, 세밀한 특징점을 찾기 어렵다고 하지만, 본 연구에서는 가장 좋은 효과를 나타냈다.

단백질 염색시약의 경우 시약을 적용한 이후 세척 과정을 거치면 배경이 닦여서 지문의 대조비가 높아지는 결과를 가져왔다. 혈흔 증강시약들 대부분 탈염과정으로 연결되어 대조비가 더욱 잘 나타날 수 있었던 것이라 판단하였다. 하지만 세척과정에 있어 배경은 닦

아 낼 수 있으나, 증강된 용선이나 특징점이 지워져 선명함이 줄어들 수 있으므로, 세척과정에 좀 더 세심한 주의가 필요하다고 생각한다.

또한 티슈법을 적용함에 있어 기포가 발생하여 그로 인한 얼룩이 묻어 나오는 경우도 있었는데, 이는 기법의 문제라기보다는 연구자의 숙련도 문제라고 판단하였다.

시체 피부를 이용함에 있어서 가장 큰 한계는 실험에 사용할 시체를 구하는 것이 매우 어렵다는 점이다. 증강시약마다 결과에 차이가 있겠지만 다양한 시체 표면에서 실험이 진행되지 않았다는 점에서 앞으로도 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 본 연구에서는 형광염색시약은 적용하지 않았으므로 형광 염색시약과 일반 염색시약의 증강 정도를 비교하기 위한 추가적인 연구도 필요하다고 생각한다. 그럼에도 불구하고 유혈의 사건현장에서 발견된 시체 피부에 남겨진 혈지문에 대하여 본 연구를 바탕으로 증강 시약을 적용한다면 사건해결에 있어 도움이 될 수 있을 것이라고 기대한다.

참 고 문 헌

[1] W. C. Sampson and K. L. Sampson, "Recovery of Latent prints from Human Skin," *Journal of Forensic Identification*, Vol.55, No.3, pp.362-381, 2005.

[2] M. A. Feldman, C. E. Meloan, and J. L. Lambert, "A New method for recovering Latent Fingerprints from skin," *Journal of Forensic Science*, Vol.27, No.4, pp.806-811, 1982.

[3] M. Trapecar and J. Balazic, "Fingerprint recovery from human skin surface," *Science and Justice*, Vol.47, No.3, pp.136-140, 2007.

[4] J. A. Siegel, G. C. Knupfer, and P. J. Saukko *Blood identification*, Encyclopedia of Forensic Sciences Academic press, 2000.

[5] <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=>

483619&cid=55558&categoryId=55558

[6] M. Cheyne, *Illuminating latent blood*, The university of Auckland, 2011.

[7] A. Mondino, G. Bongiovanni, S. Fumero, and L. Rossi, "An improved method of plasmadeproteinization with sulfosalicylic acid for determining amino acids and related compounds," *Journal of Chromatography A*, Vol.74, No.2, pp.255-263, 1972.

[8] G. Langenburg, "Deposition of Bloody Friction Ridge Impressions," *Journal of Forensic Identification*, Vol.58, No.3, pp.355-389, 2007.

[9] M. Stoilovic and C. Lennard, *Fingerprint Detection & Enhancement*, 6th ed., NationalCentre for Forensic.

[10] Mhairi Munro, Paul Deacon, and Kevin J. Farrugia, "A preliminary investigation into the use of alginates for the lifting and enhancement of fingerprints in blood," *Science and Justice* Vol.54, No.3, pp.185-191, 2014.

저 자 소 개

민 동 기(Dong-Ki Min)

준회원



- 2007년 2월 : 경기대학교 경찰행정학과(법학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과대학원 재학중

<관심분야> : 법과학, 지문, 혈흔

김 다 예(Da-Ye Kim)

준회원



- 2014년 2월 : 동국대학교(서울) 화공생명공학과(공학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 재학중

<관심분야> : 법과학, 지문, 혈흔

유 제 설(Je-Seol Yu)

정회원



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

▪ 2009년 ~ 2011년 : 국립경찰대학 경찰학과 교수

▪ 2012년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 교수

<관심분야> : 법과학, 지문, 혈흔

김 승 갑(Seung-Gap Kim)

준회원



- 2014년 2월 : 건양대학교 임상병리학과(임상병리학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 재학중

<관심분야> : 법과학, 지문, 혈흔

이 가 을(Ga-Eul Lee)

준회원



- 2014년 2월 : 순천향대학교 임상병리학과(임상병리학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 재학중

<관심분야> : 법과학, 지문, 혈흔

이 은 혜(Eun-Hye Lee)

준회원



- 2014년 2월 : 서원대학교 법학과(법학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 재학중

<관심분야> : 법과학, 지문, 혈흔