

2021 6



이 책자는 실제 수사사례를 바탕으로 일선청의 과학수사를 지원할 목적으로 제작된 자료입니다. 외부에 공개되거나 유출되지 않도록 관리에 각별히 유의하여 주시기 바랍니다.

# C O N T E N T S

<b>행사·학술연구·교육·대외협력</b> .....	1
2021년 상반기 타깃형 검사 과학수사실무 교육 <법과학분석과 수사관 고승표>	
일본 검사 NDFC 방문 견학 <법과학분석과 수사관 하다영>	
2021 한국법심리학회 춘계학술대회 참석 <법과학분석과 진술분석관 하사랑>	
AI EXPO KOREA 2021 전시회 출장 후기 <법과학분석과 수사관 전정원>	
신규 임용 IT 수사관 교육 <사이버수사과 수사관 최수원>	
UN 사이버범죄 신규협약 성안을 위한 임시위원회 참석 <사이버수사과 수사관 선혜민>	
<b>연속기획 디지털 포렌식 연구소 이야기 </b> .....	20
⑬ 알쏭달쏭 암호세계, 이것만 기억하자 -DRM? 문서 DRM? <디지털수사과 수사관 강신명>	
<b>연속기획 사건 속 법의학 이야기 </b> .....	25
⑱ 모자살인사건 <서울대학교 법의학 교수 유성호>	
<b>연속기획 영화로 본 수사관 일기 </b> .....	30
⑳ 찬실이는 복도 많지 - 꽃처럼 다시 돌아올 날들이 그리운 순간 <서울중앙지검 수사관 강현식>	
<b>특별기고 과학수사 관련 우수논문 소개 </b> .....	32
대마초 흡연 여부 검사를 위한 소변 중 대마 대사체 신속분석법 개발 <디엔에이·화학분석과 연구사 심영은>	
<b>과학수사부 학술지 [법과학의 신동향] 원고 모집 홍보</b> .....	48



## 2021년 상반기 타깃형 검사 과학수사실무 교육

대검찰청 과학수사부는 2021년 4월 15일부터 16일까지 2일 동안 NDFC 6층 대강의실에서 전국 청 경력 검사(교육 희망 검사 포함) 23명을 대상으로 「2021년 상반기 디지털·사이버수사 실습과정」 교육을 실시하였습니다. 본 교육은 「실무에 곧바로 응용할 수 있는 지식·수사기법을 전달」하는 “타깃형 교육”으로서 2018년도 대검에서 도입, 첨단·반부패 등 과학수사 업무 관련성이 높은 전담 검사를 대상으로 연 2회 실시해오고 있습니다.

작년 코로나19 이후 감염 위기의 확산은 국민들의 희생과 노력에 불구하고 올해에도 좀처럼 꺾이지 못했습니다. 그러나 이러한 상황 속에서도 교육생 인원 모집이 조기에 마감되는 등 본 교육에 대한 뜨거운 관심과 열정은 변함없이 계속 되었습니다.



강범구 법과학분석과장님은 교육 시작에 앞서 수도권에서부터 멀리 지방에 이르기까지 이번 교육에 참석한 교육생 분들에게 환영의 인사를 건네며, 이번 교육을 통해 얻은 지식을 적극 활용하여 실무에 많은 도움이 되었으면 좋겠다는 말씀을 전하셨습니다.

교육 과정은 1일차 『디지털수사실무』, 2일차 『사이버수사실무』로 구성하여 진행되었는데요.

그 생생했던 교육 현장을 소개해 드리고자 합니다

	1	2	3	4	5	6
	09:10~ 10:00	10:10~ 11:00	11:10~ 12:00	13:30~ 14:20	14:30~16:00	16:20~17:30
4. 15. (목)	디지털포렌식 환경변화와 우리의 선택	컴퓨터 포렌식의 활용	모바일 포렌식의 활용	DB 포렌식의 활용	IDEAS 활용 및 실습	
4. 16. (금)	사이버수사 활용 실무	CIS 활용 실무	G7/24네트워 크 활용 실무	통신수사 활용 실무	블록체인 개요 및 가상화폐 추적기법	사이버수사 증거확보 및 분석

교육 첫째 날, 김승언 디지털수사과장님께서 '디지털포렌식 환경변화와 우리의 선택'이라는 주제로 강의를 하였습니다. 과장님께서서는 올해 1월부터 형사소송법 등 개정 법령이 시행된 시기인 만큼 관련 법제가 제대로 정착되지 않음으로 인해 일선 청의 혼선과 어려움을 최대한 줄여주기 위해 직접 강의 교안을 새롭게 만들어 열정적으로 강의를 해주셨습니다. 일부 교육생은 과장님의 강의 내용을 빠짐없이 메모하는 등 그 열기는 뜨거웠습니다.



이어서 이승무, 김준호, 김성배 팀장님의 『컴퓨터·모바일·DB 포렌식의 활용』 강의를 진행되었습니다. 실제 압수수색 과정에서 이루어지는 저장 매체별 포렌식 도구를 활용한 분석 절차, 해시값 비교를 통한 디지털 증거의 증거능력 신뢰성 확보 등 포렌식 전반에 관하여 상세하게 설명을 해주셨습니다.



계속하여 본 교육의 하이라이트, 이인수 소장님의 『IDEAS 활용 및 실습』 강의를 진행되었습니다. IDEAS는 언급할 필요가 없을 정도로 실제 수사과정에서 그 활용의 중요성은 나날이 커지고 있습니다. 소장님의 변함없는 위트 있는 진행, 그리고 수사사례 예시를 통한 계좌, 통화내역 등을 교육생들이 직접 분석해 봄으로써 교육생 모두에게 소중한 시간이었습니다.

둘째 날은 한기식 사이버수사과장님의 『사이버수사의 기초 이해 및 소개』 강의를 시작으로 김은숙·최승진·김광태·최훈제·김선호 수사관님의 사이버수사지원시스템(CIS) 활용, G7/24 첨단범죄 네트워크 분석 기법, 가상화폐 추적기법 실무, 통신수사 활용 실무와 사이버수사 관련 분석의뢰 절차와 분석 방법 등을 주제로 한 실무 강의가 진행되었습니다. 가상화폐, 랜섬웨어 등을 활용한 각종 범죄 유형, 실제 수사사례에 대하여 전문 수사관님들의 탄탄하고 밀도 있는 강의 진행으로 사이버범죄 수사실무에 관한 궁금증을 말끔히 해소해 주는 뜻깊은 시간이었습니다.





코로나19로 인한 어려운 여건 속에서도 교육생 분들께서 방역 수칙을 적극 협조해 주신 덕택에 무사히 교육 과정을 모두 마칠 수 있었습니다. 앞으로도 대검찰청 과학수사부는 과학수사 분야에 있어서 끊임없는 분석 기술 개발과 관련 법리 연구에 힘을 기울여 전국 일선 청에 많은 도움을 드릴 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 끝으로 이번 교육 기간 동안 열띤 강의를 맡아주신 강사님들, 교육생 출석 관리, 강의 교재 제작 등 행정 지원을 해주신 법무연수원 최인영 수사관님 모든 분들께 진심으로 감사의 말씀을 전합니다.



## 일본 검사 NDFC 방문 견학

대검찰청 과학수사부는 2021년 5월 24일 월요일 오후 2시, 대검찰청에서 연수 중인 일본 검사(現 도쿄지검 검사 오오타니 고타로, 現 고베지검 아мага사키지청 검사 야마구치 하야토) 두 명을 NDFC에 초청하여 견학을 진행하였습니다. 이번 연수는 1996년 이래 한·일 법무·검찰 교류의 일환으로 매년 우리나라 법무부, 검찰청 및 유관기관에서 진행하는 프로그램입니다.

NDFC 시설 견학에 앞서 강범구 법과학분석과장님, 장준호 디엔에이·화학분석과장님께서 두 분을 반갑게 맞이해 주셨습니다. 과장님과 검사님들께서는 양국 간의 검찰 업무에 대하여 평소 궁금해 했던 점들에 대하여 격의 없이 주고 받는 등 뜻깊은 환담 시간을 가졌습니다.

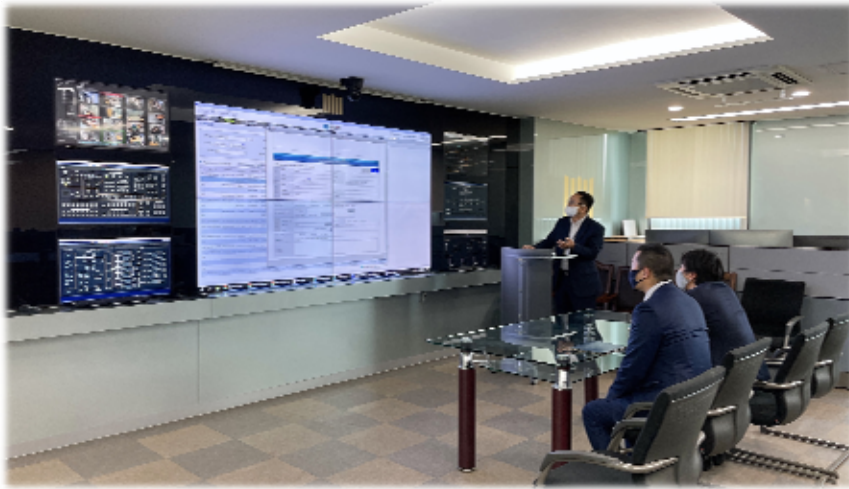


이번 견학은 디지털수사과의 시스템운영실을 시작으로, 사이버수사과, 디엔에이·화학분석과 DNA 감정실 및 법화학실 순으로 진행하였습니다.

먼저 디지털수사과의 시스템운영실에서 박종훈 사무관님께서 우리 검찰의 디지털수사지원시스템(D-Net)의 효율성과 우수성에 대해서 소개해주셨습니다. 특히



금융계좌영장을 금융기관으로 전산 발송 후 기관으로부터 회신 받은 해당 계좌내역 등 증거자료들을 D-Net에 업로드함으로써 신속하게 계좌거래 흐름을 분석하는 일련의 과정을 시연해주셨는데요. 일본 검사님들께서는 이처럼 D-Net 시스템으로 증거 자료를 신속하고 정확하게 분석함으로써 효율적으로 범죄 혐의를 입증할 수 있는 과학수사 시스템에 놀라움을 감추지 못했습니다.



다음으로는 사이버수사과를 방문하였습니다. 최승진 수사관님께서 사이버수사 업무 전반에 대해 상세하게 소개해주셨는데요. 최근 범국가적으로 등장하고 있는 신종 사이버범죄 대응을 위한 국제수사공조 강화, 전문수사 인력 양성 등 우리 사이버수사과에서 추진하고 있는 내용에 대해 자세히 알 수 있었던 시간이었습니다. 일본 검사님들께서도 국제 사이버범죄 척결을 위해서는 국가 간의 긴밀한 협력 이 필요하다는 점에 대해 크게 공감하였습니다.



계속하여 디엔에이·화학분석과의 이한철 연구관님께서 대검찰청 DNA 감정 분석 기법과 활용에 대해서 소개해주셨습니다. 범죄 현장에서 발견된 증거물의 DNA를 채취, 이를 토대로 피의자 DNA 일치 여부를 확인하는 감정 실무 기법 뿐만 아니라, 2010년부터 구축한 DNA-DB 시스템을 통해 광범위한 유죄 확정자들의

DNA를 효율적으로 수집·관리함으로써 장기 미제 사건을 해결하는 등 우리 검찰의 다각적인 노력에 대해서도 설명해주셨습니다.

또한 이한철 연구관님께서서는 증거물에서 DNA 확보를 위해 특별히 고안된 고글을 이용하여 특정 파장의 전자기파에서 반응하는 과정을 통해 DNA 흔적이 나타나는 현상을 직접 시연해주셨는데요. 일본 검사님들께서는 연신 고개를 끄덕이며 이처럼 치밀한 과학수사를 통해 객관적인 증거를 확보함으로써 사건의 실체적 진실을 밝힐 수 있는 과학수사의 우수성에 대해 놀라워했습니다.



마지막으로 방문한 곳은 법화학실입니다. 김희승 연구사님께서 마약성분 감정, 마약지문 감정 등 다양한 감정 기법뿐만 아니라, 부정의약품·불량식품 성분 분석, 성충동 약물 검사 분석 기법에 대해서 상세히 소개해 주셨습니다.

검사님들은 일본 검찰 조직 내에는 우리 법화학실과 같이 마약을 감정하는 전담 부서가 별도로 없는 관계로 수사 지연 등 마약 사건 수사 해결에 어려움이 많다고 하였습니다. 이에 김희승 연구사님께서서는 대검찰청과 국립과학수사연구원은 상호보완적인 관계를

유지함으로써 실제적 진실발견을 위해 최선을 다하고 있으며, 과학기술의 발달로 나날이 범죄의 기법이 진화되는 사회 현실에 효과적으로 대응하기 위해서는 수사기관이 주체적으로 법화학 등 다양한 분야의 연구개발을 해나갈 수 있는 시스템이 마련되어야 한다는 조언을 아끼지 않았습니다.



코로나19가 여전히 지속되는 어려움 속에서도 우리 기관을 방문해 주신 검사님들을 보면서 그 분들의 과학수사를 향한 뜨거운 열기를 느낄 수 있었던 시간이었습니다. 이번 견학을 통해 일본에 돌아가셔서도 조금이나마 업무에 도움이 되었으면 좋겠습니다. 아울러 이번 시설 견학과 업무 소개를 맡아주신 과학수사부 가족 여러분들께도 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.





## 2021 한국법심리학회 춘계학술대회 참석

2021년 5월 15일 한국법심리학회(위원장 : 조은경)에서 주관하고 (사)한국심리학회가 후원하는 『2021 한국법심리학회 온라인 춘계학술대회』가 개최되었습니다. 한국법심리학회는 심리학 분야에서 공익에 기여하는 학문의 발전과 법조계 분야에서 심리학적 문제들을 보다 잘 이해하고 실무적 전문성을 향상시키기 위해 조직된 단체입니다.

이번 학술대회는 session I - 워크숍 / session II 학술대회 순으로 진행되었습니다. 먼저 '회복적 경찰활동과 범죄피해평가의 이해'를 주제로 진행된 워크숍에서는 경찰청 피해자보호기획계 소속 심보영 계장님이 강연하였습니다. 전통적인 형사사법체계는 응보형 주의로 가해자에게 범죄에 상응하는 처벌을 가하여 고통을 부여합니다. 그러나 가해자에게 고통을 줌으로써 피해자의 고통이 자동으로 해소될 수 있을까요? 회복적 사법은 이러한 생각에서 출발한다고 합니다. 회복적 사법은 가해자와 피해자는 물론 지역공동체까지 해결의 주체로 보고 범죄로 인한 영향을 확인하며 원상 회복, 상호 이해, 화해 등을 통해 사회공동체의 평화를 회복하고자 합니다.



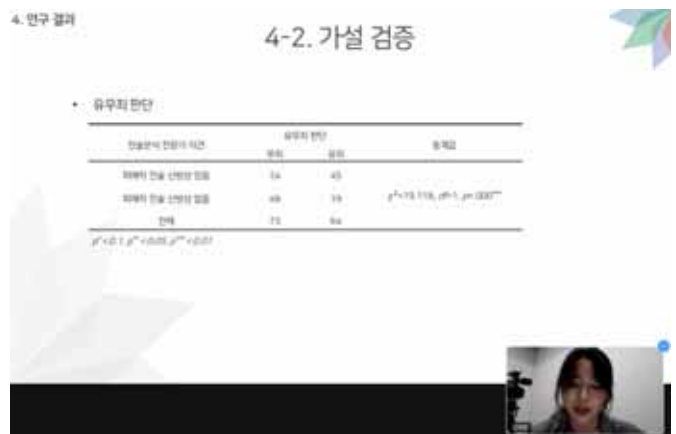
경찰은 회복적 사법의 일환으로 회복적 대화를 전문기관에 의뢰하여 운영하고 있었습니다. 층간 소음으로 인한 이웃 간 갈등, 학교폭력, 가정폭력 사건 등을 주 대상으로 하며, 참여자의 90% 이상이 만족하고 경찰을 신뢰하게 되는 성과를 보였다고 합니다. 피해자는 자신에게 왜 이런 일이 생겼는지, 가해자가 왜 자신에게 그러한 행위를 했는지 궁금해 하는데, 이러한 의문을 해소

하고 가해자로부터 진정한 사과와 재발 방지 약속을 받는 등의 과정을 통해 불안과 두려움을 해소할 수 있다고 합니다. 강연자는 회복적 사법은 기존 형사사법절차를 대체하는

것이 아닌 보완하는 것이라고 강조하였습니다. 워크숍을 통해 피해자가 형사사법절차에서 소외되지 않도록 돕는 것이 피해 회복의 출발점이라는 생각이 들었습니다.

오후 시간은 아동과 지적장애인 등 사회적 약자 대상 범죄에 대한 판단, 진술분석 전문가의 전문성 기준, 신문조서 왜곡에 대한 인식 등 흥미롭고 다양한 주제를 하는 논문발표가 이뤄졌습니다. 저는 진술분석관으로서 특히 진술분석을 주제로 한 연구들에 관심이 갔습니다. 그래서 이 연구 내용을 간단하게 소개해드리고자 합니다. '성폭력 사건에서 진술분석 전문가의 의견과 위촉 정보가 배심원의 의사결정에 미치는 영향'에 대해 동국대학교 경찰행정학과에서 발표하였습니다. 이 연구에서는 증거가 부재한 성범죄 사건에서 전문가 의견이 배심원의 의사결정에 영향을 미치는 것을 확인하였습니다. 특히 유죄를 시사하는 의견서를 제시 받은 경우, 전문가에 대한 신뢰성이 높아질수록 전문가 의견서의 영향을 더 받는 것으로 나타났습니다. 그렇지만 전문가를 위촉한 주체(검사/피고인 vs. 법원)에 따라 배심원이 전문가의 신뢰성을 다르게 인식하지는 않는 것으로 나타났습니다.

즉, 이 연구의 결과만을 놓고 본다면, 위촉 정보보다 전문가의 신뢰성이 더 중요하다고 볼 수 있습니다. 이 논문 발표를 들으면서 진술분석 업무의 중요성을 되새기고, 전문성을 강화하기 위한 노력을 꾸준히 해야겠다고 생각했습니다.



한편, 이 연구의 이론적 배경으로 설득과 관련된 정교화 가능성 모델(Elaboration Likelihood Model)을 소개하였습니다. 이 모델에서는 설득을 위해서는 메시지 내용뿐만 아니라 메시지의 복잡성, 출처의 신빙성, 전문성 등도 중요하다고 봅니다. 저는 이 중 메시지가 복잡하면 설득에 실패할 수 있다는 점이 흥미로웠습니다. 진술분석 결과통보서가 전문적인 용어의 사용을 자제하고 일반인도 쉽게 이해할 수 있도록 쓰일 필요가 있다는 생각을 하였습니다.

다음으로 숙명여자대학교 사회심리학과에서 '진술분석 전문가 보고서 및 전문가 증언에 대한 질적 평가 기준'으로 논문을 발표하였습니다. 외국의 법심리학적 평가보고서의 문제점을 연구한 내용을 보면, 보고서에 포함되어야 할 내용의 누락, 전문가의 법리 이해 부족, 법심리학적 개념과 평가 결과의 추론 근거의 모호성 등의 문제가 있었다고 합니다.

3. 질적 평가도구의 필요성과 기준

가) 한국 진술분석 전문가 보고서의 질적 평가 기준

전문가 요인	평가대상자 요인	평가결과 요인	기타 요인
전문가의 역할 분기	평가에 사용된 문서의 정보	상법외이에게 대한 내용	질평가
평가대상자 전문가 시간외출석대부	상법외이에게 확보보고내용의 적절	대안적인 해석	평가대상자의 문외에 대한 고지
전문가의 업무에 대한 기술	발달상태, 인지능력, 기억력 등의 평가	전문가(주최, 주관, 의뢰자 구분)	
	평가대상자의 발달상황	가독성	
		일반적인 질적평가	

-각 세부기준에 점수별로 점의된 측정 기준에 따라 0-2점의 3점 척도로 평가됨.  
-상대적으로 점수의 합이 높을수록 질적으로 우수한 보고서라고 평가 가능.

이에 이 연구에서는 국내 진술분석 보고서의 질을 평가할 수 있는 기준을 제시하였습니다. 평가 기준에는 평가대상자의 발달상태, 인지능력, 기억력 등에 대한 평가가 포함되어 있는지 여부, 대안적인 해석이 존재하는지 여부, 팀평가를 실시하는지 여부, 가독성이 좋은지 여부 등이 있습니다.

이를 통해 진술분석 보고서가 갖추어야 할 항목을 알 수 있었으며, 현재 대검찰청 과학수사부 진술분석실에서 작성하는 결과 통보서가 논문에서 제시하는 기준의 내용을 아우르고 있음을 확인할 수 있었습니다. 하지만 한편으로 논문에서 제시하는 질적 우수 기준, 예컨대 높은 가독성이 분석 결과(신빙성 유무)의 신뢰성과는 관련이 없으며, 그렇기 때문에 이를 질적으로 우수하다고 평가하기에는 어렵다는 비판이 있었습니다. 또한 연구자가 질적 평가라는 용어 대신 평가보고서가 갖추어야 할 요소 내지 요건 정도로 연구 제목을 정했으면 더 좋지 않았을까 라는 아쉬움이 들었습니다. 그러나 이러한 한계점이 있는 것과는 별개로 진술분석에 대한 학계의 관심과 연구가 활발히 이루어지고 있다는 점은 상당히 고무적이라고 생각합니다.

이번 한국법심리학회 춘계학술대회 참석은 진술분석을 포함한 법심리학의 연구 동향을 살펴볼 수 있는 좋은 기회였습니다. 지난 추계학술대회가 마지막 온라인 학술대회가 되기를 바라였지만, 기대와는 달리 코로나19로 이번 학술대회도 온라인으로 개최되었습니다. 온라인으로 진행되니 편의성이 높아 좋았지만 한편으로는 직접 대면하여 교류하고 회원 간 자유롭게 토론하는 분위기는 부족하여 아쉬움이 남았습니다. 다음 학술대회는 코로나19로부터 해방되어 오프라인에서 진행되기를 기대해봅니다.



## AI EXPO KOREA 2021 전시회 출장 후기

대검찰청 과학수사부 법과학분석과 심리분석실(전정원 수사관 외 5명)에서는 2021년 3월 25일부터 3월 26일까지 2일 동안 서울 삼성동 코엑스에서 개최된 “AI EXPO KOREA



2021 전시회”에 다녀왔습니다. AI란 Artificial intelligence(인공 지능)의 약자로, 이번 전시회 방문을 통해 최근 인공지능산업 생태계를 조성하는 흐름에 따라 변화된 AI 기술을 직접 체험하고 이해할 수 있는 소중한 기회라고 생각하여 참여하게 되었습니다. 올해에는 국내외 인공지능과 관련한 180개의 기업 및 기관이 참가한 가운데 코엑스 전시장 B홀에서 개최되었습니다.

이번 AI EXPO KOREA 2021 전시회에서는 데이터를 수집, 가공, 저장, 관리하는 ‘데이터 서비스’와 머신 러닝, 딥러닝, 추론·학습기능, 이미지·영상인식 등을 다루는 ‘AI 솔루션’, 스마트 팩토리, 스마트 생산 라인, 산업용 로봇, 산업용 사물 인터넷, 의료, 교육, 광고와 관련된 ‘AI+X 융합 서비스’, AI 칩·부품, 서버, 컴퓨팅, 클라우드, 품질·특허 컨설팅, 실험·인증·교육·인큐베이팅 서비스 등을 다루는 ‘AI 비즈니스 인프라’ 4가지 분야로 나누어 전시하고 있었습니다. 이를 통해, AI를 이용한 다양한 신제품과 기술을 확인할 수 있었으며, 뿐만 아니라 각 부스별로 최신 기술 동향들을 만나볼 수 있었습니다.





첫 번째로, 가장 관심사였던 **안면인식 및 정서 탐지 기술 동향**은 'AI 솔루션' 부스에서 확인 할 수 있었습니다. 안면 인식 기술은 AI 기술 핵심인 딥러닝을 활용해 수백만 장의 얼굴 데이터를 분석하고 이를 토대로 카메라에 인지된 분석 대상자의 성별, 나이, 국적, 피부 색, 안경 착용 여부와 헤어스타일, 시선 방향까지 인식할 수 있었습니다. 특히, 분석 대상자의 얼굴 표정을 분석하여 현재 개인이 느끼는 감정을 {중립, 행복, 놀람, 분노, 슬픔} 총 5가지 상태로 나누어 파악할 수 있다는 점이 놀라웠습니다. 하지만, 마스크를 쓴 상태에서는 안면을 인식할 수 있는 데이터가 매우 제한되었고, 정확하게 얼굴의 표정을 감

지해 낼 수 없었다는 점이 다소 아쉬웠습니다. 또한, 마스크를 벗고 난 상황에서도 표정의 변화를 감지하지 못했을 때 정확도가 높지 않았고, 미세 표정(Microexpression) 또한 인식해 내지 못하는 한계가 있었습니다. 향후, AU(Action Unit)를 통한 안면 근육의 움직임 파악하는 기술이 보다 정교화 된다면 이와 같은 문제점을 극복하고 해결할 수 있을 것 같습니다.

두 번째로, **범죄 예측 및 범죄 수사에 활용할 수 있는 기술 동향** 부분에서는 지능형 범죄위험도 예측 기술과 치안 민원응대 폴봇 기술이 있었습니다. 지능형 범죄위험도 예측 기술은 112 신고, 사건 보고서와 CCTV 영상 등을 통해 수집한 범죄 발생 데이터를 바탕으로 접수된 신고 상황의 위험도, 범죄 유형과 피의자의 인물 관계를 파악하는 기술입니다. 본 기술을 통해 보다 신속히 범죄를 인지하고 피의자에 대한 정보를 수사기관에게 제공해 준다는 점에서 효과적인 기술이라고 생각되었습니다. 하지만 아쉬웠던 점도 있었는데요. 실제 사례를 적용해 보기 위해 해당 프로그램에 직접 "어떤 사람이 저를 매우 때리고 가방을 빼앗아 갔어요."라고 입력해 보았는데, 강도를 추정할



수 있는 상황에서 위 프로그램에서는 폭행 및 절도의 실제적 경합으로 뜨는 경우가 있었습니다. 몇 차례 계속하여 시도한 끝에 분명하게 “강취”라는 단어가 입력되어야만 강도라는 범행으로 인식되었다는 점에서 사건을 종합적으로 이해하는 능력이 다소 부족해 보였고, 실무에 사용하기에는 아직 보완이 필요해 보였습니다. 치안 민원응대 폴봇 기술은 치안 분야에서 음성을 인식하여 민원인의 의도를 추론하고 이에 필요한 치안 지식을 민원인들에게 제공한다는 점에서 국민들이 더 편리하게 치안 서비스를 받을 수 있게 될 것이라고 기대되었습니다.

마지막으로, 이번 전시회에서는 안면인식을 통해 얼굴 정보를 분석하는 기술들과 치안 분야에서 이용할 수 있는 다양한 기술들이 많이 전시되었습니다. 이와 같은 기술을 이용한다면 미국 뉴욕에서 활용하고 있는 범죄 분석에 쓰이는 RTCC(Real Time Crime Center), 범죄를 실시간으로 탐지하는 DAS(Domain Awareness System) 사례와 같이 빠르게 범죄를 인식하고 범죄 대응을 효과적으로 할 수 있을 것이라 생각합니다. 하지만, 아직까지는 앞서 기술한 것처럼 여러 한계점이 있었으며 실제 실무에 바로 적용하기에는 현실적으로 많은 어려움이 있어 보였습니다.

이번 전시회를 통해 AI 기술의 동향을 파악하고 이를 수사기관 및 감정기관에서 어떻게 활용할 수 있을지 고민해 볼 수 있는 유익한 시간이었습니다. 앞으로도 대검찰청 법과학분석과 심리분석실에서는 꾸준한 연구개발과 여러 유관 기관들과의 지속적인 협력 체계 구축을 통해 선제적 심리분석 기술 개발에 더욱 앞장설 수 있도록 노력하겠습니다. 감사합니다.



## 신규 임용 IT 수사관 교육

대검찰청 과학수사부 사이버수사과는 2021년 4월 20일부터 5월 7일까지 3주 동안 NDFC 사이버수사과 회의실에서 IT 수사관(2021년 4월 신규 임용) 3명을 대상으로 사이버수사 기초 및 증거분석 교육을 실시하였습니다.

이번 교육은 사법경찰관리 지명을 받아 수사부서에서 근무하게 될 IT 수사관들의 업무능력을 향상시키고 조직에 빠르게 적응할 수 있도록 기획되었는데요. 구체적으로 사이버수사 기초 전반의 이해, 네트워크 및 모바일기기 정보이용, 가상화폐 등을 이용한 사이버 관련 범죄 추적수사 기법 등 실무중심 직무교육으로 구성하였으며, 수사경험이 풍부한 멘토를 지정, 교육생들이 강의 내용 중 궁금한 점에 대하여 멘토로부터 즉석에서 조언을 받을 수 있는 멘토링 방식으로 진행 하였습니다.



그 동안 우리 과에서 진행한 교육은 강사 중심의 일방향 형태 강의가 대부분이었으나, 이번 교육은 교육생들이 강의 내용에 대하여 즉석으로 피드백을 받을 수 있는 1:1 멘토링 방식을 처음 시도한 교육이었습니다.

이번 교육생들의 멘토로 사이버수사 전문가 양성 전문교육 과정을 받는 중인 김승일,

이선화 수사관과 사이버수사과 최수원 수사관이 맡게 되었는데요. 교육생들과 격의 없는 소통을 통해 그 동안의 수사 실무 경험을 통해 체득한 수사 노하우뿐만 아니라 조직 생활에 대한 조언을 해줌으로써 조직 생활에 첫 발을 내딛는 교육생들이 잘 적응해 나갈 수 있도록 많은 도움을 주었습니다.

신규 임용 IT 수사관 직무교육 세부일정은 아래와 같으며, 일정 이외의 시간은 멘토링을 진행하였습니다.

교육일정	교육 과목	강사
04. 23.(금)	네트워크 및 모바일기기 정보이용 추적기법(2h)	최수원 수사관
04. 26.(월)	디지털증거 압수수색(2h)	"
04. 27.(화)	악성코드 분석기초(2h)	김선호 수사관
04. 28.(수)	사이버수사 용어의 이해(3h)	최범기 수사관
04. 29.(목)	블록체인 개요 및 가상화폐 추적기법(2h)	최훈제 수사관
04. 30.(금)	사이버범죄 국제공조활용(2h)	최승진 수사관
05. 03.(월)	개인정보 수사사례(3h)	홍훈모 수사관
05. 04.(화)	사이버범죄 추적기법 및 도구소개(3h)	김남현 수사관
05. 06.(목)	인케이스(Encase) 교육(4h)	최재동 수사관
05. 07.(금)	통신수사 기법(2h)	김광태 수사관

이번 1:1 멘토링 교육 방식은 처음 시도하는 것이기에 이에 관한 교육생들의 반응이 무척 궁금했습니다. 그래서 교육 종료 후 우리 과 사무관님을 비롯한 교육 관계자 분들과 티타임 시간을 가지며 교육생들에게 이번 교육에 대한 소감을 물어보았는데요. 교육생들은 '사이버범죄와 관련된 증거에 대해 궁금증이 많았는데, 이번 교육을 통해 그 궁금증이 해소되었고 관련 분야에 대한 관심을 더 가질 수 있는 계기가 되었다', '멘토와 격이 없는 소통으로 업무에 대한 이해와 조직 생활 적응에 대한 조언을 들을 수 있어 좋았다' 등 긍정적인 반응을 보여 우리들은 모두 안도의 한숨(?)을 쉴 수 있었습니다. 교육준비 기간이 촉박하여 미흡한 부분이 없진 않았으나, 앞으로 교육 프로그램을 좀 더 보완하고 멘토링 방식을 적극적으로 활용한다면 교육생들의 학습 효과를 더욱 높여 줄 것이라 생각합니다.

끝으로, 짧은 교육 기간임에도 불구하고 하나라도 더 배우겠다는 열의를 보여주신 교육생들과 이번 교육이 원활하게 이루어지도록 힘써주신 사이버수사과 직원분들, 멘토로 활동하시며 관련 노하우를 아낌없이 전수해주신 수사관님들께 감사드립니다. 앞으로, 대검찰청 과학수사부 사이버수사과는 검찰의 사이버수사 역량을 한 층 더 강화할 수 있도록 노력하겠습니다.





## UN 사이버범죄 신규협약 성안을 위한 임시위원회 참석

대검찰청 과학수사부 사이버수사과는 2021년 5월 10일부터 5월 12일까지 3일간 유엔 마약범죄사무소(UNODC : United Nations Office on Drugs and Crime)가 주최하는 『UN 사이버범죄 신규협약 성안을 위한 임시위원회』에 참석하였습니다. 이번 임시위원회는 기존에 미국이 주도하여 추진해오던 사이버범죄 대응 협약인 '부다페스트협약'과는 별도로 신규 사이버 범죄 대응 협약을 구축하기 위한 회의로, 2019년 러시아 주도로 제74차 UN총회에서 채택된 '범죄목적의 ICT(Information and Communication Technologies) 활용 대응 결의'에 의거하여 진행되었습니다. 회의는 코로나19의 영향으로 회의장에 직접 참여할 수 있는 대표자는 회원국 당 1명으로 제한되었으며, 대면회의와 화상회의를 결합한 하이브리드 형식으로 진행되었습니다.



임시위원회는 총 3일차로 진행되었습니다.

첫째 날은 임시위원회 의장단 선출 투표가 진행되었습니다. 임시위원회 의장단은 의장 1명, 지역별 부의장 13명, 조사위원 1명 등 총 15명으로 구성됩니다. 회원국들의 무기명 투표로 진행된 결과 의장은 알제리의 Faouzia Boumaiza 외교대사, 부의장으로는 이집트, 포르투갈, 아제르바이잔 등 13개국의 대표들이 선출되었습니다.

둘째 날은 임시위원회의 의사결정 방식 등의 절차, 향후 임시위원회 개최지 및 일정

등 현안에 대하여 참가국 간의 논의가 이어졌습니다. 먼저 의사결정 방식에 관하여 미국, 이탈리아, 이스라엘 등 국가들은 포괄적이고 공정하며 투명한 참여를 보장하기 위해 만장일치(Consensus) 방식이 필요하다는 의견을 보인 반면, 러시아, 중국 등 국가들은 만장일치 방식은 일부 국가의 거부권 행사가 가능하여 의제가 부결될 우려가 발생할 수 있으므로 다수결 방식의 의사결정이 필요하다는 의견을 보였습니다. 또한, 임시위원회 개최 장소(비엔나 - 뉴욕), 임시위원회 기간(5일 - 10일)에 대해서도 국가별로 서로 다른 의견을 표명하기도 하였습니다. 이번 회의에 참가한 국가들은 모두 63개 회원국으로 참가국 모두에게 발표권이 부여되어 있어 회의 시간이 예상보다 길어지기도 하였는데요. 각 회원국들이 서로 반대 의견을 낼 때에도 발언을 끊지 않고 끝까지 경청하는 모습이 상당히 인상적이었습니다.



마지막 날 회의는 임시 위원회 결의안 초안에 대한 회원국의 논의가 이뤄졌습니다. 미국과 러시아가 협업하여 작성한 초안에 대하여 각 단락별로 회원국들의 의견을 수렴하였습니다. 결의안 초안의 내용은 아래와 같습니다.

( )	6 , 10	UN ( 가
-----	--------	--------

회원국들은 미국과 러시아가 준비한 결의안 초안을 큰 틀로 삼아 임시위원회 회의 방식을 결정하는 것에 대하여 대체적으로 동의하였습니다. 다만, 아쉽게도 회의 장소와 의사결정 방식에 대해서는 견해 차이를 좁히지 못한 채 추후 재논의 하는 것으로 회의가

마무리 되었습니다.

이번 회의를 통하여 상정 안건에 대한 참가국 간의 합의를 이룬다는 것이 얼마나 어려운 일인지 느끼게 되었습니다. 하지만 국경을 초월하여 급증하고 있는 사이버범죄에 대하여 국제공조를 통해 대응 능력을 강화하는 것이 회원국 모두의 목표임은 분명하기에 머지 않아 가장 이상적인 합의안이 이끌어지게 될 것임을 확신합니다. 대검찰청 과학수사부 사이버수사과는 앞으로 개최될 회의에 지속적으로 참석하여 사이버범죄의 척결에 있어서 우리 검찰의 역할을 다 할 수 있도록 최선을 다하겠습니다.





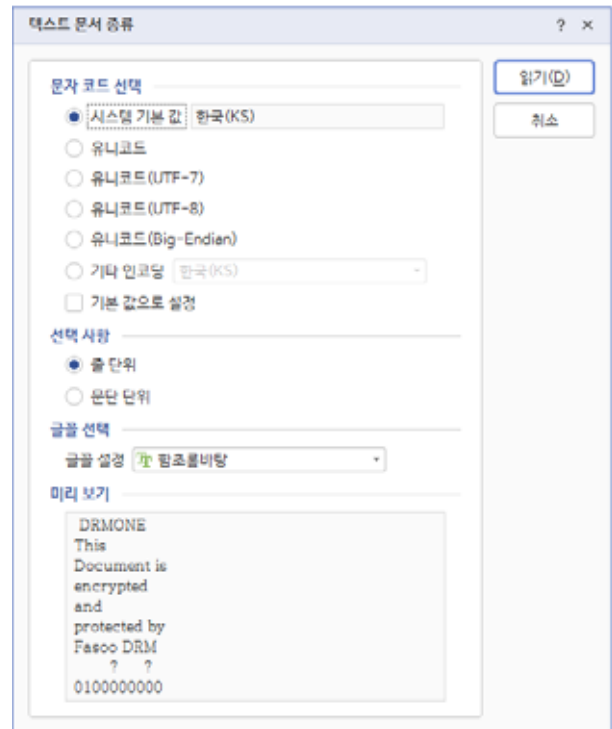
## 알쏭달쏭 암호세계, 이것만 기억하자 -DRM? 문서 DRM?

?

문서를 열기 위해 편집기를 열었다가 아래와 같은 출력에 당황하신 적이 있으신가요?

이 문서는 아래한글 문서의 확장자 (\*.hwp)를 갖고 있어 아래한글 프로그램이 문서 열기를 시도하지만 아래한글의 문서포맷과 맞지 않아 출력되는 창입니다. 미리보기를 자세히 보니 DRM이라는 단어<sup>1)</sup>가 눈에 들어옵니다.

아.. DRM이 걸려있는 문서파일이구나...



지난 글에서 암호와 암호서비스는 구분되고, 인터넷뱅킹의 예를 들어 암호를 이용하여 얻고자 하는 암호서비스에 대하여 소개해 드렸습니다. 이러한 암호서비스로는 인증, 기밀성, 무결성, 그리고 부인방지가 있습니다. 보시다시피 권한관리는 기본적인 암호서비스는 아닙니다. 하지만 위 암호서비스들을 조합하여 권한관리에 이용합니다.

‘권한’의 사전적인 의미는 ‘어떤 사람이나 기관의 권리나 권력이 미치는 범위’를 말하며, 비슷한 말로 권능, 직권, 권리, 권력, 권세 등이 있다고 나옵니다.<sup>2)</sup> 이를 디지털 세상에서는 어떤 디지털 콘텐츠를 이용할 권리가 있는지에 대한 것으로 해석할 수 있습니다.

1) F

2) in



## DRM

기업의 경우 기업 내부 중요 정보의 안전한 보호를 위해, 또한 기업 내부 정보의 유출을 방지하기 위해 권한관리를 이용합니다. 이를 위해 전자적인 정보를 저장하고 유통하는데 통상적으로 DRM 솔루션을 이용하고 있습니다.

DRM은 Digital Rights Management(디지털권한관리)의 약자로 디지털 콘텐츠의 저작권을 보호하는 기술을 통칭합니다. 이는 디지털 콘텐츠를 '저작권자가 의도한 용도'로만 사용하도록 제한하는데 사용되는 모든 기술들을 지칭합니다. 이러한 DRM 기술들로 암호화, 복사방지, Anti-tampering, Tracking등이 있습니다.

DRM중 가장 널리 쓰이는 것은 멀티미디어 DRM입니다. 스트리밍 동영상이나 음악 콘텐츠를 제어하는 DRM 기술입니다. 사용자가 저작권자(혹은 대행자)에게 구매한 (재생·저장 등에 대한) 라이선스 관리가 특징입니다.

멀티미디어 DRM과 구분하여 DRM 기술을 전자문서 혹은 전자화문서<sup>3)</sup>에 적용한 문서 DRM이 있습니다. 기업의 사내에서 사용하는 문서들을 제어하는 DRM 기술이며, 사내 문서 생산 및 유통 과정에서 열람, 출력 등의 권한관리가 특징입니다.

## DRM

앞서 말씀드렸듯이 문서 DRM은 사내 문서의 생산, 유통 과정에서의 권한관리가 특징입니다. 이를 위해 문서 DRM 솔루션들은 생산단계, 유통단계, 이용단계에 맞춰 서비스를 제공합니다.<sup>4)</sup>

전자문서의 생산단계에서는 파일 혹은 폴더의 강제 암호화, 외부 전송용 보안파일 생성, 암호키 관리, 권한관리 서비스를 제공하고 유통단계에서는 이력관리, 업무시스템과의 연계 서비스를 제공합니다. 전자문서의 이용단계에서는 열람/편집/출력 등의 권한을 제어하고, 출력을 불가능하게 하거나 워터마크를 같이 출력하는 등의 출력물 제어 서비스도 제공합니다.

이를 통해 문서 DRM 솔루션의 제조사들은 전자문서의 생성, 편집부터 폐기까지 모든

3)

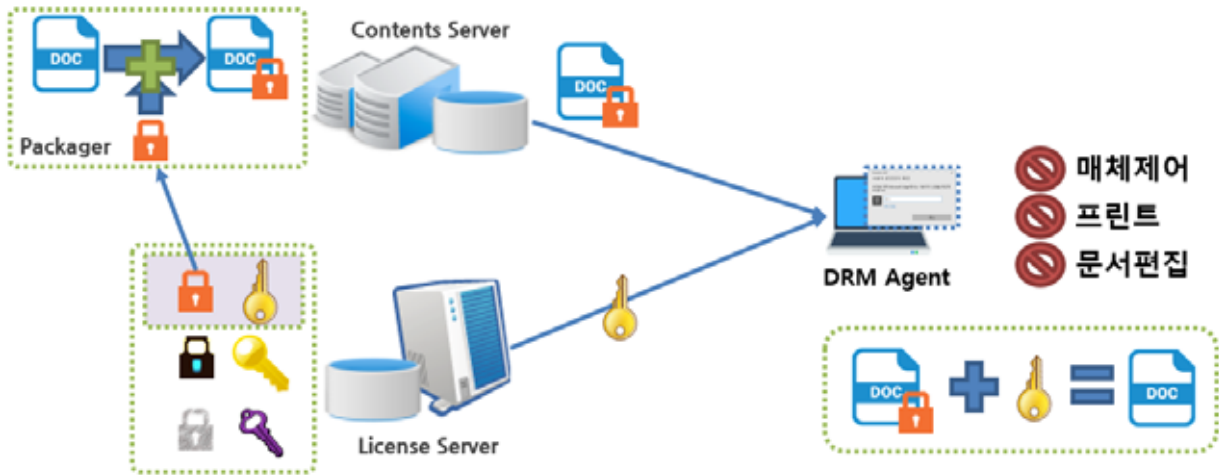
. PC

4)

3 (F, S, M)



전자문서 생명 사이클 내에서 암호화된 상태로 관리된다는 것을 보장하여 유출 시에도 안전하다고 홍보합니다.



업무시스템에 적용된 문서DRM

위의 그림은 사내 문서를 중앙에서 관리하는 업무시스템에 문서 DRM이 적용된 예시입니다. 생산된 전자문서에 DRM을 적용한 후 사내 업무시스템에 저장하고, 문서를 이용할 수 있는 라이선스를 따로 저장합니다. 이 문서를 이용하기 위해서는 DRM Agent가 설치된 PC에서 용도 권한의 획득을 위해 사용자 인증을 수행 후 권한 라이선스를 획득하고, DRM이 적용된 문서와 권한 라이선스를 조합하여 주어진 권한만큼 전자문서를 이용하게 됩니다.

### DRM Agent (Client)

DRM Agent의 경우 제조사마다 부르는 호칭은 다르지만 기본적인 기능은 동일합니다. 먼저 DRM 서버에 접속하여 사용자 인증을 수행하고 정책을 적용(라이선스 획득)합니다. 이 정책에 따라 문서 사용 권한을 제어합니다. 문서 사용 권한에는 열람/편집/출력/유효기간 등이 있습니다.



F사 DRM Agent 로그인



M사 DRM Agent 로그인



S사 DRM Agent 로그인

문서 생성 시 자동암호화를 적용하고 화면캡처를 방지하며 출력문서에 워터마크를 삽입하는 기능도 수행합니다. 또한 정책에 따라 이동식매체를 제어하고, 이력을 관리합니다. 제조사별로 특징적인 기능도 존재하는데, S사의 경우 네트워크로 연결된 가상디스크를 이용하여 PC간 문서 유통을 지원합니다. M사의 경우 제조사명으로 유추할 수 있듯이 워터마크 지원에 강점이 있습니다.

앞의 그림은 문서 DRM 업체 3사의 DRM Agent 로그인 화면입니다.

## DRM Server

DRM 서버는 문서생성자의 DRM Agent와 문서사용자의 DRM Agent를 연결해주는 역할을 맡습니다. 또한 보안관리자가 계정 및 정책을 관리하며, 사용 특성에 맞게 키(라이선스)관리, 정책관리, 내부 혹은 외부 DRM 서버 등이 별도로 존재할 수 있습니다.

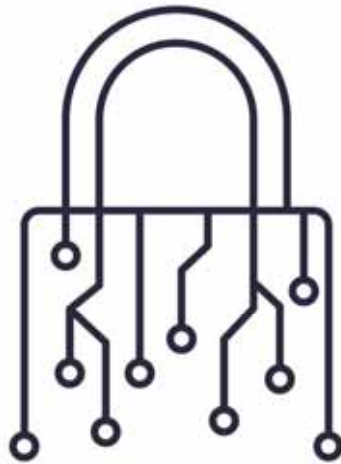
이러한 DRM 서버의 기본 기능은 아래와 같습니다.

- 인증 관리 : SSO 등
- 보안정책 설정 : 그룹별/사용자별, 결재선 등
- 레거시 연동 : 기존 업무시스템 연동 API 제공
- 문서 등급별 보안정책 설정
- 문서 열람/편집/출력/저장/반출/사용기간 및 횟수 등 권한 설정
- 문서 사용 이력 관리

- 자동 복호화(업로드 시) 및 자동 암호화(다운로드 시)

DRM Agent가 offline일 때를 대비, DRM 서버의 정책 설정으로 Client에 라이선스를 임시저장할 수도 있습니다.

권한관리, DRM, 그리고 문서 DRM에 대해 간략히 살펴보았습니다. 증거 수집과정에서 이러한 문서 DRM이 적용된 문서를 수집하게 되면 문서가 암호화되어 있어 분석이 불가능할 것입니다. 따라서 선별 작업시 해당 PC에 DRM Agent가 설치되어 있거나 문서가 암호화되어 있는 것이 확인될 경우, 담당자 혹은 전산관리자에 협조를 구해 DRM 해제 후 수집하는 것이 필요합니다. 또한 DRM Agent가 설치된 PC는 정책에 따라 매체제어가 적용되어 외장매체 저장소가 동작하지 않거나 읽기 전용으로만 동작할 수 있는데, 이때도 전산관리자의 도움이 필요합니다. 감사합니다.





## 모자살인사건

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

‘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 ‘미스터리아’에 실제 사건들을 주제로 칼럼을 연재하고 있으며, 저서로는 ‘나는 매주 시체를 보러 간다’가 있습니다.

“ooo 증인 오셨나요?”

“네.”

법정의 분위기는 왠지 모를 긴장감에 싸늘한 기운이 감돌았다. 가운데 높은 곳에 세 명의 판사가 앉아 증인석을 응시하고 있으며, 왼쪽 편에 앉아 있는 검사는 이제 막 시작될 증인 신문을 위해 서류를 뒤적거리고 있었고 오른쪽에는 세 명의 변호사가 각기 심각한 얼굴을 한 채 각자의 서류를 쳐다보고 있었다.

“증인은 여기 피고인과 가족관계 등의 특수 관계가 있는지요?”

증인석 바로 뒤에는 두 명의 건장한 교도관 사이로 푸른 수의를 입은 마르지만 단단한 체격의 남자가 안경 너머로 차가운 눈빛을 보내고 있었다. 눈이 마주쳤다. 퍼뜩 놀라 고개를 다시 돌려 대답했다.

“전혀 관계없는 모르는 사람입니다.”

뒤통수가 서늘해지는 느낌이 들었다.

‘증인석으로 오셔서 선서해 주십시오.’

‘네.’

‘양심에 따라 숨기거나 보태지 아니하고

사실 그대로를 말하며,

만일 거짓말을 하면

위증의 벌을 받기로

맹세합니다. 2020년 0월0일 증인 000.’

뒤에 기자로 보이는 방청객들이 일제히 펜을 들어 무언가를 적고 있었다.

## # scene one

여자는 1년 전부터 남편과 별거 중에 있었다. 남편은 혼인신고 6개월 후부터 불륜을 시작하였고 아이가 태어난 이후에도 그 관계를 지속하였다. 남편은 공예품을 만드는 작가였으나 수입이 거의 없었고 부채가 많아 경제적으로 힘든 상태로 그동안 아내에 의존해서 생활을 영위했다. 여자와 아이는 철거가 예정된 낙후된 다세대 주택에 살면서도, 남편의 공방은 넓은 공간에 마련되었고, 남편의 차량 할부금, 모발 이식 수술비, 공방 안마의자, 캐시미어 코트 등도 모두 여자가 마련해 주었다. 그러나 결혼 후 2년 후부터 남편은 집에 거의 들어오지 않았다. 여자는 더 이상 이러한 힘든 생활을 지속할 수 없다고 생각하였다. 남편은 이혼 이야기 자체를 강력히 거부하였으나, 드디어 2개월 전 이혼소송을 진행하였고 새로운 삶을 다른 가족들과 이야기 할 정도로 결심을 굳혔다.

그날은 평소와 다름없었다. 여자는 아들을 어린이 집에 맡겨 놓고 일을 보다가 오후에 잠시 언니의 집에 들러 언니가 챙겨준 닭곰탕과 스파게티 소스, 삶은 스파게티면, 복숭아를 들고 집을 나섰다. 음식을 많이 싸든 손이 무거워 곧바로 집으로 향했다. 남편은 아들이 흠으로 만든 ‘작품’을 전해주기 위해 그날 밤 10시경 자신의 차량을 타고 여자의 집에만 후 약 3시간 후인 다음날 새벽 1시 30분경 집을 나왔다. 남편이 집에서 나간 이후부터 여자에게 연락이 되지 않았다. 전화를 받지 않는 그녀가 가족들은 걱정이 되었다. 평소 카카오톡 등으로 자주 안부와 이야기를 나누던 여자가 갑자기 카카오톡을 읽지도 않았다. 그녀의 아버지는 집에 찾아가기로 했다. 집앞 현관문에 벨을 눌러도 대답이 없었다. 현관문 비밀번호를 몰랐던 아버지는 남편에게 전화를 해서 비밀번호를 물어보았다. 집으로 들어갔을 때 그는 망연자실할 수밖에 없었다. 방 침대 위에 여자와 그의 4살된 아들의 목이 칼에 베어 사망한 상태로 누워 있었다.

## # scene two

“증인은 이 감정서를 본인이 직접 작성하였는지요?”

“네.”

경찰은 수사 당시 여성의 집 근처와 사망 당일 행적을 폐쇄회로 TV(CCTV)로 철저히 탐문하였다. 그리고 그 지역을 담당하는 국과수에 부검을 의뢰하였다. 부검을 통해 밝혀진 사실은 여자의 경우 방어흔이 없었으며 주저함이 없는 여러 번의 칼의 베임에 의한 목 부위의 손상으로 인해 사망하였다. 4살 아이 역시 목에 여러 개의 칼에 의한 손상이 사망 원인이었는데 특이하게도 손바닥과 손가락에 베인 흔적이 있었으며, 얼굴에 베개가 덮여 있었다. 이런 손상은 공격을 인지하였을 때 피해자에게 나타나는 손상의 형태로 방어흔으로 추단하였다. 혈흔과 자세 등을 종합하여 현장을 분석해 보면, 여자와 아이가 침대에 누워 있는 상태에서 범인의 무자비한 공격에 의해 여자가 사망을 하고 이를 인지한 아이가 손을 들어 저항하려고 했지만 사망하고 만 것이다. 목 주변을 노린 살인을 위한 공격이었다. 경찰은 사망시각을 특정하기 위해 위 내용물을 통한 사망시각의 감정을 의뢰하였다. 여자의 위 내부에선 양파, 채소, 견과류, 토마토가 발견됐고 4살 아들의 위 내부에선 토마토, 견과류가 발견되었다. 여자는 사망하기 전 친언니가 건네 준 닭곰탕과 스파게티를 먹은 것으로 보였고 아이는 스파게티를 먹은 것으로 추정되었다.

검사가 어떤 내용인지를 물었다.

“위 내용을 근거로 여성과 아이의 사망 시각을 추정해 보면 다음과 같습니다. 일반적으로 사람은 음식물을 삼킨 후 10분 후부터 위장 운동이 시작되며 가벼운 식사는 2시간 이내, 중등도 양의 식사는 3-4시간, 과식을 할 경우에는 4-6시간 이후에 위가 비게 되는 시간(gastric emptying time)입니다. 사망한 두 사람의 위 내용물을 보면, 죽 형태의 소화 음식물에 일부 소화되지 않은 고형물 즉 토마토로 추정되는 내용물이 확인됩니다. 이러한 경우 중등도 양의 음식물을 섭취했다고 보고 망인들의 위장 내 음식물의 상태를 본다면 식사를 마친 후 4시간 이내에 사망했다고 추정할 수 있습니다. 그렇다면 20\*\*. \*. \*\*. 20:00경 식사를 마쳤다면 20\*\*. \*. \*\*. 00:00 정도 경에는 위에 내용물이 없이 비어 있어야 합니다. 물론 스트레스나 공포의 상황에서는 위와 소장 소화 시간이 길어지는 경향이 있습니다. 그렇지만 두 사람은 부검감정서에 기재된 대로 아이에게서는 방어흔이 존재하나 두 사람 다 칼에 의해 단시간 내에 사망했다고 보입니다. 그렇다면 장기간의 스트레스나 병상 상태에서 사망한 사람들의 소화능력이 떨어지는 상태라고

볼 수 없습니다. 결국 두 사람 모두 칼(예기 손상)에 의해 사망했다는 점과 연령과 성별이 다른 두 사망자가 모두 공통의 죽상과 고형물이 남아 있는 상태의 위 내용물을 보인다는 점에서 식사 후 4시간 이전에 사망했다고 보는 것이 합리적이라고 판단했습니다.”

변호인들은 질문을 퍼부었다.

“사람마다 소화 능력이 다른데 어떻게 사망시각을 추정할 수 있습니까?”

“법의학적으로 위 내용물을 통한 사망 시각 추정 자체가 과학적 방법이 아니라는 이 논문을 보신 적이 있습니까?”

“사망한 여성이 1년 전 처방받은 소화제 약물이 있습니다. 소화 능력이 떨어졌다고 볼 수 있지 않나요?”

질문 하나 하나는 충분히 제기할 수 있는 것이었다. 그러나 경찰과 검찰이 수사를 통해 식사시간을 추정할 수 있는 상태에서 연령과 성별이 확연히 다른 두 사람이 모두 공통적인 위 내용물 상태라면 사망시각의 추정 범위를 산정할 수 있으며 1년 전 소화제의 용도에 대한 의학적 의견을 조목조목 대답하였다. 한 시간이 넘는 질문 공세에 시달린 후 증인석을 떠날 수 있었다. 나가면서 슬쩍 피고인의 얼굴을 보았다. 상주였음에도 장례식장에서 20여 분간 남아 있다가 떠난 냉정한 피고인은 여전히 안경 너머 냉철하게 응시하고 있었다. 두려운 마음이 스며들어 서둘러 법정을 나섰다.

이후 다른 법의학자들에게도 다른 날 같은 질문이 진행되었다. 결국 경찰과 검찰은 기민하게 사망 사고 당시의 CCTV를 철저히 분석하여 남편이 집을 나간 후 누구도 집에 침입한 흔적은 없었다는 추단이 더해진 상태에서 재판부는 고심 끝에 남편에게 무기징역을 선고하였다.

본 사건은 1심과 2심에서 무기징역이 선고되어 2021년 4월 15일 대법원에서 무기징역이 확정되었다. 재판부는 "간접증거를 종합해 공소사실을 유죄로 인정한 원심의 판단에 논리와 경험의 법칙을 위반해 자유심증주의의 한계를 벗어나거나 심리미진, 증거재판주의 등에 관한 법리오해 등의 잘못이 없다"라고 밝혔다. CSI나 검법남녀 등의 TV 프로그램을 시청하면 범인이 부인할 수 없는 명확한 직접 증거가 제시되어 시청자들에게 통쾌함을 전해줄 때가 있다. 그러나 실제 사건의 진행은 TV 드라마와 같지는 않다. 범인은 끊임없이 머리를 쓰고 검찰은 이를 증명하려고 노력하며 재판부는 고심한다. 대법원의 2012. 9. 27. 선고 2012도2658 판결에서는 다음과 같이 실시한다. '살인죄 등과 같이 법정형이

무거운 범죄의 경우에도 직접증거 없이 간접증거만에 의하여 유죄를 인정할 수 있고, 살해의 방법이나 피해자의 사망 경위에 관한 중요한 일부 단서가 멸실된 경우라 하더라도 간접증거를 상호 관련 하에서 종합적으로 고찰하여 살인죄의 공소사실을 인정할 수 있다.’

법원의 고심 끝에 내린 결론을 존중하며 법의학자로서 감정이나 증언에서 논리의 허점이나 객관성의 결여가 없는지 끊임없이 살펴보게 된다.







『영화로 본 수사관 일기』 ②⑤ <찬실이는 복도 많지>  
- 꽃처럼 다시 돌아올 날들이 그리운 순간



금년 청룡영화상에서는 생전 처음 보는(?) 여배우가 당당히 신인여우상을 받으면서 화제에 올랐다. 게다가 이 배우는 이미 백상예술대상, 부일영화상, 한국영화평론가협회상, 부산영화평론가협회상 등 국내에 내노라하는 굴지의 영화상을 휩쓸다시피 받아낸 인물이기도 했다. 독립영화계에서는 모르는 사람이 없을 정도라는 이 여배우의 이름은 강.말.금. 심도있는 내면연기가 특기인 이 여배우가 '이찬실'로 출연한 영화 <찬실이는 복도 많지>에는 그래서 그런지 아주 놀라울 정도로 주옥같은 명대사들이 가득하다. 특히, 아카데미 여우조연상에 빛나는 윤여정 배우가 쏟아내는 민들레 흩씨같은 대사는 가히 한 편의 시와 같을 정도다. 가령 이런 식이다. “나는 오늘 하고 싶은 일만 하면서 살아. 대신 애써서 해.”

연애도 마다한 채 40년 가까이 영화 프로듀서 일만 걸어온 찬실. 크랭크인을 앞두고 치러진 고사 후 뒷풀이에서 감독이 심장마비로 사망하자 기획했던 영화가 었어지고, 그로 인해 자신에게 호의적이었던 제작자에게 해고 통보를 받은 후 충무로를 떠나 달동네로

이사를 가게 된다. 이사간 집에서는 영화를 좋아했던 딸이 죽고 홀로 남은 집주인 할머니가 하루하루 애를 쓰며 세월을 보내고 있었고, 하루아침에 직장과 꿈을 잃게 된 찬실은 친하게 지내던 여배우 소피의 집에서 가사도우미로 일하게 된다. 목표로 하던 영화와 거리가 먼 삶을 살게 된 찬실은 소피에게 불어를 가르치는 전직 단편영화 감독에게 잠시 위로를 받게 되지만, 자신의 현실을 자각하게 되면서 점차 새로운 꿈을 꾸기 시작한다.

엄동설한에 마당에 내놓은 꽃들이 대부분 죽어버리고 그나마 파르르 떨고 있는 다홍색 꽃화분을 방 안에 들여다 놓으니 며칠 새 다시 살아나는 걸 한참동안 혼자서 바라보던 집주인 할머니. 찬실은 그녀가 한글공부방에서 내준 시 짓기 숙제를 봐달라며 손수 지은 시구절을 보여주자 눈물을 펴펴 쏟는다. “사람도 꽃처럼 돌아오면 얼마나 좋겠습니까.”

심장마비로 사망한 감독 때문에 영화가 었어지고, 그로 인해 달동네로 쫓겨갔으며, 영화 스크립터 바닥을 닦는 가사도우미가 될 때까지 죽은 사람도, 그로 인해 내몰린 삶도, 꽃처럼 다시 돌아오지 않는다는 것을 마흔이 넘어서야 깨달은 것에 대한 후회가 밀려온 것일까.

지금의 우리들도 그렇다. 앞만 보고 달려온 건 아닌지, 그로 인해 꽃처럼 다시 돌아왔으면 하는 일들이 그리운 순간이다. <끝>



『과학수사 우수논문 소개』

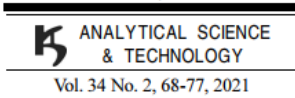
## 대마초 흡연 여부 검사를 위한 소변 중 대마 대사체 신속분석법 개발

디엔에이·화학분석과 연구사 심영은

대마초(cannabis)는 전 세계에서 가장 많이 남용되는 물질로 국내에서는 두 번째로 남용 빈도가 높은 마약입니다. 대마초 흡연 여부는 향정신성 성분인 테트라하이드로칸나비놀(THC)의 체내 대사체인 테트라하이드로칸나비놀카르복실산(THCCOOH)을 분석하여 확인할 수 있습니다.

이와 관련하여, 대검찰청 디엔에이·화학분석과 법화학실은 '대마초 흡연 여부 검사'에 사용할 수 있는 소변 중 대마 대사체 신속분석법을 자체적으로 연구·개발하여 한국연구재단(KCI) 등재지인 ANALYTICAL SCIENCE & TECHNOLOGY(Vol. 34, No. 2, 2021. 4.) 에 게재하였습니다.

Printed in the Republic of Korea



Vol. 34 No. 2, 68-77, 2021

<https://doi.org/10.5806/AST.2021.34.2.68>

### Development and validation of a qualitative GC-MS method for THCCOOH in urine using injection-port derivatization

Yeong Eun Sim<sup>1,2</sup>, Ji Woo Kim<sup>1</sup>, and Jin Young Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Forensic Genetics & Chemistry Division, Supreme Prosecutors' Office, Seoul 06590, Korea

<sup>2</sup>College of Pharmacy, Kyungshung University, Busan 48434, Korea

(Received March 4, 2021; Revised March 30, 2021; Accepted March 31, 2021)

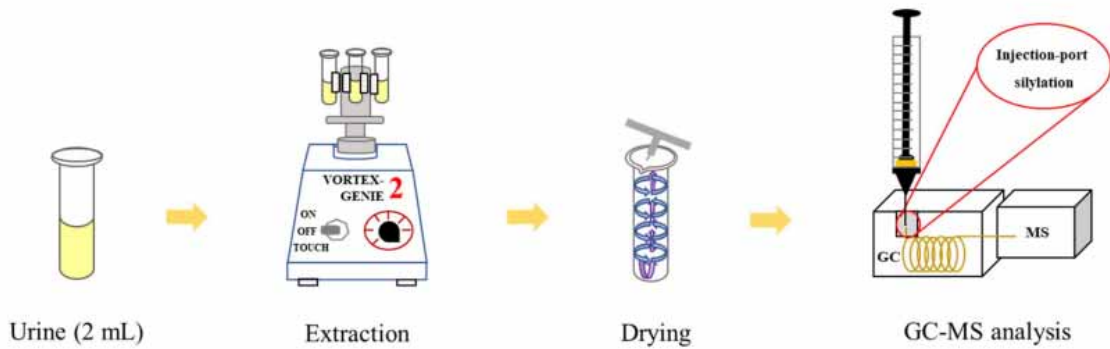
#### [연구논문 표지]

대마초 흡연 여부 확인에 사용되는 주요 감정대상 시료 중 하나가 소변 시료입니다. 소변 중 낮은 농도의 대마 대사체를 분석할 경우 방해물질에 의해 분석에 어려움이 있고 분석 시간 및 분석 비용이 비교적 많이 소모되는 상황입니다.

본 연구는 소변 중 대마 대사체 분석을 위해 ① 최적화된 가수분해 조건 적용, ② 회전추출법을 이용한 추출시간 단축 및 ③ 감정장비로 사용된 가스크로마토



그래프-질량분석기(GC-MS) 주입구 유도체화를 통한 신속한 기기분석을 통해 소변 시료 1건 처리 시간을 60분에서 25분 이내로 단축시켰습니다. 또한 시료 정제 과정 단순화 및 추가 유도체화 단계 없이 주입구 유도체화 분석을 통해 기존 방법의 10% 수준으로 예산을 절감하였습니다.



[본 연구의 실험방법 개요]

분석법 연구개발 과정에서 수행한 항목들의 간략한 내용은 다음과 같으며, 세부내용은 논문에 자세히 기술되어 있습니다.

연구 항목	주요 내용
분석대상물질	테트라하이드로칸나비놀카르복실산(대마초 흡연 후 체내에서 생성되는 물질)
전처리 최적화	가수분해 조건을 최적화 시켜 포합체 형태의 대마 대사체를 THCCOOH로 전환해 검출한계 낮춤 소변에서 분석대상물질의 추출시간을 단축하고, 방해물질을 효과적으로 제거하여 추출 효율 향상을 위해 회전추출법 및 고속원심분리 방법을 도입하여 최적화
GC-MS 최적화	분석대상물질을 유도체화 후 TI 모드에서 효과적으로 이온화하여 정량이온 1개, 정성이온 2개 선정 온도 프로그램을 최적화시켜 분리능 향상(10분 이내 분리분석 가능) SIM/scan 모드를 사용하여 분석대상물질의 선택성과 감도 향상 주입구 온도, 퍼지 유속, 퍼지 시간 등 조절하여 주입구 유도체화 방법 최적화
정성분석법 유효성 평가	면역반응분석기와 GC-MS 분석 결과 상호 비교를 통해 유효성 평가 완료 선택성, 검출한계(0.32 ng/mL), 재현성(5.3~9.1%), 민감도(86.4%), 특이성(100%), 정밀도(100%), 정확도(95.9%), 위양성 비율(0%), F-measure(0.93)

양성 판정 이온비 설정	농도별 정도관리 시료와 양성 시료(n=57)를 이용하여 정량이온(n=1) 피크높이 대비 정성이온(n=2) 피크높이 비를 $\pm 20\%$ 이내로 설정 정량/정성이온 1의 비는 2.43~3.64, 정량/정성이온 2의 비는 3.72~5.58로 설정
실시료 적용	면역반응분석기 감정 결과, 57명의 양성 및 167명의 음성소변 시료를 개발된 GC-MS 방법을 적용하여 유용성 확인

‘대마초 흡연 여부 검사’를 위한 새로운 분석법은 주입구 유도체화 방법 적용을 통해 소변 시료 중 낮은 농도의 대마 대사체를 분석하여 불법적 대마 흡연이 있었는지 신속하게 확인함으로써 피의자 인권보호에 기여하였으며, 분석 비용을 획기적으로 낮추어 예산 절감 효과를 얻을 수 있었습니다. 또한 새로운 분석법의 실무적용을 통해 타 기관과의 감정 품질 및 처리역량의 차별성을 확보하게 되어 향후 마약 관련 수사 업무를 효과적으로 지원할 수 있을 것으로 기대합니다.

**Pharmaceutical Analysis** pp. 37-45

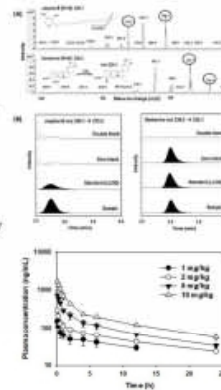
**Development of Jaspine B analysis using LC-MS/MS and its application: Dose-independent pharmacokinetics of Jaspine B in rats**

Im-Sook Song, Ji-Hyeon Jeon, Jihoon Lee, Dong Yu Lim, Chul Haeng Lee, Dongjoo Lee, and Min-Koo Choi



Simple and rapid  
Analysis using LC-MS/MS

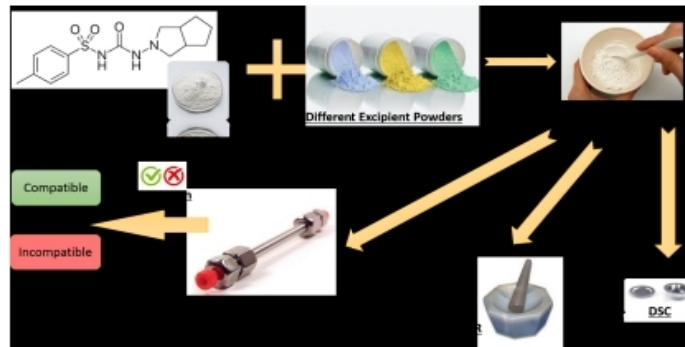
- Validation**
- Specificity
  - Linearity
  - Precision and Accuracy
  - Matrix effect and Recovery
  - Stability
- Pharmacokinetic study**
- IV, single
  - Dose escalation study



**Pharmaceutical Analysis** pp. 46-55

**Gliclazide compatibility with some common chemically reactive excipients; using different analytical techniques**

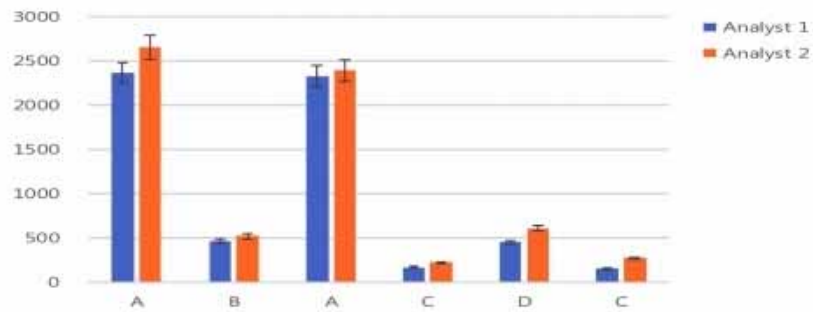
Hamideh Najjarpour Jabbari, Mohammad Shabani, and Farnaz Monajjemzadeh



This Work was supported by the Korean Federation of Science and Technology Societies(KOFST) grant funded by the Korean government.

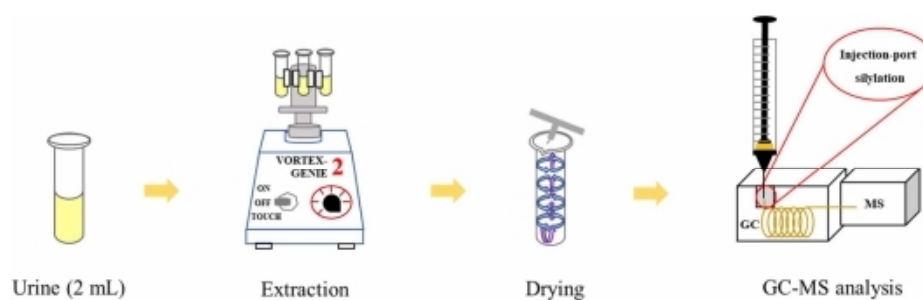
**A preliminary study of semi-quantitative, comparative evaluation of split or half fingerprints using Densitometric Image Analysis (DIA) - Inter-analyst differences for split or half fingerprints -**

Minkyu Song, Seung-chan Kim, and Sung-Woon Choi



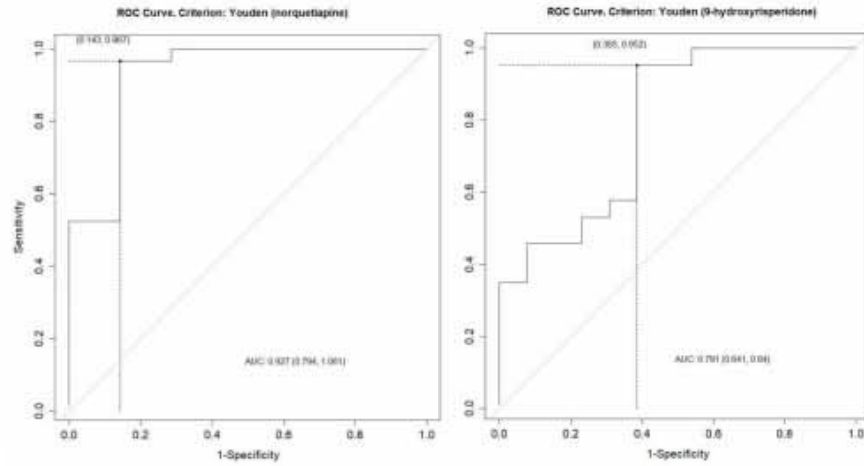
**Development and validation of a qualitative GC-MS method for THCCOOH in urine using injection-port derivatization**

Yeong Eun Sim, Ji Woo Kim, and Jin Young Kim

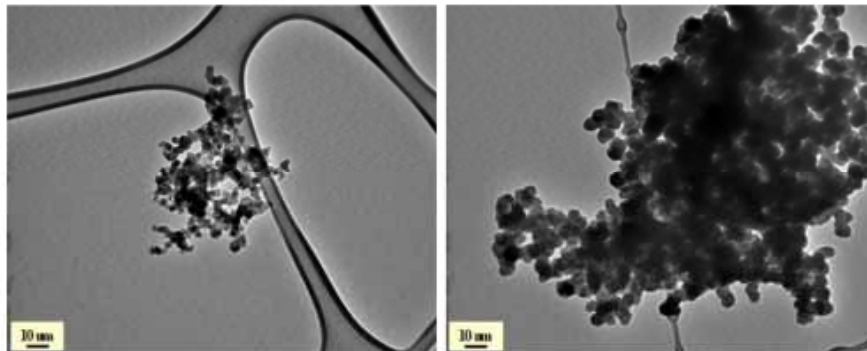


**Determination of cut-off value by receiver operating characteristic curve of norquetiapine and 9-hydroxyrisperidone concentrations in urine measured by LC-MS/MS**

Seon Yeong Kim, Dong Won Shin, and Jin Young Kim

**Development of a nanoparticle multi-generator for assessment of inhalation hazard**

Sung-Bae Lee, Jeong-Hee Han, Tae-Hyun Kim, Hyo-Geun Cha, and Cheal-Hong Lim





## Development and validation of a qualitative GC-MS method for THCCOOH in urine using injection-port derivatization

Yeong Eun Sim<sup>1,2</sup>, Ji Woo Kim<sup>1</sup>, and Jin Young Kim<sup>1</sup>★

<sup>1</sup>Forensic Genetics & Chemistry Division, Supreme Prosecutors' Office, Seoul 06590, Korea

<sup>2</sup>College of Pharmacy, Kyungsook University, Busan 48434, Korea

(Received March 4, 2021; Revised March 30, 2021; Accepted March 31, 2021)

**Abstract:** Cannabis is one of the most abused drugs in Korea. The main psychoactive component in cannabis,  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol, is metabolized to 11-nor-9-carboxy- $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol (THCCOOH) and THCCOOH-glucuronide (THCCOOH-glu) in the human liver, whereby the amount of THCCOOH-glu found in urine is twice as high as that of THCCOOH. The analytical process adapted by the majority of urine drug-testing programs involves a two-step method consisting of an initial immunoassay-based screening test followed by a confirmatory test if the screening test result is positive. In this study, a qualitative gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) method was developed and validated for the detection of THCCOOH in human urine, where THCCOOH-glu was converted into THCCOOH by alkaline hydrolysis. For purification of the urine extract prior to instrumental analysis, high-speed centrifugation was used to minimize interference. In addition, an injection-port derivatization method using ethyl acetate and N,O-bis(trimethylsilyl)-trifluoroacetamide containing 1% trimethylchlorosilane was employed to reduce the time required for derivatization, and an aliquot of the final solution was injected into the GC-MS. The method was validated by measuring the selectivity, limit of detection (LOD), and repeatability. The sensitivity, specificity, precision, accuracy, Kappa, F-measure, false positive, and false negative rate were determined by comparing the GC-MS results with those obtained using the immunoassay. The LOD was determined to be 0.32 ng/mL, while the repeatability was within 9.1% for THCCOOH. Furthermore, a comparison study was carried out, whereby the screening immunoassay exhibited a sensitivity of 86.4% and a specificity of 100% compared to GC-MS. The applicability of the developed method was examined by analyzing spiked urine and forensic urine samples obtained from suspected cannabis abusers (n = 221).

**Key words:** qualitative analysis, validation, injection-port derivatization, urinary THCCOOH, GC-MS

### 1. Introduction

Recently, many countries, including the USA,

Canada, Australia, Colombia and the Republic of South Africa, have allowed the use of cannabis as a medicine or as an item of personal preference. In the

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)2-535-4173 Fax : +82-(0)2-535-4175

E-mail : paxus@sppo.go.kr

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

USA, while the federal government has legislated cannabis as a regulated drug and prohibits the use of cannabis, there is a trend towards cannabis legalization. Indeed, the medical use of cannabis is allowed in 30 states, and it is legal to sell cannabis as an item of personal preference in nine states and District of Columbia.<sup>1</sup> In 2018, 244 domestic cases of cannabis smuggling from USA and Canada were reported, with 33.6 kg of cannabis being seized.<sup>2</sup> The increase in cannabis production and trafficking to Korea can be attributed to a ripple effect from the legalization of cannabis for medical and recreational use in most states in the USA. Cases of large-scale cannabis cultivation have also been reported in residential studio apartments and commercial buildings in downtown Seoul, Korea, where cannabis cultivation skills had been learned online. According to the White Paper on Narcotics Crime published by the Supreme Prosecutors' Office of Korea, the annual number of cannabis offenders in Korea was 1,139 in 2015, 1,435 in 2016, 1,727 in 2017, 1,533 in 2018, and 2,629 in 2019.<sup>3</sup> Although there may be variations depending on the degree and frequency of crackdowns on illicit drugs, the distribution of illicit drugs is consistently increasing. Furthermore, there is an increasing number of cases where drugs are purchased through online distribution channels based at home or abroad, thereby augmenting the number of domestic cannabis offenders.<sup>4</sup>

One of the main psychoactive components in cannabis,  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol, is metabolized to 11-nor-9-carboxy- $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol (THCCOOH) and THCCOOH-glucuronide (THCCOOH-glu) in the liver, and the amount of THCCOOH-glu found in human urine is reportedly twice as high as that of THCCOOH.<sup>5</sup> The current method employed for the analysis of THCCOOH-glu includes the conversion and analysis of THCCOOH-glu in the form of conjugates to THCCOOH, whereby acid/base hydrolysis and enzymes are often employed, or the THCCOOH-glu itself can be directly analyzed.<sup>6-9</sup>

When analyzing urine samples using an immunoassay to determine if cannabis usage has taken place, the accuracy and reliability of the analysis may be

reduced due to cross-reactivity or specificity/sensitivity issues. In order to overcome this problem, a two-step method was adopted, based on an initial screening test followed by a more specific confirmatory test if the specimen screened positive. Immunoassays are mainly applied to screening tests due to their facile use and automation, as well as the relatively fast acquisition of analytical results.<sup>10,11</sup> For this reason, immunoassays are widely used in many countries for screening tests, and in particular for initial screening. For confirmation of the results, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and liquid chromatography-MS (LC-MS) are generally employed.<sup>12,13</sup> Although GC-MS has been considered the gold standard in confirmatory analytical instruments for abused drugs in urine, GC-MS cannot be used for the direct analysis of polar drugs and their metabolites. Therefore, the use of derivatization to improve the volatility of an active compounds is required prior to GC separation. In addition, since GC-MS can apply both the selected ion mode (SIM) and the full-scan mode simultaneously, it is also useful for identifying unknown substances by searching the mass spectral library in full-scan mode. Compared to LC-MS, it has an additional advantage of being less affected by the matrix.<sup>14,15</sup>

Due to the complexity of the urine matrix and the presence of endogenous compounds in the urine samples, the selection of an appropriate sample preparation technique is of particular importance for sample clean-up to improve sensitivity of the method. Sample preparation enables the isolation of target compounds from the interfering components, and their subsequent concentration for accurate identification.

To minimize the analytical run time, we herein report the use of vortex-assisted extraction instead of conventional solid-phase and liquid-liquid extraction techniques to reduce sample preparation time. In addition, as a means to shorten the slow derivatization process associated with GC-MS, injection-port derivatization (IPD) is employed, whereby the derivatization reaction is performed in the hot GC injection port prior to sample injection. Indeed, this technique has previously been reported to be superior to off-line

derivatization owing to its simplicity, reaction efficiency, and low consumption of potential toxic reagents.<sup>16</sup> To date, IPD has been applied in the analysis of herbicides, polyphenols, patulin, fluoxetine and cocaine, although no study has reported the application of IPD in the analysis of THCCOOH.<sup>17-21</sup> The developed qualitative GC-MS method is validated by determination of the limit of detection (LOD), sensitivity, specificity, selectivity, and repeatability.<sup>22-24</sup> To confirm the effectiveness of this GC-MS method for qualitative purposes, the selectivity and reproducibility are further confirmed by its application to spiked urine samples and urine samples obtained from cannabis offenders. Finally, the usefulness of the developed method is confirmed by comparison with the results of immunoassay tests.

## 2. Experimental

### 2.1. Chemicals and reagents

THCCOOH (100 µg/mL in methanol) and THCCOOH-glu (100 µg/mL in methanol) were purchased from Cerilliant (Austin, TX, USA). THCCOOH-d<sub>9</sub> (100 µg/mL in methanol) was used as an internal standard (IS), and was also purchased from Cerilliant. The ONLINE DAT Cannabinoids II reagent used in the immunoassay was purchased from Roche Diagnostics (Mannheim, Germany). N,O-Bis(trimethylsilyl)-trifluoroacetamide containing 1% trimethylchlorosilane (BSTFA+1% TMCS) as a derivatization reagent was supplied by Acros Organics (Morris Plains, NJ, USA). The organic solvents, ethyl acetate (HPLC grade) and hexane (HPLC grade), were purchased from J.T. Baker/Avantor (Center Valley, PA, USA). The acetic acid used in the pretreatment process was purchased from Wako Pure Chemical Ind. Ltd. (Osaka, Japan), and the 5 M KOH (potassium hydroxide) solution was purchased from Daejung Chemicals and Metals Co. Ltd. (Gyeonggi-do, Korea). All other reagents used were of ACS grade or higher.

Standard solutions of THCCOOH and THCCOOH-glu were prepared by serial dilution as required, and the IS solution was prepared by dilution in methanol

to a final concentration of 1 µg/mL. The standard solutions were stored at -20 °C until required for use.

### 2.2. Instrumental conditions

The immunoassay instrument used for initial screening was a Cobas c311 analyzer (Roche Diagnostics, Germany). The GC-MS instrument used for confirmation was a 7890 Gas Chromatograph/5975 Mass Spectrometer (Agilent Technologies, USA), and this was equipped with a DB-5MS UI GC column (30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness, J&W Scientific, USA). The GC oven temperature was increased from 200 to 300 °C at a rate of 40 °C/min and then maintained at 300 °C for 7.5 min. The injection port temperature was set to 280 °C, and the carrier gas (He) flow rate was 1.1 mL/min. The injection method was set to splitless mode with a purge-on time of 1.5 min. Aliquots (2 µL) of the sample were injected into the GC-MS using a 7693 automatic liquid sampler (Agilent Technologies, USA).

The MS source temperature was set to 230 °C and MS analysis was performed using the SIM/scan mode under electron ionization (EI) conditions. In the mass spectrum of the analyte obtained in the scan mode, one of the three characteristic ions was selected as the quantifier ion and the other two were selected as the qualifier ions. Two characteristic ions were selected for IS identification. The ratios of the quantifier ion to the qualifier ions were calculated from the SIM chromatograms. For qualitative GC-MS analysis, the acceptable deviation of the ratio of quantifier ions to qualifier ions was within ±20%.<sup>25</sup>

### 2.3. Urine samples

The blank urine sample was prepared by mixing urine from persons who had not consumed cannabis, and was used to examine the method LOD and selectivity. To measure the ratio of the quantitative ion peak to the qualitative ion peak height for the analyte, THCCOOH was added to the blank sample and diluted to concentration of 20, 50, and 100 ng/mL.

The urine samples (n = 221) of suspect cannabis users obtained by district prosecutors' offices and police stations in the Youngnam region were tested.

The samples were refrigerated at 4 °C for 20 days after their receipt, and the samples requiring additional analysis were separated and stored at -20 °C until required for use.

#### 2.4. Sample preparation

Urine samples (2 mL) were mixed with the IS (30 µL, 1 µg/mL) and a 5 M KOH solution (200 µL) in a polypropylene tube (5 mL, Eppendorf). The resulting mixture was then hydrolyzed at 70 °C for 10 min.

After this time, concentrated acetic acid (200 µL) was added to adjust the pH to 4.5, and a mixture of ethyl acetate:hexane (1.5 mL, 1:9 (v/v)) was added prior to vortexing the mixture at 3200 rpm for 1 min. After subsequent high-speed centrifugation at 20000 g for 5 min, an aliquot (1.2 mL) of the supernatant was placed in a test tube for drying. The residue was then re-dissolved in a mixture of ethyl acetate (20 µL) and the BSTFA + 1 % TMCS reagent (20 µL), and an aliquot (2 µL) of the sample was immediately injected into the GC-MS instrument.

#### 2.5. Method validation

To develop and validate the qualitative GC-MS method, its selectivity, LOD, repeatability, sensitivity, specificity, precision, and accuracy were examined.

For the evaluation of the method selectivity, different urine samples were analyzed, and the interference on the retention time (RT) of the analyte was determined using the analyte and IS peaks from the GC-MS SIM chromatogram. In addition, THCCOOH-glu, a phase II metabolite of THC and the most likely cause of cross-reaction in the actual urine sample, was added to the blank sample to examine whether interference took place.<sup>26</sup>

The LOD was determined using the standard deviation between the signals (S) from the results of 12 urine samples containing the analyte at the same concentration and the noise (N) obtained from 12 blank samples. The result with an S/N ratio of  $\geq 3$  was selected.

To examine the reproducibility, the proximity of the measured values obtained by repeatedly analyzing the aliquots collected from the homogenized sample

was determined. For this purpose, homogenized QC samples of three concentrations (i.e., 20, 50, and 100 ng/mL) were prepared, and each sample was divided into seven aliquots for repeated testing. The measured value should not exceed 15 % of the relative standard deviation (RSD %).

The results of the immunoassays and the GC-MS analyses were compared to evaluate the method sensitivity, specificity, precision, and accuracy.<sup>27</sup> The immunoassay used for the screening test was a Cobas c311 analyzer combined with an ONLINE DAT Cannabinoids II, with a cut-off value of 20 ng/mL. In the case where the result of the immunoassay screening analysis was equal to or higher than the cut-off value, it was deemed positive. In the case where the result of the screening test was positive and THCCOOH was detected by GC-MS, it was deemed to be a true positive (TP) result, while if the results of both analyses were negative, it was deemed to be a true negative (TN) result. In the case where the result of the screening test was positive and the result of the GC-MS analysis was negative, this was deemed to be a false positive (FP), while if the result of the screening test was negative and the result of the GC-MS analysis was positive, it was deemed to be a false negative (FN). The sensitivity and specificity were calculated using the equations  $TP/(TP + FN) \times 100$  and  $TN/(TN + FP) \times 100$ , respectively, while the method precision and accuracy were calculated using the equations  $TP/(TP+FP) \times 100$  and  $(TP+TN)/(TP+TN+FN+FP) \times 100$ , respectively.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Optimization of GC-MS parameters

To optimize the chromatographic separation and improve the peak shape of the analyte, the GC temperature program was examined. In addition, since the hydroxyl and carboxyl groups of the analyte could be adsorbed on the inner wall of the non-polar capillary tube, thereby hindering separation, derivatization to the non-polar THCCOOH-2TMS was carried out, as described above. A full scan mass spectrum

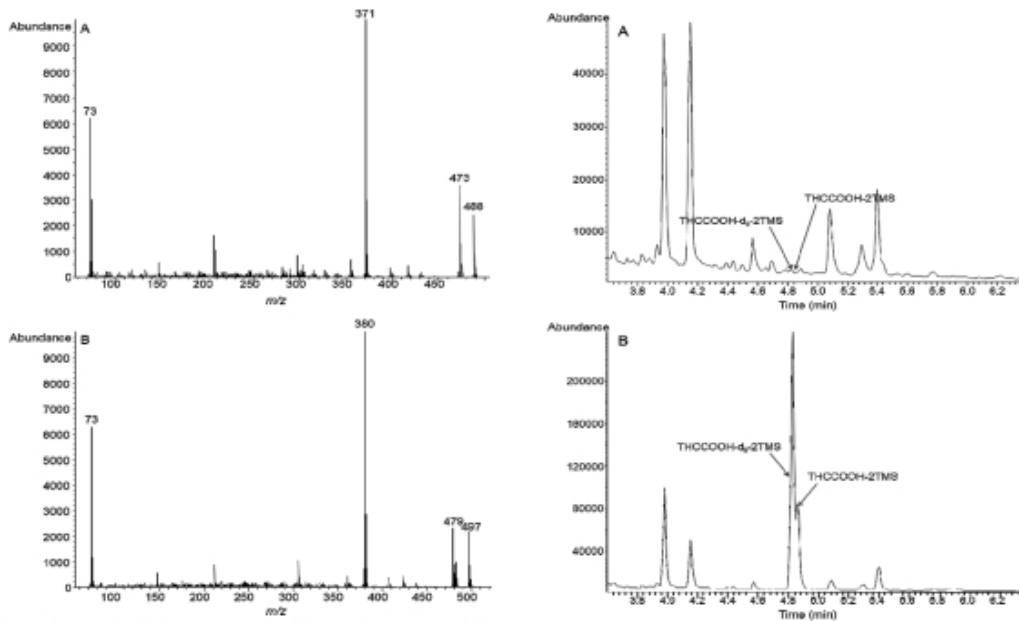


Fig. 1. GC-MS mass spectra for trimethylsilyl (TMS)-derivatives of (A) the analyte and (B) the internal standard.

was obtained to determine the quantifier and qualifier ions and to specify the retention times of the target compounds. Thus, Fig. 1 shows the mass spectra of THCCOOH-2TMS and the IS, while the RTs, quantifier ions, and qualifier ions of the derivatized analyte and the IS are shown in Table 1.

Representative GC-MS chromatograms obtained from the blank urine and spiked urine samples are shown in Fig. 2A and 2B. To determine any effects caused by exogenous interferences, the target analyte spiked at concentrations of 20 ng/mL in blank urine, whereby no significant interferences were observed.

For qualitative analysis using GC-MS, the acceptable ion ratio range was set within  $\pm 20\%$  of the average

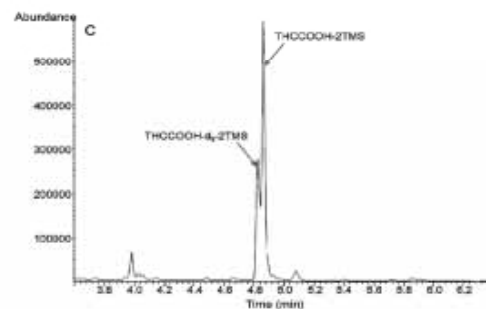


Fig. 2. Representative GC-MS extracted ion chromatograms of (A) blank urine without the IS, (B) spiked urine containing 20 ng/mL of THCCOOH and (C) cannabis positive urine sample.

ratio of the quantifier ion peak height to the qualifier ion peak height obtained using aliquots of THCCOOH mixed with blank samples at concentrations of 20,

Table 1. Retention times, molecular weights, and ions selected for GC-MS analysis of the trimethylsilyl-derivatives of THCCOOH and its internal standard (IS)

Compound (TMS)	Retention time (min)	Molecular weight	Quantifier ion ( $m/z$ )	Qualifier ions ( $m/z$ )
THCCOOH- $d_6$ (IS)	4.84	497	380	497
THCCOOH	4.88	488	371	473, 488

50, and 100 ng/mL, and using the cannabis positive urine samples ( $n = 57$ ). The ratios of the quantifier ion peak height to the qualifier ion peak heights ( $n = 2$ ) for THCCOOH-2TMS were 3.04 and 4.65, respectively, and the tolerance intervals were 2.43-3.64 and 3.72-5.58, respectively.

### 3.2. Sample preparation

Ideally, extraction techniques should be facile, with new techniques allowing shorter extraction times and reduced solvent consumption. The selection of the extraction solvent is particularly important in liquid-liquid extractions. Thus, to evaluate the influence of the organic solvent volume on the extraction yield, a series of experiments were performed using different ratios of hexane to ethyl acetate, i.e., 9:1 (v/v), 8:1, 7:1, 6:1, 5:1, and ethyl acetate alone. Among the tested solvent mixtures, hexane:ethyl acetate (v/v, 9:1) resulted in the greatest extraction efficiency and provided a comparatively high analytical signal. The experimental results showed that the peak areas of the target compounds increased upon increasing the hexane content. Subsequently, a reciprocal shaker (65 rpm, 20 min) and vortex-assisted extraction (3200 rpm, 1 min) were compared for their effects on the liquid-liquid extraction, although no differences were observed. Vortex-assisted extraction was therefore employed to reduce the extraction time.<sup>28</sup>

When an analyte undergoes phase II metabolism, it is excreted in the urine as a glucuronide conjugate, for example, and this conjugate can release its free form by hydrolysis using acids, bases, and enzymes. In our case, since THCCOOH-glu was converted to THCCOOH by hydrolysis using a strong base, the remaining THCCOOH present in the urine combined with the THCCOOH derived from THCCOOH-glu could lower the LOD during instrumental analysis. The optimal hydrolysis condition was found as follows. First, while the hydrolysis temperature was fixed at 60 °C, the amount of THCCOOH-glu converted to THCCOOH was measured at intervals of 5 min over a 20 min period. The amount of THCCOOH detected after 5 min of hydrolysis was similar. Next, after fixing the hydrolysis time to 10 min, the amount

of detection was measured at room temperature and up to 60-80 °C at 10 °C intervals. It was finally set to 60 °C and 10 min as there was no significant difference at other temperatures except for the room temperature.

The extraction was therefore carried out by addition of the extraction solvent to the urine sample and subsequent vortex-assisted extraction at 3200 rpm for 1 min. To remove any interfering substances, high-speed centrifugation was performed at 20000 g for 5 min to obtain the supernatant.

As reported previously, GC-MS method can be carried out in combination with a solid phase extraction and trimethylsilylation (TMS) derivatization reaction, which requires a total sample processing time (i.e., sample preparation plus instrumental analysis) of an hour. The LC-MS method can be used as a liquid phase extraction-based analysis method that does not include a hydrolysis step, requiring the sample processing time of half hour.<sup>9,28</sup> However, our developed method required a sample pretreatment time within 25 min, and the total sample preparation time was 30 min, thereby rendering it faster than the LC-MS method. Use of the IPD process shortened the analysis time, and was more economical than existing GC-MS and LC-MS methods.

### 3.3. Chemical derivatization

To shorten the derivatization time required prior to GC-MS analysis, derivatization of the target compound was achieved using IPD. Thus, BSTFA+1 % TMCS, which is suitable for the derivatization of a compound containing a hydroxyl group and a carboxyl group, was used as the derivatization reagent for the purpose of this study.<sup>29</sup> The optimal conditions for this process were determined by initially examining a range of ethyl acetate to BSTFA+1 % TMCS ratios, i.e., 1:0 (v/v), 1:1 (v/v), and 1:4 (v/v), whereby a ratio of 1:1 was found to provide the best efficiency. When the content of the derivatization reagent was higher than that of ethyl acetate, the baseline increased. On the other hand, when the ethyl acetate content was increased above the optimal value, the reaction efficiency decreased. Upon examination of the baseline levels and the peak areas of the target compounds

after the derivatization process, it was apparent that the optimal peak shape and maximum area were obtained at a ratio of 1:1(v/v).

The GC injector temperature is also an important parameter in terms of the IPD efficiency, since the derivatization reaction takes place at the high-temperature GC injection port. We therefore examined injection port temperatures of 260-300 °C at 20 °C intervals, and found that the peak area of the analyte increased as the temperature of the injection port increased. The highest peak area was detected at

300 °C; however, a value of 280 °C was employed upon considering manufacturer recommendations and the durability of the septum. Moreover, the purge flow and purge-on time were also optimized, with values of 75 mL/min and 1.5 min being selected for further experiments (Fig. 3).

As a result of chemical derivatization, THCCOOH-2TMS was obtained by the attachment of two trimethylsilyl (TMS) functional groups. To confirm the stability of this compound, stability tests were performed at room temperature over 12 h (testing at 1 h intervals) using a GC-MS instrument equipped with an automatic liquid sampler. THCCOOH-2TMS was found to be stable at room temperature for up to 12 h, with a relative standard deviation of 3.3 %.

#### 3.4. Method validation

The selectivity, LOD, repeatability, sensitivity, specificity, precision, and accuracy of the developed method were then evaluated. Blank urine samples ( $n = 12$ ) were tested to examine the selectivity, where no interfering substances were present to affect analysis of the target compound. Importantly, following the addition of THCCOOH-glu as a potentially interfering compound that could be present in authentic urine samples, no interference was observed.

The LOD was determined to be 0.32 ng/mL, which is considerably lower than the cut-off value (20 ng/mL) of the immunoassay. Table 2 shows the repeatability for the QC samples of three different concentrations, and this was found to be within 9.1 %.

The specificity and sensitivity were calculated by comparing the immunoassay and GC-MS results, as outlined in Table 3. More specifically, the sensitivity

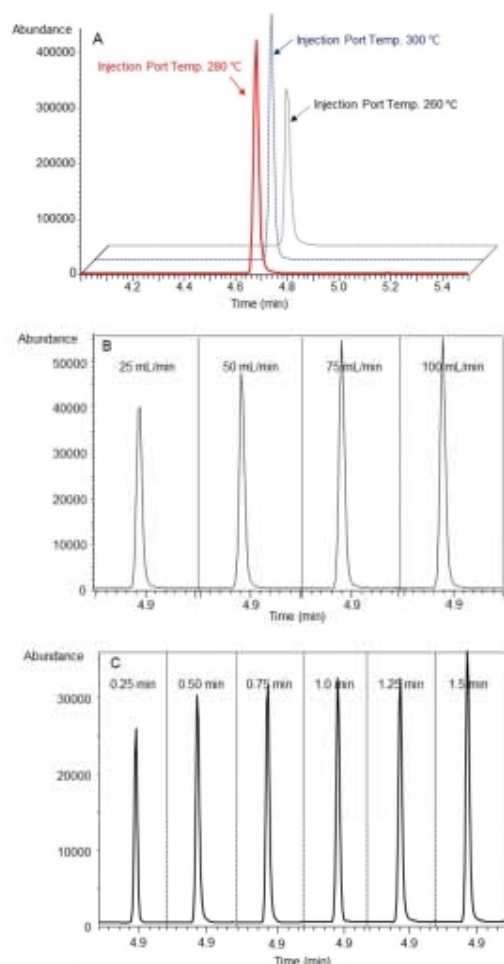


Fig. 3. Optimal conditions of (A) injection-port temperature, (B) purge flow and (C) purge-on time for injection-port derivatization GC-MS analysis.

Table 2. Repeatability of the measurements ( $n = 7$ )

Compound	Nominal concentration (ng/mL)	Repeatability* (% RSD)
THCCOOH	20	5.3
	50	7.2
	100	9.1

\*Repeatability expressed as RSD (relative standard deviation) of the peak area ratios of the analyte to the internal standard.

Table 3. Test results and performance of the Cobas c311 analyzer vs GC-MS

Test results	Cobas c311 Analyzer	Positive Negative Sum	GC-MS		Sum
			Positive	Negative	
			57 (TP <sup>a</sup> )	0 (FP <sup>b</sup> )	57
			9 (FN <sup>c</sup> )	155 (TN <sup>d</sup> )	164
			66	155	221
Performance	Sensitivity (%)	86.4	TP/(TP+FN)×100		
	Precision (%)	100.0	TP/(TP+FP)×100		
	F-measure	0.93	2(Sensitivity×Precision)/(Sensitivity+Precision)		
	Specificity (%)	100.0	TN/(TN+FP)×100		
	Accuracy (%)	95.9	(TP+TN)/(TP+TN+FN+FP)×100		
	FP rate (%)	0.0	FP/(TP+TN+FN+FP)×100		
	FN rate (%)	4.1	FN/(TP+TN+FN+FP)×100		

<sup>a</sup>TP: true positives, <sup>b</sup>FP: false positives, <sup>c</sup>FN: false negatives, <sup>d</sup>TN: true negatives

and specificity were determined to be 86.4 and 100 %, while the precision and accuracy were 100 and 95.9 %, respectively. The kappa value, which is a coefficient between 0.8 and 1.0, represents the degree of agreement between the immunoassay and GC-MS. In our case, an excellent degree of agreement was evident, with a kappa value of 0.8988 being obtained. In addition, the F-measure value, a classification evaluation value considering both sensitivity and precision expressed as a harmonic average, was calculated as 0.93. This means that the assay was not biased toward either sensitivity or precision. To evaluate the possibilities of cross-reactivity, the false positive rate (FP rate, %) was calculated. Importantly, no cross-reaction was found in the forensic urine samples (n = 221). The false negative rate (FN rate, %) was 4.1 %. As the confirmatory test, GC-MS analysis was able to detect up to 0.32 ng/mL, which was a much lower concentration than the cut-off value at 20 ng/mL, resulting in the nine false negative samples.

Finally, the confusion matrix was calculated using the R-3.6.3 caret package ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)), and its code is depicted in Fig. 4. Table 3 present the classification table and statistics obtained from the combined immunoassay and GC-MS results.

### 3.5. Forensic applications

The detection of THCCOOH by immunoassay

```

Confusion Matrix and Statistics

      Reference
Prediction Negative Positive
Negative      155         9
Positive       0         57

      Accuracy : 0.9593
      95% CI   : (0.9241, 0.9812)
      No Information Rate : 0.7014
      P-value [Acc > NIR] : < 2.2e-16

      Kappa : 0.8988

      Mcnemar's Test P-value : 0.007661

      Sensitivity : 0.8636
      Specificity : 1.0000
      Pos Pred Value : 1.0000
      Neg Pred Value : 0.9451
      Prevalence : 0.2986
      Detection Rate : 0.2579
      Detection Prevalence : 0.2579
      Balanced Accuracy : 0.9318

      'Positive' class : Positive
-----
# confusion matrix for THCCOOH

library(caret)
library(ggplot2)

cd1 <- read.csv("C:/Rwork/ca_data_2020.csv", header = T)
predicted <- factor(cd1$ly_pred, levels=c(0,1),
  labels=c("Negative", "Positive"))
actual <- factor(cd1$ly_true, levels=c(0,1),
  labels=c("negative", "Positive"))
cm1 <- confusionMatrix(data = predicted, reference = actual,
  positive = "Positive")
show(cm1)

```

Fig. 4. Statistical analysis of the confusion matrix.

screening alone is not considered reliable or accurate due to the possibility of cross-reactivity and an insufficient specificity/sensitivity. Therefore, a two-step method was employed consisting of an initial screening test followed by a more specific confirmatory test if the specimen screened positive. After immunoassay screening, forensic urine samples (n =



221) were tested using the developed method as the confirmatory test, and representative GC-MS chromatograms of the urine samples of cannabis abusers are shown in Fig. 2C. The obtained results therefore indicate that the methodology developed in this study allows for the successful detection of THCCOOH in forensic urine samples.

#### 4. Conclusions

We herein reported the development and validation of a qualitative gas chromatography-mass spectrometry method for the detection of 11-nor-9-carboxy- $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol (THCCOOH), a metabolite of  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol, in human urine. Essentially, this method was developed for confirmation following an immunoassay screening, and following its validation, it was applied in the analysis of forensic urine samples ( $n = 221$ ). The use of vortex-assisted extraction and high-speed centrifugation enabled a reduction in the sample extraction time to <1 min, and successfully removed interfering substances to achieve sample purification. In addition, an injection-port derivatization method was effectively employed to shorten the derivatization time. Upon application of our method to forensic urine samples of potential cannabis users, the test results for THCCOOH were obtained quickly and accurately without further analysis being required. These results are of importance due to the issues related to increased cannabis usage and the associated demands on testing facilities.

#### Acknowledgements

The authors declare no competing financial interest.

#### References

1. K. M. Heo, *Korean Police Studies Review*, **17**, 291-316 (2018).
2. Korea Customs Service, 'Announcement of Drug Smuggling Trends and Countermeasures in 2018', Korea, 2019.
3. Supreme Prosecutors' Office, 'White paper on drug-related crimes 2019-Chapter 2', Seoul, Korea, 2020.
4. S. Foley, J. R. Karlsen and T. J. Putnins, *Rev. Financ. Stud.*, **32**, 1798-1853 (2019).
5. M. Hädener, W. Weinmann, D. R. van Staveren and S. König, *Bioanalysis*, **9**, 485-496 (2017).
6. P. M. Kemp, I. K. Abukhalaf, J. E. Manno, B. R. Manno, D. D. Alford, M. E. McWilliams, F. E. Nixon, M. J. Fitzgerald, R. R. Reeves and M. J. Wood, *J. Anal. Toxicol.*, **19**, 292-298 (1995).
7. M. M. Bergamaschi, A. Barnes, R. H. C. Queiroz, Y. L. Hurd and M. A. Huestis, *Anal. Bioanal. Chem.*, **405**, 4679-4689 (2013).
8. O. Aizpurua-Olaizola, I. Zarandona, L. Ortiz, P. Navarro, N. Etxebarria and A. Usobiaga, *Drug Test. Anal.*, **9**, 626-633 (2017).
9. W. Kwon, J. Y. Kim, S. Suh and M. K. In, *Anal. Methods*, **5**, 3028-3034 (2013).
10. G. M. Reisfield, B. A. Goldberger and R. L. Bertholf, *Bioanalysis*, **1**, 937-952 (2009).
11. A. Saitman, H. D. Park and R. L. Fitzgerald, *J. Anal. Toxicol.*, **38**, 387-396 (2014).
12. A. D. de Jager and N. L. Bailey, *J. Chromatogr. B*, **879**, 2642-2652 (2011).
13. S. J. Mulé and G. A. Casella, *J. Anal. Toxicol.*, **12**, 102-107 (1988).
14. D. K. Lee, M. H. Yoon, Y. P. Kang, J. Yu, J. H. Park, J. Lee and S.W. Kwon, *Food Chem.*, **141**, 3931-3937 (2013).
15. J. M. Halket, D. Waterman, A. M. Przyborowska, R. K. Patel, P. D. Fraser and P. M. Bramley, *J. Exp. Bot.*, **56**, 219-243 (2005).
16. Q. Wang, L. Ma, C. R. Yin and L. Xu, *J. Chromatogr. A*, **1296**, 25-35 (2013).
17. J. Wu and H. K. Lee, *Anal. Chem.*, **78**, 7292-7301 (2006).
18. A. Marsol-Vall, M. Balcells, J. Eras and R. Canela-Garayoa, *Food Chem.*, **204**, 210-217 (2016).
19. A. Marsol-Vall, M. Balcells, J. Eras and R. Canela-Garayoa, *J. Chromatogr. A*, **1453**, 99-104 (2016).
20. A. F. Oliveira, E. C. de Figueiredo and A. J. Dos Santos-Neto, *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **73**, 53-58 (2013).
21. K. F. da Cunha, R. Lanaro, A. F. Martins, K. D. Oliveira and J. L. Costa, *Forensic Toxicol.*, **39**, 222-229 (2021).
22. R. Fogerson, D. Schoendorfer, J. Fay and V. Spiehler, *J. Anal. Toxicol.*, **21**, 451-458 (1997).

23. P. S. Cheng, C. Y. Fu, C. H. Lee, C. Liu and C. S. Chien, *J. Chromatogr. B*, **852**, 443-449 (2007).
24. M. Gaugain-Juhel, B. Delépine, S. Gautier, M.P. Fourmond, V. Gaudin, D. Hurtaud-Pessel, E. Verdon and P. Sanders, *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess*, **26**, 1459-1471 (2009).
25. S. P. Elliott, D. W. S. Stephen and S. Paterson, *Sci. Justice*, **58**, 335-345 (2018).
26. J. S.-C. Tsai, M. A. ElSohly, 'Marijuana and the cannabinoids, Chapter 7', Humana Press, Totowa, New Jersey, USA, 2007.
27. A. J. Barnes, I. Kim, R. Schepers, E. T. Moolchan, L. Wilson, G. Cooper, C. Reid, C. Hand and M. A. Huestis, *J. Anal. Toxicol.*, **27**, 402-407 (2003).
28. J. C. Cheong, J. Y. Kim, M. K. In and W. J. Cheong, *Anal. Sci. Technol.*, **19**, 441-448 (2006).
29. J. M. Halket and V. G. Zaikin, *Eur. J. Mass Spectrom.*, **9**, -21 (2003).

---

#### Authors' Positions

Yeong Eun Sim : Forensic chemist  
Jiwoo Kim : Forensic chemist  
Jin Young Kim : Senior forensic chemist

Vol. 34, No. 2, 2021

# 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(심자진행 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
제3호	2021. 1. 31.	2021. 4. 30.
제4호	2021. 7. 31.	2021. 10. 31.

※원고 작성 및 투고 절차에 관한 세부적인 사항은 대검찰청 홈페이지(www.spo.go.kr) 알림소식·공지사항 「법과학의 신동향」 소개 및 원고 모집 부분 참조

대검찰청 과학수사부 학술지 편집담당자(700ms104@spo.go.kr)  
TEL 02-3480-3547 FAX 02-3480-2477





세계 최고의 과학수사