Chapter 1

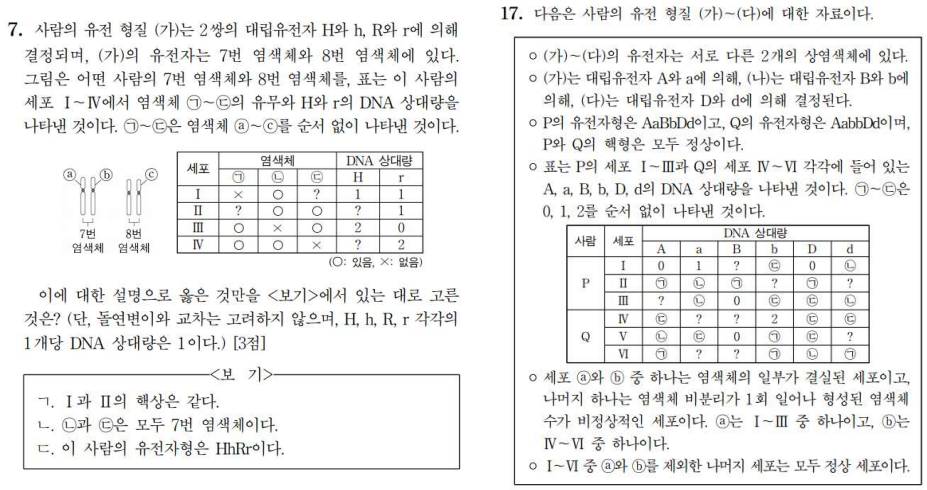
Letter

[: #3 세포의 특성, DNA 상대량 추론 (2)]

Letter #3

이번 책에서 공부할 '세포 분열 - DNA 상대량 심화'과
'생물의 특성' 단원에서는 적어도 2문항, 많으면 3문항까지 출제될 수 있는 단원이야

최근 경향에서 유전 문항 중 3문항이 변별력을 좌우하는 문항(가계도, 유전 현상, 돌연변이)로 출제되는 경향이 있는데 DNA 상대량은 그 3문항의 근간이 될 뿐만 아니라 단독적으로도 출제되어서 반드시 풀어내야 하기에 지난 시간, 이번 시간에 걸쳐 같이 공부하고 있다고 생각하면 되어!



7. 사람의 유전 형질 (가)는 2쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 7번 염색체와 8번 염색체에 있다. 그림은 어떤 사람의 7번 염색체와 8번 염색체를, 표는 이 사람의 세포 Ⅰ~Ⅳ에서 염색체 ㉠~㉢의 유무와 H와 r의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 염색체 ⓐ~ⓒ를 순서 없이 나타낸 것이다.

ⓐ ⓑ ⓒ
7번 염색체 8번 염색체

세포	염색체			DNA 상대량	
	㉠	㉡	㉢	H	r
Ⅰ	×	○	?	1	1
Ⅱ	?	○	○	?	1
Ⅲ	○	×	○	2	0
Ⅳ	○	○	×	?	2

(○: 있음, ×: 없음)

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

<보 기>
ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ의 핵상은 같다.
ㄴ. ㉡과 ㉢은 모두 7번 염색체이다.
ㄷ. 이 사람의 유전자형은 HhRr이다.

22학년도 수능 - 단독 출제 (세포 대응)

17. 다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.
- P의 유전자형은 AaBbDd이고, Q의 유전자형은 AabbDd이며, P와 Q의 핵형은 모두 정상이다.
- 표는 P의 세포 Ⅰ~Ⅲ과 Q의 세포 Ⅳ~Ⅵ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

사람	세포	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
P	Ⅰ	0	1	?	㉢	0	㉡
	Ⅱ	㉠	㉡	㉠	?	㉠	?
	Ⅲ	?	㉡	0	㉢	㉢	㉡
Q	Ⅳ	㉢	?	?	2	㉢	㉢
	Ⅴ	㉡	㉢	0	㉠	㉢	?
	Ⅵ	㉠	?	?	㉠	㉡	㉠

- 세포 ⓐ와 ⓑ 중 하나는 염색체의 일부가 결실된 세포이고, 나머지 하나는 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 세포이다. ⓐ는 Ⅰ~Ⅲ 중 하나이고, ⓑ는 Ⅳ~Ⅵ 중 하나이다.
- Ⅰ~Ⅵ 중 ⓐ와 ⓑ를 제외한 나머지 세포는 모두 정상 세포이다.

22학년도 수능 - 간접 출제 (돌연변이)

이번 Letter #3에서는 유형에 대한 고찰뿐만 아니라 핵심 문항을 풀어내는 관점에 대해 이야기 해보고자 해. 적어도 나는 생명과학1 과목에 있어서는 항상 두 가지 루트로 학습하고 선택하는 게 중요하다고 생각해.

시험장에서 연역적으로 시작점, 특이점들이 연쇄적으로 보여서 풀려나가는 게 이상적이고 그렇게 훈련시킬 것이지만 실제로 시험장에 들어가면 17~18문항은 연역적으로, 2~3문항은 우당탕탕 이리저리 풀고 오는 학생들이 많거든...! 여기에서 중요한 Point는 우당탕탕이 아니라 "풀어내고 오는 것"이야 수능 시험은 결과를 시험지에 도출해주지 문제를 풀어내는 과정까지 평가해주지는 못하거든

그에 따라 우리는 시험이 끝난 후, "올바른" 풀이라고 여겨지는 연역적 풀이도 연습할 필요가 있지만 우당탕탕이라 표현을 했지만, "귀류" "케이스 나열 후 소거" 등의 풀이 또한 연습해보고 사용의 기준을 확립해둘 필요가 있어

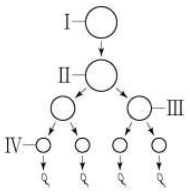
지금 이런 이야기를 하는 데에는 "본격적으로 양방향 풀이"를 추구하는 단원으로 들어왔기 때문이야!! 다시 말하면 "염색체 그림 추론"이 들어 있던 0권 네비의 #1, "DNA 상대량 추론 (1)"이 들어있던 주간 디올 1권 에서는 어렵게 여겨지는 문항이 있으면 안된다는 얘기로도 돌려말할 수 있어...^^;;

이러한 내용을 DNA 상대량 문항으로 다시 가져오면

연역적으로 특이점을 잡아갈 수도 있어야 하나
귀납적으로 전수 표를 그린 후, 매칭할 수도 있어야 해

지난 시간 주간 디올 1권 : 마지막 문항이었던 "23학년도 수능 - 세포 대응" 문항을 보자.

7. 사람의 유전 형질 ㉮는 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다. 그림은 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 (가)~(라)에서 대립유전자 ㉠~㉢의 유무와 a와 B의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라)는 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉢은 A, a, b를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	대립유전자			DNA 상대량	
	㉠	㉡	㉢	a	B
(가)	×	×	○	?	2
(나)	○	?	○	2	?
(다)	?	?	×	1	1
(라)	○	?	?	1	?

(○: 있음, ×: 없음)

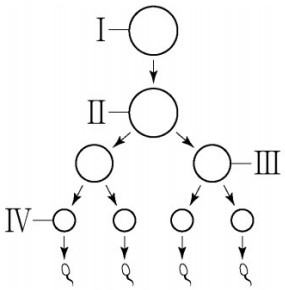
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. Ⅳ에 ㉠이 있다.
ㄴ. (나)의 핵상은 $2n$이다.
ㄷ. P의 유전자형은 AaBb이다.

지난 시간 마지막 부분에 연역적 풀이는 첨부했기 때문에 다른 풀이를 적어볼게
연역적으로 잘 보이지 않는다면 이렇게 전수를 깔아둔 후, 상대량을 대응하는 풀이도 괜찮아

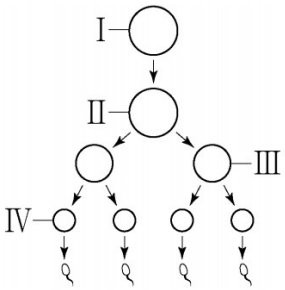
[연역적 풀이 - 정체성을 파악해가며 좌우 대응]



세포	정체성	유전자 유무			DNA 상대량	
		㉠	㉡	㉢	a	B
(가)	n, 2	×	×	○	?	2
(나)	2n, 4	○	?	○	2	?
(다)	n, 1	?	?	×	1	1
(라)	2n, 2	○	?	?	1	?

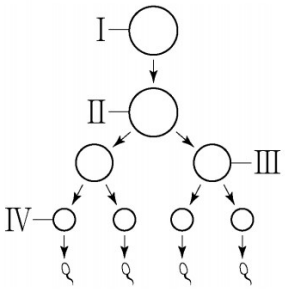
유전자형이 BB이므로 유전자 유무를 통해 ㉠이 a, ㉡이 b임을 알 수 있다.
따라서 ㉢은 A이고 오른쪽 세포에는 A가 있다.
∴ P의 ㉮에 대한 유전자형은 AaBB이다.

[귀납적 풀이 - 표를 깔아놓고 세포를 대응]



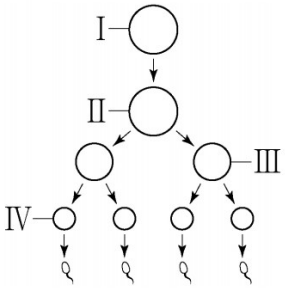
세포	대응	DNA 상대량			
		A	a	B	b
2n, 2					
2n, 4					
n, 2					
n, 1					

세포 (다)는 일부 유전자가 없으므로 핵상이 n이고 DNA 상대량으로 1을 가지므로 n, 1이다. 그에 맞게 DNA 상대량을 대응하면 다음과 같다.



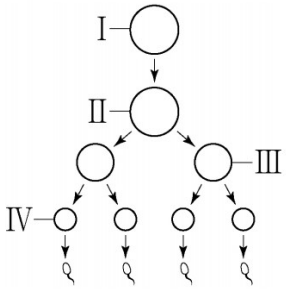
세포	대응	DNA 상대량			
		A	a	B	b
2n, 2					
2n, 4					
n, 2					
n, 1	(다)		1	1	

세포 (가)는 일부 유전자가 없으므로 핵상이 n이고 DNA 상대량으로 1을 가지므로 n, 2이다. 그에 맞게 DNA 상대량을 대응하면 다음과 같다.



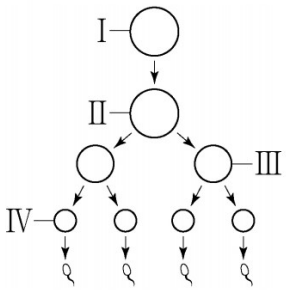
세포	대응	DNA 상대량			
		A	a	B	b
2n, 2					
2n, 4					
n, 2	(가)		?	2	
n, 1	(다)		1	1	

이때 (가)와 (다)의 DNA 상대량이 일렬로 있는 것을 알 수 있다.
서로 다른 영역에 있는 (가)와 (다)가 B를 가지므로 동형 접합 BB를 갖는다.



세포	대응	DNA 상대량			
		A	a	B	b
2n, 2				2	0
2n, 4					
n, 2	(가)		?	2	
n, 1	(다)		1	1	

(나)와 (라)는 저절로 핵상이 2n이고 (라)는 1을 가지므로 2n, 2이고
(나)는 나머지 2n, 4이다. 따라서 DNA 상대량을 채우면 다음과 같다.



세포	대응	DNA 상대량			
		A	a	B	b
2n, 2	(라)		1	2	0
2n, 4	(나)		2		
n, 2	(가)		?	2	
n, 1	(다)		1	1	

상염색체 유전이므로 2n, 2에서 A+a=2 이어야 한다.
따라서 이 사람의 유전자형은 AaBB이다.

주간 디올 1권에서처럼 연역적으로 풀어가도 좋고
주간 디올 2권에서처럼 귀납적으로 표를 깔고 대응해도 좋아

중요한 건 공부 과정에서는 두 방식 모두 이해하고
수능장에서 적어도 하나로는 풀어오는 거야!

세포 분열 단원의 문항은 두 가지 모두 이해할 만 할 것이고
실제로 함께 공부한다면 수능장에서 어려움을 겪는 단원은 아닐 거야

우리는 가계도와 같이 고난도 유형으로 여겨지는 유형도 이와 같이 연역적으로 해석하는 법과
표를 까는 법 모두 공부할 것이고 결국 수능장에서 풀어올 것이라 믿어 의심치 않아!

그럼 오늘도 열렬히 응원해 파이팅이야 :)

[출제 경향]

'세포 분열' 단원의 출제 경향에 대해서는 주간 디올 1권에서 알아봤으니
이번 교재에서는 그 중 "세포 대응 추론"의 출제 경향만 분석해보도록 합시다.

세포 대응 추론

7. 사람의 유전 형질 (가)는 2쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 7번 염색체와 8번 염색체에 있다. 그림은 어떤 사람의 7번 염색체와 8번 염색체를, 표는 이 사람의 세포 Ⅰ~Ⅳ에서 염색체 ㉠~㉢의 유무와 H와 r의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 염색체 ⓐ~ⓒ를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	염색체			DNA 상대량	
	㉠	㉡	㉢	H	r
Ⅰ	×	○	?	1	1
Ⅱ	?	○	○	?	1
Ⅲ	○	×	○	2	0
Ⅳ	○	○	×	?	2

(○: 있음, ×: 없음)

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

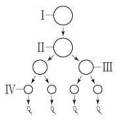
<보 기>

ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ의 핵상은 같다.
ㄴ. ㉡과 ㉢은 모두 7번 염색체이다.
ㄷ. 이 사람의 유전자형은 HhRr이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

22학년도 수능 - DNA 상대량 + 염색체 유무

7. 사람의 유전 형질 ㉮는 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다. 그림은 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 (가)~(라)에서 대립유전자 ㉠~㉢의 유무와 a와 B의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라)는 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉢은 A, a, b를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	대립유전자			DNA 상대량	
	㉠	㉡	㉢	a	B
(가)	×	×	○	?	2
(나)	○	?	○	2	?
(다)	?	?	×	1	1
(라)	○	?	?	1	?

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. Ⅳ에 ㉠이 있다.
ㄴ. (나)의 핵상은 2n이다.
ㄷ. P의 유전자형은 AaBb이다.

23학년도 수능 - DNA 상대량 + 유전자 유무

개정 교육과정 들어 세포 대응 추론 문항은 단독적으로 하나의 요소만 질문하는 게 아니라 다채롭게 여러 요소를 섞어 질문하고 있다.

21학년도 수능에서는 유전자 유무와 DNA 상대량 합을
22학년도 수능에서는 염색체 그림과 염색체 유무, DNA 상대량을
23학년도 수능에서는 감수 분열 과정 그림과 유전자 유무, DNA 상대량을 제시하였고

공통적으로 DNA 상대량이 들어가 DNA 상대량의 해석 자체가 매우 중요하게 여겨진다.

이러한 출제 경향을 바탕으로 했을 때
24학년도 수능을 대비하기 위해 여러 가지 요소를 모두 공부하고
여러 가지 요소가 종합된 문항들로 학습하는 게 좋아보인다.

주간 디올 2권에는 이 모든 것을 대비할 수 있는 출제될 수 있는 요소, 미출제 요소등을 눌러담아 Schema 11~20을 구성하였으니 부단히 공부하셔서 24학년도 수능 세포 대응 추론 문항을 쉽게 해결하고 오시길 바랍니다.

Chapter 2
기본 개념

[기본 개념]
Theme 3 생물의 특성

1. 세포

모든 생물은 세포로 이루어져 있다

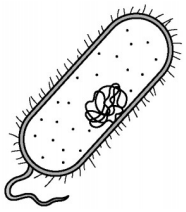
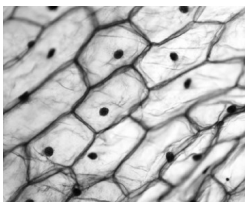
이러한 세포는 세포막으로 둘러싸여 있고, 핵과 세포질로 구분된다.

또한 세포는 생물의 몸을 구성하는 구조적 단위이며, 생명 활동이 일어나는 기능적 단위이다.

조직
모양과 기능이 같은 세포들의 모임

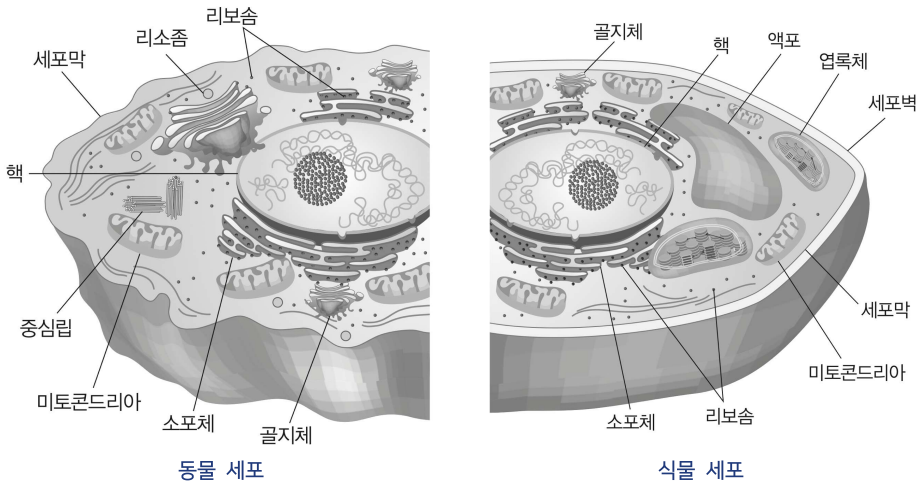
기관
여러 조직이 모여 일정한 형태를 이루고 특정 기능을 하는 부분

[세포의 수에 따른 생물의 구분]

	특징
단세포 생물	- 몸이 하나의 세포로 이루어져 있다. 예 대장균, 아메바, 짚신벌레  대장균
다세포 생물	- 몸이 많은 수의 세포로 이루어져 있다. - 세포 → 조직 → 기관 → 개체에 이르는 복잡하고 정교한 체제를 갖는다. 예 동물, 식물 등  식물 세포

세포의 세부 구조
교육과정이 개정되며 직접적인 출제 범위에서 제외되었으나 EBS & 내신 문항에서 간간히 알고 있다는 전제 하에 출제되곤 한다.

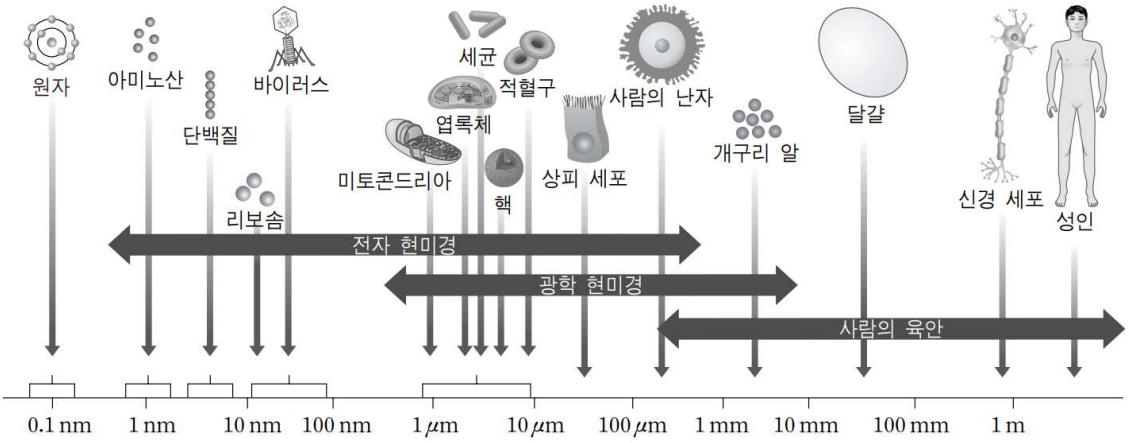
[Common Sense - 동물 세포와 식물 세포]



동물 세포 식물 세포

세포의 크기와 모양은 생물의 종에 따라 다르며, 동일한 종 내에서도 각 개체의 몸의 부위에 따 라 다양하다. 그 이유는 세포가 각각의 기능에 알맞게 분화되어 있기 때문이다.

대부분의 세포는 맨눈으로 관찰할 수 없으나 난자, 신경 세포, 근육 세포 등의 세포는 눈으로 볼 수 있다.

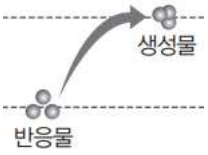


2. 물질대사

생명을 유지하기 위해 생물체에서 일어나는 모든 화학 반응이다.
물질대사 과정에서 물질의 전환과 에너지의 출입이 일어나며, 생물체는 물질대사를 통해 생명 활동에 필요한 물질과 에너지를 얻는다.

대사(代謝)
몸 밖으로부터 섭취한 영양물질을 몸 안에서 분해하고, 합성하여 생체 성분이나 생명 활동에 쓰는 물질이나 에너지를 생성하고 필요하지 않은 물질을 몸 밖으로 내보내는 작용

[물질대사의 구분]

	동화 작용	이화 작용
물질 전환	합성 (저분자 물질 → 고분자 물질)	분해 (고분자 물질 → 저분자 물질)
에너지 출입	흡수 흡열 	방출 발열
예	단백질 합성, 광합성 등	세포 호흡, 소화 등

광합성
빛에너지를 흡수해 이산화 탄소와 물을 포도당으로 합성하는 동화 작용

[광합성]

이산화 탄소 + 물 $\xrightarrow{\text{에너지 흡수}}$ 포도당 + 산소

세포 호흡
포도당을 이산화 탄소와 물로 분해해 에너지를 방출시키는 이화 작용

[세포 호흡]

포도당 + 산소 $\xrightarrow{\text{에너지 방출}}$ 이산화 탄소 + 물

효소
물질대사를 촉진하는 생체 촉매

신체 내 온도 정도로 화학 반응이 일어날 수 있게 해준다.

촉매
화학 반응이 쉽게 일어나게 도와주는 물질

[Remark 1] 물질대사는 효소를 필요로 한다.
이때 모든 생물은 물질대사를 하므로 모든 생물은 효소를 갖는다.

[Remark 2] 동화 작용이 일어날 때는 에너지가 필요하기 때문에 에너지가 흡수되는 흡열 반응이 일어나고 이화 작용이 일어날 때는 에너지가 방출되는 발열 반응이 일어난다.

즉, 동화 작용이 일어날 때에는 반응물이 가진 에너지양보다 생성물이 가진 에너지양이 더 많고, 이화 작용이 일어날 때에는 생성물이 가진 에너지양보다 반응물이 가진 에너지양이 더 많다.

[Remark 3] 물질대사 과정에서는 에너지의 출입이 일어난다.
이와 같이 생명체 내에서 화학 반응이 일어날 때 에너지 출입이 일어나므로 물질대사(물질 변화 관점)를 에너지 대사(에너지 변화 관점)라고 하기도 한다.

3. 자극에 대한 반응

생물은 환경 변화를 자극으로 받아들이고, 그 자극에 적절히 반응하여 생명을 보호한다.

자극은 생물에게 주어지는 환경의 변화이고,
반응은 자극에 대해 생물에서 일어나는 여러 현상이다.

[자극에 대한 반응의 예]

- 식물이 빛을 향해 굽어 자란다. (굴광성)
- 뜨거운 물체에 손이 닿으면 순간적으로 손을 뗀다.
- 지렁이가 빛을 피해 이동한다.
- 미모사는 잎에 다른 물체가 닿으면 잎이 오므라든다.
- 밝은 곳에서는 동공이 작아지고, 어두운 곳에서는 동공이 커진다.
- 해파리의 촉수에 물체가 닿으면 특정 세포에서 독이 분비된다.

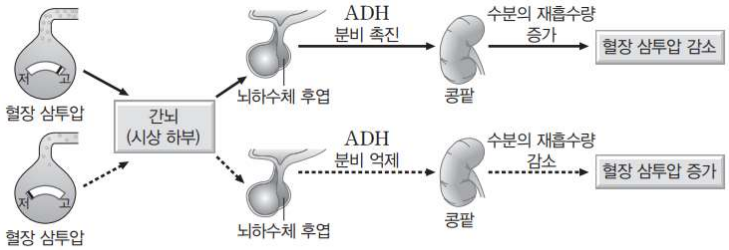
[Remark 1] 자극에는 외부 환경인 소리, 온도, 중력 등 뿐만 아니라 내부 환경인 혈당량, 삼투압 변화, 혈액의 온도 등도 포함된다.

4. 항상성

생물은 체내·외의 환경 변화에 대해 생물이 체내 환경을 정상 범위로 유지하려는 성질을 갖는다.

[항상성의 예]

- 사람은 더울 때 땀을 흘려 체온을 조절한다.
- 신경계와 내분비계의 작용으로 혈당량이 조절된다.
- 물을 많이 마시면 오줌의 양이 늘어난다.



ADH 분비량 조절에 의한 혈장 삼투압 조절

[Remark 1] 생명과학1에서 주로 다루는 체내 환경에는 혈당량, 체온, 혈장 삼투압 등이 있고 수능에서 출제되는 항상성은 위 3가지라고 생각해도 좋다.

[Remark 2] 외부 환경의 변화(기온 상승, 나트륨 함량이 높은 음식 섭취 등)가 자극으로 작용할 때, 신경계와 내분비계의 반응으로 항상성이 유지되므로 항상성 유지 과정을 "자극에 대한 반응"으로 볼 수도 있다.

교육과정이 개정됨에 따라 8종 교과서 모두 자극에 대한 반응과 항상성을 함께 설명하고 있어 항상성에 대한 설명을 제시한 후 "자극에 대한 반응" 여부를 질문하도록 출제될 수 있다.

5. 발생과 생장

다세포 생물은 발생과 생장을 통해 구조적·기능적으로 완전한 개체가 된다.

발생은 하나의 수정란이 세포 분열을 하여 세포 수가 늘어나고,
세포의 종류와 기능이 다양해지며 개체가 되는 것이고

생장은 어린 개체가 세포 분열을 통해 몸이 커지며 성체로 자라는 것이다.

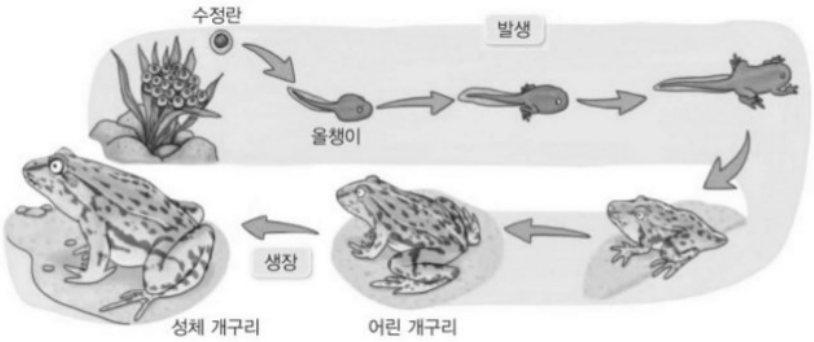
수정란
수컷의 생식 세포인 '정자'와 암컷의 생식 세포인 '난자'가 합쳐진 하나의 세포

[발생의 예]

- 개구리의 수정란은 발생 과정을 통해 올챙이를 거쳐 어린 개구리가 된다.
- 어머니의 자궁 속 수정란이 발생 과정을 거쳐 태아가 된다.

[생장의 예]

- 어린 개구리는 생장하여 성체 개구리가 된다.
- 아기가 태어나서 어른이 된다.



개구리의 발생과 생장

사람의 발생과 생장

6. 생식과 유전

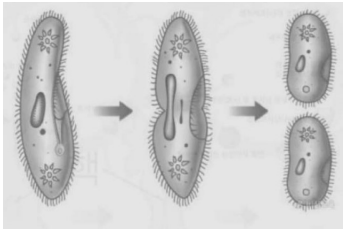
생물은 생식과 유전을 통해 종족을 유지한다.

생식은 생물이 자신과 닮은 자손을 만들어 종족을 유지하는 현상이고
유전은 생식을 통해 어버이의 유전 물질이 자손에게 전달되어 자손이 어버이의 유전 형질을 이어받는 것이다.

이때 세균과 같이 1개의 세포로 구성되는 단세포 생물이 세포 분열을 통해 개체의 수를 증가시키는 현상을 증식이라고 한다.

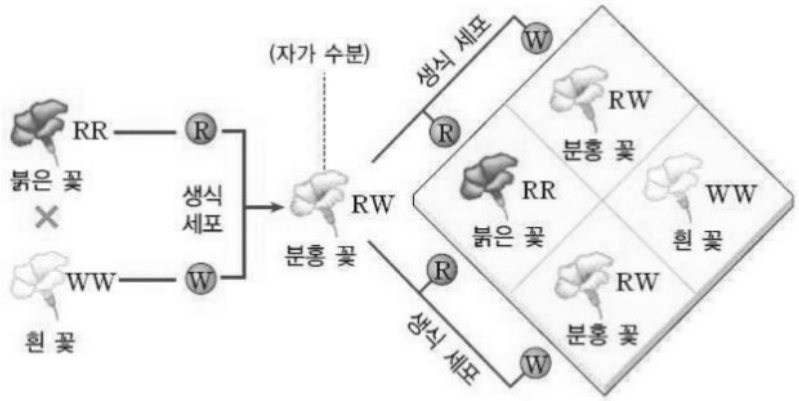
[생식의 예]

- 효모는 출아법으로 증식한다.
- 짚신벌레가 이분법으로 증식한다.



[유전의 예]

- 엄마가 적록 색맹이면 아들도 적록 색맹이다.
- 부착형 귓불을 가진 부모 사이에서 태어난 자녀는 부착형 귓불을 갖는다.



[Remark 1] 다세포 생물은 세포 분열의 Focus가 "생장"에 맞춰져 있으나
단세포 생물은 세포 분열의 Focus가 "증식(생식)"에 맞춰져 있다.

[Remark 2] 1개의 세포로 구성되는 단세포 생물은 부모와 자손을 구별하는 것이 불가능하다.

7. 적응과 진화

생물은 환경에 적응해 나가면서 새로운 종으로 진화한다

적응은 생물이 자신이 살아가는 환경에 적합한
몸의 형태와 기능, 생활 습성 등을 갖게 되는 것이고

진화는 생물이 여러 세대에 걸쳐 환경에 적응한 결과
집단의 유전적 구성이 변하고, 형질이 달라져 새로운 종이 나타나는 것이다.

[적응과 진화의 예]

- 사막여우는 북극여우보다 몸집에 비해 몸의 말단부가 커서 열을 효과적으로 방출한다.
- 사막에 사는 선인장은 잎이 가시로 변해 물의 손실을 줄이고, 물을 저장하는 조직이 발달한다.
- 건조한 사막에 사는 캥거루쥐는 진한 오줌을 소량만 배설해 물의 손실을 줄인다.
- 가랑잎벌레는 포식자의 눈에 띄지 않게 나뭇잎과 비슷한 모습을 가진다.
- 눈신토끼는 겨울이 되면 갈색이던 털을 흰색으로 바꾼다.

[Remark 1] 생물의 특성은 하나의 개체가 살아 있는 상태를 유지하는 것과 관련된 개체 유지 특성과 생물종을 유지하는 것과 관련된 종족 유지 특성으로 분류된다,

[개체 유지 특성의 예]
세포로 구성된다.
물질대사를 한다,
자극에 대한 반응 그리고 항상성
발생과 생장

[종족 유지 특성의 예]
생식과 유전
적응과 진화

유전 물질
어버이의 형질을 자손에게 전하는 물질

유전 물질 내 유전자가 어떤 형질을 발현시키는 데 관여한다.

무성 생식
암수 배우자의 융합 없이 이루어지는 생식

분열법, 출아법, 포자 생식 등이 있다.

유성 생식
암수 개체가 각각 만든 생식세포(배우자)의 결합으로 이루어지는 생식

적응과 진화의 차이
생물이 환경에 적응하는 과정에서 유리한 형질이 자연선택되어 축적됨으로써 진화가 일어난다. (적응 → 진화)

적응은 세대 내에서 진화는 여러 세대에 걸쳐 일어나므로 적응은 진화에 포함된 개념으로 볼 수 있다.

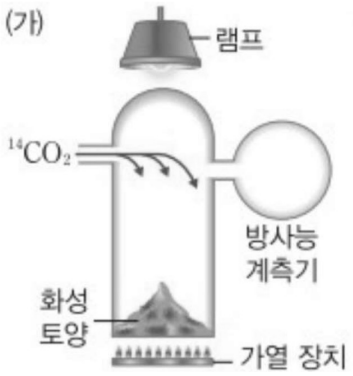
8. 생물의 존재에 대한 실험

[바이킹호 실험]

1976년 화성에 착륙한 무인 탐사선 바이킹호에서는 “생물은 물질대사를 한다”라는 전제 하 생명체의 존재를 확인하기 위해 다음과 같은 실험을 하였다.

1) 동화 작용 확인

화성 토양에 광합성을 하는 생명체가 있다면 ^{14}C를 함유한 유기물이 합성된 후 가열 과정에서 방사성 기체가 검출될 것이다.



[실험 과정]

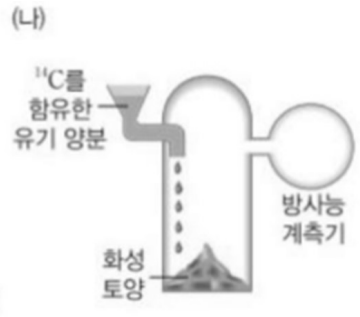
1) 화성 토양이 들어있는 용기에 $^{14}CO_2$를 공급하고 빛을 비춘다.

2) 일정 기간 후 방사성 기체를 모두 제거하고 화성 토양을 가열한다.

3) 방사성 기체가 검출되는지 확인한다.

2) 이화 작용 확인

화성 토양에 세포 호흡을 하는 생명체가 있다면 방사성 탄소를 함유한 유기물이 분해되어 $^{14}CO_2$가 방출되므로 방사성 기체가 검출될 것이다.

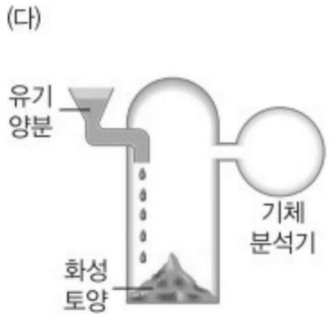


[실험 과정]

1) 화성 토양이 들어있는 용기에 ^{14}C를 함유한 유기 양분을 공급한다.
2) 방사성 기체가 검출되는지 확인한다.

3) 기체 교환 확인

화성 토양에 호흡을 하는 생명체가 있다면 기체 교환이 일어나 용기 내 기체 조성에 변화가 생길 것이다.



[실험 과정]

1) 화성 토양이 들어있는 용기에 유기 양분을 공급한다.
2) 방사성 기체가 검출되는지 확인한다.

[①~③ 실험 결과]

①~③에서 모두 변화가 일어나지 않는다.

[실험 의의]

①~③에서 모두 변화가 일어나지 않은 것을 통해 화성 토양에는 물질대사를 하는 생명체가 존재하지 않는다는 것을 결론지을 수 있다.

9. 생물과 무생물의 비교

생물의 특성을 모두 나타내면 생물, 생물의 특성 중 일부만 나타내면 비생물이다.

[강아지 vs 강아지 로봇]

	강아지	강아지 로봇
공통점	[구조적 측면] - 머리, 몸통, 4개의 다리와 꼬리 등 몸의 구조가 유사하다. [기능적 측면] - 활동을 위해 에너지가 필요하며, 에너지는 화학 반응을 통해 얻는다. - 자극에 대해 적절히 반응하며, 소리를 낸다.	
차이점	- 몸이 세포로 구성된다. - 세포가 모여 조직과 기관을 이룬다. - 음식을 섭취한 후 소화, 흡수를 통해 영양소를 얻는다. - 세포 안에서 물질대사가 일어나 생명 활동에 필요한 물질과 에너지를 얻는다. - 발생과 생장, 생식과 유전, 적응과 진화와 같은 생물의 특성을 모두 나타낸다.	- 몸이 세포 구조가 아니다. - 몸이 플라스틱과 같은 화학 소재로 만들어졌다. - 음식을 섭취하지 않으며, 연료 전지 이외에 다른 물질을 얻지 않는다. - 연료 전지에서 화학 반응이 일어나 에너지를 얻는다. - 발생과 생장, 생식과 유전, 적응과 진화의 특성을 모두 나타내지 않는다.

[죽순 vs 석순]

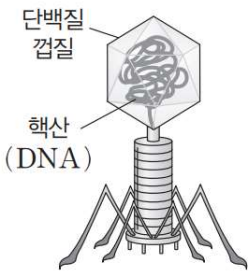
	죽순	석순
공통점	[구조적 측면] - 기둥 모양으로 구조가 유사하다. - 시간이 지남에 따라 크기가 커진다.	
차이점	 - 몸이 세포로 구성된다. - 세포 안에서 물질대사가 일어나 생명 활동에 필요한 물질과 에너지를 얻는다. - 세포 분열을 통해 세포 수를 늘리고 그에 따라 크기가 커진다.	 - 몸이 세포 구조가 아니다. - 외부에서 탄산 칼슘이 첨가됨으로써 크기가 커진다. - 세포 분열에 의해 생장하는 게 아니라 구성 물질의 양이 증가하며 크기가 커진다.

10. 바이러스

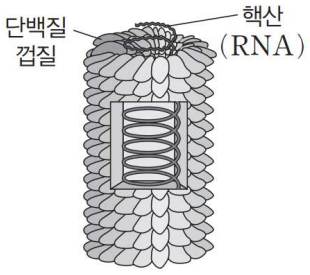
모양이 매우 다양하고, 크기가 세균보다 훨씬 작다. 비생물적 특성과 생물적 특성을 모두 나타내며, 단백질 껍질 속에 유전 물질인 핵산이 들어 있는 구조로 구성된다.

핵산

DNA와 RNA라는 두 가지 유형이 있으며, 유전정보의 저장과 전달, 그리고 발현을 돕는 기능을 담당한다.



박테리오파지



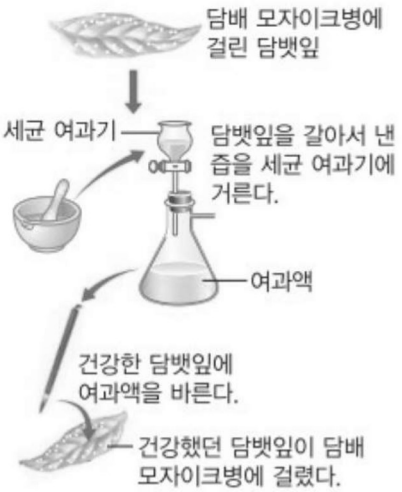
담배 모자이크 바이러스

박테리오파지

'세균'이라는 뜻의 박테리오와 '먹는다'는 뜻의 파지가 합쳐진 말로, 세균에 기생하여 살아가는 바이러스이다. 박테리오파지에는 T2, T4 등이 있다.

[바이러스의 발견]

19C 후반 러시아의 이바놉스키가 세균 여과기를 이용한 실험을 통해 바이러스를 처음으로 발견하였다.



이바놉스키는 담배모자이크병의 원인이 세균보다 작은 바이러스라고 주장하였다.

[바이러스의 특징]

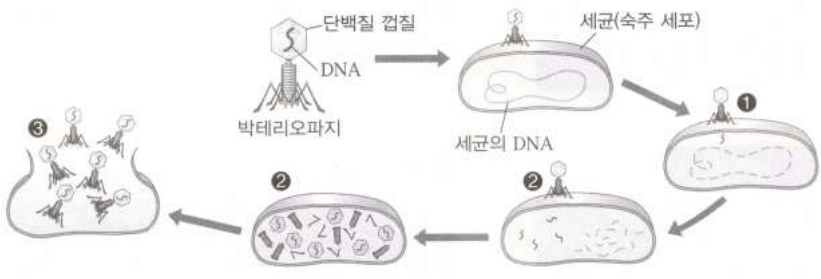
	특징
비생물적 특성	- 몸이 세포 구조가 아니다. - 숙주 세포 밖에서 입자(결정체)로 존재한다. - 독자적인 효소가 없어 스스로 물질대사를 할 수 없다.
생물적 특성	- 유전 물질인 핵산(DNA 또는 RNA)을 가진다. - 다른 생물의 내부로 들어가면 그 생물의 효소를 이용하여 물질대사를 한다. - 돌연변이가 일어나 새로운 형질이 나타나면서 환경에 적응하고 진화한다. - 숙주 세포 안에서 핵산을 복제해 증식하며, 증식하는 과정에서 유전 현상이 나타난다.

[바이러스의 증식]

① 자신의 유전 물질(핵산)을 숙주 세포 안으로 주입한다.

② 숙주 세포 안에서 바이러스의 유전 물질이 복제되고, 단백질이 합성된다.

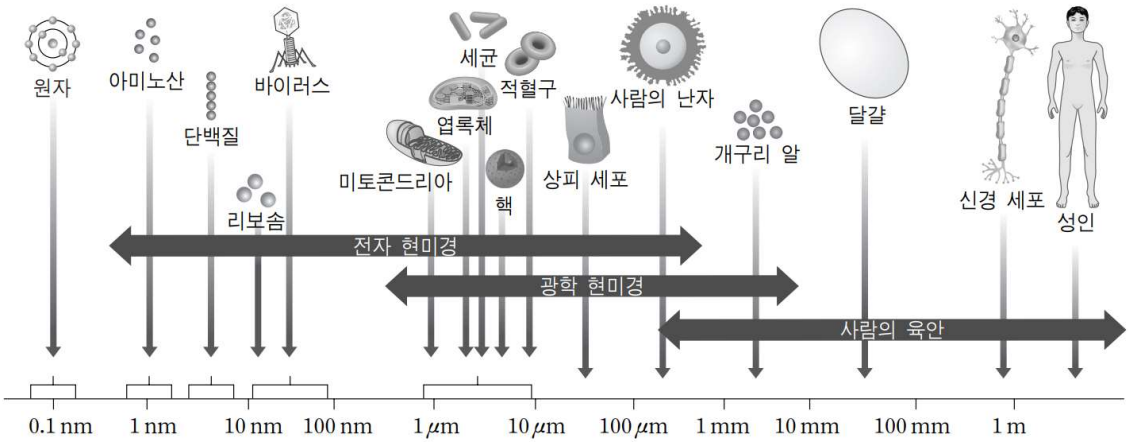
③ 자손 바이러스가 조립된 후 숙주 세포 바깥으로 방출된다.



[Remark 1] 바이러스가 없는 것
효소, 세포막, 리보솜

[Remark 2] 바이러스는 비생물과 생물의 중간 단계로 생물이 먼저 생긴 후 바이러스가 나중에 생물로부터 퇴화한 것이다.

[Remark 3] 바이러스는 세균보다 훨씬 작기 때문에 세균 여과기로 거를 수 없다.



11. 생물의 특성 다지선다.

다음 중 올바른 것을 대응하시오.

㉠ 물질대사 ㉡ 자극에 대한 반응 ㉢ 발생과 생장 ㉣ 생식과 유전 ㉤ 적응과 진화 ㉥ 항상성

	내용	대응
예시	크고 긴 뿔을 가질수록 포식자의 공격을 잘 방어할 수 있어 포식자가 많은 이 지역에서 살기에 적합하다.	㉤
1	물에 불린 콩을 삶은 후 미생물 X를 넣어 발효시키면 독특한 향이 나고 실 형태의 끈적한 물질이 생긴다.	
2	장구벌레는 변태 과정을 거쳐 모기가 된다.	
3	거미는 진동을 감지하여 먹이에게 다가간다.	
4	적록 색맹인 어머니로부터 적록 색맹인 아들이 태어난다.	
5	수생 식물의 잎에서 광합성이 일어나면 공기 방울이 맺힌다.	
6	크고 단단한 종자를 먹는 핀치새는 턱 근육이 발달되어 있다.	
7	빅토리아 여왕의 딸들이 유럽의 다른 왕족과 결혼하여 태어난 아들들에게서 혈우병이 나타났다.	
8	식물은 광합성을 통해 양분을 합성한다.	
9	개구리 알은 올챙이를 거쳐 개구리가 된다.	
10	엄마가 적록 색맹이면 아들도 적록 색맹이다.	
11	지렁이에 빛을 비추면 어두운 곳으로 이동한다.	
12	선인장에는 잎이 변한 가시가 있어 물의 손실이 최소화된다.	
13	뜨거운 물체에 손이 닿으면 반사적으로 손을 뗀다.	
14	선인장은 잎이 변한 가시를 가진다.	
15	장구벌레는 번데기를 거쳐 모기가 된다.	
16	살충제를 살포한 후 살충제에 저항성을 갖는 모기가 증가하였다.	
17	개구리의 수정란은 올챙이를 거쳐 개구리가 된다.	
18	플라나리아는 빛을 받으면 어두운 곳으로 이동한다.	
19	도마뱀은 나뭇잎과 비슷한 외형을 갖고 있어 포식자에게 발견되기 어려우므로 나무가 많은 환경에 살기 적합하다.	
20	짚신벌레는 분열법으로 번식한다.	
21	소나무는 빛을 흡수하여 포도당을 합성한다.	
22	핀치새는 먹이의 종류에 따라 부리 모양이 다르다.	
23	항생제 과다 사용으로 항생제 내성 세균의 비율이 증가한다.	
24	항생제 내성 세균은 항생제를 분해하는 단백질을 합성한다.	
25	미모사의 잎을 만지면 잎이 접힌다.	
26	식물 종자가 발아하여 뿌리, 줄기, 잎으로 분화한다.	
27	효모를 이용하여 막걸리를 만들 때 CO_2가 발생한다.	
28	사람의 체온이 낮아지면 근육이 떨리면서 열이 발생한다.	
29	초식동물의 소화관 길이는 비슷한 몸집을 가진 육식동물의 소화관 길이보다 길다.	
30	근육 세포는 반복적인 근육 운동에 필요한 ATP를 얻기 위해 포도당을 세포 호흡에 이용한다.	
31	달리기를 하는 중에도 혈당량은 정상 범위 내에서 유지된다.	
32	식물은 빛에너지를 흡수하여 양분을 합성한다.	
33	식충 식물인 파리지옥의 잎에 파리가 앉으면 잎이 접힌다.	
34	ABO식 혈액형이 A형인 부모 사이에서 O형인 자녀가 태어났다.	
35	살충제를 사용한 후 살충제 저항성이 있는 바퀴벌레가 나타났다.	
36	효모는 출아법으로 번식한다.	
37	효모는 포도당을 분해하여 에너지를 얻는다.	
38	수정란이 세포 분열을 거쳐 완전한 개체가 된다.	
39	식사 후 혈당량이 증가하면 인슐린 분비가 촉진된다.	
40	뿌리혹박테리아는 질소 고정 효소를 이용하여 공기 중의 질소 (N_2)를 질소 화합물로 합성한다.	

㉠ 물질대사 ㉡ 자극에 대한 반응 ㉢ 발생과 생장 ㉣ 생식과 유전 ㉤ 적응과 진화 ㉥ 항상성

	내용	대응
예시	크고 긴 뿔을 가질수록 포식자의 공격을 잘 방어할 수 있어 포식자가 많은 이 지역에서 살기에 적합하다.	㉤
41	벼는 빛에너지를 흡수하여 포도당을 합성한다.	
42	사람이 물을 많이 마시면 오줌의 양이 증가한다.	
43	살충제를 지속적으로 살포하면 살충제 저항성 모기가 증가한다.	
44	가랑잎벌레의 몸의 형태가 주변의 잎과 비슷하여 포식자의 눈에 띄지 않는다.	
45	강아지는 낯선 사람이 다가오는 것을 보면 짖는다.	
46	강아지는 사료를 소화·흡수하여 생활에 필요한 에너지를 얻는다.	
47	강낭콩이 발아할 때 영양소가 분해되면서 열이 발생한다.	
48	하마는 콧구멍이 코 윗부분에 있어 몸이 물에 잠긴 상태에서도 숨을 쉴 수 있다.	
49	고산 지대에 사는 사람은 낮은 지대에 사는 사람보다 적혈구 수가 많다.	
50	세균은 세포벽을 합성한다.	
51	과거에는 세균에 페니실린을 처리하면 대부분의 세균이 죽었으나, 현재에는 페니실린에 죽는 세균의 비율이 크게 줄었다.	
52	어떤 도마뱀 A가 사는 두 지역의 기온 차이는 약 4℃이지만, 두 지역에 서식하는 A의 체온 차이는 약 1℃이다.	
53	벌새는 자신의 체중보다 많은 양의 꿀을 섭취하여 활동에 필요한 에너지를 얻는다.	
54	가랑잎벌레는 몸의 형태가 주변의 잎과 비슷하여 포식자의 눈에 잘 띄지 않는다.	
55	가랑잎벌레는 참나무나 산딸기 등의 잎을 먹어 생명 활동에 필요한 에 필요한 에너지를 얻는다.	
56	문어는 자리돔이 서식하는 곳에서 6개의 다리를 땅속에 숨기고 2개의 다리로 자리돔의 포식자인 줄무늬 바다뱀을 흉내내어 자리돔으로부터 자신을 보호한다.	
57	애벌레는 ATP를 분해하여 얻은 에너지로 청록색 빛을 낸다.	
58	빛에 유인된 먹이가 덫에 걸리면 애벌레는 움직임을 감지하여 실을 끌어 올린다.	
59	북극토끼는 겨울이 되면 털 색깔이 흰색으로 변하여 천적의 눈에 띄지 않는다.	
60	소는 되새김질에 적합한 구조의 소화 기관을 갖는다.	
61	해파리의 촉수에 물체가 닿으면 특정 세포에서 독이 분비된다.	
62	사람이 물을 많이 마시면 오줌의 양이 증가한다.	
63	뱀은 아래턱이 분리되어 큰 먹이를 먹기에 적합하다.	
64	정상인 부모 사이에서 페닐케톤뇨증을 가진 아이가 태어난다.	
65	효모로부터 이산화 탄소가 생성되어 반죽이 처음 부피의 2배로 부풀 때까지 둔다,	
66	독성이 강한 암모니아는 간에서 요소로 전환된다.	
67	시험관 안의 불린 콩이 발아하면서 시험관 안의 온도가 상승한다.	
68	꽃등에의 모습은 벌과 비슷하여 개구리에게 잘 잡아먹히지 않는다.	
69	간에서 포도당이 글리코젠으로 합성된다.	
70	여름날 저녁에 가로등 불빛 아래 나방이 모여든다.	
71	기생말벌이 휘발성 화합물에 유인되어 상처 받은 잎으로 접근하였다.	
72	추운 지방보다 더운 지방에 사는 여우의 몸집이 작다.	
73	심해 어류의 시각은 퇴화되었다.	
74	어두운 곳에서 동공의 크기가 커진다.	
75	초식 동물은 질긴 식물을 씹기 위해 어금니가 넓적하게 발달하였다.	
76	심해 어류의 시각이 퇴화되어 있다.	
77	네펜데스는 벌레잡이통에 빠진 곤충을 소화액을 이용하여 소화한다.	
78	자벌레는 몸의 모양과 색깔이 주변의 나뭇가지와 비슷하여 천적에게 발견되지 않는다.	
79	땅다람쥐는 날씨가 추워지고 먹이가 부족해지면 동면을 한다.	
80	반딧불이는 광세포에 있는 효소 루시페레이스는 루시페린이라는 유기물을 산화시키는 데 ATP를 이용한다.	

Chapter 3

실전 개념

: 세포 대응 추론형 (DNA 상대량 (2))

세포 대응 추론 (직접)

세포 대응 추론(직접)은 크게 3가지 유형으로 분류된다.
최근 2년간 9월 평가원 문항의 세포 대응 유형이 수능 문항에 연계되는 경향을 보이고 있다.

Ⓐ DNA 상대량 [★★★★★]

DNA 상대량을 활용하여 임의의 세포를 매칭하거나
감수 분열이 일어나고 있는 세포 모식도 그림과 매칭하는 문항이 출제된다.
22학년도 수능에서 세포 대응 문항과 세포 대응 돌연변이 문항, 2문항에 출제되었고
23학년도 수능에서 유전자 유무와 함께 출제되었다.

10. 사람의 유전 형질 (가)는 상염색체에 있는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 X 염색체에 있는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. 표는 세포 Ⅰ~Ⅳ가 갖는 H, h, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅳ 중 2개는 남자 P의, 나머지 2개는 여자 Q의 세포이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
Ⅰ	㉢	0	㉠	?
Ⅱ	㉡	㉠	0	㉡
Ⅲ	?	㉢	㉠	㉡
Ⅳ	4	0	2	㉠

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]

<보 기>

ㄱ. ㉡은 2이다.
ㄴ. Ⅱ는 Q의 세포이다.
ㄷ. Ⅰ이 갖는 t의 DNA 상대량과 Ⅲ이 갖는 H의 DNA 상대량은 같다.

22학년도 9월 평가원 - DNA 상대량 대응

17. 다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.
- P의 유전자형은 AaBbDd이고, Q의 유전자형은 AabbDd이며, P와 Q의 핵형은 모두 정상이다.
- 표는 P의 세포 Ⅰ~Ⅲ과 Q의 세포 Ⅳ~Ⅵ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

사람	세포	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
P	Ⅰ	0	1	?	㉢	0	㉡
	Ⅱ	㉠	㉡	㉠	?	㉠	?
	Ⅲ	?	㉡	0	㉢	㉢	㉡
Q	Ⅳ	㉢	?	?	2	㉢	㉢
	Ⅴ	㉡	㉢	0	㉠	㉢	?
	Ⅵ	㉠	?	?	㉠	㉡	㉠

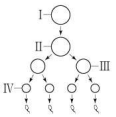
- 세포 ⓐ와 ⓑ 중 하나는 염색체의 일부가 결실된 세포이고, 나머지 하나는 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 세포이다. ⓐ는 Ⅰ~Ⅲ 중 하나이고, ⓑ는 Ⅳ~Ⅵ 중 하나이다.
- Ⅰ~Ⅵ 중 ⓐ와 ⓑ를 제외한 나머지 세포는 모두 정상 세포이다.

22학년도 수능 - DNA 상대량 + 돌연변이

Ⓑ 유전자 유무 [★★★★]

대립유전자 유무를 활용하여 임의의 세포를 매칭하는 문항이 출제된다.
23학년도 수능에서는 세포 대응 문항과 세포 대응 돌연변이 문항, 2문항에 출제되었다.

7. 사람의 유전 형질 ㉮는 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다. 그림은 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 (가)~(라)에서 대립유전자 ㉠~㉢의 유무와 a와 B의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라)는 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉢은 A, a, b를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	대립유전자			DNA 상대량	
	㉠	㉡	㉢	a	B
(가)	×	×	○	?	2
(나)	○	?	○	2	?
(다)	?	?	×	1	1
(라)	○	?	?	1	?

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. Ⅳ에 ㉠이 있다.
ㄴ. (나)의 핵상은 $2n$이다.
ㄷ. P의 유전자형은 AaBb이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

23학년도 수능 - 대립유전자 유무 + 상대량

17. 다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 상염색체에 있는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- 표는 이 가족 구성원의 체세포에서 대립유전자 ⓐ~ⓓ의 유무와 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 나타낸 것이다. ⓐ~ⓓ는 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉤은 0, 1, 2, 3, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원	대립유전자				대문자로 표시되는 대립유전자의 수
	ⓐ	ⓑ	ⓒ	ⓓ	
아버지	○	○	×	○	㉠
어머니	○	○	○	○	㉡
자녀 1	?	×	×	○	㉢
자녀 2	○	○	?	×	㉣
자녀 3	○	?	○	×	㉤

(○: 있음, ×: 없음)

- 아버지의 정자 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 염색체 수가 비정상적인 정자 P가 형성되었다. P와 정상 난자가 수정되어 자녀 3이 태어났다.
- 자녀 3을 제외한 이 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

23학년도 수능 - 대립유전자 유무 + 돌연변이

© 염색체 유무 [★★]

염색체 유무를 활용하여 임의의 세포를 매칭하는 문항이 출제된다.

10. 표는 유전자형이 DdHhRr인 어떤 동물($2n$=6)의 세포 (가)~(다)에서 염색체 ㉠~㉣과 유전자 ⓐ~ⓓ의 유무를 나타낸 것이다. ⓐ~ⓓ는 각각 D, d, H, h, R, r 중 하나이며, 3쌍의 대립유전자는 서로 다른 염색체에 있다. (가)~(다)는 모두 중기의 세포이다.

구분	염색체				유전자			
	㉠	㉡	㉢	㉣	ⓐ	ⓑ	ⓒ	ⓓ
(가)	○	○	○	×	○	×	○	○
(나)	×	×	?	○	×	○	?	○
(다)	○	×	○	○	×	×	○	○

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, D는 d와, H는 h와, R는 r와 각각 대립 유전자이다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. ㉠에 ⓒ가 있다.
ㄴ. (나)에 ㉢이 있다.
ㄷ. ⓑ는 ⓒ와 대립 유전자이다.

20학년도 10월 교육청 - 염색체 유무

7. 사람의 유전 형질 (가)는 2쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 7번 염색체와 8번 염색체에 있다. 그림은 어떤 사람의 7번 염색체와 8번 염색체를, 표는 이 사람의 세포 Ⅰ~Ⅳ에서 염색체 ㉠~㉢의 유무와 H와 r의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 염색체 ⓐ~ⓒ를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	염색체			DNA 상대량	
	㉠	㉡	㉢	H	r
Ⅰ	×	○	?	1	1
Ⅱ	?	○	○	?	1
Ⅲ	○	×	○	2	0
Ⅳ	○	○	×	?	2

(○: 있음, ×: 없음)

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

<보 기>

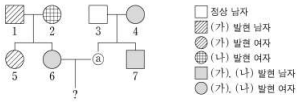
ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ의 핵상은 같다.
ㄴ. ㉡과 ㉢은 모두 7번 염색체이다.
ㄷ. 이 사람의 유전자형은 HhRr이다.

22학년도 수능 - 염색체 유무와 DNA 상대량

이외에 유전 현상, 가계도, 돌연변이 문항과 같이 고난도 문항에서 DNA 상대량이나 유전자 유무가 서브로 등장하곤 한다.

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

- (가)는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. H는 h에 대해, T는 t에 대해 각각 완전 우성이다.
- 가계도는 구성원 ⓐ를 제외한 구성원 1~7에게서 (가)와 (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.



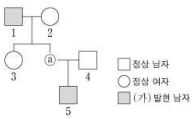
- 표는 구성원 1, 3, 6, ⓐ에서 체세포 1개당 ㉠과 ㉡의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠은 H와 h 중 하나이고, ㉡은 T와 t 중 하나이다.

구성원	1	3	6	ⓐ
㉠과 ㉡의 DNA 상대량을 더한 값	1	0	3	1

22학년도 수능 - DNA 상대량의 합

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

- (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 같은 염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- (나)는 대립유전자 E, F, G에 의해 결정되며, E는 F, G에 대해, F는 G에 대해 각각 완전 우성이다. (나)의 표현형은 3가지이다.
- 가계도는 구성원 ⓐ를 제외한 구성원 1~5에게서 (가)의 발현 여부를 나타낸 것이다.
- 표는 구성원 1~5와 ⓐ에서 체세포 1개당 E와 F의 DNA 상대량을 더한 값(E+F)과 체세포 1개당 F와 G의 DNA 상대량을 더한 값(F+G)을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.



구성원		1	2	3	ⓐ	4	5
DNA 상대량을 더한 값	E+F	?	?	1	㉡	0	1
	F+G	㉠	?	1	1	1	㉢

23학년도 수능 - DNA 상대량의 합

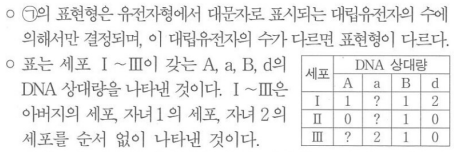
즉, 세포 대응 단원은 "타 고난도 출제 유형의 기반"이 되는 단원이며 심층적으로 학습할 필요가 있다.

세포 대응 추론 (간접)

세포 대응 추론(간접)은 크게 4가지 유형으로 분류된다.

Ⓐ 사람의 유전 [★★]

세포 대응 추론과 사람의 유전이 연계되어 출제될 수 있다.

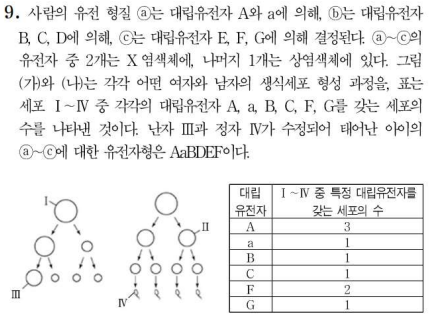


○ ㉠의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.

○ 표는 세포 Ⅰ~Ⅲ이 갖는 A, a, B, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅲ은 아버지의 세포, 자녀 1의 세포, 자녀 2의 세포를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량			
	A	a	B	d
Ⅰ	1	?	1	2
Ⅱ	0	?	1	0
Ⅲ	?	2	1	0

다인자 유전 & 세포 대응



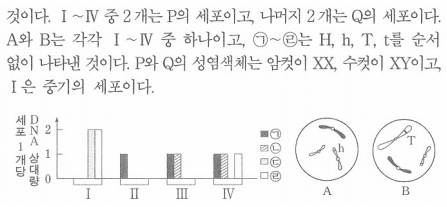
9. 사람의 유전 형질 ⓐ는 대립유전자 A와 a에 의해, ⓑ는 대립유전자 B, C, D에 의해, ⓒ는 대립유전자 E, F, G에 의해 결정된다. ⓐ~ⓒ의 유전자 중 2개는 X 염색체에, 나머지 1개는 상염색체에 있다. 그림 (가)와 (나)는 각각 어떤 여자와 남자의 생식세포 형성 과정을, 표는 세포 Ⅰ~Ⅳ 중 각각의 대립유전자 A, a, B, C, F, G를 갖는 세포의 수를 나타낸 것이다. 난자 Ⅲ과 정자 Ⅳ가 수정되어 태어난 아이의 ⓐ~ⓒ에 대한 유전자형은 AaBDEF이다.

대립 유전자	Ⅰ~Ⅳ 중 특정 대립유전자를 갖는 세포의 수
A	3
a	1
B	1
C	1
F	2
G	1

복대립 유전 & 세포 대응

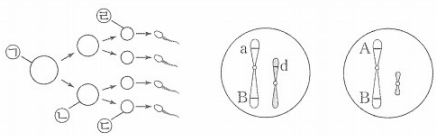
Ⓑ 그림 추론 [★★]

세포 대응 추론과 염색체나 세포 분열 그림이 엮여 출제될 수 있다.



것이다. Ⅰ~Ⅳ 중 2개는 P의 세포이고, 나머지 2개는 Q의 세포이다. A와 B는 각각 Ⅰ~Ⅳ 중 하나이고, ㉠~㉣는 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다. P와 Q는 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이고, Ⅰ은 중기의 세포이다.

DNA 상대량 그림 + 염색체 그림

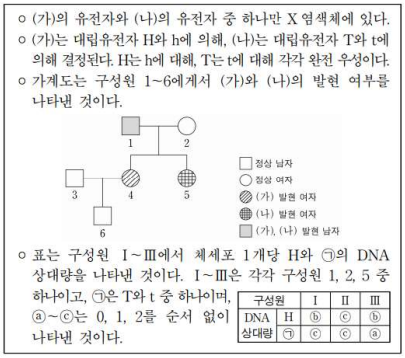


생식 세포 분열 그림 + 염색체 그림

Ⓒ 가계도 [★★★]

DNA 상대량이나 유전자 유무가 서브로 들어간 형태로 거의 출제되어 왔지만
돌연변이가 세포 대응과 주로 출제되어 온 것처럼
세포 대응 추론과 가계도 또는 가계표가 엮여 출제될 수 있다.

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



○ (가)의 유전자와 (나)의 유전자 중 하나만 X 염색체에 있다.
○ (가)는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. H는 h에 대해, T는 t에 대해 각각 완전 우성이다.
○ 가계도는 구성원 1~6에게서 (가)와 (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.

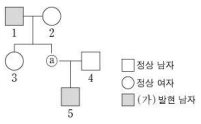
○ 표는 구성원 Ⅰ~Ⅲ에서 체세포 1개당 H와 ㉠의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅲ은 각각 구성원 1, 2, 5 중 하나이고, ㉠은 T와 t 중 하나이며, ⓐ~ⓒ는 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
DNA 상대량	H	ⓑ	ⓒ	ⓑ
	㉠	ⓒ	ⓒ	ⓐ

23학년도 9월 평가원 - DNA 상대량 서브

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

○ (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 같은 염색체에 있다.
○ (가)는 대립유전자 A와 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
○ (나)는 대립유전자 E, F, G에 의해 결정되며, E는 F, G에 대해, F는 G에 대해 각각 완전 우성이다. (나)의 표현형은 3가지이다.
○ 가계도는 구성원 ⓐ를 제외한 구성원 1~5에게서 (가)의 발현 여부를 나타낸 것이다.



○ 표는 구성원 1~5와 ⓐ에서 체세포 1개당 E와 F의 DNA 상대량을 더한 값(E+F)과 체세포 1개당 F와 G의 DNA 상대량을 더한 값(F+G)을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원		1	2	3	ⓐ	4	5
DNA 상대량을 더한 값	E+F	?	?	1	㉡	0	1
	F+G	㉠	?	1	1	1	㉢

23학년도 수능 - DNA 상대량 서브

Ⓓ 돌연변이 [★★★★]

세포 대응 추론과 돌연변이가 엮여 수능에 2년 연속 출제되어 왔다.
(구성원의 유전자형은 구성원의 2n 체세포 내 유전자 구성과 동일하여 맥락이 동일하다.)

17. 다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

○ (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다.
○ (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.
○ P의 유전자형은 AaBbDd이고, Q의 유전자형은 AabbDd이며, P와 Q의 핵형은 모두 정상이다.
○ 표는 P의 세포 Ⅰ~Ⅲ과 Q의 세포 Ⅳ~Ⅵ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

사람	세포	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
P	Ⅰ	0	1	?	㉢	0	㉡
	Ⅱ	㉠	㉡	㉠	?	㉠	?
	Ⅲ	?	㉡	0	㉢	㉢	㉡
Q	Ⅳ	㉢	?	?	2	㉢	㉢
	Ⅴ	㉡	㉢	0	㉠	㉢	?
	Ⅵ	㉠	?	?	㉠	㉡	㉠

○ 세포 ⓐ와 ⓑ 중 하나는 염색체의 일부가 결실된 세포이고, 나머지 하나는 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 세포이다. ⓐ는 Ⅰ~Ⅲ 중 하나이고, ⓑ는 Ⅳ~Ⅵ 중 하나이다.
○ Ⅰ~Ⅵ 중 ⓐ와 ⓑ를 제외한 나머지 세포는 모두 정상 세포이다.

22학년도 수능 - 세포 대응 + 돌연변이

17. 다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

○ (가)는 서로 다른 상염색체에 있는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
○ 표는 이 가족 구성원의 체세포에서 대립유전자 ⓐ~ⓓ의 유무와 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 나타낸 것이다. ⓐ~ⓓ는 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉤은 0, 1, 2, 3, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원	대립유전자				대문자로 표시되는 대립유전자의 수
	ⓐ	ⓑ	ⓒ	ⓓ	
아버지	○	○	×	○	㉠
어머니	○	○	○	○	㉡
자녀 1	?	×	×	○	㉢
자녀 2	○	○	?	×	㉣
자녀 3	○	?	○	×	㉤

(○: 있음, ×: 없음)

○ 아버지의 정자 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 염색체 수가 비정상적인 정자 P가 형성되었다. P와 정상 난자가 수정되어 자녀 3이 태어났다.
○ 자녀 3을 제외한 이 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

23학년도 수능 - 세포 대응 + 돌연변이

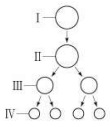
DNA 상대량 추론

DNA 상대량 추론은 크게 3가지 유형으로 분류된다.
최근 2년간 9월 평가원 문항의 세포 대응 유형이 수능 문항에 연계되는 경향을 보이고 있다.

Ⓐ 세포 분열 그림 [★★★★]

세포 분열 그림과 함께 DNA 상대량 표가 제시된다.
감수 분열이 일어나고 있는 세포 모식도 그림과 매칭하는 문항이 출제된다.
22학년도 수능에서 세포 대응 문항과 세포 대응 돌연변이 문항, 2문항에 출제되었고
23학년도 수능에서 유전자 유무와 함께 출제되었다.

19. 그림은 유전자형이 AaBbDD인 어떤 사람의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 생식 세포가 형성되는 과정을, 표는 세포 (가)~(라)가 갖는 대립유전자 A, B, D의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라)는 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠+㉡+㉢=4이다.



세포	DNA 상대량		
	A	B	D
(가)	2	㉠	?
(나)	2	㉡	㉢
(다)	?	1	2
(라)	?	0	?

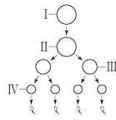
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이다.)

<보 기>

ㄱ. (가)는 Ⅱ이다.
ㄴ. ㉡은 2이다.
ㄷ. 세포 1개당 a의 DNA 상대량은 (다)와 (라)가 같다.

21학년도 9평

7. 사람의 유전 형질 ㉮는 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다. 그림은 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 (가)~(라)에서 대립유전자 ㉠~㉢의 유무와 a와 B의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라)는 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉢은 A, a, b를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	대립유전자			DNA 상대량	
	㉠	㉡	㉢	a	B
(가)	×	×	○	?	2
(나)	○	?	○	2	?
(다)	?	?	×	1	1
(라)	○	?	?	1	?

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. Ⅳ에 ㉠이 있다.
ㄴ. (나)의 핵상은 $2n$이다.
ㄷ. P의 유전자형은 AaBb이다.

23학년도 수능

Ⓑ 단독 출제 [★★★★]

대립유전자 유무를 활용하여 임의의 세포를 매칭하는 문항이 출제된다.
23학년도 수능에서는 세포 대응 문항과 세포 대응 돌연변이 문항, 2문항에 출제되었다.

10. 사람의 유전 형질 (가)는 상염색체에 있는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 X 염색체에 있는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. 표는 세포 Ⅰ~Ⅳ가 갖는 H, h, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅳ 중 2개는 남자 P의, 나머지 2개는 여자 Q의 세포이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
Ⅰ	㉢	0	㉠	?
Ⅱ	㉡	㉠	0	㉡
Ⅲ	?	㉢	㉠	㉡
Ⅳ	4	0	2	㉠

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]

<보 기>

ㄱ. ㉡은 2이다.
ㄴ. Ⅱ는 Q의 세포이다.
ㄷ. Ⅰ이 갖는 t의 DNA 상대량과 Ⅲ이 갖는 H의 DNA 상대량은 같다.

22학년도 9평

7. 어떤 동물 종($2n$)의 유전 형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다. 표는 이 동물 종의 개체 ㉠과 ㉡의 세포 Ⅰ~Ⅳ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅳ 중 2개는 ㉠의 세포이고, 나머지 2개는 ㉡의 세포이다. ㉠은 암컷이고 성염색체가 XX이며, ㉡은 수컷이고 성염색체가 XY이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	0	?	2	?	4	0
Ⅱ	0	2	0	2	?	2
Ⅲ	?	1	1	1	2	?
Ⅳ	?	0	1	?	1	0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. Ⅳ의 핵상은 $2n$이다.
ㄴ. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.
ㄷ. ㉠의 (나)와 (다)에 대한 유전자형은 BbDd이다.

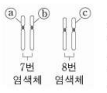
23학년도 6평

© 기타 [★★★★★]

개정 교육과정 들어 3년 연속 수능에서
DNA 상대량과 기타 요소가 함께 출제되는 경향을 보이고 있다.

2021학년도 수능에서는 유전자 유무와 DNA 상대량 합이
2022학년도 수능에서는 염색체 유무와 염색체 그림이
2023학년도 수능에서는 세포 분열 그림과 유전자 유무가 함께 출제되었다.

7. 사람의 유전 형질 (가)는 2쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 7번 염색체와 8번 염색체에 있다. 그림은 어떤 사람의 7번 염색체와 8번 염색체를, 표는 이 사람의 세포 Ⅰ~Ⅳ에서 염색체 ㉠~㉢의 유무와 H와 r의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 염색체 ⓐ~ⓒ를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	염색체			DNA 상대량	
	㉠	㉡	㉢	H	r
Ⅰ	×	○	?	1	1
Ⅱ	?	○	○	?	1
Ⅲ	○	×	○	2	0
Ⅳ	○	○	×	?	2

(○: 있음, ×: 없음)

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

<보 기>

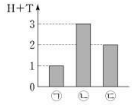
ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ의 핵상은 같다.
ㄴ. ㉡과 ㉢은 모두 7번 염색체이다.
ㄷ. 이 사람의 유전자형은 HhRr이다.

22학년도 수능

10. 사람의 유전 형질 ⓐ는 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정되며, ⓐ의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다. 표는 사람 (가)의 세포 Ⅰ~Ⅲ에서 h, R, t의 유무를, 그림은 세포 ㉠~㉢의 세포 1개당 H와 T의 DNA 상대량을 더한 값(H+T)을 각각 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 Ⅰ~Ⅲ을 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	대립유전자		
	h	R	t
Ⅰ	?	○	×
Ⅱ	○	×	?
Ⅲ	×	×	?

(○: 있음, ×: 없음)



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

<보 기>

ㄱ. (가)에는 h, R, t를 모두 갖는 세포가 있다.
ㄴ. Ⅱ는 ㉠이다.
ㄷ. Ⅲ의 $\frac{\text{T의 DNA 상대량}}{\text{H의 DNA 상대량}+\text{r의 DNA 상대량}}=1$이다.

21학년도 수능

Ⓓ 돌연변이 [★★★]

개정 교육과정 들어 3년 연속 DNA 상대량과 돌연변이가 함께 출제되는 경향을 보이고 있다.
2022학년도 수능과 2023학년도 9평에서 돌연변이와 엮여 고난도 문항으로 출제되었다.

17. 다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.
- P의 유전자형은 AaBbDd이고, Q의 유전자형은 AabbDd이며, P와 Q의 핵형은 모두 정상이다.
- 표는 P의 세포 Ⅰ~Ⅲ과 Q의 세포 Ⅳ~Ⅵ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

사람	세포	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
P	Ⅰ	0	1	?	㉢	0	㉡
	Ⅱ	㉠	㉡	㉠	?	㉠	?
	Ⅲ	?	㉡	0	㉢	㉢	㉡
Q	Ⅳ	㉢	?	?	2	㉢	㉢
	Ⅴ	㉡	㉢	0	㉠	㉢	?
	Ⅵ	㉠	?	?	㉠	㉡	㉠

- 세포 ⓐ와 ⓑ 중 하나는 염색체의 일부가 결실된 세포이고, 나머지 하나는 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 세포이다. ⓐ는 Ⅰ~Ⅲ 중 하나이고, ⓑ는 Ⅳ~Ⅵ 중 하나이다.
- Ⅰ~Ⅵ 중 ⓐ와 ⓑ를 제외한 나머지 세포는 모두 정상 세포이다.

22학년도 수능

18. 다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립유전자 A와 A*에 의해, (나)는 대립유전자 B와 B*에 의해, (다)는 대립유전자 D와 D*에 의해 결정된다.
- (가)와 (나)의 유전자는 7번 염색체에, (다)의 유전자는 9번 염색체에 있다.
- 표는 이 가족 구성원의 세포 Ⅰ~Ⅴ 각각에 들어 있는 A, A*, B, B*, D, D*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.

구분	세포	DNA 상대량					
		A	A*	B	B*	D	D*
아버지	Ⅰ	?	?	1	0	1	?
어머니	Ⅱ	0	?	?	0	0	2
자녀 1	Ⅲ	2	?	?	1	?	0
자녀 2	Ⅳ	0	?	0	?	?	2
자녀 3	Ⅴ	?	0	?	2	?	3

- 아버지의 생식세포 형성 과정에서 7번 염색체에 있는 대립유전자 ㉠이 9번 염색체로 이동하는 돌연변이가 1회 일어나 9번 염색체에 ㉠이 있는 정자 P가 형성되었다. ㉠은 A, A*, B, B* 중 하나이다.
- 어머니의 생식세포 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 염색체 수가 비정상적인 난자 Q가 형성되었다.
- P와 Q가 수정되어 자녀 3이 태어났다. 자녀 3을 제외한 나머지 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

23학년도 9평

ⓑ 고난도 문항

Schema 11에서 20까지는 Schema 1~10에 비해 상대적으로 고난도 문항에 대해 다뤄지고 있으며 이러한 경우 다음을 활용하도록 하자.

1st 연역적 풀이

우선 DNA 상대량 자체로 알아낼 수 있는 정보를 해석하도록 하자.

[중기 세포] 중기 세포에는 DNA 상대량 1이 올 수 없다.
[생식 세포] 생식 세포에는 DNA 상대량 2가 올 수 없다.
[G_1기 세포] 돌연변이가 일어나지 않았다면, G_1기 세포에만 DNA 상대량 2, 1이 공존할 수 있다.
[대립유전자 합] DNA 상대량 합이 2와 1이 공존하면 적은 쪽이 성염색체, 남성의 세포이다.

등 여러 가지 Scehma에 대해 1권에서 다룬 바 있다.

2nd 귀납적 풀이

연역적으로 주어진 표나 그림이 해석되지 않는 Point에 다달했을 때 표를 깔고 정보를 찬찬히 관찰해보자.

문제에 주어진 표나 그림에서 숨겨둔 정보가
표에서는 가시적으로 나타날 수 있다.

이때 개체가 2명이면 2개의 표가, 수정 과정이면 ㉮ 정자, 난자, 수정란이 나타난 경우 ㉮에 대한 표를 추가로 그리는 등 각 Schema 별로 유용한 표의 양상이 다소 다르니 각각의 상황에 맞게 적절히 그려 판단하도록 하자.

[개체 간 구분]

주어진 개체 수에 맞게 표를 그린다. P와 Q라면 2개의 표를 그리면 된다.
이때 세포 분열 그림이나 추가 정보가 주어지지 않는다면 다음 페이지의 표를 기본으로 깔도록 하자.

"세포 분열 과정"의 각 세포를 구분하는 게 본 단원의 목표이기에
2n, 2 / 2n, 4 / n, 2 / n, 1을 골고루 배치할 가능성이 높으며
실제로 22학년도 수능과 23학년도 수능에서 각각 1개씩 제시하였다.

(만약 n, 1가 하나 더 주어진다면 추가로 그려주면 그만!)

(실제로 표의 껍데기를 모두 그릴 필요는 없고 자신이 인지할 수 있을 정도면 충분하다.)

[수정 과정]

수정 과정이 주어진 문제에서는 아버지의 세포, 어머니의 세포, 수정란 이렇게 세 가지 요소가 주어질 수 있다. 이 경우에는 비교 해석이 어려우므로 표를 그리는 게 유용할 수 있고 다음 세 표를 깔아놓고 판단하도록 하자.

[표 1 – Ⅰ의 난자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 2					
2n, 4					
n, 2					
n, 1					

[표 2 – Ⅱ의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 2					
2n, 4					
n, 2					
n, 1					

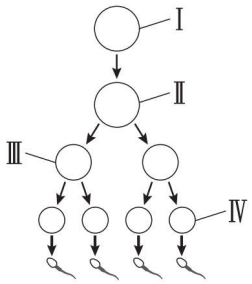
[표 3 – 수정란]

세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
정자					
난자					
수정란					

이때 수정란 부분은 2n, 2 또는 2n, 4일 수 있고 문제 양상에 따라 판단해야 하며
정자는 정자 형성 과정의 n, 1 세포와 유전적 구성이 동일하며
난자는 난자 형성 과정의 n, 1 세포와 유전적 구성이 동일하다.

[DNA 상대량 합]

문제에서 주어진 DNA 상대량 합을 A, 여사건 DNA 상대량 합을 A^C로 두고 전체 DNA 상대량의 합을 S라 둔 후 표를 구성하도록 하자.



세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	?
㉡	3
㉢	4
㉣	2

위와 같이 자료가 주어지면 왼쪽 세포 분열 그림과 오른쪽 H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값을 토대로 다음과 같이 표를 그리면 된다.

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	H+R+T	h+r+t
2n, 2		6		
2n, 4		12		
n, 2		6		
n, 1		3		

1권에서 배운 Schema, 그리고 2권에서 배울 Schema를 정리하면 다음과 같다.

Schema 1 핵상 판단
Schema 2 중기 세포
Schema 3 양극단 세포
Schema 4 단독 해석
Schema 5 정체성 부여
Schema 6 비교 해석
Schema 7 성염색체
Schema 8 포함 관계
Schema 9 배반 관계
Schema 10 좌우 대응
Schema 11 개체 간 구분
Schema 12 수정 과정
Schema 13 가족 구성원
Schema 14 연관 추론
Schema 15 미매칭 대립유전자
Schema 16 DNA 상대량의 합
Schema 17 미매칭 대립유전자의 합
Schema 18 분열 과정의 일부
Schema 19 미매칭 DNA 상대량
Schema 20 유전 현상

Schema 11
개체 간 구분

[중요도 ★★★]

1) 서로 다른 두 개체를 구분할 때, AA는 A^*을 갖지 않는다는 논리로 구분시키는 자료가 자주 출제된다. 이때 단독 해석과 비교 해석, 성상 판단 등에 여러 Schema가 종합적으로 사용된다.

   즉, G_1기 세포(2n)와 특정 DNA 상대량이 0인 세포 간 비교가 주로 활용된다..

2) 성염색체 조합이 다름이 규명되면 서로 다른 개체이다.

3) 귀납적으로 표를 그려가며 풀 때는 개체 수만큼의 표를 그려 풀어야 한다.

[예시 - 개체 간 구분]

세포	DNA 상대량	
	T	t
Ⅰ	2	?
Ⅱ	0	1
Ⅲ(2n)	0	1
Ⅳ(2n)	2	0

핵상이 2n인 세포 Ⅳ는 개체 내 t를 갖지 않는다
이때 Ⅱ와 Ⅲ은 t를 가지므로 Ⅱ, Ⅲ은 Ⅳ와 다른 개체이다.

개체 간 구분하는 문항일 때
비교 해석을 통한 핵상 판단은 한 개체의 세포임이 규명된 세포들끼리 할 수 있다.

세포	DNA 상대량	
	T	t
Ⅰ	2	?
Ⅱ	0	1
Ⅲ(2n)	0	1
Ⅳ(2n)	2	0

Ⅲ과 Ⅳ가 서로 같은 개체의 세포인지 다른 개체의 세포인지 모르는 상황에서
Ⅳ에 T가 있는데 Ⅲ에 T가 없다고 핵상이 n이라 판단할 수 없다

개체 구분이 필요한 문항은 개체 구분이 완료된 후
"같은 개체의 세포들끼리" 비교 해석을 통한 핵상 판단을 행하도록 하자.

Schema 11
개체 간 구분

.

1.

어떤 동물 종(2n)의 유전 형질 (가)는 대립유전자 E와 e에 의해, (나)는 대립유전자 F와 f에 의해, (다)는 대립유전자 G와 g에 의해 결정된다. 표는 이 동물 종의 개체 P와 Q의 세포 Ⅰ~Ⅳ가 갖는 E, e, F, f, G, g의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅳ 중 2개는 P의 세포이고, 나머지 2개는 Q의 세포이다. P와 Q의 성별은 다르고, 이 동물 종의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.

세포	DNA 상대량					
	E	e	F	f	G	g
Ⅰ	0	㉠	2	0	0	4
Ⅱ	?	0	2	?	㉡	0
Ⅲ	1	1	?	0	1	?
Ⅳ	?	0	㉢	0	?	1

㉠+㉡+㉢의 값은?

DNA 상대량 추론

Schema 11

개체 간 구분

세포	DNA 상대량					
	E	e	F	f	G	g
Ⅰ	0	㉠	2	0	0	4
Ⅱ	?	0	2	?	㉡	0
Ⅲ	1	1	?	0	1	?
Ⅳ	?	0	㉢	0	?	1

Ⅰ에는 F가 2개, g가 4개 있으므로 Ⅰ은 DNA가 복제된 상태이고, Ⅰ의 핵상은 2n이다.
이때 Ⅰ의 F+f가 2이고, G+g가 4이므로 F와 f는 성염색체 위에 있고, G와 g는 상염색체 위에 있고, Ⅰ은 수컷의 세포이다.

세포	핵상, 염색체 수	DNA 상대량					
		E	e	F	f	G	g
				성염색체		상염색체	
Ⅰ	2n, 4	0	㉠	2	0	0	4
Ⅱ		?	0	2	?	㉡	0
Ⅲ		1	1	?	0	1	?
Ⅳ		?	0	㉢	0	?	1

Ⅱ에는 g가 없으므로 Ⅰ과 Ⅱ는 서로 다른 개체의 세포이다.
Ⅰ과 Ⅱ에 모두 F가 있으므로 F는 X 염색체에 있다.
F는 X 염색체에 있으므로 Ⅱ는 암컷의 세포이다.

세포	핵상, 염색체 수	DNA 상대량					
		E	e	F	f	G	g
				성염색체		상염색체	
Ⅰ	2n, 4	0	㉠	2	0	0	4
Ⅱ		?	0	2	?	㉡	0
Ⅲ		1	1	?	0	1	?
Ⅳ		?	0	㉢	0	?	1

Ⅲ은 E와 e가 각각 1개 있으므로 Ⅲ의 핵상은 2n이다.
Ⅲ에는 f가 없으므로 F가 2개 있고, G와 g가 각각 1개 있다.

DNA 상대량 추론
Schema 11
개체 간 구분

세포	핵상, 염색체 수	DNA 상대량					
		E	e	F	f	G	g
				성염색체		상염색체	
Ⅰ	2n, 4	0	㉠	2	0	0	4
Ⅱ		?	0	2	?	㉡	0
Ⅲ	2n, 2	1	1	2	0	1	1
Ⅳ		?	0	㉢	0	?	1

Ⅰ에는 E가 없는데, Ⅲ에는 E가 있으므로 Ⅲ은 암컷의 세포, Ⅳ는 수컷의 세포이다.

세포	핵상, 염색체 수	성별	DNA 상대량					
			E	e	F	f	G	g
					성염색체		상염색체	
Ⅰ	2n, 4	수컷	0	㉠	2	0	0	4
Ⅱ		암컷	?	0	2	?	㉡	0
Ⅲ	2n, 2	암컷	1	1	2	0	1	1
Ⅳ		수컷	?	0	㉢	0	?	1

핵상이 2n인 세포에 없는 대립유전자는 같은 개체의 다른 세포에도 없다.
따라서 Ⅳ에는 E와 e가 모두 없다.

E와 e가 모두 없으므로 E와 e는 X 염색체에 있다.

세포	핵상, 염색체 수	성별	DNA 상대량					
			E	e	F	f	G	g
			X염색체		X염색체		상염색체	
Ⅰ	2n, 4	수컷	0	㉠	2	0	0	4
Ⅱ	n, 2	암컷	?	0	2	?	㉡	0
Ⅲ	2n, 2	암컷	1	1	2	0	1	1
Ⅳ	n, 1	수컷	?	0	㉢	0	?	1

Ⅰ에는 E와 f가 모두 없고, F가 2개 있으므로 e는 2개 있고, ㉠은 2이다.
Ⅱ에는 F가 2개 있고, g가 없으므로 G가 2개 있고, ㉡은 2이다.
Ⅰ에서 e와 F는 X 염색체에 함께 있고, Ⅳ에는 e가 없으므로 F도 없다.
따라서 ㉢은 0이고, ㉠+㉡+㉢=4이다.

2.

어떤 동물 종(2n)의 유전 형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다. 표는 이 동물 종의 개체 ㉠과 ㉡의 세포 Ⅰ~Ⅳ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅳ 중 2개는 ㉠의 세포이고, 나머지 2개는 ㉡의 세포이다. ㉠은 암컷이고 성염색체가 XX이며, ㉡은 수컷이고 성염색체가 XY이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	0	?	2	?	4	0
Ⅱ	0	2	0	2	?	2
Ⅲ	?	1	1	1	2	?
Ⅳ	?	0	1	?	1	0

㉠의 (나)와 (다)에 대한 유전자형은?

[해설]

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	0	?	2	?	4	0
Ⅱ	0	2	0	2	?	2
Ⅲ	?	1	1	1	2	?
Ⅳ	?	0	1	?	1	0

세포 Ⅰ은 DNA 상대량으로 4를 가지므로
Ⅰ을 갖는 개체의 (다)에 대한 유전자형은 DD 동형 접합이며 Ⅰ은 M_1기이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	0	?	2	?	4	0
Ⅱ	0	2	0	2	?	2
Ⅲ	?	1	1	1	2	?
Ⅳ	?	0	1	?	1	0

세포 Ⅲ은 DNA 상대량으로 2와 1을 동시에 가지므로 G_1기이고
유전자 조성이 유전자형과 일치한다.

∴ (다)에 대한 유전자형은 DD 동형 접합이다.

이때 Ⅱ는 d를 가지므로 Ⅰ과 Ⅱ는 같은 개체의 세포가 아니고 Ⅲ과 Ⅱ도 같은 개체의 세포가 아니다. 따라서 Ⅰ과 Ⅲ가 같은 개체의 세포이다.

DNA 상대량 추론

Schema 11

개체 간 구분

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	0	?	2	?	4	0
Ⅱ	0	2	0	2	?	2
Ⅲ	?	1	1	1	2	?
Ⅳ	?	0	1	?	1	0

Ⅱ와 Ⅳ는 같은 개체의 세포이다. 이때 Ⅱ는 Ⅳ가 갖는 B를 갖지 않고
Ⅳ는 Ⅱ가 갖는 a를 갖지 않으므로 두 세포 모두 핵상은 n이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	0	?	2	?	4	0
Ⅱ	0	2	0	2	?	2
Ⅲ	?	1	1	1	2	?
Ⅳ	?	0	1	?	1	0

같은 개체의 M_1기에서 A의 DNA 상대량이 0이므로
G_1기에서 A의 DNA 상대량 또한 0이다.

이때 A와 a의 DNA 상대량 합이 1이고, B와 b의 DNA 상대량 합은 2이므로
A와 a는 성염색체 위에 있고, B와 b 그리고 D와 d는 상염색체 위에 있다.

∴ Ⅰ과 Ⅲ은 수컷 ㉡의 세포, Ⅱ와 Ⅳ은 암컷 ㉠의 세포

∴ ㉠의 (나)와 (다)에 대한 유전자형은 BbDd이다.

DNA 상대량 추론
Schema 11
개체 간 구분

해당 문항은 23학년도 6월 평가원 문항으로 DNA 상대량이 단독적으로 제시된 문항이나 사람에 따라 23학년도 수능 문항보다 난이도가 높다고 여기는 사람도 있었다.

이는 23학년도 수능 문항은 여러 가지 요소가 섞이긴 했지만 각각의 해석은 쉬웠고 23학년도 수능은 개체를 구분한 후 개체의 세포끼리 비교 해석해야 하는 과정이 다소 난해하게 여기는 사람들도 있었기 때문이다.

이를 귀납적으로 풀어보자

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	0	?	2	?	4	0
Ⅱ	0	2	0	2	?	2
Ⅲ	?	1	1	1	2	?
Ⅳ	?	0	1	?	1	0

세포 Ⅰ은 (4, 0)이 존재하므로 2n, 4이고 D를 동형 접합으로 가지며 d를 갖지 않으며 D와 d는 상염색체 위에 있다. 이를 나타내면 다음과 같고 $2n$ 칸이 동형 접합으로 채워졌으므로 위 아래를 모두 채울 수 있다.

[표 1]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
						1	
2n, 2						2	0
2n, 4	Ⅰ					4	0
n, 2						2	0
n, 1						1	0

세포 Ⅲ에는 DNA 상대량 2와 1이 공존하므로 2n, 2이고 위 표에 (D, d)=(2, 0)이 있으므로 위 표에 들어갈 수도 있고 다른 표에 들어갈 수도 있다. (∵ 개체가 두 마리이므로 표도 두 개 그려져야 한다.)

이때 세포 Ⅲ은 핵상이 2n인 세포이므로 d가 없는데 Ⅱ에는 d가 있다.
따라서 세포 Ⅲ은 [표 1]에 들어가야 하고, 나머지 두 세포는 [표 2]에 들어가야 한다.

DNA 상대량 추론
Schema 11
개체 간 구분

[표 1]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
						1	
2n, 2	Ⅲ	0	1	1	1	2	0
2n, 4	Ⅰ	0	2	2	2	4	0
n, 2						2	0
n, 1						1	0

이때 DNA 상대량의 합 A+a=1이 나타났으므로 [표 1]은 ㉡의 세포이고 ㉢은 수컷이다. 또한 A+a=1, B+b=2이므로 A와 a는 성염색체 위에 있고, B와 b는 상염색체 위에 있다. 따라서 [표 2]는 ㉠의 세포이고 ㉠은 암컷이다.

[표 2]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체		2		1	
2n, 2							
2n, 4							
n, 2							
n, 1							

Ⅱ에는 Ⅳ에 있는 B가 없고 Ⅳ에는 Ⅱ에 있는 a가 없다.
따라서 두 세포는 모두 핵상이 n이고 DNA 상대량이 2가 있는 세포는 n, 2
DNA 상대량이 1이 있는 세포는 n, 1이다.

이를 적절히 [표 2]에 대응해주면 다음과 같다.

[표 2]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체		2		1	
2n, 2							
2n, 4							
n, 2	Ⅱ	0	2	0	2	?	2
n, 1	Ⅳ	?	0	1	?	1	0

DNA 상대량 추론
Schema 11
개체 간 구분

[표 2]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체		2		1	
2n, 2							
2n, 4							
n, 2	Ⅱ	0	2	0	2	?	2
n, 1	Ⅳ	?	0	1	?	1	0

암컷 ㉠에도 있는 대립유전자이므로 성염색체는 X 염색체이다.

[표 2]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체		2		1	
2n, 2							
2n, 4							
n, 2	Ⅱ	0	2	0	2	?	2
n, 1	Ⅳ	?	0	1	?	1	0

서로 크로스되어 나타나는 것을 통해 하나는 좌, 다른 하나는 우에 있는 것을 알 수 있다.
따라서 한 쪽의 유전자형은 BD, 다른 한 쪽의 유전자형은 bd이며 둘을 합쳐 2n, 2의
유전자형을 구하면 BbDd이다.

이와 같이 DNA 상대량 표가 단독적으로 주어지면
표 자체를 해석하는 연역적 해석도 가능하지만
필요에 따라 새로운 표 자체를 개체 수 만큼 그리는 귀납적 해석 또한 가능하다.

Schema 12
수정 과정

[중요도 ★★]

1) 두 사람의 세포가 등장했을 때 비교 해석을 통한 핵상 판단이 불가했던 것처럼 정자, 난자, 수정란의 세 사람 이상의 세포가 등장하므로 함부로 핵상을 판단할 수 없다.

2) 정자의 유전자 구성과 난자의 유전자 구성이 합쳐져 수정란의 유전자형이 되는 유전의 원리를 적절히 활용하여 주어진 조건을 해석하도록 하자. 구성원 중 자식은 아버지의 유전자와 어머니의 유전자를 각각 절반씩 받아 태어난다.

3) 정자, 난자, 수정란 중 2개의 정보를 알면 나머지 하나의 정보를 알 수 있다. 이때 연역적으로 풀어가든 귀납적으로 풀어가든, 정자 난자 수정란에 대한 표를 새로 그리면 유용한 경우가 많다.

4) “발문”에 정자라는 표현이 사용되면 모세포와 그 세포는 아버지의 세포, 난자라는 표현이 사용되면 모세포와 그 세포는 어머니의 세포이다.

5) 4개의 줄 중 3개의 줄에 DNA 상대량 1이 나타나면 감수 분열 과정에서 양극단 세포와 수정란의 세포이고, 나머지 하나가 감수 분열 과정에서 나타나는 중기 세포로 결정되는 논리가 사용되곤 한다.

Schema 12
수정 과정

6) 염색체 그림 추론과 연관되는 경우에는 좌하단에 정체성, 우하단에 성염색체 조합을 기입한 후 DNA 상대량 표와 그림을 비교 해석하도록 하자.

이때 복제된 세포 그림(중기 세포)에는 1이 올 수 없고
복제되지 않은 세포 그림(양극단 세포)에만 1이 올 수 있다.

7) ㉮ 수정란에 없는 대립유전자는 생식 세포(난자 또는 정자)에도 없고,
생식 세포의 상위 세포에도 ㉮가 없다.

8) 유전자형이 결정되어 있는 문항의 경우 유전자형으로부터
쭉 상대량을 예측한 후 표와 비교하는 게 더 빠를 수도 있다

9) 2n, 2 세포가 2n, 4 세포로 갈 때 유전적 구성은 변하지 않고, DNA 상대량만 2배가 되며
n, 2 세포가 n, 1 세포로 갈 때 유전적 구성은 변하지 않고, DNA 상대량만 반감된다.

즉, 생식 세포 형성 과정에서 쭉 분열되는 과정이라면
(예 - (가)에서 (나)가 형성되고, (나)에서 (다)가 형성되고, (다)에서 (라)가 형성되는)

n, 2와 n, 1의 DNA 상대량이 일렬로 나타나므로 2n이 n이 되는 감수 1분열 과정에서 경우의 수만 판단해주면 된다.

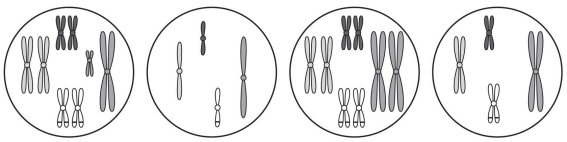
쭉 분열되는 과정과 난자(정자) 형성 과정이라고 주어지는 경우를 구분해서 해제하도록 하자.

10) 특정 태어난 개체의 체세포는 수정란 취급해서 풀어주면 된다.

Schema 12
수정 과정

3.

어떤 동물(2n=8)에서 몸 색깔은 한 쌍의 대립유전자 H나 h에 의해 결정되며, 몸 색깔에 대한 유전자형은 Hh이다. 이 동물의 세포 A가 분열하여 세포 B가, 세포 B가 분열하여 세포 C가 형성되었다. 세포 C로부터 형성된 정자가 난자와 수정되어 수정란 D가 형성되었으며, 이 정자와 난자는 몸 색깔에 대한 동일한 대립유전자를 가진다. 그림의 세포 (가)~(라)는 각각 A~D 중 하나이며, 표는 A~D가 갖는 대립유전자 H와 h의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. H 1개와 h 1개의 DNA 상대량은 같다.

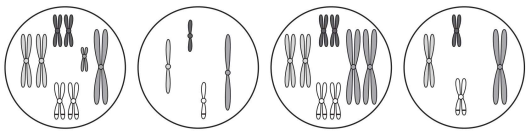


(가) (나) (다) (라)

세포	DNA 상대량	
	H	h
Ⅰ	2	2
Ⅱ	2	0
Ⅲ	1	ⓐ
Ⅳ	ⓑ	ⓒ

ⓐ+ⓑ+ⓒ 값은?

[해설]


(가) (나) (다) (라)

세포	DNA 상대량	
	H	h
Ⅰ	2	2
Ⅱ	2	0
Ⅲ	1	ⓐ
Ⅳ	ⓑ	ⓒ

정자와 난자는 동일한 몸 색깔에 대한 대립유전자를 갖는다고 했으므로
수정란의 몸 색깔에 대한 유전자형은 동형 접합성이다.

또한 이 동물로부터 형성된 "정자"라는 표현을 통해 G_1기 세포에는 X염색체와 Y염색체가 모두 있어야함을 알 수 있고, 성염색체 조합이 XX인 (다)는 수정란이다.

세포	DNA 상대량	
	H	h
Ⅰ	2	2
Ⅱ	2	0
Ⅲ	1	ⓐ
Ⅳ	ⓑ	ⓒ

(다)는 복제된 상태로 존재하므로 M_1기 세포이고 수정란의 몸 색깔에 대한 유전자형은 동형 접합성으로 존재하므로 (4, 0)의 대립유전자 상대량을 가져야 한다. 따라서 (다)가 Ⅳ이다.

세포	개체	DNA 상대량	
		H	h
Ⅰ	1	2	2
Ⅱ	1	2	0
Ⅲ	1	1	ⓐ
Ⅳ	2	ⓑ(4)	ⓒ(0)

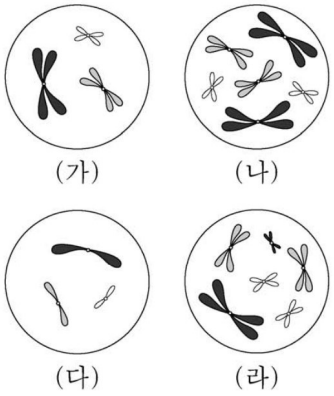
수정란을 제외하고는 모두 같은 개체로부터 형성된 세포이다.

따라서 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ은 핵상 판단을 위한 비교 해석이 가능하다.
Ⅱ는 h가 없으므로 n이고, (가), (나), (라) 중 핵상이 n인 세포가 둘이므로 ⓐ=0이다.

∴ Ⅰ은 (가), Ⅲ은 (나), Ⅱ는 (라)이다. ∴ ⓐ+ⓑ+ⓒ=4이다.

4.

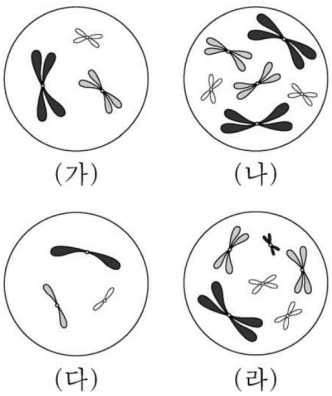
그림은 같은 종인 동물(2n=6) Ⅰ과 Ⅱ의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를, 표는 세포 A~D가 갖는 유전자 H, h, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 Ⅰ의 난자 형성 과정에서 나타나는 세포이며, (라)는 (다)로부터 형성된 난자가 정자 ⓐ와 수정되어 태어난 Ⅱ의 세포이다. Ⅰ의 특정 형질에 대한 유전자형은 HhTT이고, H는 h와 대립유전자이며, T는 t와 대립유전자이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이며, A~D는 (가)~(라)를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
A	2	㉠	?	0
B	1	?	㉡	?
C	㉢	2	2	0
D	0	2	2	0

㉠+㉡+㉢ 값은?

[해설]



세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
A	2	㉠	?	0
B	1	?	㉡	?
C	㉢	2	2	0
D	0	2	2	0

그림을 통해 (가)는 M_2기 중기, (나)는 M_1기 중기, (다)는 생식 세포, (라)는 DNA가 복제된 핵상이 $2n$인 세포임을 알 수 있다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
A	2	㉠	?	0
B	1	?	㉡	?
C	㉢	2	2	0
D	0	2	2	0

(가), (나), (라)는 모두 복제된 세포이므로 DNA 상대량으로 1이 올 수 없다.
따라서 B는 (다)이다.

생식 세포인 (다)에 H가 있으므로 (다)의 모세포인 (나)와
(다)가 수정되어 태어난 Ⅱ의 세포인 (라)에는 H가 있어야 한다. 따라서 D가 (가)이다.

(나)는 그림 상 암컷 Ⅰ의 세포이고, (라)는 그림 상 성염색체 조합이 XY이므로
다른 개체의 세포여야 하고 수컷 Ⅱ의 세포이다.

수정 과정

세포	구분	DNA 상대량			
		H	h	T	t
A		2	㉠	?	0
B	(다)	1	?	㉡	?
C		㉢	2	2	0
D	(가)	0	2	2	0

(나)는 개체 Ⅰ의 세포이고 Ⅰ의 유전자형은 HhTT이므로
(나)에서 H의 DNA 상대량은 2, T의 DNA 상대량은 4이어야 한다.

따라서 A는 (나)이고, C는 (라)이다.

세포	구분	DNA 상대량			
		H	h	T	t
A	(나)	2	㉠	?	0
B	(다)	1	?	㉡	?
C	(라)	2	2	2	0
D	(가)	0	2	2	0

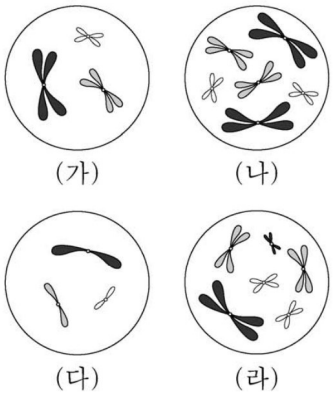
(라)에서 대립유전자 쌍의 DNA 상대량 합이 4와 2로 나타나므로 H와 h는 상염색체에,
T와 t는 성염색체 위에 있고 여자인 Ⅰ에서 T가 존재하므로 T와 t는 X염색체 위에 있다.

㉠과 ㉡은 각각 2와 1이다.

[정답]
∴㉠+㉡+㉢=5

Schema 12
수정 과정

Schema 11에서도 1문항에 대해 귀납적 풀이를 구현했던 바가 있다.
Schema 12에서도 이 문항에 대해 귀납적 풀이를 행해보자.



세포 그림을 보면 각각의 세포가 n, 2 / 2n, 4 / n, 1 / 2n, 4 임을 알 수 있다.
즉, 어떤 2n, 4 세포는 수정란임을 알 수 있고 하나의 표는 하나의 개체를 기준으로 그려나가는 것이기에 세 개의 세포에 대해 **[표 1]**을 작성하자

[표 1 – Ⅰ의 난자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 4					
n, 2					
n, 1					

(나)는 개체 Ⅰ의 세포이고 Ⅰ의 유전자형은 HhTT이므로 (나)에서 H의 DNA 상대량은 2, T의 DNA 상대량은 4이어야 한다. 표에 채워주면 다음과 같다.

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 4		2	2	4	0
n, 2					
n, 1					

이로 가능한 세포는 A~D 중 A밖에 없다. 따라서 Ⅰ의 세포 중 2n, 4에 대응되는 세포는 A이고 Ⅰ의 난자 형성 과정의 세포이므로 2n, 4에 대응되는 세포 그림은 (나)이다.

따라서 나머지 (라)는 Ⅱ의 세포(수정란)이다.

수정 과정

[표 2 - Ⅱ(수정란)의 형성 과정의 정자, 난자, 수정란]

세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 4					

[표 1 - Ⅰ의 난자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 4	A	2	2	4	0
n, 2					
n, 1					

이형 접합은 등장할 수 있는 경우가 2가지로 분류되지만
동형 접합은 쭉 일렬로 나열하여 쓸 수 있기 때문에 칸을 채워주면 아래와 같다.

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 4	A	2	2	4	0
n, 2				2	0
n, 1				1	0

표에서 DNA 상대량 1은 2n, 2 또는 n, 1에서만 나올 수 있는데 세포 그림에 2n, 2가 없다.
따라서 B는 n, 1에 와야 하고 표를 채워주면 다음과 같다.

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 4	A	2	2	4	0
n, 2				2	0
n, 1	B	1	0	1	0

(다)로부터 형성된 난자가 정자와 수정되어 수정란 (라)를 형성하므로
이를 [표 2]에 그려주면 다음과 같다.

수정 과정

[표 2 – Ⅱ(수정란)의 형성 과정의 정자, 난자, 수정란]

세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
n, 1	B	1	0	1	0
2n, 4					

즉, 수정란인 (라)는 반드시 H와 T를 가져야 한다. 이때 D는 H의 DNA 상대량이 0이므로 수정란이 될 수 없다. 따라서 D는 Ⅰ의 2n, 2 세포에 들어가야 한다.

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
2n, 4	A	2	2	4	0
n, 2	D	0	2	2	0
n, 1	B	1	0	1	0

따라서 C는 2n, 4 수정란 칸에 들어와야 한다.

세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
n, 1	B	1	0	1	0
2n, 4	C	㉢	2	2	0

3개 중 2개의 줄이 결정되었으므로 나머지 정자의 줄도 알 수 있고 ㉢도 결정된다.

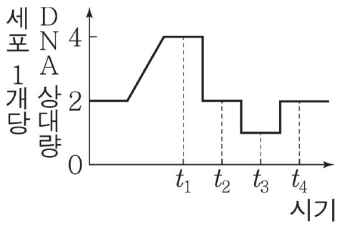
세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	T	t
n, 1	B	1	0	1	0
n, 1	정자	0	1	0	0
2n, 4	C	2	2	2	0

2n, 4 세포에서 H+h=4이고, T+t=2이므로 H와 h는 상염색체 위에, T와 t는 성염색체 위에 있다.

결국 연역적 풀이와 귀납적 풀이의 차이는 생각으로 처리하느냐 vs 표로 생각을 정리하느냐의 차이라고 여겨지며 어느 쪽을 중점으로 연습해도 좋으나 둘 다 적절히 겸비해두기를 추천한다. 결국 시험장에서 잘 풀고 오는 풀이가 Best...!

5.

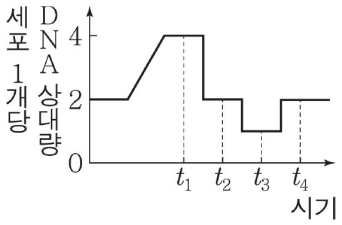
그림은 동물(2n) Ⅰ에서 난자 ⓐ가 형성되고, ⓐ가 정자 ⓑ와 수정하여 수정란을 형성하는 과정에서 세포 1개당 DNA 상대량의 변화를, 표는 세포 A~D가 갖는 유전자 H, h, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ의 특정 형질에 대한 유전자형은 HhTt이고, H는 h와 대립유전자이며, T는 t와 대립유전자이다. A~D는 시점 t_1~t_4 중 서로 다른 시점의 한 세포를 순서 없이 나타낸 것이며, t_2일 때 세포는 t_1일 때 세포로부터, t_3일 때 세포는 t_2일 때 세포로부터 형성되었다. t_1과 t_2는 중기에 해당한다. ⓐ는 A~D 중 하나이고, ㉠+㉡+㉢=2이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



세포	DNA 상대량		
	H	h	t
A	?	?	㉠
B	㉡	?	0
C	㉢	0	1
D	2	?	2

A~D과 시점 t_1~t_4 중 서로 다른 시점의 한 세포를 각각 대응하시오.

[해설]

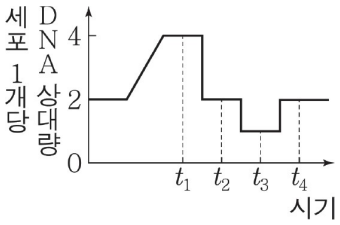


세포	DNA 상대량		
	H	h	t
A	?	?	㉠
B	㉡	?	0
C	㉢	0	1
D	2	?	2

Ⅰ의 특정 형질에 대한 유전자형은 HhTt이므로 (2, 2, 2, 2)인 지점이 있어야 한다.
가능한 세포는 A와 D이다. 만약 A의 ㉠이 2라면 0이 B에만 있는 것을 설명할 수 없다.

(t_4라면 t_3도 0어야 하고, t_3라면 t_2도 0어야 한다.)

따라서 D가 t_1일 때 세포이다.



세포	구분	DNA 상대량		
		H	h	t
A		?	?	㉠
B		㉡	?	0
C		㉢	0	1
D	t_1	2	2	2

\만약 핵상이 2n인 수정란에 t가 없다면 생식 세포에도 t가 없고 생식 세포의 모세포에도 t가 없어야 한다. 즉, 세 개의 세포에 DNA 상대량 0이 나타나야 한다.

세포 C에는 t가 있으므로 t가 없는 세포 B는 수정란이 아니다.

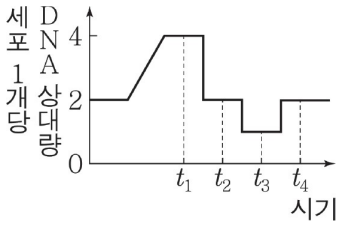
따라서 B는 t_2일 때 세포 또는 t_3일 때 세포이고 t의 DNA 상대량이 0이므로
B와 직결된 세포 또한 t를 갖지 않는다.

따라서 A에서 t의 DNA 상대량이 0이다.

DNA 상대량 추론

Schema 12

수정 과정



세포	구분	DNA 상대량		
		H	h	t
A		?	?	㉠(0)
B		㉡	?	0
C		㉢	0	1
D	t_1	2	2	2

t를 갖는 C는 t_4일 때 세포이다.

세포	시점	DNA 상대량		
		H	h	t
A		?	?	0
B		㉡	?	0
C	t_4	㉢	0	1
D	t_1	2	?	2

B는 C의 형성에 관여하므로 B에 있으면 C에도 있고, C에 없으면 B에도 없어야 한다.
즉, H의 DNA 상대량 조합이 (㉡, ㉢)=(0, 2)이거나 (2, 0)일 수 없다.

따라서 (㉡, ㉢)=(1, 1)이다.

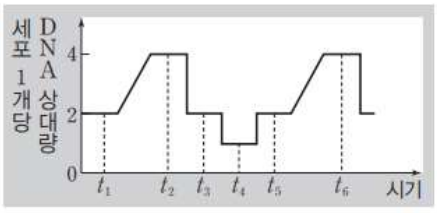
세포	시점	DNA 상대량		
		H	h	t
A		?	?	0
B		㉡(1)	?	0
C	t_4	㉢(1)	0	1
D	t_1	2	?	2

t_2일 때 세포는 중기의 세포이므로 H를 복제된 상태로 가져야 한다.
따라서 A가 t_2일 때 세포이어야 하고 B가 t_3일 때 세포이다.

[정답]
A가 t_2일 때 세포이어야 하고 B가 t_3일 때 세포
t_1일 때 세포는 D이고, t를 갖는 C는 t_4일 때 세포이다.

6.

다음은 사람의 감수 분열 과정과 수정에 대한 자료이다.



세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	?
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ	0
㉥	ⓓ	2	4	0

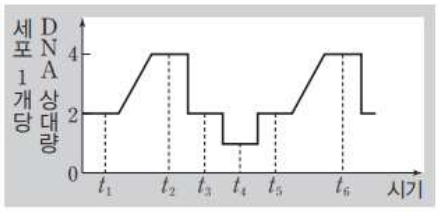
- 유전 형질 (가)는 2쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r에 의해 결정되며, 두 유전자 중 하나는 상염색체에 있고, 나머지 하나는 X 염색체에 있다.
- 그림은 어떤 여자에서 세포 분열을 통해 난자 Ⅰ이 형성되고, Ⅰ이 정자 Ⅱ와 수정하여 수정란 Ⅲ을 형성한 뒤 세포 분열을 하는 과정에서 세포 1개당 DNA양의 변화를, 표는 세포 ㉠~㉥이 갖는 H, h, R, r의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.
- ㉠~㉥은 $t_1 \sim t_6$ 시기의 세포를 순서 없이 나타낸 것이다.
- $\frac{\text{Ⅰ의 H와 R의 DNA 상대량을 더한 값}}{\text{Ⅱ의 h와 r의 DNA 상대량을 더한 값}}$=2이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

ㄱ. ⓐ+ⓑ+ⓒ+ⓓ=6이다.
ㄴ. Ⅲ은 Ⅱ로부터 h가 있는 상염색체를 받았다.
ㄷ. $\frac{t_2 \text{ 시기의 세포 1개당 h와 R의 DNA 상대량을 더한 값}}{t_6 \text{ 시기의 세포 1개당 H와 r의 DNA 상대량을 더한 값}}$=3이다.

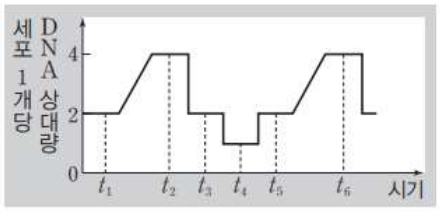
DNA 상대량 추론
Schema 12
수정 과정

[해설]



세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	?
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ	0
㉥	ⓓ	2	4	0

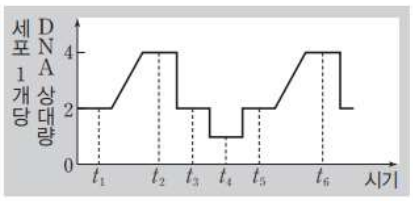
t_3과 t_4시기의 세포는 핵상이 n이고, 나머지 시기의 세포는 핵상이 $2n$이다. $t_1(t_5)$ 시기의 세포가 복제되어 $t_2(t_6)$ 시기의 세포가 되기 때문에 DNA 상대량은 $t_2(t_6)$ 시기의 세포가 $t_1(t_5)$ 시기의 세포의 2배이다. 이를 만족하는 세포는 ㉢과 ㉥, ㉡과 ㉤이다.



세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	?(0)
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ	0
㉥	ⓓ	2	4	0

㉡과 ㉤에서 R와 r의 DNA 상대량을 더한 값이 H와 h의 DNA 상대량을 더한 값의 절반이므로 R와 r는 X 염색체에 있고, ㉡과 ㉤에는 X 염색체와 Y 염색체가 모두 있다.

$t_1 \sim t_4$는 여자의 난자 형성 과정에서 나타나는 세포들이다. 따라서 ㉡과 ㉤은 수정 후의 세포이므로 ㉡은 t_5 시기의 세포이고, ㉤은 t_6 시기의 세포이다.



세포	시기	DNA 상대량			
		H	h	R	r
㉠		ⓐ	0	2	?
㉡	t_5	1	1	1	?(0)
㉢		1	ⓑ	2	0
㉣		?	0	?	0
㉤	t_6	2	2	ⓒ(2)	0
㉥		ⓓ	2	4	0

따라서 나머지 $2n$ 세포이고 DNA 상대량이 2배 관계에 있는
㉢은 t_1 시기의 세포이고, ㉥은 t_2 시기의 세포이다.

남은 핵상이 n인 세포 중 R의 DNA 상대량이 2인 ㉠은 t_3 시기의 세포이고,
나머지 ㉣은 t_4 시기의 세포이다. 표로 정리하면 다음과 같다.

DNA 상대량 추론

Schema 12

수정 과정

세포	시점	DNA 상대량			
		H	h	R	r
㉠	t_3	ⓐ(2)	0	2	?(0)
㉡	t_5	1	1	1	?(0)
㉢	t_1	1	ⓑ(1)	2	0
㉣	t_4	?(1)	0	?(1)	0
㉤	t_6	2	2	ⓒ(2)	0
㉥	t_2	ⓓ(2)	2	4	0

㉢을 통해 이 여자의 유전자형은 HhX^RX^R임을 알 수 있고,

㉡을 통해 수정란 Ⅲ의 유전자형은 HhX^RY임을 알 수 있다.

$\frac{\text{Ⅰ의 H와 R의 DNA 상대량을 더한 값}}{\text{Ⅱ의 h와 r의 DNA 상대량을 더한 값}}$=2에서 난자 Ⅰ의 유전자형은 HX^R이고,

정자 Ⅱ의 유전자형이 hY임을 확정할 수 있다.

H와 R를 가지고 있고 t_4 시기의 세포인 ㉣이 난자 Ⅰ에 해당한다.

ㄱ. ⓐ+ⓑ+ⓒ+ⓓ=6이다. **(X)**

ⓐ+ⓑ+ⓒ+ⓓ=2+1+2+2=7이다

ㄴ. Ⅲ은 Ⅱ로부터 h가 있는 상염색체를 받았다. **(O)**

H와 h는 상염색체에 있다. Ⅲ은 난자 Ⅰ로부터 H와 R를, 정자 Ⅱ로부터 h를 받는다.

ㄷ. $\frac{t_2 \text{ 시기의 세포 1개당 h와 R의 DNA 상대량을 더한 값}}{t_6 \text{ 시기의 세포 1개당 H와 r의 DNA 상대량을 더한 값}}$=3이다. **(O)**

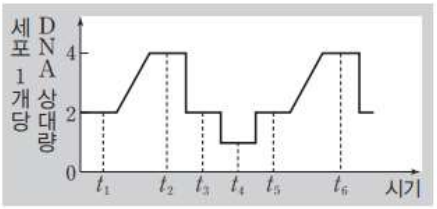
(2+4)/(2+0)=3이다.

DNA 상대량 추론

Schema 12

수정 과정

처음으로 6개의 시점이 나오고, 시점에 대해 질문하고 있는 문항이므로
귀납적 풀이도 함께 첨부한다.



세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	?
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ	0
㉥	ⓓ	2	4	0

세포 시점을 보면 Ⅰ의 분열 과정에서 각각 2n, 2 / 2n, 4 / n, 2 / n, 1가 나타나고
수정란이 형성되는 과정에서 Ⅰ과 Ⅱ가 수정된 수정란 Ⅲ, 그리고 2n, 4 세포까지가
나타나는 상황임을 알 수 있다.

즉, [표 1]은 난자 형성 과정의 세포를 나타내면 되고
[표 2]는 수정란을 형성하고 수정란이 세포 분열하는 과정을 나타내면 되는 것으로 보인다.

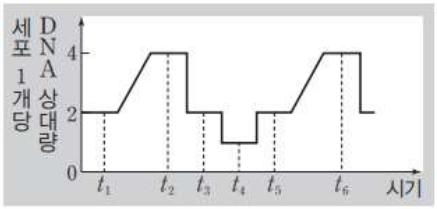
[표 1 – Ⅰ의 난자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	R	r
2n, 2					
2n, 4					
n, 2					
n, 1					

[표 2 – Ⅲ의 형성 그리고 분열 과정 세포]

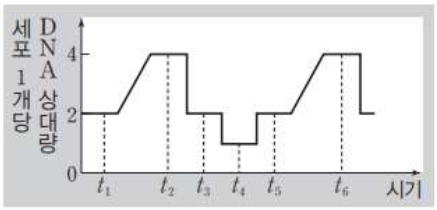
세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	R	r
정자					
난자					
2n, 2					
2n, 4					

Schema 12
수정 과정



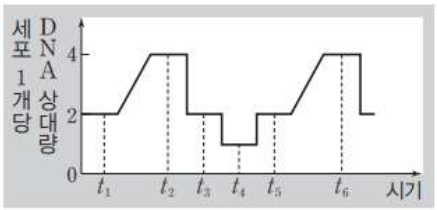
세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	?
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ	0
㉥	ⓓ	2	4	0

㉡과 ㉢은 각각 (H, h)=(1, 1)과 DNA 상대량 2, 1이 동시에 나타나므로 2n, 2인 세포들이다.
즉, 각각 DNA 상대량이 2배인 2n, 4인 세포들이 있어야 한다.



세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	?
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ	0
㉥	ⓓ	2	4	0

㉤과 ㉥은 각각 (H, h)=(2, 2)와 DNA 상대량 4가 나타나므로 2n, 4인 세포들이다.
즉, 각각 DNA 상대량이 반감되는 2n, 2인 세포들이 있어야 한다.



세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	?
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ	0
㉥	ⓓ	2	4	0

나머지 ㉠과 ㉣은 모두 핵상이 n이고 n, 1 또는 n, 2이어야 한다.
이때 ㉠에 DNA 상대량 2가 있으므로 세포의 상태는 n, 2이고 ㉣은 n, 1이다.

이를 [표 1]과 [표 2]에 나타내면 다음과 같다.

수정 과정

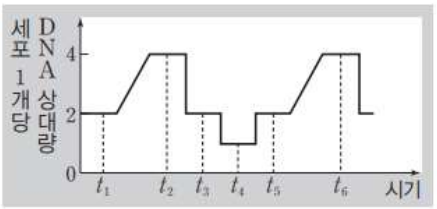
[표 1 – Ⅰ의 난자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	R	r
2n, 2					
2n, 4					
n, 2	㉠		0	2	
n, 1	㉣		0		0

[표 2 – Ⅲ의 형성 그리고 분열 과정 세포]

세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	R	r
정자					
난자	㉣		0		0
2n, 2					
2n, 4					

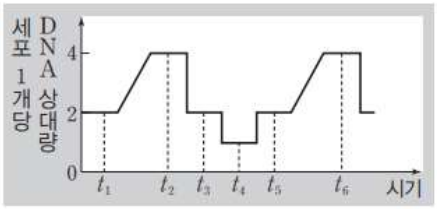
다시 표로 가자.



세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	?
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ	0
㉥	ⓓ	2	4	0

$t_1(t_5)$ 시기의 세포가 복제되어 $t_2(t_6)$ 시기의 세포가 되기 때문에 DNA 상대량은 $t_2(t_6)$ 시기의 세포가 $t_1(t_5)$ 시기의 세포의 2배이다.
이를 만족하는 세포는 ㉢과 ㉥, ㉡과 ㉤이다.

따라서 일부 칸이 채워진다.



세포	DNA 상대량			
	H	h	R	r
㉠	ⓐ	0	2	?
㉡	1	1	1	0
㉢	1	ⓑ	2	0
㉣	?	0	?	0
㉤	2	2	ⓒ(2)	0
㉥	ⓓ	2	4	0

2n, 2인 ㉡에서 H+h=2와 R+r=1이 공존하므로 H와 h는 상염색체 위에 있고 R와 r은 성염색체 위에 있는 것을 알 수 있다. 이때 R은 난자 형성 과정에서도 나타나는 대립유전자이므로 성염색체 중 X 염색체 위에 있는 것을 알 수 있고, H+h=2와 R+r=1이 공존하는 ㉡과 DNA 상대량이 2배인 ㉤은 각각 남성의 세포이고 X염색체와 Y염색체가 모두 있는 것을 알 수 있다. 그에 따라 ㉢과 ㉥는 난자 형성 과정의 세포이다.

따라서 [표 1]과 [표 2]가 채워진다.

[표 1 – Ⅰ의 난자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	R	r
2n, 2	㉢	1	ⓑ(1)	2	0
2n, 4	㉥	ⓓ(2)	2	4	0
0n, 2	㉠	ⓐ(2)	0	2	0
n, 1	㉣	1	0	1	0

[표 2 – Ⅲ의 형성 그리고 분열 과정 세포]

세포	대응	DNA 상대량			
		H	h	R	r
정자		0	1	0	0
난자	㉣	1	0	1	0
2n, 2	㉡	1	1	1	0
2n, 4	㉤	2	2	ⓒ(2)	0

이 문제는 그냥 표를 그리는 것보다 연역적으로 판단할 수 있는 능력이 더 크게 요구되는 것을 알 수 있다. 즉, 표의 작성 또한 상황을 가시적으로 이해할 수 있도록 도와주는 도구일 뿐 결국은 DNA 상대량 표와 각 시점에 대해 이해할 수 있어야 하기에 연역적으로 푸는 연습을 충분히 한 후, 귀납적 표 풀이 연습을 하기를 권장한다.

DNA 상대량 추론

Schema 13

가족 구성원의 세포

[중요도 ★★]

1) 수정란과 동일하게 자식의 세포를 활용하여 DNA 상대량을 구성하는 문제가 출제될 수 있다. 이때 자식의 체세포는 수정란의 유전적 구성과 정확하게 동일하다.

즉, 수정 과정에 있는 내용을 동일하게 가져와서 풀면 되며
핵심은 연역적으로 푼다면 같은 개체끼리의 비교 해석
귀납적으로 푼다면 개체 별 표의 작성이다.

7.

사람의 유전 형질 (가)는 대립유전자 D와 d에 의해, (나)는 대립유전자 E와 e에 의해, (다)는 대립유전자 F와 f에 의해 결정되며, (가)와 (나)의 유전자는 서로 다른 상염색체에, (다)의 유전자는 성염색체에 있다. 표는 어떤 가족 구성원 중 자녀 1~3의 성별과 각 자녀의 세포 ㉠~㉢ 각각에 들어 있는 D, e, F의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.

자녀	성별	세포	DNA 상대량		
			D	e	F
1	남	㉠	2	1	0
2	남	㉡	2	0	1
3	여	㉢	0	4	0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, D, d, E, e, F, f 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. ㉠~㉢ 중에는 중기의 세포가 있다.)

ㄱ. ㉢은 감수 2분열 중기의 세포이다.
ㄴ. 아버지의 (가)와 (나)의 유전자형은 DdEe이다.
ㄷ. 어머니에서 d, E, F를 모두 갖는 난자가 형성될 수 있다.

DNA 상대량 추론
Schema 13
가족 구성원의 세포

[해설]

자녀	성별	세포	DNA 상대량		
			D	e	F
1	남	㉠	2	1	0
2	남	㉡	2	0	1
3	여	㉢	0	4	0

유전자의 DNA 상대량으로 2와 1을 함께 갖는 ㉠과 ㉡은 모두 G_1기의 세포이다.

자녀	성별	세포	DNA 상대량		
			D	e	F
1	남	㉠	2	1	0
2	남	㉡	2	0	1
3	여	㉢	0	4	0

㉢은 e가 4개 있으므로 감수 1분열 중기 또는 체세포 분열 중기의 세포이다

자녀	성별	세포	DNA 상대량		
			D	e	F
1	남	㉠	2	1	0
2	남	㉡	2	0	1
3	여	㉢	0	4	0

같은 성별인 자녀 1과 2의 F의 유무가 다르다.
그에 따라 (다)의 유전자는 Y 염색체가 아닌 X 염색체에 있다.

자녀 1이 $DDEeX^fY$, 자녀 2가 $DDEEX^FY$, 자녀 3이 $ddeeX^fX^f$이다.
따라서 (가)~(다)의 유전자형은 어머니가 $DdEeX^FX^f$이고, 아버지는 $DdEeX^fY$이다.

ㄱ. ㉢은 감수 2분열 중기의 세포이다. **(X)**
㉢은 감수 1분열 중기 또는 체세포 분열 중기의 세포이다.

ㄴ. 아버지의 (가)와 (나)의 유전자형은 DdEe이다. **(O)**
아버지의 (가)와 (나)의 유전자형은 DdEe이다.

ㄷ. 어머니에서 d, E, F를 모두 갖는 난자가 형성될 수 있다. **(O)**
유전자형이 $DdEeX^FX^f$인 어머니로부터 d, E, F를 모두 갖는 난자가 형성될 수 있다.

DNA 상대량 추론

Schema 13

가족 구성원의 세포

8.

사람의 유전 형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정되며, (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 3개의 염색체에 있다. 표는 어떤 가족의 세포 ㉠~㉤ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉤은 아버지의 중기 세포 Ⅰ과 정자 Ⅱ, 어머니의 중기 세포 Ⅲ과 난자 Ⅳ, 아들의 G_1기 세포 Ⅴ를 순서 없이 나타낸 것이다. 아들은 Ⅱ와 Ⅳ가 수정되어 태어났다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	2	?	0	?	2	0
㉡	0	?	?	?	?	0
㉢	2	?	2	0	4	?
㉣	0	2	?	0	?	1
㉤	0	?	1	0	0	?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

ㄱ. (나)와 (다)의 유전자는 모두 상염색체에 있다.
ㄴ. 어머니의 (가), (나), (다)의 유전자형은 모두 이형 접합성이다.
ㄷ. Ⅴ는 ㉣이다.

[해설]

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	2	?	0	?	2	0
㉡	0	?	?	?	?	0
㉢	2	?	2	0	4	?
㉣	0	2	?	0	?	1
㉤	0	?	1	0	0	?

㉢에 D가 4개, B가 2개, b가 0개 있으므로 ㉢은 감수 1분열 중기의 세포이고,
(나)의 유전자는 성염색체에, (다)의 유전자는 상염색체에 있으며, ㉢은 남성의 세포이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
			성염색체		상염색체	
㉠	2	?	0	?	2	0
㉡	0	?	?	?	?	0
㉢	2	?	2	0	4	?
㉣	0	2	?	0	?	1
㉤	0	?	1	0	0	?

㉣은 DNA 상대량 2와 1이 함께 있으므로 아들의 G_1기 세포 Ⅴ이다.

이때 중기의 세포에는 DNA가 복제된 상태로 존재하고
DNA 상대량으로 2가 있는 ㉠과 ㉣은 생식세포가 아니므로 ㉡과 ㉤이 각각 정자와 난자 중 하나이며, ㉠은 어머니의 중기 세포이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
			성염색체		상염색체	
㉠	2	?	0	?	2	0
㉡	0	?	?	?	?	0
㉢	2	?	2	0	4	?
㉣	0	2	?	0	?	1
㉤	0	?	1	0	0	?

아들의 G_1기 세포 Ⅴ에 a가 DNA 상대량 2만큼 존재하므로 아버지의 세포 ㉢에도 a가 있다. 이때 아버지의 세포 ㉢은 A와 a를 각각 DNA 상대량 2만큼 가지므로 A와 a는 상염색체 위에 있다.

DNA 상대량 추론

Schema 13

가족 구성원의 세포

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
	상염색체		성염색체		상염색체	
㉠	2	?	0	?	2	0
㉡	0	?	?	?	?	0
㉢	2	?	2	0	4	?
㉣	0	2	?	0	1	1
㉤	0	?	1	0	0	?

G_1기 세포인 ㉣에는 상염색체의 유전자인 D와 d가 각각 1개씩 있으므로 ㉡에 D가 1개, ㉤에 d가 1개 있다. 아버지는 d를 갖지 않으므로 ㉤은 난자 Ⅳ이고, ㉡이 정자 Ⅱ이다.

ㄱ. (나)와 (다)의 유전자는 모두 상염색체에 있다. **(X)**

(나)의 유전자는 성염색체에 있으며, 난자인 ㉤에 B가 있으므로 X 염색체에 있다.
(다)의 유전자는 상염색체에 있다.

ㄴ. 어머니의 (가), (나), (다)의 유전자형은 모두 이형 접합성이다. **(O)**

어머니의 감수 2분열 중기의 세포인 ㉠에 A, b, D가 있고,
난자인 ㉤에 a, B, d가 있으므로 어머니의 (가)~(다)의 유전자형은
모두 이형 접합성인 $AaDdX^BX^b$이다.

ㄷ. Ⅴ는 ㉣이다. **(O)**

Ⅴ는 ㉣이다

[정답]

ㄴ, ㄷ

Schema 13
가족 구성원의 세포

처음으로 아버지, 어머니, 아들의 세 개체에 대해 질문하고 있으므로
귀납적 풀이도 함께 첨부한다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	2	?	0	?	2	0
㉡	0	?	?	?	?	0
㉢	2	?	2	0	4	?
㉣	0	2	?	0	?	1
㉤	0	?	1	0	0	?

아버지, 어머니, 아들에 대해 제시되어 있으므로 귀납적으로 푼다면 표를 3개 그려야 하고 ㉠~㉤은 아버지의 중기 세포 Ⅰ과 정자 Ⅱ, 어머니의 중기 세포 Ⅲ과 난자 Ⅳ, 아들의 G_1기 세포 Ⅴ를 순서 없이 나타낸 것이라고 했으므로 각 표에서 그려야 할 칸이 결정된다.

[표 1 - 아버지의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
2n, 4							
n, 2							
n, 1							

[표 2 - 어머니의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
2n, 4							
n, 2							
n, 1							

[표 3 - 아들의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
정자							
난자							
2n, 2							

Schema 13
가족 구성원의 세포

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	2	?	0	?	2	0
㉡	0	?	?	?	?	0
㉢	2	?	2	0	4	?
㉣	0	2	?	0	?	1
㉤	0	?	1	0	0	?

㉢에 D가 4개, B가 2개, b가 0개 있으므로 ㉢은 감수 1분열 중기의 세포이고,
(나)의 유전자는 성염색체에, (다)의 유전자는 상염색체에 있으며, ㉢은 남성의 세포이다.

[표 1 - 아버지의 정자 형성 과정의 세포]

I 의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
				성		1	
2n, 4	I			2	0	4	0
n, 2							
n, 1							

동형 접합은 아래 칸들이 모두 일렬로 결정된다.
따라서 채워주고 다음 논리를 생각해보자.

[표 1 - 아버지의 정자 형성 과정의 세포]

I 의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
				성		1	
2n, 4	I			2	0	4	0
n, 2						2	0
n, 1						1	0

가족 구성원의 세포

㉣은 DNA 상대량 2와 1이 함께 있으므로 G_1기 세포이고
어머니와 아버지는 G_1기 세포가 주어지지 않았으므로 Ⅴ이다.

[표 3 - 아들의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
				성		1	
정자							
난자							
2n, 2	Ⅴ	0	2		0		1

2n, 2에 a가 동형 접합으로 있으므로 어머니와 아버지는 모두 정자와 난자에 a를 갖는다.

[표 3 - 아들의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
				성		1	
정자		0	1				
난자		0	1				
2n, 2	Ⅴ	0	2		0		1

이때 중기의 세포에는 DNA가 복제된 상태로 존재하고 DNA 상대량으로 2가 있는 ㉠과 ㉣은 생식세포가 아니므로 ㉡과 ㉤이 각각 정자와 난자 중 하나이며, ㉠은 어머니의 중기 세포이다. 또한 난자에는 a가 있으므로 ㉠은 a를 갖는다.

[표 2 - 어머니의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
				성		1	
2n, 4	Ⅲ	2	2	0		2	0
n, 2		0	2				
n, 1		0	1				

Schema 13

가족 구성원의 세포

[표 3 - 아들의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
				성		1	
정자		0	1				
난자		0	1				
2n, 2	Ⅴ	0	2		0	1	1

G_1기 세포인 ㉣에는 상염색체의 유전자인 D와 d가 각각 1개씩 있으므로 ㉡에 D가 1개, ㉢에 d가 1개 있다. 아버지는 d를 갖지 않으므로 ㉢은 난자 Ⅳ이고, ㉡이 정자 Ⅱ이다.

[표 3 - 아들의 정자 형성 과정의 세포]

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
				성		1	
정자	Ⅱ	0	1			1	0
난자	Ⅳ	0	1			0	1
2n, 2	Ⅴ	0	2		0	1	1

[해설]

ㄱ. (나)와 (다)의 유전자는 모두 상염색체에 있다. **(X)**

(나)의 유전자는 성염색체에 있으며, 난자인 ㉢에 B가 있으므로 X 염색체에 있다.
(다)의 유전자는 상염색체에 있다.

ㄴ. 어머니의 (가), (나), (다)의 유전자형은 모두 이형 접합성이다. **(O)**

어머니의 감수 2분열 중기의 세포인 ㉠에 A, b, D가 있고,
난자인 ㉢에 a, B, d가 있으므로 어머니의 (가)~(다)의 유전자형은
모두 이형 접합성인 $AaDdX^BX^b$이다.

ㄷ. Ⅴ는 ㉣이다. **(O)**

Ⅴ는 ㉣이다

[정답]

ㄴ, ㄷ

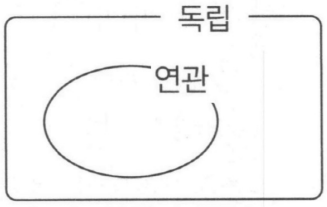
Schema 14
연관 추론

[중요도 ★★★]

1) 연관 현상은 기본적으로 유전자가 종속된 상태로 유전자가 독립적으로 움직일 때에 비해 제한을 받는다.

   즉, 독립과 연관은 다음 관계에 있다.

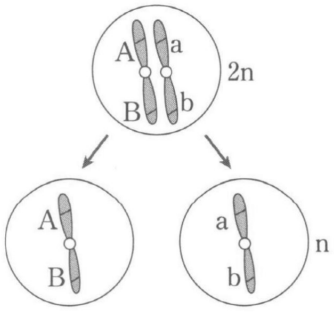
2) 연관 상태에서 서로 다른 대립유전자 쌍의 대립유전자를 제시하여 핵상을 판단시키기도 한다. 이때는 대립유전자 한 쌍이 아닌 여러 쌍의 대립유전자를 활용하여 염색체와 오른쪽 염색체가 모두 있으면 핵상이 2n, 왼쪽 염색체와 오른쪽 염색체 중 하나만 있으면 핵상이 n이라고 판단하도록 하자.



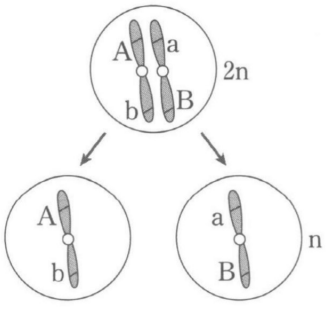
예를 들어 유전자형이 AaBb인 개체의 어떤 세포 P가 있을 때
두 유전자가 독립이라면 개체 내에서 AB, Ab, aB, ab인 세포들이 모두 등장할 수 있지만

두 유전자가 상인 연관되어 있다면 개체 내에서 AB, ab인 세포만
두 유전자가 상반 연관되어 있다면 개체 내에서 Ab, aB인 세포들만 등장할 수 있다.

두 유전자가 연관되어 있을 때
핵상이 2n인 세포로는 연관 상태를 알 수 없고
핵상이 n인 세포의 유전자 구성을 통해 연관 상태를 파악할 수 있다.



상인 연관



상반 연관

이때 두 유전자가 모두 X염색체 위에 있음을 조건 내에서 판단시켜
연관임을 간접적으로 제시하기도 한다

Schema 14
연관 추론

9.

그림은 유전자형이 EeFfGg인 어떤 사람의 염색체 중 하나를, 표는 이 사람의 생식세포 형성 과정에서 관찰되는 세포 ㉠~㉣이 갖는 유전자 e, f, g의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. E와 e, F와 f, G와 g는 각각 대립유전자이다.

세포	DNA 상대량		
	e	f	g
㉠	2	0	?
㉡	ⓐ	1	1
㉢	2	2	ⓑ
㉣	ⓒ	1	0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, E, e, F, f, G, g 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

ㄱ. ⓐ+ⓒ=ⓑ이다.
ㄴ. ㉡에는 2가 염색체가 없다.
ㄷ. 세포 1개당 E의 DNA 상대량/(F의 DNA 상대량+G의 DNA 상대량)은 ㉣이 ㉢의 2배이다.

Schema 14
연관 추론

[해설]

세포	DNA 상대량		
	e	f	g
㉠	2	0	?
㉡	ⓐ	1	1
㉢	2	2	ⓑ
㉣	ⓒ	1	0

유전자형이 EeFfGg인 어떤 사람의 염색체 중 하나가 EfG이므로
다른 염색체의 유전자 구성은 eFg이다

∴ 염색체 연관 상태 EfG / eFg

왼쪽에 있는 EfG를 왼쪽 염색체, 오른쪽에 있는 eFg를 오른쪽 염색체라고 지칭하자.

세포	DNA 상대량		
	e	f	g
㉠	2	0	?
㉡	ⓐ	1	1
㉢	2	2	ⓑ
㉣	ⓒ	1	0

㉠에는 e가 있으므로 eFG이고 일부 유전자가 없으므로 핵상, DNA 상대량은 n,2이다.

세포	DNA 상대량		
	e	f	g
㉠	2	0	?
㉡	ⓐ	1	1
㉢	2	2	ⓑ
㉣	ⓒ	1	0

㉡에는 f와 g가 모두 1씩 있으므로 2n, 2이고 그에 따라 e의 DNA 상대량인 ⓐ는 1이다.

[해설]

세포	DNA 상대량		
	e	f	g
㉠	2	0	?
㉡	ⓐ	1	1
㉢	2	2	ⓑ
㉣	ⓒ	1	0

㉡에는 e와 f가 모두 2씩 있으므로 좌우 염색체가 모두 있는 것을 알 수 있다.
DNA 상대량이 각각 2이므로 핵상, DNA 상대량은 2n, 4이고
그에 따라 g의 DNA 상대량인 ⓑ는 2이다.

세포	DNA 상대량		
	e	f	g
㉠	2	0	?
㉡	ⓐ	1	1
㉢	2	2	ⓑ
㉣	ⓒ	1	0

㉣에는 f가 있고 g가 없으므로 왼쪽 염색체만 있다.
DNA 상대량이 1이므로 핵상, DNA 상대량은 n, 2이고 ⓒ=0이다.

[해설]

ㄱ. ⓐ+ⓒ=ⓑ이다. **(X)**

1+0≠2이다.

ㄴ. ㉡에는 2가 염색체가 없다. **(O)**

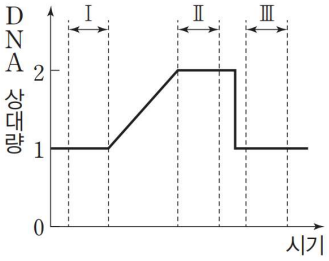
㉡은 2n, 2 상태의 세포이므로 2가 염색체가 없다.

ㄷ. 세포 1개당 E의 DNA 상대량/(F의 DNA 상대량+G의 DNA 상대량)은 ㉣이 ㉢의 2배이다. **(O)**

㉣은 1, ㉢은 1/2로 2배이다.

10.

사람의 유전 형질 ⓐ는 2쌍의 대립유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, ⓐ의 유전자는 모두 7번 염색체에 있다. 그림 (가)는 어떤 사람의 세포 분열 과정 일부에서 핵 1개당 DNA 상대량 변화를, 표 (나)는 세포 ㉠~㉢이 갖는 세포 1개당 e, F의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 구간 Ⅰ~Ⅲ 중 각각 서로 다른 시기에 있는 세포이다.



(가)

세포	DNA 상대량	
	e	F
㉠	0	0
㉡	2	?
㉢	?	1

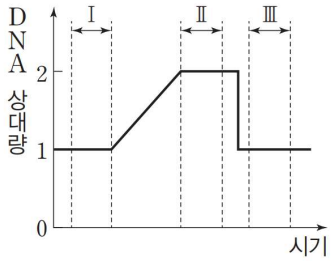
(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, E, e, F, f 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

ㄱ. ㉡은 구간 Ⅱ의 세포이다.
ㄴ. (가)의 세포 분열은 체세포 분열이다.
ㄷ. 이 사람에게서 E와 f를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 있다.

DNA 상대량 추론
Schema 14
연관 추론

[해설]



(가)

세포	DNA 상대량	
	e	F
㉠	0	0
㉡	2	?
㉢	?	1

(나)

㉠은 e와 F가 없으므로 염색체 구성은 Ef이다.
이때 ㉡과 ㉢에 의해 이 사람은 e와 F를 가지므로 연관 상태는 Ef/eF인 것을 알 수 있다.

∴ ㉠은 왼쪽 염색체 Ef를, ㉡과 ㉢은 오른쪽 염색체 eF를 가진다.

이때 Ⅰ과 Ⅱ의 핵상은 2n이므로 ㉡과 ㉢이고 ㉠의 핵상은 n이므로
이 세포 분열은 체세포 분열이 아닌 감수 분열이다.

따라서 Ⅰ은 ㉢, Ⅱ는 ㉡, Ⅲ은 ㉠이다.

[정답]

ㄱ. ㉡은 구간 Ⅱ의 세포이다. **(O)**

㉡은 구간 Ⅱ의 세포이다.

ㄴ. (가)의 세포 분열은 체세포 분열이다. **(X)**

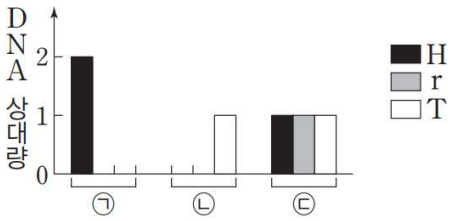
(가)의 세포 분열은 감수 분열이다.

ㄷ. 이 사람에게서 E와 f를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 있다. **(O)**

이 사람의 염색체 중 왼쪽 염색체는 Ef이므로 E와 f를 모두 갖는 생식 세포가 형성될 수 있다.

11.

사람의 유전 형질 ⓐ는 서로 다른 2개의 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정된다. 그림은 어떤 사람의 세포 ㉠~㉢이 갖는 H, r, T의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. ㉠~㉢ 중에는 중기의 세포가 있다.)

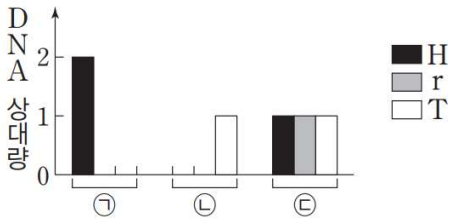
ㄱ. 이 사람의 ⓐ의 유전자형은 HHRrTt이다.
ㄴ. ㉠은 감수 1분열 중기의 세포이다.
ㄷ. ㉢에서 H와 r가 서로 다른 염색체에 있다.

DNA 상대량 추론

Schema 14

연관 추론

[해설]



서로 다른 두 개의 상염색체에 있으므로 대립유전자 쌍 중 하나는 반드시 있다.

㉠에는 HRt가 있고, ㉡에는 hRT가 있으며, ㉢에는 HrT가 있다.
즉, 이 개체의 유전자형은 HhRrTt이다.

이때 ㉠과 ㉡에 모두 R이 있으므로 독립인 염색체에는 R/r이 온다.

연관 상태는 Ht/hT, R/r이다.

[정답]

ㄱ. 이 사람의 ⓐ의 유전자형은 HHRrTt이다. **(X)**

이 개체의 유전자형은 HhRrTt

ㄴ. ㉠은 감수 1분열 중기의 세포이다. **(X)**

㉠은 일부 염색체가 없고 H의 DNA 상대량이 2이므로 감수 2분열 중기의 세포이다.

ㄷ. ㉢에서 H와 r가 서로 다른 염색체에 있다. **(O)**

연관 상태는 Ht/hT, R/r이다.

12.

어떤 동물 종(2n)의 유전 형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다. (가)~(다)는 서로 다른 2개의 염색체에 있으며 표는 사람 P와 Q의 세포 Ⅰ~Ⅴ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅴ 중 2개는 P의 세포이고, 나머지 3개는 Q의 세포이며, ㉠~㉣은 0, 1, 2, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	㉠	?	?	?	2	㉣
Ⅱ	0	㉡	㉡	㉣	?	?
Ⅲ	㉡	0	?	㉡	㉣	㉢
Ⅳ	0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ	0	㉣	0	?	?	㉡

(가)의 유전자, (나)의 유전자, (다)의 유전자 중 연관되어 있는 두 유전자를 파악하시오,

[Remark 1] Hard... ㉠~㉡이 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것일 때 G_1인 세포를 규명한 것처럼 ㉠~㉣ 중 3가지가 주어졌을 때 핵상이 2n임을 이해한다면 실마리가 잡힐 것이다.

[Remark 2] 상동 염색체 위에 있는 대립유전자 간 DNA 상대량이 서로 다를 경우, 두 DNA 상대량 중 하나는 0이다.

[해설]

돌연변이가 관여하지 않는 세포 분열 문항에서 DNA 상대량으로 가능한 값들은 0, 1, 2, 4이다. ㉠~㉤은 각각 서로 다른 숫자이므로 ㉠~㉤은 0, 1, 2, 4를 순서 없이 나타낸 것임을 알 수 있다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	㉠	?	?	?	2	㉤
Ⅱ	0	㉡	㉡	㉤	?	?
Ⅲ	㉡	0	?	㉡	㉤	㉢
Ⅳ	0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ	0	㉤	0	?	?	㉡

㉢, ㉡, ㉤이 공존하고 있으므로 ㉢, ㉡, ㉤은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이거나 0, 2, 4를 순서 없이 나타낸 것이다. 따라서 Ⅲ의 핵상은 2n이다.

두 경우 모두 0을 포함하므로 ㉠은 0이 아니다.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
Ⅰ		㉠	?	?	?	2	㉤
Ⅱ		0	㉡	㉡	㉤	?	?
Ⅲ	2n	㉡	0	?	㉡	㉤	㉢
Ⅳ		0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ		0	㉤	0	?	?	㉡

대립유전자 간 DNA 상대량이 서로 다를 경우, 두 DNA 상대량 중 하나는 0이다.
(∵ 가능한 전수는 0, 1 / 0, 2 / 0, 4이고 1, 2와 같은 상대량 양상은 불가능하기 때문)

따라서 ㉤은 0이다.

Schema 14
연관 추론

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
Ⅰ		㉠	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	㉢	㉢	0	?	?
Ⅲ	2n	㉢	0	?	㉢	0	㉡
Ⅳ		0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ		0	0	0	?	?	㉢

(0, 0)이 있으므로 Ⅴ의 핵상은 n이고, A와 a는 성염색체 위에 있다.
Ⅴ의 핵상은 n이므로 ㉢은 4가 아니다.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
Ⅰ		㉠	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	㉢	㉢	0	?	?
Ⅲ	2n	㉢	0	?	㉢	0	㉡
Ⅳ		0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ	n	0	0	0	?	?	㉢

㉠이 4이면 두 개체는 각각 유전자형으로 AA와 aa를 가져야 한다.
이때 P 또는 Q에서 형성된 세포 Ⅴ가 (0, 0)의 양상을 나타낼 수 없으므로 모순이다.

∴ ㉡이 4이다.
∴ Ⅲ은 M_1 중기 세포이다..

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체					
Ⅰ		㉠	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	㉢	㉢	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	㉢	0	?	㉢	0	4
Ⅳ		0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ	n	0	0	0	?	?	㉢

Ⅲ은 복제된 세포이므로 1을 가질 수 없다. 따라서 ㉢이 2로 결정되고 남은 ㉠은 1이다.

DNA 상대량 추론
Schema 14
연관 추론

.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체					
Ⅰ		1	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	2	0	?	2	0	4
Ⅳ		0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n, 2	0	0	0	?	?	2

DNA 상대량 합 2와 4가 공존하므로 2는 성염색체. 4는 상염색체 위에 있는 대립유전자쌍이다.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체				상염색체	
Ⅰ	2n, 2	1	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	2	0	?	2	0	4
Ⅳ		0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n, 2	0	0	0	?	?	2

Ⅰ은 DNA 상대량 2와 1이 공존하므로 2n, 2이다.
이때 Ⅰ과 Ⅲ은 서로 갖는 대립유전자가 다르므로 다른 개체의 세포이고
Ⅰ은 d를 갖지 않으므로 Ⅰ과 Ⅴ도 다른 개체의 세포이다.

따라서 Ⅲ와 Ⅴ는 같은 개체의 세포이고 남성의 세포이다.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체				상염색체	
Ⅰ	2n, 2	1	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	2	0	?	2	0	4
Ⅳ		0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n, 2	0	0	0	?	?	2

Ⅲ이 갖지 않는 대립유전자 a를 Ⅱ와 Ⅳ는 갖는다.
그에 따라 Ⅰ, Ⅱ, Ⅳ는 같은 개체의 세포이고 3개의 세포이므로 Q의 세포이다.
∴ Ⅲ와 Ⅴ는 P의 세포이다.

Schema 14
연관 추론

세포	핵상	개체	DNA 상대량					
			A	a	B	b	D	d
			성염색체					
Ⅰ	2n, 2	Q	1	?	?	?	2	0
Ⅱ		Q	0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	P	2	0	?	2	0	4
Ⅳ		Q	0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n	P	0	0	0	?	?	2

같은 개체 Q의 세포 Ⅰ이 갖는 대립유전자 A를 Ⅱ와 Ⅳ는 갖지 않는다.
따라서 Ⅱ와 Ⅳ의 핵상은 n이다.

세포	핵상	개체	DNA 상대량					
			A	a	B	b	D	d
			성염색체					
Ⅰ	2n, 2	Q	1	?	?	?	2	0
Ⅱ	n, 2	Q	0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	P	2	0	?	2	0	4
Ⅳ	n, 1	Q	0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n	P	0	0	0	?	?	2

같은 개체의 n인 세포가 갖는 대립유전자는 2n인 세포도 갖는다.
A와 a의 DNA 상대량이 각각 1이므로 A와 a는 성염색체 중 X염색체 위에 있다.

세포	핵상	개체	DNA 상대량					
			A	a	B	b	D	d
			X염색체				상염색체	
Ⅰ	2n, 2	Q	1	1	?	?	2	0
Ⅱ	n, 2	Q	0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	P	2	0	?	2	0	4
Ⅳ	n, 1	Q	0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n	P	0	0	0	?	?	2

DNA 상대량의 합이 2와 4가 공존하므로 D와 d는 상염색체 위에 있다.

Schema 14
연관 추론

세포	핵상	개체	DNA 상대량					
			A	a	B	b	D	d
			X염색체				상염색체	
Ⅰ	2n, 2	Q	1	1	?	?	2	0
Ⅱ	n, 2	Q	0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	P	2	0	?	2	0	4
Ⅳ	n, 1	Q	0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n	P	0	0	0	?	?	2

Q의 유전자형은 AaBbdd이다.
유전자형과 핵상이 n인 세포들을 활용하여 연관 상태를 추론해보자.

세포	핵상	개체	DNA 상대량					
			A	a	B	b	D	d
			X염색체				상염색체	
Ⅰ	2n, 2	Q	1	1	?	?	2	0
Ⅱ	n, 2	Q	0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	P	2	0	?	2	0	4
Ⅳ	n, 1	Q	0	1	0	1	?	?
Ⅴ	n	P	0	0	0	?	?	2

만약 (가)와 (나)의 유전자가 연관되어 있다면 Q의 유전자형이 AaBb이므로
상인 연관이라면 생식 세포 내 대립유전자 조합이 AB와 ab
상반 연관이라면 생식 세포 내 대립유전자 조합이 aB와 Ab가 나와야 한다.

세포 Ⅱ에 있는 대립유전자 조합은 aB이고
세포 Ⅳ에 있는 대립유전자 조합은 ab이므로
(가)와 (나)의 유전자는 서로 같은 염색체에 있지 않다.

(가)의 유전자는 X염색체, (다)의 유전자는 상염색체 위에 있으므로
서로 같은 염색체에 있지 않다.

따라서 (나)의 유전자와 (다)의 유전자가 같은 상염색체 위에 있다.

Schema 14
연관 추론

연관 추론 문항의 마지막 문항이므로 귀납적 풀이도 함께 첨부한다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Ⅰ	㉠	?	?	?	2	㉣
Ⅱ	0	㉡	㉡	㉣	?	?
Ⅲ	㉡	0	?	㉡	㉣	㉢
Ⅳ	0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ	0	㉣	0	?	?	㉡

P와 Q에 대해 제시되어 있으므로 귀납적으로 푼다면 표를 2개 그려야 한다.

[표 1 - 개체 1의 세포]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
2n, 2							
2n, 4							
n, 2							
n, 1							

[표 2 - 개체 2의 세포]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
2n, 2							
2n, 4							
n, 2							
n, 1							

세포 Ⅲ에서 ㉢, ㉡, ㉣이 공존하고 있으므로 ㉢, ㉡, ㉣은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이거나 0, 2, 4를 순서 없이 나타낸 것이다. 따라서 Ⅲ의 핵상은 2n이다.

또한 대립유전자 간 DNA 상대량이 서로 다를 경우, 두 DNA 상대량 중 하나는 0이다. (∵ 가능한 전수는 0, 1 / 0, 2 / 0, 4이고 1, 2와 같은 상대량 양상은 불가능하기 때문

따라서 ㉣은 0이다.

DNA 상대량 추론
Schema 14
연관 추론

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체					
Ⅰ		㉠	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	㉢	㉢	0	?	?
Ⅲ	2n	㉢	0	?	㉢	0	㉡
Ⅳ		0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ		0	0	0	?	?	㉢

(0, 0)이 있으므로 Ⅴ의 핵상은 n이고, A와 a는 성염색체 위에 있다.
Ⅴ의 핵상은 n이므로 ㉢은 4가 아니다.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체					
Ⅰ		㉠	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	㉢	㉢	0	?	?
Ⅲ	2n	㉢	0	?	㉢	0	㉡
Ⅳ		0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ	n	0	0	0	?	?	㉢

㉠이 4이면 두 개체는 각각 유전자형으로 AA와 aa를 가져야 한다.
이때 P 또는 Q에서 형성된 세포 Ⅴ가 (0, 0)의 양상을 나타낼 수 없으므로 모순이다.

∴ ㉡이 4이다.
∴ Ⅲ은 M_1 중기 세포이다.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체					
Ⅰ		㉠	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	㉢	㉢	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	㉢	0	?	㉢	0	4
Ⅳ		0	㉠	?	㉠	?	?
Ⅴ	n	0	0	0	?	?	㉢

Ⅲ은 복제된 세포이므로 1을 가질 수 없다. 따라서 ㉢이 2로 결정되고 남은 ㉠은 1이다.

Schema 14
연관 추론

.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체					
Ⅰ		1	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	2	0	?	2	0	4
Ⅳ		0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n, 2	0	0	0	?	?	2

DNA 상대량 합 2와 4가 공존하므로 2는 성염색체. 4는 상염색체 위에 있는 대립유전자쌍이다.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체				상염색체	
Ⅰ	2n, 2	1	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	2	0	?	2	0	4
Ⅳ		0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n, 2	0	0	0	?	?	2

Ⅰ은 DNA 상대량 2와 1이 공존하므로 2n, 2이다.
이때 Ⅰ과 Ⅲ은 서로 갖는 대립유전자가 다르므로 다른 개체의 세포이고
Ⅰ은 d를 갖지 않으므로 Ⅰ과 Ⅴ도 다른 개체의 세포이다.

따라서 Ⅲ와 Ⅴ는 같은 개체 1의 세포이고 남성의 세포이다.

[표 1 - 개체 1의 세포]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체				상염색체	
2n, 2							2
2n, 4	Ⅲ	2	0	?	2	0	4
n, 2	Ⅴ	0	0	0	?	?	2
n, 1							1

∴ Ⅰ은 개체 2의 세포이다.

Schema 14
연관 추론

.

세포	핵상	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		성염색체				상염색체	
Ⅰ	2n, 2	1	?	?	?	2	0
Ⅱ		0	2	2	0	?	?
Ⅲ	2n, 4	2	0	?	2	0	4
Ⅳ		0	1	?	1	?	?
Ⅴ	n, 2	0	0	0	?	?	2

Ⅲ에는 D만 있고, Ⅱ와 Ⅳ는 d를 갖는다. 따라서 Ⅱ와 Ⅳ는 개체 2의 세포이다.
앞서 Ⅰ은 개체 2의 세포임을 밝혔으므로 개체 2는 a를 갖는다.

개체 2는 A와 a를 쌍으로 가지므로 A와 a는 X 염색체 위에 있고
개체 2의 세포를 채울 수 있다.

[표 2 - 개체 2의 세포]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		X 염색체		?		상염색체	
2n, 2	Ⅰ	1	1	?	?	2	0
2n, 4							
n, 2	Ⅱ	0	2	2	0	?	?
n, 1	Ⅳ	0	1	?	1	?	?

개체 1의 세포가 2개, 개체 2의 세포가 3개이므로
개체 1이 P, 개체 2가 Q임을 알 수 있다.

Q의 생식 세포는 B와 b를 모두 갖는다. 따라서 Q의 유전자형은 AaBbDD이다.

연관 여부는 핵상이 n인 좌우가 다른 세포를 관찰하여 알아낼 수 있다.

.

[표 2 - 개체 2의 세포]

세포	대응	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
		X 염색체		?		상염색체	
2n, 2	Ⅰ	1	1	1	1	2	0
2n, 4							
n, 2	Ⅱ	0	2	2	0	?	?
n, 1	Ⅳ	0	1	?	1	?	?

세포 Ⅱ에 있는 대립유전자 조합은 aB이고
세포 Ⅳ에 있는 대립유전자 조합은 ab이므로
(가)와 (나)의 유전자는 서로 같은 염색체에 있지 않다.

(가)의 유전자는 X염색체, (다)의 유전자는 상염색체 위에 있으므로
서로 같은 염색체에 있지 않다.

따라서 (나)의 유전자와 (다)의 유전자가 같은 상염색체 위에 있다.

DNA 상대량 추론

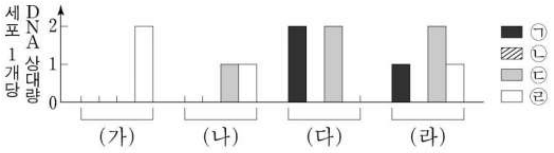
Schema 15

미매칭 대립유전자

[중요도 ★★★]

- 유전자의 DNA 상대량은 주어져 있으나 대립유전자의 정체성이 결정되어 있지 않은 문제가 출제될 수 있다.

13. 어떤 동물 종($2n = 6$)의 유전 형질 ⓐ는 2 쌍의 대립 유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. 그림은 이 동물 종의 세포 (가)~(라)가 갖는 유전자 ㉠~㉣의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. 이 동물 종의 개체 Ⅰ에서는 ㉠~㉣의 DNA 상대량이 (가), (나), (다)와 같은 세포가, 개체 Ⅱ에서는 ㉠~㉣의 DNA 상대량이 (나), (다), (라)와 같은 세포가 형성된다. ㉠~㉣은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다. 이 동물 종의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, (가)와 (다)는 중기의 세포이다. H, h, T, t 각각의 1 개당 DNA 상대량은 같다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. ㉠은 ㉣과 대립 유전자이다.

ㄴ. (가)와 (다)의 염색 분체 수는 같다.

ㄷ. 세포 1 개당 $\frac{\text{X 염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$는 (라)가 (나)의 2 배이다.

19학년도 수능

사용할 수 있는 명제는 다음과 같다.

Schema 15
미매칭 대립유전자

[대립유전자 대응]

1) 대립유전자에 순서대로 1, 2, 3...을 대응한다.
이때 같은 대립유전자 쌍이면 동일한 상수를 부여하고
쌍을 이루지 않는 대립유전자이면 서로 다른 상수를 부여한다.

[핵상 판단]

1) DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 많고 DNA 상대량 1이 있는 세포는 2n, 2
DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 많고 DNA 상대량 1이 없는 세포는 2n, 4이다.

2) DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 적고 DNA 상대량 1이 있는 세포는 n, 1
DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 적고 DNA 상대량 1이 없는 세포는 n, 2이다.

3) DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반이면 모두 동형 접합인 2n 세포이거나
n 세포이므로 추가적인 해석이 가능하다.

[단독 해석]

1) DNA 상대량이 1이 있는 세포는 양극단 세포이고
DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반이 아니고
DNA 상대량이 1이 없는 세포는 중기 세포이다.

2) DNA 상대량이 4가 있는 세포는 2n, 4이다.

[비교 해석]

1) 같은 사람의 세포라는 전제 하에
㉮DNA 상대량이 0인 세포와 0이 아닌 세포가 공존하면 0인 세포는 핵상이 n이다.
이때 ㉮에 DNA 상대량 1이 있으면 n, 1이고 ㉮에 DNA 상대량이 2가 있으면 n, 2이다.

2) 같은 대립유전자 쌍에서 DNA 상대량 합은 3 또는 6일 수 없다
즉, .2n, 2 세포에서 DNA 상대량이 2인 유전자와 1인 유전자는 서로 대립유전자가 아니고
2n, 4 세포에서 DNA 상대량이 4인 유전자와 2인 유전자는 서로 대립유전자가 아니다.

3) 핵상이 n인 세포에서 같은 대립유전자 쌍의 DNA 상대량 합은 2 또는 4일 수 없다
즉, n, 1 세포에서 DNA 상대량이 1인 유전자와 1인 유전자는 서로 대립유전자가 아니고
n, 2 세포에서 DNA 상대량이 2인 유전자와 2인 유전자는 서로 대립유전자가 아니다.

DNA 상대량 추론

Schema 15

미매칭 대립유전자

[성별 판단]

1) ㉠ DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 적은 세포는 남성의 세포이고
㉠는 상염색체 위에 있다.

2) 2n, 2인 세포에서 X염색체 위 대립유전자 쌍 DNA 상대량 합이 2인 세포와
2n, 4인 세포에서 X염색체 위 대립유전자 쌍 DNA 상대량 합이 4인 세포는 여성의 세포이다.

3) 여성의 대립유전자 쌍이 (0, 0)이면 Y염색체 위 대립유전자이고
남성의 대립유전자 쌍이 (0, 0)이면 X염색체 또는 Y염색체 위 대립유전자이다.

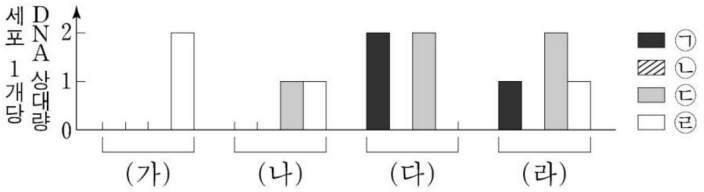
[포함 관계]

1) 같은 사람의 세포에서
하위 세포에서 자연수인 유전자는 상위 세포에서도 자연수이고
상위 세포에서 DNA 상대량이 0인 유전자는 하위 세포에서도 DNA 상대량이 0이다.

2) n, 1 세포에서 상염색체 또는 여성의 X염색체 위 대립유전자 쌍은 (1, 0)으로
n, 2 세포에서 상염색체 또는 여성의 X염색체 위 대립유전자 쌍은 (2, 0)으로 나타난다.

13.

어떤 동물 종(2n =6)의 유전 형질 ⓐ는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. 그림은 이 동물 종의 세포 (가)~(라)가 갖는 유전자 ㉠~㉣의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. 이 동물 종의 개체 Ⅰ에서는 ㉠~㉣의 DNA 상대량이 (가), (나), (다)와 같은 세포가, 개체 Ⅱ에서는 ㉠~㉣의 DNA 상대량이 (나), (다), (라)와 같은 세포가 형성된다. ㉠~㉣은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다. 이 동물 종의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



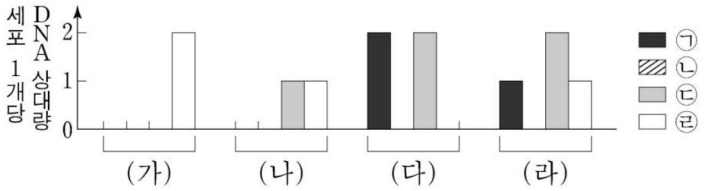
㉡~㉣ 중 ㉠의 대립유전자를 결정하시오.

DNA 상대량 추론

Schema 15

미매칭 대립유전자

[해설]



(라)는 2, 1이 공존하므로 (라)의 정체성은 2n, 2이고
㉢과 ㉣은 서로 대립유전자 관계에 있지 않으므로 각각 1, 2가 대응된다.

(가)에서 4개의 대립유전자 중 ㉣만 DNA 상대량 2만큼 있으므로
세포의 정체성은 n, 2이고 ㉣은 상염색체 위 유전자이다.

따라서 매개상수 1은 성염색체 위 대립유전자 쌍에, 2는 상염색체 위 대립유전자 쌍에 부여된다.

Ⅱ에서는 ㉠~㉣의 DNA 상대량이 (나), (다), (라)와 같은 세포가 형성되므로
(나)와 (다)의 핵상은 각각 n이다.

따라서 ㉠과 ㉢은 서로 대립유전자 관계에 있지 않다.
그에 따라 ㉢이 1이므로 ㉠에는 2기 부여되고 ㉠과 ㉣이 각각 대립유전자 관계에 있다.

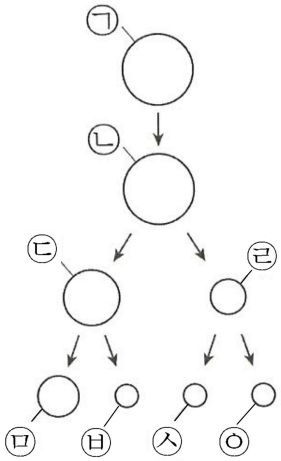
[정답]

㉠과 ㉣이 각각 대립유전자 관계에 있다.

Schema 16
DNA 상대량의 합

[중요도 ★★★]

- DNA 상대량의 합을 제시한 문항에서 성립하는 명제들은 다음이 있다.



1) ㉡과 ㉢을 구성하는 DNA 상대량 값은 0, 2, 4 중 하나이다.
따라서 M_1 중기 세포나 M_2 중기 세포의 DNA 상대량 합은 항상 짝수이다.

2) ㉡이나 ㉢의 DNA 상대량 합은 항상 짝수이고
㉠이나 ㉦에서 DNA 상대량 합으로 홀수가 가능하므로
DNA 상대량의 합이 홀수이면 G_1기 세포 또는 생식 세포이다.

이때 두 대립유전자의 DNA 상대량 합이 3이라면
2+1의 꼴이므로 G_1기 세포임을 알 수 있다.

3) 상위 하위 관계에 있는 세포에 한해
2 × (㉠에서 DNA 상대량 합) = ㉡에서 DNA 상대량 합
2 × (㉦에서 DNA 상대량 합) = ㉢에서 DNA 상대량 합

이 성립한다

4) ㉡이 ㉢과 ㉣이 될 때 ㉡, ㉢, ㉣ 모두 짝수이므로
㉡에서 DNA 상대량의 합 = ㉢에서 DNA 상대량의 합 + ㉣에서 DNA 상대량의 합이고 세 가지 항 모두 짝수이다.

Schema 16
DNA 상대량의 합

5) 상위 한 세포와 하위 두 세포에 한해 포함관계가 성립한다.
즉, ㉡의 DNA 상대량 합 = ㉢의 DNA 상대량 합 + ㉣의 DNA 상대량 합 이고
(M_1=왼쪽 M_2+오른쪽 M_2)

㉢의 DNA 상대량 합 = ㉮의 DNA 상대량 합 + ㉯의 DNA 상대량 합 이다.
(M_2= 같은 구역 생식 세포 DNA 상대량의 합)

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉮ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	0	1

6) M_1기 중기의 세포 DNA 상대량 합은
2 × (㉠에서 DNA 상대량 합) = ㉡에서 DNA 상대량 합
이 성립하고 모든 세포에서 나타나는 DNA 상대량 합 중 가장 크다.

7) 좌우 생식세포의 DNA 상대량 합은 ㉠의 DNA 상대량 합과 같다.
⇒ ㉮에서 DNA 상대량 합 + ㉯에서 DNA 상대량 합 = ㉠에서 DNA 상대량 합
⇒ G_1기 세포의 DNA 상대량 합은 서로 다른 영역에 있는 생식 세포의 DNA 상대량 합과 같다.

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉮ : 생식 세포 (좌)	n	1	A 또는 a	0	1	0	1
㉯ : 생식 세포 (우)	n	1	a 또는 A	1	0	0	1

Schema 16
DNA 상대량의 합

8) 합으로 제시한 유전자 개수를 N이라 했을 때 각각의 세포는 다음 관계를 갖는다. 즉, 2N보다 큰 숫자가 나온다면 세포는 ㉡으로 대응된다.

특징 / 세포	제시한 유전자 개수(N)에 따른 관계	핵 1개당 DNA 상대량
㉠ : G_1기	2N과 같거나 작다.	2
㉡ : M_1 중기	4N과 같거나 작다.	4
㉢ : M_2 중기	2N과 같거나 작다	2
㉣ : 생식 세포	N과 같거나 작다.	1

즉, 2N보다 큰 숫자가 나온다면 세포는 ㉡으로 대응된다.

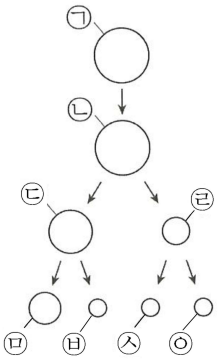
9) 유전자의 합의 양상에 따라 2n인 세포의 복제 양상과 동형 접합 여부를 알 수 있다.

특징 / 유전자의 합	제시한 유전자 개수(N)에 따른 관계	핵 1개당 DNA 상대량
4N	M_1기, 모든 유전자 동형 접합	4
4N-2	M_1기, 일부 유전자 동형 접합	4
2N-1	G1기, 일부 유전자 동형 접합	2

DNA 상대량 추론

Schema 16

DNA 상대량의 합



[DNA 상대량]

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉤ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	0	1

1) ㉡과 ㉢을 구성하는 DNA 상대량 값은 0, 2, 4 중 하나이다.
따라서 M_1 중기 세포나 M_2 중기 세포의 DNA 상대량 합은 항상 짝수이다.

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉤ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	0	1

2) ㉡이나 ㉢의 DNA 상대량 합은 항상 짝수이고
㉠이나 ㉤에서 DNA 상대량 합으로 홀수가 가능하므로
DNA 상대량의 합이 홀수이면 G_1기 세포 또는 생식 세포이다.

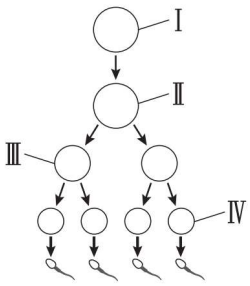
이때 두 대립유전자의 DNA 상대량 합이 3이라면
2+1의 꼴이므로 G_1기 세포임을 알 수 있다.

Schema 16
DNA 상대량의 합

[Remark 1] DNA 상대량의 합이 주어지면
짝수 값보다는 홀수 값이 문제 풀이의 시발점으로 잡기 더 적절하다.

짝수는 M_1, M_2, 생식 세포에서 나올 수 있는 반면
홀수는 G_1, 생식 세포에서 나올 수 있어 경우의 수가 더 적다.

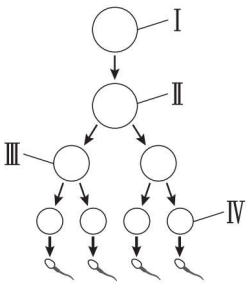
14.
사람의 유전 형질 ⓐ는 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정된다. 그림은 어떤 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에서 H와 r의 DNA 상대량을 더한 값과 R와 T의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다. Ⅲ은 R을 갖는다.



세포	DNA 상대량을 더한 값	
	H+r	R+T
㉠	2	?
㉡	?	3
㉢	4	?
㉣	?	2

㉠~㉣과 Ⅰ~Ⅳ를 각각 대응하시오.

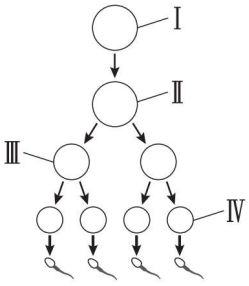
[해설]



세포	DNA 상대량을 더한 값	
	H+r	R+T
㉠	2	?
㉡	?	3
㉢	4	?
㉣	?	2

세포 ㉡은 DNA 상대량 1과 2가 공존하므로 G_1기 세포이다.
따라서 ㉡은 Ⅰ이고, 유전자형의 일부가 RrTT 또는 RRTt임을 알 수 있다.

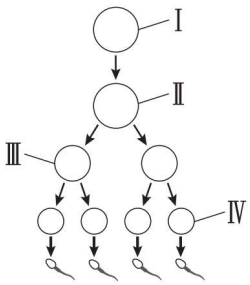
M_1기 세포에서는 R+T=6이 나와야함을 알 수 있다.
따라서 Ⅱ는 ㉠ 또는 ㉢이다.



세포	DNA 상대량을 더한 값	
	H+r	R+T
㉠	2	?
㉡	?	3
㉢	4	?
㉣	?	2

H와 r의 DNA 상대량을 더한 값이 ㉠과 ㉢ 중 ㉢이 더 크므로
㉢이 Ⅱ이다.

Schema 16
DNA 상대량의 합



세포	대응	DNA 상대량을 더한 값	
		H+r	R+T
㉠		2	?
㉡	Ⅰ	?	3
㉢	Ⅱ	4	?
㉣		?	2

P의 유전자형이 RrTT이라고 하면
Ⅲ과 Ⅳ는 모두 T를 갖는다. 이때 Ⅲ은 R을 갖고 있으므로 Ⅳ는 r을 갖고
Ⅲ의 R+T는 4, Ⅳ의 R+T는 1이 된다.

㉣의 R+T는 2로 모순이므로 P의 유전자형은 RRTt이다.

P의 유전자형은 RRTt이므로 Ⅲ과 Ⅳ는 모두 R을 갖는다.
이때 P는 r을 갖지 않으므로 주어진 표는 다음과 같이 바뀐다.

세포	대응	DNA 상대량을 더한 값	
		H	R+T
㉠		2	?
㉡	Ⅰ	?	3
㉢	Ⅱ	4	?
㉣		?	2

H의 DNA 상대량이 4이므로 유전자형은 HH이고
㉠의 H의 DNA 상대량이 2이므로 ㉠은 Ⅲ이다.

따라서 ㉣은 Ⅳ이다.

[정답]

세포	대응	DNA 상대량을 더한 값	
		H+r	R+T
㉠	Ⅲ	2	?
㉡	Ⅰ	?	3
㉢	Ⅱ	4	?
㉣	Ⅳ	?	2

DNA 상대량 추론

Schema 16

DNA 상대량의 합

DNA 상대량의 합의 첫 문항이므로 귀납적 풀이를 해보자.
어떤 사람 P의 세포이므로 표는 1개이고 다음 4칸에 대응되는 것을 알 수 있다.

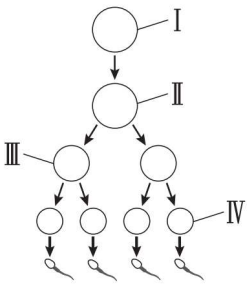
Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량				
		두 쌍의 유전자 전체	H+r	h+R	R+T	r+t
2n, 2		4				
2n, 4		8				
n, 2		4				
n, 1		2				

홀수인 3은 양극단 세포에만 올 수 있다. 이때 n, 1에서 두 쌍의 유전자 전체 DNA 상대량 합은 2이므로 n, 1에는 올 수 없다. 따라서 2n, 2이다.

∴ 유전자형의 일부가 RrTT 또는 RRTt임을 알 수 있다.

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량				
		두 쌍의 유전자 전체	H+r	h+R	R+T	r+t
2n, 2	㉡	4			3	1
2n, 4		8			6	2
n, 2		4				
n, 1		2				

M_1기 세포에서는 R+T=6이 나와야함을 알 수 있다. ㉣의 R+T=2이므로 Ⅱ는 ㉣이 될 수 없다. Ⅱ는 ㉠ 또는 ㉢이다.



세포	DNA 상대량을 더한 값	
	H+r	R+T
㉠	2	?
㉡	?	3
㉢	4	?
㉣	?	2

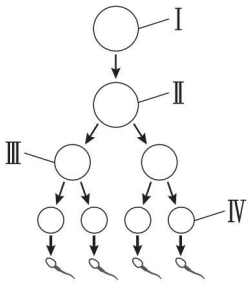
H와 r의 DNA 상대량을 더한 값이 ㉠과 ㉢ 중 ㉢이 더 크므로 ㉢이 Ⅱ이다.

Schema 16
DNA 상대량의 합

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량				
		두 쌍의 유전자 전체	H+r	h+R	R+T	r+t
2n, 2	㉡	4			3	1
2n, 4	㉢	8	4	4	6	2
n, 2		4				
n, 1		2				

P의 유전자형이 RrTT이라고 하면 Ⅲ과 Ⅳ는 모두 T를 갖는다. 이때 Ⅲ은 R을 갖고 있으므로 Ⅳ는 r을 갖고 Ⅲ의 R+T는 4, Ⅳ의 R+T는 1이 된다.

㉣의 R+T는 2로 모순이므로 P의 유전자형은 RRTt이다.
P의 유전자형은 RRTt이므로 Ⅲ과 Ⅳ는 모두 R을 갖는다.
이때 P는 r을 갖지 않으므로 주어진 표는 다음과 같이 바뀐다.



세포	DNA 상대량을 더한 값	
	H	R+T
㉠	2	?
㉡	?	3
㉢	4	?
㉣	?	2

H의 DNA 상대량이 4이므로 유전자형은 HH이고
㉠의 H의 DNA 상대량이 2이므로 ㉠은 Ⅲ이다.

따라서 ㉣은 Ⅳ이다.

Ⅰ의 세포	대응	DNA 상대량				
		두 쌍의 유전자 전체	H+r	h+R	R+T	r+t
2n, 2	㉡	4			3	1
2n, 4	㉢	8	4	4	6	2
n, 2	㉠	4	2	2	2	2
n, 1	㉣	2			2	0

Schema 16
DNA 상대량의 합

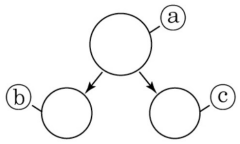
특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉤ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	0	1

3) 상위 하위 관계에 있는 세포에 한해

2 × (㉠에서 DNA 싱대량 합) = ㉡에서 DNA 상대량 합

2 × (㉢에서 DNA 상대량 합) = ㉤에서 DNA 상대량 합

이 성립한다.



4) 상위 한 세포와 하위 두 세포에 한해 포함관계가 성립한다.

즉, ㉡의 DNA 상대량 합 = ㉢의 DNA 상대량 합 + ㉣의 DNA 상대량 합 이고

(M_1=왼쪽 M_2+오른쪽 M_2)

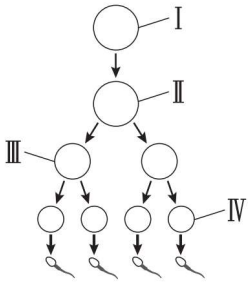
㉢의 DNA 상대량 합 = ㉤의 DNA 상대량 합 + ㉤의 DNA 상대량 합 이다.

(M_2= 같은 구역 생식 세포 DNA 상대량의 합)

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉤ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	0	1

15.

사람의 유전 형질 ⓐ는 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정된다. 그림은 어떤 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에서 H, R, T의 RNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	?
㉡	3
㉢	4
㉣	2

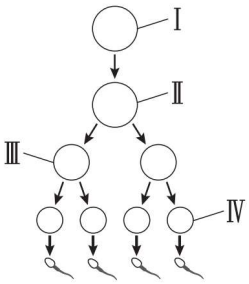
㉠~㉣과 Ⅰ~Ⅳ를 각각 대응하시오.

DNA 상대량 추론

Schema 16

DNA 상대량의 합

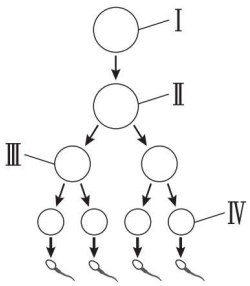
[해설]



세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	?
㉡	3
㉢	4
㉣	2

H, R, T의 상대량 합이 3이므로 ㉡은 Ⅰ 또는 Ⅳ이다.
이때 Ⅰ이 3이라면 Ⅱ는 6, Ⅲ은 2 또는 4가 되는데 ㉢과 ㉣의 DNA 상대량 4와 2를 동시에 만족시킬 수 없어 모순이다.

따라서 ㉡은 Ⅳ이다.



세포	대응	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠		?
㉡	Ⅳ	3
㉢		4
㉣		2

Ⅳ의 상위 세포의 DNA 상대량 합은 6이다.
따라서 Ⅱ의 DNA 상대량 합은 6 이상의 값을 갖고
Ⅰ의 DNA 상대량 합은 3 이상의 값을 가져야 한다.

따라서 Ⅱ가 ㉠, Ⅰ이 ㉢이다.

∴ Ⅲ은 ㉣

[정답]

세포	대응	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠		?
㉡	Ⅳ	3
㉢		4
㉣		2

Schema 16
DNA 상대량의 합

귀납적으로 표를 나타내면 다음과 같다.

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	H+R+T	h+r+t
2n, 2		6		
2n, 4		12		
n, 2		6		
n, 1	Ⅳ	3		

H, R, T의 상대량 합이 3이므로 ㉡은 Ⅰ 또는 Ⅳ이다. 이때 Ⅰ이 3이라면 Ⅱ는 6, Ⅲ은 2 또는 4가 되는데 ㉢과 ㉣의 DNA 상대량 4와 2를 동시에 만족시킬 수 없어 모순이다.

따라서 ㉡은 Ⅳ이다.

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	H+R+T	h+r+t
2n, 2		6		
2n, 4		12		
n, 2		6		
n, 1	㉡	3	3	0

Ⅳ의 상위 세포의 DNA 상대량 합은 6이다.
따라서 Ⅱ의 DNA 상대량 합은 6 이상의 값을 갖고
Ⅰ의 DNA 상대량 합은 3 이상의 값을 가져야 한다.

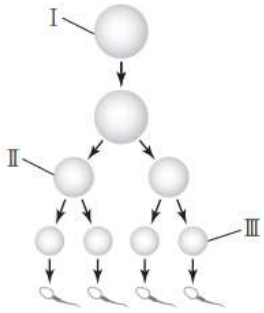
따라서 Ⅱ가 ㉠, Ⅰ이 ㉢이다.

∴ Ⅲ은 ㉣

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	H+R+T	h+r+t
2n, 2	㉢	6		
2n, 4	㉠	12		
n, 2	㉣	6		
n, 1	㉡	3	3	0

16.

사람의 유전 형질 (가)는 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다. 그림은 어떤 사람의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉢의 세포 1개당 H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값(H+R+T)을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 Ⅰ~Ⅲ을 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	4
㉡	5
㉢	ⓐ

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r, T, t 각각 의 1개당 DNA 상대량은 1이다. Ⅱ는 중기의 세포이다.)

ㄱ. ㉡은 Ⅰ이다.
ㄴ. ⓐ는 3이다.
ㄷ. Ⅱ에는 H, R, T가 모두 있다.

Schema 16
DNA 상대량의 합

귀납적으로 표를 나타내면 다음과 같다.

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	H+R+T	h+r+t
2n, 2		6		
n, 2		6		
n, 1		3		

H, R, T의 상대량 합이 5이므로 ㉡은 Ⅰ 또는 Ⅲ이다. 이때 n, 1의 세 쌍의 유전자 전체 DNA 상대량 합은 3이므로 5가 될 수 없다. 따라서 ㉡은 2n, 2이다.

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	H+R+T	h+r+t
2n, 2	㉡	6	5	1
n, 2		6		
n, 1		3		

㉠의 H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값은 4이고 n, 1의 세 쌍의 유전자 전체 DNA 상대량 합은 3이므로 4가 될 수 없다. 따라서 ㉠은 Ⅱ이고 ㉢은 Ⅲ이다.

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	H+R+T	h+r+t
2n, 2	㉡	6	5	1
n, 2	㉠	6	4	2
n, 1	㉢	3	ⓐ	

㉠과 ㉢의 상위 세포를 합하면 ㉡의 하위 세포가 되어야 하므로 $10=4\times2$ⓐ가 성립한다

따라서 ⓐ는 3이다.

ㄱ. ㉡은 Ⅰ이다. **(O)**
ㄴ. ⓐ는 3이다. **(O)**
ㄷ. Ⅱ에는 H, R, T가 모두 있다. **(×)**

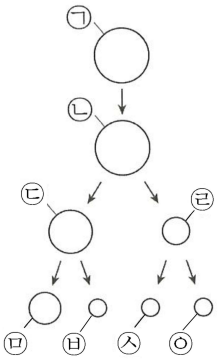
㉠은 중기 세포이므로 4=2+2+0으로 쪼개진다.
따라서 H, R, T 중 2개는 있고 나머지 1개는 없다.

Schema 16
DNA 상대량의 합

5) M_1기 중기의 세포 DNA 상대량 합은
$2 \times$ (㉠에서 DNA 상대량 합) = ㉡에서 DNA 상대량 합
이 성립하고 모든 세포에서 나타나는 DNA 상대량 합 중 가장 크다.

6) 좌우 생식세포의 DNA 상대량 합은 ㉠의 DNA 상대량 합과 같다.
⇒ ㉤에서 DNA 상대량 합 + ㉥에서 DNA 상대량 합 = ㉠에서 DNA 상대량 합

⇒G_1기 세포의 DNA 상대량 합은
서로 다른 영역에 있는 생식 세포의 DNA 상대량 합과 같다.



특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉤ : 생식 세포 (좌)	n	1	A 또는 a	0	1	0	1
㉥ : 생식 세포 (우)	n	1	a 또는 A	1	0	0	1

Schema 16
DNA 상대량의 합

7) 합으로 제시한 유전자 개수를 N이라 했을 때
각각의 세포는 다음 관계를 갖는다.

특징 / 세포	제시한 유전자 개수(N)에 따른 관계	핵 1개당 DNA 상대량
㉠ : G_1기	2N과 같거나 작다.	2
㉡ : M_1 중기	4N과 같거나 작다.	4
㉢ : M_2 중기	2N과 같거나 작다	2
㉣ : 생식 세포	N과 같거나 작다.	1

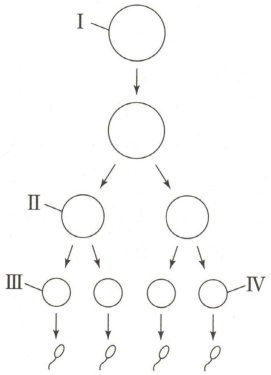
즉, 2N보다 큰 숫자가 나온다면 세포는 ㉡으로 대응된다.

8) 유전자의 합의 양상에 따라 2n인 세포의 복제 양상과 동형 접합 여부를 알 수 있다.

특징 / 유전자의 합	제시한 유전자 개수(N)에 따른 관계	핵 1개당 DNA 상대량
4N	M_1기, 모든 유전자 동형 접합	4
4N-2	M_1기, 일부 유전자 동형 접합	4
2N-1	G1기, 일부 유전자 동형 접합	2

17.

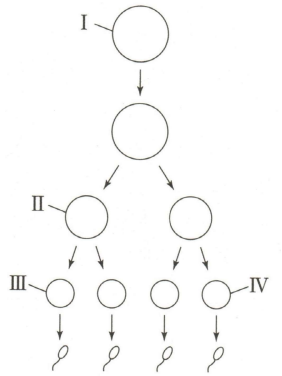
사람의 유전 형질 ⓐ는 2쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r에 의해 결정된다. 그림은 어떤 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에서 H, r의 RNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	H, r의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	1
㉡	4
㉢	?
㉣	3

㉠~㉣과 Ⅰ~Ⅳ를 각각 대응하시오.

[해설]



세포	H, r의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	1
㉡	4
㉢	?
㉣	3

㉣은 DNA 상대량의 합이 3이므로 Ⅰ이다.

세포	H, r의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	1
㉡	4
㉢	?
㉣	3

Ⅲ과 Ⅳ는 생식 세포이므로 DNA 상대량의 합이 2보다 작거나 같아야 한다.
따라서 ㉡은 Ⅱ이다.

Ⅲ은 Ⅱ의 딸세포이므로 DNA 상대량의 합이 2배 차이난다.
따라서 Ⅲ은 ㉢이고, 남은 Ⅳ가 ㉠이다.

세포	대응	DNA 상대량		
		두 쌍의 유전자 전체	H+r	h+R
2n, 2	㉣	4	3	1
n, 2	㉡	4	4	0
n, 1	㉢	2	2	0
n, 1	㉠	2	1	1

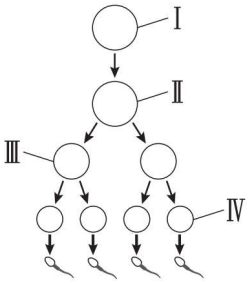
DNA 상대량 추론

Schema 16

DNA 상대량의 합

18.

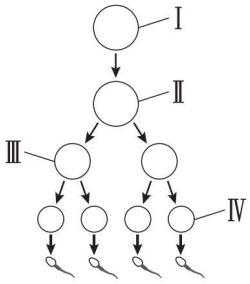
사람의 유전 형질 ⓐ는 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정된다. 그림은 어떤 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에서 H, R, T의 RNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	?
㉡	2
㉢	8
㉣	3

㉠~㉣과 Ⅰ~Ⅳ를 각각 대응하시오.

[해설]



세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	?
㉡	2
㉢	8
㉣	3

㉢은 H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값이 8이고
8은 6을 초과하는 값이므로 ㉢은 Ⅱ이다.

세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	?
㉡	2
㉢	8
㉣	3

Ⅰ과 Ⅱ의 DNA 상대량 합은 2배 차이나므로 Ⅰ은 ㉠이다.
따라서 Ⅲ과 Ⅳ의 H, R, T의 DNA 상대량은 2 또는 3이다.

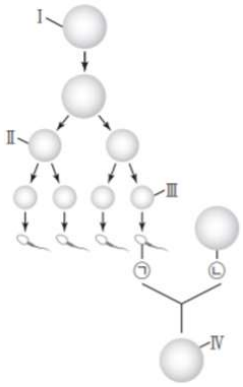
이때 Ⅲ은 복제된 세포이므로 DNA 상대량의 합이 짝수로 나와야 하고
Ⅲ은 ㉡, Ⅳ는 ㉣이어야 한다.

[귀납 풀이]

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	H+R+T	h+r+t
2n, 2	㉠	6	4	2
2n, 4	㉢	12	8	4
n, 2	㉡	6	2	4
n, 1	㉣	3	3	0

19.

사람의 특정 형질은 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정되고, 이 형질을 결정하는 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다. 그림은 어떤 사람의 G_1기 세포로부터 형성된 정자 ㉠이 세포 ㉡(n)과 수정하여 수정란($2n$)이 분열하는 과정의 일부를, 표는 세포 ⓐ~ⓒ와 Ⅳ에서 A, b, D의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅲ은 ⓐ~ⓒ를 순서 없이 나타낸 것이고, Ⅱ와 Ⅳ는 모두 중기의 세포이며, Ⅱ는 A를 갖는다.

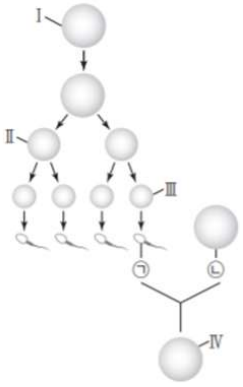


세포	A, b, D의 DNA 상대량을 더한 값
ⓐ	3
ⓑ	0
ⓒ	6
Ⅳ	6

Ⅰ~Ⅲ과 ⓐ~ⓒ를 각각 대응하시오.

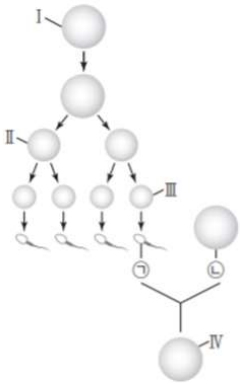
Schema 16
DNA 상대량의 합

[연역 해설]



세포	A, b, D의 DNA 상대량을 더한 값
ⓐ	3
ⓑ	0
ⓒ	6
Ⅳ	6

Ⅱ와 Ⅳ는 모두 중기의 세포이며, Ⅱ는 A를 가지므로 ⓑ는 Ⅱ가 아니다.
이때 ⓑ는 Ⅰ도 될 수 없으므로 ⓑ는 Ⅲ이다.



세포	A, b, D의 DNA 상대량을 더한 값
ⓐ	3
ⓑ	0
ⓒ	6
Ⅳ	6

ⓐ의 A, b, D의 DNA 상대량을 더한 값은 3이고 이는 중기 세포에 올 수 없다.
따라서 ⓐ는 Ⅰ이다. ∴ ⓒ는 Ⅱ이다.

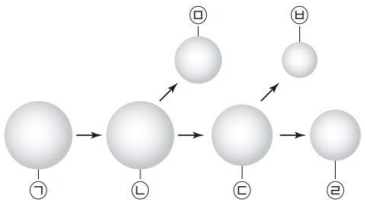
[귀납 해설]

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	A+b+D	a+B+d
2n, 2	ⓐ	6	3	3
n, 2	ⓒ	6	6	0
n, 1	ⓑ	3	0	3

세포	대응	DNA 상대량		
		세 쌍의 유전자 전체	A+b+D	a+B+d
정자	㉠	3	0	3
난자	㉡	3	3	0
2n, 4	Ⅳ	12	6	6

20.

어떤 동물($2n$)의 유전 형질 (가)는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다. 그림은 이 동물의 G_1기 세포 ㉠으로부터 생식세포가 형성되는 과정의 일부를, 표는 세포 Ⅰ~Ⅳ에서 a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값과 A, D의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅳ는 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다. ㉡, ㉢, ㉤은 중기의 세포이다.

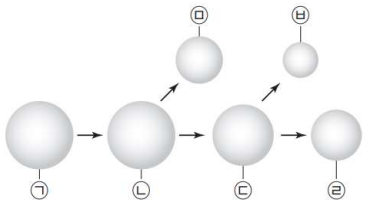


세포	a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값	A, D의 DNA 상대량을 더한 값
Ⅰ	?	0
Ⅱ	?	2
Ⅲ	2	?
Ⅳ	6	4

<보기> 중 옳은 것을 모두 고르시오..

ㄱ. Ⅰ은 ㉣이다.
ㄴ. ㉤에는 a와 b가 모두 있다.
ㄷ. ㉤에서 세포 1개당 $\frac{\text{A의 DNA 상대량}+\text{b의 DNA 상대량}}{\text{D의 DNA 상대량}}=1$이다.

[해설]



세포	a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값	A, D의 DNA 상대량을 더한 값
Ⅰ	?	0
Ⅱ	?	2
Ⅲ	2	?
Ⅳ	6	4

Ⅳ에서 a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값과 A, D의 DNA 상대량을 더한 값의 합이 10이므로 Ⅳ는 감수 1분열 중기 세포인 ㉡에 해당한다.

세포	a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값	A, D의 DNA 상대량을 더한 값
Ⅰ	?	0
Ⅱ	?	2
Ⅲ	2	?
Ⅳ	6	4

㉡의 DNA 상대량을 더한 값은 G_1기 세포인 ㉠의 2배이므로 ㉠에서 a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값은 3이고, A, D의 DNA 상대량을 더한 값은 2이다.

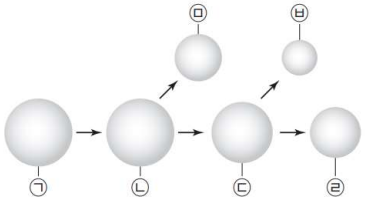
그에 따라 ㉠은 Ⅱ이고, ㉠의 유전자형은 AaBbDd이다.

세포	a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값	A, D의 DNA 상대량을 더한 값
Ⅰ	?	0
Ⅱ	?	2
Ⅲ	2	?
Ⅳ	6	4

㉣은 ㉢이 감수 2분열을 마치면 생성되며, ㉣의 DNA 상대량은 ㉢의 절반이다. 생식세포인 ㉣이 Ⅰ이면, A, D의 DNA 상대량을 더한 값이 0이므로 ㉣에는 a, d가 모두 있으며, 감수 2분열 중기 세포인 ㉢이 a, d를 가지게 되어 Ⅲ에서 a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값이 4가 되므로 모순이다. 그에 따라 ㉢은 Ⅰ이고, ㉣은 Ⅲ이다.

㉣(Ⅲ)에서 a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값은 2이고, ㉢(Ⅰ)에서 A, D의 DNA 상대량이 0이므로 ㉣(Ⅲ)은 a, b, d를 갖는다.

Schema 16
DNA 상대량의 합



세포	a, B, d의 DNA 상대량을 더한 값	A, D의 DNA 상대량을 더한 값
Ⅰ(㉢)	4	0
Ⅱ(㉠)	3	2
Ⅲ(㉤)	2	0
Ⅳ(㉡)	6	4

[정답]

ㄱ. Ⅰ은 ㉤이다. **(X)**

Ⅰ은 ㉢이다.

ㄴ. ㉦에는 a와 b가 모두 있다. **(O)**

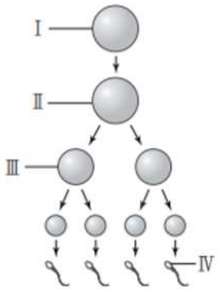
㉢이 감수 2분열을 마치면 동일한 유전 정보를 갖는 ㉤과 ㉦이 생성된다.
㉤은 a, b, d를 가지므로 ㉦에는 a와 b가 모두 있다.

ㄷ. ㉧에서 세포 1개당 $\frac{\text{A의 DNA 상대량} + \text{b의 DNA 상대량}}{\text{D의 DNA 상대량}} = 1$이다. **(O)**

㉢은 a, b, d를 갖고 있으므로 ㉧에는 A, B, D가 있다.
㉧은 감수 2분열 중기 세포이므로 ㉧에서 세포 1개당 분수 값은 2/2은 1이다.

21.

사람의 유전 형질 (가)는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다. 그림은 어떤 사람에서 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에서 A와 b의 DNA 상대량을 더한 값(A+b), B와 d의 DNA 상대량을 더한 값(B+d), b와 D의 DNA 상대량을 더한 값(b+D)을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이고, Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이다.

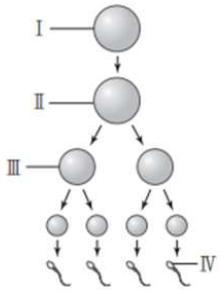


세포	DNA 상대량을 더한 값		
	A+b	B+d	b+D
㉠	1	2	0
㉡	4	0	ⓐ
㉢	6	4	ⓑ
㉣	3	2	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

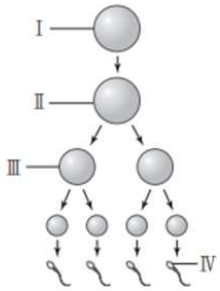
ㄱ. ㉡은 Ⅲ이다.
ㄴ. ⓐ+ⓑ=8이다.
ㄷ. $\frac{\text{b의 DNA 상대량}+\text{D의 DNA 상대량}}{\text{A의 DNA 상대량}}$ 은 ㉢에서가 ㉠에서의 2배이다.

[해설]



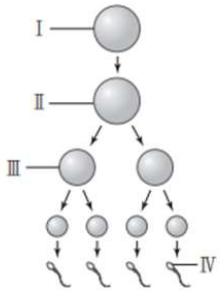
세포	DNA 상대량을 더한 값		
	A+b	B+d	b+D
㉠	1	2	0
㉡	4	0	ⓐ
㉢	6	4	ⓑ
㉣	3	2	2

Ⅱ와 Ⅲ의 세포는 모두 중기의 세포로 유전자의 DNA 상대량은 짝수 또는 0이다. Ⅱ의 핵상은 2n이고, Ⅲ의 핵상은 n이므로 유전자의 DNA 상대량은 Ⅱ에서가 Ⅲ에서보다 크다. 따라서 ㉡은 Ⅲ이고, ㉢은 Ⅱ이다.



세포	DNA 상대량을 더한 값		
	A+b	B+d	b+D
㉠	1	2	0
㉡	4	0	ⓐ
㉢	6	4	ⓑ
㉣	3	2	2

Ⅰ에 있는 유전자의 DNA 상대량은 Ⅳ에 있는 유전자의 DNA 상대량보다 많으므로 ㉣은 Ⅰ, ㉠은 Ⅳ이다. G_1기 세포인 ㉣(Ⅰ)에서 B+d의 DNA 상대량이 2이므로 ㉣(Ⅰ)의 유전자형은 BBDD, BbDd, bbdd 중 하나이다.



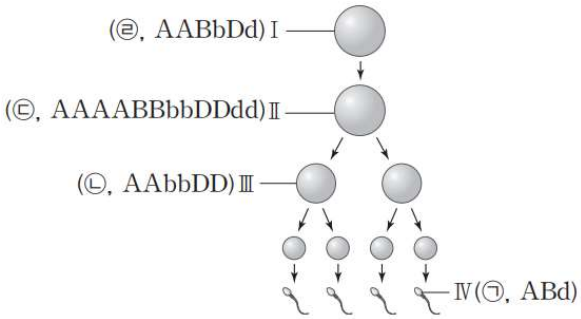
세포	DNA 상대량을 더한 값		
	A+b	B+d	b+D
㉠	1	2	0
㉡	4	0	ⓐ
㉢	6	4	ⓑ
㉣	3	2	2

㉠(Ⅳ)에서 b+D의 DNA 상대량이 0이므로 ㉣(Ⅰ)의 유전자형은 BBDD 또는 bbdd가 아니고 BbDd이다. ㉣(Ⅰ)에서 A+b의 DNA 상대량이 3이므로 ㉣(Ⅰ)에는 A가 2만큼 있다. 이 사람의 (가)의 유전자형은 AABbDd이다.

DNA 상대량 추론

Schema 16

DNA 상대량의 합



[정답]

ㄱ. ㉠은 Ⅳ, ㉡은 Ⅲ, ㉢은 Ⅱ, ㉣은 Ⅰ이다.

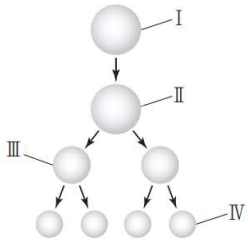
ㄴ. (Ⅲ)의 (가)의 유전자형은 AAbbDD, ㉢(Ⅱ)의 (가)의 유전자형은 AAAABBbbDDdd이므로 ⓐ+ⓑ=4+4=8이다.

[오답]

ㄷ. ㉢(Ⅱ)에서 b의 DNA 상대량은 2, D의 DNA 상대량은 2, A의 DNA 상대량은 4이고, ㉠(Ⅳ)에서 b의 DNA 상대량은 0, D의 DNA 상대량은 0, A의 DNA 상대량은 1이므로 $\frac{\text{b의 DNA 상대량}+\text{D의 DNA 상대량}}{\text{A의 DNA 상대량}}$ 은 ㉢(Ⅱ)에서가 ㉠(Ⅳ)에서의 2배가 아니다.

22.

어떤 동물($2n=?$)의 유전 형질 (가)는 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다. 그림은 유전자형이 AaBb인 이 동물 개체의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 생식세포가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣의 X 염색체 수와 상염색체 수를 더한 값과 A와 b의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이고, 이 동물의 성염색체는 XY이다.



세포	X염색체 수와 상염색체 수를 더한 값	DNA 상대량	
		A	b
㉠	ⓐ	2	0
㉡	6	0	?
㉢	11	ⓑ	?
㉣	?	?	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.
(단. 돌연변이는 고려하지 않으며, A, a, B, b 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이다.)

ㄱ. ㉣은 Ⅰ이다.
ㄴ. ⓐ+ⓑ=8이다.
ㄷ. 세포 1개당 $\frac{\text{b의 DNA 상대량}}{\text{a의 DNA 상대량}+\text{B의 DNA 상대량}}$ 은 ㉡이 ㉢의 2배이다.

[해설 및 정답]

세포	X염색체 수와 염색체 수를 더한 값	DNA 상대량	
		A	b
㉠	ⓐ	2	0
㉡	6	0	?
㉢	11	ⓑ	?
㉣	?	?	1

Ⅰ과 Ⅱ는 핵상이 모두 $2n$이고, Ⅲ과 Ⅳ는 핵상이 모두 n이다. A의 DNA 상대량이 0인 ㉡은 핵상이 n이고, b의 DNA 상대량이 0인 ㉠은 핵상이 n이므로 ㉠과 ㉡은 각각 Ⅲ과 Ⅳ 중 하나이다.

세포	X염색체 수와 염색체 수를 더한 값	DNA 상대량	
		A	b
㉠	ⓐ	2	0
㉡	6	0	?
㉢	11	ⓑ	?
㉣	?	?	1

Ⅰ과 Ⅱ는 모두 X 염색체 수가 1이므로 X 염색체 수와 상염색체 수를 더한 값은 11이고, 성염색체가 XY인 이 동물의 총염색체 수는 12이다. ㉢과 ㉣은 각각 Ⅰ과 Ⅱ 중 하나이다.

세포	X염색체 수와 상염색체 수를 더한 값	DNA 상대량	
		A	b
㉠	ⓐ	2	0
㉡	6	0	?
㉢	11	ⓑ	?
㉣	?	?	1

㉣은 b의 DNA 상대량이 1이므로 G_1기 세포인 Ⅰ이고, ㉢은 Ⅱ이다.

ㄱ. ㉣은 Ⅰ이다. **(O)**

ㄴ. ⓐ+ⓑ=8이다. **(X)**

㉠은 A의 DNA 상대량이 2이므로 감수 2분열 중기 세포인 Ⅲ이고, ㉡은 생식세포인 Ⅳ이다.
㉡(Ⅳ)에서 X 염색체 수와 상염색체 수를 더한 값은 6이므로,
㉠(Ⅲ)에는 X 염색체가 없고, 상염색체 수는 5이다. ⓐ는 5이다.
㉢은 감수 1분열 중기 세포이므로 A의 DNA 상대량(ⓑ)은 2이다. ⓐ+ⓑ=7이다.

ㄷ. 세포 1개당 $\frac{\text{b의 DNA 상대량}}{\text{a의 DNA 상대량}+\text{B의 DNA 상대량}}$ 은 ㉡이 ㉢의 2배이다. **(O)**

㉡에서 a의 DNA 상대량은 1, B의 DNA 상대량은 0, b의 DNA 상대량은 1이다. ㉢에서 a의 DNA 상대량은 2, B의 DNA 상대량은 2, b의 DNA 상대량은 2이다. 따라서 ㉡이 ㉢의 2배이다.

DNA 상대량 추론

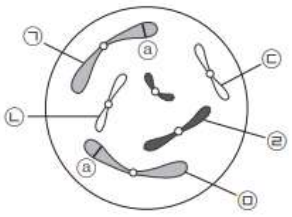
Schema 16

DNA 상대량의 합

23.

다음은 어떤 동물 (가)의 체세포와 감수 분열 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 (가)의 체세포에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이고, X 염색체가 Y염색체보다 크다. 표는 (가)의 G_1기의 세포를 포함하여 G_1기의 세포 1개로부터 생식세포가 형성되는 과정에서 나타나는 세포 Ⅰ~Ⅳ에서 H, R, t의 DNA 상대량을 더한 값(H+R+t)을 나타낸 것이다. Ⅱ에는 r가 있고, Ⅰ~Ⅳ 중 중기의 세포가 1개 있다.



세포	DNA 상대량을 더한 값
	H+R+t
Ⅰ	6
Ⅱ	4
Ⅲ	3
Ⅳ	1

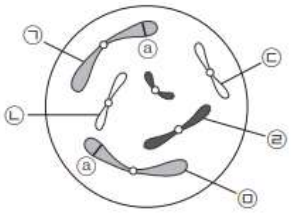
- 표는 (가)의 G_1기의 세포를 포함하여 G_1기의 세포 1개로부터 생식세포가 형성되는 과정에서 나타나는 세포 Ⅰ~Ⅳ에서 H, R, t의 DNA 상대량을 더한 값(H+R+t)을 나타낸 것이다. Ⅱ에는 r가 있고, Ⅰ~Ⅳ 중 중기의 세포가 1개 있다.
- 염색체 ㉠~㉤ 중 Ⅱ에는 Ⅲ에 없는 염색체가 있고, Ⅳ에는 ㉠~㉤ 중 ㉠과 ㉢만 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

ㄱ. ㉡에 R가 있다.
ㄴ. Ⅰ은 감수 2분열 중기의 세포이다.
ㄷ. Ⅲ에서 $\frac{\text{H의 DNA 상대량}}{\text{X염색체의 수}}$=1이다.

[해설]

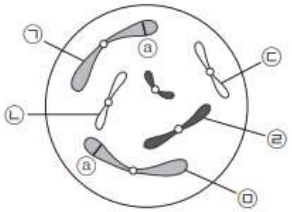
(가)의 세포를 나타낸 그림에서 ㉠은 ㉣과, ㉡은 ㉢과 각각 크기와 모양이 같은 상동 염색체이고, ㉤은 성염색체 중 X 염색체이다.



세포	DNA 상대량을 더한 값
	H+R+t
Ⅰ	6
Ⅱ	4
Ⅲ	3
Ⅳ	1

(가)의 핵상이 2n일 때 염색체의 수는 6개이다. 세포 Ⅰ~Ⅳ 중 H, R, t의 DNA 상대량을 더한 값이 홀수인 Ⅲ과 Ⅳ는 DNA가 복제되기 전의 G_1기의 세포이거나 감수 2분열 과정에서 염색 분체가 분리되어 형성된 세포이다. Ⅲ이 G_1기의 세포라고 가정하면, Ⅰ은 DNA 복제가 끝난 감수 1분열 중기의 세포이고, Ⅱ는 감수 2분열 중기의 세포이며, Ⅳ는 감수 2분열이 끝나 생성된 딸세포(생식세포)이다.

이 경우 Ⅰ과 Ⅲ의 핵상이 2n이고, Ⅱ와 Ⅳ의 핵상이 n이므로 염색체 ㉠~㉤ 중 Ⅱ에 들어 있는 염색체는 모두 Ⅲ에 있어야 하는데, 이는 제시된 조건에 모순된다. 따라서 Ⅲ과 Ⅳ는 모두 감수 2분열이 끝나 생성된 딸세포(생식세포)이고, Ⅱ는 G_1기의 세포, Ⅰ은 감수 2분열 중기의 세포이다.



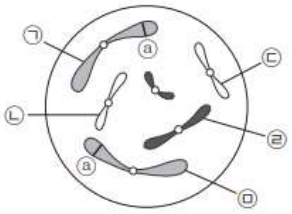
세포	DNA 상대량을 더한 값
	H+R+t
Ⅰ	6
Ⅱ	4
Ⅲ	3
Ⅳ	1

H, h, R, r, T, t 중 R와 r가 X 염색체에 있다고 가정해 보자. 그림에 제시된 체세포(2n)에서 ⓐ를 쌍으로 가지므로 유전자형이 HH이거나 hh이다. 이 경우 Ⅱ에 r가 있다는 조건과 Ⅰ~Ⅳ의 H+R+t의 값을 만족하지 않는다. H, h, R, r, T, t 중 T와 t가 X 염색체에 있다고 가정해 보자. G_1기의 세포 Ⅱ의 유전자형이 $HHRRX^TY$일 경우 Ⅰ, Ⅲ, Ⅳ의 H+R+t의 값을 갖는 세포가 형성되지 않는다. 따라서 (가)는 t를 갖고 있는 유전자형이 $HHRrX^tY$이거나 $HhRRX^tY$인데, ⓐ(H 또는 h)를 쌍으로 가지므로 Ⅱ는 $HHRrX^tY$이다. 따라서 ⓐ는 H이고, ㉡과 ㉢에는 각각 R와 r가 있다.

DNA 상대량 추론

Schema 16

DNA 상대량의 합



세포	DNA 상대량을 더한 값
	H+R+t
Ⅰ	6
Ⅱ	4
Ⅲ	3
Ⅳ	1

ㄱ. ㉡에 R가 있다. **(O)**

㉡과 ㉢에는 각각 R와 r가 있다.

ㄴ. Ⅰ은 감수 2분열 중기의 세포이다. **(O)**

Ⅰ은 감수 2분열 중기의 세포이다.

ㄷ. Ⅲ에서 $\frac{\text{H의 DNA 상대량}}{\text{X염색체의 수}}$=1이다. **(O)**

Ⅲ은 생식 세포이므로 H, R, t를 1씩 갖는다.

이때 t는 X 염색체 위에 있으므로 Ⅲ에서 $\frac{\text{H의 DNA 상대량}}{\text{X염색체의 수}}$=1이다

Schema 17
미매칭 대립유전자의 합

[중요도 ★★★]

- 원 문자의 합의 합으로 주어지는 경우 ㉠과 ㉡에 대한 정보도 대응되지 않았기 때문에 특수한 상대량 값의 중요성이 더욱 두드러진다. 6, 0과 같은 특수한 수치부터 단독 해석, 비교 해석하도록 하자.

결정된 대립유전자의 DNA 상대량의 합을 질문하기도 하지만
원 문자 대립유전자의 DNA 상대량의 합을 질문하기도 한다.

이 역시 유전자의 합의 양상에 따라
2n인 세포의 복제 양상과 동형 접합 여부를 알 수 있다.

합으로 제시한 유전자 개수를 N이라 했을 때 각각의 세포는 다음 관계를 갖는다.

특징 / 유전자의 합(ⓐ+ⓑ)	제시한 유전자 개수(N)에 따른 관계	핵 1개당 DNA 상대량
4N	M_1기, 모든 유전자 동형 접합	4
4N-2	M_1기, 일부 유전자 동형 접합	4
2N-1	G_1기, 일부 유전자 동형 접합	2

1) ⓐ+ⓑ와 ⓑ+ⓒ 값이 모두 3인 세포
유전자형이 ⓐⓒⓑⓑ이고 ⓐ와 ⓒ는 서로 대립유전자이다.

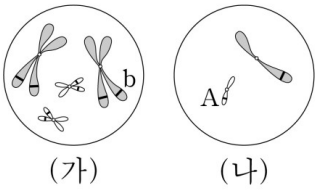
2) ⓐ+ⓑ와 ⓑ+ⓒ 값이 모두 6인 세포
유전자형이 ⓐⓒⓑⓑ이고 ⓐ와 ⓒ는 서로 대립유전자이다.

3) ⓐ+ⓑ 값이 2인 생식 세포
ⓐ와 ⓑ를 모두 갖고 ⓐ와 ⓑ는 서로 대립유전자가 아니다.

4) ⓐ+ⓑ 값이 4인 M_2기 중기 세포
ⓐ와 ⓑ를 모두 갖고 ⓐ와 ⓑ는 서로 대립유전자가 아니다.

24.

어떤 동물 종(2n=4)의 유전 형질 ㉮는 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다. 그림은 이 동물 종의 개체 Ⅰ의 세포 (가)와 개체 Ⅱ의 세포 (나) 각각에 들어 있는 모든 염색체를, 표는 (가)와 (나)에서 대립유전자 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣ 중 2개의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 A, a, B, b를 순서 없이 나타낸 것이고, Ⅰ과 Ⅱ의 ㉮의 유전자형은 각각 AaBb와 Aabb 중 하나이다.

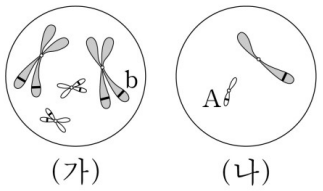


(가) (나)

세포	DNA 상대량을 더한 값			
	㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢	㉢+㉣
(가)	6	ⓐ	6	?
(나)	?	1	ⓑ	2

㉠~㉣과 A, a, B, b를 각각 대응하시오.

[해설]



세포	DNA 상대량을 더한 값			
	㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢	㉢+㉣
(가)	6	ⓐ	6	?
(나)	?	1	ⓑ	2

㉠+㉡과 ㉡+㉢이 모두 6이므로
유전자형은 ㉠㉡㉡㉢이고 ㉠과 ㉢은 서로 대립유전자 관계이다.

따라서 Ⅰ의 유전자형은 Aabb이고 ㉡은 b, ㉣은 B이며, (가)는 M_1기 세포이다.

세포	DNA 상대량을 더한 값			
	㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢	㉢+㉣
(가)	6	ⓐ	6	?
(나)	?	1	ⓑ	2

(나)는 생식 세포인데 ㉢+㉣이 2이므로 ㉣과 ㉢은 서로 대립유전자 관계가 아니다.
㉣이 B이고, (나) 그림에 A가 있으므로 ㉢은 A이다.

∴ ㉠은 a이다.

(가)는 M_1기 세포이고, 유전자형이 ㉠㉡㉡㉢이므로 ⓐ는 4
(나)는 생식 세포이고, 유전자로 ㉢과 ㉣을 1개씩 가지므로 ⓑ는 1이다.

[정답]
㉠은 a, ㉡은 b, ㉢은 A, ㉣은 B이다.

25.

사람의 유전 형질 ㉮는 서로 다른 상염색체에 있는 2쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r에 의해 결정된다. 표는 어떤 사람의 세포 (가)와 (나)에서 대립유전자 H, ㉠, ㉡, ㉢ 중 2개의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 G_1기의 세포와 생식세포를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉢은 h, R, r를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	H+㉠	㉡+㉢	H+㉡
(가)	1	ⓐ	ⓑ
(나)	ⓒ	3	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

ㄱ. H는 ㉠과 대립유전자이다.
ㄴ. 이 사람의 ㉮의 유전자형은 HhRr이다.
ㄷ. ⓐ+ⓑ+ⓒ=2이다.

Schema 17
미매칭 대립유전자의 합

[해설]

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	H+㉠	㉡+㉢	H+㉡
(가)	1	ⓐ	ⓑ
(나)	ⓒ	3	1

(나)에서 DNA 상대량이 H가 1일 경우 ㉡이 0, ㉢이 3인데, 유전자의 DNA 상대량이 3인 경우는 모순이므로 H는 0, ㉡은 1, ㉢은 2이고, DNA 상대량이 2와 1이 동시에 등장하므로 (나)는 G_1기의 세포이다.

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	H+㉠	㉡+㉢	H+㉡
(가)	1	ⓐ	ⓑ
(나)	ⓒ	3(1+2)	1(0+1)

H는 0, ㉢은 2이므로 H는 ㉢과 대립유전자이고 ㉢이 h이며, ㉠과 ㉡은 R와 r를 순서 없이 나타낸 것이다. 따라서 이 사람의 ㉮의 유전자형은 hhRr이다.

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	H+㉠	㉡+㉢	H+㉡
(가)	1	ⓐ	ⓑ
(나)	ⓒ(0+1)	3(1+2)	1(0+1)

(가)는 생식세포이고, (가)에서 H가 0이므로 ㉠이 1이고, h인 ㉢이 1이므로 ㉡은 0이다 .

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	H+㉠	㉡+㉢	H+㉡
(가)	1(0+1)	ⓐ(0+1)	ⓑ(0+0)
(나)	ⓒ(0+1)	3(1+2)	1(0+1)

[정답]

ㄱ. H는 ㉠과 대립유전자이다. **(X)**

H는 ㉢과 대립유전자

ㄴ. 이 사람의 ㉮의 유전자형은 HhRr이다. **(X)**

이 사람의 ㉮의 유전자형은 hhRr이다.

ㄷ. ⓐ+ⓑ+ⓒ=2이다. **(O)**

ⓐ는 1, ⓑ는 0, ⓒ는 1이므로 맞다.

Schema 17

미매칭 대립유전자의 합

26.

사람의 유전 형질 ㉮는 상염색체에 있는 대립유전자 H와 h에 의해, 유전 형질 ㉯는 X 염색체에 있는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. 표는 사람 Ⅰ의 세포 (가)와 사람 Ⅱ의 세포 (나)에서 대립유전자 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣ 중 2개의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이며, ㉠~㉣은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다. Ⅰ과 Ⅱ의 유전자형은 각각 HhX^TX^T와 HHX^TY 중 하나이고, (가)와 (나)는 모두 중기의 세포이다.

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	㉡+㉢	㉡+㉣	㉢+㉣
(가)	?	0	ⓐ
(나)	ⓑ	6	6

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

ㄱ. (가)는 감수 2분열 중기의 세포이다.
ㄴ. ㉢은 h이다.
ㄷ. ⓐ+ⓑ=6이다.

[해설]

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	㉡+㉢	㉡+㉣	㉢+㉣
(가)	?	0	ⓐ
(나)	ⓑ	6	6

(㉡+㉣)이 (가)에서는 0이고, (나)에서는 6인 것을 통해 Ⅰ의 유전자형이 HHX^TY이고 (가)가 감수 2분열 중기의 세포이며, Ⅱ의 유전자형이 HhX^TX^T이고 (나)가 감수 1분열 중기의 세포 또는 체세포 분열 중기의 세포임을 알 수 있다.

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	㉡+㉢	㉡+㉣	㉢+㉣
(가)	?	0	ⓐ
(나)	ⓑ	6	6

(나)의 (㉡+㉣), (㉢+㉣)이 모두 6이므로 ㉣은 T이고, (가)의 (㉡+㉣)이 0이므로 ㉡은 h이며, (가)에는 H와 Y 염색체가 있다. (나)의 (㉢+㉣)이 6이므로 ㉢은 H이고, ㉠은 t이다.

정리하면 Ⅰ의 유전자형은 HHX^TY, Ⅱ의 유전자형은 HhX^TX^T이고, ㉠은 t, ㉡은 h, ㉢은 H, ㉣은 T이다.

[정답]

ㄱ. (가)는 감수 2분열 중기의 세포이다. **(O)**

(가)는 감수 2분열 중기의 세포이다.

ㄴ. ㉢은 h이다. **(X)**

㉢은 H이다.

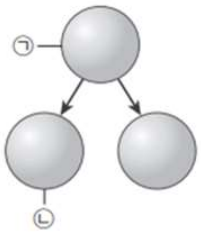
ㄷ. ⓐ+ⓑ=6이다. **(O)**

(가)의 (㉡+㉢)은 (0+2)=2이고, (㉢+㉣)은 (2+0)=2이며,
(나)의 (㉡+㉢)은 (2+2)=4이다. 따라서 ⓐ+ⓑ=2+4=6이다.

Schema 18
분열 과정의 일부

[중요도 ★★]

분열 과정의 일부를 제시한 후, 어떤 분열 과정인지 추론시킬 수 있다.
이때 경우의 수는 3가지로 나뉜다.



1) 체세포 분열 과정인 경우

㉠과 ㉡의 핵상은 모두 $2n$이다.
이때 ㉠이 DNA가 복제되지 않은 상태인지. 복제된 상태인지는 발문이나 조건을 통해 알아내야 하며 ㉡은 염색 분체가 분리되어 형성된 세포이다.

2) 감수 1분열 과정 일부인 경우

㉠의 핵상은 $2n$이고, ㉡의 핵상은 n이다.
이때 ㉠과 ㉡은 모두 DNA가 복제된 중기 세포이므로 DNA 상대량이 짝수 또는 0으로 나타나야 하며, ㉠을 통해 개체의 유전자형을 알 수 있다.

3) 감수 2분열 과정 일부인 경우

㉠과 ㉡의 핵상은 모두 n이다.
이때 ㉠은 DNA가 복제된 중기 세포이므로 DNA 상대량이 짝수 또는 0이고
㉡은 생식 세포이므로 DNA 상대량이 홀수일 수 있다.

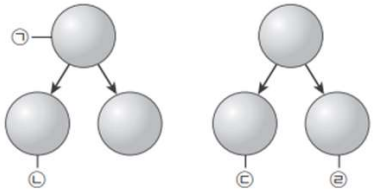
따라서 감수 분열의 일부인데 ㉡에 홀수가 나타난다면
해당 분열 과정은 감수 2분열 과정의 일부이다.

Schema 18

분열 과정의 일부

27.

그림 (가)와 (나)는 어떤 사람의 체세포 분열 과정과 감수 분열 과정의 일부를 순서 없이 나타낸 것이고, 표는 이 사람의 세포 Ⅰ~Ⅳ에서 유전자 H, h, R, r, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅳ는 각각 ㉠~㉣ 중 하나이고, ㉠은 중기의 세포이며, ㉡과 ㉢ 중 한 개만 중기의 세포이다. H와 h, R와 r, T와 t는 각각 대립유전자이고, 3쌍의 대립유전자 중 2쌍은 같은 상염색체에 있다.



(가) (나)

세포	DNA 상대량					
	H	h	R	r	T	t
Ⅰ	?	0	2	0	0	2
Ⅱ	ⓐ	2	?	?	2	?
Ⅲ	0	?	ⓑ	0	2	0
Ⅳ	1	?	1	?	?	ⓒ

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

ㄱ. ⓐ+ⓑ+ⓒ=3이다.

ㄴ. H는 R와 같은 염색체에 있다.

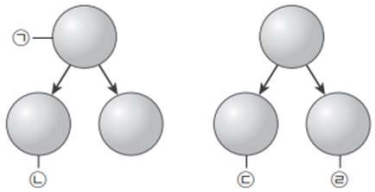
ㄷ. $\frac{\text{㉡의 상염색체의 수}}{\text{Ⅲ의 성염색체의 염색 분체 수}}=22$이다.

DNA 상대량 추론

Schema 18

분열 과정의 일부

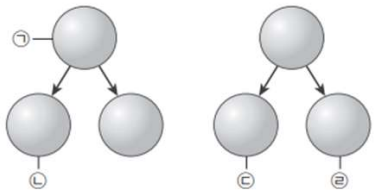
㉠은 중기의 세포이므로 상동 염색체가 분리되기 전의 세포이거나 염색 분체가 분리되기 전의 세포이다. 따라서 ㉠에 있는 유전자의 DNA 상대량은 모두 짝수이다.



(가) (나)

세포	DNA 상대량					
	H	h	R	r	T	t
Ⅰ	?	0	2	0	0	2
Ⅱ	ⓐ	2	?	?	2	?
Ⅲ	0	?	ⓑ	0	2	0
Ⅳ	1	?	1	?	?	ⓒ

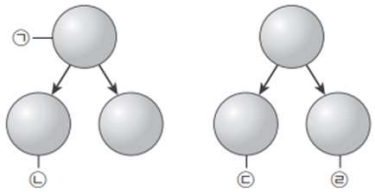
Ⅰ~Ⅳ 중 Ⅳ를 제외한 3개의 세포(Ⅰ~Ⅲ)에서 각 유전자의 DNA 상대량이 0 또는 짝수이므로, ㉢과 ㉣도 중기의 세포이고, (가)는 체세포 분열 과정, (나)는 감수 분열 과정을 나타낸 것이다.



(가) (나)

세포	DNA 상대량					
	H	h	R	r	T	t
Ⅰ	?	0	2	0	0	2
Ⅱ	ⓐ	2	?	?	2	?
Ⅲ	0	?	ⓑ	0	2	0
Ⅳ	1	?	1	?	?	ⓒ

체세포 분열 과정의 세포인 ㉠과 ㉡의 핵상은 2n이고, 체세포 분열 결과 염색 분체가 분리되어 형성된 ㉡은 Ⅳ이다. 감수 1분열 결과 형성된 ㉢과 ㉣의 핵상은 n이고, Ⅰ~Ⅳ에 있는 유전자는 핵상이 2n인 세포에 모두 있다. 따라서 Ⅳ에는 H, h, R, T, t가 모두 있다.



(가) (나)

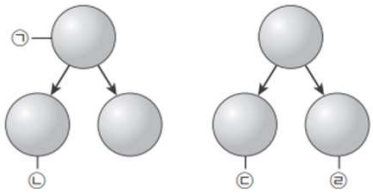
세포	DNA 상대량					
	H	h	R	r	T	t
Ⅰ	?	0	2	0	0	2
Ⅱ	ⓐ	2	?	?	2	?
Ⅲ	0	?	ⓑ	0	2	0
Ⅳ	1	?	1	?	?	ⓒ

핵상이 2n인 Ⅳ와 비교했을 때 Ⅰ은 T의 DNA 상대량이 0이므로 핵상이 n, Ⅲ은 H의 DNA 상대량이 0이므로 핵상이 n이다. 따라서 Ⅰ과 Ⅲ은 각각 ㉢과 ㉣ 중 하나이고, Ⅱ는 ㉠이다.

DNA 상대량 추론

Schema 18

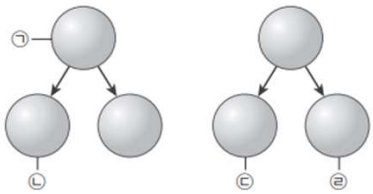
분열 과정의 일부



(가) (나)

세포	DNA 상대량					
	H	h	R	r	T	t
Ⅰ	?	0	2	0	0	2
Ⅱ	ⓐ	2	?	?	2	?
Ⅲ	0	?	ⓑ	0	2	0
Ⅳ	1	?	1	?	?	ⓒ

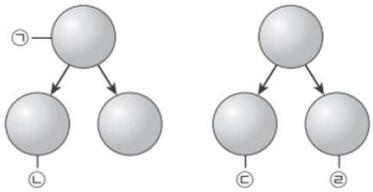
체세포 분열 결과 형성된 Ⅳ(㉡)에 H가 있으므로, Ⅱ(㉠)에도 H가 있고, Ⅱ는 DNA 복제가 일어난 이후의 세포이므로 ⓐ는 2이다. 감수 2분열 중기의 세포인 Ⅰ과 Ⅲ에서 모두 r의 DNA 상대량이 0이므로, 이 사람의 체세포에는 r가 없다.



(가) (나)

세포	DNA 상대량					
	H	h	R	r	T	t
Ⅰ	?	0	2	0	0	2
Ⅱ	ⓐ	2	?	?	2	?
Ⅲ	0	?	ⓑ	0	2	0
Ⅳ	1	?	1	?(0)	?	ⓒ

이 사람의 체세포에는 r이 없으므로 ㉡(Ⅳ)에서 r의 DNA 상대량은 0이고, R의 DNA 상대량은 1이므로 R와 r는 성염색체에 있다.



(가) (나)

세포	DNA 상대량					
	H	h	R	r	T	t
Ⅰ	?	0	2	0	0	2
Ⅱ	ⓐ	2	?	?	2	?
Ⅲ	0	?	ⓑ(0)	0	2	0
Ⅳ	1	?	1	?	?	ⓒ

Ⅰ에 R가 있으므로, Ⅲ에는 R가 없고 ⓑ는 0이며, 이 사람의 성별은 남성이다. Ⅰ에 t, Ⅲ에 T가 있으므로 이 사람의 체세포에는 T와 t가 모두 있다. 따라서 Ⅳ(㉡)에서 ⓒ는 1이다. 이 사람의 체세포(2n)의 유전자형은 $HhTtX^RY$ 또는 $HhTtXY^R$이다.

3쌍의 대립유전자 중 2쌍의 대립유전자가 같은 상염색체에 있고, Ⅰ에 H와 t가 있으므로 H는 t와, h는 T와 같은 염색체에 있다.

ㄱ. ⓐ+ⓑ+ⓒ=3이다. **(O)**

ㄴ. H는 R와 같은 염색체에 있다. **(X)**

H는 t와, h는 T와 같은 상염색체에 있고, R는 성염색체에 있다.

ㄷ. $\frac{\text{㉡의 상염색체의 수}}{\text{Ⅲ의 성염색체의 염색 분체 수}}$=22이다. **(O)**

44/2=22

DNA 상대량 추론

Schema 18

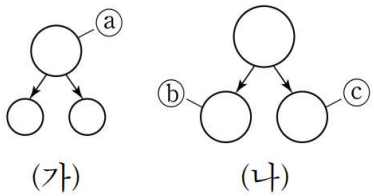
분열 과정의 일부

[중요도 ★★]

분열 과정의 일부를 제시한 후, 어떤 분열 과정인지 추론시킬 수 있다.

28.

사람의 어떤 유전 형질은 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. 그림 (가)는 사람 Ⅰ의, (나)는 사람 Ⅱ의 감수 분열 과정의 일부를, 표는 Ⅰ의 세포 ⓐ와 Ⅱ의 세포 ⓑ에서 대립유전자 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣ 중 2개의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이고, Ⅰ의 유전자형은 HHtt이며, Ⅱ의 유전자형은 hhTt이다.



(가) (나)

세포	DNA 상대량을 더한 값			
	㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢	㉢+㉣
(가)	0	?	2	㉮
(나)	2	4	㉯	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, T, t 각각의 1 개당 DNA 상대량은 1이다. ⓐ~ⓒ는 중기의 세포이다.)

ㄱ. ㉮+㉯=6 이다.

ㄴ. $\frac{\text{ⓐ의 염색 분체 수}}{\text{성염색체 수}}$=46이다.

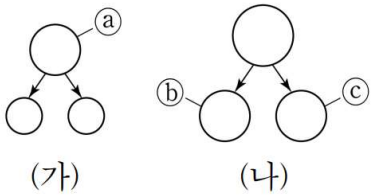
ㄷ. ⓒ에는 t가 있다.

Schema 18

분열 과정의 일부

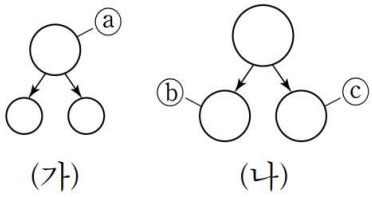
[해설]

Ⅰ의 유전자형은 HHtt이고, Ⅱ의 유전자형은 hhTt이다. 유전자형을 토대로 분석해보자.



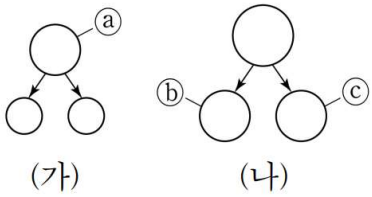
세포	DNA 상대량을 더한 값			
	㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢	㉢+㉣
(가)	0	?	2	㉮
(나)	2	4	㉯	2

ⓐ~ⓒ는 중기의 세포이므로, ⓐ는 감수 1분열 중기 또는 감수 2분열 중기의 세포인데 ㉠+㉡의 DNA 상대량을 더한 값이 0이므로 ㉠과 ㉡은 각각 h와 T 중 서로 다른 하나이고, ㉢과 ㉣은 H와 t 중 서로 다른 하나이다.



세포	DNA 상대량을 더한 값			
	㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢	㉢+㉣
(가)	0	?	2	㉮
(나)	2	4	㉯	2

ⓑ는 감수 2분열 중기의 세포이고, DNA 상대량을 더한 값이 ㉠+㉡(h+T)은 2, ㉠+㉢은 4이므로, ㉠은 h, ㉡은 T, ㉢은 t 이고, ㉣은 H이며, ⓑ에는 h와 t가, ⓒ에는 h와 T가 각각 있다.



세포	DNA 상대량을 더한 값			
	㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢	㉢+㉣
(가)	0	?	2	㉮
(나)	2	4	㉯	2

ⓐ에서 ㉡+㉢(T+t)의 DNA 상대량을 더한 값이 2이므로 ⓐ는 감수 2분열 중기의 세포이다. ⓐ에서 ㉢+㉣(t+H)의 DNA 상대량을 더한 값은 4이고, ⓑ에서 ㉡+㉢ (T+t)의 DNA 상대량을 더한 값은 2이다. 따라서 ㉮는 4, ㉯는 2이므로 ㉮+㉯=6이다.

[정답]

ㄱ. ㉮+㉯=6 이다. **(O)**

ㄴ. ⓐ의 염색 분체 수/성염색체 수=46이다. **(O)**

ⓐ의 핵상과 염색체 수는 n=23이고 염색 분체가 복제된 상태이므로 맞다.

ㄷ. ⓒ에는 t가 있다. **(X)**

ⓒ에는 t가 없다.

Schema 19
미매칭 DNA 상대량

[중요도 ★★★]

- 원 문자로 표시된 상대량의 경우 22학년도 9평, 수능에 빈출된 바 있어 언제든 고난도로 재출제될 수 있는 요소이다.

- "순서 없이" 조건을 존재 여부 조건으로 바꿔서 해석할 수 있고, 같은 줄 내 특정 원문자가 몇 개 있는지도 시작점으로 자주 등장한다.

- 같은 대립유전자 쌍의 합은 3이 될 수 없다.

- 원 문자 4개 중 3개가 동시에 나타나는 열의 세포 핵상은 2n이고
  (0, 1, 2) ㉠~㉣이 동시에 나타나는 행의 세포는 2n, 2이다.

- 돌연변이를 고려하지 않는다면
  중기의 세포에서는 1이 나타날 수 없고
  생식 세포에서는 2가 나타날 수 없다.

- 4는 중기 세포 중 핵상이 $2n$인 세포에만 올 수 있다.
  즉, 하나의 행에서만 나타날 수 있는 DNA 상대량이다.

- DNA 상대량으로 가능한 4종류 중 3종류가 동시에 나타나는 열의 세포 핵상은 2n이고
  (0, 1, 2)가 동시에 나타나는 행의 세포는 2n, 2
  (0, 2, 4)가 동시에 나타나는 행의 세포는 2n. 4이다.

- 3종류가 등장할 수 있는 경우의 수는 (0, 1, 2), (0, 2, 4)가 유일하다.

- DNA 상대량으로 가능한 4종류 중 2종류가 동시에 나타나는 열의 조합은 다음이 가능하다.
  (0, 1) : 2n, 2 또는 n, 1
  (0, 2) : n, 1이 아님
  (0, 4) : 2n, 4
  (1, 2) : 2n, 2
  (1, 4) : 불가능
  (2, 4) : 2n, 4

- (A, a)와 같이 대립유전자 간 조합에서 나타날 수 있는 숫자 조합은 다음과 같다.
  (0, 1) : 성염색체 위
  (0, 2) : 정보 모호
  (0, 4) : 동형 접합 있음, M_1기 세포
  (0, 0), (1, 1), (2, 2) 가능

  따라서 (A, a)와 같이 대립유전자 간 조합에서 숫자가 다를 경우
  공통으로 오는 DNA 상대량은 0이다.

29.

사람의 유전 형질 (가)는 상염색체에 있는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 X염색체에 있는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. 표는 세포 Ⅰ~Ⅳ가 갖는 H, h, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ~Ⅳ 중 2개는 남자 P의, 나머지 2개는 여자 Q의 세포이다. ㉠~㉢은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
Ⅰ	㉢	0	㉠	?
Ⅱ	㉡	㉠	0	㉡
Ⅲ	?	㉢	㉠	㉡
Ⅳ	4	0	2	㉠

Ⅰ~Ⅳ 중 어떤 세포가 P의 세포인지, 어떤 세포가 Q의 세포인지 구분하시오.

Schema 19
미매칭 DNA 상대량

[해설]

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
Ⅰ	㉢	0	㉠	?
Ⅱ	㉡	㉠	0	㉡
Ⅲ	?	㉢	㉠	㉡
Ⅳ	4	0	2	㉠

Ⅲ은 ㉠, ㉡, ㉢를 모두 갖고 있으므로 G_1기 세포이다.
또한 Ⅳ는 DNA 상대량으로 4를 가지므로 HH 동형 접합이며 M_1기 세포이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
Ⅰ	㉢	0	㉠	?
Ⅱ	㉡	㉠	0	㉡
Ⅲ	?	㉢	㉠	㉡
Ⅳ	4	0	2	㉠

만약 ㉠이 2라면, 성염색체 위에 T와 t를 모두 가지므로 Ⅳ는 여자이다.
이때 Ⅲ의 핵상은 2n이고 T의 DNA 상대량으로 2를 가지므로 Ⅲ도 여자,
상염색체에서 H와 h의 DNA 상대량 합은 0이 될 수 없으므로 ㉢이 1이 되어
세포 Ⅰ도 여자가 된다. 이는 모순으로 ㉠은 0이고, Ⅳ는 남자 P의 세포로 결정된다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
Ⅰ	㉢	0	0	?
Ⅱ	㉡	0	0	㉡
Ⅲ	?	㉢	0	㉡
Ⅳ	4	0	2	0

H와 h의 DNA 상대량 합은 0이 될 수 없으므로 ㉢은 1 또는 2이다.
또한 세포 Ⅱ와 Ⅲ은 t를 갖는데, 핵상이 2n인 Ⅳ은 t를 갖지 않으므로 Ⅱ와 Ⅲ은 P의 세포가 아니다. 따라서 Ⅱ와 Ⅲ은 여자 Q의 세포이고 여자 Q의 세포이므로 성염색체 위 대립유전자 쌍의 DNA 상대량 합은 2이다. 따라서 ㉡은 2, ㉢은 1이다.

∴ Ⅰ ~ Ⅳ 중 Ⅰ과 Ⅳ가 P의 세포, Ⅱ와 Ⅲ이 Q의 세포이다.

30. [24학년도 EBS 수능특강 변형]

사람의 유전 형질 ⓐ는 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정되고, 유전 형질 ⓑ는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다. ⓐ와 ⓑ의 유전자는 서로 다른 3개의 염색체에 있다. 표는 사람 P의 G_1기 세포로부터 생식 세포가 형성되는 과정에서 나타나는 세포 Ⅰ~Ⅲ이 갖는 유전자 A, B, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 4, 2, 1, 0을 순서 없이 나타낸 것이고, Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이다.

세포	DNA 상대량			
	A	B	D	d
Ⅰ	㉠	㉡	㉡	㉠
Ⅱ	㉢	㉣	㉡	㉣
Ⅲ	㉣	㉣	㉡	㉡

P의 ⓐ와 ⓑ에 대한 유전자형은?
(단, 돌연변이는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

[해설]

세포	DNA 상대량			
	A	B	D	d
Ⅰ	㉠	㉡	㉡	㉠
Ⅱ	㉢	㉣	㉡	㉣
Ⅲ	㉣	㉣	㉡	㉡

Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이므로 1이 나타날 수 없다.
따라서 ㉡~㉣은 0, 2, 4를 순서 없이 나타낸 것이고 ㉠은 1이다.

세포	DNA 상대량			
	A	B	D	d
Ⅰ	1	㉡	㉡	1
Ⅱ	㉢	㉣	㉡	㉣
Ⅲ	㉣	㉣	㉡	㉡

D와 d를 더한 값은 0, 1, 2 중 하나이다.
이때 ㉡은 1이 될 수 없으므로 ㉡은 0이다.

세포	DNA 상대량			
	A	B	D	d
Ⅰ	1	0	0	1
Ⅱ	㉢	㉣	0	㉣
Ⅲ	㉣	㉣	0	0

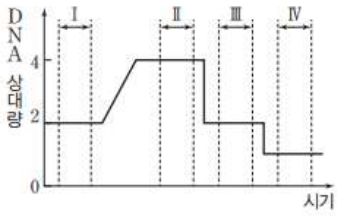
4는 중기 세포 중 핵상이 $2n$인 세포에만 올 수 있다.
따라서 ㉣은 2이다. 나머지 ㉢은 자동으로 4이다.

세포	DNA 상대량			
	A	B	D	d
Ⅰ	1	0	0	1
Ⅱ	4	2	0	2
Ⅲ	2	2	0	0

Ⅱ는 핵상이 2n인 세포이므로 Ⅱ의 유전자 구성은 유전자형 구성과 동일하다.
따라서 유전자형은 AABbdd이다.

31.

사람의 유전 형질 (가)는 서로 다른 3개의 염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 E와 e, F와 f, G와 g에 의해 결정된다. 그림은 어떤 사람의 세포 분열 과정에서 핵 1개당 DNA 상대량 변화를, 표는 이 사람의 세포 ㉠~㉣ 각각에 들어 있는 E, e, F, f, G, g의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 구간 Ⅰ~Ⅳ 중 각각 서로 다른 시기에 있는 세포를 순서 없이 나타낸 것이고, ⓐ~ⓒ는 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.



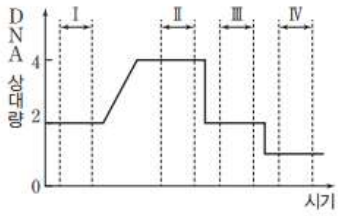
세포	DNA 상대량					
	E	e	F	f	G	g
㉠	?	ⓑ	ⓒ	ⓒ	ⓑ	?
㉡	?	ⓑ	ⓐ	?	ⓐ	?
㉢	0	?	ⓒ	ⓒ	?	ⓐ
㉣	?	?	ⓑ	?	?	ⓑ

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, E, e, F, f, G, g 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. ㉠~㉣ 중 Ⅱ와 Ⅲ에 있는 세포는 각각 중기의 세포이다.)

ㄱ. 구간 Ⅰ에서 ㉡이 관찰된다.
ㄴ. ㉣의 e의 DNA 상대량/(F의 DNA 상대량+G의 DNA 상대량)=1이다.
ㄷ. 1개의 G_1기 세포로부터 생식세포가 형성되는 과정에서 ㉠~㉣이 모두 나타난다.

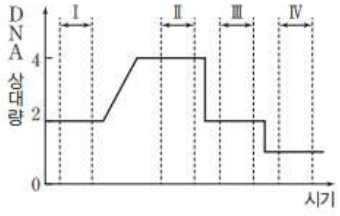
.

[해설]



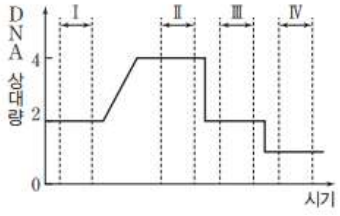
세포	DNA 상대량					
	E	e	F	f	G	g
㉠	?	ⓑ	ⓒ	ⓒ	ⓑ	?
㉡	?	ⓑ	ⓐ	?	ⓐ	?
㉢	0	?	ⓒ	ⓒ	?	ⓐ
㉣	?	?	ⓑ	?	?	ⓑ

구간 Ⅰ에는 G_1기의 세포가, 구간 Ⅱ에는 감수 1분열 중기의 세포가, 구간 Ⅲ에는 감수 2분열 중기의 세포가, 구간 Ⅳ에는 생식세포가 있다. ⓒ가 1일 경우 ㉠과 ㉢이 모두 G_1기 세포가 되고, ⓒ가 2일 경우 ㉠과 ㉢이 모두 감수 1분열 중기의 세포가 되므로 ⓒ는 0이다.



세포	DNA 상대량					
	E	e	F	f	G	g
㉠	?	ⓑ	0	0	ⓑ	?
㉡	?	ⓑ	ⓐ	?	ⓐ	?
㉢	0	?	0	0	?	ⓐ
㉣	?	?	ⓑ	?	?	ⓑ

F와 f를 모두 갖지 않는 ㉠과 ㉢은 감수 2분열 중기의 세포와 생식세포 중 하나이다. 이때 ⓐ와 ⓑ는 순서 없이 2와 1을 나타낸 것이므로 ㉡은 G_1기 세포이다. 따라서 ㉣은 감수 1분열 세포가 되고 ⓑ는 2이다. 그에 따라 ⓐ는 1로 결정된다.



세포	DNA 상대량					
	E	e	F	f	G	g
㉠	?	2	0	0	2	?
㉡	?	2	1	?	1	?
㉢	0	?	0	0	?	1
㉣	?	?	2	?	?	2

따라서 ㉡이 G_1기의 세포, ㉣이 감수 1분열 중기의 세포, ㉠이 감수 2 분열 중기의 세포, ㉢이 생식세포이다. F와 f를 모두 갖지 않는 세포 가 있으므로 이 사람은 남자이고, F와 f는 성염색체인 X 염색체와 Y 염색체 중 하나에만 있으며, E와 e, G와 g는 상염색체에 있다.

[정답]

ㄱ. 구간 Ⅰ에서 ㉡이 관찰된다. **(O)**

이 사람의 (가)의 유전자형은 $eeGgX^FY$ 또는 $eeGgXY^F$이며, G_1기 세포인 ㉡은 구간 Ⅰ에서 관찰된다.

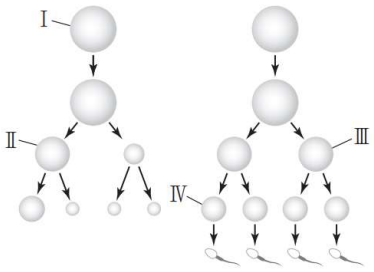
ㄴ. ㉣의 e의 DNA 상대량/(F의 DNA 상대량+G의 DNA 상대량)=1이다. **(O)**

ㄷ. 1개의 G_1기 세포로부터 생식세포가 형성되는 과정에서 ㉠~㉣이 모두 나타난다. **(X)**

㉠에는 eeGG가 있고, ㉢에는 eg가 있으므로, ㉠과 ㉢이 1개의 G_1기 세포로부터 생식세포가 형성되는 과정에서 모두 나타나려면 ㉠ 과 ㉢ 중 하나에는 F가 있고 나머지 하나에는 F가 없어야 한다. 그러나 ㉠과 ㉢ 모두 F가 없으므로 ㉠과 ㉢은 서로 다른 G_1기 세포로부터 생식세포가 형성되는 과정에서 나타나는 세포이다.

32.

사람의 유전 형질 ㉮는 서로 다른 3개의 염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다. 그림은 여자 ㉠과 남자 ㉡의 생식세포 형성 과정을, 표는 세포 (가)~(라)에서 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. Ⅰ은 G_1기, Ⅱ와 Ⅲ은 중기의 세포이고, (가)~(라)는 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다.

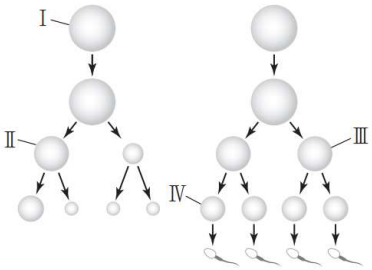


세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	ⓐ	?	?	ⓑ	1	?
㉡	2	?	ⓑ	ⓒ	ⓑ	?
㉢	?	ⓑ	?	?	?	2
㉣	?	ⓐ	ⓐ	ⓒ	ⓒ	ⓒ

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

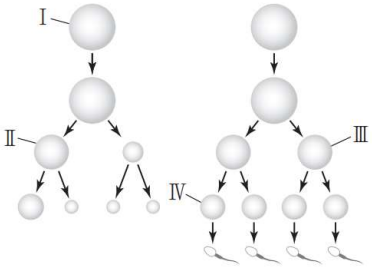
ㄱ. (나)는 Ⅲ이다.
ㄴ. Ⅰ에서 b는 X 염색체에 있다.
ㄷ. ㉡의 ㉮의 유전자형은 $AaBbX^DY$이다.

[해설]



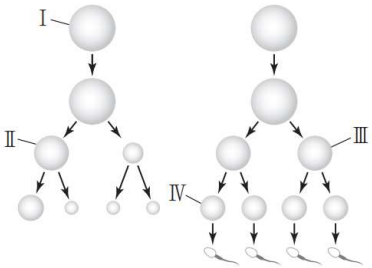
세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	ⓐ	?	?	ⓑ	1	?
㉡	2	?	ⓑ	ⓒ	ⓑ	?
㉢	?	ⓑ	ⓒ	?	?	2
㉣	?	ⓐ	ⓐ	ⓒ	ⓒ	ⓒ

ⓑ와 ⓒ는 3개 이상의 세포에 존재한다.
이때 중기 세포들에는 1이 올 수 없으므로 ⓐ는 1이다.



세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	1	?	?	ⓑ	1	?
㉡	2	?	ⓑ	ⓒ	ⓑ	?
㉢	?	ⓑ	ⓒ	?	?	2
㉣	?	1	1	ⓒ	ⓒ	ⓒ

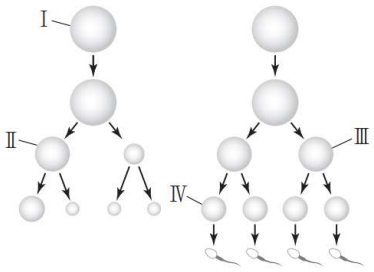
ⓒ는 ㉣의 f, G, g에 모두 있는 DNA 상대량이므로 2일 수 없다.
따라서 ⓒ는 0이고, ⓑ는 2이다.



세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	1	?	?	2	1	?
㉡	2	?	2	0	2	?
㉢	?	2	?	?	?	2
㉣	?	1	1	0	0	0

유전자의 DNA 상대량으로 2, 1을 갖는 (가)는 G_1기 세포이고, Ⅰ이다. (가)에 B는 없고 b만 2개 있으므로 B를 갖는 (나)와 (라)는 Ⅱ가 될 수 없으므로 (다)가 Ⅱ이다. 유전자의 DNA 상대량으로 1을 갖는 (라)가 Ⅳ이며, 따라서 (나)가 Ⅲ이다.

Schema 19
미매칭 DNA 상대량



세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	1	?	?	2	1	?
㉡	2	?	2	0	2	?
㉢	?	2	?	?	?	2
㉣	?	1	1	0	0	0

남자 ㉡의 생식세포가 될 (라)에 D와 d가 모두 없으므로 D와 d는 성염색체에 있고,
여자 ㉠의 세포 (가)에 D와 d가 모두 있으므로 D와 d는 X 염색체에 있다

ⓐ의 유전자는 서로 다른 3개의 염색체에 있으므로 A와 a, B와 b는 상염색체에 있다. 따라서 여자 ㉠의 ⓐ의 유전자형은 $AabbX^DX^d$이고, 남자 ㉡의 ⓐ의 유전자형은 $AaBBX^D$ Y이다.

[정답]

ㄱ. (나)는 Ⅲ이다. **(O)**

ㄴ. Ⅰ에서 b는 X 염색체에 있다. **(X)**

Ⅰ에서 b는 상염색체에 있다.

ㄷ. ㉡의 ㉮의 유전자형은 $AaBbX^DY$이다. **(X)**

㉡의 ⓐ의 유전자형은 $AaBBX^DY$이다.

DNA 상대량 추론

Schema 19

미매칭 DNA 상대량

33.

사람의 유전 형질 ⓐ는 서로 다른 염색체에 있는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t, 에 의해 결정된다. 표는 사람 Ⅰ과 Ⅱ의 세포 (가)~(마)가 갖는 유전자 H, h, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(마) 중 3개는 남자 Ⅰ의 세포이고, 나머지 2개는 여자 Ⅱ의 세포이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
(가)	㉣	?	㉡	?
(나)	㉡	㉠	㉠	㉠
(다)	㉡	㉡	㉡	㉣
(라)	?	㉠	?	㉡
(마)	㉣	㉡	㉠	?

Ⅰ의 세포와 Ⅱ의 세포를 구분하시오.

[해설]

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
(가)	㉢	?	㉡	?
(나)	㉡	㉠	㉠	㉠
(다)	㉡	㉡	㉡	㉢
(라)	?	㉠	?	㉡
(마)	㉢	㉡	㉠	?

상대량 조합이 (㉡, ㉠), (㉡, ㉡), (㉢, ㉡)이 모두 가능해야 한다.
이때 H와 h의 조합이므로 (2, 1) (4, 2) (4, 1)은 불가능하고
(나)와 (마)는 (0, 1), (0, 2), (0, 4) 중 하나여야 한다.

따라서 공통으로 오는 숫자 ㉡은 0이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
(가)	㉢	?	0	?
(나)	0	㉠	㉠	㉠
(다)	0	0	0	㉢
(라)	?	㉠	?	0
(마)	㉢	0	㉠	?

(0, 0)이 있으므로 (다)는 남성의 세포이고
(H, h)는 성염색체 위에 있으며 (다)의 핵상은 n이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
(가)	㉢	?	0	?
(나)	0	㉠	㉠	㉠
(다)	0	0	0	㉢
(라)	?	㉠	?	0
(마)	㉢	0	㉠	?

(마)는 ㉢, 0, ㉠이 모두 있으므로 핵상이 2n이다.

Schema 19
미매칭 DNA 상대량

세포	핵상	구분	DNA 상대량			
			H	h	T	t
(가)			㉣	?	0	?
(나)			0	㉠	㉠	㉠
(다)	n	남	0	0	0	㉣
(라)			?	㉠	?	0
(마)	2n		㉣	0	㉠	?

0+㉠은 2㉠보다 작으므로 H와 h는 성염색체에 있고, T와 t는 상염색체에 있다.
또한 (나)는 남자의 세포임을 알 수 있다.

세포	핵상	구분	DNA 상대량			
			H	h	T	t
(가)			㉣	?	0	?
(나)	2n	남	0	㉠	㉠	㉠
(다)	n	남	0	0	0	㉣
(라)			?	㉠	?	0
(마)	2n		㉣	0	㉠	?

(가)와 (마)는 남자 Ⅰ에게 없는 대립유전자 H가 나타난다.
따라서 H와 h는 X 염색체 위에 있고 (가)와 (마)는 개체 Ⅱ의 세포이다.

세포	핵상	구분	DNA 상대량			
			H	h	T	t
(가)		여	㉣	?	0	?
(나)	2n	남	0	㉠	㉠	㉠
(다)	n	남	0	0	0	㉣
(라)			?	㉠	?	0
(마)	2n	여	㉣	0	㉠	?

2n인 (마)에서 나타나지 않는 h가 (라)에서 나타나므로 (라)는 남자 Ⅰ의 세포이고
여자 2n 세포인 (마)에서 (H, h)=(㉣, 0)이므로 ㉣은 2이고 ㉠은 1이다.

[정답]
(가), (라), (마)는 남자 Ⅰ, (나), (다)는 여자 Ⅱ의 세포

[중요도 ★★]

1) 23학년도 수능에서 반성 복대립 가계도가 출제된 것처럼 DNA 상대량과 유전 현상(완전 우성 유전, 중간 유전, 복대립 유전, 다인자 유전)이 엮여 출제될 수 있다.

2) G_1기 세포 기준 E, F, G의 합이 2이면 상염색체 유전, E, F, G의 합이 1이면 성염색체 유전이다.

3) 사람의 체세포 핵상은 2n이므로 E, F, G 중 하나는 반드시 없다.
E, F, G 중 2개의 대립유전자를 가지고 다른 Schema들을 활용하면 된다.

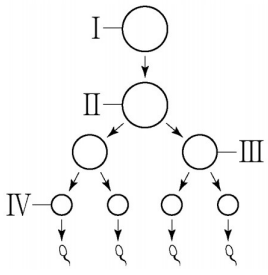
4) 다인자 유전이 출제될 경우 DNA 상대량 Schema들과 추후 공부할 다인자 유전 Schema를 적절히 활용하여 해제하도록 하자.

복대립 유전과 DNA 상대량 추론이 엮일 경우 DNA 상대량 추론이 메인이라 해당 주제에 수록하였으나

다인자 유전과 DNA 상대량 추론이 엮일 경우 다인자 유전 추론이 메인이 될 가능성이 높아 해당 문항들은 다인자 유전 파트에 수록하도록 하겠다.

34. [23학년도 수능 반영]

사람의 유전 형질 ⓐ는 대립유전자 H와 h에 의해, 사람의 유전 형질 ⓑ는 R와 r에 의해, 사람의 유전 형질 ⓒ는 E, F, G에 의해 결정된다. 그림은 어떤 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에서 h, R, r, E, F, G의 RNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다.



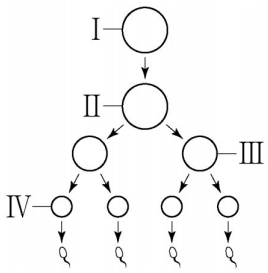
세포	DNA 상대량					
	h	R	r	E	F	G
㉠	1	1	?	1	?	?
㉡	?	0	?	?	?	?
㉢	?	?	0	?	?	1
㉣	4	?	?	?	0	?

㉠~㉣과 Ⅰ~Ⅳ를 각각 대응하시오.

DNA 상대량 추론

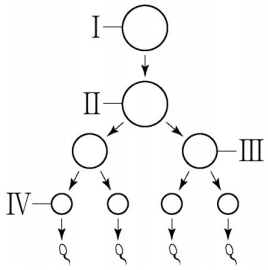
Schema 20

유전 현상



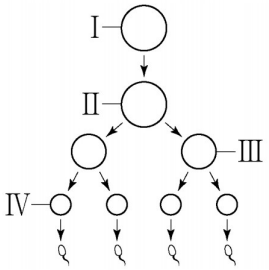
세포	DNA 상대량					
	h	R	r	E	F	G
㉠	1	1	?	1	?	?
㉡	?	0	?	?	?	?
㉢	?	?	0	?	?	1
㉣	4	?	?	?	0	?

h의 DNA 상대량이 4이므로
㉣은 II이고, hh 동형 접합이며, 남성의 세포이므로 상염색체 위에 있다.



세포	DNA 상대량					
	h	R	r	E	F	G
㉠	1	1	?	1	?	?
㉡	?	0	?	?	?	?
㉢	?	?	0	?	?	1
㉣	4	?	?	?	0	?

hh 동형 접합인데 h가 1개만 있으므로 ㉠의 핵상은 n이고
DNA 상대량 1이 나타나므로 ㉠은 IV이다.



세포	DNA 상대량					
	h	R	r	E	F	G
㉠	1	1	?	1	?	?
㉡	?	0	?	?	?	?
㉢	?	?	0	?	?	1
㉣	4	?	?	?	0	?

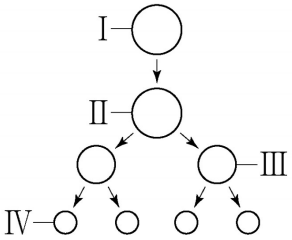
㉠은 R이 있는데 ㉡은 R이 없으므로 ㉡의 핵상은 n이다.
따라서 ㉡은 III이고 남은 ㉢은 I 이다.

㉠에는 R이 있고, ㉡에는 R이 없으므로 좌우가 대응된다.
이때 2n인 세포에 r이 없으므로 ㉡의 (R, r)=(0, 0)이다. 따라서 (R, r)은 성염색체 위에 있다.

대립유전자로 E와 G를 가지므로 이 남자의 유전자형은 hh R(?) EG이다.

35. [23학년도 수능 반영]

사람의 유전 형질 ⓐ는 대립유전자 H와 h에 의해, 사람의 유전 형질 ⓑ는 R와 r에 의해, 사람의 유전 형질 ⓒ는 E, F, G에 의해 결정된다 그림은 어떤 사람 P의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 난자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에서 h, R, r, E, F, G의 RNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다.



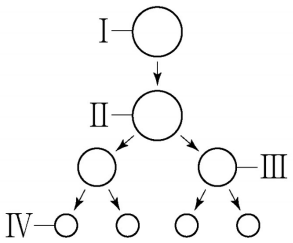
세포	DNA 상대량			
	H	r	E	G
㉠	?	?	2	?
㉡	2	0	2	?
㉢	1	?	0	?
㉣	?	1	?	1

㉠~㉣과 Ⅰ~Ⅳ를 각각 대응하시오.

DNA 상대량 추론

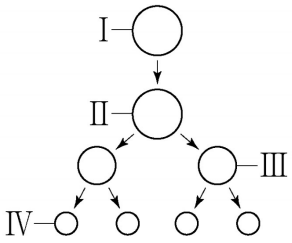
Schema 20

유전 현상



세포	DNA 상대량			
	H	r	E	G
㉠	?	?	2	?
㉡	2	0	2	?
㉢	1	?	0	?
㉣	?	1	?	1

㉢과 ㉣은 DNA 상대량 1을 가지므로 양극단 세포이다.
따라서 ㉠과 ㉡은 중기의 세포이다.



세포	DNA 상대량			
	H	r	E	G
㉠	?	?	2	?
㉡	2	0	2	?
㉢	1	?	0	?
㉣	?	1	?	1

㉡과 ㉢의 핵상은 n인 것을 알 수 있다.
따라서 ㉠과 ㉣의 핵상은 2n이다.

∴ ㉣은 Ⅰ, ㉠은 Ⅱ, ㉡은 Ⅲ, ㉢은 Ⅳ이다.

난자 형성 과정이기 때문에 상염색체에 있는지 성염색체에 있는지 구분할 수 없고
유전자형은 HhttEG임을 알 수 있다.

Schema 1 핵상 판단

1) 어떤 대립유전자에 대해 DNA 상대량 0과 0이 아닌 DNA 상대량이 동시에 나타난다면 DNA 상대량이 0인 세포는 핵상이 n이다.
2) '대립유전자 한 쌍을 모두 갖고 있는 세포의 핵상은 $2n$이다.

[핵상이 n인 세포]

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	1

[핵상이 $2n$인 세포]

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	1

Schema 2 중기 세포

1) 중기 세포 내 DNA 상대량은 모두 짝수이다.
2) '홀수'는 중기 세포에 올 수 없다라는 역명제가 많이 활용된다.
3) 각각의 DNA 상대량이 짝수이므로 DNA 상대량의 합도 반드시 짝수이다.

[중기 세포]

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	1

Schema 3 양극단 세포

1) 대립유전자 상대량이 1과 2가 동시에 나올 수 있는 세포는 G_1기 세포가 유일하다.
2) DNA 상대량 1은 중기 세포에 올 수 없고, 양극단 세포에만 올 수 있다.
3) 염색체 비분리가 일어나지 않았다면, DNA 상대량 2는 생식 세포에 올 수 없다.

[양극단 세포]

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	2
㉡ : M_1기	2n	4	Aa (×2)	2	2	4
㉢ : M_2기	n	2	AA 또는 aa	0	2	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	1

Schema 4 단독 해석

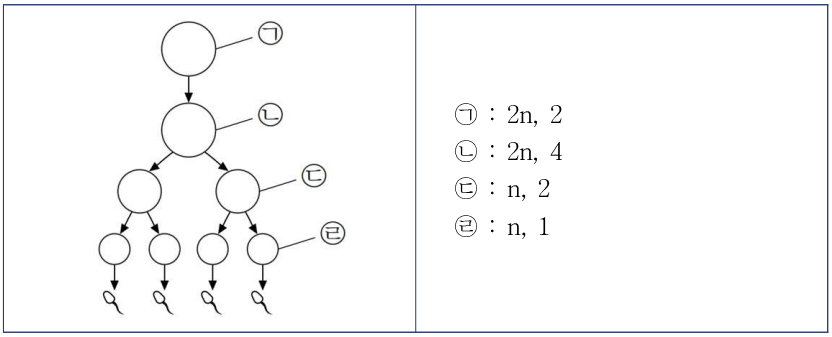
1) 어떤 유전자의 DNA 상대량으로 가능한 값들은 0, 1, 2, 4 중 하나이고 각각은 단독적으로 해석할 때 다음과 같은 의미를 갖는다.
2) DNA 상대량을 단독적으로 해석할 때 4, 1을 먼저 판단하고 2를 그 다음, 0을 마지막에 판단하도록 하자

정보 / DNA 상대량	특징
0	개체가 갖고 있지 않은 유전자이다. 서로 다른 두 개체를 구분하는 데 활용할 수 있다.
1	M_1기, M_2기가 될 수 없다. 즉, 염색 분체가 복제된 시기가 아니다.
2	생식 세포가 아니다.
3	비분리가 일어났을 때 등장할 수 있다. 동형 접합성 유전자형에 비분리가 2번 일어난 생식 세포
4	M_1기이고 동형 접합성이다. 만약 비분리가 일어났다면 G_1기 세포와 생식 세포가 될 수 없다. 또한 DNA 상대량이 4인 유전자의 대립유전자는 반드시 DNA 상대량이 0이다

Schema 5 정체성 부여

각 세포를 다음과 같이 약어로 표기할 수 있다.

.



각 세포에 핵상과 DNA 상대량을 활용한 정체성을 부여할 수 있고
핵상 판단 후 DNA 상대량을 판단하거나
DNA 상대량을 판단한 후 핵상을 판단할 수 있어 유용한 표기법으로 활용될 수 있다.

또한 상염색체 위 유전자에는 순서대로 1, 2
성염색체 위 유전자에는 V를 기입한 후, 추후에 X와 Y를 판단할 수 있다.

대체로 여자에 있는 대립유전자라 X염색체임이 판단된 후
여자에 없는 혹은 크로스되는 유전자라 Y염색체도 있음이 판단된다.

Schema 6 비교 해석

두 칸 이상의 DNA 상대량을 서로 비교하여 정보를 추출할 수 있다.

1) 같은 개체 내 한 세포에서 DNA 상대량이 0이 아닌 유전자가 다른 어떤 세포에서 DNA 상대량이 0이라면, DNA 상대량이 0인 세포는 핵상이 n이다.
(= n인 핵상 판단)

2) 대립유전자가 2종류 모두 있으면, 세포의 핵상은 $2n$이다.
(= 2n인 핵상 판단)

3) 같은 대립유전자 줄 내에서 상위 세포의 DNA 상대량이 0이면 하위 세포의 DNA 상대량은 모두 0이다.

4) 같은 대립유전자 줄 내에서 상위 세포의 DNA 상대량이 최댓값이면 하위 세포의 DNA 상대량은 모두 최댓값이다.

Schema 7 성염색체

성염색체 위 DNA 상대량에 대해 이해할 수 있다.

1) ㉠ 어떤 세포에 대립유전자쌍 DNA 상대량 합이 2와 1이 공존하면
합이 2인 대립유전자 쌍은 상염색체에 있는 대립유전자쌍
합이 1인 대립유전자 쌍은 성염색체에 있는 대립유전자쌍이며
㉠은 2n, 2인 남자의 세포이다.

또한 핵상이 2n인 세포에서 합이 1인 대립유전자 쌍은 반드시 "남자"의 세포이다.
여자의 핵상이 2n인 세포에서는 합이 4, 2, 0인 대립유전자 쌍만 나타난다.

여자의 핵상이 2n인 세포에서
G_1기 세포의 대립유전자쌍 DNA 상대량의 합은 2
M_1기 중기 세포의 대립유전자쌍 DNA 상대량의 합은 4이다.

세포 \ 대립유전자	A	a	B	b	D	d	E	e	F	f
㉠ : G_1기	1	1	2	0	1	0	0	1	1	0
㉡ : M_1기	2	2	4	0	2	0	0	2	2	0
㉢ : M_2기 - X	2	0	2	0	2	0	0	2	0	0
㉣ : M_2기 - Y	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0
㉤ : 생식 세포 - X	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
㉥ : 생식 세포 - Y	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0

2) ㉡ 어떤 세포에 대립유전자쌍 DNA 상대량 합이 4와 2가 공존하면
합이 4인 대립유전자 쌍은 상염색체에 있는 대립유전자쌍
합이 2인 대립유전자 쌍은 성염색체에 있는 대립유전자쌍이며
㉡은 2n, 4인 남자의 세포이다.

세포 \ 대립유전자	A	a	B	b	D	d	E	e	F	f
㉠ : G_1기	1	1	2	0	1	0	0	1	1	0
㉡ : M_1기	2	2	4	0	2	0	0	2	2	0
㉢ : M_2기 - X	2	0	2	0	2	0	0	2	0	0
㉣ : M_2기 - Y	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0
㉤ : 생식 세포 - X	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
㉥ : 생식 세포 - Y	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0

3) DNA 상대량이 (0, 0)이면 해당 대립유전자 쌍은 ㉮ 성염색체 위에 있다.
이때 해당 대립유전자가 여자의 세포에 있음이 입증되면 ㉮는 X 염색체이다.

대립유전자 / 세포	A	a	B	b	D	d	E	e	F	f
㉠ : G_1기	1	1	2	0	1	0	0	1	1	0
㉡ : M_1기	2	2	4	0	2	0	0	2	2	0
㉢ : M_2기 - X	2	0	2	0	2	0	0	2	0	0
㉢ : M_2기 - Y	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0
㉣ : 생식 세포 - X	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
㉣ : 생식 세포 - Y	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0

남자의 대립유전자 쌍 내 DNA 상대량이 (0, 0)이면
성염색체(X 또는 Y)에 있는 대립유전자쌍이다.

또한 어떤 세포에서 (0, 0)이 X염색체에 있는 대립유전자 쌍의 DNA 상대량이라면
상동 염색체의 분리가 일어난 후 대립유전자 쌍에서 (0, 0)이 나타나므로
핵상은 반드시 n이고 남성의 세포이다.

여자의 대립유전자 쌍 내 DNA 상대량이 (0, 0)이면
해당 대립유전자 쌍은 남자의 대립유전자 쌍이고 Y염색체에 있는 대립유전자쌍이다.
이때 핵상 및 상태는 알 수 없으며 모든 세포가 (0, 0)이기 때문에 아직 출제된 적이 없다.

4) 성염색체에 있는 대립유전자 쌍 내 DNA 상대량이 (1, 1)이면
해당 대립유전자 쌍은 X염색체 위에 있고,
개체의 성별은 여성이며 세포는 G_1기 세포(2n, 2)이다.

이는 Y염색체 위 대립유전자 쌍에서는 (1, 1)의 DNA 상대량 조합이 나올 수 없기 때문이다.

대립유전자 / 세포	A	a	B	b	D	d	E	e	F	f
㉠ : G_1기	1	1	2	0	1	1	2	0	0	0
㉡ : M_1기	2	2	4	0	2	2	4	0	0	0
㉢ : M_2기	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0
㉣ : 생식 세포	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0

5) 두 유전자가 성염색체 위에 있다면

X염색체 위에 두 유전자가 연관되어 있는 경우가 가장 보편적으로 출제되어 왔지만

전수로는 다음과 같이 3가지 Case로 출제가 가능하다.

- X염색체에 2쌍의 유전자가 함께 있는 경우
- Y염색체에 2쌍의 유전자가 함께 있는 경우
- X염색체에 1쌍의 유전자가 있고, Y염색체에 1쌍의 유전자가 있는 경우

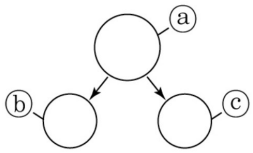
그에 따라 2쌍 이상의 특정 대립유전자 쌍이 성염색체 위(v)에 있음이 결정되면 3가지 경우 중 어떤 경우인지 결정해야 하며 3번째 Case는 남자의 두 종류 핵상이 n인 세포에 존재하는 유전자로 판단할 수 있다.

즉, 귀납적으로 표를 그릴 때 서로 다른 세포(다른 줄)에 있으면 X염색체와 Y염색체에 유전자가 함께 있다.

대립유전자 / 세포	A	a	B	b	D	d	E	e	F	f
㉠ : G_1기	1	1	2	0	1	0	0	1	1	0
㉡ : M_1기	2	2	4	0	2	0	0	2	2	0
㉢ : M_2기 - X	2	0	2	0	2	0	0	2	0	0
㉢ : M_2기 - Y	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0
㉣ : 생식 세포 - X	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
㉣ : 생식 세포 - Y	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0

Schema 8 포함 관계

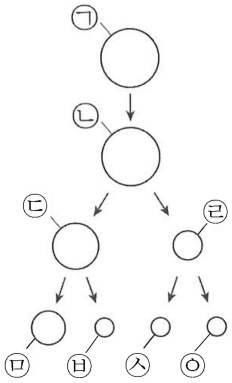
1) 돌연변이를 고려하지 않을 때 하위 두 세포의 대립유전자 구성의 합은 상위 세포의 대립유전자 구성과 동일하다



2) 상위 세포가 유전자를 갖지 않으면 하위 세포도 유전자를 갖지 않고 하위 세포가 유전자를 가지면 상위 세포도 유전자를 갖는다.

3) 돌연변이를 고려하지 않을 때 하위 두 세포의 대립유전자 구성의 합은 상위 세포의 대립유전자 구성과 동일하다.

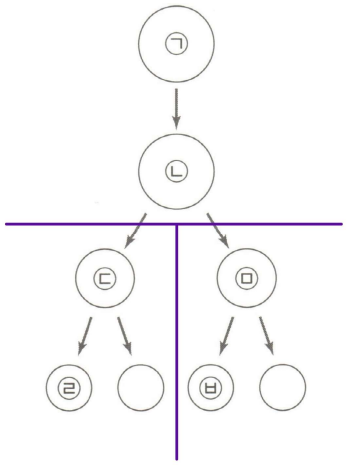
이를 정리하면 다음과 같다.

㉠ : 1행 = 개체의 유전자형이 드러남	
㉡ : 2행 = ㉠의 DNA 상대량 × 2 = 3행 세포들의 대립유전자 구성의 합 = 4행 세포들의 대립유전자 구성의 합	
㉢, ㉣ : 3행 ㉡ = ㉢ + ㉣	
㉮, ㉯, ㉰, ㉱ : 4행 ㉡ = ㉮ + ㉯ + ㉰ + ㉱ ㉢ = ㉮ + ㉯ ㉣ = ㉰ + ㉱	

즉, 상위 세포가 유전자를 갖지 않으면 하위 세포도 유전자를 갖지 않고
상위 세포가 최댓값을 가지면 하위 세포도 최댓값을 갖고
하위 세포가 유전자를 가지면 상위 세포도 유전자를 갖는다.

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	0	1

4) 포함 관계를 따질 때 영역은 다음과 같이 크게 3가지 영역으로 나눌 수 있다.



이때 모든 영역에서 상위 세포와 하위 세포의 관계는
유전자 유무는 동일하고(유전자형은 동일하고) DNA 상대량은 2배 차이난다.

여기에 서로 다른 하위 영역 (왼쪽 하단 영역과 오른쪽 하단 영역)에서
동일한 대립유전자를 갖는 경우 개체의 유전자형이 동형 접합성으로 나타난다.

(동형 접합의 경우 두 영역에 모두 같은 대립유전자가 전달된다.)

Schema 9 배반 관계

1) 왼쪽에 있는 생식 세포와 오른쪽에 있는 생식 세포는 서로 여사건의 관계이다.
즉, 왼쪽과 오른쪽의 합은 2n인 상위 세포의 유전자 조합이다.

2) 한 세포 분열에서 나타날 수 있는 세포 구성은 AB와 ab 또는 Ab와 aB와 같이 배반 관계를 지켜서 나타난다. 이는 한 개체의 세포 내에서 "연관"된 것과 같은 움직임을 나타낸다.

3) 상동 염색체가 분리될 때
이형 접합인 경우 두 영역의 대립유전자 구성이 다르게 나타난다.
즉, 이형 접합의 경우 n, 2 세포 칸에서 크로스된 움직임을 나타낸다.

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2

즉, 이형 접합의 경우 n, 2 세포 칸에서 크로스된 움직임을 나타낸다.

왼쪽에 있는 생식 세포와 오른쪽 생식 세포에 있는 유전자의 합은 ㉠과 같고
왼쪽에 있는 생식 세포와 오른쪽에 있는 생식 세포는 서로 여사건의 관계이다.

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기 (좌)	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기 (우)	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉤ : 생식 세포 (좌)	n	1	A 또는 a	0	1	0	1
㉥ : 생식 세포 (우)	n	1	a 또는 A	1	0	0	1

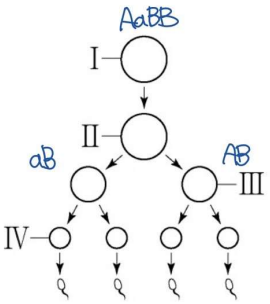
또한 왼쪽에 있는 n, 2 세포와 오른쪽에 있는 n, 2 세포의 유전자 합은 2n, 4 세포이며,
왼쪽에 있는 n, 2 세포와 오른쪽에 있는 n, 2 세포는 서로 여사건의 관계이다.

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기 (좌)	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M_2 중기 (우)	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉤ : 생식 세포 (좌)	n	1	A 또는 a	0	1	0	1
㉥ : 생식 세포 (우)	n	1	a 또는 A	1	0	0	1

Schema 10 좌우 대응

1) 세포 그림 좌우에 다음과 같이 존재하는 유전자를 적어주면 관계 판단에 유리하다. 이때 포함 관계와 배반 관계, Schema들을 적절히 활용하도록 하자.

[예시 - 23학년도 수능]



세포	정체성	유전자 유무			DNA 상대량	
		㉠	㉡	㉢	a	B
(가)	n, 2	×	×	○	?	2
(나)	2n, 4	○	?	○	2	?
(다)	n, 1	?	?	×	1	1
(라)	2n, 2	○	?	?	1	?

좌에 aB
우에 AB
상에 AaBB

셋 중 둘을 알면 나머지가 결정된다.

Schema 11 좌우 대응

1) 서로 다른 두 개체를 구분할 때, AA는 A^*을 갖지 않는다는 논리로 구분시키는 자료가 자주 출제된다. 이때 단독 해석과 비교 해석, 성상 판단 등에 여러 Schema가 종합적으로 사용된다.

즉, G_1기 세포(2n)와 특정 DNA 상대량이 0인 세포 간 비교가 주로 활용된다..

2) 성염색체 조합이 다름이 규명되면 서로 다른 개체이다.

3) 귀납적으로 표를 그려가며 풀 때는 개체 수만큼의 표를 그려 풀어야 한다.

Schema 12 연관 추론

1) 두 사람의 세포가 등장했을 때 비교 해석을 통한 핵상 판단이 불가했던 것처럼 정자, 난자, 수정란의 세 사람 이상의 세포가 등장하므로 함부로 핵상을 판단할 수 없다.

2) 정자의 유전자 구성과 난자의 유전자 구성이 합쳐져 수정란의 유전자형이 되는 유전의 원리를 적절히 활용하여 주어진 조건을 해석하도록 하자. 구성원 중 자식은 아버지의 유전자와 어머니의 유전자를 각각 절반씩 받아 태어난다.

3) 정자, 난자, 수정란 중 2개의 정보를 알면 나머지 하나의 정보를 알 수 있다. 이때 연역적으로 풀어가든 귀납적으로 풀어가든, 정자 난자 수정란에 대한 표를 새로 그리면 유용한 경우가 많다.

4) "발문"에 정자라는 표현이 사용되면 모세포와 그 세포는 아버지의 세포, 난자라는 표현이 사용되면 모세포와 그 세포는 어머니의 세포이다.

5) 4개의 줄 중 3개의 줄에 DNA 상대량 1이 나타나면 감수 분열 과정에서 양극단 세포와 수정란의 세포이고, 나머지 하나가 감수 분열 과정에서 나타나는 중기 세포로 결정되는 논리가 사용되곤 한다.

6) 염색체 그림 추론과 연관되는 경우에는 좌하단에 정체성, 우하단에 성염색체 조합을 기입한 후 DNA 상대량 표와 그림을 비교 해석하도록 하자.

이때 복제된 세포 그림(중기 세포)에는 1이 올 수 없고
복제되지 않은 세포 그림(양극단 세포)에만 1이 올 수 있다.

7) ㉮ 수정란에 없는 대립유전자는 생식 세포(난자 또는 정자)에도 없고, 생식 세포의 상위 세포에도 ㉮가 없다.

8) 유전자형이 결정되어 있는 문항의 경우 유전자형으로부터 쭉 상대량을 예측한 후 표와 비교하는 게 더 빠를 수도 있다

9) 2n, 2 세포가 2n, 4 세포로 갈 때 유전적 구성은 변하지 않고, DNA 상대량만 2배가 되며 n, 2 세포가 n, 1 세포로 갈 때 유전적 구성은 변하지 않고, DNA 상대량만 반감된다.

즉, 생식 세포 형성 과정에서 쭉 분열되는 과정이라면
(예 - (가)에서 (나)가 형성되고, (나)에서 (다)가 형성되고, (다)에서 (라)가 형성되는)

n, 2와 n, 1의 DNA 상대량이 일렬로 나타나므로 2n이 n이 되는 감수 1분열 과정에서 경우의 수만 판단해주면 된다.

쭉 분열되는 과정과 난자(정자) 형성 과정이라고 주어지는 경우를 구분해서 해제하도록 하자.

10) 특정 태어난 개체의 체세포는 수정란 취급해서 풀어주면 된다.

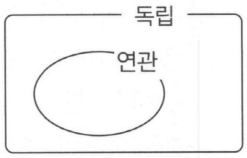
Schema 13 가족 구성원의 세포

1) 수정란과 동일하게 자식의 세포를 활용하여 DNA 상대량을 구성하는 문제가 출제될 수 있다. 이때 자식의 체세포는 수정란의 유전적 구성과 정확하게 동일하다.

즉, 수정 과정에 있는 내용을 동일하게 가져와서 풀면 되며
핵심은 연역적으로 푼다면 같은 개체끼리의 비교 해석
귀납적으로 푼다면 개체 별 표의 작성이다.

Schema 14 가족 구성원의 세포

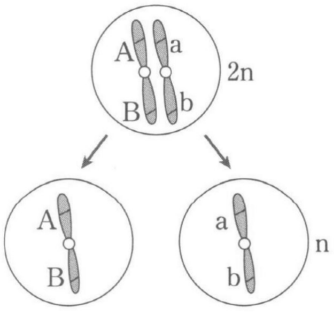
1) 연관 상태에서 서로 다른 대립유전자 쌍의 대립유전자를 제시하여 핵상을 판단시키기도 한다. 이때는 대립유전자 한 쌍이 아닌 여러 쌍의 대립유전자를 활용하여 염색체와 오른쪽 염색체가 모두 있으면 핵상이 2n, 왼쪽 염색체와 오른쪽 염색체 중 하나만 있으면 핵상이 n이라고 판단하도록 하자.



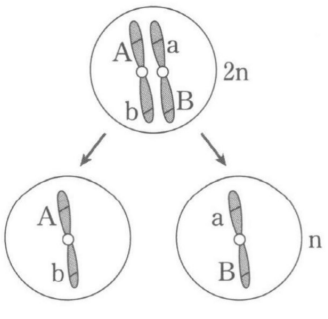
예를 들어 유전자형이 AaBb인 개체의 어떤 세포 P가 있을 때
두 유전자가 독립이라면 개체 내에서 AB, Ab, aB, ab인 세포들이 모두 등장할 수 있지만

두 유전자가 상인 연관되어 있다면 개체 내에서 AB, ab인 세포만
두 유전자가 상반 연관되어 있다면 개체 내에서 Ab, aB인 세포들만 등장할 수 있다.

두 유전자가 연관되어 있을 때
핵상이 2n인 세포로는 연관 상태를 알 수 없고
핵상이 n인 세포의 유전자 구성을 통해 연관 상태를 파악할 수 있다.



상인 연관



상반 연관

이때 두 유전자가 모두 X염색체 위에 있음을 조건 내에서 판단시켜
연관임을 간접적으로 제시하기도 한다

Schema 15 미매칭 대립유전자

유전자의 DNA 상대량은 주어져 있으나 대립유전자의 정체성이 결정되어 있지 않은 문제가 출제될 수 있다.

[대립유전자 대응]

1) 대립유전자에 순서대로 1, 2, 3...을 대응한다.
이때 같은 대립유전자 쌍이면 동일한 상수를 부여하고
쌍을 이루지 않는 대립유전자이면 서로 다른 상수를 부여한다.

[핵상 판단]

1) DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 많고 DNA 상대량 1이 있는 세포는 2n, 2
DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 많고 DNA 상대량 1이 없는 세포는 2n, 4이다.

2) DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 적고 DNA 상대량 1이 있는 세포는 n, 1
DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 적고 DNA 상대량 1이 없는 세포는 n, 2이다.

3) DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반이면 모두 동형 접합인 2n 세포이거나
n 세포이므로 추가적인 해석이 가능하다.

[단독 해석]

1) DNA 상대량이 1이 있는 세포는 양극단 세포이고
DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반이 아니고
DNA 상대량이 1이 없는 세포는 중기 세포이다.

2) DNA 상대량이 4가 있는 세포는 2n, 4이다.

[비교 해석]

1) 같은 사람의 세포라는 전제 하에
㉮ DNA 상대량이 0인 세포와 0이 아닌 세포가 공존하면 0인 세포는 핵상이 n이다.
이때 ㉮에 DNA 상대량 1이 있으면 n, 1이고 ㉮에 DNA 상대량이 2가 있으면 n, 2이다.

2) 같은 대립유전자 쌍에서 DNA 상대량 합은 3 또는 6일 수 없다
즉, .2n, 2 세포에서 DNA 상대량이 2인 유전자와 1인 유전자는 서로 대립유전자가 아니고
2n, 4 세포에서 DNA 상대량이 4인 유전자와 2인 유전자는 서로 대립유전자가 아니다.

3) 핵상이 n인 세포에서 같은 대립유전자 쌍의 DNA 상대량 합은 2 또는 4일 수 없다
즉, n, 1 세포에서 DNA 상대량이 1인 유전자와 1인 유전자는 서로 대립유전자가 아니고
n, 2 세포에서 DNA 상대량이 2인 유전자와 2인 유전자는 서로 대립유전자가 아니다.

Schema 15 미매칭 대립유전자

유전자의 DNA 상대량은 주어져 있으나 대립유전자의 정체성이 결정되어 있지 않은 문제가 출제될 수 있다.

[성별 판단]

1) ㉠ DNA 상대량이 자연수인 유전자가 절반보다 적은 세포는 남성의 세포이고 ㉠는 상염색체 위에 있다.

2) 2n, 2인 세포에서 X염색체 위 대립유전자 쌍 DNA 상대량 합이 2인 세포와 2n, 4인 세포에서 X염색체 위 대립유전자 쌍 DNA 상대량 합이 4인 세포는 여성의 세포이다.

3) 여성의 대립유전자 쌍이 (0, 0)이면 Y염색체 위 대립유전자이고 남성의 대립유전자 쌍이 (0, 0)이면 X염색체 또는 Y염색체 위 대립유전자이다.

[포함 관계]

1) 같은 사람의 세포에서 하위 세포에서 자연수인 유전자는 상위 세포에서도 자연수이고 상위 세포에서 DNA 상대량이 0인 유전자는 하위 세포에서도 DNA 상대량이 0이다.

2) n, 1 세포에서 상염색체 또는 여성의 X염색체 위 대립유전자 쌍은 (1, 0)으로 n, 2 세포에서 상염색체 또는 여성의 X염색체 위 대립유전자 쌍은 (2, 0)으로 나타난다.

Schema 16 DNA 상대량의 합

DNA 상대량의 합을 제시한 문항에서 성립하는 명제들은 다음이 있다.

1) ㉡과 ㉢을 구성하는 DNA 상대량 값은 0, 2, 4 중 하나이다.
따라서 M_1 중기 세포나 M_2 중기 세포의 DNA 상대량 합은 항상 짝수이다.

2) ㉡이나 ㉢의 DNA 상대량 합은 항상 짝수이고
㉠이나 ㉣에서 DNA 상대량 합으로 홀수가 가능하므로
DNA 상대량의 합이 홀수이면 G_1기 세포 또는 생식 세포이다.

이때 두 대립유전자의 DNA 상대량 합이 3이라면
2+1의 꼴이므로 G_1기 세포임을 알 수 있다.

3) 상위 하위 관계에 있는 세포에 한해
2 × (㉠에서 DNA 상대량 합) = ㉡에서 DNA 상대량 합
2 × (㉣에서 DNA 상대량 합) = ㉢에서 DNA 상대량 합

이 성립한다

4) ㉡이 ㉢과 ㉤이 될 때 ㉡, ㉢, ㉤ 모두 짝수이므로
㉡에서 DNA 상대량의 합 = ㉢에서 DNA 상대량의 합 + ㉤에서 DNA 상대량의 합이고 세 가지 항 모두 짝수이다.

5) 상위 한 세포와 하위 두 세포에 한해 포함관계가 성립한다.
즉, ㉡의 DNA 상대량 합 = ㉢의 DNA 상대량 합 + ㉤의 DNA 상대량 합 이고
(M_1=왼쪽 M_2+오른쪽 M_2)

㉢의 DNA 상대량 합 = ㉣의 DNA 상대량 합 + ㉦의 DNA 상대량 합 이다.
(M_2= 같은 구역 생식 세포 DNA 상대량의 합)

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉤ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	0	1

Schema 16 DNA 상대량의 합

DNA 상대량의 합을 제시한 문항에서 성립하는 명제들은 다음이 있다.

6) M_1기 중기의 세포 DNA 상대량 합은 2 × (㉠에서 DNA 상대량 합) = ㉡에서 DNA 상대량 합이 성립하고 모든 세포에서 나타나는 DNA 상대량 합 중 가장 크다.

7) 좌우 생식세포의 DNA 상대량 합은 ㉠의 DNA 상대량 합과 같다.
⇒ ㉣에서 DNA 상대량 합 + ㉤에서 DNA 상대량 합 = ㉠에서 DNA 상대량 합
⇒ G_1기 세포의 DNA 상대량 합은 서로 다른 영역에 있는 생식 세포의 DNA 상대량 합과 같다.

특징 / 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G_1기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M_1 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M_2 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉢ : M_2 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉣ : 생식 세포 (좌)	n	1	A 또는 a	0	1	0	1
㉤ : 생식 세포 (우)	n	1	a 또는 A	1	0	0	1

8) 합으로 제시한 유전자 개수를 N이라 했을 때 각각의 세포는 다음 관계를 갖는다.
즉, 2N보다 큰 숫자가 나온다면 세포는 ㉡으로 대응된다.

특징 / 세포	제시한 유전자 개수(N)에 따른 관계	핵 1개당 DNA 상대량
㉠ : G_1기	2N과 같거나 작다.	2
㉡ : M_1 중기	4N과 같거나 작다.	4
㉢ : M_2 중기	2N과 같거나 작다	2
㉣ : 생식 세포	N과 같거나 작다.	1

즉, 2N보다 큰 숫자가 나온다면 세포는 ㉡으로 대응된다.

9) 유전자의 합의 양상에 따라 2n인 세포의 복제 양상과 동형 접합 여부를 알 수 있다.

특징 / 유전자의 합	제시한 유전자 개수(N)에 따른 관계	핵 1개당 DNA 상대량
4N	M_1기, 모든 유전자 동형 접합	4
4N-2	M_1기, 일부 유전자 동형 접합	4
2N-1	G1기, 일부 유전자 동형 접합	2

Schema 17 미매칭 대립유전자의 합

DNA 상대량의 합을 제시한 문항에서 성립하는 명제들은 다음이 있다.

원 문자의 합의 합으로 주어지는 경우 ㉠과 ㉡에 대한 정보도 대응되지 않았기 때문에 특수한 상대량 값의 중요성이 더욱 두드러진다. 6, 0과 같은 특수한 수치부터 단독 해석, 비교 해석하도록 하자.

결정된 대립유전자의 DNA 상대량의 합을 질문하기도 하지만
원 문자 대립유전자의 DNA 상대량의 합을 질문하기도 한다.

이 역시 유전자의 합의 양상에 따라
2n인 세포의 복제 양상과 동형 접합 여부를 알 수 있다.

합으로 제시한 유전자 개수를 N이라 했을 때 각각의 세포는 다음 관계를 갖는다.

특징 / 유전자의 합(ⓐ+ⓑ)	제시한 유전자 개수(N)에 따른 관계	핵 1개당 DNA 상대량
4N	M_1기, 모든 유전자 동형 접합	4
4N-2	M_1기, 일부 유전자 동형 접합	4
2N-1	G_1기, 일부 유전자 동형 접합	2

1) ⓐ+ⓑ와 ⓑ+ⓒ 값이 모두 3인 세포
유전자형이 ⓐⓒⓑⓑ이고 ⓐ와 ⓒ는 서로 대립유전자이다.

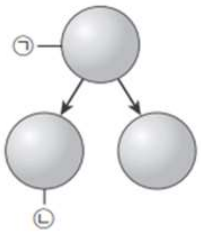
2) ⓐ+ⓑ와 ⓑ+ⓒ 값이 모두 6인 세포
유전자형이 ⓐⓒⓑⓑ이고 ⓐ와 ⓒ는 서로 대립유전자이다.

3) ⓐ+ⓑ 값이 2인 생식 세포
ⓐ와 ⓑ를 모두 갖고 ⓐ와 ⓑ는 서로 대립유전자가 아니다.

4) ⓐ+ⓑ 값이 4인 M_2기 중기 세포
ⓐ와 ⓑ를 모두 갖고 ⓐ와 ⓑ는 서로 대립유전자가 아니다.

Schema 18 분열 과정의 일부

분열 과정의 일부를 제시한 후, 어떤 분열 과정인지 추론시킬 수 있다.
이때 경우의 수는 3가지로 나뉜다.



1) 체세포 분열 과정인 경우

㉠과 ㉡의 핵상은 모두 $2n$이다.
이때 ㉠이 DNA가 복제되지 않은 상태인지. 복제된 상태인지는 발문이나 조건을 통해 알아내야 하며 ㉡은 염색 분체가 분리되어 형성된 세포이다.

2) 감수 1분열 과정 일부인 경우

㉠의 핵상은 $2n$이고, ㉡의 핵상은 n이다.
이때 ㉠과 ㉡은 모두 DNA가 복제된 중기 세포이므로 DNA 상대량이 짝수 또는 0으로 나타나야 하며, ㉠을 통해 개체의 유전자형을 알 수 있다.

3) 감수 2분열 과정 일부인 경우

㉠과 ㉡의 핵상은 모두 n이다.
이때 ㉠은 DNA가 복제된 중기 세포이므로 DNA 상대량이 짝수 또는 0이고
㉡은 생식 세포이므로 DNA 상대량이 홀수일 수 있다.

따라서 감수 분열의 일부인데 ㉡에 홀수가 나타난다면
해당 분열 과정은 감수 2분열 과정의 일부이다.

Schema 19 미매칭 DNA 상대량

1) 원 문자로 표시된 상대량의 경우 22학년도 9평, 수능에 빈출된 바 있어 언제든 고난도로 재출제될 수 있는 요소이다.

2) "순서 없이" 조건을 존재 여부 조건으로 바꿔서 해석할 수 있고, 같은 줄 내 특정 원문자가 몇 개 있는지도 시작점으로 자주 등장한다.

3) 같은 대립유전자 쌍의 합은 3이 될 수 없다.

4) 원 문자 4개 중 3개가 동시에 나타나는 열의 세포 핵상은 2n이고
(0, 1, 2) ㉠~㉣이 동시에 나타나는 행의 세포는 2n, 2이다.

5) 돌연변이를 고려하지 않는다면
중기의 세포에서는 1이 나타날 수 없고
생식 세포에서는 2가 나타날 수 없다.

6) 4는 중기 세포 중 핵상이 $2n$인 세포에만 올 수 있다.
즉, 하나의 행에서만 나타날 수 있는 DNA 상대량이다.

7) DNA 상대량으로 가능한 4종류 중 3종류가 동시에 나타나는 열의 세포 핵상은 2n이고
(0, 1, 2)가 동시에 나타나는 행의 세포는 2n, 2
(0, 2, 4)가 동시에 나타나는 행의 세포는 2n. 4이다.

8) 3종류가 등장할 수 있는 경우의 수는 (0, 1, 2), (0, 2, 4)가 유일하다.

9) DNA 상대량으로 가능한 4종류 중 2종류가 동시에 나타나는 열의 조합은 다음이 가능하다.
(0, 1) : 2n, 2 또는 n, 1
(0, 2) : n, 1이 아님
(0, 4) : 2n, 4
(1, 2) : 2n, 2
(1, 4) : 불가능
(2, 4) : 2n, 4

10) (A, a)와 같이 대립유전자 간 조합에서 나타날 수 있는 숫자 조합은 다음과 같다.
(0, 1) : 성염색체 위
(0, 2) : 정보 모호
(0, 4) : 동형 접합 있음, M_1기 세포
(0, 0), (1, 1), (2, 2) 가능

따라서 (A, a)와 같이 대립유전자 간 조합에서 숫자가 다를 경우
공통으로 오는 DNA 상대량은 0이다.

Schema 20 유전 현상

1) 23학년도 수능에서 반성 복대립 가계도가 출제된 것처럼 DNA 상대량과 유전 현상(완전 우성 유전, 중간 유전, 복대립 유전, 다인자 유전)이 엮여 출제될 수 있다.

2) G_1기 세포 기준 E, F, G의 합이 2이면 상염색체 유전, E, F, G의 합이 1이면 성염색체 유전이다.

3) 사람의 체세포 핵상은 2n이므로 E, F, G 중 하나는 반드시 없다.
E, F, G 중 2개의 대립유전자를 가지고 다른 Schema들을 활용하면 된다.

4) 다인자 유전이 출제될 경우 DNA 상대량 Schema들과 추후 공부할 다인자 유전 Schema를 적절히 활용하여 해제하도록 하자.

복대립 유전과 DNA 상대량 추론이 엮일 경우 DNA 상대량 추론이 메인이라 해당 주제에 수록하였으나

다인자 유전과 DNA 상대량 추론이 엮일 경우 다인자 유전 추론이 메인이 될 가능성이 높아 해당 문항들은 다인자 유전 파트에 수록하도록 하겠다.