

원 저

수도권 부검시료에서 중독사 관련 사용물질 현황(2014-2016)

국립과학수사연구원 서울과학수사연구소 법독성화학과¹, 국립과학수사연구원 법독성화학과²

박미정¹ · 박종신¹ · 이상기¹ · 인상환²

Analysis of Death Due to Poisoning in the National Capital Region (2014-2016)

Meejung Park, Ph.D.¹, Jongsin Park, Ph.D.¹, Sangki Lee, Ph.D.¹, Sangwhan In, Ph.D.²

Forensic Toxicology and Chemistry Division, Seoul Institute, National Forensic Service, Seoul¹,

Forensic Toxicology Division, National Forensic Service, Wonju², Korea

Purpose: This study examined the patterns of drugs, poisons, and chemicals detected in autopsy samples performed in the Seoul Institute and other regional forensic offices of the National Forensic Service (NFS) between 2014 and 2016.

Methods: The investigation carried out using the laboratory information management system. Forensic toxicological identification and quantitation were performed in autopsy samples, including heart blood, peripheral blood, liver, kidney, vitreous humor and etc. Gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS) and liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) were used to analyze the drugs and poisons.

Results: Forensic autopsies were performed on 9,674 cases in this period. Based on the autopsy reports, 699 cases (7.2%) were considered as unnatural deaths caused by fatal intoxication. The number of male deaths was higher than that of female deaths, with the age of 50-59 being the most common age group.

Conclusion: Drugs comprised the largest number of deaths due to poison, followed by alcohol, agrochemicals, drug with alcohol, carbon monoxide, and cyanide, in that order. Zolpidem was the most frequently used drug in all drug-related intoxication cases.

Key Words: Autopsy, Forensic service, Poisoning

서 론

우리나라에서 변사자 또는 변사의 의심이 있는 시체가

책임저자: 박 미 정

서울특별시 양천구 지양로 139

국립과학수사연구원 서울과학수사연구소 법독성화학과

Tel: 02) 2600-4920, Fax: 02) 2600-4919

E-mail: meejung@korea.kr

투고일: 2017년 10월 31일 1차 심사일: 2017년 11월 1일

게재 승인일: 2017년 11월 21일

* 이 논문은 행정안전부 주관 국립과학수사연구원 과학수사감 정기법연구개발사업의 지원을 받아 수행한 연구임(NFS-2017-DNT-01).

있을 때 수사기관에 신고가 되어 검사가 수행되며, 의사는 시체를 검사하여 사인, 사망 시각, 사망의 상황, 이상 유무 등을 조사하게 된다. 이 때 주검을 훼손하지 않고 의학적으로 판단하는 것을 검안이라 하며, 검안한 결과 사인 등이 분명하지 않거나 범죄와 관련된 정황이 발견되면 수사기관의 청구에 의하여 법원으로부터 영장을 발부 받아 부검을 시행하게 된다. 법의학적 관점에서 사망의 종류는 자연사(병사) 및 외인사로 분류되며, 외인사는 자살, 타살, 사고사로 세분되고 분류되지 않는 것은 불상(undetermined)으로 분류된다. 변사란 법률적인 용어로 외인사와 같은 의미로 쓰지만, 외인사 가운데 천재지변이나 단순한 본인 과실로 인한 죽음 등은 배제하며, 범죄가 관련되었는지에 기준을 두어 수사가 필요한 죽음을 의미한다. 중독사

에서는 수사 및 현장조사가 중요한 단서를 제공할 경우도 있으나 실제 사망 현장에서의 검안으로는 중독을 추정하지 못하는 경우도 많으며 이러한 경우 부검 및 법독성학적 분석이 중독사 판단에 결정적 역할을 한다는 보고가 있다¹⁾. 지난 3년(2014-2016) 동안 서울과학수사연구소 및 가톨릭대학교, 고려대학교 및 서울대학교에 설치되어 있는 지역 법의관사무소에서 시행된 부검건수는 9,674건이었으며, 이는 서울특별시, 인천광역시, 경기도 등 수도권에서 발생한 변사사건에 해당한다. 부검시료에 대한 법독성학적 분석은 서울과학수사연구소에서 실시되었으며, 본 보고에서는 그 결과를 분석하여 수도권에서 시행된 부검 사례 중 급성중독으로 사망한 건에서 약독물 및 화학물질의 종류 및 분포를 조사하고자 하였다. 중독사의 경우 대부분이 자살이었으며, 사고사 및 타살의 경우는 매우 낮은 확률이었고, 사망의 종류는 부검 및 기타 수사결과를 종합하여 수사기관 및 사법기관에서 판단하였다.

대상과 방법

1. 연구대상

2014년부터 2016년까지 수도권 지역에서 발생한 변사 사건 관련 부검에서 채취된 9,674건의 생체시료에서 약물, 농약, 독물, 알코올 농도, 일산화탄소 및 기타 화학물질의 분석을 실시하였다. 분석을 위한 시료로는 기본적으로 심장혈액, 말초혈액 및 위내용물이 채취되었으며, 부패가 진행되어 혈액 채취가 불가능한 경우 간조직, 신장조직 및 근육조직이 혈액을 대체하여 채취되었다. 다발성 손상의 경우 흉강혈액이나 복강혈액이 심장혈액에 대체되어 채취되는 경우도 있었으며, 부패된 경우 일산화탄소의 함량 시험을 위하여 혈액을 대신하여 비장, 간, 근육조직이 주로 채취되었다. 알코올 농도의 경우 말초혈액이 기본적으로 채취되었으며, 눈유리체액이 선택적으로 채취되었고 부패된 경우 근육조직이 채취되었다. 기타 노출물질의 특성에 따라 뇌조직, 폐조직 등 중독물질의 축적이 쉽거나 작용지점이 되는 장기를 선택하여 채취하였고 분석을 실시하였다.

2. 시험방법

위내용물의 분석에서 휘발성 약독물인 청산염의 확인시험으로 피크린산지법을 이용하였으며, 유기 약독물의 추출 및 정제를 위하여 에탄올 침출법 및 계통분석법을 활용하였다²⁾. 즉, 위내용물에 에탄올을 넣어 약독물을 용매층

으로 이행시킨 후 여과하고 에탄올층을 증발건조시켰다. 잔사를 수층으로 재현탁하여 산성 및 알칼리성에서 추출되는 약독물을 에틸 아세테이트로 추출하였다. 추출된 잔사로 박층크로마토그래피(Thin Layer chromatography) 및 Gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS) 분석을 수행하였다. 혈액에서 청산염의 확인을 위하여는 혈액을 산성으로 반응시켜 생성되는 청산가스를 포집하여 정색반응을 유도한 후 확인시험 및 정량분석을 실시하였고, 약독물을 추출하기 위한 방법으로 제단백법, 고상추출법 및 액상추출법이 동시에 사용되었다. 제단백법은 액상추출법과 고상추출법으로 추출되지 않는 약독물의 분석에 사용되며, 간단한 추출과정을 이용함으로써 분석시간을 단축하고 시료의 오염가능성을 줄인 분석방법으로, Liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS)로 분석 가능한 약독물이 분석대상이었다. 분석법으로는 혈액에 아세트니트릴을 넣고 교반 및 초음파시킨 후 원심분리하여 상층액을 필터한 후 LC-MS/MS 분석시료로 사용하였다. 액상추출법은 고상추출법으로는 추출 효율이 낮은 약독물을 대상으로 한 분석법으로, 추출용매로는 에틸아세테이트를 사용하였다. 고상추출법에 사용된 카트리지는 Bond Elut Certify (Agilent technologies, Santa Clara, CA, USA)이었으며, 고상추출자동화 장치를 사용하였다. 용출된 유기용매층은 질소농축하였으며, 잔사에 메탄올을 넣은 다음 GC-MS³⁾ 및 LC-MS/MS^{4,5)}을 이용하여 분석하였다. GC-MS는 Agilent사의 GC-MSD를 사용하였고 칼럼은 HP-5 MS (30 m×0.25 mm I.D.)를 사용하였으며, 검출기는 Full scan mode를 이용하였다. LC-MS/MS는 Agilent UHPLC system 및 AB SCIEX QTRAP[®] MS/MS (AB SCIEX, Framingham, MA, USA)를 사용하였으며, 약성분의 분석대상물질은 총 221종 이었고, 농약 및 살서제류 분석대상물질은 각각 농약 185종 및 살서제류 7종 이었다.

3. 정량분석 및 약물농도 해석

약독물을 음독할 경우 위내용물 및 간조직 등에 과량의 약물이 존재하므로 이러한 장기에 인접한 심장혈액 및 흉강혈액 등은 이로부터의 단순 확산 및 이행 등으로 약물의 농도가 높아지므로 정확한 약물농도를 측정하기 위해서 이들 장기들로부터 독립적인 위치에 있는 대퇴정맥 등의 말초혈액을 채취하여 정량분석을 시행하였다. 부패하여 혈액을 채취하지 못한 경우에는 간조직을 정량분석을 위한 시료로 사용하였다. 정량분석결과는 문헌에 보고된 참고자료^{6,7)}와 비교하여 치료농도, 독성농도 및 치사농도를

판단하였다. 그러나 실제로 문헌상에 보고된 독성농도 및 치사농도의 경우 인체에 대한 시험결과가 아니며 법독성 분야에서 실제 발생한 사고나 사망사건에서의 혈액 중 농도를 보고한 것이므로 실제 독성 및 치사에 이르는 농도와는 차이가 있고, 일부 약물의 경우 만성적으로 사용하여 체내에 축적되거나 내성으로 인해 사용량을 증가시킨 경우 등도 있으므로, 약물의 농도 해석에는 각각의 사건정황 및 변사자의 상태 등을 종합적으로 고려하여 판단하는 것이 중요하였다.

결 과

중독사의 판단은 부검과정에서의 해부학적 특이사항, 위내용물의 성상, 법독성학적 감정결과 및 사건정황 등을 종합하여 부검의가 최종 판단하였다. 2014년부터 2016년

까지 수도권 지역에서 부검을 실시하여 채취된 9,674건의 생체시료에서 중독사로 추정되는 건은 모두 699건이었으며, 이는 총 부검건의 7.2%에 해당하였다. 성별 및 연령의 분포는 Table 1과 같다. 남성이 여성보다 월등히 많았으며, 연령별로는 50대, 40대 및 30대 순으로 많은 빈도를 차지하였다. 단일물질 중독이 471건이었고, 복합물질 중독은 228건이었다. 단일중독물질의 종류로는 약물, 알코올, 농약, 청산, 화학물질과 유해가스 및 일산화탄소 순이었다(Fig. 1). 복합물질중독의 경우 약물과 알코올, 일산화탄소와 약물, 일산화탄소와 알코올 등의 혼합 순으로 검출되었다(Fig. 2). 복합물질중독에서 약물과 알코올을 혼합 복용한 경우는 약물농도가 독성농도 이상일 때 알코올이 같이 검출되어 약물상호작용의 가능성이 있는 경우를 포함하였다. 본 건에서 일산화탄소가 검출된 경우는 단일중독이 27건, 복합중독의 경우 114건이었으며 총 141건으로 총 중독사의 20.2%를 차지하였다. 약물중독의 경우 두 가지 이상의 약물을 혼합하여 복용한 복합약물중독이 142건으로 많았으며, 단일약물중독은 56건이었고 약물과 기타 물질의 복합중독이 91건이었다(Table 2). 약물중독에서 단일약물로 가장 많은 빈도를 나타낸 것은 니코틴으로 총 12건이었고, 마약류인 메트암페타민 중독이 많았으며, 수면제인 독실아민과 졸피뎀 순으로 검출되었다. 복합 약물중독의 경우 졸피뎀이 가장 많았으며, 항우울약인 트라조돈, 쿠에티아핀, 아리피프라졸, 아미트리프틸린 및 에스시탈로프람 등이 많이 검출되었고 수면제인 디펜히드라민, 독실아민, 신경안정제인 알프라졸람, 로라제팜 및 디아제팜이 상위 10종에 포함되었다. 약물 및 다른 중독 물질의 복합중독의 경우에서도 졸피뎀이 가장 많은 빈도

Table 1. Classification of poisoning death by age

| Age (yr) | Sex | | Total |
|----------|------|--------|------------|
| | Male | Female | |
| 0-9 | 2 | 2 | 4 (0.6) |
| 10-19 | 4 | 8 | 12 (1.7) |
| 20-29 | 36 | 19 | 55 (7.9) |
| 30-39 | 66 | 57 | 123 (17.6) |
| 40-49 | 108 | 56 | 164 (23.5) |
| 50-59 | 131 | 44 | 175 (25.0) |
| 60-69 | 49 | 25 | 74 (10.6) |
| > 70 | 55 | 37 | 92 (13.2) |
| Total | 451 | 248 | 699 (100) |

Values are presented as number (%)
yr: year

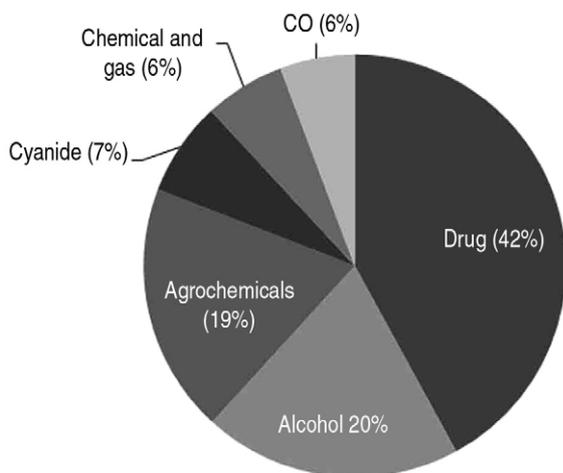


Fig. 1. Proportions of overdosed substances by classification in single substance intoxication (n=471)
CO: carbon monoxide

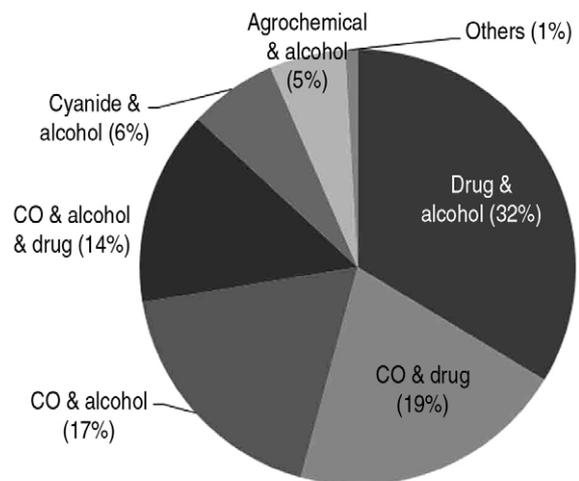


Fig. 2. Proportions of overdosed substances by classification in multiple substance intoxication (n=288)
CO: carbon monoxide

로 검출되었으며, 그 외 수면제 등과 신경안정제 등이 복합약물중독과 유사한 경향으로 검출되었다. 니코틴의 경우 화학물질로 분류할 수 있으나, 용도가 기호품이고 그 효과가 신경정신계에 영향을 미치므로 본 보고에서는 약물로 분류하였다. 농약중독의 경우 상위 10종으로 검출된 농약은 글루포시네이트(22건), 글리포세이트(20건), 파라콕트(13건), 메토밀(9건), 카보퓨란(9건), 메코프로프(6건), 디클로르보스(3건), 포스파미돈(3건), 에토펜프록스(3건) 및 트리클로르-티에이(3건) 등이었다.

급성알코올중독 및 복합중독에서의 알코올 농도는 Table 3과 같다. 알코올농도는 말초혈액, 눈유리체액, 뇌혈액, 근육조직 등에서 감정을 실시하였으며, 0.05% 이상

의 경우 본 보고에서 통계분석자료로 사용하였다. 혈액 중 알코올의 치사농도는 개체차 및 정황 등에 따라 달라지며, 본 보고에서는 급성주정중독의 경우 0.3% 이상을 기준으로 하였고, 이러한 경우 알코올의 급성중독으로 사망에 이른 경우 외에도 알코올로 인한 신체의 기능저하, 저체온증, 열상 등 여러 가지 상황에서 알코올이 사망에 결정적인 영향을 미친 경우를 포함하였다. 알코올이 사인에 중요한 역할을 할 것으로 추정되는 건에 대하여는 말초혈액과 눈유리체액을 동시에 채취하여 분석을 시행하였다. 혈액은 사후에 부패되는 과정에서 미생물 등에 의해 알코올이 생성되므로 부패지표물질로 사용되는 n-프로필 알코올의 농도를 동시에 측정하여 부패여부를 추정하였다. 눈유리

Table 2. Drugs found in drug related intoxications

| Rank | Single drug intoxication | No | Multiple drug intoxication | No | Multiple substance intoxication | No |
|-------|--------------------------|----|----------------------------|-----|---------------------------------|----|
| 1 | nicotine | 12 | zolpidem | 80 | zolpidem | 47 |
| 2 | methamphetamine | 7 | trazodone | 64 | quetiapine | 13 |
| 3 | doxylamine | 4 | diphenhydramine | 47 | diphenhydramine | 11 |
| 4 | zolpidem | 4 | alprazolam | 46 | alprazolam | 10 |
| 5 | amantadine | 3 | amitriptyline | 39 | doxylamine | 10 |
| 6 | aspirin | 3 | quetiapine | 38 | escitalopram | 10 |
| 7 | diphenhydramine | 3 | doxylamine | 35 | amitriptyline | 9 |
| 8 | propofol | 2 | lorazepam | 34 | lorazepam | 9 |
| 9 | fentanyl | 2 | escitalopram | 24 | diazepam | 8 |
| 10 | fluecainide | 2 | chlorpromazine | 15 | trazodone | 8 |
| Total | | 56 | | 142 | | 91 |

Drugs below than 10th rank were not shown

No: number

Table 3. Concentrations of alcohol in various specimens in alcohol related intoxications

| Specimens | Acute alcohol intoxication (%) | | | Alcohol related multiple substance intoxication (%) | | |
|-----------------|--------------------------------|----------------|------------|---|----------------|------------|
| | Blood | Vitreous humor | Tissues | Blood | Vitreous humor | Tissues |
| Range | 0.29-0.79 | 0.30-0.74 | 0.35-0.57 | 0.06-0.50 | 0.12-0.75 | 0.10-0.30 |
| Average | 0.42±0.10 | 0.47±0.11 | 0.442±0.09 | 0.20±0.09 | 0.286±0.16 | 0.192±0.07 |
| No of incidence | 93 | 21 | 6 | 123 | 15 | 12 |

Tissues include muscle, liver, brain etc.

No: number

Table 4. Concentrations of carbon monoxide (CO) in blood and other tissues in CO related poisoning cases (n=142)

| Specimens | CO intoxication (%) | | CO related multiple substance intoxication (%) | |
|-----------------|---------------------|---------|--|---------|
| | Blood | Tissues | Blood | Tissues |
| Range | 35-82 | 81-82 | 43-87 | 23-96 |
| Average | 67±11 | 82±1 | 74±8 | 58±23 |
| No of incidence | 27 | 2 | 94 | 19 |
| Total | | 29 | | 113 |

Tissues include spleen, liver, muscle, lung etc.

No: number

체액의 경우 해부학적으로 독립적인 위치에 존재하여 사후 재분포의 가능성이 적으므로 알코올 농도의 측정시료로 적합하다고 알려져 있다. 급성알코올중독에서 혈중 알코올의 농도는 평균 0.42 ± 0.10 (범위: 0.29-0.79)% 이었으며, 눈유리체액의 경우 0.47 ± 0.11 (범위: 0.30-0.74)% 이었다. 알코올이 연관된 복합물질중독의 경우에는 주된 사망원인이 알코올이 아닌 경우가 포함되어 있어 알코올의 농도는 사망에 이르는 농도보다 낮은 경우가 많았다. 일산화탄소 중독의 경우 대부분 사건개요상 차량, 주거지 및 숙박업소 등에서 연탄이나 번개탄을 피우고 자살한 건이 대부분이었고, 그 외 목욕시설이나 차량 내부에서 사고로 중독된 경우도 있었으며, 단일중독의 경우 혈액에서의 평균농도는 $67 \pm 11\%$ 이었고, 최저농도는 35%이었다. 일산화탄소와 다른 중독물질과의 복합중독에서는 혈액 중 일산화탄소의 평균농도는 $74 \pm 8\%$ 이었으며, 최저농도는 43%이었다(Table 4). 일산화탄소 중독이 사망의 원인 된 건은 모두 141건으로 전체 중독사의 20.2%를 차지하였으며, 이 중 단일중독은 29건이었고, 약물과의 복합중독이 44건, 알코올과의 복합중독이 39건, 약물 및 알코올과의 복합중독은 31건이었다. 중독물질 중 화학물질로는 부동액의 성분인 에틸렌글리콜, 질소가스, 부탄가스, 염화칼륨(KCl), 수산화나트륨(NaOH), 염산(HCl), 아질산나트륨(NaNO_2) 등이 있었다.

고 찰

문헌에 의하면 우리나라에서 음독 자살을 시도한 사람 가운데 약 50%는 항정신성의약품(psychotropics)을 복용하였으며, 그 외 농약, 진통제, 가정용품 및 기타 의약품을 사용하였다는 보고가 있으며⁸⁾, 본 보고도 이와 유사한 경향을 나타내었다. 우울증을 겪는 사람의 경우 자살의 방법으로 자신이 평소 복용하던 약물을 과량 복용하여 사망하는 경우가 많았으며, 그 외 목매, 일산화탄소 중독 등으로 자살한 사람에서 항우울제 및 수면제 등이 치료농도로 검출되는 경우도 많았다. 두 가지 이상의 약물을 병용하거나 약물 및 다른 물질과의 복합중독에서 가장 많이 검출된 약물은 졸피뎀이었다. 졸피뎀은 우리나라에서 마약류관리법에 의해 규제되는 약물로서 원칙적으로는 구입 및 사용이 엄격히 규제되고 있으나 최근에는 인터넷 및 국제우편 등으로 불법적으로 판매되고 있어 사회적 문제가 되고 있으며, 특히 단시간형 수면제로서 작용발현시간이 짧아 성범죄 등 약물사용범죄에서도 가장 많이 사용되고 있는 약물이다. 니코틴 중독사에서는 전자담배에 사용되는 액상의 니코틴 원액이 사용되었으며, 자살목적으로 주사하

거나 음독한 경우가 대부분이고 타살 목적으로 사용한 경우도 있어 사회적인 문제가 되기도 하였다. 현재 법적으로는 니코틴을 1% 이상 함유하는 액상 니코틴은 '화학물질관리법'에 따라 유독물질로 분류되어 허가제로 판매가 가능하나 인터넷을 통한 해외직접구매로는 1,000 mg/mL 즉 100%의 니코틴 원액을 쉽게 구할 수 있다고 알려져 있다. 니코틴의 경구 추정 치사량이 성인의 경우 약 40-60 mg이므로 니코틴 원액 소량으로도 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

우리나라에서 가장 많이 남용되고 있는 메트암페타민은 필로폰 등으로 불리며 마약으로 분류된다. 메트암페타민은 중추신경 흥분작용으로 사고력, 판단력을 증가시키고 각성 및 환각작용이 유발되며, 지속적으로 혈압을 상승시키고, 식욕억제작용, 기관지 확장작용 등을 유발한다. 메트암페타민의 남용방법은 경구, 코점막 흡수 및 정맥주사 등이며 일회용량은 0.03 g 정도로 알려져 있으나 내성이 생기면 1회 1 g까지도 사용한다고 보고되어 있다⁷⁾. 메트암페타민 중독사는 3년 동안 수도권에서 7건으로 선진국의 남용약물에 의한 중독사에 비해 적은 편으로 추정된다. 그 외 프로포폴, 펜타닐, 옥시코돈 등에 의한 중독사가 있었으며, 이들은 마약류관리법에 의해 마약으로 분류되어 있는 약물들이다. 마약류의 남용에 의한 중독사는 자살목적인지 남용과정 중의 쇼크, 내성으로 인한 중량 등에 의한 사고사 인지에 대하여는 정확히 논단할 수 없는 경우가 많았다.

우리나라에서는 2011년 디클로로르보스, 메토밀, 메티다톤, 이피엔, 엔도셀판 등 독성이 강한 유기인계 및 유기염소계 살충제 및 파라쿼트에 대한 등록을 취소시켰으며, 2012년부터 생산 및 판매가 금지되었다. 그로 인해 가장 많이 사용되었던 파라쿼트의 음독이 현저히 줄어들었다는 보고⁹⁾가 있으나, 파라쿼트 및 메토밀에 의한 중독은 여전히 발생하고 있었으며, 이는 농가에서 폐기되지 않고 남아있던 농약의 사용 때문인 것으로 추정된다. 글리포세이트 및 글루포시네이트는 수용성 제초제로서 유기용제를 넣어 제조하는 다른 농약과는 달리 특유의 자극적인 냄새가 없는 것이 특징이다. 이 들 농약은 그 자체로는 저독성 농약으로 분류되나 음독시 주로 용제 및 계면활성제에 의한 독성으로 위장관 부식, 저혈압, 폐부종, 백혈구 증가증, 대사성 산증 등이 발생한다고 보고되어 있다¹⁰⁻¹²⁾. 국가마다 중독사에 사용하는 약독물의 종류는 상이하하며, 그 이유는 환경, 문화, 풍습 등이 다르기 때문이다. 선진국의 경우 약물중독이 농약이나 기타 독극물에 의한 중독 보다 많으며, 농경사회나 산업화가 진행중인 나라에서는 농약중독이 많다. 문헌에 의하면 2007년부터 2014년까지 광주,

전남지역에서는 농약이 중독사에서 가장 많은 빈도를 차지했다고 보고되어 있다¹³⁾. 이로써 동일한 나라에서도 지역과 시대에 따라 중독물질의 종류는 달라짐을 볼 수 있다.

결 론

본 보고에서는 수도권에서 발생한 중독사에서 중독물질의 현황을 조사하였으며, 그 결과 약물중독으로 인한 사망이 가장 많았고, 알코올, 농약, 약물과 알코올, 일산화탄소 중독이 그 뒤를 따랐으며, 약물 중독의 경우 수면제, 신경안정제 및 항우울제가 가장 많이 검출되었다.

참고문헌

1. Yang KM, Lee BW, Park JW, Lee SK, Yun WJ, Park SH, et al. The predictive ratios of intoxicated deaths by police's death scene investigation and doctor's death certificates in South Korea. *Korean J Leg Med* 2016;40:65-71.
2. Yoo YC. *Forensic Science and Investigation*. Seoul: HyunAm-Sa;2002. P.160-74.
3. Maresova V, Chadt J, Novakova E. Screening and semi-quantitative analysis of drugs and drugs of abuse in human serum samples using gas chromatography-mass spectrometry. *Neuro Endocrinol Lett* 2008;29(5):749-54.
4. Peters FT. Recent advances of liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry in clinical and forensic toxicology. *Clin Biochem* 2011;44(1):54-65.
5. Rosano TG, Wood M, Swift TA. Postmortem drug screening by non-targeted and targeted ultra-performance liquid chromatography-mass technology. *J Anal Toxicol* 2011;35(7):411-23.
6. Molina DK. *Handbook of Forensic Toxicology for Medical Examiners*. New York:CRC Press;2010.
7. Baselt RC. *Disposition of toxic drugs and chemicals in Man*. California:Biomedical Publications; 2011.
8. Kim JY, Kim MS, Kim YR, Choi KH, Lee KU. High prevalence of psychotropics overdose among suicide attempters in Korea. *Clin Psychopharmacol Neurosci* 2015;13(3):302-7.
9. Myung W, Lee GH, Won HH, Fava M, Mischoulon D, Nyer M, et al. Paraquat prohibition and change in the suicide rate and methods in South Korea. *PLoS One* 2015;10:e0128980.
10. Bradberry SM, Proudfoot AT, Vale JA. Glyphosate poisoning. *Toxicol Rev* 2004;23:159-67.
11. Thakur DS, Khot R, Joshi PP, Pandharipande M, Nagpure K. Glyphosate poisoning with acute pulmonary edema. *Toxicol Int* 2014;21:328-30.
12. Kim YH, Lee JH, Hong CK, Cho KW, Park YH, Kim YW, et al. Heart rate-corrected QT interval predicts mortality in glyphosate-surfactant herbicide-poisoned patients. *Am J Emerg Med* 2014;32:203-7.
13. Choi WY, Kim HJ, Na JY, Lee SJ, Lee YJ, Park JT, et al. Analysis of death due to poisoning in Gwangju and Jeollanam-do areas. *Korean J Leg Med* 2016;40:72-7.