

Special Theme. 유전 문제 가이드라인

Made By. 라인 (lineun7015@naver.com)

최종 수정 일자 : 2015년 8월 14일 20 : 50

안녕하세요. 라인(lineun)입니다. 제가 다른 자료를 올려드린다고 해놓고서, 이것저것 한다고 차일피일 미루다보니 이제야 올리게 되었네요. 6월 모의평가 이후로 공백이 너무 길었던 점, 정말 죄송합니다! ^^ 오늘 다룰 주제는 많은 분들이 생명과학 I 에서 어려워하는 유전 문제입니다. 2점 문제는 기출문제와 개념 위주로 학습을 충실히 했다면 어렵지 않게 풀 수 있을 겁니다. 이번에는 4페이지에서 항상 발목을 잡는 3점 문제로 출제되는 유형들에 대해 종합적으로 분석해보고, 유형별로 풀이 가이드라인을 제시해 드리려고 합니다. 이 자료는 유전 문제를 어떻게 접근해야하는지 방법 자체가 난감하다거나, 유전 문제를 대충 풀 줄은 아는데 풀이 과정이 체계적이지 않다거나, 가끔씩 실수로 헛다리를 짚는다거나 이런 분들께 유용한 자료가 될 것 같습니다. 2014학년도와 2015학년도 기출 문제에서 유형별로 정리했으며, 그 이전에 시행된 문제일지라도 한 번 짚어보고 넘어가야하는 문제들도 함께 수록했습니다. 다만 모든 문제를 수록하지는 않았으므로 이 자료에 수록되지 않은 문제들은 이 자료로 충분히 학습한 다음에 배운 내용을 적용시키는 연습용으로 공부하시기 바랍니다. 평가원 기출문제가 가장 중요하다는 거, 잘 아실 것이라 믿습니다! 또한 이 자료는 풀이에 필요한 기본적인 개념을 어느 정도 다루고는 있지만, 완벽하게 모든 것을 다루고 있지는 않습니다. 따라서 이 자료를 보시기 전에 적어도 교과서든, 참고서든, 인터넷 강의이던 간에 유전에 대해 전반적으로 공부를 하고 나서 보는 것을 권장합니다. (학습에 있어서 효율이 높은 쪽이 더 좋겠죠? ㅎㅎ)

※ 인터넷 강의

- 본인에게 가장 잘 맞는 강의를 찾아서 듣는 것이 중요합니다. 학교 선생님이거나 학원 선생님 수업이 본인에게 더 낫다면, 학교 수업이나 학원 수업을 열심히 들으면 됩니다. 또한 유료로 판매되는 인터넷 강의에도 많은 선생님들이 계시므로 본인에게 맞는 선생님을 찾아서 들으시면 됩니다. EBSi 또한 훌륭한 선생님들이 많이 계십니다. 전반적으로 기초를 탄탄히 다지고 싶으시다면 30강으로 구성된 수능 개념 강좌를, 유전이 있는 'II. 세포와 생명의 연속성' 단원만 집중적으로 보길 원한다면 변춘수 선생님의 '약점체크 집중공략 유전 특강(15강 구성)'을 들으시면 됩니다. 또한 다음에 개설된 카페(<http://cafe.daum.net/bioddong>)에 접속하시면 이번에 라인 모의평가의 감수에 참여해주신 박동헌 선생님의 강의를 들을 수 있습니다. 기초 개념부터 확장된 심화 개념까지 체계적으로 정리해 주시기 때문에 시간적으로 여유가 있다면 이 강의를 통해 개념을 탄탄히 다지는 것도 좋은 방법이라 생각합니다. 혹시 카페 가입 절차가 번거로우시다면 Youtube에서 bioddong으로 검색하셔도 강의를 찾아서 들으실 수 있습니다. **무엇보다 가장 중요한건 본인에게 가장 잘 맞는 것이라는 점. 잊지 마시길 바랍니다!**

본 자료의 저작권은 라인(lineun7015@naver.com)에 있습니다. 출처를 명시한 비영리적인 목적으로의 활용은 자유로우나, 임의로 출처를 변경하거나 영리적 목적으로의 활용은 저작권법에 의거하여 처벌 받을 수 있음을 알려드립니다. 또한 수록된 기출 문제들의 저작권은 출제 기관인 '한국교육과정평가원'에 있음을 알려드립니다.

유형 01. 교배 결과 분석

Point ①. 교배 유형 확인하기! ... 자가 교배, 타가 교배, 검정 교배

✳ 교배 유형

- ▶ 자가 교배 : 자기 자신과 시키는 교배 ↔ 연관 상태가 동일한 개체끼리의 교배
- ▶ 타가 교배 : 자신이 아닌 다른 개체와 시키는 교배 ↔ 연관 상태가 서로 다른 개체끼리의 교배
- ▶ 검정 교배 : 열성 순종(동형 접합자)와 시키는 교배
→ 검정 교배에서는 교배 대상의 생식 세포의 종류에 따라 자손의 표현형이 결정된다.

⚠ 여기서 설명하고 있는 교배에 대한 정의는 생명과학 I 교과 과정 상에서 명확히 정의한 것이 아니라, 유전 문제를 풀기 위해서 알고 있어야 할 최소한의 정도로 간략하게 설명한 것이다.

Point ②. 유전자 간의 연관 관계 파악하기! ... 독립, 상인 연관, 상반 연관

✳ 연관 관계 확인하기 (단, 자가 교배일 때만.)

- ▶ 상인 연관 : 교배 결과에서 표현형이 'A_bb' = [Ab] 혹은 'aaB_' = [aB]와 같이 우성과 열성 표현형을 동시에 갖는 개체가 태어나지 않는다.
- ▶ 상반 연관 : 교배 결과에서 표현형이 'aabb' = [ab] 혹은 'bbdd' = [bd]와 같이 열성 표현형만 갖는 개체가 태어나지 않는다.

⚠ 연관 관계에 있는 유전자를 확인한 다음에는, **연관 관계에 있지 않는 유전자들이 독립인지 반드시 확인**을 거쳐야 한다.

【 대표 유형 】 2014학년도 대수능 생명과학 I

19. 표 (가)와 (나)는 어떤 식물 종에서 유전자형이 AaBbDd 인 개체 P1과 P2를 각각 자가 교배(자가 수분)하여 얻은 자손 1대의 표현형에 따른 개체수를 나타낸 것이다. 대립 유전자 A, B, D는 대립 유전자 a, b, d에 대해 각각 완전 우성이다. 자가 교배하여 얻은 자손 1대의 수는 각각 400 개체이다.

표현형	개체수
A_B_D_	150
A_B_dd	75
aaB_D_	75
A_bbD_	50
A_bbdd	25
aabbD_	25

(가)

표현형	개체수
A_B_D_	225
A_bbD_	75
aaB_dd	75
aabbdd	25

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 P1, P2의 생식 세포 형성 시 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

<보기>

ㄱ. A와 b를 모두 갖는 꽃가루가 P1과 P2 둘 다에서 형성된다.
 ㄴ. (가)에서 표현형이 aaB_D_인 개체들의 유전자형은 2가지이다.
 ㄷ. P1과 P2를 교배하여 자손 1대를 얻을 때, 자손 1대의 표현형이 A_bbD_일 확률은 $\frac{1}{8}$ 이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 : ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Point ①. 교배 유형 확인하기!

☞ 문제에서 '자가 교배(수분)'이라고 제시했다.

Point ②. 연관 관계 파악하기!

☞ (가)에서 살펴보아야 하는 유전자 관계는 A/a와 B/b, A/a와 D/d, B/b와 D/d 이렇게 총 3가지이다. 그런데 표현형이 'aadd' = [ad]인 개체가 없으므로 P1은 유전자 A와 d가 연관(상반연관)임을 알 수 있다. 나머지 A/a와 B/b, B/b와 D/d는 독립이다.

☞ (나)에서 살펴보아야 하는 유전자 관계 역시 (가)에서와 같다. (나)에서는 표현형이 'A_dd' = [Ad]인 개체와 'aaD_' = [aD]인 개체가 없으므로 P2는 A와 D가 연관(상인연관)임을 알 수 있다. 나머지 A/a와 B/b, B/b와 D/d는 독립이다.

ㄱ. P1과 P2모두 A/a와 B/b는 독립이다.
 ㄴ. (가)에서 표현형이 aa인 개체들은 D의 표현형이 무조건 DD이므로 표현형이 aaB_D_인 개체들의 유전자형은 aaBBDD, aaBbDD 2가지 뿐이다.
 ㄷ. A_D_일 확률은 P1(Ad, aD) × P2(AD, ad)이므로 $\frac{1}{2}$ 이고, bb일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이므로 곱하면 $\frac{1}{8}$ 이다.

+ Point ③. 형질에 대해 우성과 열성이 정확히 명시되어 있지 않았을 경우 각각의 형질별로 우열 관계를 모두 확인한다!

✳ 우성, 열성 판별하기

- ▶ 동일한 표현형을 지닌 부모 사이에서 부모의 표현형과 다른 표현형의 자손이 태어난 경우에는, 부모의 표현형이 우성이고, 자손의 표현형이 열성이다.
- ▶ 특정한 표현형이 발현된 상태에서 이 표현형에 대한 유전자형이 이형접합이면, 발현된 특정한 표현형은 우성이다.
- ▶ 복대립 유전 형질에서 서로 다른 표현형을 가진 부모 사이에서, 부모의 각 표현형과 전혀 다른 새로운 표현형의 자손이 태어나면 자손의 표현형은 부모의 각 표현형에 대해 열성이다.

+ Point ④. 중간 유전 형질 출제 → 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정되는 형질이 서로 다른 세 가지 표현형을 나타낸다면 이 형질은 중간 유전이다. 복대립 유전은 관여하는 대립 유전자가 세 가지 이상이지만, 중간 유전은 단일 대립 유전자와 같이 두 가지 뿐이다. 이 점에 주의하자.

【 대표 유형 】 2015학년도 6월 평가원 생명과학 I
19. 다음은 어떤 식물의 교배 실험에 대한 자료이다.

○ 이 식물의 꽃 색깔은 대립 유전자 A와 a, 종자 모양은 대립 유전자 B와 b, 줄기 길이는 대립 유전자 D와 d에 의해 결정된다.

○ AA는 붉은색 꽃, Aa는 분홍색 꽃, aa는 흰색 꽃의 표현형을 나타낸다.

○ B와 D는 b와 d에 대해 각각 완전 우성이다.

○ 표는 표현형이 분홍색 꽃, 둥근 종자, 긴 줄기인 개체 P를 자가 교배하여 얻은 자손(F₁) 1600개체의 표현형에 따른 개체수를 나타낸 것이다.

F ₁ 표현형	개체수
붉은색 꽃, 주름진 종자, 긴 줄기	300
붉은색 꽃, 주름진 종자, 짧은 줄기	100
흰색 꽃, 둥근 종자, 긴 줄기	300
흰색 꽃, 둥근 종자, 짧은 줄기	100
㉠ 분홍색 꽃, 둥근 종자, 긴 줄기	600
분홍색 꽃, 둥근 종자, 짧은 줄기	200

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 P의 생식 세포 형성 시 교차는 일어나지 않는다.) [3점]

— <보기> —

ㄱ. P에서 대립 유전자 A와 대립 유전자 B는 연관되어 있다.

ㄴ. ㉠ 개체들의 유전자형은 2가지이다.

ㄷ. 표현형이 흰색 꽃, 주름진 종자, 짧은 줄기인 개체와 P를 교배하여 얻은 자손의 표현형은 4가지이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 : ⑤ ㄴ, ㄷ

Point ①. 교배 유형 확인하기!

☞ 문제에서 '자가 교배(수분)'이라고 제시했다.

Point ③. 우열 관계 파악!

☞ 둥근 종자와 긴 줄기인 개체 사이에서 주름진 종자와 짧은 줄기가 태어났으므로 둥근 종자는 주름진 종자에 대해 우성이고, 긴 줄기는 짧은 줄기에 대해 우성이다.

Point ②. 연관 관계 파악!

☞ 살펴보아야 하는 유전자 관계는 A/a(꽃 색)와 B/b(종자 모양), A/a와 D/d(줄기 길이), B/b와 D/d 이렇게 총 3가지이다. 이때 흰색 꽃이면서 주름진 종자가 [ab]이 태어나지 않았으므로 A와 b는 연관(상반 연관)임을 알 수 있다. 나머지 A/a와 D/d, B/b와 D/d는 독립이다.

ㄱ. P에서는 A와 b가 서로 연관되어 있다.

ㄴ. 분홍색 꽃(Aa)인 개체들의 종자 유전자형은 모두 Bb(둥근 종자)이므로 ㉠의 유전자형은 AaBbDD, AaBbDd 2가지이다.

ㄷ. 검정 교배에서는 다른 교배 대상의 생식세포의 종류에 따라 표현형의 종류가 결정된다. P의 생식 세포 종류는 AbD, Abd, aBD, aBd이므로 자손의 표현형은 4가지가 된다.

+ Point ⑤. 복대립 유전 형질 출제 → 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정되며, 형질의 발현에 관여하는 대립 유전자가 세 가지 이상이라면 이 형질은 복대립 유전이다. 복대립 유전 형질은 대립 유전자 간의 우열 관계를 정확하게 파악해야한다! 다만 ABO식 혈액형과 같이 특수한 경우도 있으므로 이에 주의하자.

【 대표 유형 】 2013학년도 대수능 생물 I

19. 다음은 어떤 동물의 털색 유전에 대한 자료이다.

○ 털색의 표현형은 3가지이며, 상염색체에 있는 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정된다.

○ 털색 대립 유전자는 3가지이며, 각 대립 유전자 사이의 우열 관계는 분명하다.

○ 털색 대립 유전자 3가지 중 어느 하나는 배아에서 동형 접합일 때, 이 배아는 출생 전에 죽게 된다.

○ 표는 이 동물의 털색에 대한 교배 실험 결과이다.

실험	부모의 표현형		자손(F ₁)의 표현형 비 (녹색 : 적색 : 청색)
I	녹색	적색	1 : 1 : 0
II	㉠ 청색	㉡ 녹색	1 : 0 : 1
III	㉢ 녹색	㉣ 적색	1 : 2 : 1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연 변이는 고려하지 않는다.) [3점]

— <보기> —

ㄱ. ㉠과 ㉢을 교배하면 녹색 털을 가진 자손(F₁)이 태어난다.

ㄴ. ㉠과 ㉡의 털색 유전자형은 서로 같다.

ㄷ. ㉢과 같은 유전자형을 갖는 암수를 교배하여 자손(F₁)이 태어날 때, 이 자손의 털색이 청색일 확률은 $\frac{1}{3}$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 : ⑤ ㄴ, ㄷ

Point ①. 교배 유형 확인하기!

☞ 교배 실험 결과를 보면 서로 다른 표현형의 개체끼리 교배하고 있다. 따라서 타가 교배이다.

Point ③. 우열 관계 파악!

☞ 실험 III에서 녹색과 적색털 부모로부터 청색털 자손이 태어났으므로 청색은 열성이다.

☞ 털색 대립 유전자에서 적색을 R, 녹색을 G, 청색을 B라 하자. 실험 III의 부모의 유전자형은 각각 RB, GB이다. 이들 사이에서 태어난 자손의 유전자형은 각각 RB, RG, GB, BB이다. 표현형의 비가 '녹 : 적 : 청 = 1 : 2 : 1'이므로 우열 관계는 '적색 > 녹색 > 청색' 순이다.

ㄱ. ㉠의 유전자형은 BB, ㉢의 유전자형은 RB이므로 이 교배를 해도 녹색 털 자손이 태어날 수 없다.

ㄴ. 실험 II의 자손에서 녹색과 청색이 각각 1 : 1로 태어났으므로 ㉡의 유전자형은 GB이다.

ㄷ. 실험 I에서 가능한 부모의 유전자형 조합은 RG × GG, RG × GB, RB × GG이므로 RR을 갖는 배아는 출생 전에 죽는다. RB × RB에서 RR은 치사되므로 태어난 자손이 청색일 확률은 $\frac{1}{3}$ 이다.

Bonus. 2014 대수능 19번 'ㄴ'과 2015 6월 평가원 19번 'ㄴ'을 해결하는 과정에서 충분히 생각할 수 있겠지만, 특정 표현형의 유전자형의 종류를 물어볼 때에는 연관된 유전자끼리 이미 유전자형이 정해져 있으므로, 독립인 유전자들만 고려해주면 쉽게 구할 수 있습니다. 하지만 이 내용은 절대로 이 부분만 읽고 바로 써먹는 것은 금물입니다. 직접 문제를 풀어보면서 필자가 어떠한 의미로 이 내용을 언급했는지 그 의미를 파악하는 것이 매우 중요합니다. 그래야만 시간 단축을 위해 실전에서 사용할 수가 있고, 이 방법을 사용했을 때에도 실수를 하지 않습니다.

Bonus. 2013 대수능 19번 'ㄷ'을 해결하는 과정에서 확률의 의미를 간혹 혼동하곤 합니다. **유전에서 물어보는 확률이란 '해당하는 경우의 수'를 '가능한 경우의 수'로 나눈 값을 의미 합니다.** 바로 위에 있는 2013 대수능 19번 'ㄷ'을 예로 조금 더 설명드리도록 하겠습니다. 부모의 유전자형이 RB × RB이므로 이들 사이에서 태어나는 자손이 가질 수 있는 유전자형의 가짓수는 RR, R(父)B(母), R(母)B(父), BB입니다. 이때 여기서 RR은 동형접합자시 치사되는 유전자이므로 태어날 수 있는 자손이 가질 수 있는 유전자형의 가짓수는 R(父)B(母), R(母)B(父), BB 이렇게 총 3가지입니다. 따라서 구하고자 하는 확률이 $\frac{1}{3}$ 이 되는 것입니다.

본 자료의 저작권은 라인(lineun7015@naver.com)에 있습니다. 출처를 명시한 비영리적인 목적으로의 활용은 자유로우나, 임의로 출처를 변경하거나 영리적 목적으로의 활용은 저작권법에 의거하여 처벌 받을 수 있음을 알려드립니다. 또한 수록된 기출 문제들의 저작권은 출제 기관인 '한국교육과정평가원'에 있음을 알려드립니다.

+ Point ⑥. 자가 교배가 아닌, 타가 교배의 경우

✻ 타가 교배에서 연관 관계 확인하기

▶ '상인 연관 × 상인 연관'의 교배 결과 → 상인 연관 개체의 자가 교배 결과
 ex. AaBb (A-B) × AaBb (A-B) → A_B_ : A_bb : aaB_ : aabb = 3 : 0 : 0 : 1

▶ '상인 연관 × 상반 연관'의 교배 결과 → 상반 연관 개체의 자가 교배 결과
 ex. AaBb (A-B) × AaBb (A-b) → A_B_ : A_bb : aaB_ : aabb = 2 : 1 : 1 : 0

생식세포 유전자형	Ab	aB
AB	AABb = A_B_	AaBB = A_B_
ab	Aabb = A_bb	aaBb = aaB_

▶ '상반 연관 × 상반 연관'의 교배 결과 → 상반 연관 개체의 자가 교배 결과
 ex. AaBb (A-b) × AaBb (A-b) → A_B_ : A_bb : aaB_ : aabb = 2 : 1 : 1 : 0

【 대표 유형 】 2011학년도 대수능 생물 I

19. 다음은 어떤 식물의 유전 현상을 알아보기 위한 교배 실험이다.

○ 큰 키, 붉은 꽃을 가진 같은 식물 중의 3개체(I~Ⅲ)를 서로 교배하여 다음과 같은 결과를 얻었다. I~Ⅲ은 모두 HhRr 유전자형을 가지며, H(큰 키)는 h(작은 키)에 대해, R(붉은 꽃)은 r(흰 꽃)에 대해 각각 완전 우성이다.

F ₁ 표현형	개체수	
	I 과 II의 교배시	II와 III의 교배시
큰 키, 붉은 꽃	50	75
큰 키, 흰 꽃	25	0
작은 키, 붉은 꽃	25	0
작은 키, 흰 꽃	0	25

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

— <보기> —

- ㄱ. I에서 H와 r는 하나의 염색체에 존재한다.
- ㄴ. 유전자형이 HR인 생식 세포가 II와 III에 모두 있다.
- ㄷ. I과 II를 교배하여 나온 F₁에 유전자형이 HhRR인 개체가 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ
 정답 : ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Point ①. 교배 유형 확인하기!

☞ 서로 다른 3개체를 교배하고 있으므로 타가 교배(수분)임을 알 수 있다.

Point ②. 연관 관계 파악!

- ☞ I 과 II의 교배 결과가 2 : 1 : 1 : 0이므로 '상인 × 상반' or '상반 × 상반'이다.
- ☞ II 과 III의 교배 결과가 3 : 0 : 0 : 1이므로 '상인 × 상인'이다.
- ☞ I 은 H와 r이 연관(상반 연관)되어 있고, II와 III은 H와 R이 연관(상인 연관)되어 있다.

- ㄱ. I 은 H와 r이 연관되어 있는 개체이다.
- ㄴ. II와 III은 H와 R이 연관되어 있으므로 II,III에서 만들어지는 생식 세포의 유전자형 종류는 HR, hr 두 가지이다.
- ㄷ. I의 생식 세포는 Hr, hR이고 II의 생식 세포는 HR, hr이 만들어지므로 I과 II를 서로 교배했을 때 hR과 HR이 만나 유전자형이 HhRR인 개체가 태어난다.

Thanks to ‘뱅서래’ (오르비) & ‘뉴아방’ (포만한)

- ↳ 오르비의 닉네임 ‘뱅서래’님과 포만한의 닉네임 ‘뉴아방’님께서 남겨주신 Tip입니다. 박스의 내용은 제가 전문을 인용 한 것이며 이에 대한 내용을 조금 더 잘 이해하실 수 있도록 제가 약간의 부연 설명을 달았습니다.

★ Talk of ‘뱅서래’

유전자형이 AaBb인 P에 대해서 자손의 표현형을 나타낸 표로 상인상반 연관 찾기 할 때...

연관 종류에 따라 표현형은 다음과 같음

상인연관은 2가지, 상반연관은 3가지

이것을 응용하면

ex) 삼성잡종(AaBbDd)의 자가 교배 시 자손의 표현형이 6가지라면 일단 독립이 아니라는 건 확실 (왜냐하면 $2^3=8$ 가지가 아니므로)

표현형의 6가지의 의미 $6=2 \times 3$ 이 때, 3은 상반연관의 3임

=> 즉, 표현형이 6가지이면 염색체 구성이 "상반연관 + 독립"

이것을 응용하면 AaBbDdEeRr의 자가 교배시 자손의 표현형이 18가지라면

$18=2 \times 3 \times 3$ 상반 상반 독립, 복대립이나 중간유전이면 적용 x

★ Talk of ‘뉴아방’

2014 수능 연관군문제보니 생각나는 건데

상반연관 표현형 (3개) x 독립된 문자 표현형(2개)
= 전체 표현형 (6개)

상인연관 표현형 (2개) x 독립된 문자 표현형 (2개)
= 전체 표현형 (4개)

시험장에서 풀때 칸이 6칸 4칸이길래 바로 이렇게 놓고 풀었던 기억이 있네요 ㅋㅋ

한 번에 딱 보이는 분들도 계시겠지만, 감이 잘 오지 않는 분들도 계시리라 생각합니다. 그런 분들을 위해 제가 부족한 실력이지만 조금 풀어서 설명해드리도록 하겠습니다.

최근 들어 교배 결과 분석 유형에서 유전자의 종류가 점점 늘어나고 있습니다. 2010학년도 수능 ‘양성 유전’ 문제, 2014학년도 수능 ‘3성 유전’ 문제, 2015학년도 9월 평가원 ‘4성 유전’ 문제에 이어서, 급기야 2015학년도 수능 ‘5성 유전’ 문제까지 등장했습니다. 이렇게 교배 결과를 분석하는 문제에서는 앞에서도 말씀드렸다시피 연관 관계를 찾아내는 것이 핵심입니다. 그런데 이 연관 관계를 대략적으로 알고 있는 상태에서 찾는다면 어떨까요? 풀이 시간에 있어 그 차이가 확연히 드러납니다.

본 자료의 저작권은 라인(lineun7015@naver.com)에 있습니다. 출처를 명시한 비영리적인 목적으로의 활용은 자유로우나, 임의로 출처를 변경하거나 영리적 목적으로의 활용은 저작권법에 의거하여 처벌 받을 수 있음을 알려드립니다. 또한 수록된 기출 문제들의 저작권은 출제 기관인 ‘한국교육과정평가원’에 있음을 알려드립니다.

자, 그럼 본론으로 들어가 보도록 하겠습니다. 교배 결과를 표의 형태로 분석하게 되면 대립 유전자의 종류가 많아질수록 표가 복잡해지게 됩니다. 교배 결과 문제에서는 대부분 일부 유전자끼리 연관군을 형성하고 있습니다. 그래서 가장 편한 방법이 양성 유전에서 연관군끼리 교배 결과를 비교 분석하는 것이지요. 그래서 위에서 AaBb(양성 잡종)으로 유전자형을 제시한 것입니다. 유전자형이 AaBb일 때를 기준으로 설명해보겠습니다. 양성 잡종에서 연관이 되는 경우는 두 가지입니다. A와 B가 연관된 상인연관, A와 b가 연관된 상반연관 두 가지 경우가 있습니다. 상인연관인 개체를 자가 교배시키면 표현형이 [AB]와 [ab]인 개체가 3 : 1의 비율로 태어납니다. 즉, 상인연관 시 태어나는 자손의 표현형은 2개뿐이라는 것이죠. 이와 반대로 상반연관인 개체를 자가 교배시키면 표현형이 [AB], [Ab], [aB]인 개체가 각각 2 : 1 : 1의 비율로 태어납니다. 상반연관인 경우에는 태어나는 자손의 표현형이 3개뿐입니다. 이제 아까 위에서 상인연관이 2가지, 상반연관이 3가지라고 제시된 이유를 아시겠죠? 유전을 비롯하여 대부분의 학습에서 알고 있는 상태와 모르는 상태에서 받아들이는 차이는 상당히 큼니다.

그럼 이제 이 2가지와 3가지를 가지고 연관 관계 예측을 어떻게 하는지, 또 실전에서 얼마나 도움이 될지를 기출문제를 통해 직접 살펴보도록 하겠습니다. 여기서는 연관 관계를 찾아내는 것에 초점을 맞췄기 때문에 문제에 대한 해설은 건너뛰는 점, 양해 부탁드립니다.

【 유형 ① 】 2015학년도 9월 평가원 생명과학 I

18. 표는 유전자형이 AaBbDdEe 인 어떤 식물 P를 자가 교배하여 얻은 자손 800개체의 표현형에 따른 개체수를 나타낸 것이다. 대립 유전자 A, B, D, E는 대립 유전자 a, b, d, e에 대해 각각 우성이다.

표현형	개체수	표현형	개체수
A_B_D_E_	⊖ 300	aaB_ddE_	100
A_B_D_ee	150	aaB_ddee	50
A_bbD_E_	150	aabbddE_	50

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

【 유형 ② 】 2015학년도 대수능 생명과학 I

17. 어떤 식물 P(AaBbDdRrTt)를 자가 교배시켜 자손(F₁) 400개체를 얻었다. 표 (가)는 대립 유전자 사이의 우열 관계를 나타낸 것이다. 표 (나)는 F₁에서 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정되는 표현형에 따른 개체수를, (다)는 동일한 F₁에서 대립 유전자 A와 a, R와 r, T와 t에 의해 결정되는 표현형에 따른 개체수를 나타낸 것이다.

○대립 유전자 A, B, D, T는 대립 유전자 a, b, d, t에 대해 각각 완전 우성이다. ○대립 유전자 R와 r 사이의 우열 관계는 분명하지 않으며, RR, Rr, rr는 서로 다른 표현형을 나타낸다.	표현형	개체수	표현형	개체수
	A_B_D_	150	A_RrT_	150
	A_B_dd	75	A_RRT_	75
	aaB_D_	75	A_rrT_	75
	A_bbD_	50	aaRrtt	50
A_bbdd	25	aaRRtt	25	
aabbD_	25	aarrtt	25	

(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

먼저 위에서 ‘땡서래’님께서 말씀하신 삼성 유전에서의 연관 상태를 살펴보도록 하겠습니다. 마침 유형 ②의 15학년도 대수능 17번 문제의 (나)가 동일하게 설정되어 있으므로 이 문제를 가지고 살펴보도록 하겠습니다. 삼성 유전에서 자가 교배를 통해 태어난 자손의 표현형이 모두 6가지입니다. 앞서 양성 잡종일 때만 설명해드렸었는데요, 단성 잡종일 때도 살펴보도록 하겠습니다. 유전자형이 Aa인 개체를 자가 교배했을 때 태어난 자손이 가질 수 있는 표현형은 [A]와 [a] 두 가지 뿐입니다. 이제 다시 삼성 유전의 경우를 살펴보겠습니다. 대립 유전자의 종류에 의해 결정되는 표현형의 곱을 이용해서 해당 유전자형을 갖는 자손의 자가 교배 시 자손의 표현형 가짓수를 구할 수 있습니다. 수학에서 다루는 ‘경우의 수’에서 곱의 법칙을 생각하시면 됩니다. 그렇다면 6이란 값은 어떻게 구할 수 있을까요? $2 \times 3 = 6$ 입니다. 만약에 A와 B와 D가 모두 독립이라면 자손의 표현형은 $2 \times 2 \times 2 = 8$ 이 되어야합니다. 하지만 표현형은 6가지뿐이므로 A, B, D 중 두 개는 서로 연관이 되어있다는 뜻이죠. 그런데 연관인 경우에 태어난 자손의 표현형 종류가 3가지인 것은 상반연관이므로 A, B, D 중에서 서로 연관되어 있는 두 유전자는 상반연관의 형태로 연관되어 있다는 사실을 예측할 수 있게 되는 것입니다. 이제 좀 감이 오시나요? ㅎㅎ

그럼 이제 옆에 있는 유형 ①의 4성 유전을 살펴보도록 하겠습니다. 4성 유전이면서 태어난 자손의 표현형이 6가지뿐이군요. 일단 각각의 대립 유전자가 모두 독립이 아니라는 것은 알 수 있을 것입니다. 두 수를 곱해서 6이 나올 수 있는 경우는 2와 3뿐입니다. 연관에서 2가 나온 경우는 상인 연관, 3이 나오는 경우는 상반 연관입니다. 따라서 18번의 식물 P에서 A, B, D, E 중에서 두 개씩 서로 연관되어 있으면서 그 중 한 쌍은 상인연관, 다른 한 쌍은 상반연관이라는 사실을 유추해 낼 수 있게 됩니다.

이제 마지막으로 아직 보지 못한 유형 ②의 17번에서 (다)를 살펴보도록 하겠습니다. ‘뱅서래’님께서 유전형질이 복대립 유전 형질이거나 중간 유전 형질인 경우에는 적용이 되지 않는다고 하셨습니다. 그 이유는 복대립 유전 형질의 경우에는 처음부터 설정해야하는 경우의 수가 굉장히 많아지기 때문에 이 방법을 쓰는 것보다는 그냥 교배 결과를 가지고 연관 상태를 추론해내는 것이 더 빠릅니다. 다인자 유전의 경우에는 우열 관계 자체가 성립하지 않기 때문에 적용시키는 데에 어려움이 있습니다. 그럼 중간 유전의 경우는 어떨까요? 유전자형이 AaBb이고 A와 a는 중간 유전 형질이라고 가정하겠습니다. A와 B가 연관(상인연관)이라면 자가 교배를 통해 태어난 자손이 갖는 표현형의 종류는 ‘AAB_’, ‘AaB_’, ‘aabb’ 총 3가지입니다. 반대로 A와 b가 연관(상반연관)이라면 자가 교배를 통해 태어난 자손이 갖는 표현형의 종류는 ‘AAbb’, ‘AaB_’, ‘aaB_’ 총 3가지입니다. A와 B가 연관(상인연관)인 경우나, A와 b가 연관(상반연관)인 경우나 가짓수가 3가지로 모두 같습니다. 그렇기 때문에 상인연관인지 상반연관인지 대략적인 연관 상태 추론이 불가능하다는 것이지요.

다만 대략적인 추론 자체가 불가능 한 것은 아닙니다. 유형 ②의 17번 문제의 (다)에서 중간 유전 형질이 포함되어 있는데 표현형이 6가지이죠. 일단 위의 논리에 따르면 ‘ $2 \times 3 = 6$ ’입니다. 그니까 A, R, T 중에서 어떤 두 가지는 연관되어 있을 것이라고 추론은 가능합니다. 다만, 여기서 ‘2’가 독립인지, 아니면 상인 연관인지는 모르는 것이고, ‘3’이 중간 유전 형질이 포함된 연관인지, 상반 연관인지는 정확하게는 알 수 없는 것이죠.

교배 결과에서 연관 상태를 대략적으로 알고 갈 수 있다면 검토가 필요 없어지는 셈이니, 시간 단축에 있어 엄청난 효과를 볼 수 있게 됩니다. 제가 미처 설명 드리지 못했던 부분을 ‘뱅서래’님과 ‘뉴아방’님께서 댓글로 알려주신 덕분에 자료가 조금 더 알찬 내용이 되지 않았나 싶습니다.

ps. 만약 이 내용이 무슨 내용인지 잘 이해가 안 된다거나, 쓰기가 두려우신 분들은 굳이 쓰실 필요가 이 방법을 눈여겨 볼 필요가 없습니다. 이 내용은 어디까지나 안정적으로 1등급이 나오시는 분들이 시간 단축을 위해 일종의 팁과 같은 개념으로 써주신 내용을 제가 인용하여 보충 설명한 것입니다. ‘사상누각’이라는 말이 있듯이 기본 개념이 탄탄하게 다져지지 않은 상태에서 굳이 팁을 이용하는 것은 절대 좋은 방법이 아니라고 생각합니다. 이 내용은 1~2등급이 아닌 분들이시라면 가볍게 읽고 넘어가시는 정도로만 봐 두시는 것이 좋고, 제가 위에서 풀었던 것처럼 알려드린 방법으로 연관 상태를 확인하시기 바랍니다!

Thanks to 'nmaldeam' (포만한)

↳ 앞서 제가 급하게 작성하느라 잘못 쓴 내용에 대해 자세히 설명해주셨습니다. 물론 지금은 수정해 놓았지만, 15학년도 대수능 17번 문제의 풀이 메커니즘에 대해 상세하게 설명해주고 있으시니 다시 한 번 읽어보시면서 복습해 보시는 건 어떨까요?

2015수능 생물1 17번 문제에서 다)에서 제시된 표현형의 개수가 $6=2 \times 3$ 개이므로 [R형질]이 [A형질]또는 [T형질]과 연관돼 있음을 알 수 있다는 표현이 적절하지 않은 것 같습니다. 유는 문제를 풀면서 설명해 보겠습니다.

우선 두 가지 조건이 제시돼 있습니다.

- 조건 1) 대립유전자 A, B, D, T는 대립유전자 a, b, d, t에 대해 각각 완전 우성이다.
- 조건 2) 대립유전자 R과 r 사이의 우열관계는 분명하지 않으며, RR, Rr, rr은 각각 다른 표현형을 나타낸다.

이제 연관관계를 알아내기 위해서 (나)와 (다)를 분석해봅니다. (나)에서

$$AB : Ab : aB : ab = 9 : 3 : 3 : 1$$

$$AD : Ad : aD : ad = 2 : 1 : 1 : 0$$

$$BD : Bd : bD : bd = 9 : 3 : 3 : 1$$

임을 통해서 A와d, a와 D가 상반 연관돼 있고 B(b)는 다른 염색체에 독립돼 있음을 알 수 있습니다.

(다)에서는 위와 같은 방법으로 표현형의 비를 구해선 안 됩니다. 왜냐하면 [R형질]은 중간유전을 하기 때문에 하나의 형질에서 세 가지 표현형이 나타나기 때문에 저희가 통상적으로 외우는 $9 : 3 : 3 : 1 / 3 : 0 : 0 : 1 / 2 : 1 : 1 : 0$ 과 같은 표현형의 비가 구해지지 않기 때문입니다.

하지만 <http://cafe.naver.com/pnmath/651012> 어제 제가 올린 글에 증명(?)해 냈는데 중간유전을 하는 형질이 연관돼 있을 때 Rr을 [R]과 똑같이 취급하여 표현형의 비를 구하여도 전혀 문제가 없습니다. 따라서 (다)를 분석할 때 Rr을 [R]로 취급하고 표현형의 비를 구하겠습니다.

$$AR : Ar : aR : ar = 9 : 3 : 3 : 1$$

$$AT : At : aT : at = 3 : 0 : 0 : 1$$

$$RT : Rt : rT : rt = 9 : 3 : 3 : 1$$

임을 통해 A와T a와t가 상인 연관돼 있고 R(r)은 다른 염색체에 독립돼 있음을 알 수 있습니다.

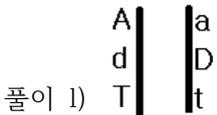
따라서 A와 d와 T가, a와 D와 t가 연관돼 있고 B(b)와 R(r)과 각각 독립임을 알 수 있습니다. 이 때 B(b)와 R(r) 사이의 독립 또는 연관 관계는 위 자료만으로는 알 수 없습니다.

- 첫 번째 경우) B(b)와 R(r)이 독립돼 있을 때
 - 두 번째 경우) B와R b와r이 상인 연관돼 있을 때
 - 세 번째 경우) B와r b와R이 상반 연관돼 있을 때
- 로 나눌 수 있습니다.

연관관계를 다 파악해야 문제를 풀 수 있는 것이 아니냐? 하고 의아해 하실 수도 있습니다만, 제가 주구장창 유전 질문하시는 분들께 말씀드리는 것이 있는데 작년 17번과 20번은 연관관계 또는 가계도를 '모두' 분석하지 않아도 '문제가 풀린다는 점'입니다.

무슨 말이나 하면.. 다시 문제로 돌아가

ㄱ) 위에서 분석한 결과 맞는 보기임을 알 수 있습니다.



ㄴ) A와 d는 상반 연관돼 있고 R은 독립돼 있으므로 A, d, R를 모두 가진 꽃가루가 형성됨을 알 수 있습니다.

ㄷ) 이 선지를 풀기 위해선 연관관계를 모두 파악해야 하는 것이 아니냐고 말씀하실 수도 있지만 그렇지 않습니다.

표현형	개체수
A_B_D_	150
A_B_dd	75
aaB_D_	75
A_bbD_	50
A_bbdd	25
aabbD_	25

(나)

표현형이 aaD_tt인 개체의 유전자형은 반드시 aaDDtt입니다. 표현형이 bbD_T_인 개체의 유전자형은 반드시 AabbDdTt입니다. 바꿔 말씀드리자면 (나)에선 A(a)와 B(b)와 D(d)에 관한 표현형의 개체수만을 나타냈으므로 bbD_T_는 (나)에서 AabbDd를 나타내는 것입니다. 이것을 모두 제시할 필요가 없으므로 A_bbD_로 나타낸 것이죠. 이 정도의 연관 관계는 포만한 유저라면 기본적으로 이해하시리라 믿습니다.

다시 돌아와서 (나)는 'A(a)와 B(b)와 D(d)에 관한 표현형의 개체수를 모두 나타낸 것'입니다. 그러므로 T와R이 표시되지만 않았을 뿐 모두 포함돼 있다는 사실입니다. 이 점이 바로 연관 관계를 모두 분석하지 않아도 표현형의 비를 맞힐 수 있게 해주는 점입니다.

빨간색 박스가 쳐진 부분은 표현형이 aaD_tt인 개체의 총 수입니다.

파란색 박스가 쳐진 부분은 표현형이 bbD_T_인 개체의 총 수입니다.

따라서 표현형의 비는 100 : 50으로 2 : 1입니다.

원점으로 돌아와서, 라인님의, 표현형의 갯수가 6개이며 경우의 수는 2x3밖에 없으므로 R은 A와 T 중 하나와 연관돼 있다는 추론은 적절하지 않습니다. 제 생각엔 라인님께서 작성하시다가 기본적인 실수를 하신 것 같은데 R은 중간 유전을 하기 때문에 표현형이 3개이며 라인님의 논리에 따르면 오히려 A와T가 상인 연관돼 있다고 추론하는 게 옳습니다. ... (지적하신 요 부분 수정해놓았습니다. πππ)

하지만 제 생각엔 이 17번 문제에 표현형의 개수를 통해 연관 관계를 추론하는 것은 적절하지 않은 것 같습니다. 제 결론은 17번 문제에서 B(b)와 R(r)사이의 연관관계는 '알아낼 수 없다'입니다. 이렇게 반박하실 수도 있습니다. "연관돼 있으면 표현형의 갯수의 비에 영향을 주니까 옳은 논리가 아니냐?" 이 문제만 하더라도 A와 d가 연관돼 있음에도 불구하고 (다)에서 AT/At/aT/at의 표현형의 비에 영향을 주지 않았습니다. (A와 d와 T는 연관돼 있습니다.)

제가 드리고 싶은 말씀이 뭐냐면.. 문제에서 제시해준 '표'의 '칸 갯수'를 통해서 연관관계를 추론하는 것은 '위험한 발상'인 것 같다는 것입니다.

TS : Ts : tS : ts = ○ : ○ : ○ : ○

식의 표현형의 비를 세 번이든 네 번이든 빠르게 구해서 연관 계를 분석하는 것이 가장 효과적이고 정확할 것 같습니다.

읽어주셔서 감사합니다.

시간이 허락한다면 2015 수능 생물1 20번도 풀이해 보고 싶네요.. 많은 분들이 가계도 분석이 어려워서 풀지 못했다거나 풀더라도 시간을 너무 많이 썼다고들 하시는데 사실은 그렇지 않은 문제라는걸 알려드리고 싶습니다.

우선, 오타를 발견해주신 nmaldeam님께 진심으로 감사드립니다! 저의 개인적인 의견을 덧붙이자면 사실, 저도 자손의 표현형 가짓수만을 가지고 연관 상태를 대략적으로 추론한다거나, 예측하는 건 사실 조금 위험한 발상이라는 생각이 듭니다. 하지만 안정적으로 고득점을 받는 상위권 수험생들이라면 충분히 연습해볼만한 발상이기도 합니다. 탐구영역은 어떻게 보면 시간 싸움이기도 하니까요. 하지만, 앞장에서도 말씀드렸다시피 기초 개념이 튼튼하게 다져지지 않은 상태에서, 이 내용을 가지고 연습한다는 것은 매우 무모한 생각입니다. 제가 말씀 드렸던 것처럼 각각의 연관 상태에서 표현형이 0이 되는 표현형을 갖는 자손이 있는지 없는지 찾아내는 것으로 판단하시면 됩니다. 이 방법도 그렇게까지 시간이 많이 걸리는 방법은 아니기 때문이죠. 어디까지나 가장 중요한 것은 본인에게 맞는 방법을 찾는 것입니다. 다른 사람의 충고나 조언을 받아들여서 본인만의 방법을 더욱 완벽하게 만드는 것이 가장 이상적입니다. 제가 이번 자료를 만들게 된 계기도 '본인만의 방법'을 만들어가는 과정에서 조금이나마 도움이 될 수 있을 거라 생각하여 제작하게 된 것입니다. 덧붙이는 의견이 주저리주저리 너무 길어졌네요. 다음에 이어지는 내용도 힘내서 보셔서 꼭 좋은 결과 거두시길 바랍니다! ㅎㅎ

Thanks to ‘안나푸르나’ (포만한)

↳ 다음의 글의 전문은 포만한의 ‘안나푸르나’님께서 남겨주신 글입니다. 제가 설명한 부분에 대한 보충 설명을 친절하게 해주고 있으므로 저의 의견은 마지막에 살짝만 코멘트 해놓도록 하겠습니다. ㅎㅎ

라인님의 유전 문제 가이드라인 6~8페이지에서 흥미로운 내용을 다루고 있습니다. 그렇지만 라인님이 원래부터 계획하고 쓴 부분이 아니라 그런지 좀 허술한 부분이 있었습니다. 그 부분을 보충하는 목적으로 글을 썼고, 그런 관점으로 글을 읽어 주시기 바랍니다. 도표유전문제 야매를 제가 알아냈었던 방식으로 설명하겠습니다. 먼저 결론부터 말씀드리고 시작하겠습니다.

- ① 우성잡종의 자가 교배에서 독립은 2가지 표현형, 상반은 3가지 표현형이다.
- ② 상인은 독립이나 다름없다.
- ③ 중간유전은 무조건 3가지 표현형이다.

①은 다들 아실 겁니다. 기본적으로 아셔야 하는 내용이기도 하고, 정 모르시겠다면 직접 해보시면 됩니다. 한 형질에 대한 유전자는 두 종류가 있고 각각 A와 a라고 하면(상반의 경우는 Ab, aB) 유전자형 조합의 가짓수는 AA, Aa, aa가 있습니다.(상반의 경우는 AAbb, AaBb, aaBB) 각각에 대한 표현형을 고려하신다면 제가 말한 결론에 도달하게 되실 겁니다.

②은 뭘 개소리냐 하시겠는데 침착하시고 들어보십시오. 예시를 들겠습니다. 유전자 A,a와 B,b가 있고 상인연관이며 편의상 대문자를 우성유전자라고 합시다. AA 또는 Aa의 표현형을 [A], aa의 표현형을 [a]라고 합시다.(B도 동일합니다.) 그렇다면 유전자 A와 B가 있는 염색체를 가진 개체의 표현형은 [A]와 [B]이고 이것은 [A]표현형과 [B]표현형 2개를 가졌다고 해석됩니다.(aabb도 동일합니다.) 하지만 [AB]라는 1개의 표현형을 가졌다고 해석하는 것도 가능합니다.

이해가 잘 안 되시면 A,a = 콩의 모양 유전자, B,b = 콩의 색깔 유전자, [A] = [둥글], [a] = [주름], [B] = [초록], [b] = [노랑]이라고 대입해 봅시다. 둥근 콩 유전자와 초록 콩 유전자가 있는 염색체를 가진 개체의 표현형은 [둥글]과 [초록]입니다. 이것을 [둥글]과 [초록]의 표현형 2개를 가졌다고 볼 수 있지만 [둥글고 초록]이라는 표현형 1개를 가졌다고 해석할 수도 있습니다. 그렇기 때문에 상인은 독립이나 다름없다고 말한 것입니다. 이것을 확장하면 n개 유전자가 모인 상인연관도 결국 같다는 사실을 알게 됩니다. (예를 들어, n개의 유전자 ABDE...가 상인 연관되어있으면 n개를 통째로 유전자 ㉠으로 보자는 말이죠) 이렇게 상인 연관된 유전자들을 하나의 유전자로 볼 수 있게 되었습니다. 하나의 염색체의 유전자들은 우성 또는 열성 유전자만 존재합니다. 상인 연관된 유전자를 하나의 유전자로 보게 되면 두 가지 상황이 나옵니다.

- 1) 하나의 염색체에 모두 우성 or 모두 열성인 유전자만 있을 때
모든 유전자가 상인 연관이므로 독립된 1개의 유전자 ㉠으로 볼 수 있습니다.
- 2) 우성유전자와 열성유전자가 섞여있을 때
상인 연관된 우성유전자들끼리 모아서 하나의 유전자 ㉠으로, 상인 연관된 열성유전자들끼리 모아서 하나의 유전자 ㉡으로 보면 ㉠과 ㉡이 상반 연관되었다고 볼 수 있습니다.

①과 ②를 종합하면 독립, 상인, 상반인 유전자로 구성된 모든 케이스를 설명할 수 있습니다.

본 자료의 저작권은 라인(lineun7015@naver.com)에 있습니다. 출처를 명시한 비영리적인 목적으로의 활용은 자유로우나, 임의로 출처를 변경하거나 영리적 목적으로의 활용은 저작권법에 의거하여 처벌 받을 수 있음을 알려드립니다. 또한 수록된 기출 문제들의 저작권은 출제 기관인 ‘한국교육과정평가원’에 있음을 알려드립니다.

마지막으로 ③중간유전을 설명 드리겠습니다. 한 염색체의 유전자 조합 가짓수는 3가지인데, 중간유전은 그 3가지 모두 표현형이 구별되므로 중간 유전되는 유전자가 독립이든, 다른 유전자와 상인연관이든, 상반연관이든 할 것 없이 모든 상황에서 표현형이 3가지가 나옵니다. 이로써 독립, 상인, 상반, 중간유전 모두 설명이 가능합니다.

ps. 따름정리를 연구(?)하는 데에 이렇게까지 완벽성을 추구하는지에 대해 의문이 드실 지도 모릅니다. 하지만 저는 따름정리를 사용하려면 완벽하게 알아야한다고 생각합니다. 일단 우리가 교과서에서 배운 기본원리는 모든 상황에서 참인 명제입니다. (적어도 수능문제에서는) 하지만 직접 만들어낸 따름정리는 모든 상황에서 참인지 검증이 안 되었기 때문에 우리 스스로가 검증을 해야 합니다. 만약 검증을 하지 않는다면, 따름정리가 거짓인 문제의 상황을 만났을 때 그것을 인지하지 못한 채 따름정리를 사용하게 되고 문제를 틀리게 될 것입니다.

예를 들면 가이드라인 8페이지의 유형 ① 2015학년도 9월 평가원문제 설명처럼 4성유전 + 6개 표현형을 봤을 때 상인&상반으로만 생각하게 될 수도 있습니다. 만약 문제의 상황이 독립&상인+상반이라면 (하나의 유전자가 독립, 나머지 3개 유전자가 연관인데 그중 2개가 상인연관이고 나머지 하나가 상반연관이라면) 문제를 틀릴 가능성이 높습니다. (어떤 2개의 유전자가 상인이라는 것을 알아내면 나머지 2개가 상반이라고 여기고 문제를 풀겠죠) 따라서 자신이 따름정리를 만든다면 확실하게 만들어 놓는 게 좋을 것입니다.

ps. 따름정리라는 것은 여러 단계 사고과정을 미리 경험하여 초기상황과 결과물을 외워둠으로써 시간단축의 효과를 보는 방법입니다. 우리가 공부하는 과목은 국어, 영어, 수학, 과학인데, 국어와 영어는 주어진 것과 구해야 하는 것이 일차적 관계에 있으므로 따름정리가 필요 없고, 존재할 수도 없습니다. 그래서 다들 수학과목에서 따름정리를 많이 쓰는데, 수학은 출제할 수 있는 상황이 무한개에 가까워 이전의 초기상황이 다시 나올 확률이 매우 적습니다. 초기상황이 이전과 동일하게 나오더라도 구해야하는 것에 따라 풀이가 달라질 수 있습니다. 오히려 맥락과 상관없이 자신이 아는 따름정리를 쓰려다 손해를 보는 일이 더 많을 것입니다. 수학은 따름정리 습득을 멀리하는 것이 좋습니다. 하지만 과학의 경우에는 출제 소재가 한정되어있고, 출제자들의 배려 덕분에 일정한 틀 안에서 문제가 출제됩니다. 그러므로 과학과목에서는 따름정리가 유효하다고 볼 수 있습니다. 즉, 과학과목에서 따름정리가 유용합니다. 하지만 수학 과목에서만 쓰는 것은 아닙니다.

안나푸르나님께서 제가 약간 허술하게 설명했던 부분을 아주 잘 보충해주셨습니다. ①과 ③에 대해서는 이해하는 데에 큰 어려움이 없지만, ②가 약간 잘 이해가 안 되셨을 수도 있을 거라 생각합니다. 앞서 제가 설명했던 8페이지의 유형 ① 문제로 다시 한 번 설명을 드리도록 하겠습니다. 안나푸르나님께서 언급해주신 부분은 이 문제에서 A, B, D, E 중 하나는 독립이고 나머지 3개가 동시에 연관인데 3개 중에 2개는 상인 연관, 2개는 상반연관이라는 것이죠. 예를 들어서 A가 독립이고 B, d, E가 독립이라고 가정해보겠습니다. 유전자형이 AaBbDdEe일 때 연관군끼리 나누어 생각해보면 자가 교배 시 태어날 수 있는 자손의 표현형의 종류는 '(A_ / aa) × (B_D_E / B_ddE_ / bbD_ee) = 6가지'로도 나올 수 있다는 이야기죠. 물론 유형 ①의 문제에서는 A가 D와 연관이고, B와 E와는 독립이기 때문에 상인 연관 × 상반 연관이라고 바로 설명한 것입니다. 이제 무슨 말씀이신지 충분히 이해하실 수 있을 거라 생각합니다.

이것으로 교배 결과 분석 유형이 어떻게 잘 마무리 되었네요. ㅎㅎ 남은 가계도 분석도 힘내세요!

본 자료의 저작권은 라인(lineun7015@naver.com)에 있습니다. 출처를 명시한 비영리적인 목적으로의 활용은 자유로우나, 임의로 출처를 변경하거나 영리적 목적으로의 활용은 저작권법에 의거하여 처벌 받을 수 있음을 알려드립니다. 또한 수록된 기출 문제들의 저작권은 출제 기관인 '한국교육과정평가원'에 있음을 알려드립니다.

유형 02. 가계도 분석

Point ①. 우성인지, 열성인지 확인하기!

✳ 우성, 열성 판별하기

- ▶ 동일한 표현형을 지닌 부모 사이에서 부모의 표현형과 다른 표현형의 자손이 태어난 경우에는, 부모의 표현형이 우성이고, 자손의 표현형이 열성이다.
- ▶ 어떤 표현형에 대한 유전자형이 이형접합(= 잡종 = 헤테로)일 때, 표현형이 발현된 경우는 표현형이 우성형질이고, 표현형이 발현되지 않은 경우에는 표현형이 열성이다.

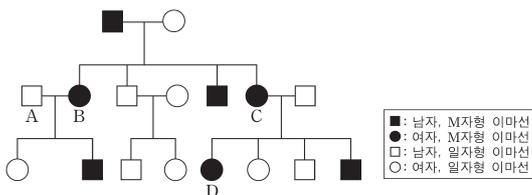
Point ②. 성염색체 유전인지, 상염색체 유전인지 확인하기!

✳ 성염색체 유전, 상염색체 유전 판별하기

- ▶ 열성 형질인 경우, 어머니가 형질을 나타내는데 아들이 형질을 나타내지 않는다면 이 열성 형질은 상염색체 유전이다.
- ▶ 우성 형질인 경우, 아버지가 형질을 나타내는데 딸이 형질을 나타내지 않는다면 이 우성 형질은 상염색체 유전이다.
- ▶ 한 형질에 대해 서로 다른 표현형을 나타내고 있는 부모가 각각 서로 다른 한 종류의 대립 유전자만을 가지고 있는데 이들 사이에서 태어난 아들과 딸의 이 형질에 대한 표현형이 서로 다를 경우에는 이 형질은 반성(X염색체) 유전이다. ... 『2014, 2015 대수능』
- ⚠ 성염색체 유전 형질인지, 상염색체 유전 형질인지 판별하는 것에서 위의 규칙은 가장 자주 쓰이는 몇 개를 나열한 것일 뿐이다. 이 방법으로 추론이 되지 않으면, 문제에 **제시된 조건을 통해 추론**해야 한다.

【 대표 유형 】 2014 대수능 예비시험 생명과학 I

7. 그림은 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정되는 이마선 유전에 대한 가계도를 나타낸 것이다. B의 이마선 유전자형은 이형접합이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- <보기> —
- ㄱ. 이마선 유전자는 X염색체 상에 있다.
 - ㄴ. B, C, D의 이마선 유전자형은 모두 동일하다.
 - ㄷ. A와 B 사이에서 셋째 아이가 태어날 때, 이 아이가 M자형 이마선을 가진 여사일 확률은 25%이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 : ④ ㄴ, ㄷ

Point ①. 우성인지, 열성인지 확인하기!

- ☞ B의 이마선 유전자형이 이형접합(헤테로)이므로 이마선에서 M자형은 일자형에 대해 우성이다.

Point ②. 성염색체인지, 상염색체인지 확인하기!

- ☞ 우성 유전의 경우 만약 반성 유전 형질이라면 어머니가 일자형 이마선이면 아들은 반드시 일자형 이마선 이어야한다. 그런데 B의 어머니로부터 M자형 이마선인 아들이 태어났으므로 이마선은 상염색체 유전 형질이다.

ㄱ. 이마선 유전자는 상염색체 상에 존재한다.

ㄴ. B, C는 어머니, D는 아버지로부터 열성 유전자를 물려받았으므로 B, C, D의 이마선 유전자형은 모두 이형접합으로 동일하다.

ㄷ. 이마선 대립 유전자를 T와 t라 하자. (T는 t에 대해 우성) A의 유전자형은 tt, B의 유전자형은 Tt이므로 M자형 이마선일 확률은 B로부터 T를 물려받을 확률 50%이다. 여자 아이일 확률은 A로부터 X염색체를 물려받을 확률 50%이므로 셋째 아이가 M자형 이마선 여아일 확률은 25%이다.

+ Point ③. 성염색체 유전일 경우 반성(X염색체) 유전인지, 한성(Y염색체) 유전인지 확인하기!

【 대표 유형 】 2012학년도 대수능 생물 I

18. 다음은 어떤 형질 (가), (나), (다)에 대한 자료와 이 형질이 나타나는 어떤 집안의 가계도이다.

○ (가), (나), (다)를 각각 결정하는 세 유전자 중 하나는 Y 염색체에 있고, 나머지 두 유전자는 X 염색체에 있다.
 ○ (가), (나)를 결정하는 유전자의 대립 유전자는 각각 A와 a, B와 b이며, A, B는 a, b에 대해 각각 완전 우성이다.
 ○ (다)를 결정하는 유전자의 대립 유전자는 D와 d이며, d가 있을 때 (다)가 나타난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 생식 세포 형성 시 교차와 돌연변이는 일어나지 않는다.) [3점]

— <보기> —

ㄱ. 4의 정자 중 a와 d가 동일한 염색체에 있는 정자의 비율은 50%이다.
 ㄴ. 5에서 (나)의 유전자형은 이형 접합이다.
 ㄷ. 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때 이 아이가 (나) 발현 여자일 확률은 25%이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 : ⑤ ㄴ, ㄷ

Point ③. 반성 유전인지, 한성 유전인지 확인하기!

☞ (다)는 남자에게서만 나타나고 있으므로 (다)는 한성 유전이다.
 ☞ (가)와 (나)는 모두 반성(X염색체)유전이다.

Point ①. 우성인지, 열성인지 확인하기!

☞ 정상인 1과 2로부터 6이 태어났으므로 (가)는 열성 유전이다.
 ☞ 정상인 3과 유전병 4로부터 8이 태어났으므로 (나)는 열성 유전이다.

ㄱ. 유전자 A와 a는 X염색체 위에 존재하고, 유전자 D와 d는 Y염색체 위에 존재한다. 따라서 4의 정자 중에서 a와 d가 동일한 염색체에 있는 것은 없다.

ㄴ. 1은 (나)를 나타내므로 유전자형이 bb이고, 2는 (나)를 나타내지 않으므로 유전자형이 BY이다. 따라서 5의 (나) 유전자형은 Bb이므로 이형접합임을 알 수 있다.

ㄷ. 4가 (나)를 나타내므로 8의 (나) 유전자형은 Bb이다. 7도 (나)를 나타내므로 (나) 유전자형은 bY이다. Bb와 bY 사이에서 (나) 발현 여자 아이가 태어날 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} = 25\%$ 이다.

+ Point ④. ABO식 혈액형 복합 출제 → 제시된 조건과 응집 반응 표로 혈액형 파악하기!

✳ ABO식 혈액형 유전

- ▶ 혈액형 대립 유전자 A와 B는 혈액형 대립 유전자 O에 대해 우성이다.
- ▶ 혈액형 대립 유전자 A와 B사이에는 우열의 원리가 성립하지 않는다.

혈액형	A형	B형	AB형	O형
유전자형	AO, AA	BO, BB	AB	OO
응집원	A	B	A, B	×
응집소	β	α	×	α, β

혈장 \ 혈구	A형	B형	AB형	O형
	A형	-	+	+
B형	+	-	+	-
AB형	-	-	-	-
O형	+	+	+	-

- ▶ 혈액 응집 반응에서 응집원 A는 α와, 응집원 B는 β와 응집이 일어난다.
- ▶ 동일한 ABO식 혈액형 혈액끼리 서로 섞었을 때에는 응집이 일어나지 않는다.
- ▶ O형의 혈장에는 응집소 α와 β가 모두 있으므로 어떤 적혈구와 반응시키더라도 응집된다.
- ▶ AB형의 적혈구에는 응집원 A와 B가 모두 있으므로 어떤 혈장과 반응시키더라도 응집된다.

⚠ 응집 반응 결과표를 통해 각각의 혈액형을 모두 추론하는 데는 한계가 있다. 또한 혈액형을 추론했다고 하더라도 A형과 B형은 유전자형까지는 추론이 불가능하므로 문제에 제시된 조건을 잘 활용해야한다.

본 자료의 저작권은 라인(lineun7015@naver.com)에 있습니다. 출처를 명시한 비영리적인 목적으로의 활용은 자유로우나, 임의로 출처를 변경하거나 영리적 목적으로의 활용은 저작권법에 의거하여 처벌 받을 수 있음을 알려드립니다. 또한 수록된 기출 문제들의 저작권은 출제 기관인 '한국교육과정평가원'에 있음을 알려드립니다.

+ Point ④. ABO식 혈액형 복합 출제 → 제시된 조건과 응집 반응 표로 혈액형 파악하기!

【 대표 유형 】 2014학년도 9월 평가원 생명과학 I

9. 다음은 영희네 가족의 유전병과 ABO식 혈액형에 대한 자료이다.

- 유전병 유전자와 ABO식 혈액형 유전자는 연관되어 있다.
- 유전병은 정상 유전자 T와 유전병 유전자 T*에 의해 결정되며, 대립 유전자 T와 T* 사이의 우열 관계는 분명하다.
- 아버지, 어머니, 오빠는 모두 유전병을 나타내고, 영희는 정상이다.
- 아버지는 A형, 어머니와 오빠는 B형, 영희는 O형이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 생식 세포 형성 시 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

— <보기> —

ㄱ. 대립 유전자 T는 T*에 대해 우성이다.
 ㄴ. 아버지의 T*는 혈액형 대립 유전자 A와 연관되어 있다.
 ㄷ. 오빠의 T*는 어머니로부터 물려받았다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 : ⑤ ㄴ, ㄷ

Point ②. 성염색체인지, 상염색체인지 확인하기!

☞ 유전병 유전자는 ABO식 혈액형 유전자와 연관되어 있으므로 상염색체 유전이다.

Point ①. 우성인지, 열성인지 확인하기!

☞ 유전병 부모로부터 정상인 영희가 태어났으므로 유전병은 정상에 대해 우성이다.

Point ④. 제시된 조건으로 ABO식 혈액형 파악!

☞ 영희가 O형이므로 아버지의 혈액형 유전자형은 AO, 어머니의 혈액형 유전자형은 BO이다. 또한 오빠의 혈액형 유전자형 역시 BO이다.

【 대표 유형 】 2014학년도 대수능 생명과학 I

17. 다음은 어떤 집안의 ABO식 혈액형과 유전병 ①에 대한 자료이다.

○ 그림은 이 집안의 ABO식 혈액형과 유전병 ①에 대한 가계도이고, 표는 이 가계도의 구성원 1, 3, 4 사이의 ABO식 혈액형에 대한 혈액 응집 반응 결과이다.

구분	1의 적혈구	3의 적혈구	4의 적혈구
1의 혈장	-	-	+
3의 혈장	+	-	+
4의 혈장	-	㉔	-

(+ : 응집됨, - : 응집 안 됨)

- 유전병 ①은 대립 유전자 T와 T*에 의해 결정되며, T와 T*의 우열 관계는 분명하다. T는 정상 유전자이고, T*는 유전병 유전자이다.
- 구성원 1과 2는 각각 대립 유전자 T와 T* 중 한 가지만 갖고 있다.
- 구성원 2와 5의 ABO식 혈액형의 유전자형은 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

— <보기> —

ㄱ. ㉔는 +이다.
 ㄴ. 3과 5는 모두 T*를 갖고 있다.
 ㄷ. 4와 5 사이에 아이가 태어날 때, 이 아이가 A형이며 유전병 ①인 아들일 확률은 $\frac{1}{8}$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답 : ② ㄴ

Point ①. 우성인지, 열성인지 확인하기!

☞ T*만 가지고 있는 1과 T만 가지고 있는 2의 사이에서 정상인 3이 태어났으므로 T는 T*에 대해 우성이다. (유전병은 열성 유전이다.)

Point ②. 성염색체인지, 상염색체인지 확인하기!

☞ T*만 가지고 있는 1과 T만 가지고 있는 2의 사이에서 ①인 4가 태어났으므로 ①은 반성(X염색체) 유전이다.

Point ④. 응집 반응 표로 ABO식 혈액형 파악!

☞ 1과 4의 응집 반응을 통해 4의 적혈구에 응집원 B가 있음을, 3과 4의 응집 반응을 통해 4의 적혈구에는 응집원 A도 존재함을 알 수 있으므로 4는 AB형이다. 1과 3의 응집 반응을 통해 3의 혈장에는 응집소 α와 β가 있음을 알 수 있다. 따라서 3은 O형이다.

+ Point ⑤. 염색체 비분리 복합 출제 → 제시된 조건을 바탕으로 비분리 상태 파악하기!

✳ 염색체 비분리

- ▶ 감수 1분열에서의 비분리는 상동 염색체 비분리를 의미하며, 감수 2분열에서의 비분리는 염색 분체의 비분리를 의미한다.
- ▶ 감수 1분열에서는 비분리가 일어나면 생성되는 분열 종료 후 생성되는 모든 딸세포에서 핵상이 정상이 아니지만(수 이상 돌연변이가 발생하지만), 감수 2분열에서 비분리가 일어난 경우에는 분열 종료 후 생성되는 딸세포에서 핵상이 정상인 세포와 정상이 아닌(수 이상 돌연변이가 발생한) 세포가 모두 생성된다. ... 『이 경우는 비분리가 1회만 일어났다는 조건이 문제에 제시』
- ⚠ 아래에서 설명하는 내용은 **한 쌍의 염색체만 고려했을 시의 상황**이며, **어떤 형질에 대한 유전자형이 이형 접합(= 헤테로 = 잡종)이라는 가정 하에 설명하는 것**입니다. ... 'Aa'라고 가정.
- ▶ 감수 1분열에서 비분리가 일어나면 비분리가 일어난 모세포(Aa)의 딸세포 유전자형은 모두 이형 접합자(Aa)이다.
- ▶ 감수 2분열에서 비분리가 일어나면 비분리가 일어난 모세포(AA or aa)의 딸세포 유전자형은 다른 하나는 동형 접합자(AA or aa)이고, 다른 하나는 유전자를 갖지 않는다.

【 대표 유형 】 2013학년도 대수능 생물 I

17. 다음은 어떤 유전병에 대한 자료이다.

○ 그림은 어떤 집안의 이 유전병에 대한 가계도이다.

○ 이 유전병은 대립 유전자 A와 A*에 의해 결정되며, A는 A*에 대해 완전 우성이다.

○ I대 구성원 각각은 대립 유전자 A와 A* 중 한 종류씩만 갖고 있다.

○ I~III대가 태어날 때 각각의 부모의 감수분열에서 염색체 비분리는 일어나지 않았다.

○ IV대가 태어날 때 부모의 감수분열에서 염색체 비분리는 매번 같은 한 사람에게서만 1회 일어났다.

○ IV대에서는 핵형 분석 결과 모두 염색체 수 이상이 나타났다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 이 유전병의 유전자형이 A*A*A이면 표현형은 정상이고, 염색체 비분리 이외의 다른 돌연 변이는 고려하지 않는다.) [3점]

- <보기> —
- ㄱ. 1의 정자 형성 과정에서 염색체 비분리가 일어났다.
 - ㄴ. 3은 제1 감수분열 중 상염색체에서만 비분리가 일어난 생식 세포의 수정에 의해 태어났다.
 - ㄷ. 2와 3의 체세포 1개당 A*의 개수는 서로 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

Point ①. 우성인지, 열성인지 확인하기!

☞ III대와 IV대에서 정상인 부모로부터 유전병인 자손이 태어났으므로 유전병은 열성 유전이다.

Point ②. 성염색체인지, 상염색체인지 확인하기!

☞ I대의 유전병인 어머니로부터 유전병인 아들이 태어났으므로 유전병은 반성 유전이다.

Point ⑤. 염색체 비분리 유형 확인하기!

☞ 비분리가 일어나지 않았다면, 원래 IV대에서는 아버지가 정상이므로 유전병인 딸이 태어날 수가 없다. 그런데 IV대가 태어날 때 모두 비분리가 일어나 유전병 딸인 3이 태어났으므로 염색체 비분리는 아버지인 1의 성염색체에서 일어난 것임을 알 수 있다.

- ㄱ. 1의 정자 형성 과정에서 성염색체가 비분리가 된 것임을 알 수 있다.
- ㄴ. 3은 정상 난자(A*)와 감수 2분열에서 성염색체가 비분리된 정자(O)가 수정되어 태어난 터너 증후군 환자이다.
- ㄷ. 2는 정상 난자(A*)와 감수 2분열에서 성염색체가 비분리된 정자(YY)가 수정되어 태어난 남자이다. 2의 유전자형이 A*YY이고, 3의 유전자형이 A*O 이므로 2와 3의 체세포 1개당 A*의 개수는 서로 같다.

정답 : ④ ㄱ, ㄷ

【 대표 유형 】 2014학년도 대수능 생명과학 I
 9. 다음은 철수네 가족 구성원의 유전병 ㉠과 적록 색맹에 대한 자료이다.

- 유전병 ㉠은 상염색체에 있는 대립 유전자 A와 A*에 의해 결정되며, A는 A*에 대해 완전 우성이다.
- 적록 색맹은 대립 유전자 B와 B*에 의해 결정되며, B는 정상 유전자이고, B*는 색맹 유전자이다.
- 철수네 가족 구성원은 아버지, 어머니, 형, 철수이고, 이들의 핵형은 모두 정상이다.
- 부모의 생식 세포 형성 시 비분리가 일어난 정자 ㉡와 비분리가 일어난 난자가 수정되어 남자인 철수가 태어났다. 이때 비분리는 각각 상염색체에서만 1회씩 일어났다.
- 형은 유전병 ㉠을 나타내며, 어머니와 철수는 유전병 ㉠을 나타내지 않는다.
- 철수는 적록 색맹이며, 어머니와 형은 정상이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차와 제시된 염색체 비분리 이외의 다른 돌연변이는 고려하지 않는다.)

— <보기> —

- ㄱ. 아버지는 유전병 ㉠을 나타내지 않는다.
- ㄴ. 어머니는 A*와 B*가 연관된 X 염색체를 가지고 있다.
- ㄷ. 감수 1분열에서 비분리가 일어나 정자 ㉡가 만들어졌다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 : ③ ㄱ, ㄷ

Point ②. 상염색체인지, 상염색체인지 확인하기!

- ☞ 형은 ㉠을 나타내는데, 철수는 ㉠을 나타내지 않으므로 ㉠은 반성 유전이다.
- ☞ 적록 색맹은 열성 반성(X염색체) 유전이다.

Point ①. 우성인지, 열성인지 확인하기!

- ☞ 형은 ㉠을 나타내고, 어머니는 ㉠을 나타내지 않으므로 어머니는 ㉠의 유전자형이 이형접합이다. 따라서 ㉠은 열성 반성 유전이다.

Point ⑤. 염색체 비분리 유형 확인하기!

- ☞ 정자와 난자 모두 비분리가 일어났지만, 철수의 핵형이 정상이므로, 정자 ㉡는 감수 1분열에서, 난자는 감수 2분열에서 비분리가 일어났음을 알 수 있다. ... 정자 ㉡ (XY), 난자 (상염색체 없음)

ㄱ. 철수는 상염색체의 구성이 아버지와 동일하므로 아버지는 ㉠을 나타내지 않는다.

ㄴ. 형은 어머니로부터 A*와 B가 연관된 염색체를 물려받았다. 어머니의 ㉠ 유전자형이 AA*이므로, 어머니는 A*와 B*가 연관된 염색체를 갖지 않는다.

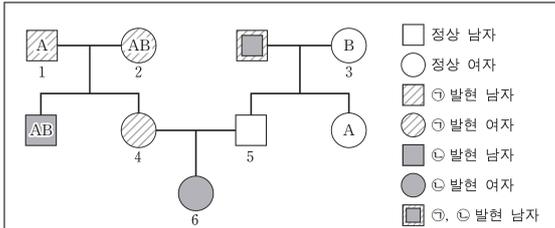
ㄷ. 정자 ㉡는 감수 1분열에서 비분리가 일어났다.

Bonus. 사람의 유전 파트 풀이를 보시면서 찾아내신 분들도 있으시겠지만, 2012 대수능 18번, 2014 9월 평가원 9번, 2014 대수능 9번에서는 우성인지 열성인지를 먼저 찾지 않고, 상염색체 유전인지 상염색체 유전인지를 먼저 알아냅니다. 이 두 문제의 공통점은 바로 문제에서 상염색체 유전인지 상염색체 유전인지에 판별할 수 있는 단서를 직접적으로 제시하고 있다는 것입니다. 유전 문제를 풀 때에는 대립 유전자 간의 우열 관계, 대립 유전자가 위치하는 염색체의 종류, 정상 유전자와 유전병 유전자에 대해서 알아야합니다. 대부분의 유전 문제들은 반드시 알아야하는 3가지 중 1~2가지에 대해 파악할 수 있는 단서나 자료를 제시해 준 다음, 수험생으로 하여금 각각의 형질마다 앞서 언급 드렸던 3가지의 필수 조건을 정확하게 추론할 수 있는지를 물어봅니다. 따라서 평소에는 <보기>의 선택지에서 물어본 부분만 분석하지 마시고, 제시된 정보로 추론할 수 있는 모든 내용들을 찾아내는 연습을 하셔야합니다. 그런 다음 실제 시험장에서는 <보기>에서 묻고 있는 내용들에 대한 단서들만 최대한 빨리 찾아내는 것입니다. 시간 확보가 매우 중요한 만큼, 직접적으로 제시되어 다른 내용들에 비해 더 빨리 찾아낼 수 있는 단서들을 먼저 찾고 나머지를 찾아내는 것이 훨씬 더 효율적입니다.

+ Point ⑦. 연관 유전 형질 복합 출제 → 염색체 지도를 그려서 직접 가계도 상에 나타내기!

【 대표 유형 】 2015학년도 9월 평가원 생명과학 I

20. 다음은 어떤 집안의 ABO 식 혈액형과 형질 ①, ②에 대한 가계도와 자료이다.



- ABO 식 혈액형과 형질 ①, ②을 결정하는 유전자는 모두 하나의 상염색체에 연관되어 있다.
- ①과 ②은 각각 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정되며, 각 형질에서 대립 유전자 사이의 우열 관계는 분명하다.
- 1과 4에서 ABO 식 혈액형의 유전자형은 이형 접합이고, 3에서 ②의 유전자형은 이형 접합이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

— <보기> —

- ㄱ. 2와 4는 ①에 대한 유전자형이 같다.
- ㄴ. 5의 혈액형은 A형이다.
- ㄷ. 6의 동생이 태어날 때, 이 동생에게서 ①과 ② 중 어느 것도 발현되지 않고 혈액형이 B형일 확률은 0.25이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Point ①. 우성인지, 열성인지 확인하기!

- ☞ 유전병인 1, 2로부터 정상 아들이 태어났으므로 유전병 ①은 정상에 대해 우성이다.
- ☞ 유전병인 4, 5로부터 정상인 6이 태어났으므로 유전병 ②은 정상에 대해 열성이다.

Point ②. 상염색체인지, 성염색체 인지 확인하기!

- ☞ 제시된 조건을 통해 유전병 ①, ②이 상염색체 유전임을 알 수 있다.

Point ④. 제시된 조건으로 ABO식 혈액형 파악!

- ☞ 1의 ABO식 혈액형 유전자형이 이형접합이므로 A0이다. 4의 ABO식 혈액형 유전자형 또한 이형접합이므로 4의 ABO식 혈액형 유전자형으로 가능한 것은 A0, B0, AB이다.
- ☞ 3으로부터 A형인 자녀가 태어났으므로 3의 ABO식 혈액형 유전자형은 B0이다.

Point ⑦. 염색체 지도를 가계도 상에 직접 그리기!

- ☞ 지금까지 알아낸 정보를 바탕으로 가계도 상에 염색체 지도를 그린다. 염색체 지도를 그리는 과정에서 추가적인 정보를 획득할 수 있다!

유전병 ① → R > r
 ② → T > t

4의 경우,
 1) ABO식 혈액형 유전자형이 이형접합
 2) 유전병 ①만 발현
 3) 자녀에게 유전자 t를 물려 줄
 이 세가지를 모두 고려하여 염색체 지도를 완성한다.

재시된 자료로만 알아낼 수 있는 정보.
 유전병 ①, ②의 특징과 가계도 정보를 바탕으로 알아낼 수 있는 정보.

★ 반드시 염색체 지도를 그려봐야 합니다!

- 연필로 기재된 부분은 위에서 알아낸 단서로 충분히 알아낼 수 있으므로, 이를 먼저 기록한다.
- 어느 정도 알아낸 정보를 바탕으로 가계도에 나타난 각 구성원별 표현형과 문제에서 제시된 조건을 이용하여 나머지 알아내지 못한 정보를 찾아낸다. 이 부분은 빨간색 볼펜으로 기재되었으며 염색체의 번호 순서는 필자가 염색체 지도를 완성해 나간 과정대로 기재한 것이다.
- 다른 구성원들의 염색체 지도를 완성했다면 가계도에서 알아낸 정보와 제시된 조건을 이용해 4와 6의 염색체 지도를 완성한다. 이 부분은 파란색 볼펜으로 기재되어 있다.

- ㄱ. 2와 4는 모두 유전병 ①의 유전자형이 Rr이므로 ①에 대한 유전자형이 서로 같다.
 - ㄴ. 5는 아버지로부터 혈액형 대립 유전자 A를 물려받았고, 어머니로부터 혈액형 대립 유전자 O를 물려받았으므로 혈액형이 A형이다.
 - ㄷ. 6의 동생이 태어날 때 ①과 ②이 모두 발현되지 않으면서 혈액형이 B형이 되려면 어머니로부터 염색체 ①과 아버지로부터 염색체 ②을 물려받아야하므로 6의 동생이 이와 같은 표현형을 가지고 태어날 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} = 0.25$ 이다.
- 정답 : ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

cf. 가계도 연관 문제는 노가다성(?)이 아주 짙습니다. 특히 15 9평 20번은 더더욱 그렇습니다. ㅠㅠ