중3 과학 · 생식과 유전

V10

어떤 형질은 왜 남자에게 더 많이 나타날까?

중3 과학 · 성 결정과 반성유전 — 궁금증에서 문제 풀이까지



ABO식 혈액형은 남녀에서 나타나는 비율이 같았다. 그런데 적록 색맹은 왜 남자에게 더 많이 나타날까? 이번에는 대립유전자의 종류뿐 아니라 **그 대립유전자가 들어 있는 염색체가 누구에게 전달되는지**를 함께 본다.

© 대치동 재우쌤 | 010-9524-4849 | https://leessaem.com/ | https://blog.naver.com/leessaem84
본 자료는 직접 제작한 학습 자료입니다. 개인 학습을 위한 열람·인쇄는 자유롭게 할 수 있으며, 무단 복제·재배포·수정 후 재배포 및 상업적 이용을 금합니다.

질문 지도

묶음	읽다가 생기는 질문	확인 문제
1. X와 Y의 전달	Q1 성 결정 · Q2 X 하나의 의미 · Q3 보인자의 전달	1–12
2. 누구에게서 받았을까	Q4 아버지와 아들 · Q5 여자에게 나타나는 조건	13–24
3. 확률과 근거	Q6 아들 중과 모든 자녀 중 · Q7 가계도에서 유전자형 정하는 순서	25–40
선택 확장	Q8 혈액형과 반성유전을 함께 묻는 경우	선택 1–2

먼저 꺼내 올 것

앞에서 배운 개념	이번 편에서 연결할 것
생식세포에는 체세포 염색체 수의 절반이 들어간다.	체세포는 46개, 난자·정자는 각각 23개이다.
자녀는 부모에게서 염색체를 하나씩 받는다.	성염색체도 어머니에게서 하나, 아버지에게서 하나 받는다.
열성 대립유전자도 사라지지 않고 전달된다.	겉으로 정상인 보인자도 자녀에게 전달할 수 있다.
조합표 한 칸은 실제 자녀 한 명을 미리 정한 자리가 아니다.	앞 자녀의 성별·형질이 다음 자녀의 확률을 바꾸지 않는다.

이 편의 약속

1. 가계도는 모두 지어낸 것이다.
2. 딸과 아들이 태어날 확률은 각각 $\frac{1}{2}$이다.
3. 앞에 태어난 자녀는 다음 자녀의 확률을 바꾸지 않는다.

1. X와 Y의 전달

Q1 XX와 XY는 수정 과정에서 어떻게 정해질까?

한줄답 난자는 X를, 정자는 X 또는 Y를 전달하므로 수정 때 XX 또는 XY가 된다.

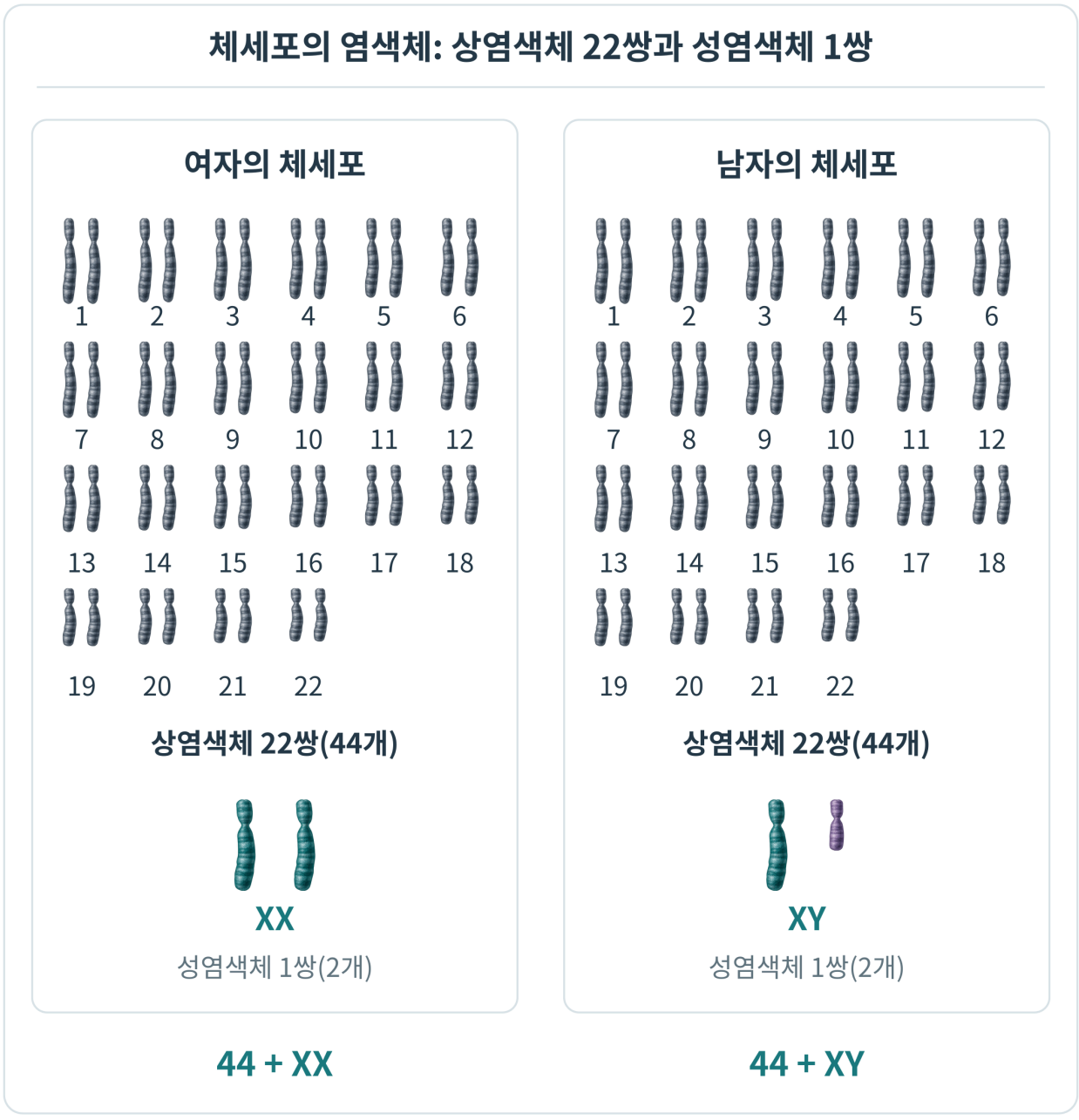


그림 1. 여자와 남자 체세포의 염색체 구성

사람의 체세포에는 염색체가 46개 있다. 상염색체는 22쌍인 44개이고, 성염색체는 1쌍인 2개이다. 여자는 XX, 남자는 XY로 성염색체를 나타낸다.

세포	상염색체	성염색체	합계	표기
여자의 체세포	44개	XX, 2개	46개	44 + XX
남자의 체세포	44개	XY, 2개	46개	44 + XY
난자 한 개	22개	X, 1개	23개	22 + X
정자 한 개	22개	X 또는 Y 중 하나, 1개	23개	22 + X 또는 22 + Y

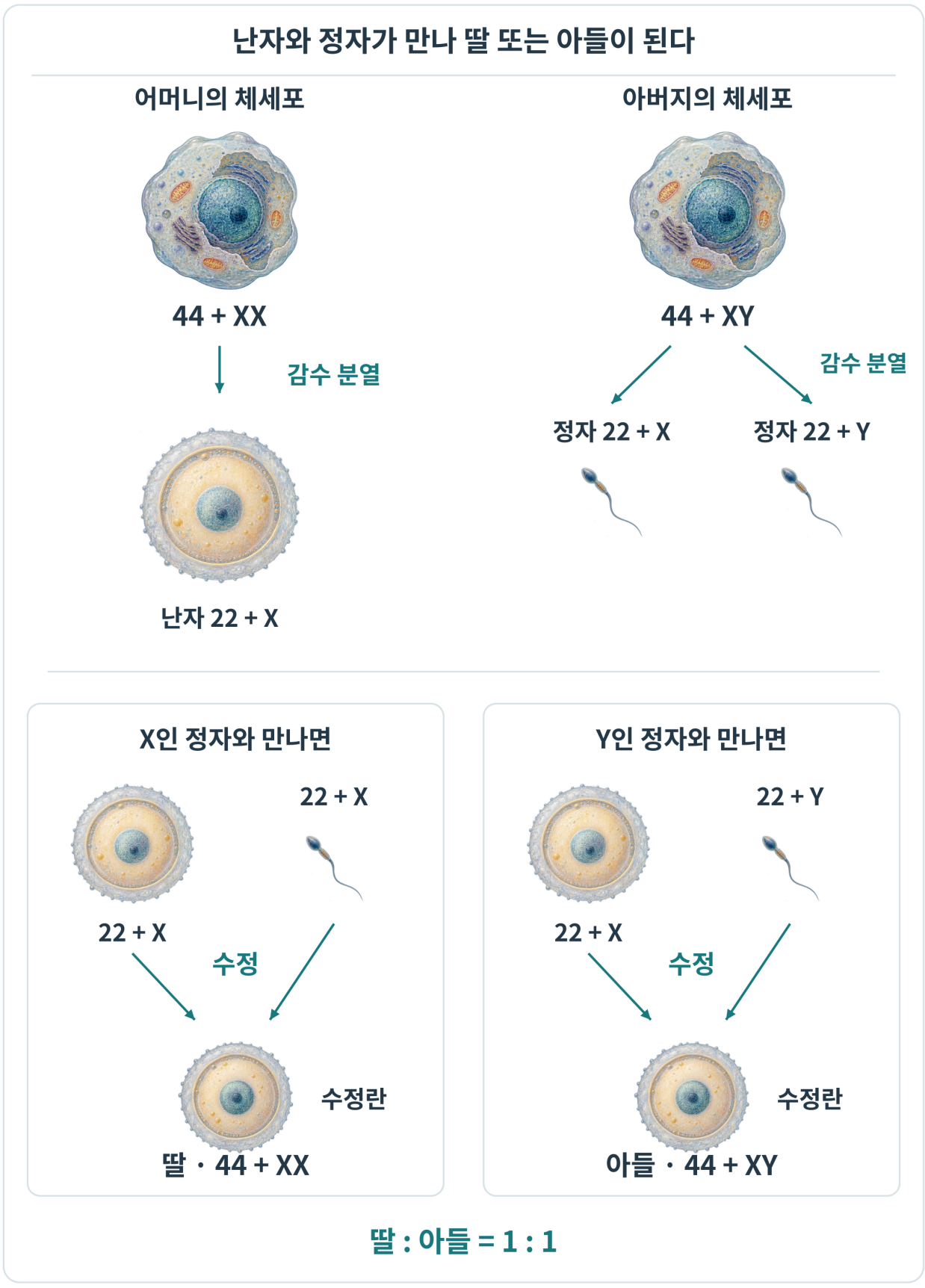


그림 2. 감수 분열과 수정으로 성이 결정되는 과정

자녀의 성별은 수정되는 정자가 X를 가졌는지 Y를 가졌는지에 따라 결정된다. X인 정자가 난자와 만나면 XX인 딸, Y인 정자가 만나면 XY인 아들이 된다.

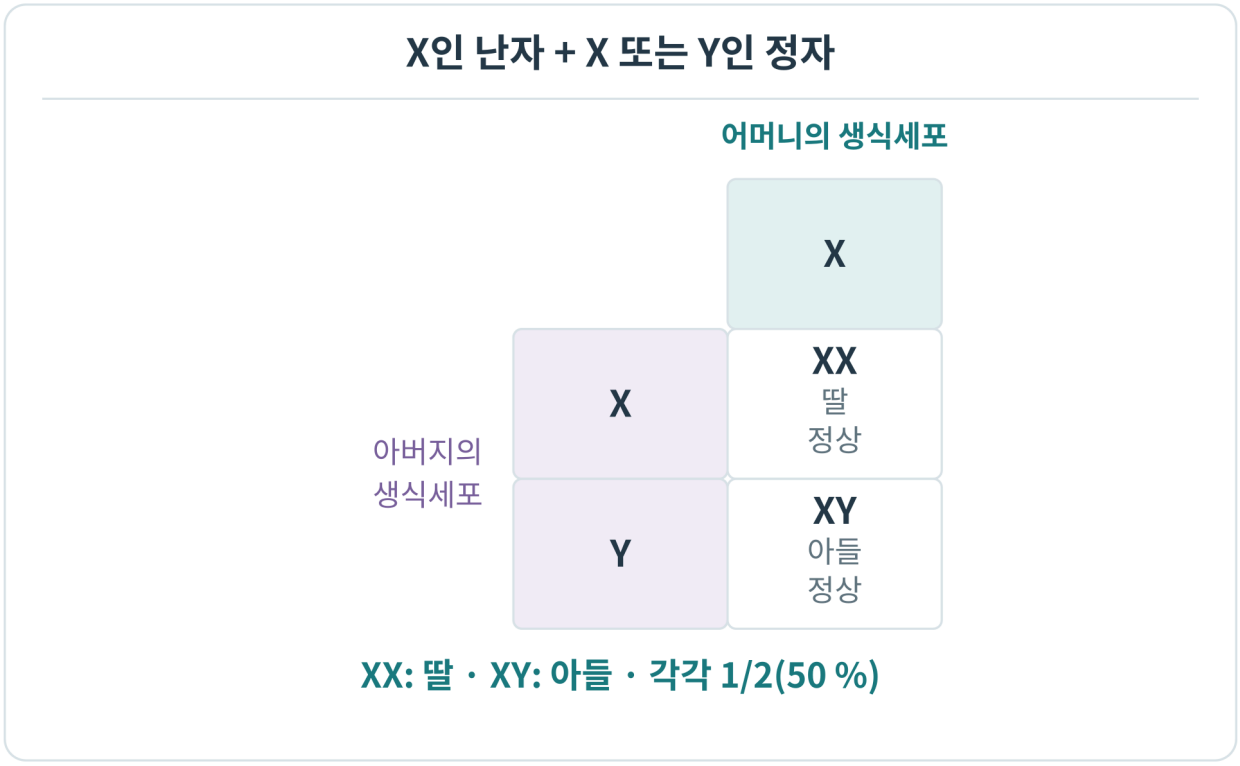


그림 3. 난자와 정자의 성염색체가 만나는 조합표

조합표는 부모의 생식세포가 만나 생기는 자녀의 염색체 구성이나 유전자형을 정리한 표이다. 위와 왼쪽에는 부모 각각의 생식세포를, 안쪽에는 두 생식세포가 만난 결과를 적는다. 난자의 X는 한 종류이므로 한 번만 적었다.

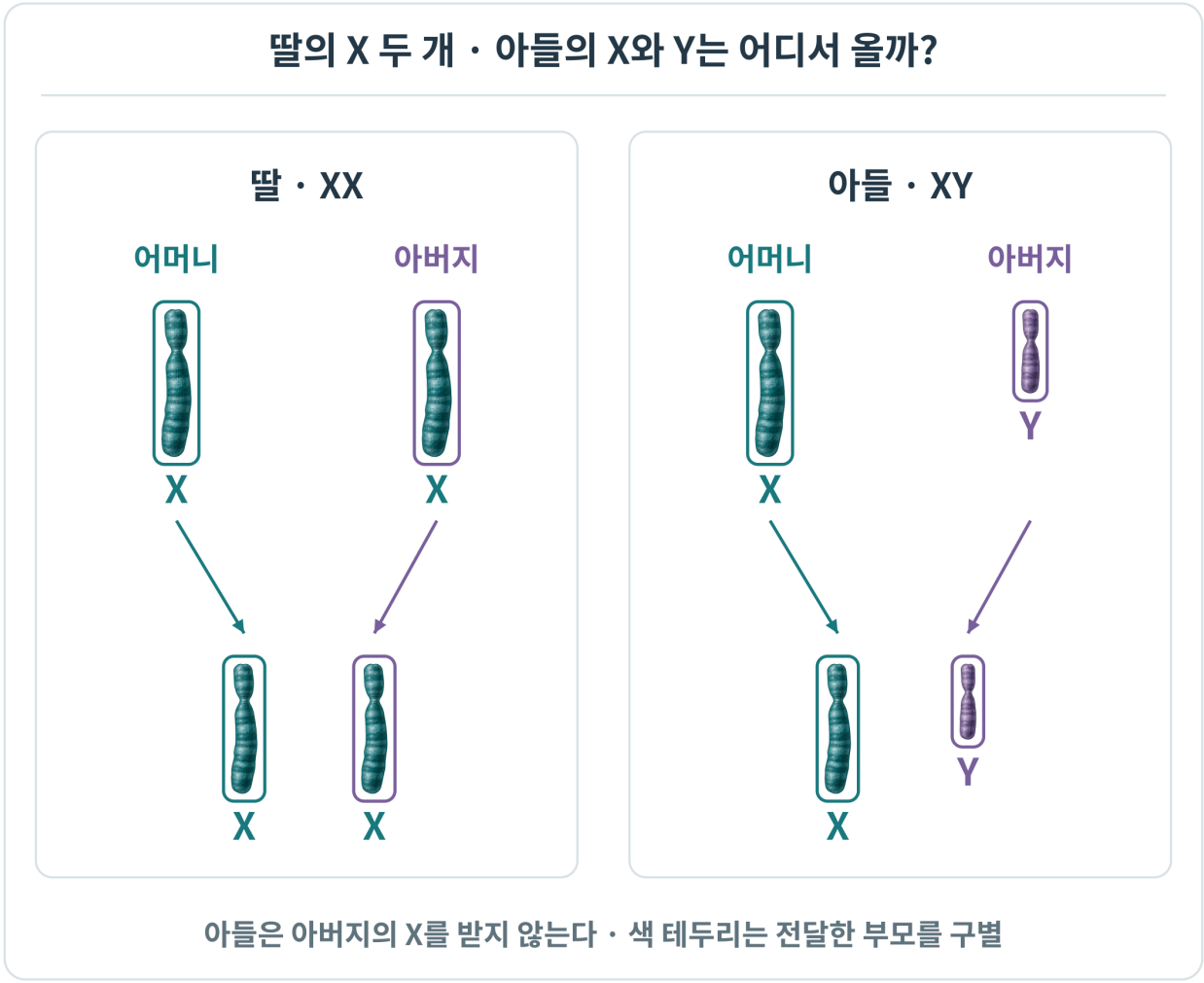


그림 4. 딸과 아들에게 전달되는 성염색체의 출처

딸은 양쪽 부모에게서 X를 하나씩 받는다. 아들은 어머니에게서 X를, 아버지에게서 Y를 받는다.

쉽게 생각하면 난자는 X 한 종류, 정자는 X·Y 두 종류이다. 만나는 순간의 조합을 본다.

헷갈리지 말 것 **X는 염색체의 이름이다. X자 모양이라는 뜻이 아니다.**

실전 연결 ① — 성염색체와 전체 염색체 수 구별하기

대표 문제 남자에게서 만들어진 정자 한 개의 염색체 구성을 '상염색체 수 + 성염색체'로 쓰시오. 정자에 XY가 함께 들어간다는 설명이 틀린 까닭도 쓰시오.

판단 근거	답
정자는 체세포 염색체 수의 절반을 가진다.	22 + X 또는 22 + Y
성염색체는 한 개만 들어간다.	한 정자에는 X와 Y 중 하나만 들어간다. XY를 함께 쓰면 성염색체 두 개를 넣은 셈이다.

기억할 기준 **전체 수 23개와 성염색체 수 1개를 따로 센다.**

Q2 X 염색체에 있는 열성 대립유전자는 왜 남자에서 하나만 있어도 나타날까?

한줄답 **남자는 X가 하나이고, Y에는 이 유전자가 없기 때문이다.**

형질을 결정하는 유전자가 **성염색체에 있어 성별에 따라 형질이 나타나는 비율이 다른 유전 현상**을 반성유전이라고 한다. 적록 색맹은 적색과 녹색 계열을 구별하는 데 어려움이 있는 유전 형질이다.

적록 색맹에서는 빨강과 초록을 구별하기 어렵다

적록 색맹이 아닌 사람이 볼 때 **적록 색맹인 사람이 볼 때**



색 구별이 어려워지는 모습을 단순화한 예 · 보이는 색은 사람마다 다를 수 있다

그림 5. 같은 장면에서 빨강과 초록을 구별하기 어려워지는 모습을 단순화한 예

기호	나타내는 뜻
X	정상 대립유전자가 있는 X 염색체
X′	적록 색맹 대립유전자가 있는 X 염색체. ′는 프라임 기호이다.
Y	이 유전자가 없는 Y 염색체

X와 X′는 모두 X 염색체이다. 적록 색맹에 관한 대립유전자가 달라 기호를 구별한 것이다. Y에도 다른 유전자들이 있지만 **Y에는 적록 색맹 유전자가 없다.** 정상 대립유전자는 적록 색맹 대립유전자에 대해 우성이다.



그림 6. X·X′·Y와 적록 색맹 유전자의 위치



그림 7. 여자 XX′와 남자 X′Y에서 적록 색맹이 나타나는 차이

성별	유전자형	형질
남자	XY	정상
남자	X′Y	적록 색맹
여자	XX	정상
여자	XX′	정상(보인자)
여자	X′X′	적록 색맹

XX′에서는 정상 대립유전자가 있어 적록 색맹이 나타나지 않는다. X′Y에는 가려 줄 정상 대립유전자가 없어 적록 색맹이 나타난다. 남자에게 들어갔다고 열성 대립유전자가 우성으로 바뀐 것은 아니다.

쉽게 생각하면 여자는 X′ 옆에 정상 대립유전자를 가진 X가 있으면 가려진다. 남자는 X′ 옆이 Y라서 가려 줄 것이 없다.

Q3 겉으로 형질이 나타나지 않는 보인자도 자녀에게 전달할 수 있을까?

한줄답 **전달할 수 있다. 보인자 XX′는 적록 색맹이 나타나지 않아도 X′를 가지고 있다.**

보인자는 열성 대립유전자를 가지고 있으나 그 열성 형질이 나타나지 않는 사람이다. 적록 색맹에서는 XX′인 여자가 보인자이다.

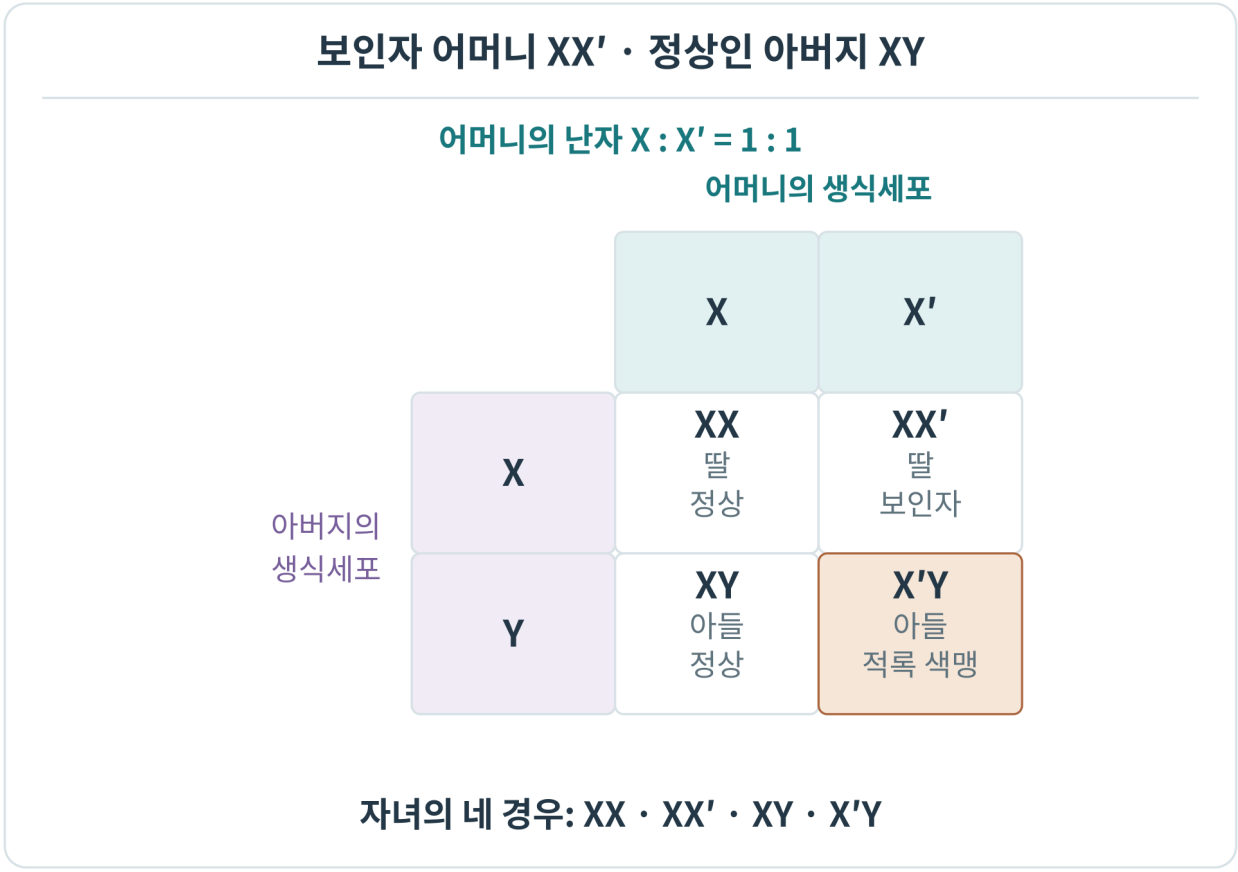


그림 8. 보인자 어머니와 정상인 아버지의 자녀

XX′인 어머니는 X 또는 X′를 가진 난자를 만든다. 겉으로 정상이어도 X′를 전달할 수 있고, 이 X′를 받은 아들은 X′Y이므로 적록 색맹이 나타난다. **남자에게는 보인자가 없으며, X가 하나뿐이라 X′가 있으면 바로 나타난다.**

쉽게 생각하면 겉으로 보이지 않는다고 전달할 것도 없는 것은 아니다.

확인 문제 1–12

1. 남자의 체세포 염색체 구성을 바르게 쓴 것은?

① 44 + XY ② 44 + XX ③ 22 + X ④ 22 + Y ⑤ 46 + XY

2. 빈칸에 수를 쓰시오.

체세포: 전체 ( )개 = 상염색체 ( )개 + 성염색체 ( )개

생식세포: 전체 ( )개 = 상염색체 ( )개 + 성염색체 ( )개

3. 사람의 성 결정에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 난자는 X 또는 Y를 가진다.

② Y를 가진 난자와 X를 가진 정자가 만나 아들이 된다.

③ 정자 한 개에는 X 또는 Y 중 하나가 들어간다.

④ 아들은 어머니에게서 성염색체를 받지 않는다.

⑤ 정자 한 개에는 X와 Y가 함께 들어간다.

4. 옳으면 ○, 틀리면 ×를 쓰시오.

(가) 두 자녀가 모두 딸이었다면 다음 자녀는 반드시 아들이다. ( )

(나) 다음 자녀가 딸일 확률은 $\frac{1}{2}$이다. ( )

5. 아들은 성염색체를 각 부모에게서 무엇씩 받는가?

어머니에게서 ( ) / 아버지에게서 ( )

6. 사람의 성 결정에서 가능한 성염색체 전달 경로는?

① 아버지의 X → 아들 ② 아버지의 Y → 딸 ③ 어머니의 Y → 아들

④ 아버지의 X → 딸 ⑤ 어머니의 Y → 딸

7. 표의 빈칸에 유전자형을 쓰시오.

구분	유전자형
적록 색맹이 나타나지 않는 남자	( )
적록 색맹이 나타나는 남자	( )
적록 색맹 보인자인 여자	( )
적록 색맹이 나타나는 여자	( )

8. X′Y인 남자에게 적록 색맹이 나타나는 까닭으로 옳은 것은?

① Y에 적록 색맹의 열성 대립유전자가 있기 때문이다.

② Y에는 적록 색맹 유전자가 없기 때문이다.

③ X′는 Y를 가진 염색체이기 때문이다.

④ 한 X′에 우성·열성 대립유전자가 같은 위치에 함께 있기 때문이다.

⑤ 열성 대립유전자가 남자에게 들어가면 우성이 되기 때문이다.

9. XX′인 여자가 보인자인 까닭을 ‘나타나지 않음’과 ‘열성 대립유전자’를 넣어 한 문장으로 쓰시오.

답: ( )

10. XX′인 여자가 만드는 난자의 성염색체 종류는?

① X만 ② X′만 ③ X′ 또는 Y ④ XX′ ⑤ X 또는 X′

11. 옳으면 ○, 틀리면 ×를 쓰시오.

(가) 보인자는 적록 색맹이 나타나지 않아도 열성 대립유전자를 전달할 수 있다. ( )

(나) X′Y인 남자는 적록 색맹이 나타나지 않는 보인자이다. ( )

12. ABO식 혈액형과 이 편의 적록 색맹 유전을 비교한 설명으로 옳은 것은?

① 두 형질의 유전자는 모두 Y 염색체에 있다.

② 적록 색맹의 열성 대립유전자는 생식세포로 분리되지 않는다.

③ 두 형질의 유전자가 들어 있는 염색체의 종류가 다르다.

④ 적록 색맹의 대립유전자는 남자에게서 우성으로 바뀐다.

⑤ ABO식 혈액형은 남자에게만 나타난다.

2. 누구에게서 받았을까

Q4 **아버지와 아들에게 모두 적록 색맹이 나타나면 아버지의 X′를 직접 받은 걸까?**

한줄답 아니다. 아들은 어머니에게서 X 또는 X′를, 아버지에게서 Y를 받는다.

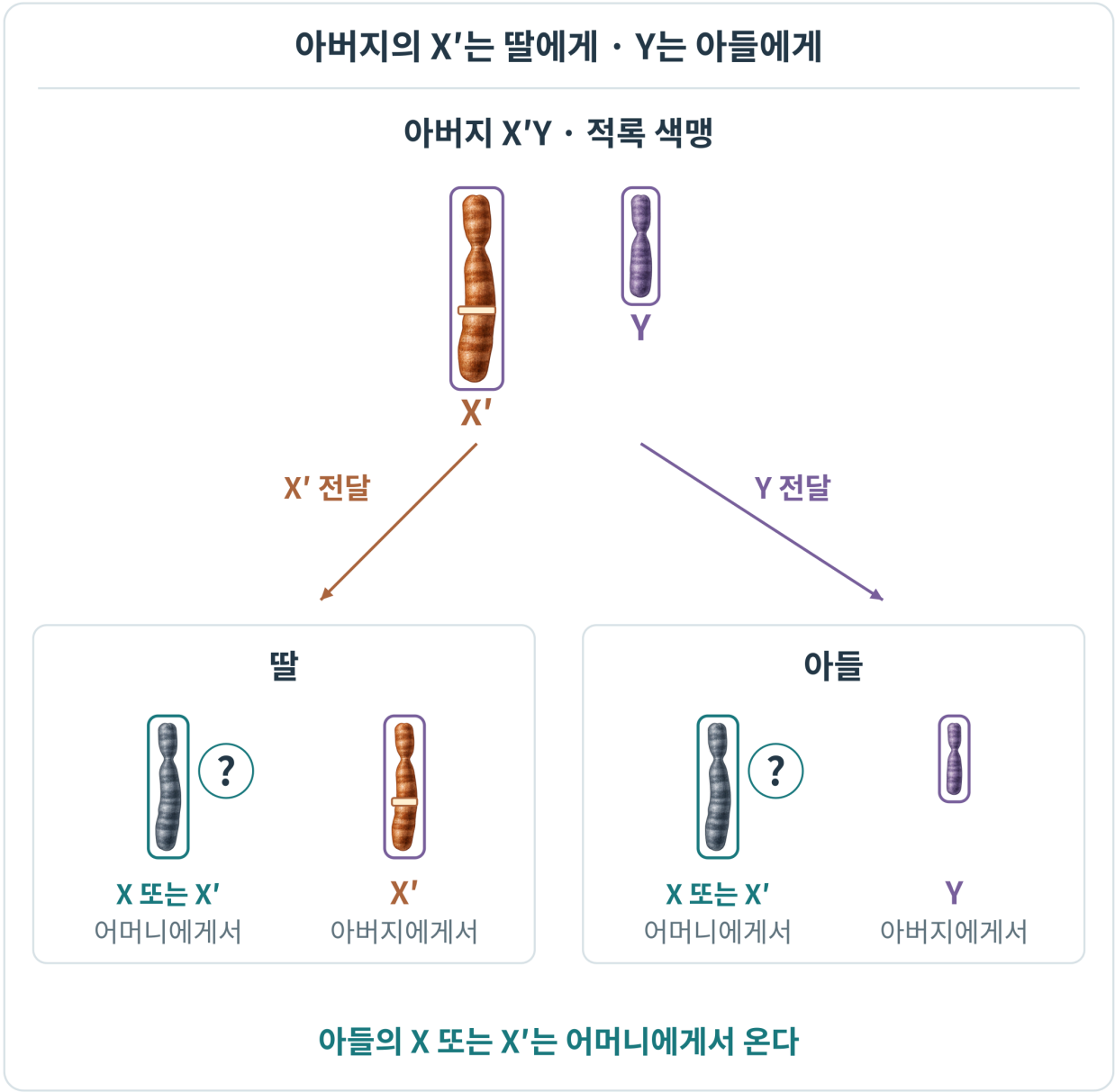


그림 9. 적록 색맹인 아버지의 성염색체 전달 경로

X′Y인 아버지는 딸에게 X′를, 아들에게는 Y를 전달한다. **아버지와 아들이 둘 다 적록 색맹이어도, 아들의 X′는 아버지가 준 것이 아니다.** 아들의 X′는 어머니에게서 온다.

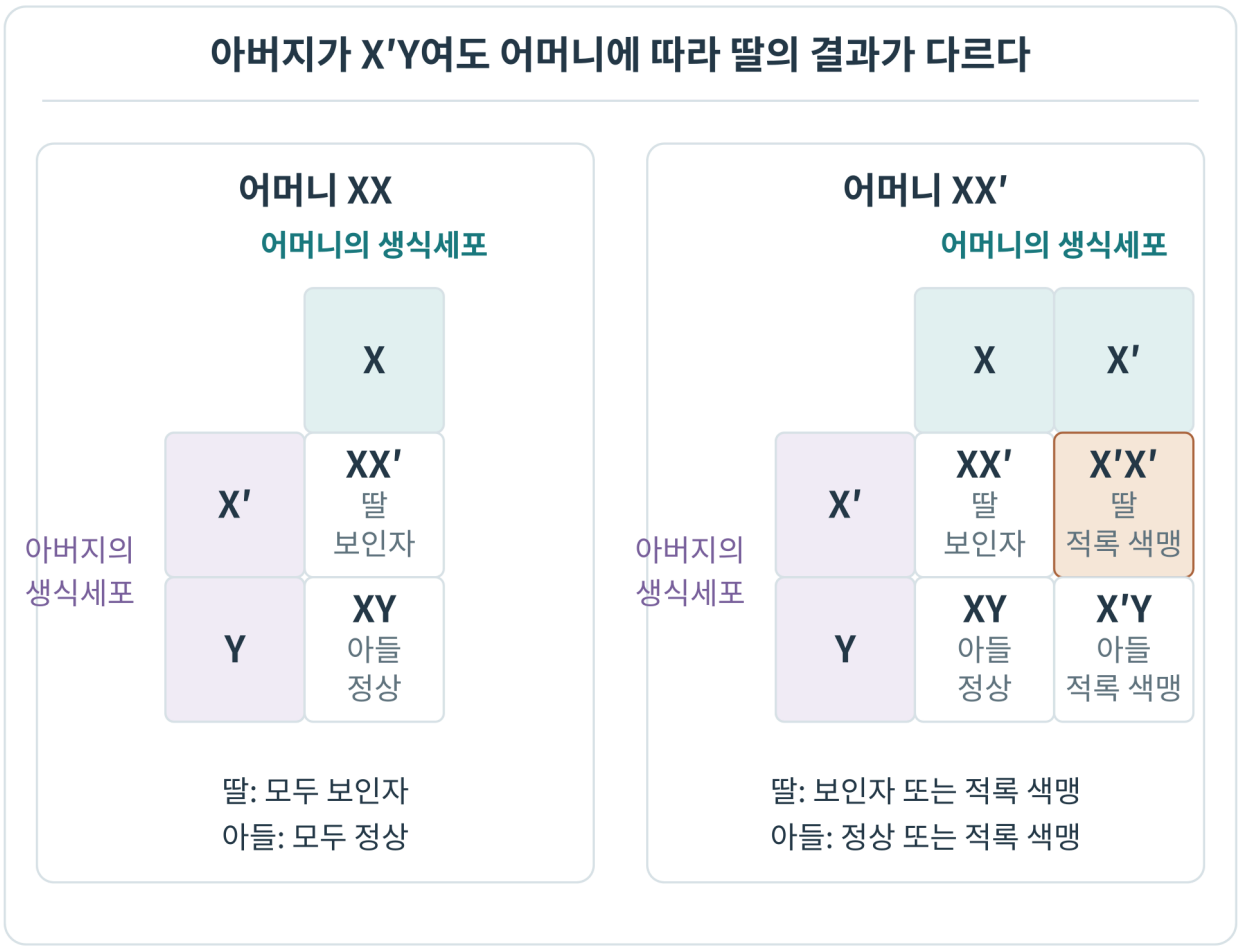


그림 10. 어머니의 유전자형에 따라 달라지는 자녀

쉽게 생각하면 아버지의 X′가 아들에게 곧바로 이어지는 선은 없다. 아들의 X′ 출처는 어머니 쪽이다.

실전 연결 ② — 같은 형질과 같은 전달 경로를 구별하기

대표 문제 아버지는 X′Y이고, 어머니는 적록 색맹이 나타나지 않는다. 두 사람 사이에서 적록 색맹인 아들이 태어났다. 어머니의 유전자형과 아들의 X′ 출처를 쓰시오.

단계	근거	정해지는 것
① 아들부터 쓰기	남자이며 적록 색맹이 나타남	아들 X′Y
② 전달 경로 나누기	아버지는 아들에게 Y를 전달	아들의 X′는 어머니에게서 옴
③ 어머니가 정상인지 함께 보기	X′를 가지지만 나타나지 않음	어머니 XX′

기억할 기준 형질이 같은 부모를 먼저 고르지 말고, 자녀의 성염색체가 온 경로를 확인한다.

Q5 여자에게도 적록 색맹이 나타날 수 있을까?

한줄답 나타날 수 있다. 두 X 모두에 적록 색맹 대립유전자가 있으면 X′X′가 된다.

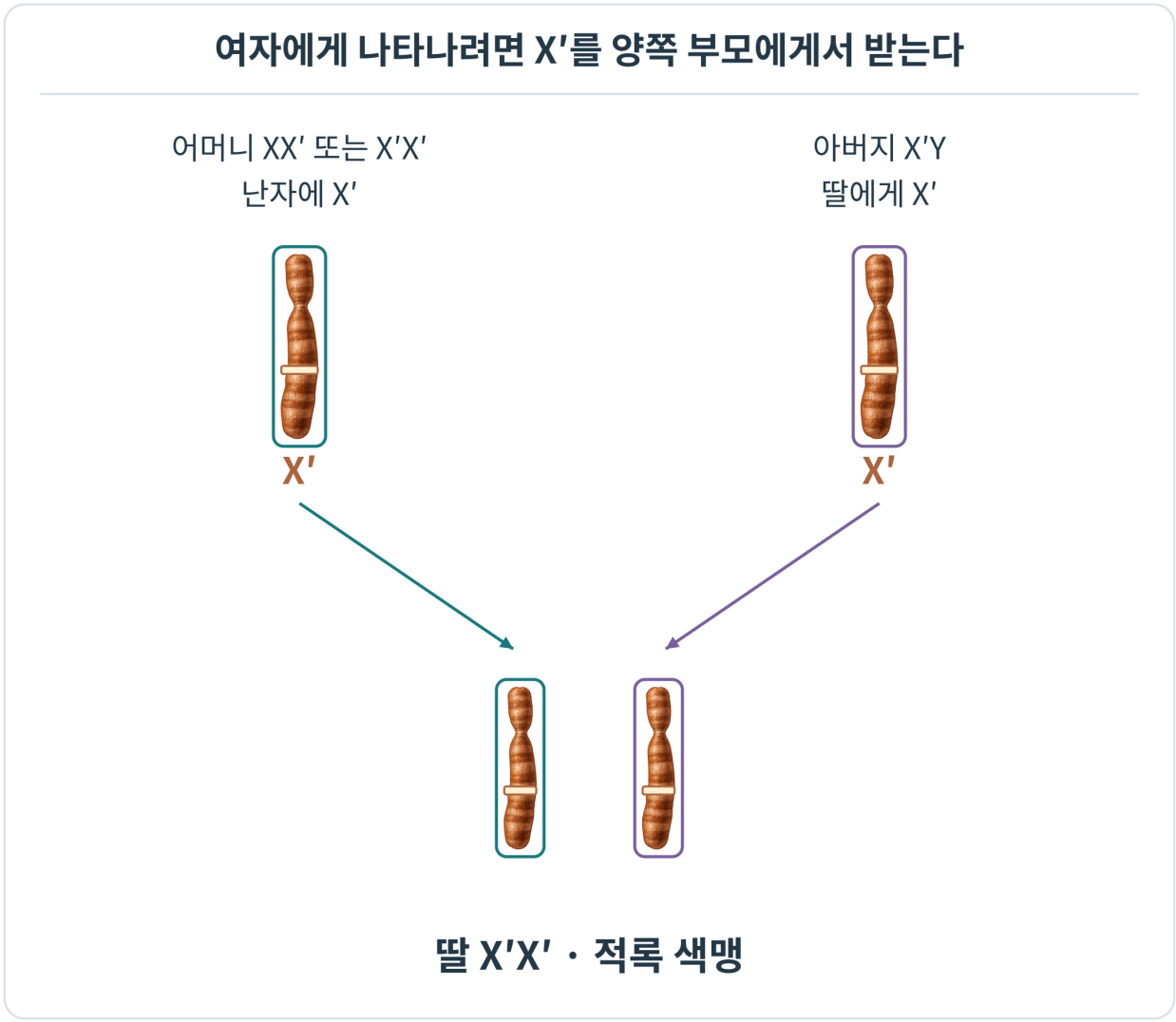


그림 11. 딸에게 적록 색맹이 나타나는 부모의 조건

X′X′인 딸은 양쪽 부모에게서 X′를 하나씩 받아야 한다. 아버지는 X′Y, 어머니는 XX′ 또는 X′X′이다.

남자	여자
X′ 1개면 적록 색맹이 나타남	X′ **2개**여야 적록 색맹이 나타남

남자는 X′가 하나만 있어도 나타나지만 여자는 두 개가 모두 X′여야 나타난다. 그래서 여자보다 남자에게 더 많이 나타난다.

쉽게 생각하면 딸에게 나타나려면 X′를 두 곳에서 받아야 한다. 아버지 쪽 X′도 꼭 필요하다.

반드시 성립하는 두 가지

1. 어머니가 적록 색맹(X′X′)이면 **아들은 모두** 적록 색맹이다.
2. 딸이 적록 색맹(X′X′)이면 **아버지는 반드시** 적록 색맹이다.

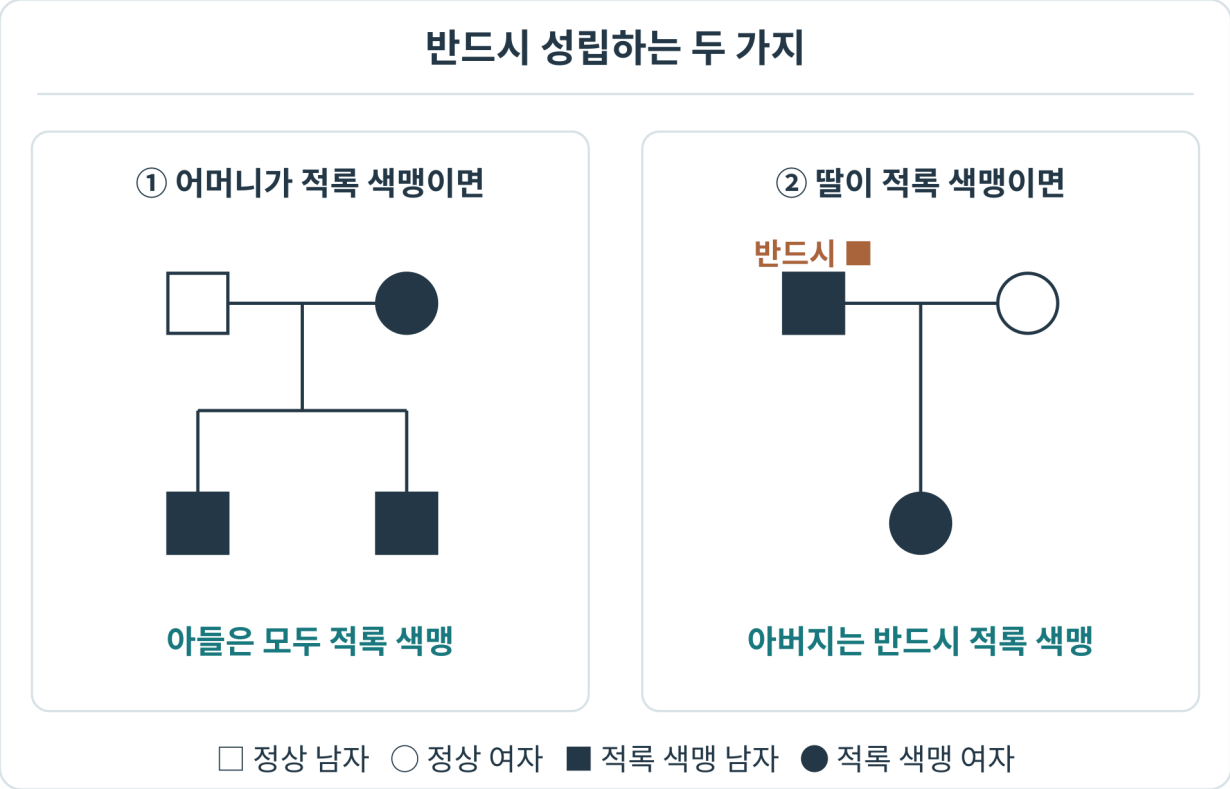


그림 12. 어머니가 적록 색맹인 경우와 딸이 적록 색맹인 경우

같은 원리: 혈우병

혈우병은 상처가 났을 때 피가 잘 멎지 않는 유전병이다.
유전자가 X 염색체에 있고 열성이므로 적록 색맹과 같은 방식으로 유전된다.
여기서 X′를 혈우병 대립유전자가 있는 X로 쓰면, 정상 남자는 XY·혈우병 남자는 X′Y·보인자 여자는 XX′이다.

확인 문제 13–24

13. 아버지와 아들 모두 X′Y이다. 아들의 X′ 출처에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 아버지의 X′가 아들에게 직접 전달되었다.

② 아들의 X′는 어머니에게서 왔다.

③ 같은 형질이므로 반드시 새로 생긴 X′이다.

④ 아버지에게서 X′와 Y를 모두 받았다.

⑤ 아버지의 Y가 X′로 변했다.

14. X′Y인 아버지가 딸에게 반드시 전달하는 성염색체를 쓰시오.

답: ( )

15. 어머니는 XX, 아버지는 X′Y이다. 이 부모의 자녀에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 모든 아들은 적록 색맹이 나타난다.

② 모든 딸은 적록 색맹이 나타난다.

③ 모든 딸에게 X′가 없으므로 자녀에게 전달할 수 없다.

④ 모든 딸은 적록 색맹 보인자이다.

⑤ 아들은 아버지에게서 X′를 받는다.

16. 아버지는 XY이고 어머니는 정상이다. 적록 색맹인 아들이 태어났다.

어머니의 유전자형 ( ) / 이 부부의 딸에게 적록 색맹이 나타날 수 있는가? ( )

17. X′X′인 딸이 태어나기 위해 필요한 부모의 조건으로 옳은 것은?

① 아버지 XY, 어머니 XX

② 아버지 XY, 어머니 XX′

③ 아버지 XY, 어머니 X′X′

④ 아버지 X′Y, 어머니 XX

⑤ 아버지 X′Y, 어머니 XX′ 또는 X′X′

18. 어머니 XX′, 아버지 X′Y일 때 딸에게 가능한 유전자형은?

① XX′ 또는 X′X′　② XX 또는 XX′　③ XY 또는 X′Y

④ XX만　⑤ XX 또는 X′X′

19. 적록 색맹이 여자보다 남자에게 더 많이 나타나는 까닭을 쓰시오.

답: ( )

20. 옳으면 ○, 틀리면 ×를 쓰시오.

(가) 여자에게도 적록 색맹이 나타날 수 있다. ( )

(나) 적록 색맹이 남자에게 더 많이 나타나는 것은 열성 대립유전자가 남자에게서 우성이 되기 때문이다. ( )

21. 어머니는 X′X′이고 아버지는 XY이다. 이 부부의 아들과 딸의 유전자형 및 형질을 각각 쓰시오.

아들: 유전자형 ( ), 형질 ( )

딸: 유전자형 ( ), 형질 ( )

22. 한 부부의 딸에게 적록 색맹이 나타났다. 아버지의 형질과 유전자형을 쓰고, 딸이 아버지에게서 받은 성염색체를 넣어 그 까닭을 설명하시오.

아버지의 형질 ( ), 유전자형 ( )

까닭: ( )

23. 적록 색맹 유전에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 아버지가 정상이면 어머니가 적록 색맹이어도 아들은 모두 정상이다.

② 아버지가 정상이면 어머니에게서 X′를 받은 딸도 적록 색맹이 나타나지 않는다.

③ 아버지가 적록 색맹이면 어머니의 유전자형과 관계없이 딸은 모두 적록 색맹이다.

④ 어머니가 보인자이면 아버지가 정상이더라도 딸은 모두 보인자이다.

⑤ 아버지가 적록 색맹이면 아들은 아버지의 X′를 받는다.

24. 어머니는 혈우병 보인자이고 아버지는 정상이다. 이 부부에게서 태어난 자녀가 아들이라고 할 때, 혈우병일 확률을 쓰시오.

답: ( )

3. 확률과 근거

Q6 ‘아들이라면 나타날 확률’과 ‘적록 색맹인 아들이 태어날 확률’은 왜 다를까?

한줄답 **첫 질문은 아들만, 둘째 질문은 모든 자녀를 기준으로 세기 때문이다.**

부모가 **어머니 XX′, 아버지 XY**라고 정해졌다고 하자. 조합표의 네 경우는 XX·XX′·XY·X′Y이다. 각각 $\frac{1}{4}$(25 %)이며, 적록 색맹인 아들의 경우는 X′Y 한 칸이다.

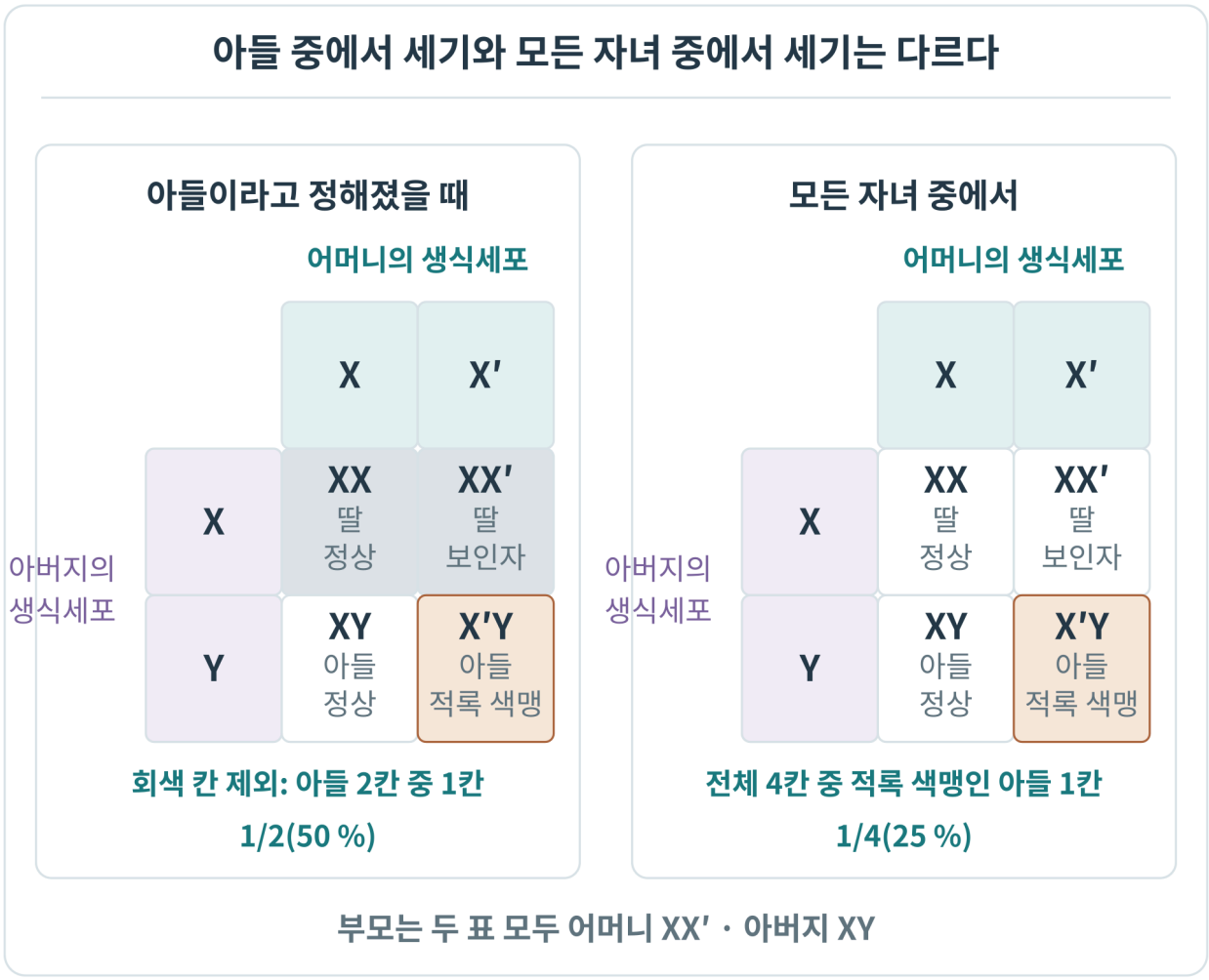


그림 13. 확률의 기준이 아들인지 모든 자녀인지 구별하기

묻는 말	세는 전체 경우	조건에 맞는 경우	확률
자녀가 아들이라고 할 때, 적록 색맹일 확률	아들 XY·X′Y 두 칸	X′Y 한 칸	$\frac{1}{2}$ (50 %)
다음 자녀가 적록 색맹인 아들일 확률	네 칸 전체	X′Y 한 칸	$\frac{1}{4}$ (25 %)
자녀가 딸이라고 할 때, 보인자일 확률	딸 XX·XX′ 두 칸	XX′ 한 칸	$\frac{1}{2}$ (50 %)

쉽게 생각하면 ‘아들이라면’은 딸인 칸을 빼라는 조건이다. ‘아들이 태어날 확률’은 딸인 칸까지 포함한 전체에서 센다.

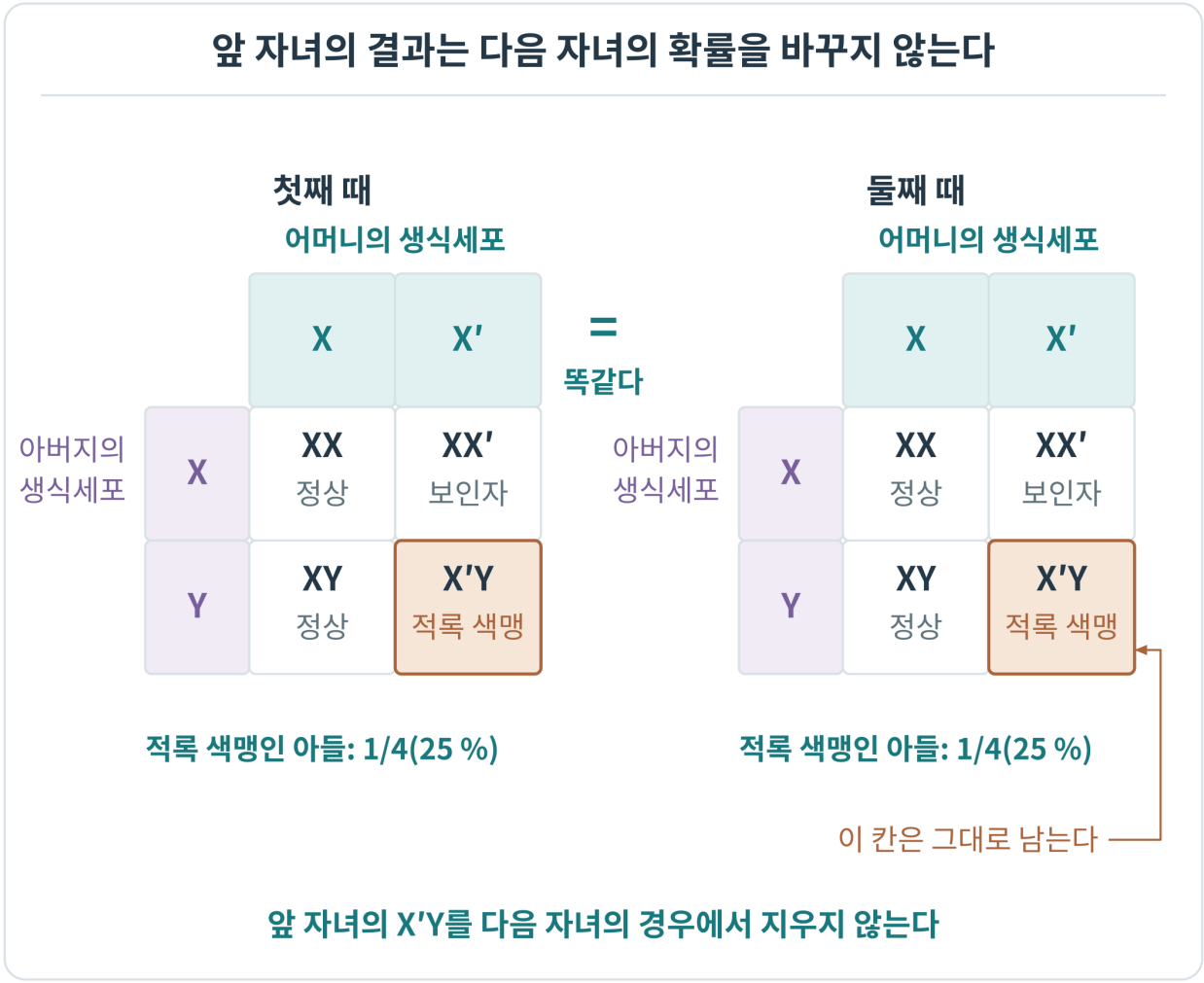


그림 14. 앞 자녀의 자료와 다음 자녀의 확률 구별하기

앞 자녀에게 적록 색맹이 나타났다는 사실은 부모의 유전자형을 알아내는 단서가 될 수 있다. 하지만 부모가 XX′·XY로 정해진 뒤에는, 앞 자녀가 태어났다는 이유로 다음 조합표에서 X′Y 한 칸을 지우지 않는다.

실전 연결 ③ — 먼저 확률의 대상을 적기

대표 문제 어머니는 XX′, 아버지는 XY이다. 첫째가 적록 색맹인 아들이었다. ① 다음 자녀가 적록 색맹인 아들일 확률 ② 다음 자녀가 아들이라고 할 때 적록 색맹일 확률을 각각 구하시오.

소문항	먼저 적을 기준	계산과 답
①	모든 자녀	전체 네 칸 중 X′Y 한 칸 → $\frac{1}{4}$ (25 %)
②	아들만	아들 두 칸 중 X′Y 한 칸 → $\frac{1}{2}$ (50 %)

기억할 기준 **부모의 유전자형을 정한 뒤 ‘무엇 중에서 세는가?’를 먼저 적는다.**

Q7 가계도에서 유전자형은 어떤 순서로 정할까?

한줄답 남자부터 정하고, 여자는 부모와 자녀를 보고 정한다. 끝까지 모르면 가능한 유전자형을 남긴다.

남자부터 정하고 여자는 가족의 정보를 연결한다

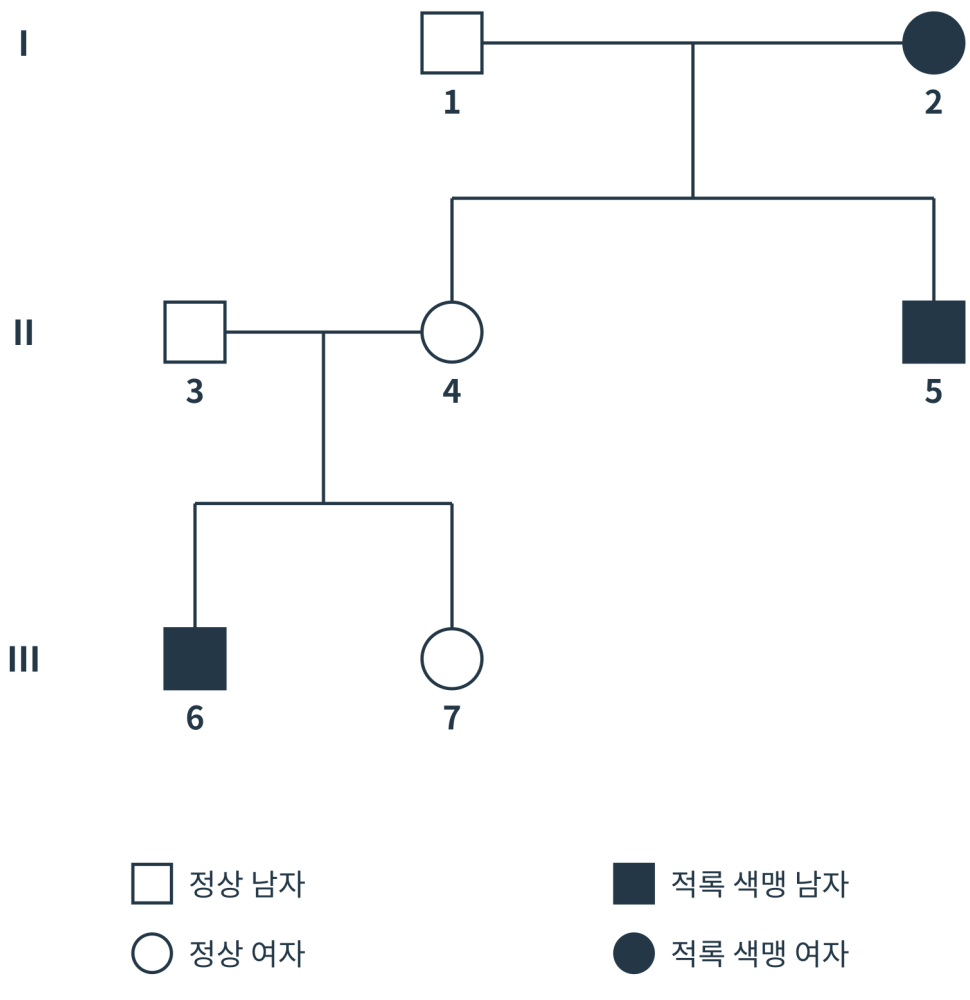


그림 15. 유전자형을 정하는 순서를 살펴볼 가계도

그림 15는 적록 색맹 유전자가 X 염색체에 있다는 조건이 주어진 가계도이다. 1·2는 4·5의 부모이고, 3·4는 6·7의 부모이다. 색칠은 적록 색맹이라는 뜻이며, 우성이라는 표시가 아니다.

차례	가족에게서 받은 X를 연결하면	정해지는 유전자형
① 남자부터 정한다.	1·3은 정상인 남자, 5·6은 적록 색맹인 남자	1·3은 XY, 5·6은 X′Y
② 적록 색맹인 여자를 정한다.	2는 적록 색맹인 여자	2는 X′X′
③ 정상인 딸은 부모에게 받은 X를 본다.	4는 1에게서 X, 2에게서 X′를 받음	4는 XX′. 정상인 보인자
④ 아들이 어머니에게 받은 X를 본다.	6의 X′는 어머니 4에게서 옴	4가 X′를 전달함
⑤ 하나로 정해지지 않으면 가능한 유전자형을 남긴다.	7은 3에게서 X를 받지만 4에게서는 X 또는 X′를 받을 수 있음	7은 XX 또는 XX′

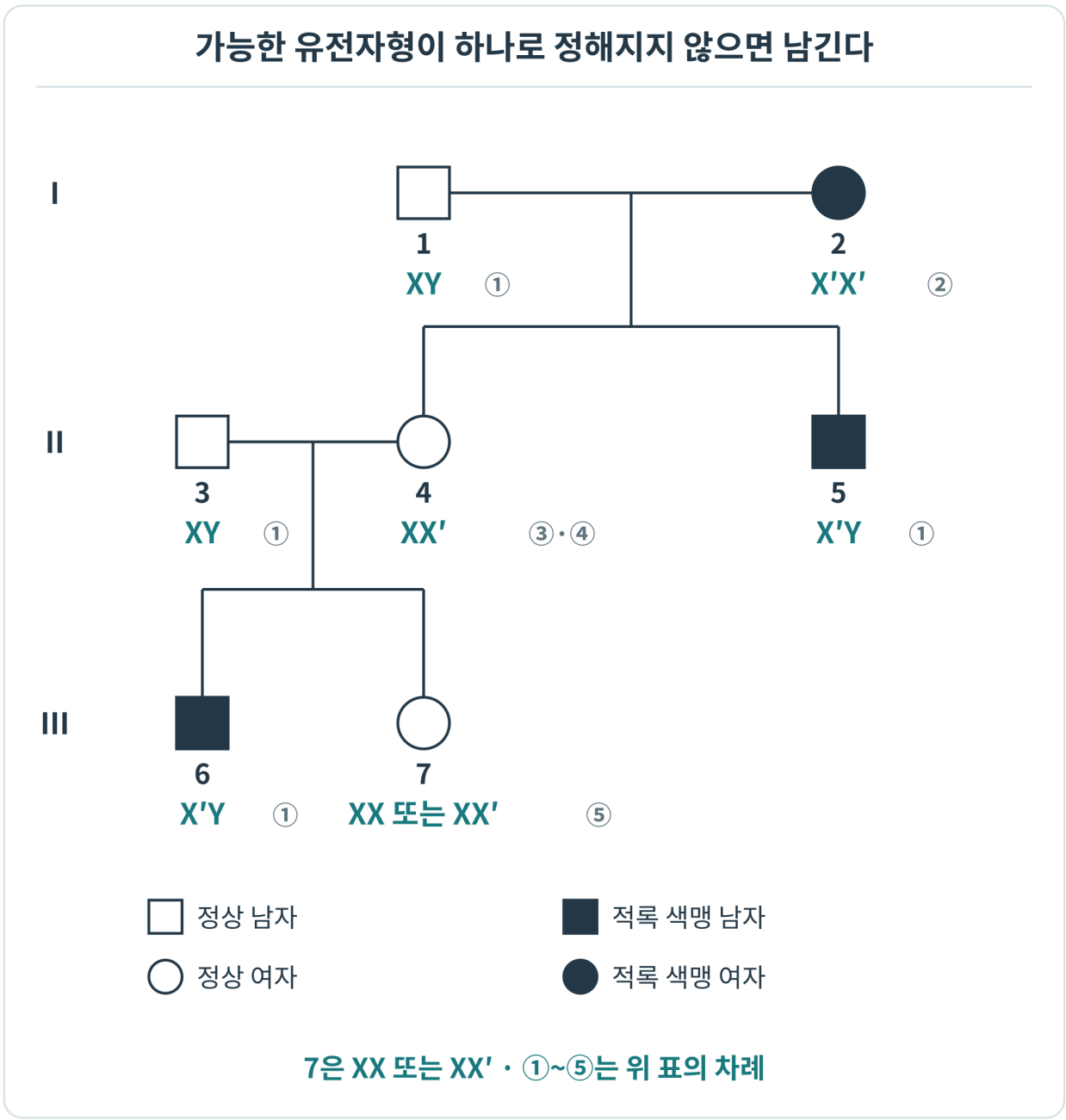


그림 16. 유전자형을 정한 뒤에도 7의 두 경우는 남는다

쉽게 생각하면 남자의 X 한 개부터 적고, 여자의 X 두 개는 부모와 자녀를 보고 채운다. 끝까지 모르면 둘 다 남긴다.

실전 연결 ④ — 하나로 정해지지 않는 유전자형은 남기기

대표 문제 그림 15에서 7이 보인자라고 확정할 수 있는가? 가능한 유전자형을 쓰시오. 이후 7에게 적록 색맹인 아들이 태어났다는 사실을 더 알게 되면 7의 유전자형은 무엇으로 정해지는가?

알게 된 사실	가족에게서 받은 X	답
지금 가계도만 볼 때	아버지 3은 X만, 어머니 4는 X 또는 X′를 전달	확정할 수 없음. 7은 XX 또는 XX′
7에게 적록 색맹인 아들이 있다는 사실을 더 알게 될 때	아들의 X′는 어머니 7에게서 옴. 7은 정상	7은 XX′로 정해짐

기억할 기준 **처음부터 알 수 있는 것과, 새로운 사실을 알아야 정해지는 것을 구별한다.**

헷갈리지 말 것 **남자에게만 나타났다는 것만으로는 유전자가 X 염색체에 있다고 말할 수 없다.**
유전자 위치가 알려지지 않은 어떤 형질이 부모에게는 없고 아들에게만 나타났다고 하자. 어머니 XX′·아버지 XY인 X 염색체 열성 유전과 부모 Aa·Aa인 상염색체 열성 유전에서 모두 가능하므로, 유전자 위치의 조건을 확인한다.

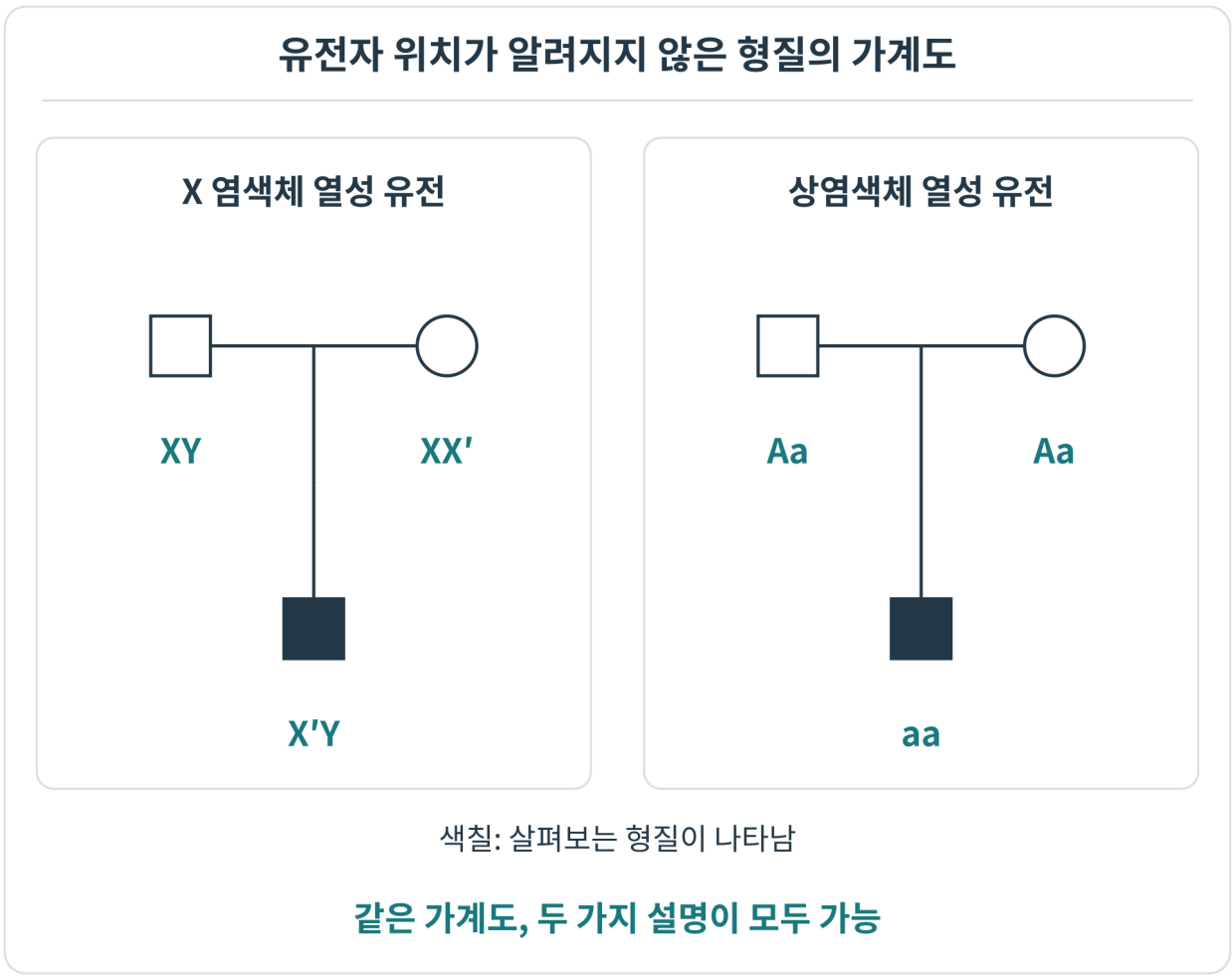


그림 17. 같은 가계도를 설명할 수 있는 두 가지 열성 유전

확인 문제 25–30

[25–30 공통 자료] 어머니는 XX′, 아버지는 X′Y이다. 그림 18의 위에는 어머니의 생식세포, 왼쪽에는 아버지의 생식세포를 적었다. 칸 ㄱ~ㄹ에는 자녀의 유전자형을 적는다.

확인 문제 25–30 자료

어머니의 생식세포

아버지의 생식세포	X	X′
X′	ㄱ	ㄴ
Y	ㄷ	ㄹ

칸 안에는 자녀의 유전자형을 적는다

그림 18. 확인 문제의 빈 조합표

25. 그림 18의 ㄱ~ㄹ에 들어갈 자녀의 유전자형을 차례로 쓰시오.

ㄱ ( ) / ㄴ ( ) / ㄷ ( ) / ㄹ ( )

26. 그림 18의 부모에게서 다음 자녀가 적록 색맹인 아들일 확률은?

① 0　② $\frac{1}{2}$　③ $\frac{3}{4}$　④ 1　⑤ $\frac{1}{4}$

27. 그림 18의 부모에게서 태어난 자녀가 아들이라고 확인되었다. 이 자녀에게 적록 색맹이 나타날 확률을 쓰시오.

답: ( )

28. 그림 18의 부모에게서 태어난 자녀가 딸이라고 확인되었다. 이 딸이 보인자일 확률은?

① $\frac{1}{2}$ ② $\frac{1}{4}$ ③ 0 ④ $\frac{3}{4}$ ⑤ 1

29. 그림 18의 부모에게서 적록 색맹인 아들이 이미 한 명 태어났다. 다음 자녀가 적록 색맹인 아들일 확률은?

① $\frac{1}{2}$ ② 0 ③ $\frac{1}{3}$ ④ $\frac{1}{4}$ ⑤ 1

30. 그림 18의 부모에 관해 표를 완성하시오.

묻는 내용	확률
다음 자녀가 적록 색맹일 확률	( )
자녀가 딸이라고 할 때 적록 색맹일 확률	( )
다음 자녀가 보인자인 딸일 확률	( )

확인 문제 31–38

[31–38 공통 자료] 그림 19는 적록 색맹 유전자가 X 염색체에 있는 가계도이다. 1·2는 4·5·6의 부모이고, 3·4는 7·8·9의 부모이다. 색칠한 사람은 적록 색맹, 색칠하지 않은 사람은 정상이다.

확인 문제 31–38 공통 자료

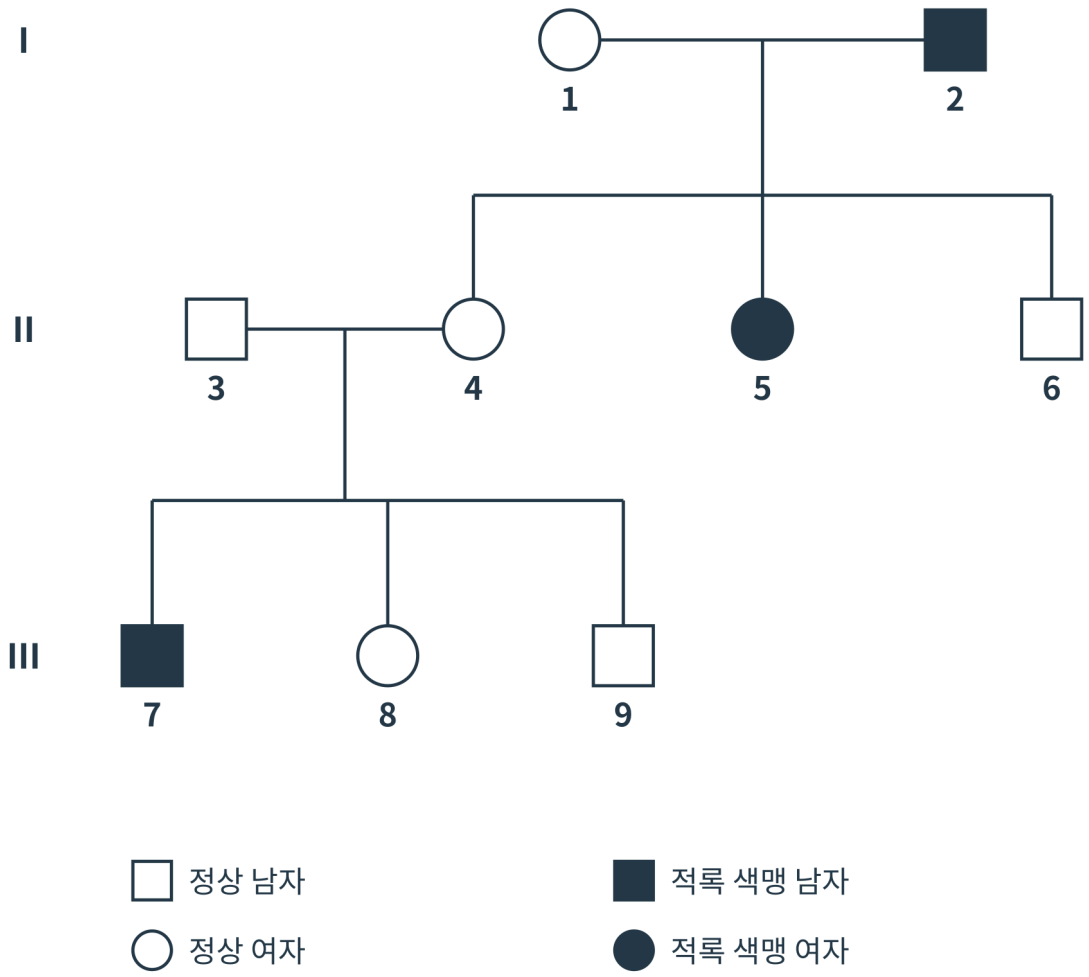


그림 19. 확인 문제용 세 세대의 가계도

31. 그림 19에서 1의 유전자형을 바르게 쓴 것은?

① XX ② X′X′ ③ XX′ ④ XY ⑤ X′Y

32. 그림 19에서 4의 유전자형과 4가 아버지 2에게서 받은 성염색체를 쓰시오.

유전자형 ( ) / 2에게서 받은 것 ( )

33. 그림 19에서 유전자형을 하나로 확정할 수 없는 사람은?

① 1 ② 6 ③ 5 ④ 8 ⑤ 9

34. 그림 19에서 7의 X′를 직접 전달한 사람은?

① 4 ② 2 ③ 5 ④ 3 ⑤ 1

35. 그림 19의 3·4에게서 자녀가 한 명 더 태어날 때 확률을 각각 쓰시오.

(가) 적록 색맹인 아들이 태어날 확률 ( )

(나) 아들이라고 할 때 적록 색맹일 확률 ( )

36. 그림 19에서 보인자임을 확정할 수 있는 여자만을 모두 고른 것은?

① 1만 ② 1·4 ③ 4만 ④ 1·4·8 ⑤ 8만

37. 그림 19에서 아버지 2는 적록 색맹인데 아들 6은 정상이다. 그 까닭을 6이 아버지에게서 받은 성염색체를 넣어 한 문장으로 쓰시오.

답: ( )

38. 그림 19에 관한 〈보기〉에서 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

〈보기〉

ㄱ. 8의 유전자형은 XX 또는 XX′로 남는다.

ㄴ. 3·4의 다음 자녀가 보인자인 딸일 확률은 $\frac{1}{4}$이다.

ㄷ. 7에게 적록 색맹이 나타났으므로 3·4의 다음 아들에게는 절대로 나타나지 않는다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

확인 문제 39–40

39. 유전자 위치가 주어지지 않은 작은 가계도에서 부모에게 형질이 없고 두 아들에게만 형질이 나타났다. 이 자료만으로 내릴 수 있는 판단은?

① 어머니에게는 관련 열성 대립유전자가 없다.

② 반드시 Y 염색체에 유전자가 있다.

③ 반드시 X 염색체에 유전자가 있다.

④ 반드시 우성 형질이다.

⑤ 남자에게만 나타났다는 사실만으로는 유전자가 어느 염색체에 있는지 알 수 없다.

40. 한 학생이 X′Y를 보고 “Y에도 이 형질의 대립유전자가 있다.”라고 말했다. 틀린 부분을 고쳐 한 문장으로 쓰시오.

답: ( )

선택 확장

Q8 혈액형과 반성유전을 함께 물으면 어떤 순서로 생각해야 할까?

한줄답 **각 유전의 결과를 따로 구하고, 두 유전이 독립이라는 조건에서 함께 맞는 확률을 곱한다.**

연결 개념 V07 두 형질의 조합 · V09 ABO식 혈액형. 이 부분은 기본 문제를 푸는 데 필요한 선수 내용이 아니다.

어머니는 혈액형 유전자형 AO이며 적록 색맹 보인자 XX′이고, 아버지는 혈액형 유전자형 BO이며 적록 색맹이 나타나지 않는 XY이다. **혈액형 유전과 성별·적록 색맹 유전은 독립**이라고 가정한다.

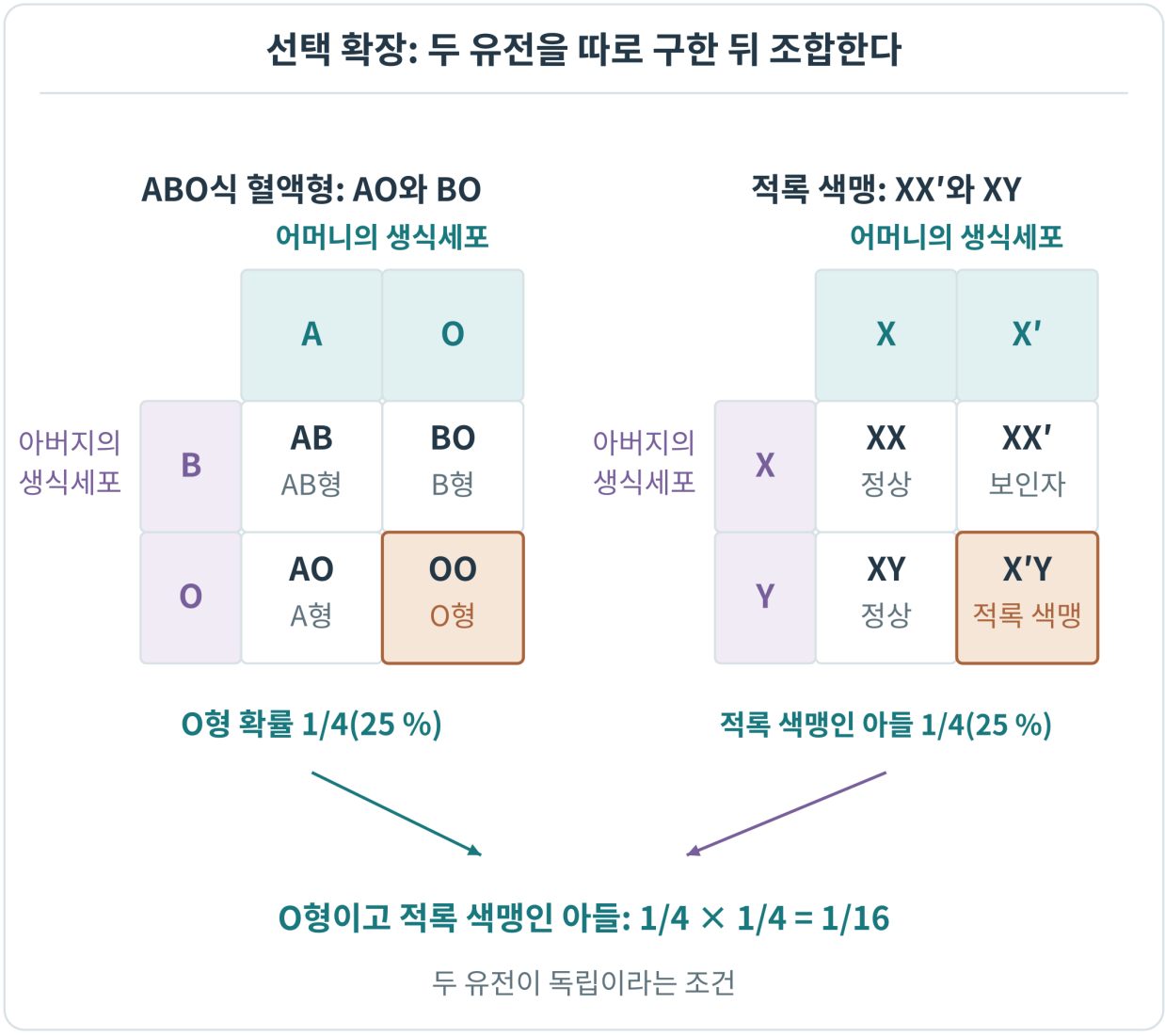


그림 20. 혈액형과 적록 색맹·성별을 따로 구한 뒤 연결하기

그림 20은 두 조건의 확률을 따로 구한 뒤 곱한 예이다.

쉽게 생각하면 두 표에서 필요한 칸을 각각 고른 뒤, 동시에 맞을 확률을 연결한다.

선택 확인 문제 1–2

선택 1. 위 부모에게서 다음 자녀가 A형이면서 보인자인 딸일 확률을 쓰시오.

답: ( )

선택 2. 위 부모에게서 태어난 자녀가 딸이라고 확인되었다. 이 딸이 A형이면서 보인자일 확률을 쓰시오.

답: ( )

한눈에 정리

반성유전 가계도에서 유전자형을 정하는 순서

① 남자부터 정한다.
정상 XY · 적록 색맹 X′Y

↓

② 적록 색맹인 여자를 정한다.
X′X′

↓

③ 정상인 딸은 부모에게 받은 X를 본다.
양쪽 부모에게서 X 또는 X′를 하나씩 받음

↓

④ 아들이 어머니에게 받은 X를 본다.
아들은 아버지에게서 Y를 받음

↓

⑤ 하나로 정해지지 않으면 가능한 유전자형을 남긴다.
그 뒤 아들만 / 딸만 / 모든 자녀 중 확률을 구함

적은 수의 남자에게만 나타났다는 사실로 유전자 위치를 단정하지 않는다

그림 21. 가계도에서 유전자형을 정하는 순서

가계도에서 찾은 단서	바로 연결할 것
정상인 남자	XY
적록 색맹인 남자	X′Y
적록 색맹인 여자	X′X′
정상인 여자	XX 또는 XX′. 부모와 자녀를 보고 정함
적록 색맹인 아들을 둔 정상인 여자	아들에게 X′를 주었으므로 XX′
적록 색맹인 아버지의 정상 딸	아버지에게 X′를 받았으므로 XX′
아들	어머니의 X 또는 X′ + 아버지의 Y
딸	양쪽 부모의 X 또는 X′ 하나씩

부모의 유전자형	모든 자녀의 결과	아들만 볼 때	딸만 볼 때
어머니 XX′ · 아버지 XY	XX · XX′ · XY · X′Y, 각각 $\frac{1}{4}$(25 %)	적록 색맹 $\frac{1}{2}$(50 %)	보인자 $\frac{1}{2}$(50 %), 적록 색맹 0 %
어머니 XX · 아버지 X′Y	XX′ · XY, 각각 $\frac{1}{2}$(50 %)	적록 색맹 0 %	보인자 100 %, 적록 색맹 0 %
어머니 XX′ · 아버지 X′Y	XX′ · X′X′ · XY · X′Y, 각각 $\frac{1}{4}$(25 %)	적록 색맹 $\frac{1}{2}$(50 %)	적록 색맹 $\frac{1}{2}$(50 %)
어머니 X′X′ · 아버지 XY	XX′ · X′Y, 각각 $\frac{1}{2}$(50 %)	적록 색맹 100 %	보인자 100 %, 적록 색맹 0 %

자주 하는 실수

잘못된 판단	고쳐 생각할 기준
✗ **X′Y인 아버지의 X′가 아들에게 직접 간다.**	✓ 아버지는 아들에게 Y를 준다. 아들의 X′는 어머니에게서 온다.
✗ **보인자는 열성 대립유전자가 없다.**	✓ 열성 대립유전자를 가지지만 적록 색맹은 나타나지 않는다. X′를 전달할 수 있다.
✗ **여자는 적록 색맹이 나타날 수 없다.**	✓ X′X′이면 나타난다.
✗ **$\frac{1}{2}$와 $\frac{1}{4}$는 서로 모순되는 답이다.**	✓ 아들 중에서 세는지 모든 자녀 중에서 세는지 다를 수 있다.
✗ **남자가 더 많으면 유전자가 반드시 X에 있다.**	✓ 남자에게만 나타났다는 것만으로는 유전자가 X 염색체에 있다고 말할 수 없다.

정답과 해설

빠른 정답

번호	정답	번호	정답
1	①	21	아들 X′Y · 적록 색맹 / 딸 XX′ · 정상(보인자)
2	46, 44, 2 / 23, 22, 1	22	적록 색맹 · X′Y(까닭은 해설 참고)
3	③	23	②
4	×, ○	24	$\frac{1}{2}$(50 %)
5	X / Y	25	XX′ · X′X′ · XY · X′Y
6	④	26	⑤
7	XY / X′Y / XX′ / X′X′	27	$\frac{1}{2}$(50 %)
8	②	28	①
9	해설 참고	29	④
10	⑤	30	$\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{4}$
11	○, ×	31	③
12	③	32	XX′ / X′
13	②	33	④
14	X′	34	①
15	④	35	(가) $\frac{1}{4}$(25 %) / (나) $\frac{1}{2}$(50 %)
16	XX′ / 나타날 수 없음	36	②
17	⑤	37	해설 참고
18	①	38	③
19	해설 참고	39	⑤

번호	정답	번호	정답
20	◯, ×	40	해설 참고

선택 문제	정답
선택 1	$\frac{1}{16}$ (6.25 %)
선택 2	$\frac{1}{8}$ (12.5 %)

1–12. X와 Y의 전달

1. ①

상염색체 44개와 성염색체 XY, 총 46개이다. ②는 여자의 체세포, ③·④는 생식세포이다. ⑤는 상염색체를 46개로 잘못 세었다.

2. 46, 44, 2 / 23, 22, 1

성염색체만 나타내는 XX·XY와 염색체 전체 수를 구별한다.

3. ③

난자는 X만, 정자는 X 또는 Y 중 하나를 가진다. ①·②는 난자에도 Y가 들어간다고 했고, ⑤는 한 정자에 성염색체 두 개를 넣었다. ④ 아들도 어머니에게서 X를 받는다.

4. ×, ◯

각 수정은 독립이며 X 또는 Y를 가진 정자가 참여할 가능성이 같다고 가정한다. 앞 자녀의 성별로 다음 자녀의 성별을 확정하지 않는다.

5. X / Y

아들의 XY 중 X는 어머니, Y는 아버지에게서 온다.

6. ④

딸은 아버지의 X를 받는다. ①·② 아들은 어머니의 X와 아버지의 Y를 받으며, ③·⑤ 어머니는 Y를 전달하지 않는다.

7. XY / X′Y / XX′ / X′X′

X′Y의 Y에는 적록 색맹 유전자가 없다. 여자의 적록 색맹은 X′ 두 개가 필요하다.

8. ②

Y에는 적록 색맹 유전자가 없어 X′의 열성 형질이 나타난다. ①·③은 기호의 뜻을 바꾸었다. ④는 한 X 염색체에 같은 위치의 대립유전자 두 개를 넣었다. ⑤ 성별에 따라 우열이 바뀌는 것이 아니다.

9. 열성 대립유전자를 가지고 있으나 적록 색맹이 나타나지 않기 때문이다.
인정 범위: 열성 대립유전자를 가졌다는 점과 적록 색맹이 나타나지 않는다는 점을 모두 쓰면 인정한다. 단순히 '적록 색맹이 없다'만 쓰면 보인자라는 근거가 부족하다.

10. ⑤
감수 분열로 한 난자에는 X와 X′ 중 하나만 들어간다. ①·②는 한 종류만 적었고, ③은 Y를 포함했다. ④는 두 성염색체를 한 난자에 넣었다.

11. ○, ×
XX′는 X′를 전달할 수 있다. X′Y에서는 형질이 나타나므로 정상인 보인자가 아니다.

12. ③
ABO식 혈액형 유전자는 상염색체에 있고, 적록 색맹의 해당 유전자는 X 염색체에 있다. ① 두 유전자의 위치가 같지 않다. ② 열성 대립유전자도 분리되어 전달된다. ④ 남자에게 들어갔다고 우성으로 바뀌지 않는다. ⑤ ABO식 혈액형은 여자에게도 나타난다.

13–24. 누구에게서 받았을까

13. ②
아들은 아버지에게 Y를 받으므로 X′는 어머니에게서 받았다. ①은 아버지의 X가 아들에게 간다고 잘못 보았고, ⑤는 X′와 Y를 혼동했다. ③ 어머니에게서 받을 수 있으므로 반드시 새로 생긴 것으로 볼 수 없다. ④는 성염색체 두 개를 같은 부모에게 받았다고 했다.

14. X′
아버지는 딸에게 X′, 아들에게 Y를 전달한다. 딸의 다른 X가 무엇인지는 어머니의 유전자형을 봐야 한다.

15. ④
딸은 XX′로 모두 보인자이고, 아들은 XY로 정상이다. ①·②는 어머니에게 없는 X′를 받은 것으로 보았다. ③ 보인자인 딸은 이후 X′를 전달할 수 있다. ⑤ 아들이 받는 것은 아버지의 Y이다.

16. XX′ / 나타날 수 없음
아들은 어머니에게서 X′를 받았고 어머니는 정상이므로 XX′이다. 딸은 아버지에게서 반드시 X를 받으므로 XX 또는 XX′이다. 딸에게 적록 색맹은 나타나지 않는다.

17. ⑤
딸은 양쪽 부모에게서 X′를 하나씩 받아야 한다. 아버지는 X′Y, 어머니는 XX′ 또는 X′X′이다. ②·③은 아버지가 X를 전달하고, ①·④는 어머니가 X만 전달한다.

18. ①
아버지는 딸에게 X′, 어머니는 X 또는 X′를 주므로 XX′ 또는 X′X′이다. ②·④·⑤의 XX는 아버지의 X′가 빠졌고, ③은 남자의 유전자형이다.

19. 남자는 X′ 하나로 나타나지만 여자는 두 X 모두에 적록 색맹 대립유전자가 있어야 나타나기 때문이다.
인정 범위: 남자 X′Y와 여자 X′X′의 차이를 모두 쓰면 인정한다. '남자가 더 강해서' 또는 '여자는 나타나지 않아서'는 인정하지 않는다.

20. ○, ×
여자의 X′X′도 나타난다. 남자 X′Y의 Y에는 적록 색맹 유전자가 없다는 점이 이유이다.

21. 아들 X′Y · 적록 색맹 / 딸 XX′ · 정상(보인자)
어머니는 모든 자녀에게 X′를 준다. 아들은 아버지의 Y를 받아 모두 X′Y이고, 딸은 아버지의 X를 받아 모두 XX′이다. 딸은 정상이지만 보인자이다.

22. 적록 색맹 · X′Y / 딸이 아버지에게서 X′를 받았기 때문
딸은 X′X′이므로 양쪽 부모에게서 X′를 받았다. 아버지는 딸에게 X′를 주었으므로 X′Y이며 적록 색맹이다.
인정 범위: 딸의 X′ 하나가 아버지에게서 왔다는 근거를 쓰면 인정한다.

23. ②
② 딸은 정상인 아버지에게서 X를 받아 XX 또는 XX′이므로 적록 색맹이 나타나지 않는다. ① 아들은 어머니의 X′를 받아 모두 적록 색맹이다. ③ 딸이 어머니의 X를 받으면 XX′로 보인자이다. ④ 어머니가 X를 주면 딸은 XX이므로 모두 보인자는 아니다. ⑤ 아들은 아버지의 Y를 받는다.

24. $\frac{1}{2}$ (50 %)
이 문항에서 X′는 혈우병 대립유전자를 가진 X 염색체이다. 어머니 XX′는 X 또는 X′를 주고, 아버지는 아들에게 Y를 준다. 아들은 XY 또는 X′Y이며 두 경우 중 혈우병은 X′Y 한 경우이다.

25–30. 확률의 대상

25. XX′ · X′X′ · XY · X′Y
위쪽 난자 X · X′와 왼쪽 정자 X′ · Y를 각각 하나씩 합친다. 순서대로 보인자인 딸, 적록 색맹인 딸, 정상인 아들, 적록 색맹인 아들이다.

26. ⑤
전체 네 칸 중 적록 색맹인 아들 X′Y는 한 칸이므로 $\frac{1}{4}$이다. ① 그런 아들이 태어날 수 있다. ②는 아들 중에서 센 확률이다. ③ 네 칸 중 적록 색맹은 두 칸이며 세 칸이 아니다. ④ 반드시 그런 아들이 태어나는 것은 아니다.

27. $\frac{1}{2}$ (50 %)
아들인 XY · X′Y 두 칸만 남기면 적록 색맹은 X′Y 한 칸이다. 모든 자녀 중에서 세는 $\frac{1}{4}$과 구별한다.

28. ①

딸 두 칸 XX′·X′X′ 중 보인자 XX′가 한 칸이므로 $\frac{1}{2}$이다. ③ 보인자인 딸은 태어날 수 있다. ②는 모든 자녀 중 보인자인 딸의 확률이다. ④·⑤는 딸의 두 경우 중 보인자가 한 경우라는 점과 맞지 않는다.

29. ④

부모의 유전자형이 정해져 있으므로 다음 수정에서도 네 경우를 그대로 센다. ② 앞 자녀 때문에 0이 되지 않는다. ③ 남은 세 칸에서 고르는 것이 아니며, ① 아들 중 적록 색맹일 확률과 구별한다. ⑤ 반드시 태어나는 것도 아니다.

30. $\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{4}$

전체 네 칸 중 적록 색맹은 X′X′·X′Y 두 칸이므로 $\frac{1}{2}$이다. 딸 두 칸 중 적록 색맹인 X′X′는 한 칸이므로 $\frac{1}{2}$이다. 보인자인 딸 XX′는 전체 네 칸 중 한 칸이므로 $\frac{1}{4}$이다.

31–38. 세 세대의 가계도

사람	유전자형	근거
1	XX′	정상이며 적록 색맹인 딸 5에게 X′를 전달함
2	X′Y	적록 색맹인 남자
3	XY	정상인 남자
4	XX′	정상인 딸이며 아버지 2에게서 X′를 받음
5	X′X′	적록 색맹인 여자
6	XY	정상인 남자
7	X′Y	적록 색맹인 남자
8	XX 또는 XX′	정상인 딸. 아버지 3에게 X, 어머니 4에게 X 또는 X′를 받음
9	XY	정상인 남자

31. ③

1은 정상인 여자이지만 적록 색맹인 딸 5에게 X′를 주어야 하므로 XX′이다. ① XX는 X′를 주지 못하고, ②는 나타난다. ④·⑤는 남자의 유전자형이다.

32. XX′ / X′

아버지 2는 X′Y이므로 딸 4에게 X′를 준다. 4는 정상이므로 어머니 1에게서 X를 받아 XX′이다.

33. ④

8은 정상인 딸이며 아버지 3에게서 X, 어머니 4에게서 X 또는 X′를 받아 XX 또는 XX′가 가능하다. ① 1은 적록 색맹인 딸 5 때문에 XX′, ③ 5는 X′X′이다. ②·⑤ 정상 남자 6·9는 XY로 정해진다.

34. ①

7은 아들이므로 X′는 어머니 4에게서 왔다. ②·③·⑤는 직접 전달한 부모가 아니며, ④ 아버지 3은 Y를 전달했다.

35. (가) $\frac{1}{4}$(25 %) / (나) $\frac{1}{2}$(50 %)

4는 XX′, 3은 XY이다. 전체 네 칸 중 X′Y는 한 칸, 아들 두 칸 중 X′Y는 한 칸이다.

36. ②

1은 적록 색맹인 딸 5에게 X′를 주었으나 정상이므로 XX′, 4는 적록 색맹인 아버지 2에게 X′를 받았으나 정상이므로 XX′이다. ①·③은 한 명씩 빠뜨렸고, ④·⑤의 8은 XX일 수도 있어 보인자로 확정할 수 없다.

37. 6은 아버지 2에게서 X′가 아니라 Y를 받고, 어머니 1에게서 X를 받았기 때문이다.

인정 범위: 아들 6은 아버지 2에게서 Y를 받아 아버지의 X′가 직접 전달되지 않는다고 쓰면 인정한다. 어머니에게서 정상 대립유전자가 있는 X를 받은 점까지 쓰면 완전한 설명이다.

38. ③

ㄱ은 옳다. 8의 어머니가 X 또는 X′를 줄 수 있다. ㄴ도 옳다. XX′인 딸은 전체 네 칸 중 하나이다. ㄷ은 틀리다. 다음 아들 중 적록 색맹일 확률은 여전히 $\frac{1}{2}$이다. ①·②는 옳은 진술을 하나씩 빠뜨렸고, ④·⑤는 틀린 ㄷ을 포함한다.

39–40. 근거와 기호

39. ⑤

상염색체 열성 유전과 X 염색체 열성 유전에서 모두 가능한 경우이므로 위치를 단정할 수 없다. ②·③은 위치를 곧바로 확정했고, ④는 부모에게 없는 형질이 자녀에게 나타난 사실과 어긋난다. ① 형질을 한 번도 나타내지 않은 어머니가 열성 대립유전자를 가질 수 있다.

40. Y에는 적록 색맹 유전자가 없고, X′에 열성 대립유전자가 있다.

인정 범위: Y에 적록 색맹 유전자가 없음을 쓰면 인정한다. Y에 모든 유전자가 없다고 쓰면 틀리다.

선택 확인 문제 해설

선택 1. $\frac{1}{16}$ (6.25 %)

AO·BO의 네 조합은 AB·AO·BO·OO이며 A형은 AO 한 칸이므로 $\frac{1}{4}$이다. XX′·XY의 네 조합 중 보인자인 딸 XX′는 한 칸이므로 $\frac{1}{4}$이다. 혈액형 유전과 성별·적록 색맹 유전이 독립이라는 조건에서 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$이다.

선택 2. $\frac{1}{8}$ (12.5 %)

딸이라고 정해졌으므로 보인자일 확률은 딸 XX·XX′ 두 칸 중 XX′ 한 칸인 $\frac{1}{2}$이다. A형일 확률 $\frac{1}{4}$을 곱하면 $\frac{1}{8}$이다. 전체 자녀 중에서 세는 선택 1과 분모가 다르다.

다음에 이어질 질문

생식과 유전에서는 부모에게서 받은 정보가 어떻게 이어지는지 살펴보았다. 다음 편에서는 공이 올라갔다 떨어질 때 위치 에너지와 운동 에너지가 어떻게 바뀌는지 알아본다.