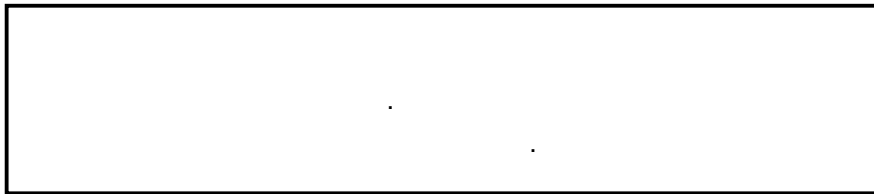


2021 10





# CONTENTS

목차 | 2021. 10월호

## 행사·학술연구·교육·대외협력

---

- 01 제2회 전국 청 과학수사 화상회의 및 과학수사책임관 회의 개최  
법과학분석과 수사관 이정민
- 04 법무연수원 외국 검사 연구위원 NDFC 방문  
법과학분석과 수사관 하다영
- 08 법무연수원 「제42기 심리분석 수사 실무」 출강  
법화학분석과 연구사 김시온
- 11 2021 한국심리학회 연차학술대회 참석  
법과학분석과 분석관 유수진
- 15 ISFG Summer Workshop 2021 참가  
디엔에이·화학분석과 연구사 권예진
- 18 제2회 첨단 과학수사 전문검사 커뮤니티 개최  
디지털수사과 수사관 안혜성
- 23 2021 GFCE 커뮤니티 쇼케이스 미팅 참석  
사이버수사과 수사관 최승진
- 28 아세안+3 사이버범죄 컨퍼런스 참석  
사이버수사과 수사관 김민영, 에디터 황석미



# CONTENTS

목차 | 2021. 10월호

## 연속 기획

---

- 32 [디지털 포렌식 연구소 이야기]  
야! 나두 해시값 검증할 수 있다  
- HashGEN(해시젠) 알아보기 -  
디지털수사과 수사관 김호민
- 38 [사건 속 법의학 이야기]  
질 식  
서울대학교 법의학 교수 유성호
- 45 [영화로 본 수사관 일기]  
<반칙왕>  
우리를 종종 화나게 하는 것들에 대하여  
서울중앙지검 수사관 강현식

## 특별기고 - 법과학분야 우수논문 소개

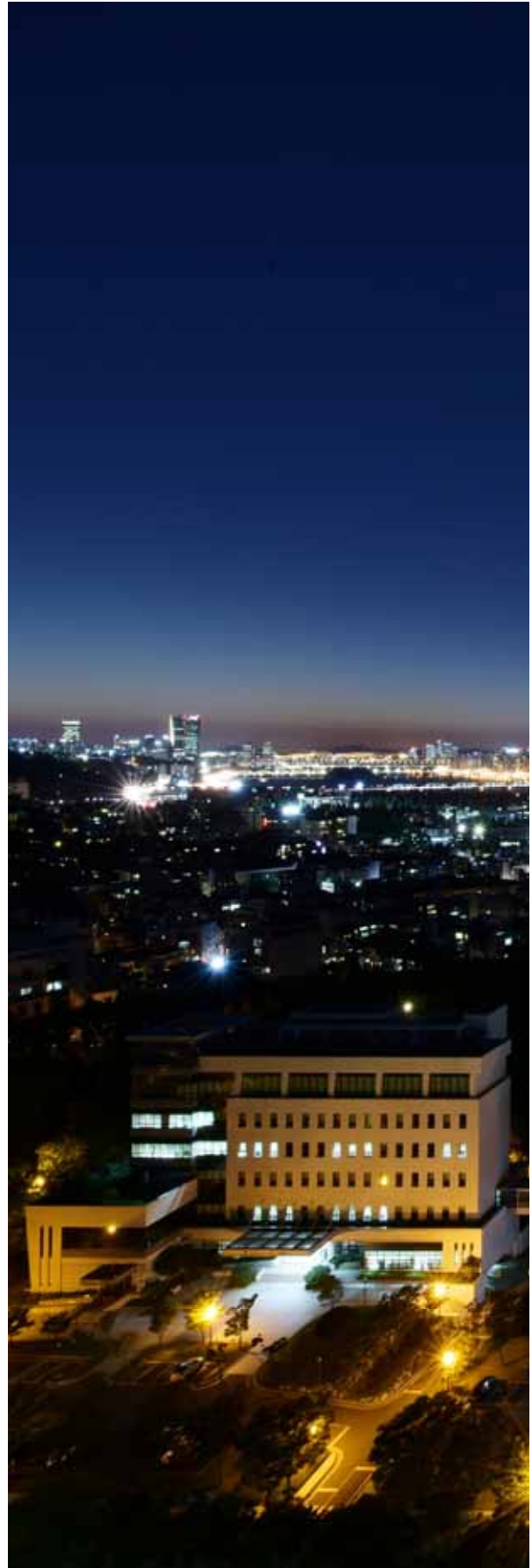
---

- 47 기체크로마토그래피-이중질량분석법을 이용한  
모발 중 졸피뎀 대사체 분석법 개발  
디엔에이·화학분석과 분석관 권남희

## 참여마당

---

- 58 [법과학의 신동향] 원고 모집 안내





## 제2회 전국 청 과학수사 화상회의 및 과학수사책임관 회의 개최



대검찰청 과학수사부에서는 지난 8월 18일 오전 10시 '2021년 제2회 전국 청 과학수사 화상회의 및 과학수사책임관 회의'를 개최하였습니다. 전국 청 과학수사 화상회의는 현장 중심의 과학수사 지원, 일선과의 소통을 위해 분기마다 개최되는 회의로서 실제 수사과정에서 활용한 과학수사기법에 대해 소개하고 실시간으로 전국 청 직원들과 수사기법을 공유하는 등 과학수사 활성화에 기여하고 있습니다.

이번 회의에서 최성필 과학수사부장님은 형소법 개정 등으로 종전의 진술증거 수집 위주의 수사관행에서 탈피하여 적법절차에 따른 과학적 증거 수집·분석·활용이 보다 중요해짐에 따라 획기적인 과학수사 역량의 강화가 요구되고 있다고 강조하였습니다. 아울러 급변하는 수사 환경에 능동적·효과적으로 대처하기 위해서는 인적·기술적 인프라 구축뿐만 아니라 현장 중심의 과학수사 지원이 가능하도록 대검 과학수사부와 일선 청 간의 유기적인 협력과 소통이 절실히 필요하다고 당부하였습니다.

이번 회의에서는 총 4건의 과학수사 우수사례 발표가 있었습니다.

먼저 서울남부지검 김정화 검사가 '유치원 교사의 급식 유해물질 투여사건'과 관련, 피의자에 대해 대검 통합심리분석을 실시하여 피의자의 범행동기, 성격적 특성 등을 확인함으로써 피의자의 변소를 탄핵하는 등 수사의 착안점과 과학수사 활용 사례에 대해 발표하였습니다.



진주지청 박동진 검사는 'DNA감정으로 밝힌 중고물품 사기 사건'과 관련, 피의자가 DNA채취에 부동의 하였으나 피의자가 면담 중 스스로 물을 마신 후 검찰청에 두고 간 종이컵을 유류물로 압수하여 적법한 압수절차에 따라 피의자의 DNA를 확보하여 범죄 혐의를 명백히 한 사례에 대해 발표하였습니다. 본 건은 창의적인 방법으로 적법한 압수 절차에 따라 피의자의 DNA를 확보함으로써 다양한 증거확보 방법에 대해 생각하게 한 사례였습니다.



다음으로 청주지검 김기왕 검사는 전세계약서를 위조해 전세 대출금을 편취한 피의자가 장기간 도주하여 공소시효가 임박한 사건에서 통합디지털증거분석시스템(IDEA S)의 '인물중심 분석' 및 '위치중심 분석' 기능을 활용해 피의자를 추적하여 피의자가 실제 사용하는 휴대전화와 피의자의 은신처를 특정해 공소시효 임박하여 체포한 후 구속기소하고, 위 피의자에 대해 타청에서 기소중지한 사건도 이송 받아 병합 기소한 사례에 대해 발표하였습니다.

마지막으로 대구지검 권경호 검사는 D-NET을 이용한 전자정보 20만 건 분석, 이메일 압수수색, 가상화폐 감정 등 다양한 과학수사기법을 활용하여 수회 이송된 경찰 송치사건을 재수사하여 40억 원 상당의 투자금을 편취한 가상화폐 판매조직의 전모를 밝혀 총괄 운영자 1명을 구속 기소, 5명을 추가 인지하여 불구속 기소한 사례에 대해 발표하였습니다.



각 사례 발표 후에는 실시간 클라우드소싱 플랫폼(슬라이도, slido.com)을 활용해 회의에 참석한 전국 청 검사·수사관들이 사건별 수사 시 착안사항, 수사기법, 감정기법 등에 대한 다양한 질문과 답변을 주고받으며 열띤 토론시간이 이어졌습니다.



앞으로도 대검찰청 과학수사부에서는 일선과의 소통을 통해 현장 중심의 과학수사 지원이 이루어질 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 제3회 전국 청 과학수사 화상회의 및 과학수사책임관 회의에도 애정 어린 관심 부탁드립니다.



## 법무연수원 외국 검사 연구위원 NDFC 방문

대검찰청 법과학분석과에서는 지난 9월 15일 법무연수원 비상임연구위원으로 근무 중인 몽골 대검찰청 국제협력부 검사(에르데네누야 올람바야르), 필리핀 타귀 검찰청 검사(룩산느 수코르)를 대상으로 NDFC 업무 소개와 시설 견학을 진행하였습니다.

### , NDFC

첫 번째 시간에는 신승우 디지털수사과장님이 대검찰청 과학수사부의 비전과 개괄적인 부서별 업무 소개를 맡아주었습니다.

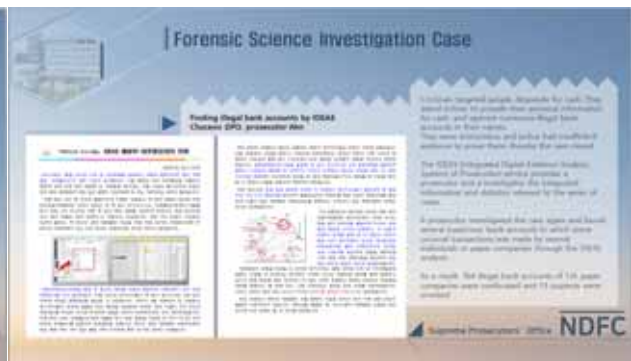


최첨단의 과학수사를 통해 실체적 진실을 밝히고, 스마트한 수사지원을 통해 인권 보장에 앞장서며, 과학수사에 있어서 국제적인 기준을 정립하여 국제적인 리더가 되고자하는 대검 과학수사부의 역할과 포부에 대한 설명이 있었습니다.





▲ 대검찰청 과학수사부 조직



▲ 디지털 포렌식 우수사례

다음으로 분야별 과학수사 우수사례 소개와 외국검사님들의 질문 시간이 이어졌습니다. 검찰 조직 내부에 별도의 분석·감정기관이 없는 몽골 검찰청의 검사님은 과학수사부의 탁월한 포렌식 분석 지원, 정밀한 재감정 사례를 듣고는 나라별 상이한 기관 구성에 대해 매우 흥미로워하셨습니다.

### (D-net)

두 번째에는 디지털포렌식연구소의 이인수 소장님이 디지털수사지원(D-net)시스템에 접속하여 디지털 증거 수집·분석·활용 방법을 단계별로 시연해주었습니다.

통화 빈도, 통장 입·출금 내역 등 빅데이터 수치를 시각화한 D-net의 화면은 ‘그래서 범인은 누구인가?’에 대한 단서를 직관적으로 보여주었습니다. 이에 소장님은 디지털 증거의 신속한 정량화는 업무의 효율을 높여 합리적인 수사 환경을 조성하는데 기여하고 있다고 부연해주었습니다. ‘초연결 사회(hyper-connected society)’에 부합하는, ‘초연결 수사망’을 보유한 K-검찰의 저력을 저 역시 실감할 수 있었습니다.

외국 검사님들도 첨단 과학수사 시스템의 자국 도입과 기술 이전에 대해 적극적인 관심을 표현해주었고, 소장님은 양해각서(MOU)나 코이카(KOICA) 사업과 같이 구체적인 실무 절차를 안내해주었습니다. D-net 시스템 견학은 ‘과학수사’라는 공통의 관심사를 선명하게 해주고, ‘공유와 협력’이라는 방문 취지에 실재감을 붙여넣는 시간이었습니다.

세 번째로는 사이버수사과 최승진 계장님이 사이버수사 업무 전반을 강의해주었습니다. 2020. 1. 아시아-태평양 사이버범죄 역량강화 허브 사무국(APC-HUB)을 개설한 이력과 사이버수사 공조 업무를 위한 'G7 24/7 첨단범죄 네트워크'에 대해서 자세히 알려주었습니다.



이에 필리핀 검찰청의 검사님은 자국에서 발생하는 사이버범죄의 심각성에 대해 이야기하였습니다. 피싱 사기, 가상화폐 사기 범죄단체가 국가를 초월해 범아시아로 퍼지고 있는 추세에 따라 사이버범죄 대응을 위한 국가 간 소통과 역량강화의 중요성을 함께 공감할 수 있었던 자리였습니다.

또한 최승진 계장님은 사이버범죄 수사기법 우수사례 전파와 공조 가입 국가별 맞춤형 역량 평가를 구상 중이라고 합니다. 우리 대검 사이버수사과가 허브 사무국으로서, 미래에는 아태 지역의 중추적인 공조부서로 눈부시게 거듭나길 기대하겠습니다.

## DNA

마지막으로 디엔에이·화학분석과의 이한철 연구관님이 DNA 감정 분야를 안내하였습니다. 노벨상을 수상한 과학 기술이 집약된 DNA 감정 기법과 절차를 이해하기 쉽게 설명해주었습니다. 필리핀 검찰청의 검사님은 지폐에서 피의자의 DNA가 검출되어 뇌물 사건의 증거가 된 사례를 듣고 DNA 감정이 성폭력·강력 범죄에만 국한된 게 아님을 알게 되었다고 하였습니다.

이밖에도 연구관님은 경찰 단계에서 미궁으로 남았지만 검찰에서 유죄인정의 증거를 찾아낸 '무학산 여성 등산객 살인사건', '나주 드들강 여고생 살인 사건'을 사례로



들면서, 대검 과학수사부의 존립 이유와 'DNA 재감정'의 의미를 환기시켜주었습니다. 대검과 국립과학수사연구원 간 경쟁과 협력을 통해 과학수사가 발전된다는 점에 대해 되새겨보는 좋은 기회였습니다.

이번 방문은 코로나 방역 수칙을 준수하며 진행하였습니다. 코로나19로 인해 대면 활동에 제약이 따르는 어려운 상황에서도 흔쾌히 일정을 진행해주신 신승우 디지털수사과장님, 이인수 소장님, 최승진 계장님 그리고 이한철 연구관님께 감사 인사드립니다. 본국으로 돌아간 두 외국 검사님들에게도 의미 있는 경험이었기를 바라며 후기를 마칩니다.





## 법무연수원 「제42기 심리분석 수사 실무」 출강



2021년 8월 26일부터 27일 양일간 법무연수원에서는 검찰·마약수사직 6~9급 18명을 대상으로 「제42기 심리분석 수사실무」 교육을 진행하였습니다. 해당 교육은 통합심리분석, 임상심리평가, 진술분석, 심리생리검사 및 행동분석 등 법과학분석과에서 제공하는 여러 심리검사기법 강의들로 구성되어 있습니다. 저는 '심리생리 검사기법' 강의를 맡아 27일 오전에 진천 법무연수원으로 출강하였습니다.

이번 강의는 올 4월에 열린 「제41기 심리분석 수사실무」 교육에 이은, 2021년에 두 번째로 실시한 강의였습니다. 하지만 강의 방법 상 이전 교육과는 커다란 차이가 있었는데, 지난 번 대면 강의 교육과는 달리 이번에는 '실시간 화상강의'로 진행하였다는 점입니다. 그간 본 교육에서는 심리분석에 관심을 가지고 계신 많은 수사관님들을 직접 만날 수 있어서 강사로서도 뜻 깊고 흥미로운 기회였으나, 8월 들어 심각해진 코로나-19 상황으로 인해 화면으로만 뵈게 되어 아쉬웠습니다.

아침에 진행된 강의임에도 불구하고, 수강생 모두 정해진 시간에 화상강의 프로그램에 접속하여 2시간가량 진행한 '심리생리 검사기법' 강의를 경청해 주었습니다. 다소 딱딱하고 지루할 수 있는 내용임에도 모두들 집중하여 들어주셔서 개인적으로 더 즐겁게 설명드릴 수 있었습니다. 이날 소개해드린 내용 중 심리생리검사의 이론적 배경에 대해서 이번 기회를 빌려 「법과 과학」 애독자분들께도 간단히 알려 드리 고자 합니다.



‘심리생리’ 검사 기법이라는 이름에서 알 수 있듯이, 본 검사의 이론적 배경을 담당하는 커다란 두 가지 축은 심리학과 생리학입니다. 심리생리검사 기법은 ‘사람의 생리적 신호들을 어떻게 정확히 측정하여 활용할 수 있을까?’ 라는 생리학적인 질문에서 시작합니다. 이미 200여년 전부터 많은 생리학자들이 호흡, 혈압, 피부전도반응과 같은 생리적 반응들을 정확히 측정할 수 있는 방법들을 고안하였습니다.



그러다 19세기 초부터 Marston을 위시한 많은 심리학자들이 생리적 반응들을 활용하여 거짓말을 탐지해 내는 방법을 연구하였습니다. 연구자들이 내린 결론은 생리적 신호가 거짓말을 탐지하는 데 유용하게 쓰일 수 있다는 것이었습니다.

19

거짓말은 사람의 신체에 각성(Arousal)을 불러일으키고, 이러한 각성에 의해 생리적 신호들이 특정 패턴대로 변화한다는 것을 여러 번 반복적으로 관찰할 수 있었기 때문입니다.

그럼에도 불구하고, 초기 심리생리 검사기법들은 현재 사용하는 검사기법들에 비해 오류율이 높았습니다. 피검사자의 각성을 불러일으킬 수 있는 요인에는 거짓말 외에도 다양한 이유들이 존재할 수 있었기 때문입니다. 이러한 오류를 줄이기 위한 노력으로 다양한 심리학적 원리들이 심리생리 검사기법에 녹아들어가기 시작합니다. 예를 들면, 예능 등에서 흔히 볼 수 있는 거짓말탐지 검사와 실무에서 진행하는 심리생리 검사의 가장 큰 차이 중에 하나는 ‘검사 전 면담’의 유무입니다.



인간의 신체는 동일한 자극이 반복해서 제시될 때 해당 자극이 생존에 있어 얼마나 중요한지에 따라 행동반응이 증가하는 '민감화' 양상을 보이거나, 혹은 행동반응이 감소하는 '둔감화' 양상을 보이게 됩니다. 이러한 원리를 토대로 검사 전 면담을 통해 거짓을 말하는 피검사자는 면담이 진행됨에 따라 '민감화'되어 이후 실제 검사에서 사건과 관련된 질문에 더 큰 반응을 보이게 되지만, 진실을 말하는 피검사자는 오히려 '둔감화'되어 실제 검사에서 사건과 관련된 질문에 대한 반응이 줄어들게 됩니다.



또한 다양한 종류의 질문들을 검사에 추가함으로써, 심리생리검사가 보일 수 있는 각종 오류율을 낮추는 데 기여할 수 있게 되었습니다. 생리학적인 원리들이 심리생리검사가 생겨날 수 있게 해주었다면, 심리학적인 원리들은 심리생리검사가 좀 더 정확하고 정교한 검사가 될 수 있도록 다듬어 주었던 것입니다.

만약 제가 드린 이야기들이 흥미로우셨다면 앞으로 진행할 제43기, 제44기 심리분석 수사 실무과정에도 많은 관심과 참석 부탁드립니다. 심리생리검사를 비롯해 통합 심리분석, 임상심리평가, 진술분석, 행동분석 등 다양한 심리분석 기법과 관련한 더 많은 이야기들을 들으실 수 있습니다. 다음에 강의가 열릴 때는 코로나-19가 하루 빨리 마무리되어 직접 수사관님들과 만날 수 있었으면 좋겠다는 작은 소망과 함께 이 글을 마칩니다.



## 2021 한국심리학회 연차학술대회 참석

2021 제75차 한국심리학회 온라인 연차학술대회

### 한국 사회의 심리적 통증

Psychological Pain in Korea

일정  
2021  
08.19(목) ~  
08.21(토)

주최 (사)한국심리학회



2021 75

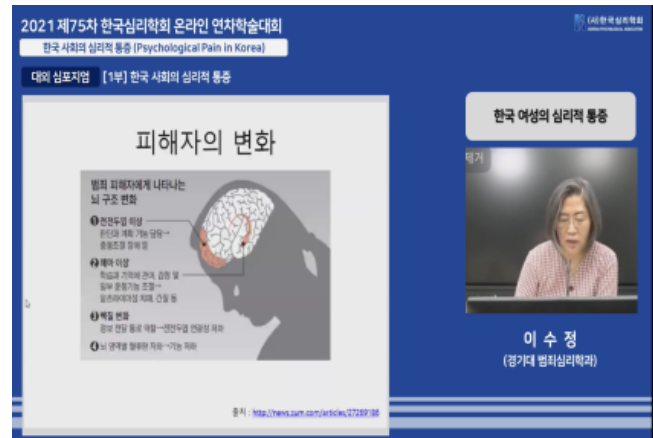
한국심리학회는 8월 19일부터 21일까지 3일간 '제75차 온라인 연차학술대회'를 개최하였습니다. 매년 학술대회에서는 심리학 분야의 석학 강연과 분과학회의 학술발표를 통해 우리 사회가 직면한 심리-사회적 문제에 대한 심도 있는 논의가 이루어집니다. 저를 비롯해 대검 과학수사부 진술분석관들이 함께 참석하여 듣고 보았던 유익한 내용을 「법과 과학」 애독자분들께도 전달하고자 합니다.

이번 학술대회는 '한국 사회의 심리적 통증'을 주제로 다채로운 분야의 심포지엄과 학술발표가 진행되었습니다. 학술대회를 관통하는 주요 흐름 중 하나는 COVID-19 팬데믹이 장기화되면서 우리 사회에서도 다양한 심리·사회적 문제가 발생하는데, 그 원인을 다각적인 측면에서 다루고 심리적 통증 없는 사회를 위한 대안을 제시하려는 노력이었습니다.

최근 한국 사회는 양성대립을 사회적·정치적 이슈로 주목하고, 다수의 언론에서도 이를 논란의 소재로 보도하고 있습니다. 이수정 교수님은 범죄 피해 이후 언론 등에 노출된 피해자를 보호하기 위한 방안을 주제로, 피해 예방을 위한 선제적 정책 집행의 조력자로서 심리학자들의 역할 수행에 대해 강연하였습니다.



교수님은 피해자들에게서 관찰되는 뇌 기능 손상의 장기화, 심리적 무력감 등 피해자 고통에 대해 설명하였고, 피해자 고통을 최소화하려는 외국의 선례와 함께 아래 내용을 강조하였습니다.



▶ 피해자 고통 최소화를 위한 방안

1. 효과적이고 협력적인 지역사회 대응을 위한 기관 상호 연결
2. 피해자 안전을 책임지는 정책의 명문화
3. 사건의 지속적인 모니터링 및 평가 시스템의 정비



이번 강연은 진술분석의 주요 대상자인 피해자에 대한 2차 피해 방지를 위해 보다 세심한 주의를 기울여야함을 재차 유념하는 시간이었습니다.

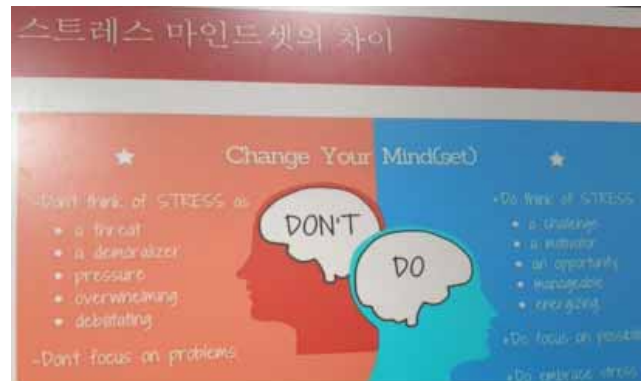
다음으로는 다양한 분야의 발표 주제 중, 진술분석 업무를 담당하는 과학수사부의 일원으로서 관심 있게 본 '번아웃 증후군'과 관련 내용을 소개해드립니다. 번아웃 증후군은 일에 몰두하던 사람이 극도의 스트레스로 인하여 정신적, 육체적으로 기력이 소진되어 무기력증, 우울증 따위에 빠지는 현상을 말합니다.





해당 강연에서 이상민 교수님은 번아웃 증후군에 대처하기 위한 '스트레스 마인드셋' 개념 즉, 스트레스 인지 방식에 대해 설명하였습니다. 통상적으로 스트레스는 '만병의 근원'이라는 믿음이 만연하지만 실제로 스트레스를 받는 경우 우리의 몸에서는 긍정과 부정의 반응이 모두 발생하여 해로운 것만은 아니라고 합니다.

오히려 스트레스가 건강에 해롭다는 생각 그 자체가 사망률을 높인다는 연구 결과도 있듯이, 스트레스 그 자체보다는 사람의 인식(나쁘다)이 정신적, 육체적 건강에 미치는 영향이 크다는 것이 강연의 핵심 내용이었습니다.



이와 관련하여 재미있는 실험도 하나 알려드립니다. 피실험자들에게 두 종류의 음료를 마시게 한 후 '배고픔 호르몬'이라고 불리는 그렐린 수치를 측정하였습니다. 이 호르몬이 증가하면 배고픔을 느끼고, 감소하면 배고픔을 느끼지 않는다고 합니다.

피실험자들에게 제공된 두 종류의 음료에는 각각 '그들이 누려야 할 사치 620칼로리'와 '죄책감 없는 만족감 140칼로리'라는 다른 문구가 적혀있었습니다. 그리고 문구를 인지하고 음료를 마신 피실험자들의 호르몬 수치를 측정한 결과, 620칼로리가 적힌 음료를 마셨을 때 그렐린 수치가 크게 줄고, 140칼로리를 마셨을 때 조금밖에 줄어들지 않았습니다.

하지만 사실 두 음료는 모두 380칼로리의 동일한 음료였습니다. 몸 속의 호르몬 수치를 바꾼 것은 음료 자체가 아닌 음료에 대한 '믿음 그 자체'라는 것이 이 실험의 결론입니다.



사람은 누구나 스트레스를 받는 상황에 처할 수 있습니다. 최근 코로나19로 인해 누적된 피로감과 그로 인한 번아웃 증상을 호소하는 의료진들, 부정적 간접 경험에 장기간 노출되는 형사사법기관의 종사자들 또한 스트레스 관리에 매우 취약합니다. 하지만 스트레스 자체를 피할 수 없다면, 소개해드린 연구결과와 같이 스트레스에 대한 인식 자체를 바꿔봄으로써 새로운 대처 전략을 세울 수 있지 않을까 합니다. 또한 이렇게 나 자신의 스트레스를 적절히 다루는 것이 상대방과 모두에게 도움이 될 수 있지 않을까 생각해봅니다.

이번 한국심리학회 연차학술대회 참석은 최신 연구 동향을 살펴볼 수 있는 좋은 기회가 되었습니다. 업무 수행에 있어서 나 자신을 돌아보는 것 또한 중요함을 일깨워 주는 계기가 되었습니다.



## ISFG Summer Workshop 2021 참가

### ISFG Summer School 2021



대검찰청 과학수사부 DNA 감정실은 2021년 7월 20일부터 7월 30일까지 'ISFG Summer School 2021 온라인 워크숍'에 참가했습니다. 이번 워크숍을 주관한 국제 법유전학회(ISFG: International Society for Forensic Genetics)는 법유전학 분야의 연구를 수행하고, 가이드라인을 만들며 국제학술지를 발간하는 세계 최고 권위의 국제학회(60개국, 1,200명 이상 회원)로, 2017년 대검찰청이 아시아 최초로 서울에서 개최한 이력도 있습니다.

올해 예정되어있던 학회가 코로나-19로 인해 연기되면서, 이번 여름에는 'ISFG Summer School'이라는 이름으로 온라인 개최하였습니다. 현재 법유전학에서 가장 이슈와 쟁점이 되고 있는 7개 분야가 워크숍 주제로 선정되었고, DNA 감정실에서는 각자 관심 분야에 따라 연구사들이 개별적으로 6개 분야의 워크숍에 참가하였습니다.

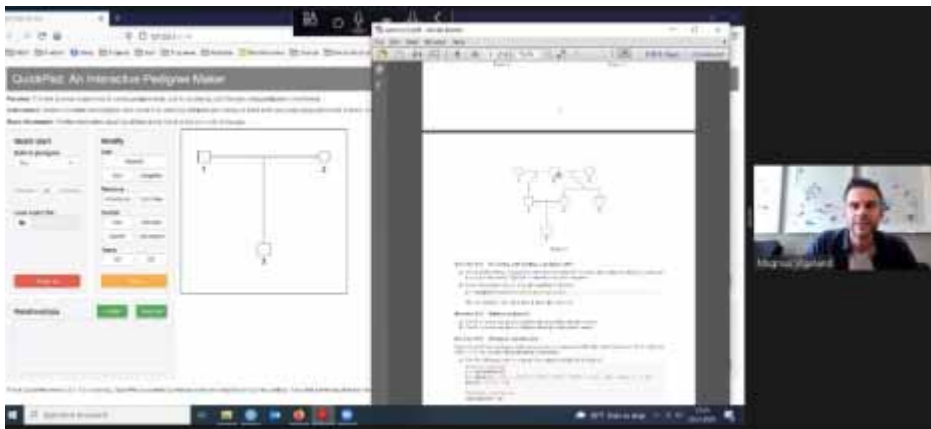
시차 때문에 새벽에 들어야 하는 강좌도 있었고, 실습이 있는 경우는 프로그램을 다운로드하여 예제를 풀면서 영어 강의를 따라가는 것이 어렵기도 했지만 최신 연구정보를 접할 수 있는 기회를 포기할 수는 없었습니다!



WS	Title	Speakers
WS 1	Evaluative reporting for contact traces/Activity level reporting	Lydie Samie-Foucart & Tacha Hicks
WS 2	NGS Bioinformatics 101 (STRait Razor, FDSTools)	Jonathan King & Jerry Hoogenboom
WS 3	Advanced DNA mixture interpretation	Peter Gill, Corina Benschop, Oyvind Bleka
WS 4	Perform BGA analyses and how to interpret them	Chris Phillips, Walther Parson, Peter Schneider
WS 5	Inference of relationships – from Basic to Advanced Kinship Statistics	Daniel King & Andreas Tillmar
WS 6	Statistical Genetics	Bruce Weir & Sanne Aalbers
WS 7	Pedigree Analysis in R	Thore Egeland & Magnus Vigeland

▲ ‘ISFG Summer School’

(WS1: 미세흔적 분석과 결과의 이용, WS2: NGS 데이터 분석법, WS3: 혼합형 분석, WS4: 혈통 분석 WS5: 친족관계의 통계적분석, WS6: 통계적 유전학, WS7: R을 이용한 가계도 분석)

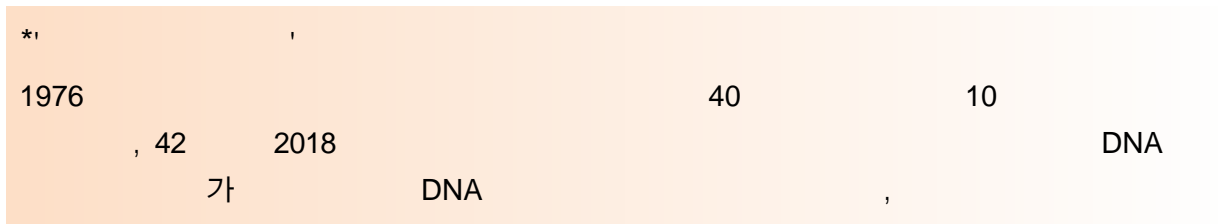


▲ ‘ISFG Summer School’ 워크숍 진행 화면

이번 워크숍에서 가장 유용했던 주제는 ‘친족관계 분석 및 데이터의 통계적 활용’이라고 말할 수 있습니다. 총 7개의 주제 중 3개가 다양한 친족관계(부계, 인척관계, 가계도)를 추정하는 방법에 대한 강연이었고, 또 다른 3개는 각각의 분석 소프트웨어를 이용한 데이터 분석과 통계적 기법을 활용한 해석에 관한 내용이었습니다.

2018년 미국의 골든스테이트 킬러 사건\*을 효시로 유전학적 혈통 찾기(genetic ge

nealogy) 검색 기술이 수사에 성공적으로 도입된 이후로, 축적된 DNA 데이터베이스를 이용하여 친족관계를 추정하는 방법은 법유전학자들의 이목을 집중시켜왔습니다.



2021 ISFG Summer School 워크숍을 통해 유전자 개인식별에서 나아가 먼 친족 관계까지 추정할 수 있는 분석방법에 대해 전 세계 법유전학자들의 지속적인 관심과 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있었습니다.

그 외에도 신기술 개발에 관한 내용뿐만 아니라 현재 보유한 기술로 생성된 데이터를 어떻게 분석하고 통계적으로 정량화하여 객관적 증거로서 가치를 부여하고 활용할 것인가에 관한 연구가 중요한 이슈임을 확인할 수 있었습니다.



..

법유전학에서 주목 받고 있는 분야에 대해 항상 선봉에 서서 가이드라인을 제시하는 'ISFG'답게 이번 워크숍 주제 역시 실무에 활용하거나, 대검 DNA감정실이 추구하는 연구개발 방향을 고민하는데 큰 도움이 되었습니다.

실제로 사건 현장에 남겨진 혼합형 DNA분석뿐만 아니라 법무부의 의뢰를 받아 국적 취득, 결혼이민, 난민, 독립유공자 후손 등 다양한 이유로 가족임을 확인하는 DNA감정을 수행하면서 종종 복잡한 사례를 접하게 됩니다. 이번 ISFG Summer School 2021 온라인 워크숍 참가 경험이 새로운 분석 방법과 적용 가능한 기술에 대한 시야를 넓힐 수 있는 좋은 기회가 되었습니다.



## 제2회 첨단 과학수사 전문검사 커뮤니티 개최

대검찰청 과학수사부 디지털수사과에서는 2021년 8월 24일 화상 회의 서비스를 이용하여 비대면으로 '제2회 첨단 과학수사 전문검사 커뮤니티'를 개최하였습니다.

이번 커뮤니티는 선별 압수와 관련하여 가장 큰 이슈인 모바일 포렌식을 중심으로 한 '디지털포렌식 모바일 데이터 수집 동향'을 주제로, 법무법인 린 테크앤로 부문장 겸 디지털수사자문위원인 구태언 변호사가 발표를 진행하였습니다



먼저, 구태언 변호사의 발표 내용 중 「최근 안드로이드 os 수집 동향」에 대해 간략히 소개해 드리겠습니다.

### 최근 안드로이드 os 수집 동향

본 발표에서는 안드로이드 os 사용 스마트폰에 대한 데이터 획득 방식을 추출 가능한 데이터의 범위에 따라 구분을 하여 물리획득과 논리획득, Full File System 획득 방식으로 나누고 있습니다. 각각의 획득 방식은 안드로이드 스마트폰의 취약점을 이용하거나 제조사 또는 안드로이드에서 제공하는 내부 데이터 공유 프로토콜이나 사용자에게 대한 앱 데이터 백업 프로토콜을 이용합니다.

## Android OS 보안 동향

**암호화**

**Device Encryption**

2016년 이후 출시된 모든 안드로이드 기기(갤럭시 S7 이후)에 대해 구글이 FDE (Full Disk Encryption) 적용을 강제

시스템 무결성 검사 정책 (Secure Boot 등)과 함께 무결성이 훼손되면 해독키를 주지 않음

암호화 이전에는 루팅 불가능시 Chip Off를 통해 파티션 데이터 획득이 가능했지만, 현재는 데이터가 모두 암호화되어 복호화 없이는 데이터 획득이 불가능함

스마트폰 내의 사용자 데이터(userdata) 파티션 전체를 암호화함  
휴나의 키로 암호화를 진행

스마트폰 내의 사용자 데이터(userdata) 파티션 내의 데이터를 각각 암호화  
응도에 따라 여러 개의 키로 암호화 진행

계정학과 사이버 과학 19 Digital Forensic Research Center, Korea University



일례로 2016년 이전에 출시된 안드로이드 os 기기는 대부분 전체 디스크 암호화 FDE<sup>1)</sup>(Full Disk Encryption)가 적용되어 있지 않았기 때문에 데이터가 저장된 플래시메모리의 Chip off<sup>2)</sup>를 통해 데이터 획득이 가능했습니다.

- 1) FDE :  
2) Chip off :

, 가

하지만 2016년 이후 출시된 거의 모든 기종의 안드로이드 기기에 대해서 구글이 강화된 보안정책 적용을 강제하면서, 암호화 기법과 시스템 무결성 검사 메커니즘에 대한 우회 공격 없이는 복호화 된 데이터 획득이 불가능해졌습니다.

따라서 전체 파티션 또는 파일시스템 내부 파일에 대하여 데이터를 획득하기 위해서는 시스템 무결성 검사 정책(Secure Boot 등)과 보안 저장소(Trustzone,

Secure Storage 등)의 취약점을 이용한 공격프로그램(익스플로잇)이 필요합니다. 그리고 이러한 프로그램을 통해서 해독된 FDE, FBE<sup>3)</sup>(File Based Encryption) 데이터를 수집해야 합니다. 하지만 이러한 방법으로 전체 데이터 획득하더라도 삭제된 데이터의 복구는 불가능 합니다.

### 3) FDE, FBE :

이러한 취약점 기반의 데이터 획득 기술의 경우 대상 기기의 하드웨어 시스템, 운영체제, 보안패치 및 커널 버전에 따라 적용 범위가 제한적입니다. 또한 물리적인 파손이 심각하여 공격 인터페이스의 접근이 어려운 경우, 동일 기종의 새 보드에 암호화 모듈과 스토리지를 이식하는 추가적인 작업도 요구됩니다.

이처럼 보안기술의 발달에 대응하기 위하여 많은 국내·외 연구자들이 새로운 방안을 모색하고, 데이터 추출 기술 개발에 매진하고 있습니다

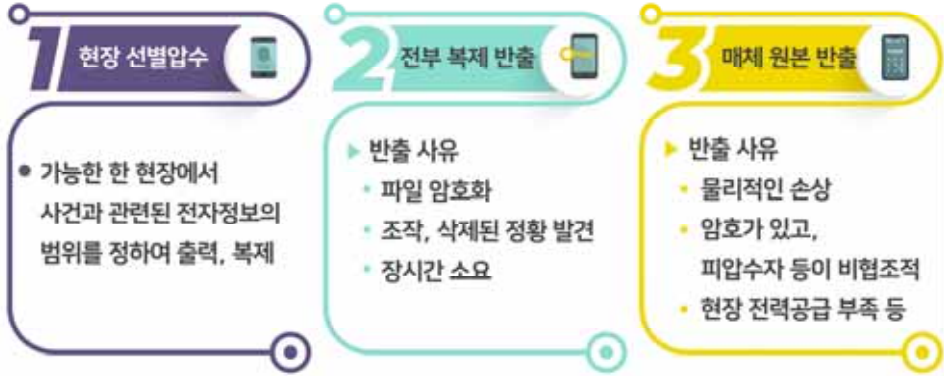
최근 디지털 매체 사용이 대중화되고 개인의 모든 일상이 빅데이터로 처리됨에 따라 개인정보 보호의 필요성이 증대되고 있으며, 형사사법 영역 또한 예외는 아닙니다. 이와 관련하여 다음으로는 디지털 증거 수집 시 선별 압수에 대해 이야기하고자합니다.



개정 형사소송법 제106조 및 제215조는 피의사건과의 '관련성'을 규정하고 있습니다. 그리고 2021. 1. 1.자로 시행된 「검사와 사법경찰관의 상호협력과 일반적 수사 준칙에 관한 규정」에서는 '관련성'이 없어 압수 대상에 포함되지 않는 '목록에 없는 전자정보'는 삭제·폐기·반환하도록 되어있습니다.



디지털포렌식 수사관들은 관련 규정에 따라 디지털 증거 수집·분석 시 사건과 관련 있는 전자정보에 한하여 압수함을 원칙으로 하되, 몰수대상이거나 출처증명 등 원본성 입증에 필요한 경우 예외적으로 매체나 전부 복제본을 압수하고 있습니다. 다만, 스마트폰의 경우는 PC 등과 달리 기술적으로 현장 선별이 곤란하고, 출처증명을 위해 전부 복제본이 필요한 경우가 다수입니다. 그렇기 때문에 스마트폰은 매체를 반출하여 전부 복제 후 정보 주체 등의 참관 하에 혐의사실과 관련된 부분에 한하여 선별 압수를 진행하고 있으며, 그 과정(탐색·선별 과정)에서 당사자의 참여권을 충실히 보장하는 등 적법절차를 준수하고 있습니다.



20 ( )

1151 )

21 ( )

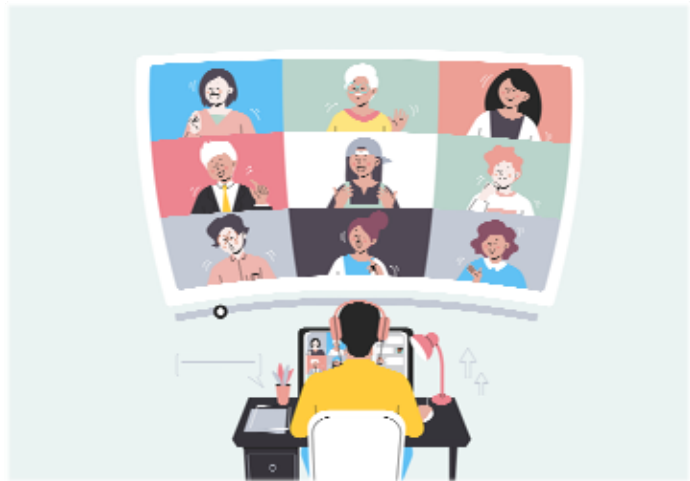
26 ( )

13 “ ”

그럼에도 불구하고 과잉 압수 또는 사생활 침해라는 등의 외부의 부정적인 시선이 여전히 존재하고 있는 것은 사실이며, 이와 관련하여 끊임없는 이슈들이 발생하고 있습니다. 또한, 4차 산업혁명 시대에 안티 포렌식 및 암호화 기술 등은 하루가 다르게 발전하고 있고, 디지털 증거의 수집 및 분석의 가능성은 계속 낮아지고 있어 어느 순간 디지털 증거를 더 이상 수집·분석하기 어려운 상황이 도래할 지도 모르겠습니다.

대검 디지털수사과는 디지털 생태계의 변화를 신속·정확하게 감지하고 상황에 맞게 대응할 수 있도록 최선을 다하고, '실체적 진실'을 발견하면서 국민의 인권이 보호될 수 있는 디지털 증거 수집·분석 기법·도구의 연구개발 및 관련 법·제도적 개선이 이루어질 수 있도록 끊임없이 노력하겠습니다.

코로나19 상황으로 인해 아쉽게도 온라인으로 개최한 '제2회 첨단 과학 수사 전문검사 커뮤니티'임에도, 어김 없이 참석해 주신 분들께 진심으로 감사드립니다. 다음번 커뮤니티에서도 실무에 도움이 되는 유익한 과학 수사 소재로 다시 찾아뵙겠습니다.





## 2021 GFCE 커뮤니티 쇼케이스 미팅 참석



▲ 미팅 참석 화면



▲ 쇼케이스 미팅 화면

대검찰청 과학수사부 사이버수사과는 2021년 9월 1일 한국시간 21:00 GFCE\*가 주최하는 커뮤니티 쇼케이스 온라인 미팅에 참석하였습니다. 본 회의는 GFCE 참여 기관이 진행 중인 각자의 역량강화 사업을 공유하는 자리로, 다양한 기관들이 참여하여 A, B섹션으로 나누어 11개씩 총 22개 사례를 소개하였습니다. 이 중 몇 가지를 말씀드리고자 합니다.

\* GFCE(Global Forum on Cyber Expertise): 사이버역량강화 전문포럼, 2015년 개도국의 사이버안보, 정책 등 역량강화를 위해 출범한 국제기구로 전세계 약 140여개 국가 및 민간이 참여하여 활발히 운영 중임

### Diplo Foundation ‘

먼저 사이버안보·외교 등 역량강화 전문기관인 Diplo Foundation이 발표한 내용입니다. 이 기관은 개도국 등 사이버·외교 역량개발을 위한 교육훈련과 프로그램의 종류는 무엇이고 어떻게 활용되고 있으며, 이를 더 개발하거나 제공 할 수 있는 방안에는 무엇이 있는지 등을 주제로 연구하였습니다.

그 결과, 교육 활동은 충분히 제공되고 있지만 국가들의 참여가 매우 저조하다는 사실을 발견했습니다. 따라서 중요한 것은 역량강화가 필요한 국가들에게 프로그램의 유용성을 알리는 것이며, 각 국가의 대응 역량 차이에도 불구하고 사이버외교에 함께 참여하고 개발하는 것이 궁극적으로는 모두 Win-Win할 수 있는 방안이라고 하였습니다. 즉 서로 함께 참여하여 이해하는 과정이 중요하다고 하였습니다.

영국 내무성은 옥스퍼드사이버역량강화센터(GCSCC), 국제전기통신연합(ITU)과 함께 진행 중인 '합동 통합사이버분석프로젝트(JICAP, Joint Integrated Cyber Analysis Project)'를 소개하였습니다. 이는 국가의 사이버안보 역량과 리스크 평가 제공의 전략적 초석을 마련하기 위해 결성한 것입니다.

JICAP의 목적은 다음과 같은 방안으로 국가 사이버역량을 강화시키는 것입니다.

- 첫째, 다양한 방면에서 접근한 사이버 역량 평가
- 둘째, 평가를 토대로 'end to end'(총괄적 연계관리) 전략 개발 및 프로젝트 시행
- 셋째, 정부의 사이버 안보 복원력(Resilience) 강화

이를 실행하기 위한 단계별 과정은 다음과 같습니다.



이 외에도 다양한 액션플랜이 있습니다. 요약하자면, JICAP은 역량강화를 위한 전략 및 정책 수립을 위한 '통합된 버전의 평가를 제공'입니다. 향후 2년 간 6개국과 함께 프로젝트 심화 연구도 진행할 예정이라고 하니, 향후 대검에서도 JICAP과 APC-HUB를 연계한다면 좋은 사례가 될 것 같습니다.

다음은 B섹션에서 발표된 인터폴의 '디지털 포렌식 역량강화 이니셔티브'를 소개합니다. 이는 디지털 포렌식 4개의 분야(초기 대응, 디지털 포렌식 분석 전문가, 수사, 기소)에서 민·관의 지식 및 운영 역량강화를 목표로 합니다.

일례로 동남 아시아 8개국을 수혜국으로 선정하여, 법 집행기관의 디지털 포렌식 역량 강화와 초기 대응자 및 검찰을 위한 디지털 증거의 압수·보전 교육, 디지털 포렌식 실험실 전문교육 및 수혜국 디지털 포렌식 장비 제공 등을 추진하고 있습니다.



또한 인터폴은 지식공유의 장을 마련하여 실무 지원, 역량 강화를 목표로 '디지털 포렌식 랩(Digital Forensics Lab)'을 운영하고 있습니다. 아울러 인터폴은 디지털포렌식 관련 간행물 제작·배포에도 집중하고 있습니다.

▲ 인터폴 이니셔티브 소개 화면

주요 내용으로는 디지털 포렌식 랩에 대한 전 세계적 가이드라인 제작, 디지털 포렌식 담당자를 위한 가이드라인 제작, 드론 관련 사건 대응 체계 구축, 디지털 포렌식 랩 표준 운영 절차 수립 등이 있습니다.



▲ 인터폴 '디지털 포렌식' 소개 홈페이지 (www.interpol.int)



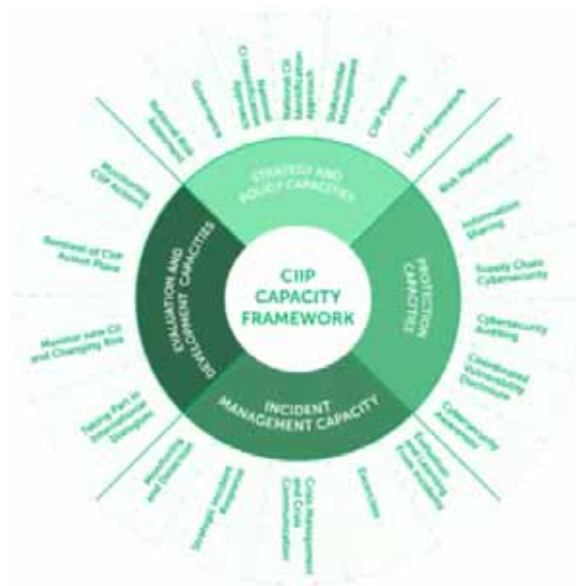
이밖에도 인터폴이 지원하고 있는 활동에는 매년 1회 디지털 포렌식 전문가 그룹을 구성, 화상회의·교육 진행, 오픈소스 포렌식 분석 소프트웨어 개발이 있습니다. 또한 인터폴은 노르웨이의 재정지원으로 아시아 지역에서 디지털 포렌식 역량 향상을 희망하는 국가의 법 집행기관이 범국가적 사이버범죄에 대한 수사, 기소, 운영 등을 강화할 수 있도록 도움을 주고 있습니다.

마지막으로 '인터폴 디지털 포렌식 프로그램(IDFP)'에 대해 알려드립니다. IDFP는 아일랜드 소재 더블린 대학과 인터폴 디지털 포렌식 랩의 협업으로 진행되는 온라인 교육입니다. 주요 내용은 컴퓨터 사이언스와 정보통신 기술의 기반, 디지털 포렌식의 기초, 어플리케이션 포렌식 및 IoT를 위한 리버스 엔지니어링, 네트워크 포렌식입니다.

교육 대상은 디지털 포렌식 부서나 연구소에 배정된 신규 수사관과 분석가, 법 집행기관의 종사자, 법정 증인으로 채택된 실무자들입니다. 교육 효과의 연속성을 위해 인터폴에서는 훈련자 일부를 교육 후 교관으로 선발하고 있습니다. 이 프로그램은 올해 8월에 시작하여 2023년 2월 종료예정이라고 합니다. 향후 이런 프로그램들과 활발히 교류한다면 서로 도움이 될 듯합니다.



끝으로 네덜란드의 CIIP(Critical Information Infrastructure Protection, 주요정보통신인프라보호) 역량강화 프레임워크를 소개합니다. 해당 프레임워크에서는 해당 주요 인프라시설 보호와 관련하여 안전한 운영을 위한 지속가능하고 효과적인 방안 및 지식을 제공합니다. 또한 각 국의 조건에 맞는 역량을 수요자가 설정할 수 있습니다.



▲ 네덜란드 CIIP 역량 프레임워크 소개 화면

CIIP 역량강화 프레임은 네덜란드가 재정 지원하며 GFCE가 운영하는 'cybilportal.org' 에서도 관련 가이드를 찾을 수 있습니다. 정책 입안자를 위해 작성된 가이드는 전략적 접근법을 제시합니다. 즉 CIIP를 위해 필요한 역량들이 무엇인지 알아보고, 국제적 우수 적용 사례를 살펴보고 해당 프레임에 축적시킵니다. 각 국의 협력 증대를 위해 모든 국가에 포괄적 적용이 가능한 방안을 찾아 갑니다. 이를 통해 주요 정보통신 인프라의 기능성과 연속성 및 무결성을 보장하고, 위협과 취약성을 억제·완화·무력화하며, 사이버 침해사고의 영향을 최소화하고자 합니다.



▲ www.cybilportal.org (쇼케이스 미팅 자료 게시)

이상 주요 내용을 말씀드렸으며 관련 자료는 웹사이트 'cybilportal.org' 에도 게시되어 있으니 궁금한 부분이 있는 분들께 참고가 되었으면 좋겠습니다. 이번 쇼케이스 미팅은 GFCE가 최초로 준비한 것으로, 전 세계의 역량강화 프로젝트를 한눈에 확인하고 공유하는 유익한 기회였습니다.

위 정보들을 잘 활용한다면 저희 APC-HUB(아태 사이버범죄 대응 역량강화 허브) 사무국의 성공적인 운영에도 큰 도움이 될 것으로 보입니다. 대검찰청 사이버수사과는 사이버 역량 강화 국제 활동에 적극 동참하여 안전한 사이버 세상을 만드는데 앞장서겠습니다.



## 아세안+3 사이버범죄 컨퍼런스 참석

2021년 7월 22일 목요일 오후 3시, '전 세계 공공-민간 합동 사이버범죄 대응'을 주제로, 싱가포르 경찰청에서 주최한 '제4회 아세안+3 사이버범죄 컨퍼런스\*'에 참석하였습니다. 아세안(ASEAN)은 필리핀, 말레이시아 등 10개 국가가 참여하는 동남아시아 국가연합이며, 아세안+3은 이들 10개 국가에 한국, 중국, 일본 3개국을 포함한 것을 의미합니다.

\*ASEAN+3 Cybercrime Conference(APTCC) 2021

컨퍼런스는 온라인으로 진행되었습니다. 코로나19로 인해 화상회의가 늘어나면서 업무에 도움이 되는 유익한 컨퍼런스에 쉽게 참석할 수 있는 기회가 늘어난 것은 반가운 일이지만 다양한 관계자들과 직접 만나 교류할 수 없다는 점은 다소 아쉬웠습니다.



(ZOOM)

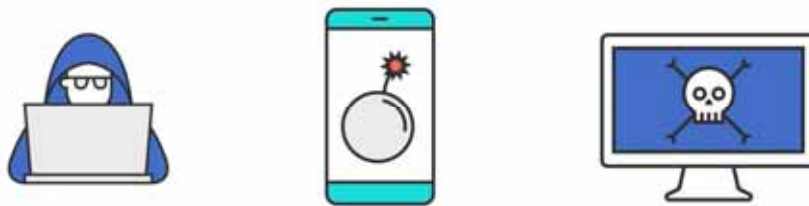
가

첫 시간으로는 싱가포르 경찰청 기술범죄수사과에서 랜섬웨어 공격 및 데이터 침해 위협을 주제로 싱가포르에서 발생한 랜섬웨어 사건 사례와 함께 사이버 수사의 어려



움 등에 대해 발표 하였습니다. 최근 들어 랜섬웨어 공격은 데이터 암호화뿐만 아니라 탈취까지 같이 이루어지고 있으며, 수익성 증대를 위해 기업이나 국가 주요 산업을 주요 대상으로 하고 있다고 하였습니다.

수사상의 애로사항으로는 가상화폐 추적과 국제공조 요청 시 회신까지의 많은 시간 소요, 피해 기업의 빠른 업무 정상화와 침해사고가 발생한 IT 시스템 보존 사이의 딜레마 등이 언급되었으며 이는 한국에서 발생하고 있는 랜섬웨어 사건 대응과 공통된 관점에서 이야기 하는 것을 볼 수 있었습니다.



다음으로는 트렌드마이크로사와 마이크로소프트사에서 사이버범죄 대응을 위한 법 집행기관과의 협력을 주제로 발표하였습니다. 트렌드마이크로사는 코로나19 팬데믹으로 인해 증가한 위협 상황에 맞서서 인터폴과 함께 적극적으로 협력한 사례를 공유하였습니다.

마이크로소프트사에서 자사의 글로벌 디지털범죄 대응 조직에 대해 설명 하였습니다. 고객보호 및 자사 제품에 대한 고객 신뢰 강화를 목표로 법 집행기관에 협조하고 있다고 하였으며, 자체 보유의 다양한 사이버범죄 대응 프로그램을 소개 하였습니다. 마이크로소프트사에서는 법 집행기관의 원활한 증거획득을 위해 웹사이트를 운영하고 있기도 합니다. 또한 사이버범죄 대응을 위해서는 국제 공조가 중요하며 추후에도 지속적으로 법집행기관과 공조를 이어나갈 것이라고도 강조하였습니다.



(leportal.microsoft.com)

## (Tiktok), 가 !!

틱톡(Tiktok)은 외부 발표 기관 중 가장 발표에 신경을 많이 쓴 모습이었습니다. 틱톡은 유럽, 미주를 포함한 전 세계적으로 유행 중인 짧은 동영상 공유 SNS 플랫폼으로서, 2020년 미국인 개인정보의 중국 본토 유입과 관련하여 트럼프 전 대통령과 갈등을 빚은 바 있습니다.

세 명의 발표자가 차례로 나와 틱톡의 안전한 환경 조성을 위한 활동 소개 및 선제 대응 조치가 얼마나 효과적으로 이루어지고 있는지에 대한 홍보, 마지막으로 법집행 기관에서 틱톡에 증거획득을 요청하는 방법에 대해 설명하였습니다. 틱톡에서는 극단 주의 선전물, 음란물, 마약과 같은 콘텐츠를 선제적으로 삭제하고 있으며, 이와 같은 콘텐츠 중 81.8% 이상을 AI를 활용하여 다른 사용자가 열람하기 전에 삭제하고 있다고 하였습니다.

틱톡은 중국기업으로 알려져 있으나 현재 싱가포르와 아일랜드의 더블린, 미국의 샌프란시스코에 지사를 운영 중이며 아시아에서는 싱가포르 지사를 통해 증거획득 등의 협조를 요청할 수 있다고 합니다. 국제형사사법공조(MLAT)뿐만 아니라 직접 데이터 보존 요청과 위급상황에서의 긴급 요청도 가능하다고 합니다.

발표자에게 이메일로 구체적인 절차에 대해 문의한 결과, 한국에서는 영문으로 번역된 '통신자료제공 요청허가서'와 함께 요청하면 한국국적 사용자에게 한하여 접속기록 및 콘텐츠(게시글, DM 등)에 대한 제공이 이루어집니다.



### (Cyber Hygiene)

이밖에도 인터폴 아세안 사이버범죄수사대에서는 코로나-19로 인한 디지털 가속화와 함께 사이버범죄도 꾸준히 증가함에 따라 대응을 위한 국제 공조의 중요성을 강조하였습니다. 특히 코로나-19 상황과 빗대어 사이버 위생(Cyber Hygiene)이란 용어를 사용한 것이 인상 깊었습니다.



싱가포르 내무부 산하 과학기술 전문기관인 홈팀 행동과학센터에서는 사이버 사기 관련 통계 자료를 공유하면서, 사이버 위생(Cyber Hygiene) 개념 정립을 위한 인식 제고를 재차 강조하였습니다. 본 자료에서는 사기를 당한 피해자들은 그렇지 않은 사람들보다 온라인 구매나 송금, 다운로드 등의 행위가 많았으며 특히 위험한 링크와 팝업 클릭 빈도가 높음을 확인할 수 있었습니다.

길지 않은 시간이었지만 알찬 주제로 짝 찬 컨퍼런스였으며 사이버범죄 대응에 있어 동일한 관점에서 동일한 어려움을 토로하는 싱가포르 수사기관의 발표를 보며 국경 없는 사이버범죄의 효율적인 대응을 위해서는 국제 공조 역할 강화가 매우 중요하다는 점을 다시 한번 각인하는 시간이었습니다.



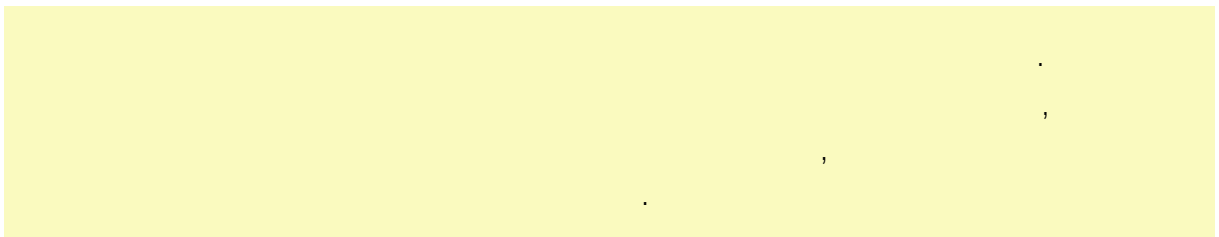
### □ HashGEN( ) 가 ?

HashGEN(해시젠)은 누구나 쉽게 해시값을 생성하고 검증할 수 있도록 개발한 도구로서 '해시값생성기'를 의미하는 Hash Value GENerator의 줄임말입니다. 디지털포렌식 수사관의 도움을 받기 어려운 상황에서 제출된 파일에 대해 직접 해시값을 생성하고 관련 필요절차에 따른 서식을 자동으로 출력할 수 있습니다.

압수 또는 임의제출 대상인 디지털기기(ex. 노트북, 외장하드, USB 등)로부터 선별한 증거 파일들에 대해 증거 이미지 파일(확장자 : DEPH)을 생성하고, 해당 이미지 파일과 개별 증거 파일에 대한 해시값을 생성하며, 위 이미지 파일 또는 개별 증거 파일에 대해 향후 무결성 입증에 중요한 수단인 해시값을 검증하는 도구(프로그램)입니다.



👉 여기서 잠깐! <해시값이란?>



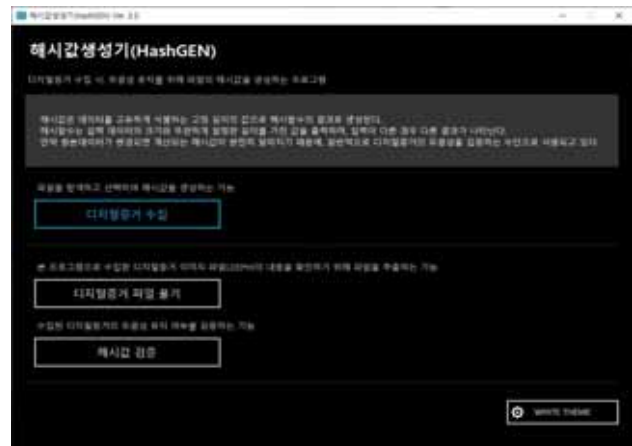
## □ HashGEN 가, , ?

HashGEN은 대검찰청 과학수사부 디지털수사과 디지털포렌식연구소에서 일선청 수사팀(검사실 등) 또는 외부기관(포렌식 업무를 수행하는 특별사법경찰관 등)에서 사용하기 쉬운 도구를 만들기 위해 자체 개발한 도구입니다.

디지털포렌식팀의 지원을 받지 못하는 상황에서, 피압수자 또는 사건관계인(임의제 출자)으로부터 압수 또는 임의제출 받은 디지털기기 내 해당 증거파일에 대해 압수를 하거나 증거파일 확보 후 임의제출자에게 해당 디지털기기를 신속하게 반환하여야 하는 경우에 HashGEN을 사용하면 손쉽게 디지털증거 파일을 확보할 수 있습니다.



[ 1.0 ]



[ 2.0 ]

HashGEN은 2015년 12월에 1.0 버전으로 최초 개발되었고, 이후 사용자 UI와 일부 기능을 개선·보완하여 2020년 12월에 2.0 버전으로 추가 개발하였으며, 2021년 5월21일부터 9월 6일까지 디지털수사과 디지털전략지원실 도구검증팀에서 도구(프로그램)의 안정성과 신뢰성 검증을 위한 도구검증을 완료하였습니다.

## □ HashGEN ?

HashGEN은 총 3가지 기능으로 이루어져 있는데, (1) 디지털증거 수집 기능, (2) 디지털증거 파일 풀기 기능, (3) 해시값 검증 기능이 있습니다



(1) 첫 번째 기능인 '디지털증거 수집' 기능은 수집하고자 하는 대상 디지털기기 내 파일들을 탐색하고 선택한 후 선택한 파일들에 대한 이미지파일(확장자: DEP H)을 생성하고, 해당 이미지파일 및 개별 파일에 대한 해시값을 생성하는 기능입니다.

☞ 이미지파일과 해시값 생성이 완료되면, 자동으로 생성되는 총 4종의 서식(전자정보상세목록, 확인서, 현장조사확인서, 참관 및 전자정보상세목록 교부확인서)을 압수 현장이나 임의제출 또는 참관 시 유용하게 활용할 수 있습니다.

[HashGEN ' 4 ]

The screenshot shows the HashGEN software interface. At the top, there's a menu bar with options like '파일명', '해시값', '원본경로', '파일크기(바이트)', '생성일', '수정일', '접근일'. Below the menu is a toolbar with various icons for file operations. The main area is a table with columns A through H. The table contains several rows of data, including file names, hash values, and file paths.

The screenshot shows a '확인서' (Confirmation Certificate) generated by HashGEN. It contains the following information:

수집자	성명	홍길동
(일의 제출자)	생년월일	1990-01-01
압수(일의제출) 일시, 장소	2021년 04월 29일 14시 09분, 서울 서초구	
한국 표준시(KST) 차이	표준시 와 같음	
작성일자	대검찰청 디지털수사과 압수확인서(서명)	

도구명: 해시값프로그램명	HashGEN, 305
해시값	edde4a10cc3c7b001035add06709a999
해시값 생성시간	2021년 04월 29일 14시 27분 15초
이미지 파일명	2021형제1234호_홍길동_의정하드_08PH

위 해시값은 압수(일의제출)한 파일에 대한 해시값임을 확인합니다.

년 월 일

· 확인자 성명 : (서명)

· 확인자 생년월일 :

· 파일수(일의제출자)와의 관계 : 본인, 기타 ( )

해시값은 데이터를 고유하게 식별하는 고정 길이의 값으로 해시값은 결과로 생성된다. 해시값은 입력데이터의 크기나 무관하게 일정한 길이를 가진 값을 출력하며, 입력이 다른 경우 다른 값이 생성된다. 만약 위변조, 복사, 조공이라도 변형이 되면 계산되는 해시값이 완전히 달라지기 때문에, 일관적으로 디지털증거의 무결성을 입증하는 수단으로 사용되고 있다.

【조사 개요】 사건 | 증거파일명 |

National Digital Forensic Center

**【 현장조사확인서 】**

**이미지파일 정보**

필수정보	
사건번호	2021형제1234호
발수장소	서울 강남구
발수자	김도민
피랍수자	홍길동
관련일시	
이미지파일 생성일시	2021년 09월 10일 17:11:10초 39초
이미지파일명	2021형제1234호_홍길동_피랍자료_DEPH

**해시값**

이미지파일	MD5	8bc5d0f123b1cc0c538e012f94cd4
전자정보상세목록 파일	MD5	0110f01d249a5e0700040494d112

- 위 해시값은 위 이미지파일에서 추출한 전자정보에 대한 해시값입니다.
- 위 필수정보를 일치하여 입수한 전자정보는 수사 또는 재판 목의 소명 시 증거력을 고지할것을 확인합니다.

확인 일시 및 장소 :  
 확인자 성명 : (서명)  
 확인자 성년월일 :  
 확인자 연락처 :  
 피랍수자(일의제출자 등)와의 관계 : 본인, 기타 ( )

[ ]

【조사 개요】 사건 | 필관 및 전자정보상세목록 고부 확인서

National Digital Forensic Center

**【 필관 및 전자정보상세목록 고부 확인서 】**

20 기밀 호 사건과 관련하여 입수(일의제출)된 아래 기재 정보 기재에 대해 아래와 같이 이미지파일 작성 과정 등에 필관하였음을 확인합니다.

소유자 및 정보저장매체			
이미지파일 리전정보			
순번	파일명	타입(TVL)	해시값
1	2021형제1234호_홍길동_피랍자료_DEPH	Logical	MD5 : adda5dca3cf609f25a51e783e000
		Logical	SHA1 : e02767d0b3e445e150e009c8571aaadcd3346296
		Logical	D1887b195516342030c772b3300af0b74ae0345ea0bc08bc0883ab62323d

**관련 정보**

필관 일시 :  
 필관 장소 :  
 필관 인 :  
 필관 범위 범위 : 정보기상에서 하드디스크 및 이미지 ( )  
 전자정보명 및 복제(출력) : ( )

기타 특이 사항

위 정보기상에서 통해 대한 하드디스크 이미지 등의 필자를 필관하고, 입수한 전자정보에 대한 전자정보상세목록을 출력물, 파일의 형태로 고부받았으며, (또는 전자정보의 상세목록이 작성될 수 있음 - (고지)받았으며), 입수된 전자정보는 수사 또는 재판 목의 소명 시 증거력을 고지할것을 확인합니다.

20  
 확인자(필관인) : (서명)  
 관할수사관 : (서명)

[ ]

(2) 두 번째 기능인 '디지털증거 파일 풀기' 기능은 위와 같이 생성된 이미지파일(확장자: DEPH) 내 개별 파일들을 확인할 수 있는 기능입니다.

(3) 마지막으로 세 번째 기능인 '해시값 검증' 기능은 위와 같이 생성된 이미지파일(확장자: DEPH)과 개별 파일이 해시값을 생성한 이후 변경되었는지를 확인하기 위해 대상 파일의 해시값을 다시 계산하여 비교하는 기능입니다.

□ HashGEN의 위 3가지 기능을 진행 단계별로 보여줄 수 있나요?

(1) '디지털증거 수집' 기능(총 3단계)



[1 ]

, ( ) ,



[ 2 ]



[ 3 ]  
(.DEPH)

(2) '디지털증거 파일 풀기' 기능(총 2단계)



[ 1 ]  
HashGEN  
( : DEPH)



[ 2 ]  
가  
가



(3) '해시값 검증' 기능(총 2단계)



[ 1 ]  
HashGEN  
( : DEPH)  
( )



[ 2 ]  
,  
(  
) 가

□ HashGEN , ?

HashGEN은 검찰 일선청 및 외부기관 등에 배포 계획을 추진할 예정입니다. 향후 배포 일정 및 절차, HashGEN 사용과 관련하여 문의사항이 있으시면 대검찰청 디지털수사과 디지털포렌식연구소 연구기획팀(내선번호 : 700-3844)으로 연락주시면 자세히 안내해드리도록 하겠습니다. 이상으로 누구나 손쉽게 해시값 검증을 할 수 있는 HashGEN(해시젠) 소개를 마칩니다.



## 질 식

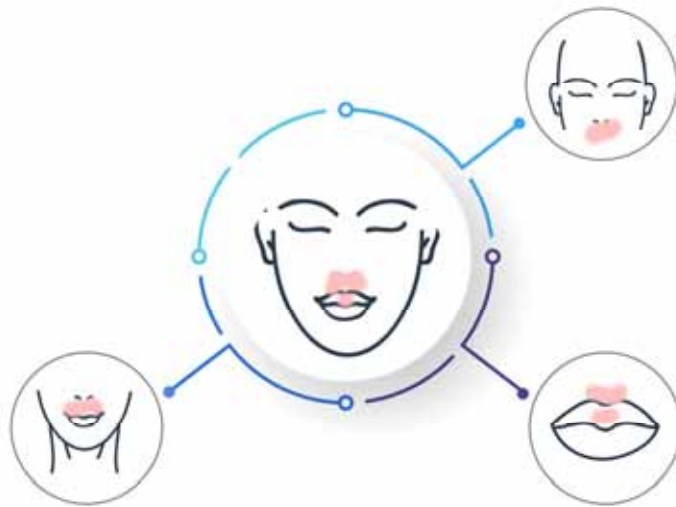
매번 글을 써 주시는 유성호 교수님은 20년간 1,500여 건의 부검을 담당한 법의학자로서, 서울대학교 의과대학 법의학교실 교수로 재직 중이시며, 국립과학수사연구원 촉탁 법의학관이십니다.

‘그것이 알고 싶다’ 등 각종 방송에서 법의학 관련 자문을 맡고 있으며, ‘어쩌다 어른’에 출연해 ‘죽은 자에게 배운다’라는 주제로 강의를 한 바 있습니다. 범죄 및 미스터리 계간지 ‘미스테리아’에 실제 사건들을 주제로 칼럼을 연재하고 있으며, 저서로는 ‘나는 매주 시체를 보러 간다’가 있습니다.



코와 입막음(鼻口閉塞, Smothering)은 코와 입을 막아서 질식하는 경우로 비닐주머니를 머리에 쓰거나, 손을 묶고 이불이나 보자기를 씌우거나, 재갈을 물리고 코를 막거나, 술에 취해 얼굴을 파묻거나 할 때 발견될 수 있는 사례다. 부드러운 물체로 코와 입을 막으면 일반적인 질식사외의 소견 외에 다른 소견이 없으나, 손으로 막으면 턱이나 코와 입 주변에 피하출혈과 표피박탈 또는 손톱자국이 있을 수 있으며 구강 점막의 손상도 흔하게 관찰되는 소견이다. 피해자는 가해자에 비해 힘이 약한 연소자 또는 고령이거나 약물이나 알코올에 영향을 받은 사람인 경우가 많다.

차가운 금속 부검대에 올라온 젊은 여자의 얼굴은 평온해 보였다. 고통스럽게 죽은 상황이라면 몸 속 에너지원이 고갈되면서 근육 경직이 바로 생기기 때문에 직전의 그 고통스러운 표정이 그대로 남을 것이라 생각되지만, 그런 일은 드물다. 오히려 죽어가면서 얼굴 근육을 포함한 전체 근육이 이완되므로 표정이 없는 경우가 더 많다. 여자의 얼굴을 찬찬히 살펴보니 코 바로 아래 부위에 피부가 까진 표피 박탈이 보였고, 입 안에는 윗입술 안쪽의 점막이 살짝 찢어진 열창의 소견이 보였으며 구토물의 흔적도 관찰되었다. 강제로 코와 입을 막을 때 발생할 수 있는 소견이었다.

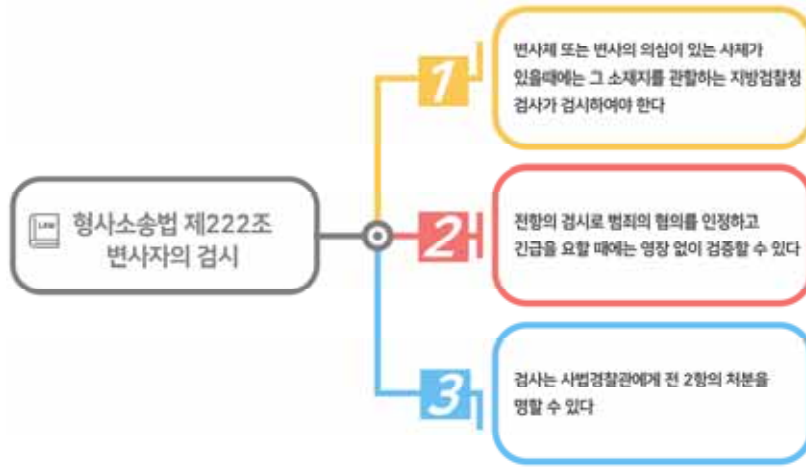


부검 시작 전 경찰은 긴가민가하는 태도를 취하며 간단한 사건 정황을 이야기했다. 사망한 여자가 남자와 함께 술을 마시고 여관에서 잤다고 한다. 남자가 일어나보니 옆에 누워 있던 여자가 의식이 없는 상태라 119에 신고를 했고, 구급대가 도착할 당시에는 이미 사망한 상태였다고 한다. 경찰의 검시 과정에서 갓 입사한 검시조사관이 여자의 인중 부위의 불그스름한 표피 박탈을 관찰하고 부검을 권유했다는 이야기도 덧붙였다.

남자는 부검에 강력히 반대했다. 두 사람이 소주 5병을 나누어 마시고 정신없는 상태로 잠들었다가 구토 소리를 언뜻 들었는데, 아마 여자가 구토를 하다가 질식해 죽은 것 같으며, 결혼할 사이였던 여자의 몸에 칼을 대는 건 안 된다는 주장이었다. 여자의 가족도 남자친구의 이야기를 믿으면서 부검에 부정적인 태도를 보였다.

경찰에서 가족이 반대하는 부검을 진행하기란 매우 어렵다. 일반적으로 부검은 우리나라 형사소송법 제222조(변사자의 검시) 제1항에는 '변사체 또는 변사의 의심이 있는 사체가 있을 때에는 그 소재지를 관할하는 지방검찰청 검사가 검시하여야 한

다'. 제2항 '전항의 검시로 범죄의 혐의를 인정하고 긴급을 요할 때에는 영장 없이 검증할 수 있다', 제3항, '검사는 사법경찰관에게 전 2항의 처분을 명할 수 있다'의 규정을 근거로 시행된다.



따라서 원칙적으로 검시 책임자인 검사 또는 경찰의 의지가 있다면 진행할 수 있지만, 가족이 반대할 경우 부담감을 느낀 검찰에서 부검을 위한 영장 청구를 안 하거나 법원에서 영장이 기각될 수도 있다. 이번 경우에도 남자친구가 여자의 가족들을 설득하여 부검을 반대하는 입장이었지만, 경찰은 여자가 정확히 어떤 사연으로 사망했는지 알아야 하지 않겠느냐며 여자의 모친을 지속적으로 종용했다. 결국 부검 허락을 받을 수 있었다.

여자의 상처를 절개해서 관찰을 시작했다. 코와 입막음에 의한 사망에서 특히 베개 등을 사용한다면, 술에 취했더라도 피해자가 저항하는 경우가 많다. 여자의 경우 특히 윗입술 안쪽의 점막에서 치아에 압박되면서 나타나는 열창의 형태가 관찰되었으며, 아래턱 부위에선 'L' 모양의 표피박탈과 함께 내부 피하출혈이, 양쪽 턱 아래쪽에선 겉으로는 잘 구분되지 않았던 피하출혈이 보였다. 베개 등으로 누른 압박으로 인해 나타나는 형태의 손상으로 판단하였다. 더욱이 여자의 얼굴의 다른 부위는 울혈되었으나 양쪽 광대 아래부터 턱까지는 창백했다. 이는 코와 입 주변에 가해진 누르는 압력 때문에 발생한 것으로 보인다는 점에서 더욱 그러하다고 판단하였다.

머리 쪽을 절개해 보았을 때 이마와 마루(머리의 꼭대기 부위) 및 양쪽 관자(측두) 부위의 피하출혈이 관찰되었다. 그리고 뇌에서는 왼쪽의 경막하출혈과 거미막밑출혈이 확인되었으나, 극히 소량이라 사망을 유발할만한 정도는 아니었다. 일반적으로 경막하출혈은 가속-감속 기전(고정된 물체에 머리를 부딪치는 경우, 예컨대 벽에 머리가 부딪치는 상황)으로 생기는데, 코와 입이 막혔을 때 저항하는 과정에서 머리를 부딪치면서 발생했을 가능성도 있다고 보았다. 여자의 혈액에서 알코올 농도는 0.197퍼센트로 만취 상태가 확인되었다. 이러한 알코올 농도에서는 이해-판단력 장애, 보행곤란, 언어불명료 등의 증상과 징후가 나타날 수 있으나, 즉각적인 사망의 원인으로는 볼 수 없었다.

부검을 통해 내린 종합적인 결론은 다음과 같았다. 첫째, 여자의 얼굴에 베개 등 강한 압박으로 인한 코와 입의 막힘이 확인된다. 둘째, 머리의 뇌출혈이 소량으로 확인되나 즉각적인 사망에 이를 정도는 아니며, 이는 머리를 벽에 부딪치는 경우에 발생할 수 있다. 셋째, 여자의 혈액에서는 만취 상태의 혈중 알코올 농도가 확인되나 이 또한 사망에 이를 정도는 아니다. 결국 다수의 피하출혈 등이 다양한 형태로 장기에서 관찰되나 사망과 인과관계가 있다고 볼만한 치명적 상병이라고 보기는 곤란하며, 앞서 언급한 코와 입 주변의 손상을 통해 질식을 미루어 판단할 수 있는 소견 등을 보건대, 치명적 사망 원인은 코와 입 막음을 통한 질식이라고 판단하였다.



수개월이 흐른 후 이 사건으로 법정에서 서게 되었다. 피고인을 대리하는 유능한 변호사는 날카로운 질문을 쏟아냈다. 그는 여자의 입 안에 구토물이 있는데 왜 구토에 의한 질식이 아니냐고 질의하였다. 미국의 저명한 법의학자 A.M.N. 가드너는 1950년

대에 이미 외상이나 심근 경색 등의 명백한 다른 원인에 의해 사망한 사람에게서 위의 내용물이 기도와 입으로 역류하는 현상을 관찰했고,

- ① 역류가 사망에 역할을 담당하는지에 대한 가설과,
- ② 사망한 사람 또는 사망 직전의 사람이 병원까지 운송되는 과정에서 역류가 생길 수 있다는 가설을 검증하기 위한 실험을 실시하였다.<sup>1)</sup>



즉 사망 직후의 사람 10명의 위에 바륨(barium)을 투여한 다음 운송 과정을 거쳐 부검을 실시하였다. 결과적으로 사망한 후 바륨을 투여했음에도 그중 7명의 기도 및 폐에서 바륨과 함께 염증 반응이 관찰되었다. 이 반응은 사망 후 식도의 조임근(괄약근)의 풀림(이완)에 의한 것, 운송 도중이나 심폐소생술에 의해 가슴 또는 배에 가해지는 압력에 의한 것임이 밝혀졌다. 또한 가드너는 사망한 후에도 역류된 위 내용물에 의해 폐에 염증 반응이 발생하며, 이는 부검 후 현미경에 의한 병리학적 검사로도 사망 전 역류에 의한 염증과 구별할 수 없음을 보고하였다.

1) A.M.N. Gardner, 「Aspiration of food and vomit」. 《QJM: An International Journal of Medicine》, Volume 27, Issue 2, April 1958, Pages 227-242.



이처럼 법의학자는 부검 시 명백히 다른 원인에 의해 사망한 경우에도 위의 내용물이 식도와 기도를 통해 폐에 역류된 경우를 비교적 자주 관찰한다. 구토 관련한 변호사의 질의에 대해, 사망 후 식도 조임근이 풀리면서 역류하거나 이송 과정에서 발생한 위 내용물의 역류로 인해 부검실에서 기도 내, 심지어 입 안의 이물질이 관찰되는 것은 흔한 일이며, 이 같은 기도 내 이물질은 사망 원인이 아니라 사망의 기전으로 봐야 한다고 진술했다.

사망의 기전(Mechanism or Mode of Death)이란 사망의 원인(질병이나 손상)이 작용하여 생긴 인체의 생리적 또는 생화학적 장애를 뜻한다. 사망 원인이 그 사람을 사망하게 한 현상이라면, 사망의 기전에 속하는 것은 심부전증, 부정맥, 심폐기능 정지, 질식, 신부전, 간부전, 실혈 등이다. 본 경우와 같은 기도 내 이물질도 이런 사망의 기전에 속한다. 이는 사망에 임박한 사람에서 나타날 수 있는 현상이므로 원인이 무엇이었는지는 상관없다. 죽은 여자의 입 속 구토물도 이로 해석할 수 있다.



변호사의 질문은 이어졌다. 술이 만취하였는데 심장에 무리를 주는 급성심근경색증의 가능성은 없냐는 내용이었다. 여자의 경우 중등도의 주취 상태로 보행곤란과 언어 불명료 등의 행동 장애는 있으나 사망을 유발할만한 급성 알코올 중독은 아닌바, 단

순히 신체에 다른 손상이 있다고 해서 그것이 심근경색을 유발할 수 있다고 볼 수 없으며, 심장동맥에서도 현저한 폐쇄가 없었고 심장 근육에서도 그와 같은 증거는 없었다고 응답했다.

사람의 죽음의 원인을 판단하는 것은 복잡한 여러 현상에 의해 복잡하게 보여 그 진실이 무엇인지 시야가 흐리게 될 경우가 있다. 이를 위해 하나하나 그 현상을 과학적이고 객관적인 시선에서 따져 봐야 하는 일이 법의학자의 할 일이다. 부검을 반대했던 남자는 이후 몇 차례의 재판이 이어진 후 유죄가 선고되었다.







## 『영화로 본 수사관 일기』 ⑳ <반칙왕>

- 우리를 종종 화나게 하는 것들에 대하여



한 때 배우 송강호는 김지운 감독의 페르소나였다. 지금은 세계적 거장이 된 봉준호 감독이 만든 기기묘묘한 인장처럼 매순간 다른 배역으로 살아 숨쉬기 전까진 그랬다. 영화 <반칙왕>은 <쉬리>에서 남한 첩보요원을 연기하면서 두각을 나타내기 시작한 송강호가 처음으로 주연을 맡은 김지운 감독의 두 번째 연출작이다.

<반칙왕>은 소심한 은행원 임대호가 우연히 프로레슬링을 배우게 되면서 삶에 대한 자신감을 얻게 되는 과정을 코믹하게 그려낸다. 영화 속 '빌런'으로 등장하는 상사의 헤드락을 무력화시킬 수 있는 방법을 고민하던 중 반칙왕 캐릭터로 프로레슬링 무대에 올라가게 되면서 직장생활에서 결코 상상할 수 없는 반칙기술을 서슴없이 시전하는 장면은 송강호만이 할 수 있는 연기라 해도 과언이 아닐 정도. 하지만, 그게 전부가 아니다.

처음 반칙왕 캐릭터로 요란하게 등장했던 임대호는 영화의 라스트 신이기도 한 챔피언 유비오와의 마지막 대결에서 반칙을 사용하지 않는다. 오히려 정직하고 우직하게 싸운다. 평소 좋아하던 직장 동료에게 고백할 용기가 나지 않고, 매일 구박만 하는 아버지에게 프로레슬링을 배우고 있다는 말을 꺼내기가 어려워서 프로레슬링 관장이 경기 때 쓰던 타이거마스크를 돌려쓰고 말았지만 챔피언과의 대결은 반칙을 쓰고 싶지 않다는 생각에서였을까. 그 때문에 챔피언의 기술에 밀려 쓰고 있던 마스크가 찢겨나가고 유혈이 낭자할 정도로 격렬한 격투를 벌였지만 링 위에 벌러덩 누워있는 표정에는 후회스런 표정이 보이지 않는다.



우리를 종종 화나게 하는 것은 상대방이 반칙을 써서 이겼다는 사실을 알았을 때이다. 끼어들기금지 표지가 버젓이 있음에도 길게 이어진 차량들 사이를 비집고 들어오는 양체차량 운전자, 스펙 쌓느라 여러 해 동안 헤맨 나보다 소위 지인 찬스를 이용해서 빨리 입사한 나이 어린 직장상사 등 우리를 화가 나게 만드는 반칙왕들은 실제로 지금도 주변에 많은 것 같다. 반칙이 통하지 않는 세상이 공정하다는 것쯤은 알 만한 사람들 이지만 가끔은 그들로부터 받는 화를 좀처럼 누그러뜨리기 어려울 때가 있다. 그럴 땐 뭐다? <반칙왕>의 송강호처럼 허공에 대고 필살기 울트라파워 봉봉!



## 『법과학분야 우수논문 소개』

# 기체크로마토그래피-이중질량분석법을 이용한 모발 중 졸피뎀 대사체 분석법 개발

디엔에이·화학분석과 분석관 권남희

대검찰청 디엔에이·화학분석과 법화학실에서는 일선청이나 다른 여러 기관에서 의뢰하는 마약 및 화학감정 업무를 담당하고 있습니다. 또한, 감정 시 보완점이나 신종 마약 감정기법을 연구하여 실무적용하고, 학회 발표 및 논문게재도 꾸준히 추진하고 있습니다.

이번에 개발하게 된 분석법은 '모발시료(머리카락) 내에 미량 축적되어 있는 졸피뎀 대사체를 검출할 수 있는 분석법'입니다. 졸피뎀은 수면유도제로써 약물의 의존성과 오·남용 위험성이 많아 「마약류 관리에 관한 법률」에서 향정신성의약품으로 분류되고 있습니다.

하지만 불면증이나 수면장애에 흔히 처방되는 약물로 소규모의 일반 의원에서도 쉽게 구할 수 있는 약물이기 때문에 강력범죄나 성범죄 사건에 악용되는 경우도 많습니다. 국립과학수사연구원에 따르면 '06 ~ '12년 사이 진정제 성분 약물로 인한 성범죄 사건 중 졸피뎀 사용 범죄가 21%로 가장 많았으며, 2014년 이후 4년간 약물 사용 성범죄건수가 약 2배가량 증가한 것으로 확인되었습니다.

일반적으로 약물 복용여부는 생체시료(소변, 모발 등) 분석을 통해 확인할 수 있습니다. 약물 복용여부를 확인할 때는 복용한 마약성분과 복용 후 체내에서 대사, 배출·축적되는 마약성분의 대사체도 동시에 분석합니다. 소변시료의 경우 매일 몸 밖으로 배출되어 나가기 때문에 검출가능시간 내에 채취한 시료가 아닐 경우 약물을 복용하였더라도 복용여부를 확인하는 것이 어려울 수 있습니다. 하지만 모발의 경우 자르지 않는 이상 모발에 계속 축적되어 남아 있기 때문에 약 1년 전에 복용하였던 약물 성분도 검출 할 수 있습니다.



성범죄 사건은 범죄특성상 사건발생 후 시간이 경과한 뒤 신고 되는 경우가 많기 때문에 대상자의 생체시료(소변)에서 졸피뎀 성분 확인은 쉽지 않습니다. 이러한 경우 모발 분석을 이용하면 사건 당시 복용하였던 졸피뎀 성분을 확인할 수 있습니다. 기존의 감정기법에서는 모발(머리카락) 내 축적된 극미량의 졸피뎀 대사체(소변의 경우 졸피뎀 대사체는 과량이나 모발의 경우는 극미량만 존재) 검출이 어려웠으나, 이번 연구를 통해 졸피뎀 대사체 검출한계를 획기적으로 낮춰 정확한 약물 복용 여부를 확인할 수 있도록 고감도 분석기법을 개발하였습니다.

모발 중 졸피뎀 대사체 분석법을 「법과 과학」 독자분들께도 간략히 설명해드리려고 합니다.

모발 속에 미량 축적된 졸피뎀 대사체 성분을 추출하기 위해 모발을 잘게 분쇄한 뒤 추출액인 메탄올을 넣어 1시간 동안 초음파 추출을 진행하였습니다. 초음파 추출한 추출액을 원심분리한 뒤 불순물과 방해물질을 제거하기 위해 필터를 이용하여 여과하였고(그림1), 유도체화 반응 후 기체크로마토그래피-이중질량 분석기(GC-MS/MS)를 통해 분석하였습니다.

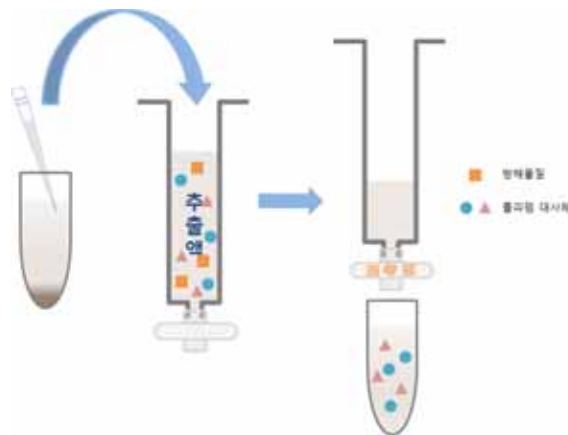


그림1. 모발 내 졸피뎀 대사체 추출과정

기체크로마토그래피(GC)를 이용하여 미량의 성분을 분석할 때에는 분석효율을 높이기 위해 유도체화를 실시하는데, 이번 연구에서는 졸피뎴 대사체 성분의 카르복실기 (carboxyl group, -COOH)에 결합할 수 있는 hexafluoroisopropanol (HFIP) 시약을 이용하여 유도체를 진행하였습니다.(그림2)

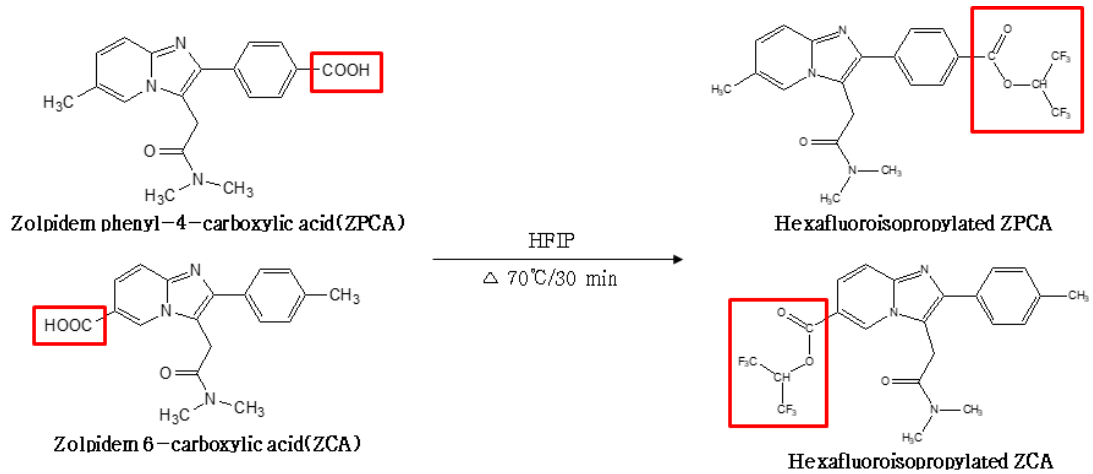


그림2. 졸피뎴 대사체 유도체화 과정

과거 일선청에서 의뢰했던 모발 중 졸피뎴 성분만 검출되었던 모발에서 이제는 **새로 개발한 분석기법을 이용하여 졸피뎴 대사체 성분까지 검출된 것을 확인** 할 수 있었습니다. 이번 연구를 통해 모발에서 극미량의 졸피뎴 대사체 성분까지 검출 가능해짐으로써, 졸피뎴 복용여부를 명확하게 확인을 할 수 있게 되었고, 이와 같은 신뢰성 있는 연구결과는 앞으로 강력범죄나 성범죄 등 수사지원에 많은 도움이 될 것으로 예상됩니다.

# Determination of zolpidem phenyl-4-carboxylic acid and zolpidem 6-carboxylic acid in hair using gas chromatography–electron ionization–tandem mass spectrometry

Nam Hee Kwon<sup>1</sup>  | Seon Yeong Kim<sup>1,2</sup>  | Sung Ill Suh<sup>1</sup> | Jin Young Kim<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Forensic Genetics and Chemistry Division, Supreme Prosecutor's Office, Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup>Departments of Chemistry, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

## Correspondence

Jin Young Kim, Forensic Genetics and Chemistry Division, Supreme Prosecutors' Office, 157 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 06590, Republic of Korea.  
Email: paxus@spo.go.kr

## Abstract

A gas chromatography–electron ionization–tandem mass spectrometric (GC–EI–MS/MS) method was developed and validated for determination of the major metabolites of zolpidem, zolpidem phenyl-4-carboxylic acid (ZPCA) and zolpidem 6-carboxylic acid (ZCA) in human hair. The sample preparation procedure involves decontamination, mechanical pulverization, incubation, extraction and purification prior to instrumental analysis. The extracts were derivatized using hexafluoroisopropanol and heptafluorobutyric anhydride and analyzed by GC–EI–MS/MS. The linear ranges were 8–100 pg/mg for ZPCA and 16–200 pg/mg for ZCA, with the correlation coefficients >0.997. The limits of detection were 1.8 pg/mg for ZPCA and 1.7 pg/mg for ZCA. The recoveries ranged from 77.6 to 111.7%. The intra- and inter-day precisions were within 16.9 and 11.7%, while intra- and inter-day accuracies were –7.0–8.7 and –2.8–7.8%, respectively. The developed method was applied for the analysis of forensic hair samples obtained from suspected zolpidem abusers and the following concentration ranges were monitored: ZPCA 11.9–35.9 pg/mg and ZCA 16.6–21.8 pg/mg. The method proved to be suitable for picogram-level determination of ZPCA and ZCA in human hair.

## KEYWORDS

GC–EI–MS/MS, hair analysis, major metabolite, zolpidem

## 1 | INTRODUCTION

Zolpidem (ZPD, Stilnox<sup>®</sup>) is one of the most commonly prescribed drugs for the treatment of anxiety and insomnia as a nonbenzodiazepine hypnotic. Owing to its strong sleep-inducing effect and short duration, ZPD is subject to abuse in drug-facilitated crime (DFC) such as sexual assault, robbery and extortion for money. After administration, ZPD is extensively metabolized *in vivo* to two major metabolites, zolpidem phenyl-4-carboxylic acid (ZPCA) and zolpidem 6-carboxylic acid (ZCA) (Chouinard, Lefko-Singh, & Teboul, 1999; Langtry & Benfield, 1990; Rohrig & Moore, 2005; Salvà & Costa, 1995). All of the ZPD metabolites are pharmacologically inactive (Freeman, Roth, & Puech, 1996; Harrison & Keating, 2005; Von Moltke et al., 1999).

There have been several publications concerning a recent increase in the misuse of ZPD in DFCs and forensic cases. It may cause the victim

loss of consciousness and impairment of cognitive function and affect memory. This is commonly found in drug-facilitated sexual assault (DFSA) as a subset of DFC (Chêze, Duffort, Deveaux, & Pépin, 2005). ZPD is the drug that is most frequently used by DFSA offenders and 31 cases out of 148 DFSA cases submitted to National Forensic Service in Korea between 2006 and 2012 involved ZPD (Choi, Ahn, Chang, Chung, & Baeck, 2015; Kim et al., 2018). Therefore, its potential for abuse requires sensitive and reliable analytical methods in biological samples and this has become an issue of concern for forensic toxicology.

The determination of drugs of abuse is achieved by testing biological sample matrices such as urine, blood, and hair. These samples provide meaningful information regarding drug exposure. Hair analysis reveals a relatively long period of drug exposure depending on the length of the hair shaft, while urine and blood concentrations only reflect recent drug use (Saitoh, Uzaka, Sakamoto, & Kobori, 1969).

Incorporation of the drug and its metabolites into hair can provide clear evidence and chronological information on drug use, as they are kept in hair longer than in other biological matrices (Clauwaert, Van Bocxlaer, Lambert, & De Leenheer, 2000; Johansen & Jornil, 2009; Meng et al., 2009; Wu, Lin, Chen, & Chang, 2008a, 2008b). However, hair analysis requires standard sampling procedures and reliable analytical methods owing to the differences in metabolism and pharmacokinetics, differing growth rates of various kinds of hair, partially explained drug incorporation mechanism into hair matrix and so on (Wenning, 2000). Sample preparation includes decontamination, mechanical pulverization, incubation and extraction, and instrumental analysis steps (Kintz, 2006).

The concentration level of acidic metabolites in hair is predicted to be lower than that of the parent drug owing to the weak incorporation rate of acidic compounds into hair (Clauwaert, Van Bocxlaer, Lambert, & De Leenheer, 2000; Rothe et al., 1997; Sachs & Kintz, 1998). Because of the reason explained above and mass spectral interferences by matrix components, the detection of target compounds at low concentration levels in hair has posed a significant technical challenge (Musshoff, Lachenmeier, Kroener, & Madea, 2003). Therefore, a highly sensitive analytical technique is required for picogram-level quantification of ZPCA and ZCA.

Several analytical methods have been reported for detection of ZPD in hair, including gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) (Colucci et al., 2013; Lee et al., 2011), liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) (Cui et al., 2013; Kim et al., 2018; Kintz, Villain, & Ludes, 2004; Miyaguchi, 2013), liquid chromatography-quadrupole time-of-flight-mass spectrometry (Kronstrand, Forsman, & Roman, 2018) and matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry (Erne, Bernard, Steuer, Baumgartner, & Kraemer, 2019). Among them, LC-MS/MS is the most often employed instrumentation for routine analyses of ZPD. However, only two LC-MS/MS methods for analyzing ZPD metabolites in human hair have been reported so far (Kim et al., 2018; Shin et al., 2019). These studies reported that only ZPCA was detected in one hair sample. The lowest limit of quantitation (LLOQ) for ZPCA reported from Kim et al. was 100 pg/mg but the ZPCA was found to be below the LLOQ (Kim et al., 2018). The LLOQs of ZPCA and ZCA reported from Shin et al. were 2 and 5 pg/mg respectively, but ZPCA was only detected at above the LLOQ (Shin et al., 2019). Thus we focused on detecting the major ZPD metabolites ZPCA and ZCA as evidence of ZPD use.

The objective of the study was to develop a highly sensitive method for picogram-level determination of ZPCA and ZCA using GC-electron ionization (EI)-MS/MS. The method was fully validated and its applicability was confirmed by the analysis of forensic hair samples.

## 2 | MATERIALS AND METHODS

### 2.1 | Chemicals

The reference compound ZPCA and the deuterated internal standard (IS) zolpidem phenyl-4-carboxylic acid- $d_4$  (ZPCA- $d_4$ ) were purchased from Cerilliant (Austin, TX, USA). The ZCA was purchased from TRC

(Toronto, ON, Canada). The derivatizing agents hexfluoroisopropanol (HFIP) and heptafluorobutyric anhydride (HFBA) were obtained from Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA). HPLC-grade acetone, ethyl acetate and methanol were supplied by JT Baker/Avantor (Center Valley, PA, USA). The water was purified with a Millipore AFS-16 water purification system (Molsheim, France). All other chemicals were of analytical grade or higher. Polypropylene tube (2 ml) was purchased from Eppendorf (Safe-Lock tube, Hamburg, Germany). Polytetrafluoroethylene (PTFE) syringe filters with a 13 mm diameter and 0.2  $\mu$ m pore size were purchased from Whatman (Clifton, NJ, USA).

The working standard solutions of target compounds were mixed and prepared by an appropriate dilution in methanol at 1  $\mu$ g/ml of ZPCA and 2  $\mu$ g/ml of ZCA. The IS was prepared in methanol to provide a working standard solution of 1  $\mu$ g/ml. All of these solutions were stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  before use.

### 2.2 | Hair specimens

Drug-free hair samples were obtained from laboratory staff with written consent and used as a matrix for control and calibration. Matrix-matched calibrators were prepared by adding mixed standard solution to blank hair samples over the concentration ranges of 8, 16, 32, 64, 80 and 100 pg/mg for ZPCA and 16, 32, 64, 128, 160, and 200 pg/mg for ZPC, respectively. Forensic hair samples ( $n = 34$ ) were received from the Narcotics Departments at the District Prosecutors' Offices. These samples were normally pulled out or cut as close as possible to the scalp from the posterior vertex for the analysis.

### 2.3 | Sample preparation

Hair samples were washed with water (5 ml) and acetone (5 ml) twice alternately, air-dried, weighed (10 mg) and pulverized in a 2 ml polypropylene tube containing six steel beads with a bead mill (Qiagen TissueLyser II, Retsch, Haan, Germany). Mechanical pulverization was performed at a frequency of 30 Hz for 10 min to obtain hair powder. After adding 40  $\mu$ l IS solution (35 ng/ml for ZPCA- $d_4$ ), the samples were ultrasonicated in 1 ml of methanol at  $35^{\circ}\text{C}$  for 40 min with a probe sonicator (Q500 sonicator, Qsonica, Newtown, USA). After high-speed centrifugation at 20,000g for 5 min, 0.95 ml of clear supernatant solution was passed through 0.2  $\mu$ m PTFE syringe filter. The sample solution was dried under the air stream (Caliper TurboVap LV evaporator, Hopkinton, MA, USA) at  $45^{\circ}\text{C}$  and 30 kPa for 10 min. The residue was derivatized with 50  $\mu$ l HFIP and 50  $\mu$ l HFBA in a dry heating block at  $70^{\circ}\text{C}$  for 30 min, followed by evaporation at  $45^{\circ}\text{C}$  and 30 kPa for 5 min. The resulting residue was reconstituted with 50  $\mu$ l ethyl acetate. An aliquot (1  $\mu$ l) was injected into the GC-EI-MS/MS system.

### 2.4 | Instruments

GC-MS/MS analysis was performed with a Waters Quattro micro GC tandem mass spectrometer equipped with an Agilent Technologies

6890N GC and 7683B autosampler. Data acquisition and analysis were performed using standard software supplied by the manufacturer (Waters, MassLynx version 4.1). Separation was achieved with a GC capillary column (DB-5MS UI, 30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 μm, J&W Scientific, Folsom, CA, USA) with helium as the carrier gas at a flow rate of 1.1 ml/min. The GC temperature program was as follows: initial temperature was 200°C for 0.6 min, increased to 300°C at a rate of 40°C/min, held for 6.0 min. Splitless injection mode was used with a purge-on time of 0.2 min. The injector with a deactivated glass inlet liner and the GC interface temperatures were 260 and 280°C, respectively. The mass spectrometer was operated under EI conditions using the multiple reaction monitoring (MRM) acquisition mode for quantification. MS/MS experiments were based on collision-induced dissociation occurring inside the collision cell. Argon gas pressure was maintained at  $3.2 \pm 0.4$  mTorr. To determine the retention time and characteristic mass fragments, the primary EI mass spectra of the derivatized analytes and IS were recorded in full-scan mode ( $m/z$  50–500). The precursor ions and product ions were then determined at a series of collision energies (15–30 eV). Quantification was performed using MRM transitions. For each compound, two MRM transitions were monitored as a quantifier and a qualifier except for the IS with one MRM transition. The electron multiplier was set at 600 V. Each MRM transition pair was alternately monitored with a dwell time of 60 ms for all compounds.

## 2.5 | Validation of analytical method

The method was validated by measuring the selectivity, linearity, limit of detection (LOD), LLOQ, precision and accuracy, and recovery according to the protocol (Peters, Drummer, & Musshoff, 2007).

For selectivity test, eight different drug-free samples were analyzed for evaluation of potential matrix interferences. The apparent response at the retention times of the analytes under the investigation was compared with the response of analytes near the LLOQ.

The LOD was calculated based on the concentration corresponding to a signal plus 3 standard deviations from the mean of eight replicates of blank hair. The LLOQ was defined as the lowest concentration on the calibration curve that can be quantitatively determined with acceptable precision and accuracy.

The linearity of the method was confirmed over the concentration range 8–100 pg/mg for ZPCA and 16–200 pg/mg for ZCA. Linear regression analysis was performed on the peak area ratios of the analyte to IS vs. the analyte concentrations.

Quality control (QC) samples at three different concentrations were prepared by spiking working standard solutions with known amounts of 12, 40 and 90 pg/mg ZPCA and 24, 80 and 180 pg/mg ZCA. The intra-day precision and accuracy of the method was established by replicate analyses ( $n = 5$ ) of the LLOQ and QC samples. The inter-day precision and accuracy were established by replicate analyses ( $n = 15$ ) of the same LLOQ and QC samples on three different days. To determine the precision, the relative standard deviation (RSD, %) was calculated for the replicate measurements. The accuracy (bias, %) was calculated from the degree of agreement between the measured and nominal concentrations of the spiked samples.

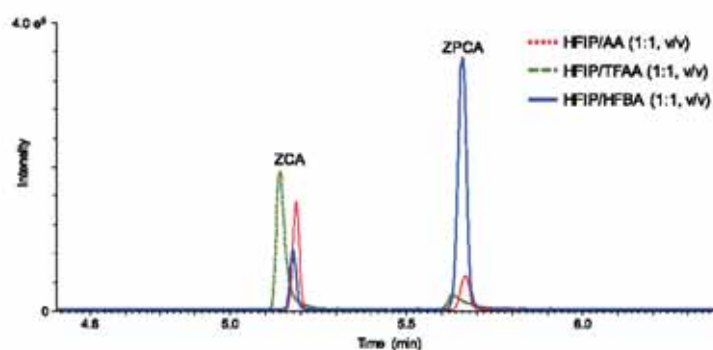
The potential for carryover was evaluated by injecting the highest point of the calibration curve, followed by blank solvent and the area of peaks present at the retention times of analytes under investigation was measured.

## 3 | RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 | Sample preparation

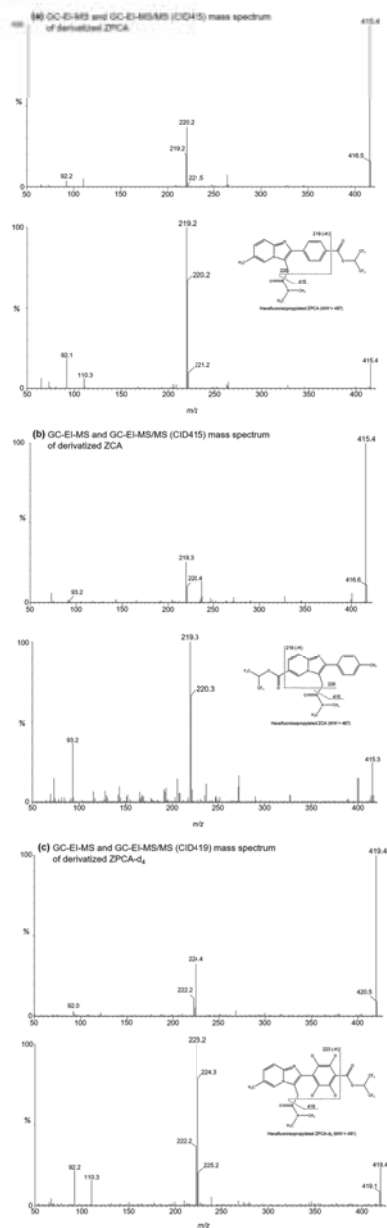
Hair analysis is a useful tool for determining long-term drug use, but it is not easy to determine the absolute amount of drugs incorporated into hair owing to its complex nature causing high matrix interference. In this study, high-frequency ultrasonication (425 J/s, 40 min) was introduced to improve extraction recovery. Also high-speed centrifugation (20,000g, 5 min) and PTFE syringe filtration were employed for further purification, which were useful to reduce the presence of possible matrix interference.

The derivatization yield was measured by integrating the peak area of each compound from three different derivatization conditions. HFIP in combination with acylating reagents such as acetic anhydride (AA), trifluoroacetic anhydride (TFAA) and HFBA was examined for chemical derivatization of ZPCA and ZCA. The ZPCA relative yields of AA and TFAA were 93 and 235% higher than that of HFBA, but in the case of ZCA were 88 and 90% lower than that of HFBA, respectively (Figure 1).



**FIGURE 1** Derivatization method comparisons for optimal sample preparation





**FIGURE 2** Q1 scan mass spectra, product ion mass spectra, and structures of the derivatized (a) zolpidem phenyl-4-carboxylic acid (ZPCA), (b) zolpidem 6-carboxylic acid (ZCA) and (c) ZPCA-d<sub>4</sub>

Chemical derivatization with HFIP/TFAA generated significant peak tailing for ZPCA, while for ZCA it produced higher peak area and height. The reason for selecting HFIP/HFBA as derivatizing agents was due to the fact that ZPCA is the primary metabolite of ZPD and it was practical to focus more on the primary metabolite. The excretion rates of ZPD metabolites reported by Lewis and Vine were 51% (ZPCA) and 11.5% (ZCA) in urine samples (Lewis & Vine, 2007).

As ZPD has no noticeable polar functional groups, unlike ZPCA and ZCA, the derivatization reaction did not occur between HFIP/HFBA and ZPD. In addition, the chromatographic peak shape of ZPD after derivatization became asymmetrical and it was excluded from the list of target compounds in this study.

### 3.2 | GC-MS/MS analysis

The ZPCA and ZCA were identified on the basis of retention times and mass spectra with respect to their reference standard materials.

**TABLE 1** Retention times (RT), multiple reaction monitoring transitions and compound dependent parameters (collision energy, CE) for GC-EI-MS/MS analysis of the analytes and internal standard

Compound	RT (min)	Precursor ion <i>m/z</i>	Quantifier ion		Qualifier ion	
			<i>m/z</i>	CE	<i>m/z</i>	CE
ZPCA	5.61	415	219	23	220	23
ZCA	5.14	415	219	25	220	25
ZPCA- <i>d</i> <sub>4</sub>	5.60	419	223	24	—	—

ZPCA, Zolpidem phenyl-4-carboxylic acid; ZCA, zolpidem 6-carboxylic acid.

**TABLE 2** Method calibration

Compound	Concentration range (pg/mg)	Slope	y-Intercept	Linearity <sup>a</sup> ( <i>r</i> )	LOD (pg/mg)	LLOQ (pg/mg)
ZPCA	8–100	0.0161	−0.0057	0.999	1.8	8.0
ZCA	16–200	0.0075	−0.0254	0.997	1.7	16.0

LOD, Limit of detection; LLOQ lower limit of quantification.

<sup>a</sup>Linearity (*r*) is described by the correlation coefficient for the calibration curve.

**TABLE 3** Intra- and inter-day precision, accuracy and recovery

Compound	Nominal concentration (pg/mg)	Intra-day ( <i>n</i> = 5)		Inter-day ( <i>n</i> = 15)		Recovery
		Precision <sup>a</sup> (RSD, %)	Accuracy <sup>b</sup> (bias, %)	Precision (RSD, %)	Accuracy (bias, %)	Mean value (%)
ZPCA	8	6.1	−1.0	11.7	2.6	—
	12	16.1	−0.1	2.5	−2.8	104.7
	40	5.1	1.8	2.5	0.8	108.9
	90	4.3	3.2	5.1	4.2	111.7
ZCA	16	13.1	−1.7	8.1	6.3	—
	24	10.6	8.7	3.9	7.8	77.5
	80	16.9	−1.5	8.2	−0.8	88.3
	180	7.0	−7.0	7.4	−0.9	107.1

<sup>a</sup>Precision is expressed as the coefficient of variance of the peak area ratios of analyte/internal standard.

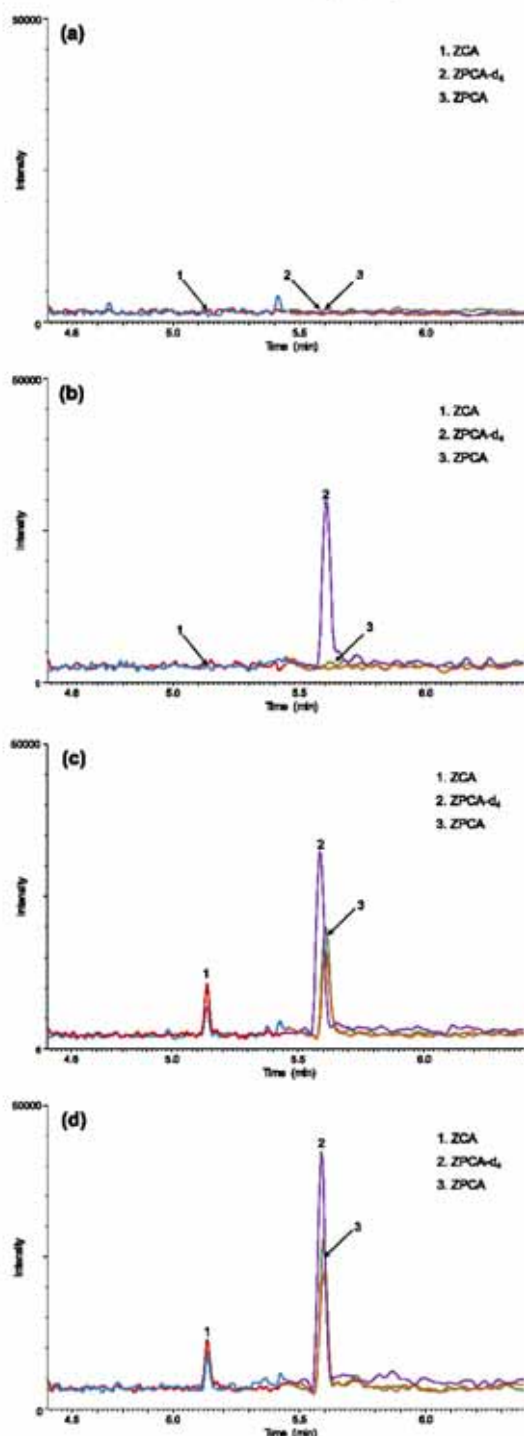
<sup>b</sup>Accuracy is calculated as [(mean calculated concentration − nominal concentration)/nominal concentration] × 100.

Well-defined peak shapes and resolution of target compounds were achieved on the DB-5MS UI capillary column (30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 μm). The GC oven temperature was rapidly raised to 40°C/min from 200 to 300°C for high intensity and rapid analysis.

Mass spectra of derivatized compounds were generated and characterized by GC-EI-MS/MS. Q1 scan mass spectra were acquired by scanning the first quadrupole, whereas product ion mass spectra of the precursor ion obtained by scanning the second quadrupole for all product ions produced in the collision cell. Q1 scan mass spectra and product ion mass spectra of target compounds and IS are presented in Figure 2. The precursor and product ions, as well as optimal collision energy for each compound and IS, are provided in Table 1.

### 3.3 | Method validation

The method was validated by evaluating the selectivity, linearity, LOD, LLOQ, precision and accuracy, recovery and carryover. The



**FIGURE 3** Representative GC-EI-MS/MS chromatograms including (a) drug-free hair without IS, (b) drug-free hair, (c) low quality control hair containing 12 pg/mg for ZPCA and 24 pg/mg for ZCA and (d) drug positive hair samples

selectivity of the method was tested by evaluating endogenous interferences released from hair matrix using eight different blank hair samples. There were no interfering peaks at the retention time of the analytes and IS.

Table 2 presents calibration parameters such as slope, intercept, concentration ranges and linearity. The correlation coefficients ( $r$ ) were  $>0.997$  for target compounds using a linear regression with weighting factor of  $1/x$ . The method exhibited acceptable linearity along the calibration range studied for each compound. The LOD and LLOQ were 1.8 and 8.0 pg/mg for ZPCA and 1.7 and 16.0 pg/mg for ZCA, respectively.

Table 3 summarizes the quantitative validation parameters. The intra- and inter-day precision and accuracy were produced by analyzing five replicates of four different spiked hair samples (8, 12, 40 and 90 pg/mg for ZPCA and 16, 24, 80 and 180 pg/mg for ZCA) for each compound. The intra- and inter-day precisions were within 16.9 and 11.7%, whereas the intra- and inter-day accuracies were between  $-7.0$ – $8.7$  and  $-2.8$ – $7.8\%$ , respectively. The accuracy and precision were within the acceptance criteria of  $\pm 20\%$  for LLOQ concentrations and  $\pm 15\%$  for low, middle and high QC concentrations.

The analytical recoveries were determined at three concentration levels in replicates of five. The recoveries (mean value, %) ranged from 77.5 to 111.7% (Table 3).

The absence of carryover was tested by injecting the blank solvent (ethyl acetate) after injection of the highest concentration sample of calibration curve. The carryover was shown not to remain at the retention times of each compound.

### 3.4 | Application to forensic hair samples

In order to prove the applicability on forensic hair samples, the developed method was applied to analyze forensic hair samples from ZPD abusers. Out of 34 hair samples submitted for ZPD analysis, eight ZPD positive hair samples were analyzed by the method validated for ZPCA and ZCA in this study. Figure 3d shows a representative GC-EI-MS/MS chromatogram of a ZPD-positive hair sample. The quantitative results are summarized in Table 4. In eight ZPD-positive hair samples, ZPCA was detected in five samples, while ZCA was detected in four samples. The measured concentrations were 11.9–35.9 pg/mg for ZPCA ( $n = 4$ ) and 16.6–21.8 pg/mg for ZCA ( $n = 2$ ). The mean values (pg/mg) of ZPCA were higher than those of ZCA. The results

**TABLE 4** Quantitative results of the analytes in forensic hair samples

Compound	Analyzed samples (n)	Positive samples <sup>a</sup> (n)	Range (pg/mg)	Mean value (pg/mg)
ZPCA	8	4	11.9–35.9	23.8
ZCA	8	2	16.6–21.8	19.2

<sup>a</sup>Positive samples represent the number of hair samples showing ZPCA and ZCA higher than their respective LLOQs.

show that ZPCA and ZCA are not easily incorporated into hair, and a picogram-level of sensitivity is necessary for detecting ZPCA and ZCA in human hair. The developed method allows the effective isolation and identification of ZPCA and ZCA in forensic hair samples.

#### 4 | CONCLUSIONS

This study described a sensitive GC-El-MS/MS method for determination of two major metabolites of ZPD in hair. Identifying the metabolite will distinguish the use of ZPD from handling it. Therefore, it is important to analyze the metabolites ZPCA and ZPC in forensic samples. The developed GC-MS/MS method was applied to forensic hair samples ( $n = 8$ ) and found ZPCA ( $n = 5$ ) and ZCA ( $n = 4$ ). Among the cases, four hair samples showed an amount of ZPCA higher than the LLOQ (i.e. 8.0 pg/mg) while only two hair samples had ZCA levels higher than the LLOQ (i.e. 16.0 pg/mg). The method includes high-frequency ultrasonication, high-speed centrifugation, PTFE syringe filtration and HFIP/HFBA derivatization of the analyte. High-frequency ultrasonication improved the efficient extraction of ZPD metabolites. High-speed centrifugation and filtration gave cleaner extracts and reduced the interference from chemical background noise. Chemical derivatization with HFIP/HFBA produced better selectivity and high sensitivity for ZPCA and ZCA. The developed method has been completely validated and the effectiveness proved by analyzing forensic hair samples collected from drug abusers.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

#### ORCID

Nam Hee Kwon  <https://orcid.org/0000-0001-9824-0974>

Seon Yeong Kim  <https://orcid.org/0000-0002-4693-9828>

Jin Young Kim  <https://orcid.org/0000-0003-3187-2250>

#### REFERENCES

- Chêze, M., Duffort, G., Deveaux, M., & Pépin, G. (2005). Hair analysis by liquid chromatography-tandem mass spectrometry in toxicological investigation of drug-facilitated crimes: Report of 128 cases over the period June 2003–May 2004 in Metropolitan Paris. *Forensic Science International*, *153*, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2005.04.021>
- Choi, H. Y., Ahn, S. Y., Chang, H. J., Chung, S. J., & Baek, S. K. (2015). Epidemiological analysis and toxicological findings of drug facilitated sexual assault cases. *Yakhak Hoeji*, *59*, 230–234.
- Chouinard, G., Lefko-Singh, K., & Teboul, E. (1999). Metabolism of anxiolytics and hypnotics: Benzodiazepines, buspirone, zopiclone, and zolpidem. *Cellular and Molecular Neurobiology*, *19*, 533–552. <https://doi.org/10.1023/A:1006943009192>
- Clauwaert, K. M., Van Bocklaer, J. F., Lambert, W. E., & De Leenheer, A. P. (2000). Segmental analysis for cocaine and metabolites by HPLC in hair of suspected drug overdose cases. *Forensic Science International*, *110*, 157–166. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(00\)00162-6](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(00)00162-6)
- Colucci, A. P., Gagliano-Candela, R., Aventaggiato, L., De Donna, A., Leonardi, S., Strisciullo, G., & Introna, F. (2013). Suicide by self-administration of a drug mixture (propofol, midazolam, and zolpidem) in an anesthesiologist: The first case report in Italy. *Journal of Forensic Sciences*, *58*, 837–841. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12053>
- Cui, X., Xiang, P., Zhang, J., Shi, Y., Shen, B., & Shen, M. (2013). Segmental hair analysis after a single dose of zolpidem: Comparison with a previous study. *Journal of Analytical Toxicology*, *37*, 369–375. <https://doi.org/10.1093/jat/bkt035>
- Erne, R., Bernard, L., Steuer, A. E., Baumgartner, M. R., & Kraemer, T. (2019). Hair analysis: Contamination versus incorporation from the circulatory system—Investigations on single hair samples using time-of-flight secondary ion mass spectrometry and matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. *Analytical Chemistry*, *91*, 4132–4139. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b05866>
- Freeman, H., Roth, T., & Puech, A. J. (1996). *Zolpidem: An update of its pharmacological properties and therapeutic place in the management of insomnia*. Paris: Elsevier.
- Harrison, T. S., & Keating, G. M. (2005). Zolpidem: A review of its use in the management of insomnia. *CNS Drugs*, *19*, 65–89. <https://doi.org/10.2165/00023210-200519010-00008>
- Johansen, S. S., & Jomil, J. (2009). Determination of amphetamine, methamphetamine, MDA and MDMA in human hair by GC-El-MS after derivatization with perfluorooctanoyl chloride. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, *69*, 113–120. <https://doi.org/10.1080/00365510802439072>
- Kim, H. J., Lee, S. E., In, S. H., Park, M. J., Cho, S. N., Shin, J. G., Lee, H. J., & Han, E. Y. (2018). The correlation between concentrations of zolpidem and benzodiazepines in segmental hair samples and use patterns. *Forensic Science International*, *282*, 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.10.044>
- Kintz, P. (2006). *Analytical and practical aspects of drug testing in hair*, 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kintz, P., Villain, M., & Ludes, B. (2004). Testing for the undetectable in drug-facilitated sexual assault using hair analyzed by tandem mass spectrometry as evidence. *Therapeutic Drug Monitoring*, *26*, 211–214. <https://doi.org/10.1097/00007691-200404000-00022>
- Kronstrand, R., Forsman, M., & Roman, M. (2018). Quantitative analysis of drugs in hair by UHPLC high resolution mass spectrometry. *Forensic Science International*, *283*, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.12.001>
- Langtry, H. D., & Benfield, P. (1990). Zolpidem: A review of its pharmacodynamic and pharmacokinetic properties and therapeutic potential. *Drugs*, *40*, 291–313. <https://doi.org/10.2165/00003495-199040020-00008>
- Lee, S. Y., Han, E. Y., In, S. H., Choi, H. K., Chung, H. S., & Chung, K. H. (2011). Determination of illegally abused sedative-hypnotics in hair samples from drug offenders. *Journal of Analytical Toxicology*, *35*, 312–315. <https://doi.org/10.1093/anatox/35.5.312>
- Lewis, J. H., & Vine, J. H. (2007). A simple and rapid method for the identification of zolpidem carboxylic acid in urine. *Journal of Analytical Toxicology*, *31*, 195–199. <https://doi.org/10.1093/jat/31.4.195>
- Meng, P., Zhu, D., He, H., Wang, Y., Guo, F., & Zhang, L. (2009). Determination of amphetamines in hair by GC/MS after small-volume liquid extraction and microwave derivatization. *Analytical Sciences*, *25*, 1115–1118. <https://doi.org/10.2116/analsci.25.1115>
- Miyaguchi, H. (2013). Determination of zolpidem in human hair by micropulverized extraction based on the evaluation of relative extraction efficiency of seven psychoactive drugs from an incurred human hair specimen. *Journal of Chromatography a*, *1293*, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.04.007>
- Musshoff, F., Lachenmeier, D. W., Kroener, L., & Madea, B. (2003). Automated headspace solid-phase dynamic extraction for the determination of cannabinoids in hair samples. *Forensic Science International*, *133*, 32–38. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(03\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(03)00047-1)
- Peters, F. T., Drummer, O. H., & Musshoff, F. (2007). Validation of new methods. *Forensic Science International*, *165*, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.05.021>

- Rohrig, T. P., & Moore, C. M. (2005). Zolpidem. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 1, 81–90.
- Rothe, M., Pragst, F., Spiegel, K., Harrach, T., Fischer, K., & Kunkel, J. (1997). Hair concentration and self-reported abuse history of 20 amphetamine and ecstasy users. *Forensic Science International*, 89, 111–128. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(97\)00123-0](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(97)00123-0)
- Sachs, H., & Kintz, P. (1998). Testing for drugs in hair: Critical review of chromatographic procedures since 1992. *Journal of Chromatography B*, 713, 147–161. [https://doi.org/10.1016/S0378-4347\(98\)00168-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4347(98)00168-6)
- Saitoh, M., Uzaka, M., Sakamoto, M., & Kobori, T. (1969). Rate of hair growth. In W. Montana & R.L. Dobson (Eds). *Advances in biology of skin: Hair Growth*. Oxford: Pergamon Press.
- Salvà, P., & Costa, J. (1995). Clinical pharmacokinetics and pharmacodynamics of zolpidem. Therapeutic implications. *Clinical Pharmacy*, 29, 142–153. <https://doi.org/10.2165/00003088-199529030-00002>
- Shin, Y., Kong, T. Y., Cheong, J. C., Kim, J. Y., Lee, J. I., & Lee, H. S. (2019). Simultaneous determination of 75 abuse drugs including amphetamines, benzodiazepines, cocaine, opioids, piperazines, zolpidem and metabolites in human hair samples using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Biomedical Chromatography*, 33, 1–14.
- Villain, M., Chèze, M., Tracqui, A., Ludes, B., & Kintz, P. (2004). Windows of detection of zolpidem in urine and hair: Application to two drug facilitated sexual assaults. *Forensic Science International*, 143, 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.foresint.2004.04.019>
- Von Moltke, L. L., Greenblatt, D. J., Granda, B. W., Duan, S. X., Grassi, J. M., Venkatakrishnan, K., Harmatz, J. S., & Shader, R. I. (1999). Zolpidem metabolism *in vitro*: Responsible cytochromes, chemical inhibitors, and *in vivo* correlations. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 48, 89–97. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2125.1999.00953.x>
- Wenning, R. (2000). Potential problems with the interpretation of hair analysis results. *Forensic Science International*, 107(1–3), 5–12. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(99\)00146-2](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00146-2)
- Wu, Y. H., Lin, K. L., Chen, S. C., & Chang, Y. Z. (2008a). Simultaneous quantitative determination of amphetamines, ketamine, opiates and metabolites in human hair by gas chromatography/mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 22, 887–897. <https://doi.org/10.1002/rcm.3409>
- Wu, Y. H., Lin, K. L., Chen, S. C., & Chang, Y. Z. (2008b). Integration of GC/EI-MS and GC/NCI-MS for simultaneous quantitative determination of opiates, amphetamines, MDMA, ketamine, and metabolites in human hair. *Journal of Chromatography B*, 870, 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2008.06.017>

**How to cite this article:** Kwon NH, Kim SY, Suh SI, Kim JY. Determination of zolpidem phenyl-4-carboxylic acid and zolpidem 6-carboxylic acid in hair using gas chromatography-electron ionization-tandem mass spectrometry. *Biomedical Chromatography*. 2021;35:e5069. <https://doi.org/10.1002/bmc.5069>

# 대검 과학수사부 학술지 『법과학의 신동향』 원고 모집

대검찰청 과학수사부에서는 과학수사분야 전문 학술지인 『법과학의 신동향』을 창간하여 과학수사와 관련된 모든 분야에서 이론적, 실증적, 그리고 정책적인 가치까지 지니는 전문적이고 창의적인 연구논문 등을 게재함으로써, 연구발표의 장과 학문 토론의 기회를 제공하고 과학수사 관련 지식의 축적과 학술적 교류에 기여하고자 합니다.

## 모집 원고

법과학분석, 디엔에이·화학분석, 디지털수사, 사이버수사와 관련된 제반 연구논문, 단보, 사례보고, 기술자료 등

## 원고의 요건

본 학술지에 게재될 논문 등 원고는 다른 학술지에 게재되지 않은(심사진행 중 포함) 독창적인 내용이어야 함

## 원고료 지급

· 게재 확정된 논문에 대하여는 소정의 원고료 지급

## 원고 마감 및 발간 일정

- 발간주기 : 연 2회(4월 말, 10월 말)
- 원고 마감 및 발간 일정

통 권	원고마감일	발간예정일
제4호	2021. 8. 27.	2021. 10. 31.
제5호	2022. 1. 31.	2022. 4. 30.

※ 원고 작성 및 투고 절차에 관한 세부적인 사항은 대검찰청 홈페이지 ([www.spo.go.kr](http://www.spo.go.kr)) 알림소식 - 공지사항 '법과학의 신동향' 소개 및 원고 모집 부분 참조

대검찰청 과학수사부 학술지 편집담당자(700msl04@spo.go.kr)  
TEL 02-3480-3547 FAX 02-3480-2477



세계 최고의  
과학수사

ND  
FC

법과 과학 | 2021. 10.

