

20    년    월    일    요일  
 시간 :    장소 :      
           학교    학년    반  
 번    이름 :

혈흔 감식에 사용되는 루미놀 시약을 만들어보고, CSI 과학수사대가 되어 혈흔이 묻은 범행도구를 찾아봅시다.

## CSI 과학수사대

### 『혈흔 감식』 °루미놀(Luminol) 검사°

#### 실험키트구성 ....

헤모글로빈, 대조군(붉은 물감, 붉은 잉크), 접착펠트지, 염기성 루미놀 용액, 묽은 과산화수소수, 에탄올 거름종이, 채혈침, 알코올 솜, CSI 과학수사대 도안

#### 준비를 ....

증류수(정수기 물로 대체 가능), 가위, 필기도구

## 과학수사 - 모든 범죄는 흔적을 남긴다

범죄 수사에 과학을 접목해 사건을 해결하고 범인을 잡자는 생각을 처음으로 한 사람은 누구일까요? 그 사람은 바로 [셜록 홈스 시리즈(1887~1905년)]를 지은 코넬 도일(Arthur Conan Doyle)입니다. 그의 소설을 통해 과학수사의 개념은 대중에게 익숙해지기 시작했습니다.

하지만 1302년 이탈리아에서 부검을 실시했다는 기록을 비롯하여 그 이전부터 과학수사는 행해지고 있었고 현재까지 눈부신 발전을 해왔습니다.

법의학에는 부검, 치흔 감식, 지문 감식 등 다양한 분야가 있으며 이 중 혈액 등으로 신원을 확인하는 분야를 **법의혈청학**이라고 합니다.

### 루미놀 시약을 이용하는 수사



루미놀 검사는 혈흔에 즉각적이고도 무조건 반응합니다. 또한 그 감도가 뛰어나서 육안으로 보이지 않도록 닦아놓은 마루바닥이나 범행도구, 이미 세탁한 옷에서도 반응을 확인할 수 있어 수사현장에서 매우 유용하게 사용되고 있습니다.

다만 사람의 혈흔 뿐만 아니라 과산화수소를 분해할 수 있는 모든 물질과도 반응한다는 단점 때문에 결론을 내리는데 신중해야 하며, 주변을 어둡게 할 수 있어야 루미놀 특유의 청백색 발광을 관찰할 수 있습니다.

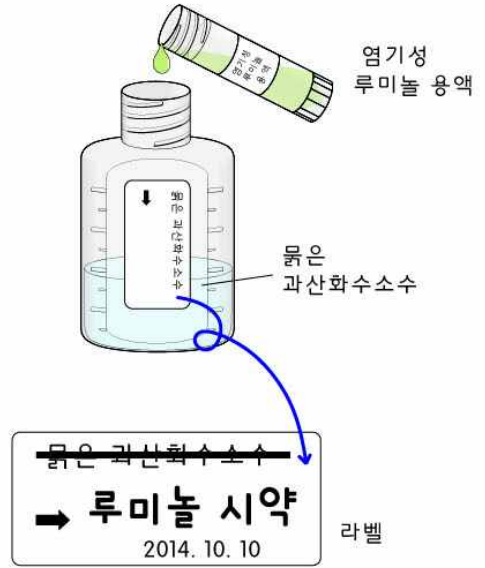
대부분의 범인들이 범행을 숨기기 위해 혈액을 닦아내는 경우가 많기 때문에 정확한 범행 장소를 확인하기가 힘들니다. 이런 경우 넓은 공간에 루미놀 검사를 시행하여야 하는데 이럴 때엔 스프레이를 사용하면 한번에 넓은 공간에 루미놀 시약이 뿌려져 시간을 단축할 수 있습니다. 과학수사 드라마 등에서 자주 볼 수 있는 장면이기도 합니다.

루미놀 시약을 이용하여 혈흔으로 의심되는 발견된다면 그 샘플을 채취하여 연구소로 보내 정밀검사를 의뢰하게 됩니다. 이렇게 채취된 샘플을 통하여 얻을 수 있는 정보로는 그 사람의 혈액형, 성별 뿐만 아니라 DNA 정보까지 알 수 있어서 과학수사에서 매우 중요한 증거물이 됩니다.

## 실험방법 ....

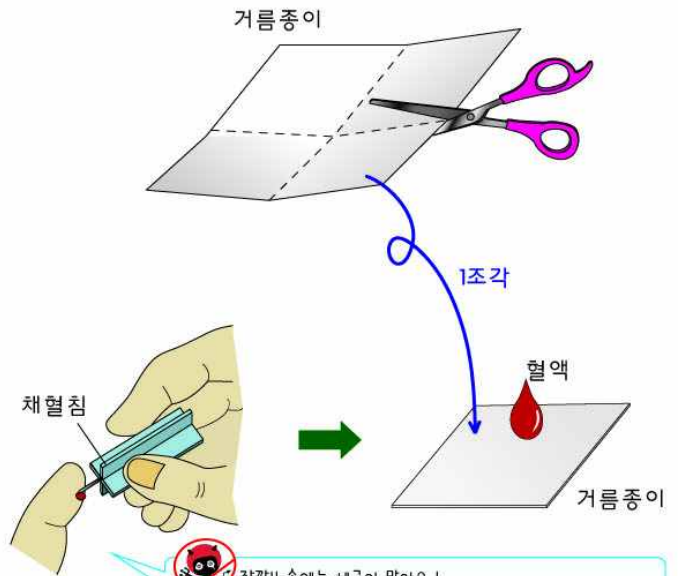
### [루미놀 시약 만들기] 조별 활동

1. 묽은 과산화수소수가 든 병에 염기성 루미놀 용액을 넣은 다음 뚜껑을 닫고 천천히 흔들어서 섞습니다.
  - ✓ 두 용액을 섞으면 약간의 발열과 함께 기포가 발생합니다.
  - ✓ 병을 잡고 좌우로 2~3 번 정도 움직입니다. 세게 흔들면 과산화수소수가 물과 산소로 분해되어 실험결과가 나오지 않을 수 있습니다.
2. 이 병에 붙은 라벨의 화살표 자리에 “루미놀 시약”과 만든 날짜를 표기합니다.
3. 루미놀 시약에서 계속 기체(이산화탄소, 산소 등)가 발생하므로 병 뚜껑을 닫되 분홍색 작은 뚜껑은 열어둡니다.



### [루미놀 시약의 성질 알아보기] 개별 활동

4. 거름종이를 그림과 같이 접었다가 펼친 다음 접힌 선을 따라 가위로 잘라 4조각을 만듭니다.
  - ✓ 거름종이 (10cm X 10cm) 를 4명이 나누어 사용합니다.
5. 채혈침을 이용하여 손가락 끝에서 혈액을 채혈하여 거름종이에 묻힙니다.
  - ✓ 친구의 채혈침과 섞이지 않도록 주의합니다.
  - ✓ 부득이한 경우, 헤모글로빈 용액으로 대체 가능합니다.
6. 거름종이에 묻은 혈액에 에탄올을 2~3방울 떨어뜨립니다.

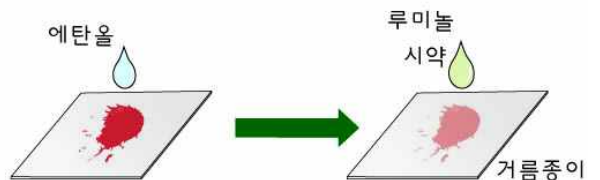


**루미놀 검사는 반드시 어두운 환경에서 수행합니다.** 


커튼을 이용하여 창문에서 들어오는 햇빛을 차단하고 조명(형광등 등)을 끄고 루미놀 시약을 떨어뜨립니다.

\*\* 극적인 반응을 위해 어둠상자를 이용할 수 있습니다.

7. 루미놀 시약을 떨어뜨린 후, 반응을 관찰합니다.
  - ✓ 발광현상은 2~3초정도 지속됩니다. 집중하여 관찰합니다.



루미놀 시약은 혈액과 반응하면  합니다. (어두운 곳에서 관찰)


[CSI 과학수사대 카드 준비하기]  개별 활동

- [CSI 과학수사대] 카드에 날짜와 실험장소, 이름을 씁니다. 카드 속에는 과학수사대 책상의 모습이 그려져 있습니다.
- 책상 위에 놓여진 증거물 **1** **2** **3** 의 표시된 부분에 각각 접착 펠트지를 붙입니다.
- 1번, 2번, 3번 용액을 증거물 번호에 맞추어 접착 펠트지에 각각 2~3방울 떨어뜨리고 적당히 말립니다.




CSI 과학수사대 카드 속 과학수사대 책상



[CSI 과학수사대가 되어 혈흔이 묻은 범행도구를 찾아라 !!]  개별 활동

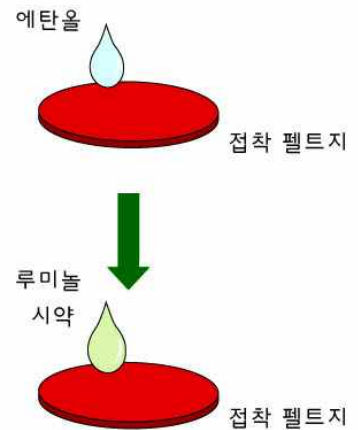
책상 위에 놓여진 증거물 **1** **2** **3** 은 범죄 현장에서 압수한 범행도구로 의심되는 물건들입니다. 이 중 범행 도구는 과연 어떤 것일까요? CSI 요원인 여러분이 족석에서 확인 가능한 혈흔감식법인 루미놀 검사를 실시한 후 범행도구로 의심되는 증거물을 연구소로 보내주십시오.

- 증거물 1번에 에탄올을 1방울 떨어뜨립니다.  
 ✓ 접착 펠트지(증거물의 표면)에 에탄올을 너무 많이 떨어뜨리면 과학수사대 카드가 젖을 수 있습니다.

**루미놀 검사는 반드시 어두운 환경에서 수행합니다.** 

커튼을 이용하여 창문에서 들어오는 햇빛을 차단하고 조명(형광등 등)을 끄고 루미놀 시약을 떨어뜨립니다.

\*\* 극적인 반응을 위해 어둠상자를 이용할 수 있습니다.



- 루미놀 시약을 1~2방울 떨어뜨린 후, 변화를 관찰합니다.

- 증거물 2번과 증거물 3번도 같은 방법으로 검사를 시행하고 변화를 관찰하여 오른쪽 표에 기록합니다.

증거물	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
변화	○	○	○

- 범행 도구로 의심되는 증거물을 연구소로 보내는 요청서를 작성합니다.

**루미놀 검사 결과,**  
**범행도구로 의심되는 증거물은**  **번**  
**입니다. 이 증거물의 정밀검사를 요청합니다.**

요원 : \_\_\_\_\_ (서명)

- 선생님과 함께 정답이 무엇인지 확인해 봅니다.  
 ✓ 실험결과가 정답과 다르게 나온 요원들은 그 이유가 무엇인지 생각해봅니다.

CSI 과학수사대 카드 왼쪽 하단부

16. [명예요원증]에 이름과 코드네임을 써서 완성합니다.



명예요원증

### 실험시 주의사항 ....

1. 루미놀 시약을 만들 때 너무 세게 흔들지 않습니다.
2. 루미놀 검사를 할 때는 반드시 주변 환경을 어둡게 합니다. 어두울수록 결과가 더 뚜렷하게 나타납니다.

### 확인학습 ....

1. 범행 도구로 의심되는 증거물에 에탄올을 떨어뜨리는 이유는 무엇일까요?

2. 혈액이 붉게 보이는 이유는 무엇일까요?

3. 다음 문장의 빈 칸에 들어갈 알맞은 단어를 각각 넣으세요.

헤모글로빈 속의 는(은) 과산화수소가 물과 산소로 분해되는 반응을 빠르게 하는 촉매 역할을 합니다. 이때 발생하는 산소에 의해 루미놀 시약이 산화되어 청백색의 화학발광이 나타납니다.

4. 다음 문장이 옳으면 O, 틀리면 X 표시하세요.

1. 루미놀 검사 결과, 청백색의 화학발광을 하는 물질은 100% 사람의 혈흔(혈액)입니다. ( )
2. 루미놀 검사를 시행할 때는 어두운 환경에서 해야 합니다. ( )
3. 루미놀 검사는 감도가 뛰어나서 혈액을 닦아내어도 반응이 일어납니다. ( )

## 원리학습 ....

\* 혈흔 : 혈액의 흔적 (피가 묻은 자국)

CSI와 같은 과학수사물에서 가장 흔하게 볼 수 있는 장면은 바로 **혈흔 감식**입니다. 일반적으로 범인은 자신의 범행 사실을 숨기기 위해 흔적을 지우기 때문에 범행 현장에서 혈액을 발견하기는 쉽지 않습니다. 이러한 상황에서 사용하는 대표적인 혈흔 감식법은 **루미놀 검사**와 **Kastle-Meyer 검사**입니다. 이 중 루미놀 검사는 감도가 뛰어나 혈액을 닦아내어도 반응이 일어나 육안으로 찾기 힘든 범행 장소나 범행 도구를 찾아내는데 주로 사용됩니다.

[CSI 과학수사대] 명예 요원 여러분, 증거물 중에서 범행에 사용된 도구를 찾아냈습니까?

- 혈흔이 묻은 증거물에 에탄올을 떨어뜨리면  
적혈구의 세포막이 터지면서 헤모글로빈이 밖으로 드러납니다.
- 여기에 루미놀 시약을 떨어뜨리면  
헤모글로빈 속의 헴(heme)이 촉매가 되어 과산화수소를 물과 산소로 빠르게 분해시킵니다.  
이때 발생하는 산소에 의해 루미놀 시약이 산화되어 청백색의 화학발광이 나타나게 되는 것이지요.

이런 이유로 루미놀 검사결과 청백색의 화학발광이 나타나는 물건은 혈액이 묻어있던 것으로 의심하게 됩니다.

### 💡 적혈구와 헤모글로빈(hemoglobin)

혈액은 크게 아래와 같이 구성되어 있습니다.



#### ● 헤모글로빈

산소를 운반하는 단백질로 한 개의 적혈구에 약 2억 8천만개 정도 들어있습니다.  
중앙에 철원자가 결합된 헴(heme) 4개가 글로빈 단백질 4개와 결합된 단백질입니다.  
헴 속의 철과 산소가 결합하면 붉게 보이기 때문에 혈색소라고도 불리며 이 때문에 혈액이 붉게 보입니다.

여러가지 증거물 중에서 혈흔이 묻어있는 범행 도구를 정확히 찾아낸 여러분을 오늘부터 CSI 과학수사대 명예 요원으로 임명합니다.

## 느낀점 ....

## ■ 교사용 실험 자료실 ■

실험 제목	CSI 과학수사대 ◦ 루미놀(Luminol) 검사 ◦		실험 원리	법의학, 산화-환원반응, 촉매반응, 혈액	
실험 시간	40분	실험 분야	생명과학, 화학 법의학	실험 방법	4인 1조, 조별실험
세트구성물	헤모글로빈, 대조군(붉은 물감, 붉은 잉크), 접착펠트지, 염기성 루미놀 용액, 묽은 과산화수소수, 에탄올 거름종이, 채혈침, 과학수사대 도안, 알코올 솜				
교사준비물	가위, 증류수(정수기 물로 대체 가능)		학생준비물	필기도구	
실험 결과	학생 1인당 과학수사대 카드와 명예요원증을 각각 1개씩 가지고 갑니다.				
실험팁	<p>TIP 1. 수업 전에 아래의 [필수활동]을 반드시 수행한 후, 수업에 들어갑니다.</p> <p>TIP 2. 루미놀 시약을 만들 때 세게 흔들지 않도록 합니다. 세게 흔들면 과산화수소수가 물과 산소로 분해되어 실험결과가 뚜렷하게 나오지 않을 수 있습니다.</p> <p>TIP 3. 완성된 루미놀 시약은 용기 뒷 부분에 구멍을 뚫어 4 °C 냉장 보관합니다.</p> <p>TIP 4. 사용하고 남은 루미놀 시약은 폐액통에 버립니다.</p>				

### 필수활동

#### ★ 교사활동 ★

\*\* 반드시 수업 시작 전에 수행합니다.

##### < 용액 1, 2, 3 만들기 >

- 헤모글로빈이 든 병에 증류수 10 mL를 넣고 뚜껑을 닫고 흔들니다.  
\*\*\* 상온의 물을 사용합니다. (고온의 경우, 단백질이 변성됩니다.)  
헤모글로빈은 물에 잘 녹지 않습니다. 여러번 흔들어 최대한 녹입니다.
- 헤모글로빈과 대조군 용액(붉은 물감, 붉은 잉크)가 든 병에 1, 2, 3을 적습니다.  
\*\*\* 헤모글로빈 용액이 든 병의 숫자를 기억하세요!

★★ 수업시간 전(1~2시간 전)에 즉석에서 만들어 사용할 것을 권장합니다.  
부득이한 경우, 헤모글로빈 용액은 반드시 4 °C 냉장보관합니다.

### 저학년 권장 사항

#### ★ 교사활동 ★

- 저학년의 경우, 루미놀 시약을 만드는 과정은 시범실험으로 수행할 수 있습니다.  
Tip 1. 루미놀 시약은 4 °C 냉장보관시 2~3일 정도 사용가능합니다.  
Tip 2. 루미놀 시약을 보관할 때는 용기 뚜껑의 분홍색 작은 뚜껑을 열어 보관합니다.  
\*\*\* 산소(가스)가 발생하므로 용기가 터질 수 있습니다.
- 행사, 이벤트성 실험의 경우에는 [CSI 과학수사대 카드 준비하기]를 선생님께서 미리 준비하시면 극적인 실험결과를 얻을 수 있습니다.
- \*\* 위의 권장사항은 조작능력이 미숙한 학생들이 실험을 수행하는데 있어서 위험요소를 줄여줄 뿐만아니라 수업시간을 단축하는 효과가 있습니다.

### 실험방법 ....

루미놀 시약은 어두운 환경에서 피(혈액)과 반응하면  합니다.

## 확인학습 ....

1. 범행 도구로 의심되는 증거품에 에탄올을 떨어뜨리는 이유는 무엇일까요?

루미놀 검사는 적혈구 속의 헤모글로빈(정확히는 헴)과 반응하는 것인데, 적혈구의 세포막이 있으면 반응할 수 없습니다. 그래서 적혈구의 세포막을 터뜨리기 위해 에탄올을 떨어뜨립니다.

2. 혈액이 붉게 보이는 이유는 무엇일까요?

혈액 중 적혈구에는 헤모글로빈이 있습니다. 헤모글로빈의 헴 속의 철과 산소가 결합하면 붉게 보입니다.

3. 다음 문장의 빈 칸에 들어갈 알맞은 단어들을 각각 넣으세요.

헤모글로빈 속의 **헴(heme)** 는(은) 과산화수소가 물과 산소로 분해되는 반응을 빠르게 하는 촉매 역할을 합니다. 이때 발생하는 산소에 의해 루미놀 시약이 산화되어 청백색의 화학발광이 나타납니다.

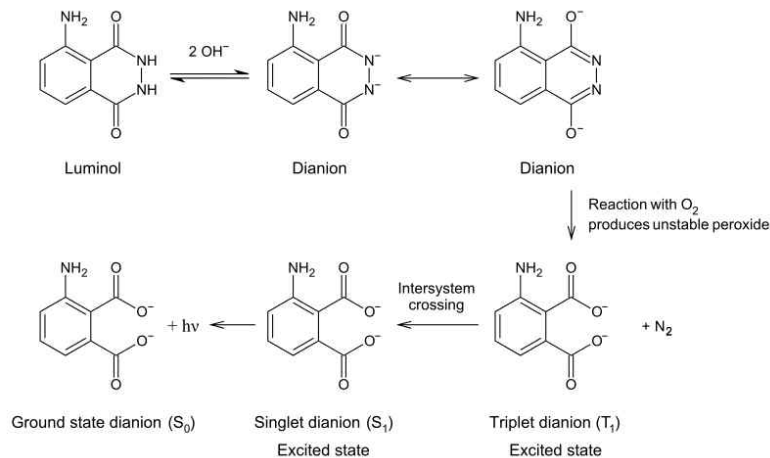
4. 다음 문장이 옳으면 O, 틀리면 X 표시하세요.

1. 루미놀 검사 결과, 청백색의 화학발광을 하는 물질은 100% 사람의 혈흔(혈액)입니다. ( X )
2. 루미놀 검사를 시행할 때는 어두운 환경에서 해야 합니다. ( O )
3. 루미놀 검사는 감도가 뛰어나서 혈액을 닦아내어도 반응이 일어납니다. ( O )

## 루미놀 [luminol]

3-아미노프탈산하이드라지드라고도 한다. 분자량 177.16, 녹는점 329~332℃이다. 흰색 고체이며 물·에탄올·에테르에는 녹기가 어렵다. 혈흔을 검출하는 데 쓰일 뿐 아니라, 과산화수소 및 사이안이온의 분석용 시약으로도 사용된다. 이것은 모두 알칼리 용액이며, 과산화수소나 하이포염소산염 등으로 산화하면 옥안으로도 선명한 자청색(靑紫色)의 발광현상을 볼 수 있는데 이것을 응용한 것이다.

화학발광을 일으키려면 산화제와 반응해야 한다. 주로 과산화수소 용액과 물에 녹인 수산화나트륨이 활성제로 작용한다. 철화합물 등의 촉매가 있으면 과산화수소는 산소와 물로 분해된다.



루미놀이 수산화 이온과 반응하면, 2가 음이온이 형성된다. 과산화수소에서 산소가 발생하고 루미놀 이온과 반응하게 된다. 이 반응의 생성물인 유기 과산화물(organic peroxide)은 질소가 빠짐으로써 만들어지는데 매우 불안정한 상태에 있다. 전자가 이 때 들뜬 상태에 있다가 바닥 상태로 전이되며 에너지를 방출하게 된다. 이 에너지의 방출이 파란색으로 보인다.

## 산화-환원 반응 [oxidation-reduction or redox reaction]

산화-환원 반응(oxidation-reduction or redox reaction)은 전자 전달 반응으로 간주할 수 있다. 산화 반응은 전자를 잃는 반쪽 반응을 말한다. 원래 '산화'라는 용어는 원소가 산소와의 결합을 나타내기 위해 사용하였으나 현재는 산소를 포함하지 않는 반응까지 포함하는 더 넓은 의미를 가진다. 전자를 얻는 반쪽 반응을 환원 반응이라 한다. 산화 반쪽 반응에서는 전자가 생성물 쪽으로, 환원 반쪽 반응에서는 전자가 반응물 쪽으로 옮겨진다. 즉, 산화는 전자를 잃고 환원은 전자를 얻는다. 이 두 반응은 항상 같이 일어난다. 전자를 받아들여 산화시키는 것을 산화제라 하고, 산소에 전자를 제공하여 산소를 환원 시키는 것을 환원제라 한다. 산화-환원 반응에서 산화의 정도는 환원의 정도와 같아야 한다. 바꾸어 말하면, 환원제에 의해 잃은 전자의 수는 산화제에 의해 얻은 전자의 수와 같아야 한다.

산화-환원 반응에서 전자의 이동을 추적하기 위하여, 반응물과 생성물의 산화수를 배열하는 것이 편리하다. 어떤 원자의 산화수(oxidation number)는 전자들이 완전히 이동되었다고 가정했을 때, 어떤 분자 혹은 이온 결합 화합물 속에 있는 어떤 원자가 가지고 있는 전하의 수이다. 산화수는 곧 이동된 전자의 수를 나타낸다. 이런 방법은 원소들이 산화되었는지 환원되었는지를 금방 알 수 있게 해준다. 산화수가 증가하는 원소는 그 반응에서 산화된 것이다. 반대로 산화수가 감소하면 환원이 되었다는 것을 알 수 있다

## 법의학 [Forensic Medicine]

범죄와 관련된 죽음을 조사하는 의학적 중심에 법의학(法醫學, forensic medicine)이 있다. 법의학은 의학(醫學, medicine)과 법에 관련된 분야를 담당하는 의학의 특수 분야를 말한다. 사망의 원인, 장애, 손상 및 질병을 조사하는 일을 한다.

### (1) 법의병리학

병사(病死) 이외의 모든 죽음, 즉 외상, 질식, 이상 온도 및 기압에 의한 장애, 학대아, 천대아, 정신이상, 성범죄 등에 의한 외인사와 평소에 건강하게 보이던 사람이 갑자기 예기치 않게 사망하는 경우, 즉 그 사망이 어떤 질병 또는 신체 내부의 이상에 기인하는 소위 내인성 돌연사인지 또는 그 사인을 알 수 없는 사례인지를 알기 위하여 검안(檢案, postmortem inspection) 또는 부검(剖檢, autopsy)을 실시하여 사망의 종류, 사인, 사후 경과시간, 치사 방법, 사용 흡기 및 사용 독물 등을 규명하는 학문을 말한다.

### (2) 법의혈청학

혈액, 타액, 정액, 질액, 모발, 치아 및 골격 등 인체의 분비물 또는 조직을 재료로 한 혈액검사를 중심으로 혈청형(血清型, serovar), 백혈구형, 타액형, 지문 분류, 모발 분류 및 인류학적 검사 등을 실시하여 개인을 식별함으로써 범인색출, 친생자감정 등에 기여하는 학문을 말한다.

### (3) 임상법의학

의료사고가 일어난 경우에 질병 또는 손상과 사인과의 관계, 의료행위와 사인과의 관계를 분석하여 의료행위의 과실 유무를 판단하는 학문이다.

### (4) 법의독물학

혈액과 같은 인체에서 얻은 시료로 독극물을 검출하여 사망 원인 등을 조사하는 데 이용되는 학문이다.

### (5) 법치의학

치흔 감정이나 치아로 개인을 식별하여 사망자의 신원을 파악하는 등에 사용되는 학문이다.

### (6) 법인류학

백골을 검사하여 개인을 식별하거나 사망의 원인을 알아내는 학문이다.

### (7) 감식학

지문 검사나 탄도 검사와 같이 범죄수사에서 증거를 확보하는 데 이용되는 학문이다.