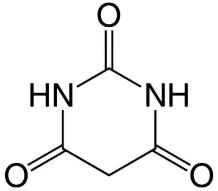
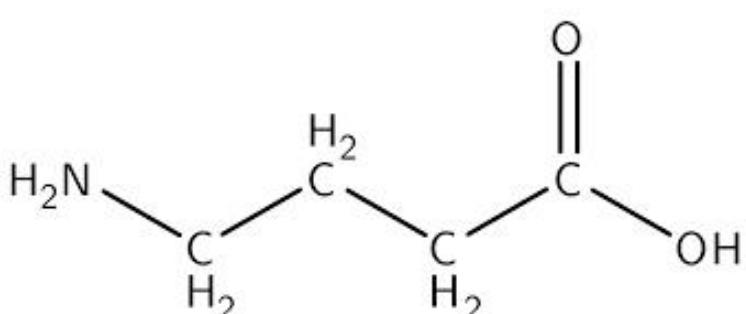


주제 탐구 활동 계획서

학번 및 이름	
관련 과목	통합과학
지도 교사	
탐구 주제	죽음을 유도하는 안락사 약물의 생리학적 작용과 화학적 구조 탐구
1. 탐구 동기	
*** : 국어 교과 수업에서 진행한 인간의 적극적 안락사에 대한 찬반 토론을 준비하면서 안락사에 사용되는 주요 약물에는 어떤 것들이 있으며, 어떤 화학적 원리로 안락사가 이루어지는지 호기심이 생겼다. 또한 안락사가 정말 그 이름처럼 생명의 안락한 죽음을 도모하는지도 궁금했다. 최대한 고통 없이 죽음에 이를 수 있는 방법인 안락사가 실제로는 어떻게 우리 몸에 작용하고 영향을 미치는지 더 깊게 알아보고 싶었다.	
*** : 국어 토론 수행평가 주제로 적극적 안락사 찬반을 가지고 활동에 임한 경험이 있다. 찬성 입장에서 안락사에 대해 조사한 후 토론에 임하였다. 이후 토론 준비 과정에서 해당 주제에 깊이 빠졌던 경험으로 인해 안락사에 관한 많은 궁금증이 들었다. 과학과 관련된 직업을 꿈꾸고, 더딘 과학 성적으로 인해 과학에 대한 고민이 왕성하던 당시의 나는 자연스레 안락사에 대한 사회적 갈등 같은 부분보단 안락사의 원리, 사용되는 약물 등에 관심이 생겼고, 결과적으로 뜻이 맞는 친구와 함께 이 주제에 관해 깊이 임할 수 있는 기회를 만들었다.	
2. 탐구 계획(매우 구체적으로 작성)	
1. 인간 안락사에 사용되는 주요 약물을 조사한다	
2. 1과정에서 조사한 약물들의 화학적 구조와 인간의 몸에 미치는 생리학적 작용을 탐구한다	
3. 위 과정에서 새롭게 등장한 개념들을 정리한다	
4. 안락사가 이루어지는 과정을 순서대로 정리한다	

주제 탐구 활동 보고서

탐구 주제	죽음을 유도하는 안락사 약물의 생리학적 작용과 화학적 구조 탐구		
학번 및 이름		지도 교사	
탐구 내용 및 결과			
<p>3. 탐구 결과</p> <p>인간 안락사에 사용되는 주요 약물: 바르비투르산염</p> <p>바르비투르산염의 정의: 피리미딘 고리 구조를 가진 유기 화합물(유도체)</p> <p>피리미딘 고리: 6원자 헤테로고리 화합물로, 벤젠 구조의 1번과 3번 자리에 탄소 대신 질소가 치환된 구조</p> <p>헤테로고리: 고리 구조를 가진 유기 화합물 중 고리 내에 탄소 외에 다른 원소가 포함된 것(피리미딘 고리는 질소가 있기 때문에 헤테로고리로 분류된다)</p> <p>벤젠 구조: 육각형 모양의 분자 구조를 가지며, 탄소 원자 6개와 수소 원자 6개로 이루어진다.</p> <p>바르비투르산염의 구조</p>  <p>바르비투르산염의 역할: 중추 신경에 억제 신호를 보내어 뇌 활동을 둔화시키는 GABA (Gamma-AminoButyric-Acid)의 작용을 강화시키는 역할을 수행한다</p> <p>GABA: 중추 신경계에서 주요 억제성 신경전달물질로 작용하며, 신경 흥분을 억제하여 진정 및 이완 효과를 유도하는 비단백 아미노산.</p> <p>-술을 처음 마셨을 때 몸에 힘이 빠지는 것, 술을 마시고 잠이 오는 것은 GABA의 영향이다. GABA 수치가 높다면 호흡에 관여하는 근육과 신경을 억제하는 탓에 질식사로 죽는다.</p> <p>GABA의 구조</p>  <p>GABA의 작용 원리</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. GABA가 수용체와 결합하면 Cl^- 채널이 열림 2. 뉴런 안으로 Cl^-가 들어오면서 세포막 전위가 낮아짐 3. 뉴런의 흥분이 억제 			

채널(channel)이란?- 세포막을 통과하는 작은 통로

세포막 전위란?-반투과성을 띠는 세포막에 의해 특정 이온이 자유롭게 이동하지 못함(K^+ , Na^+ , Cl^- 등등). 또한 이온 펌프와 이온 채널에 의해 이온이 세포 안팎으로 불균형하게 분포. 이로 인해 생기는 세포 안과 밖의 전하 차이를 세포막 전위라 부름.

GABA의 작용에서 뉴런이 흥분이 억제되는 원리: 세포막 전위에 의해 보통 세포 안쪽이 -70mv(밀리볼트) 더 음전하이다(휴지전위). 뉴런이 자극을 받으면 세포 내부에 양이온이 들어와 덜 음성을 띤다. 그로 인해 세포막 전위가 -55 정도가 되었을 때 발생하는 '활동 전위' 가 발생하여 뉴런이 신경 신호를 전달한다. 그러나 GABA의 작용으로 Cl^- 가 들어오고 세포 안쪽의 전하가 더 음전하를 띠게되면 세포막 전위가 커져 -55에 도달하기 어려워진다(예: -70에서 -55가 되는 것보다 -100에서 -55가 되는 것이 더 어려움). 그로 인해 활동 전위가 감소해 뉴런의 흥분 상태가 가라앉음.

G, A, B의 의미:GABA는 비단백 아미노산으로, G,B,A 은 염기서열과 관련이 없음.

G-아미노기가 붙어있는 탄소의 위치

A-아미노기(-NH₂)가 있다는 의미

B-4개의 탄소를 가진 부티르산을 기반으로 한 구조

즉, 감마-아미노부티르산(γ -aminobutyric acid)이라는 뜻이지 뉴클레오타이드의 염기와는 관련이 없음)

바르비투르산염의 작용:

1. 바르비투르산염이 수용체에 양성 조절자로 작용

(양성 조절자: 수용체나 효소의 작용을 증강시키는 물질)

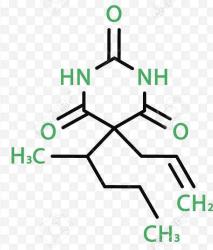
2. Cl^- 채널이 더 오래 열려 더 많은 Cl^- 이온이 유입

3. 신경 흥분 억제를 강화

고용량의 펜토바르비탈의 경우 GABA가 없어도 수용체를 직접 활성화하고 활동 전위가 거의 차단되다시피함. 중추신경 억제가 매우 강해지며, 뇌간 기능(호흡, 심박 조절 등) 까지 영향을 받는다. 이 과정에서 호흡 중추의 핵심 부위인 연수가 억제되어 심정지에 이른다

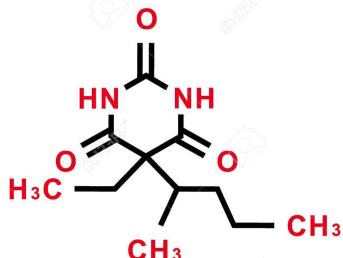
안락사에 사용되는 바르비투르산염은 세코바르비탈과 펜토바르비탈이 있다.

세코바르비탈: 고용량의 경우 GABA의 억제 효과가 너무 강해져 호흡 중추에 있는 연수 기능이 억제되어 질식사에 이른다.



Secobarbital

펜토바르비탈: 세코바르비탈보다 훨씬 강력하고 속도가 빠르다. 고용량의 경우 GABA 없이도 Cl⁻채널을 열 수 있기 때문에 신경 세포의 작용을 거의 차단하다시피하게 된다. 연수가 억제되고 심근 수축력 저하로 질식과 심정지에 이르게 된다.

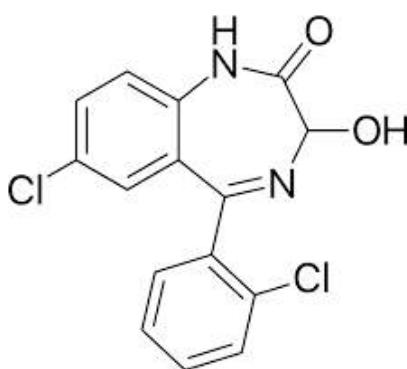


PENTOBARBITAL

세코바르비탈이 상대적으로 속도가 느리고 장기간에 걸쳐 진행되는 반면, 펜토바르비탈은 강력하고 단기간에 걸쳐 빠르게 진행된다. 그렇기 때문에 많은 안락사가 펜토바르비탈을 이용하여 진행된다.

벤조디아제핀: GABA 없이도 채널을 열 수 있는 바르비투르산염 계열의 약물들과는 달리 벤조디아제핀은 오직 GABA에만 작용하고 비교적 안전하기 때문에 안락사에는 거의 쓰이지 않고 보조용으로 쓰인다.

-불안증세를 억제하는 항불안제로 쓰임



[7각형의 고리를 포함한다]

출처

DBpedia: 세코바르비탈의 역할 조사

Wikipedia: 세코바르비탈과 펜토바르비탈의 화학적 구조, 펜토바르비탈의 특징, 피라미딘 고리, 헤테로고리, 벤젠구조, GABA 역할과 구조, 벤조디아제핀의 화학적 특성

<https://www.e-cep.org/upload/pdf/1996390102-20090955180655.PDF> : GABA의 원리 조사

4. 탐구 과정 중 발생한 문제점 및 해결 방법

바르비투르산염을 조사하다 GABA라는 물질이 새롭게 등장했다. GABA 또한 완전히 이해하려면 세포막 전위, 휴지 전위, 활동 전위 등 모르는 개념들을 먼저 공부해야했기 때문에 시간이 많이 소요되었고 거의 백지 수준인 상태에서 머릿속으로 하나하나 정리하려니 개념들끼리 정의나 역할이 서로 헷갈리기도 했다.

그러나 주제에 대한 흥미를 가지고 헷갈릴 때마다 다시 찾아보고 공부했더니 이제는 머릿속에 과학 개념들이 마인드맵처럼 정리되었다.

주제에 대해 조사하던 중 장시간 작용하는 바르비투르산염인 페노바르비탈은 항경련 활성(경련이나 발작을 억

제하는 효과)을 가지고 있지만 인지 능력에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 바르비투르산염은 여전히 일반적으로 남용되어 시간이 지남에 따라 내성과 신체적 의존으로 이어진다는 사실, 문제점을 발견했다. 이러한 오남용으로 인한 약물의 문제점들은 약물을 접한 일반인과 사회에 크게 영향을 가할 수 있으며, 더군다나 중독 문제로 인한 약물 의존증, 금단현상 같은 경우, 문제의 위험도는 1940년대 미국 의학 협회 (AMA) 부터 미국 식품의약국 (FDA)에 이르기까지 다양한 단체들을 경각심에 빠지게 한 과거의 약물 오남용 사건을 통해 그 크기를 알 수 있다. 해당 문제 해결법으로 갑작스러운 중단을 제시, 실행하는 것은 발작을 포함한 금단 증상을 초래할 수 있다는 문제점이 있다. FDA(미국 식품 의약국)에 따르면, 바르비투르산염 남용은 1970년대와 1980년대에도 계속되었다고 한다. 결과적으로 1970년 연방 종합 약물 남용 예방 및 관리법(Comprehensive Drug Abuse Prevention and Control Act)이 제정되면서 바르비투르산염과 같은 중독성이 강한 약물의 접근이 제한되었지만 바르비투르산염의 접근성이 제한됨에 따라 벤조디아제핀이 더 안전한 대안으로 홍보되었다. 벤조디아제핀은 1960년대에 출시되었으며, 바르비투르산염보다 중독성이 덜하다고 여겨졌으며 1970년대와 1980년대에는 바르비투르산염의 공급이 줄어들면서 마약 남용자들이 다른 불법 약물에 의존하게 되었다. 마약 수요를 보여주는 한 가지 지표는 미국 세관에서 압수한 마약의 기록이었다. 세관이 더 많은 양의 마리화나, 헤로인, 코카인을 압수한 기록을 볼 수 있다. 이처럼 중추신경 억제제의 기능을 가진 약물을 반포하였을 때 남용과 그에 따른 부작용 문제가 생길 수 있으며, 규제 법조항을 만들더라도 중독성 약물 대체제가 있는 한 계속해서 문제는 발생할 수 있다. 이러한 문제에 있어서 수술 등에 쓰이는 수면 효과 등에서의 약물 활용을 제외한 안락사에서의 약물 사용만을 봤을 때 중독성을 가진 중추신경 억제제 외의 대체제(중독성이 없거나 상대적으로 낮은 외의 대체제 혹은 중추신경 억제제)는 없는지 궁금해졌다. 만약 대체제가 있다면 안락사에 쓰이는 약물에서나마 해당 약물의 양을 줄일 수 있게되고, 이는 나비 효과를 일으킬 수 있으리라 생각이 들었다. 검색 결과 안락사 약물 활용 가능성이 있는 염화칼륨(중추신경 억제제)과 상대적으로 중독성이 낮은 중추신경 억제제인 가바펜틴, 프레가발린, 멜라토닌, 그리고 일부 항히스타민제에 대해 찾을 수 있었다. 염화 칼륨의 경우, 심장 기능 정지 유도 효과를 통해 안락사에 활용이 가능하다고 한다. 고농도의 염화칼륨이 혈액 내에 투여되면, 심근 세포의 전기적 활동을 방해하여 심장 박동을 멈추게 한다. 이러한 기능을 지닌 염화칼륨의 경우 약물 사형이 합법인 국가에서의 사용을 통해 그 효과를 입증하고 있다. 상대적으로 낮은 중독성을 보이는 중추신경 억제제인 가바펜틴, 프레가발린, 멜라토닌, 그리고 일부 항히스타민제의 경우, 부작용이 없진 않지만 위에서 말했다시피 중독성이 낮은 약물이란 장점을 지녔다. 이러한 약물로의 대체와 더 낮은 약물(부작용x약물)의 개발 등의 해결책을 지속적으로 도입, 연구해야만 더욱 다방면의 사회, 기술 문제들에 대해 논의할 수 있을 것 이란 생각이 들었다.

출처:(jove-중추신경억제제:바르비투르산염과 벤조디아제핀, encyclopedia.com, 약학 정보원, 위키피디아, 도봉구보건소)

느낀점(배운점 / 본인이 성장했다고 생각되는 점 등)

***: 어떤 주제에 대해 탐구할 때 어떠한 원리로 현상이 일어나는지 하나도 빠짐없이 정확하게 알아보는 것이 의미가 있다는 생각이 들었다. 이전에는 과학적 현상들의 결론적인 면, 즉 일어난다는 그 사실 자체만을 알아보았다면, 이번 탐구 활동을 계기로 일어난다고만 아는 것을 너머 어떠한 원리로 이 현상이 일어나는지 조사하게 되었다. 바르비투르산염이 안락사를 일으킨다는 것을 시작으로 그것의 구조를 공부했고, 바르비투르산염이 GABA라는 물질에 작용한다는 것을 알아냈다. 그 후 GABA의 작용 원리, 바르비투르산염이 GABA의 어떻게 영향을 미치는지 알아보며 내가 모르는 과학 개념들이 나왔다. 채널(channel), 세포막 전위, 휴지 전위 등 모르는 개념들을 차례대로 이해하고 다시 GABA와 바르비투르산염에 대해 탐구해보니 이들이 어떠한 원리로 신경세포를 조절하고 작용하는지 이해가 되었다. 더욱 깊게 파고 들어가며 추가적인 개념들이 꼬리에 꼬리를 물고 등장했는데, 이것들을 하나하나 이해하는 것이 마치 머릿속에 지도를 그리는 것처럼 점점 답에 가까워지

는 느낌이 들어 흥미롭고 재미있었다. 특히 신경 세포가 작용하는 원리가 양이온이 세포 내부로 유입되어서 활동 전위가 날생하기 때문인데, 여태껏 상상도 못한 방식이어서 적잖이 놀랐다. “안락사가 일어나는구나”는 겉으로 보기에는 너무 단순한 말이지만, 그것을 과학적으로 조사해보니 셀 수 없을 정도로 많은 양의 과학 내용이 숨겨져 있었다. 이처럼 어떤 주제에 대해 공부해야하는 상황이 오면 그것을 최대한 깊게 파고드는 것이 중요함을 느꼈다. 어떤 주제든지 파고들수록 내용이 점차 흥미로워지고 나의 이해도가 기하급수적으로 상승한다. 앞으로 이러한 깨달음과 자세를 가지고 공부해야겠다고 다짐했다.

또한 무언가를 배울 때 모르는 것을 새로이 배우는 것도 중요하지만, 내가 이전에 배웠지만 현재는 미처 기억하지 못하는 개념들을 공부하는 것도 반드시 필요하다는 것을 깨달았다. GABA 비단백 아미노산의 G,B,A가 통합과학1의 염기서열을 의미하는지 검색하다 나 자신이 뉴클레오타이드의 구조나 상보적 결합, 아미노산의 구조, 단백질이 수행하는 역할 등 기초적인 내용들을 잊었다는 사실을 알았다. 안락사 약물 조사하면서 이 개념들을 차례대로 다시 한번 공부하고 나니 바르비투르산염과 GABA를 더욱 쉽게 이해할 수 있었다. 과학이라는 학문이 매우 기초적이고 기본적인 개념 요소들을 기반으로 하여 점점 심도있는 개념을 쌓아가기 때문에 전에 배웠던 내용을 머릿속에 온전히 더 오래 보존하는 것이 필수적이라는 생각이 들었다. 앞으로 과학과 같이 기초 개념이 중요한 학문을 공부할 때 더 많이, 그리고 정밀하게 복습해야겠다.

***: 느낀점(배운점 / 본인이 성장했다고 생각되는 점 등)

이번 보고서에서는 안락사에 사용되는 대표적인 약물인 벤조바르비탈과 펜토바르비탈에 대해 조사하였다. 두 약물은 모두 바르비투르산계 진정제이며, 중추신경계 억제를 통해 의식을 잃고, 고용량 사용 시 호흡 정지를 유발하여 사망에 이르게 할 수 있는 물질이다. 특히 펜토바르비탈은 현재 인간 안락사나 동물 안락사에 널리 사용되는 약물 중 하나다. 나는 현재 고등학교 1학년으로, 생물학과 조류학을 전공하여 야생 생물의 생태와 생명을 연구하는 과학자가 되는 것이 꿈이다. 생물의 생명을 존중하고, 그 다양성과 진화, 생존 방식을 깊이 있게 이해하고 싶다는 마음으로 이 꿈을 키워왔다. 그런 나에게 이번 안락사 약물 조사는 조금 낯설고 무거운 주제였다. 약물의 작용 기전, 사용 목적, 사회적 논란 등을 조사하면서 '죽음'이라는 개념을 과학적으로 바라보게 되었다. 단순히 생명이 멈추는 순간이 아니라, 약물 하나의 투여로 뇌의 신경 활동과 생리 작용이 점차 차단되어 가는 과정은 매우 섬세하고 복잡한 생물학적 현상이었다. 또한, 이 약물들이 인간뿐 아니라 동물의 안락사에도 사용된다는 점에서, 동물 생명을 연구하는 조류학자를 꿈꾸는 학생으로서 많은 고민이 들었다. 야생 조류가 부상을 입거나 생존 가능성이 없을 때 수의학적으로 판단해 안락사를 결정하는 경우도 있는데, 그 선택이 윤리적으로나 과학적으로 얼마나 신중해야 하는지를 느꼈다. 추가적으로 국어 시간 배웠던 안락사에 대해 더 구체적이고 심오하게 알아갈 수 있었다. 특히 안락사에 사용되는 약물들(대체로 중추신경 억제제)의 중독성과 부작용 문제가 사회적인 문제로 발생할 수 있다는 점에 놀랐으며 (마약으로써의 활용에 놀람.), 나는 해당 문제 조사를 통해 약용 사례와 문제 해결책 등에 대해 깊이 고민, 탐구하는 기회를 가질 수 있었다.