

가계도

생명과학1에서 가장 난이도 있는 Theme인 가계도이다.

1. 기본적인 가계도의 원리
2. 가계도를 풀기 위해 알아내야 하는 두 가지
3. 가계도 문제를 형성하는 3가지 구성요소
4. 각 구성요소의 해석방법
5. 확률 계산하기
6. 기출 분석
7. 연관에 대하여

설명이 필요 없을 정도의 테마인 가계도이다. 생명과학1의 대부분 시험에서 킬러문제로 출제되고 있다. 최근 출제된 모든 모의고사와 수능에 전부 출제되었다. 20수능 이전에는 '가계도는 전략적으로 포기해도 된다'는 이야기가 있었지만 1컷이 48이 나온 지금 이젠 더 이상 그래선 안될 듯하다. 교육과정이 바뀐 2021수능에서도 마찬가지로 흥분의 전도와 함께 생명과학1을 선택한 학생들을 괴롭힐 것으로 예상된다. 대부분 시험에서 가장 마지막으로 풀게 될 것이며 이 테마를 풀기 위해 앞의 다른 문제들을 빠르게 해결해야만 한다.

Part 1. 기본적인 가계도의 원리

가계도의 기본적인 원리 - 자식은 아버지와 어머니에게 23개씩의 염색체를 물려받는다.

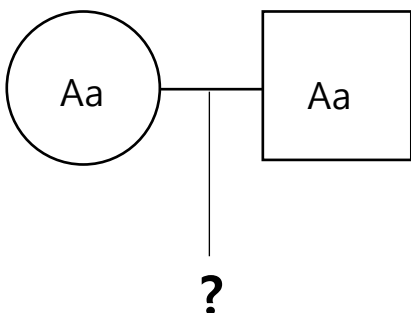
쉽게 말해, 어떤 한 형질을 결정하는 대립유전자쌍이 있다면 그 대립유전자중 하나는 아버지에게 받고 하나는 어머니에게 받는다는 말이다.

아버지가 가지고 있는 두 가지의 대립유전자중 50%의 확률로 둘 중 하나를 가지고 오고, 어머니가 가지고 있는 두 가지의 대립유전자중 50%의 확률로 둘 중 하나를 가지고 와서 한 쌍의 대립유전자를 이룬다.

대부분 가계도에서 출제되는 유전은 한 쌍의 대립 유전자가 하나의 유전 형질 발현에 관여하는 단일 인자 유전이고, 이 한 쌍의 대립 유전자의 조합에 따라 명확하게 대립 형질이 나타난다.

모든 가계도의 기본 개념은 위의 원리에서부터 나올 것이다.

예를 들어보자.



부모가 각각 Aa, Aa의 대립유전자를 가지고 있다고 할 때 자식은 어떤 대립유전자 쌍을 가질 수 있을까?

자식은 3가지의 대립유전자 쌍(aa, Aa, AA)중 한 가지를 가지게 될 것이다. aa를 가지게 될 확률은 (엄마가 a를 줄 확률 x 아빠가 a를 줄 확률)=1/4 일 것이고, Aa를 가지게 될 확률은 (엄마가 a를 줄 확률 x 아빠가 A를 줄 확률) + (엄마가 A를 줄 확률 x 아빠가 a를 줄 확률) = (1/4)+(1/4) = 1/2 일 것이다. AA를 가지게 될 확률은 aa를 가지게 될 확률과 같을 것이다.

가계도의 원리에 따라 자식은 어머니와 아버지에게 대립유전자를 하나씩 물려받고, 그 자식은 또 아이를 낳을 때 어머니와 아버지에게 받은 대립유전자중 하나를 아이에게 물려주는 것이다.

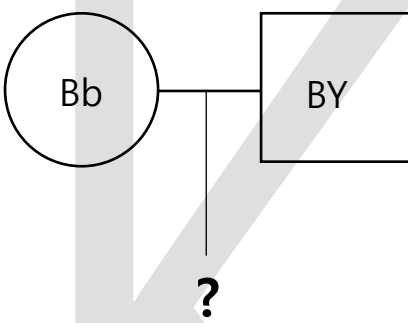
엄마와 아빠를 보고 그 자식의 유전자형을 예측할 수 있다.

자식을 보고 엄마와 아빠의 유전자형을 예측할 수 있다.

#성유전/상유전의 차이점#

상염색체에 있는 대립유전자의 경우 아버지-(남자)와 어머니-(여자)의 염색체 구성 차이가 없기 때문에 위에 한 설명들과 다르지 않다. 하지만 성염색체에 있는 대립유전자의 경우 남자-XY / 여자-XX로 염색체 구성 자체가 성별에 따라 다르게 나타나게 된다. 여기서 생기는 중요한 차이점이 가계도의 문제 출제에서 메인 포인트가 되는 것이다.

예를 들어 어떤 형질을 결정하는 대립유전자(B, b)가 X염색체위에 있다고 생각해보자.



이렇게 엄마가 Bb, 아빠가 BY의 대립유전자를 가지고 있다고 하면 어떤 대립유전자 쌍이 나타날 수 있을까?

일단, 아버지가 자손에게 물려주는 염색체의 종류에 따라 자손의 성별이 결정될 것이다. X를 물려준다면 여자/ Y를 물려준다면 남자. 또한 아버지가 자손에게 B(X)를 물려준다면 자손은 Bb, BB가 될 수 있고 Y를 물려준다면 BY, bY가 될 수 있을 것이다.

일반적인 상염색체 유전의 경우 부모가 같으면 자손의 성별에 따라 나타날 수 있는 형질의 차이가 전혀 없이 같다. 하지만 성염색체 유전의 경우 위의 상황에서 B가 우성일 경우 딸은 B_하나의 형질만 나타나지만 아들은 B, b로 두가지 형질이 나타날 수 있다. 이렇게 성염색체에서는 성별에 따라 나타날 수 있는 형질의 종류도 다르고 확률도 다르기 때문에 이 차이점을 이용해 문제를 출제하는 것이다.

Part 2. 가계도를 풀기 위해 알아내야 하는 세 가지 열쇠

그렇다면 가계도를 풀기 위해 가장 먼저 우리가 알아내야 하는 것이 무엇일까? 무엇을 알아내야 문제를 풀어내는 것에 유용하게 사용할 수 있을까?

1. 대립유전자가 결정하는 형질의 매칭. - 주어진 대립유전자가 정상 형질을 나타내는가? 병을 발현하는가?
2. 형질의 우/열 판단. - 정상 형질이 우성인가? 병이 우성인가?
3. 성염색체 유전 / 상염색체 유전의 판단. - 해당 대립유전자가 성염색체 유전인가? 상염색체 유전인가?

이 3가지를 알게 된다면 가계도를 완벽하게 해석할 수 있다. 물론 많은 연습이 필요하겠지만.

결국 가계도는 각 대립유전자의 형질 매칭, 우성 / 열성 판별 및 상유전 / 성유전만 판단하면 된다. 그 이후는 가계도의 기본 원리에 입각해 분석하는 과정이다.

그래서? 어떻게 [형질], [우성 / 열성], [상 / 성]을 판단할 건데?

문제는 이를 판단할 수 있도록 다음 3가지 요소에서 우리에게 힌트를 주고 있다.

Part 3. 가계도를 구성하는 3가지 요소

가계도 문제를 구성하는 요소는 총 3가지가 있다.

1. 글로 주는 조건
2. 가계도
3. 자료 (표)

17. 다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

20수능 17번 가계도 문제이다.

문제가 어떻게 이루어져 있는지 확인해보자.

○ (가)는 대립 유전자 H와 H*에 의해, (나)는 대립 유전자 T와 T*에 의해 결정된다. H는 H*에 대해, T는 T*에 대해 각각 완전 우성이다.

○ (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 X 염색체에 연관되어 있다.

○ 가계도는 구성원 ①과 ②를 제외한 구성원 1~8에게서 (가)와 (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.

○ 표는 구성원 1, 2, 6에서 체세포 1개당 H의 DNA 상대량과 구성원 3, 4, 5에서 체세포 1개당 T*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원	H의 DNA 상대량	구성원	T*의 DNA 상대량
1	㉠	3	㉠
2	㉡	4	㉢
6	㉢	5	㉡

1. 직접 명시된 조건

어떤 유전자가 우성인지, 이 유전자가 어떤 염색체위에 있는지 알려주고 있다. 다만, 어떤 대립 유전자가 병을 발현시키는지 알려주지는 않네?

2. 가계도

주어진 조건으로 해석해야 하는 가계도이다.

3. 자료 (표)

표를 해석하여 필요한 정보를 얻어갈 수 있어야 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, H*, T, T* 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) [3점]

Part 2에서 가계도를 풀기 위해 알아내야 할 것은 '대립유전자가 성염색체 위에 있는 것인지 상염색체 위에 있는 것인지'와 어떤 대립유전자가 우성이고 열성인지? 이 대립유전자가 어떤 형질을 결정하는지? 라 했었다.

1. 직접 명시된 조건

별써 $H > H^*$ / $T > T^*$ 이라고 우/열 관계를 알려주고 있다. 또한, 두 유전자 모두 성염색체 유전이라고 알려주고 있다.

그럼 이제 뭘 알아야 할까? 우열이 파악되었고 성염색체 유전이라는 것이 파악되었다. 이제는 형질과 유전자를 매칭 해주면 된다. 그럼 당연히 나머지 문제 조건들을 그쪽에 맞춰 읽어야 한다.

2. 가계도

밑에서 설명하겠지만 2 - 5의 관계에 의해 (나)형질에서 병이 우성임을 알 수 있다. 그럼 표에선 뭘 알아내야 하는 걸까?

3. 자료(표)

아마 잘은 모르지만 이 자료가 나타내는 것이 무엇일까? 당연히 (가)의 형질 매칭을 할 수 있는 조건을 제시하고 있을 것이다.

좀 깊게 파고들어보면 가계도에서 (나)형질이 우성임을 알았기 때문에 병에 걸린 3이 TV를 가지고 있어야 하므로 표의 ①은 0임을 알 수 있다. 그렇다면 1이 H를 가지지 않음을 알 수 있고 H*을 가져야함을 알 수 있다. 그렇기 때문에 H*이 (가)를 발현시킨다는 것을 알 수 있다. (가)는 H*에 의해 발현됨을 매칭했다.

이렇게 문제에 주어진 3가지 요소에서 가계도를 풀기 위해 알아내야 하는 세 가지를 알아냈다. 모든 가계도 문제는 이런 식으로 구성되어 있다고 할 수 있다. 이제 우리는 이 요소들을 어떻게 해석해서 우리가 알아내야 하는 것들로 바꿀 수 있을지에 대해 공부해 보자.

Part 4. 각 구성요소의 해석방법

일단 각 구성요소는 우리에게 세가지 열쇠에 대한 힌트를 주기 위해 존재한다는 점을 항상 생각하고 있어야 한다.

Part 4-1. 글로 주는 조건

글로 주는 조건 두 가지로 나뉘게 된다.

1. 직접적으로 열쇠에 대해 제시해 주는 조건
2. 간접적으로 열쇠에 대해 제시해 주는 조건

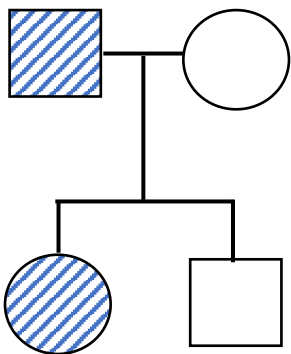
1의 경우 그냥 단순히 보여지는 대로 읽고, 부족한 열쇠는 다른 구성요소에서 제시하고 있을 것이라 생각하고 넘어가면 된다.

2의 경우 이 조건이 어떻게 나에게 열쇠가 될 수 있는지에 대해 생각을 해본다. 자주 제시되는 조건들이 있다.

1. 부모는 A와 a중 서로 다른 한 종류씩만 가진다. - 이 경우, 가계도와 함께 파악을 해준다.

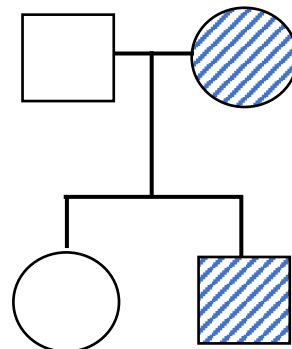
상염색체 유전의 경우 부모가 서로 다른 한 종류씩만 가진다면, 모든 자식에게 같은 유전자를 물려주기 때문에 자식에게 형질 발현의 차이가 나타나지 않는다. 하지만 성염색체 유전의 경우, 아버지가 아들에게는 Y염색체를 주고 딸에게는 X염색체를 주기 때문에 나타나는 형질 발현의 차이가 나타날 수 있다.

밑의 가계도는 부모가 서로 A와 a중 한 종류씩만 가지는 가계도이다.



이 경우, 자식의 표현형이 다르기 때문에 성염색체 유전임을 알 수 있고, 아버지의 병과 어머니의 정상 유전자가 딸에게 갔는데 딸이 병이므로 병이 우성이다.

성-우성형질



마찬가지로 자식의 표현형이 달라 성 유전이고 아버지의 정상과 어머니의 병이 딸에게 갔는데 딸이 정상이므로 정상이 우성이다.

성-열성형질

2. 주어진 DNA상대량이 같다. – 이 경우도 마찬가지로 가계도와 함께 파악을 해주는데, 이 때 DNA상대량이 같은 사람이 서로 형질이 다르다면 그 형질은 성염색체 유전이다.

3. 유전자형이 이형접합인데, 병에 걸렸다? – 병이 우성형질이라는 열쇠

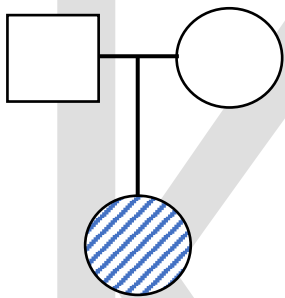
4. 남자가 동형접합, 이형접합이다? – 상염색체 유전이라는 열쇠

등등.. 이와 같이 글로 주어진 조건을 해석하는 것은 크게 어렵지 않다. 대부분 성염색체와 상염색체의 차이를 이용해 하나로 특정하는 조건일 가능성이 크다.

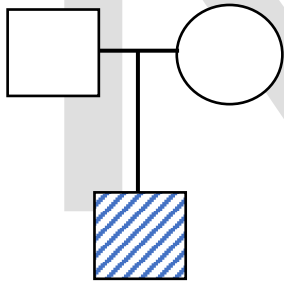
Part 4-2. 가계도

가계도를 단일조건으로 사용하는 경우도 많지만 글로 주는 조건, 표를 이용한 조건들과 함께 사용되는 경우도 굉장히 많다.

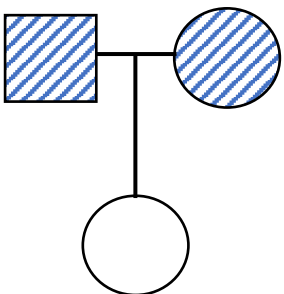
가장 많이 단일조건으로 사용되는 경우는 다음과 같다.



1. 병-열성임을 알 수 있고, 성염색체 위에 있지 않음을 알 수 있다
2. 병-열성, 상염색체 유전임을 알 수 있다.
3. 엄마와 아빠는 모두 이형접합(Aa), 딸은 열성 동형접합(aa)



1. 병-열성임을 알 수 있다.
2. 성 / 상 구분은 할 수 없다.
3. 엄마는 이형접합 / 아빠와 아들은 불확실



1. 병-우성 임을 알 수 있고, 성염색체 위에 있지 않음을 알 수 있다.
2. 병-우성, 상염색체 유전임을 알 수 있다.
3. 엄마와 아빠는 모두 이형접합(Aa), 딸은 열성 동형접합(aa)
4. 위와 마찬가지로 딸이 아니고 아들이 정상이라면 성/상 구분을 할 수 없다

또한, 다음과 같은 논리 흐름을 계속 연습해 두는 것이 좋다.

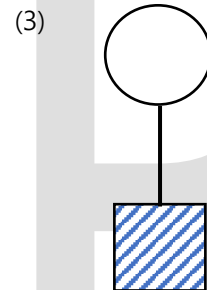
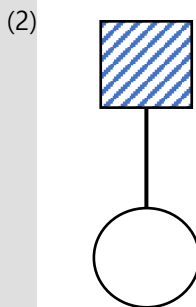
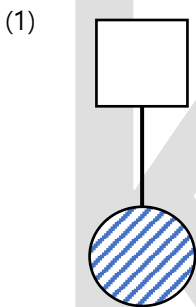


이 그림은 이해를 돕기 위해 만든 가계도로 여자 혼자 아들을 낳았다는 의미가 아닌 어떤 남편 이든 병에 걸린 엄마가 정상인 아들을 낳았다는 의미이다.

이 때, 무슨 일이 있어도 이 병은 성염색체-열성유전일 순 없다. 왜냐하면 성염색체-열성유전일 경우 엄마는 열성 동형접합일 것이고 아들에게 이 유전자를 물려줄 것이다. 그럼 무조건 아들도 유전병에 걸려야만 하기 때문이다.

글로 주어지는 조건이나 표로 주어지는 조건에서 이 유전병이 [성염색체 유전]이라는 정보를 준다면 위의 가계도를 보고 이 유전이 우성 유전임을 알 수 있다는 것이다. 혹은 이 유전병이 [열성]이라는 조건을 준다면 이를 보고 이 유전이 상염색체 유전임을 알 수 있다는 것이다.

가계도를 보고 [성/상] [우/열] [대립유전자 매칭]이 확실히 잡히지 않더라도, 가계도를 읽고 적어도 [성/상] 이면서 [우/열] 일 수는 없겠네? 라는 식의 논리 흐름을 가지는 것이 굉장히 중요하다.



(1), (2), (3) 각각이 무엇일 수 없는지 생각해보자.

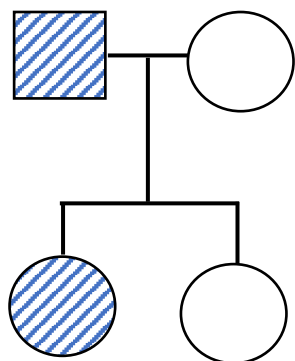
[아빠-딸] 또는 [엄마-아들]이 서로 형질이 다르다면 이때 [성유전이면서 우/열일 수 없다]라는 공식이 나옴.

#성염색체 유전에서 나타날 수 있는 경우의 수#

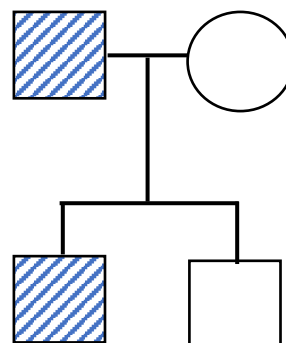
엄마의 염색체를 X_1X_2 , 아빠의 염색체를 X_3Y 라 생각해보자. 이 때 나타날 수 있는 염색체 조합은 다음 표와 같다.

	X_1	X_2
X_3	X_1X_3	X_2X_3
Y	X_1Y	X_2Y

이 표에서 알 수 있는 것은, 아버지는 딸에게 항상 X_3 의 염색체를 준다. 아들에게는 Y 염색체를 준다. 어머니가 X_1, X_2 두 염색체중 자식에게 어떤 염색체를 물려주냐에 따라 형질이 결정될 수 있다는 것이다.



이 가계도는 X염색체위의 형질을 나타낸 가계도이다. 이 때, 아버지는 딸들에게 전부 같은 X염색체를 물려줄 것이다. 근데 딸의 표현형이 다르다는 것은 엄마가 준 염색체가 다르다는 것이고, 엄마가 이형접합이라는 것이다. 정상이 우성임은 덤.



이 경우도 옆의 경우와 마찬가지로 이다.

Part 4-3. 자료(표)

주어지는 자료의 경우 대부분이 DNA상대량에 대한 표를 제시하는 자료가 많다. 또는 DNA상대량/DNA상대량과 같은 분수꼴로 주어지는 문제도 있다. 하지만 두 유형 모두 결국 DNA상대량에 대한 정보를 내포하고 있음을 알아야 한다.

1. 우성 대립유전자를 하나 이상 가지고 있는 사람들끼리 모두 같은 형질을 가지고 있어야 한다.
2. 해당하는 대립유전자가 상염색체에 있을 경우와 성염색체에 있을 경우를 생각해본다.

17. 다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

○ (가)는 대립 유전자 H와 H*에 의해, (나)는 대립 유전자 R과 R*에 의해 결정된다. H는 H*에 대해, R는 R*에 대해 각각 완전 우성이다.

○ (나)를 결정하는 유전자는 X 염색체에 존재한다.

○ 가계도는 구성원 ㉠을 제외한 나머지 구성원에게서 (가)와 (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.

○ 표는 구성원 ㉠~㉣에서 체세포 1개당 H와 H*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 각각 1, 2, 4 중 하나이다.

구성원	㉠	㉡	㉢	
DNA 상대량	H	1	?	2
	H*	?	1	?

17년 06월 평가원 모의고사 17번 문항이다. 자료에서 DNA상대량에 대한 표를 주고 있다. 주어진 대립유전자의 우/열을 판단해보니 H가 우성, H*이 열성임을 알 수 있었다. 여기서, **1. 우성유전자를 하나 이상 가지고 있는 사람들은 모두 같은 형질을 가지고 있음이 중요하다.** ㉠, ㉡이 H를 가지고 있고, ㉢도 H를 가지고 있다면 세 사람의 (가)에 대한 형질이 모두 같아야 한다. 하지만 가계도를 보니 세 사람의 (가)에 대한 형질이 모두 같지 않으므로 ㉢은 H를 가지고 있지 않음을 알 수 있다. ㉢의 DNA상대량을 보면 H*만 1이 있으므로 (가)는 성유전이다.

○ 구성원 1~8 중 1, 4, 8에서만 (나)가 발현되었다.

○ 표는 구성원 ㉠~㉣에서 체세포 1개당 H와 H*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 1, 2, 6을 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원	㉠	㉡	㉢	
DNA 상대량	H	?	?	1
	H*	1	0	?

20년 9월 평가원 모의고사 19번 문항이다. 마찬가지로 DNA상대량에 대한 표를 주고 있다. 문항의 길이 때문에 편집해오며 불가피하게 잘랐지만 H가 H*에 대해 우성임을 알려주었다. 또한 H와 H*은 형질 (가)를 결정한다.

만약 H와 H*이 상염색체에 의한 유전이라면 표를 전부 채울 수 있다. ㉠ = [1/1] ㉡ = [2/0] ㉢ = [1/1]으로 채울 수 있는데 이 때 ㉠, ㉡, ㉢ 모두 우성유전자인 H를 가지므로 형질이 같아야 한다. 하지만 1-2-6을 보면 형질이 다름을 알 수 있고 H와 H*은 상염색체에 의한 유전이라는 것을 알 수 있다.

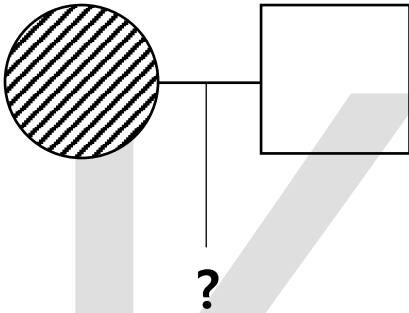
지금까지 서술한 것은 문제에 자주 출제되는 내용이다. 이 외에도 무궁무진하게 출제가 될 수 있으나 결국 그 논리는 상염색체와 성염색체의 차이점으로부터 출발한다는 점을 잊지 않았으면 한다.

문제가 정말 보이지 않는다면 귀류법을 사용하여 문제를 풀어야 한다. 결국 상염색체 유전이거나 성염색체 유전이거나 둘 중 하나이기 때문에 상 / 성염색체 유전임을 가정하여 문제를 풀어 나가다가 오류가 발생되면 성 / 상염색체 유전으로 다시 문제를 풀어 나가는 것이다.

어쨌든 이렇게 열쇠를 모아 가계도의 기본 원리에 입각하여 나머지 가계도를 분석하면 된다.

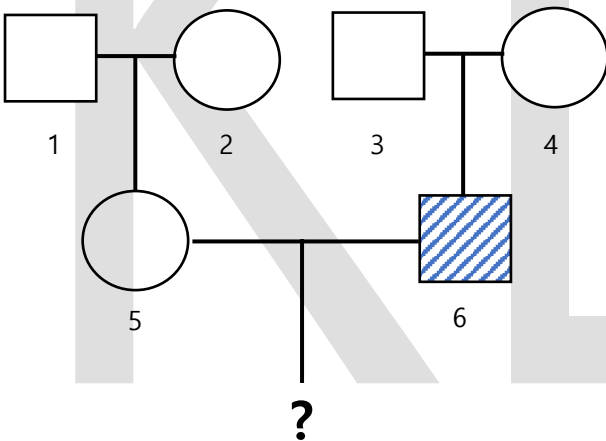
Part 5. 확률 계산하기

부모의 유전자형이 확실하게 정해진 상태에서의 확률 계산은 어렵지 않다. 예를 들면



A>a이면서 엄마가 Aa, 아빠가 aa일 때 자식이 병에 걸릴 확률을 계산하는 경우에는 단순히 엄마가 A를 물려줄 확률 (1/2)가 정답이다. 하지만 이는 굉장히 단순히 부모의 유전자형이 결정되었을 경우이다.

다음과 같은 경우를 한번 생각해 보자.



A>a이면서 상염색체유전이라고 한다. 또한 1~4가 모두 이형접합이다. 이 때 5와 6사이에서 태어난 자손이 병에 걸렸을 확률은?

여기서 위의 문제와는 다르게 5의 유전자형이 특정되지 않는 문제점이 발생하는데, 이때 확률을 구하는 방법에 대해 이야기하겠다.

5가 병에 걸리지 않았기 때문에 나타낼 수 있는 유전자형은 AA/Aa 둘 중 하나일 것이다. 이 때 5가 AA/Aa일 확률을 구하기 위해서는 조건부 확률을 적용해 주어야 한다.

$$(AA가 나올 확률)/(5가 병에 걸리지 않았을 확률) = (1/4)/(3/4) = 1/3 = 5가 병에 안 걸린 상태에서 AA일 확률$$

$$(Aa가 나올 확률)/(5가 병에 걸리지 않았을 확률) = (2/4)/(3/4) = 2/3 = 5가 병에 안 걸린 상태에서 Aa일 확률$$

자손이 병에 걸렸을 확률을 구하고 있기 때문에 5가 a를 가지고, 이 a를 자손에게 물려줘야만 한다. 그러기 위해서는 5가 Aa여야만 하고 이 확률이 2/3이다. 여기서 자손에게 a를 물려줄 확률은 1/2 이므로 2/3*1/2=1/3이 자손이 병에 걸렸을 확률이 되는 것이다.

이렇게 확률을 계산해 줄 때 부모의 유전자형이 정확하게 정해졌는지 확인하고 정해지지 않았다면 조건부확률을 통해 확률을 계산해 주어야 한다.

Part 6. 기술 분석

다음은 어떤 집안의 유전병 ㉠과 ㉡에 대한 자료이다.

2016 / 09 평가원 모의고사 20번 문항.

○ ㉠과 ㉡을 결정하는 유전자는 서로 다른 염색체에 존재한다.
○ ㉠과 ㉡은 각각 대립 유전자 A와 A*, B와 B*에 의해 결정되며, 각 대립 유전자 사이의 우열 관계는 분명하다.

□ 정상 남자
○ 정상 여자
▨ 유전병 ㉠ 남자
▩ 유전병 ㉠ 여자
▧ 유전병 ㉡ 남자
▪ 유전병 ㉡ 여자
■ 유전병 ㉠, ㉡ 남자
● 유전병 ㉠, ㉡ 여자

○ (가)는 구성원 1, 2, 6에서 체세포 1개당 A의 DNA 상대량을, (나)는 구성원 3, 4, 5에서 체세포 1개당 B의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.

구성원	A의 DNA 상대량	구성원	B의 DNA 상대량
1	0	3	2
2	2	4	1
6	1	5	1

(가) (나)

1. 직접 명시된 조건

2. 가계도

3. 자료

각 요소에서 어떤 정보를 얻어낼 수 있는지 파악해보자.

1. 직접 명시된 조건

각 대립 유전자가 서로 독립이라는 사실을 알려주고 있다. 또한, [A/A*], [B/B*]의 우열을 알려주지 않고 있다. 3가지 열쇠 중 그 무엇도 얻어낼 수 없다. 그렇다면 가계도, 자료에서 많은 정보가 주어질 것이라고 예측할 수 있다.

2. 가계도

마찬가지로 당장 확정 지을 수 있는 구성원들이 눈에 보이지 않는다. 하지만 잘 확인해보니 1과 1의 딸(5와 결혼한 여자)의 형질을 확인해보니 ㉠은 성/열성일 수 없고, ㉡은 성/우성일 수 없다. 또한 6과 6의 딸을 확인해보니 ㉠은 성/우성일 수 없고 ㉡은 성/열성일 수 없다. 앵? 성이면 다 불가능하네? 둘 다 상염색체 유전이다.

3. 자료(표)

위의 가계도에서 두 유전병 모두 상염색체 유전임을 알았다. 그렇기 때문에 이 자료에서 유전자와 형질의 매칭과 유전자의 우열관계에 대해 파악해야만 한다. 1번과 2번의 관계를 보아 A가 정상유전자, A*이 병유전자임을 알 수 있었다 - [대립유전자 매칭] 또한 6을 보니 정상대립유전자 A를 하나 가짐에도 불구하고 유전병 ㉠에 걸렸기 때문에 A<A*임이 정해졌다. 또한 (나)의 3이 B를 2개 가짐을 보고 B가 정상유전자임을 알았고, 4와 5가 이형접합이면서 병에 걸리지 않았음을 보고 정상이 우성임을 알 수 있다.

이 문제는 가계도에서 둘 다 상염색체임을 캐치하지 못하면 귀류법을 활용해 풀어야 하는 문제이다.

다음 문제이다.

다음은 어떤 집안의 유전 형질 ㉠과 ㉡에 대한 자료이다.

2019 / 09 평가원 모의고사 19번 문항.

○ ㉠은 대립 유전자 A와 A*에 의해, ㉡은 대립 유전자 B와 B*에 의해 결정된다. A는 A*에 대해, B는 B*에 대해 각각 완전 우성이다.

○ 가계도는 구성원 ㉠을 제외한 구성원 1~8에게서 ㉠과 ㉡의 발현 여부를 나타낸 것이다.

□ 정상 남자
○ 정상 여자
◐ ㉠ 발현 여자
◑ ㉡ 발현 남자
▣ ㉠, ㉡ 발현 남자
◕ ㉠, ㉡ 발현 여자

○ $\frac{1, 2, 5 \text{ 각각의 체세포 1개당 } A^* \text{의 DNA 상대량을 더한 값}}{3, 6, 7 \text{ 각각의 체세포 1개당 } A^* \text{의 DNA 상대량을 더한 값}} = 1$ 이다.

○ 체세포 1개당 B*의 DNA 상대량은 2에서가 5에서보다 크다.

○ 5에서 생식 세포가 형성될 때, 이 생식 세포가 A와 B*를 모두 가질 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

1. 직접 명시된 조건

2. 가계도

3. 자료

각 요소에서 어떤 정보를 얻어낼 수 있는지 파악해보자.

1. 직접 명시된 조건

[A>A*] [B>B*]로 각 대립유전자의 우열 관계를 알려주고 있다. 다만 각 대립유전자가 어떤 형질을 나타내는지, 성염색체에 있는지 상염색체에 있는지 등의 정보는 주지 않았다. 뒤의 요소에서 얻어야 할 것이다.

2. 가계도

당장 확정 지을 수 있는 구성원들이 눈에 보이지 않는다. 전의 문제도 그렇고 대부분 난이도 있는 문제들은 이렇게 바로 눈에 띄는 정보를 주는 경우는 거의 없다고 보면 된다. 잘 찾아보니, 1-5의 관계에서 ㉠이 성/열성일 수 없음을 알 수 있고, 3-7의 관계에서 ㉡이 성/우성일 수 없음을 알 수 있다.

3. 자료 (DNA상대량에 대한 정보)

이렇게 DNA상대량에 대한 정보를 명확하게 주지 않는 경우, 이 대립유전자가 성염색체에 있을 경우와 상염색체에 있을 경우를 나누어 생각해봐야 한다. X염색체와 상염색체의 가장 기본적인 차이점은 X염색체위에 있다면 남자는 그에 대한 대립유전자의 합을 1밖에 가지지 못한다. 그렇게 확인해보면 1-2-5는 남자 1명 여자 2명이고 3-6-7은 남자 2명 여자 1명이다. 만약, 이 유전이 상염색체 열성 유전이라면 1-2-5에서 A*이 5만큼 있어야 한다. 하지만 3-6-7에서는 A*이 5만큼 있을 수 없다. 병에 걸린 사람이 6뿐이라 가장 많이 있어봐야 4만큼이 최대이다. 고로 상염색체 열성 유전일 수는 없다. 상염색체 우성 유전이라 가정하고 생각해 보면 3-6-7이 A*이 5만큼 있어야 하지만 1-2-5에서는 A*이 최대 4까지 밖에 나오지 않는다. 고로 상염색체 우성도 아니다. 가계도에서 ㉠이 성/열성일 수 없음을 알았으니 성/우성임을 알 수 있다. DNA상대량이 2에서 보다 작아야 하므로 적어도 2는 아니고, B*을 가질 확률이 0이 아니므로 DNA상대량이 0은 아니다. 그렇기 때문에 B*의 DNA상대량이 1임을 알 수 있다. 이 때 5의 ㉠에 대한 유전자형이 이형접합이고 ㉡에 대한 유전자형도 이형접합인데 A와 B*을 모두 가질 확률이 1/2임을 보고 두 유전자가 연관임을 알 수 있다. 고로 ㉡도 성염색체 위에 있고, 성/우성일 수 없으므로 성/열성이다.

이와 같이 가계도는 세가지의 열쇠를 찾기 위해 고군분투해야하는 문제라고 생각하면 된다. 물론 세 열쇠를 찾고 이후에 가계도 지도를 채워가는 과정은 많은 연습량이 뒤따라와야만 가능하다.

문제를 보며 열쇠를 찾는 과정들을 계속해서 내가 어떤 방법으로 찾고 있는지 자각하며 문제를 풀어준다면 나중엔 자각하지 않더라도 자연스럽게 그 과정들을 거치고 있는 자신을 확인할 수 있을 것이다.

Part 7. 연관에 대하여

생명과학1의 고난이도 문제에서 하나의 큰 축을 담당하고 있던 연관이 이번 2015개정교육과정에 들어오면서 빠졌다. 우리는 이러한 변화에 어떻게 대응하고 준비해야 할까?

개정 첫 해이기 때문에 평가원에서 문제를 어떤 식으로 낼 지 전혀 알 수 없다. 그렇기 때문에 최대한 열린 방향으로 접근해야 한다고 생각한다.

1. 연관이라는 개념이 빠진 만큼 연관에 초점이 맞춰진 문제는 출제하지 않을 것이다.
2. 연관이 메인 출제 포인트가 되는 것이 아니라면 충분히 문제에 나올 수 있을 것이다.
3. 연관의 각종 비율(상인/상반)등 이를 이용해 풀 수 있는 문제는 나오지 않을 것이다.

공부할 때, 아예 연관이라는 개념을 배제하고 공부하기 보다는 '문제에 연관이 사용될 수 있다'는 정도의 믿음을 가지고 공부하는 것이 좋을 듯하다. 위에서 말한 것처럼 정해진 것은 없고 평가원이 어떤 식으로 문제를 낼 지 모르기 때문이다.

그렇기 때문에 우린 문제에서 연관이 활용될 여지는 충분히 있다 생각하고, 그에 대비하여 연관을 통해 가계도 지도를 채우는 방법정도는 익혀 두는 것이 좋을 것이다.