

기·출·의·파·급·효·과
생명과학 I (하) STANDARD

THEME 02. 감수 분열

IDEA.

이번 THEME는 생명과학1의 대표적인 준킬러 유형인 감수 분열이다.
여기서부터가 본격적인 '유전 파트'의 시작이라고 할 수 있다.

이번 유형은 준킬러 유형 중에서도 특히 힘들어하는 학습자들이 많은데, 그 이유는 **문항 구성이 정말 다양하고 쓰이는 논리가 상당히 뽀뽀하기 때문이다.** THEME 안에서도 나눌 수 있는 유형이 많은 데다가 **정제된 논리로 깔끔하게 풀어내는 것과 적당히 끼워맞추며 푸는 풀이 간의 차이가 굉장히 두드러진다.**

특히 문항 구성 별로 '어떻게 접근할 것인가', '어떤 논리로 풀어낼 것인가'에 대한 고민이 분명히 필요하다.
METHOD와 평가원 기출 문항들을 통해 이를 연습하고, 명확한 사고 순서와 Tool을 갖추자.

comment

Q. 유전 파트는 스킬이 중요하다고 들었어요. METHOD가 원래 풀던 방법과 충돌하면 어찌죠?

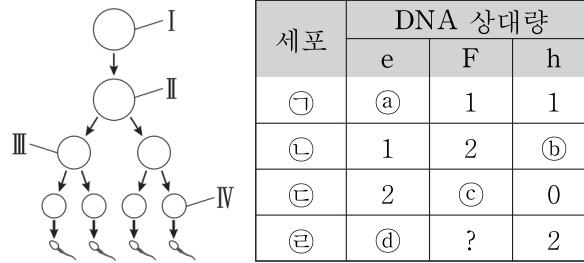
A. 생명과학1에서 강사 혹은 교재 간의 방법론적인 차이가 학습자들의 우려 사항 중 하나임을 잘 알고 있습니다. **METHOD가 지향하는 방향성은 특정 방법론과의 충돌에 있지 않습니다.** 원래 풀던 방법이 존재하거나 특정 강사의 풀이법을 따라가고자 하는 학습자도 분명히 **논리 점검/강화의 도구**로 METHOD를 사용할 수 있습니다.

METHOD는 기본적으로 기출 문항의 구성과 흐름을 분석하여 제작됩니다. 그리고 그 초점은 **기출 문항에 가장 적합한 Compact한 "명제, 표기법, 사고 순서"**에 있습니다. 확고한 풀이법과 방법론을 갖춘 학습자도 METHOD와 비교해보며 어떤 사고가 더 평가원의 논리에 적합한지 점검해보시기를 바랍니다. METHOD에서 얻어갈 부분이 있다면 명제든, 표기법이든, 사고 순서든 선택적으로 필요한 부분을 사용하셨으면 좋겠습니다.

◆ METHOD #0. 【감수 분열】 유형의 문항 구성

감수 분열 유형의 문항 구성

그림은 유전자형이 EeFFHh인 어떤 동물에서 G₁기의 세포 I로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉤의 세포 1개당 유전자 e, F, h의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉤은 I~IV를 순서 없이 나타낸 것이고, E는 e와 대립유전자이며, H와 h와 대립유전자이다.



감수 분열 유형은 문항 구성의 variation이 상당히 다양한데, 가장 기본적인 구성은 다음과 같다.

- (1) 어떤 개체의 세포가 3~4개 제시됨
- (2) 2~3개의 대립유전자 쌍이 제시됨
- (3) 표 or 막대 그래프가 제시됨

→ 세포, 개체, 유전자에 대해 분석

평가원에서는 기본적인 문항 구성에서 variation을 주어 출제한다.

문항 구성의 variation에 따라 성립하는 명제와 추론 방법이 달라진다. 구체적으로 분석해보자.

〈 문항 구성의 Variation 〉

- (1) 어떤 개체의 세포가 3~4개 제시됨 → 한 감수 분열 과정에서 나타나는 세포 OR 특정 생식세포 형성과정과 무관한 무작위 세포가 제시됨
- (2) 2~3개의 대립유전자 쌍이 제시됨 → 대립유전자(알파벳)을 기호(ⓐ)로 숨길 수 있음
- (3) 표 or 막대 그래프가 제시됨 → DNA 상대량(숫자) or 유전자의 유무(O,X)로 제시됨

→ 세포, 개체, 유전자에 대해 분석

comment

Tip) 감수 분열이 유독 더 어려운 학습자에게.

항상 강조하지만, 추론형 문항에서 적당히 끼워맞추거나 찍는 풀이는 가장 지양해야 할 풀이입니다. 비록 실전에서는 찍어서라도 맞으면 그만이지만, 연습할 때는 정확하게 풀고 논리를 타이트하게 가져가는 연습을 해야 합니다.

감수 분열 문제를 빠르고 정확하게 풀기 위해서는 크게 두 가지 전제가 필요합니다.

(1) 기본적인 명제의 숙지 (2) 상황마다 사용할 명제의 판단

감수 분열에서는 기본적으로 사용할 수 있는 명제의 종류가 굉장히 많습니다. 문제를 정말 잘 푸는 학습자들은 정확한 명제를 머릿속에 온전히 가지고 있으며, 상황별로 어떤 명제를 써야 할지를 자연스럽게 알고 있습니다.

이를 위해서 가장 먼저 필요한 것은 기본적인 명제를 완벽하게 숙지하는 것입니다. 역이 성립하지 않는 명제가 많기 때문에 대략적으로만 알고 있어서는 안 되며, 정확한 명제를 완벽하게 숙지해야 합니다.

이를 바탕으로 처음에는 문항에 명제를 하나하나 전부 적용해보며 연습하는 것이 좋습니다. 어떤 상황에서 어떤 명제가 어떤 형태로 적용되는지 천천히 경험을 쌓아야만 시험지에서 빠르고 안정적으로 감수 분열 문항을 해결할 수 있을 것입니다. METHOD에서도 이러한 학습을 돕고자 명제를 분류하고 넘버링하여 상황별 숙지가 용이하도록 했습니다. 꼭 잘 외웁시다.

(1) 세포

문항 구성의 Variation 중 가장 중요한 부분은 제시하는 세포의 Type이다.

가장 흔히 제시되는 발문은 “어떤 G_1 기의 세포로부터 정자/난자/생식세포가 형성되는 과정”에서 나타나는 세포이다. 이때는 일반적으로 생식세포 형성과정의 그림도 함께 제시된다. 이 경우를 Type 1이라고 하겠다.

생식세포 형성과정이라는 워딩 없이 “사람 I의 세포 (가)~(다)”와 같은 발문이 등장하기도 한다. 이때는 Type 1과 달리 특정 생식세포 형성과정 내의 세포들이라는 제한 없이 무작위의 세포를 제시할 수 있다. Type 1에서는 동시에 등장할 수 없는 세포들이 함께 제시될 수 있다. 이때는 일반적으로 생식세포 형성과정의 그림이 제시되지 않는다. 이 경우를 Type 2라고 하겠다.

세포	Type 1	Type 2
발문	“어떤 G_1 기의 세포로부터 정자/난자/생식세포가 형성되는 과정”에서 나타나는 세포	“사람 I의 세포”
특징	특정 생식세포 형성과정 내에서 세포를 Matching	특정 생식세포 형성과정 내로 제한되지 않음

(2) 대립유전자

자료에서 대립유전자 쌍을 공개할 수도, 숨길 수도 있다. 대립유전자 쌍을 숨기는 경우 Matching 해야 한다.

대립유전자	공개	비공개
자료	<p>세로축: 세포 1개당 DNA 상대량 (0, 1, 2) 가로축: (가), (나), (다) 범례: E (검정), e (하얀), f (점무늬), g (격자무늬)</p>	<p>세로축: 세포 1개당 DNA 상대량 (0, 1, 2) 가로축: (가), (나), (다), (라) 범례: (가) (검정), (나) (하얀), (다) (점무늬), (라) (격자무늬)</p>
특징	대립유전자 쌍이 공개됨	대립유전자 쌍이 공개되지 않음

대립유전자 쌍을 Matching 하기 위해서는 후술할 <DNA 상대량에 관한 명제>, <유전자의 유무에 관한 명제>를 적절히 활용해야 한다.

(3) DNA 상대량

자료에서 DNA 상대량을 공개할 수도, 비공개할 수도 있다. 비공개하는 경우는 DNA의 양을 숫자로 제시하지 않고 미지수로 두거나 유전자의 유무만 제시된다. 이때는 <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용할 수 없다.

DNA 상대량	숫자로 공개	유무만 공개																																																										
자료	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">세포</th> <th colspan="4">DNA 상대량</th> </tr> <tr> <th>H</th> <th>h</th> <th>T</th> <th>t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>㉠</td> <td>1</td> <td>?</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>㉡</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>㉢</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>㉢</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>?</td> </tr> <tr> <td>㉣</td> <td>1</td> <td>㉤</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	세포	DNA 상대량				H	h	T	t	㉠	1	?	1	1	㉡	2	2	㉢	2	㉢	2	0	0	?	㉣	1	㉤	1	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">유전자</th> <th colspan="2">I의 세포</th> <th colspan="2">II의 세포</th> </tr> <tr> <th>(가)</th> <th>(나)</th> <th>(다)</th> <th>(라)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>㉠</td> <td>×</td> <td>○</td> <td>×</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>㉡</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>㉢</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>×</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>㉣</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table> <p>(○: 있음, ×: 없음)</p>	유전자	I의 세포		II의 세포		(가)	(나)	(다)	(라)	㉠	×	○	×	×	㉡	×	×	×	○	㉢	○	○	×	○	㉣	○	○	○	×
세포	DNA 상대량																																																											
	H	h	T	t																																																								
㉠	1	?	1	1																																																								
㉡	2	2	㉢	2																																																								
㉢	2	0	0	?																																																								
㉣	1	㉤	1	0																																																								
유전자	I의 세포		II의 세포																																																									
	(가)	(나)	(다)	(라)																																																								
㉠	×	○	×	×																																																								
㉡	×	×	×	○																																																								
㉢	○	○	×	○																																																								
㉣	○	○	○	×																																																								
특징	DNA 상대량을 공개함	유전자의 유무는 알 수 있으나 DNA 상대량을 알 수 없음																																																										

comment

Tip) 감수 분열 문항의 대립유전자에 관하여.

지금까지 평가원에서는 감수 분열 문항을 '복대립 유전'으로 제시해오지 않았습니다.

그렇기에 모든 명제의 base가 복대립 유전에서는 성립하지 않을 수 있습니다. 감수 분열에서는 기본적으로 표현형에는 관심이 없기에 단일인자/다인자는 크게 상관이 없지만, 복대립 유전이 제시되는 경우 일부 명제는 논리적 오류가 됩니다.

출제 가능성의 측면에서 봤을 때, 앞으로 출제될 가능성은 충분히 있어 보입니다. 감수 분열에서 복대립의 제시는 기출 문항의 큰 구성을 깨지 않으면서 새로운 Variation을 주는 방식이고 사설에서도 종종 보이는 부분이기 때문입니다.

다만, 아직 출제된 적이 없기에 이를 정리하기 위해서는 기출의 틀을 너무 크게 넘어야 하고, 사실상 기출 분석의 color와 동떨어지는 경향이 있기에 METHOD에는 담지 않았습니다.

혹시라도 이러한 미출제 요소에 대한 대비를 원하는 학습자께서는 기출 학습을 마친 뒤, N제와 실전 모의고사의 학습을 추천합니다. **적중의 의미보다는 새로운 문항 구성에 대한 대응력을 기르는 측면에서 도움이 될 것입니다.**

◇ METHOD #0. 【감수 분열】 유형의 명제

명제 : <DNA 상대량에 관한 명제>

- (a) 어떤 유전자의 DNA 상대량은 해당 유전자가 존재하는 염색분체 수와 일치한다.
- (b) 어떤 유전자의 DNA 상대량은 0, 1, 2, 4 중 하나이다.⁵⁾
- (c) 어떤 유전자의 DNA 상대량이 4이면 세포의 핵상은 $2n$ (복제)다.⁶⁾
- (d) 어떤 유전자의 DNA 상대량이 2이면 세포의 핵상은 n (복제X)가 아니다.
- (e) 어떤 유전자의 DNA 상대량이 1이면 세포의 핵상은 $2n$ (복제X)이거나 n (복제X)이다.
- (f) DNA 상대량이 4인 유전자의 대립유전자는 반드시 DNA 상대량이 0이다.
- (g) DNA 상대량이 2인 유전자와 DNA 상대량이 1인 유전자는 대립유전자가 될 수 없다.
- (h) 대립유전자 쌍의 DNA 상대량의 합이 다르면 (ex. $A + a = 2$, $B + b = 1$)
세포의 핵상은 $2n$ 이고, 남자의 세포이며, 합이 적은 쪽은 상염색체에 존재하는 유전자이다.

명제 : <유전자의 유무에 관한 명제>

- (a) 대립유전자가 두 종류(ex. A와 a) 존재하면 세포의 핵상은 $2n$ 이다.
→ 절반보다 많은 종류의 유전자가 존재하면 반드시 $2n$ 세포이다.
- (a') 세포의 핵상이 n 이면 → 대립유전자가 두 종류 존재할 수 없다.⁷⁾
→ 하나의 n 세포에 동시에 존재하는 두 유전자는 대립유전자 쌍이 아니다.
- (b) 대립유전자가 하나도 존재하지 않으면 그 유전자는 상염색체에 존재하지 않는다.

5) 각 유전자의 1개당 DNA 상대량은 1이라고 전제한다.

6) 감수 분열에서 특히 주의해야 할 것은 명제를 '정확하게' 알고 있어야 한다는 것이다.
역이 성립하지 않는 명제가 많으므로 주의하자.

7) (a)와 (a')은 대우 관계이다.

명제 : 〈감수 분열에 관한 기본 전제〉

(a) 세포가 어떤 유전자를 갖지 않으면 그 이후에 분열한 세포도 그 유전자를 갖지 않는다.

(a') n 세포가 갖는 유전자는 반드시 $2n$ 세포도 가진다.

comment

Q. 명제가 너무 많고 복잡해요! 다 외우는 것밖에는 방법이 없을까요?

A. 생명과학1 실전 경험이 많이 있는 분들은 아시겠지만, 생각보다 주어진 시간이 매우 짧습니다. 모든 문항을 다 풀기 위해서는 감수 분열 정도의 위상을 가지는 문항은 **정말 많아야 3분 안쪽으로 해결해야 합니다.**

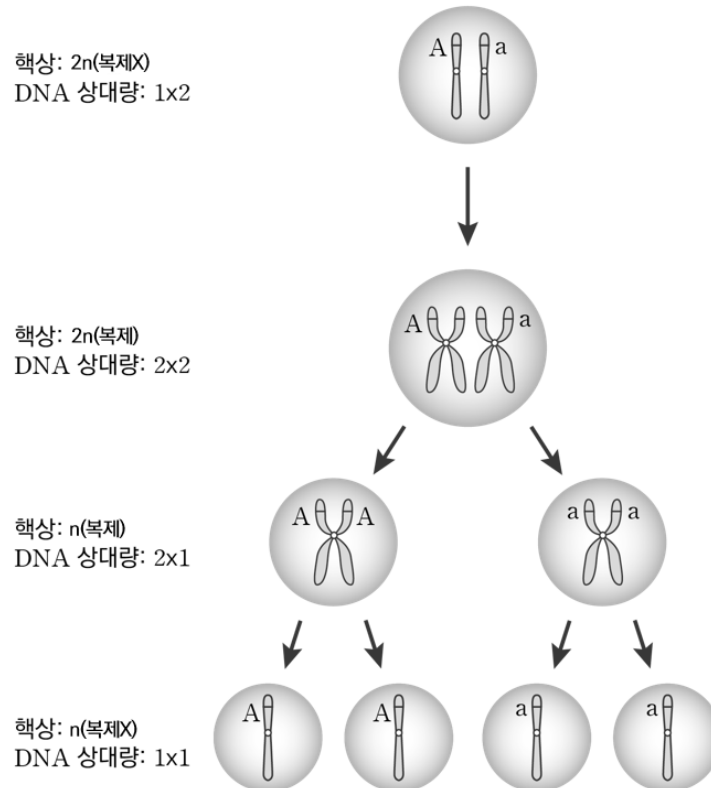
기본적인 명제의 숙지가 안 된 채로 어떤 감수 분열 문항을 만나도 3분 내로 해결 가능하다면 안 외우셔도 되지만 쉽지 않은 일입니다. **문항을 보자마자 반사적으로 사용해야 하는 명제가 튀어나오도록 외우고 연습하는 일만이 해결법이라고 생각합니다.**

한 번 어렵기 시작하면 한없이 어려운 유형이 된다는 걸 저도 알고 있지만, 위와 같은 방식으로 극복해낸 학습자들도 정말 많습니다. 충분히 외우고 연습하셨으면 좋겠습니다.

◇ METHOD #0. 【감수 분열】 Type 1의 해석

Type 1에서는 어떤 G_1 기 세포로부터 생식세포가 형성되는 과정 내의 세포들을 Matching 하게 된다. 상염색체의 유전자, 성염색체의 유전자, 상염색체에 연관된 유전자에서 각각 어떻게 유전자가 배치되는지 정리해보자.

예시 #1. 상염색체의 유전자



그림의 감수 분열 상황을 살펴보자.

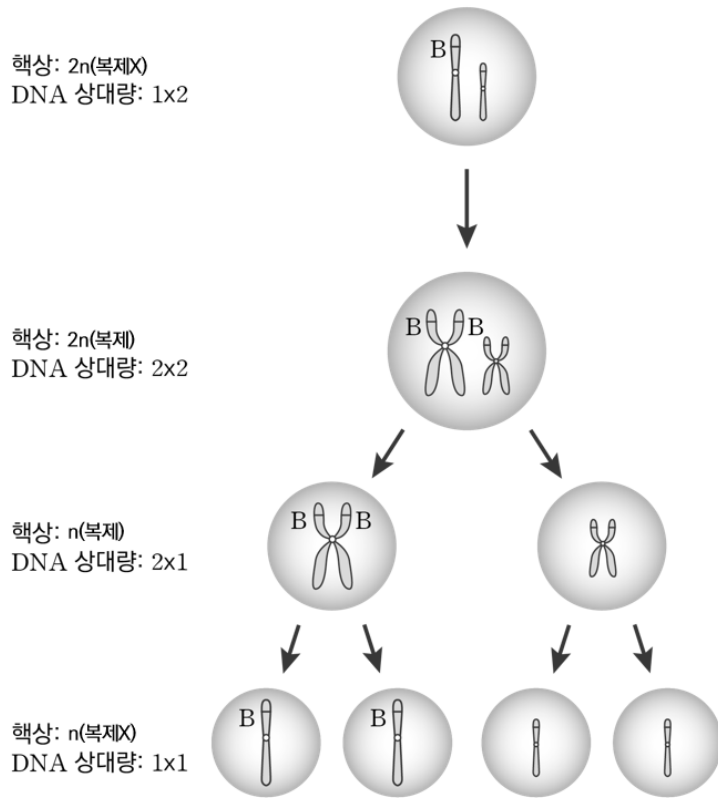
$2n(\text{복제X}) \rightarrow 2n(\text{복제})$ 에서는 항상 모든 유전자의 DNA 상대량이 2배가 됨을 알 수 있다.

$2n(\text{복제}) \rightarrow n(\text{복제})$ 에서는 상동 염색체의 분리가 일어나므로 **유전자가 무작위로 쪼개진다.**

그림에서는 왼쪽 세포에 A가, 오른쪽 세포에 a가 쪼개져 들어갔다.

$n(\text{복제}) \rightarrow n(\text{복제X})$ 과정에서는 염색 분체의 분리가 일어나므로 항상 DNA 상대량이 절반으로 감소한다.

예시 #2. 성염색체의 유전자



성염색체는 상염색체와 달리 성별을 함께 고려해야 한다.

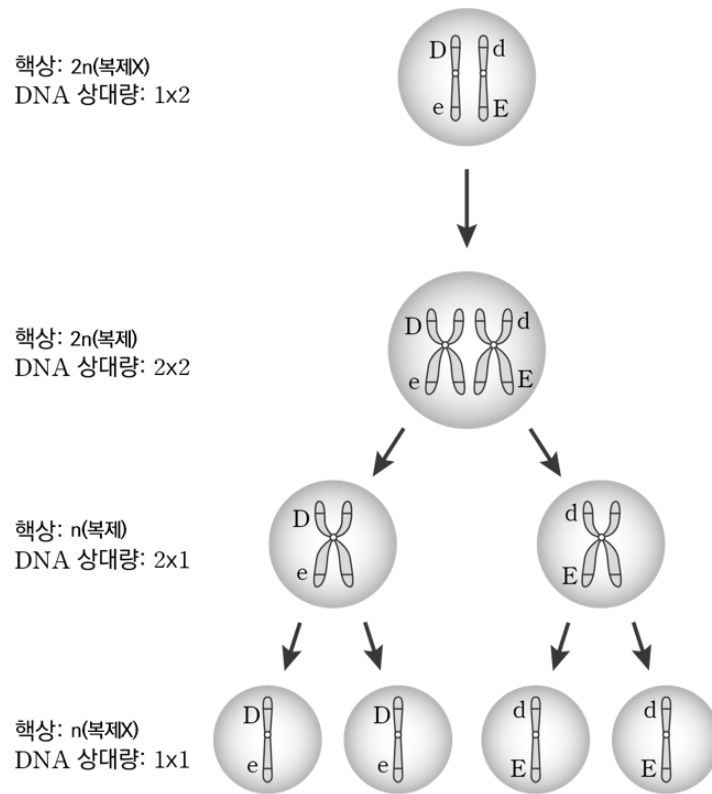
그림에서는 남자에서 X 염색체에 대립유전자가 존재하는 경우이다.

X 염색체의 대립유전자는 Y 염색체에는 존재하지 않는다.

따라서 상동 염색체 분리에서 Y 염색체를 가지는 쪽의 n세포는 대립유전자를 가지지 못하므로 X 염색체에 존재하는 대립유전자의 DNA 상대량이 모두 0이다.

참고로 여자의 경우 성염색체가 XX이므로 상염색체와 분열 과정에서 차이가 없다.

예시 #3. 상염색체에 연관된 유전자



그림에서는 서로 다른 대립유전자가 같은 염색체에 연관되어 있다. 이때는 분열 과정에서 서로 다른 유전자들이 함께 움직이므로 주의하자. 예를 들어, 그림의 상황에서 n 세포에 D와 E는 함께 존재할 수 없다.

서로 다른 대립유전자가 같은 염색체에 연관되어 있는 경우, 위와 같이 생성될 수 있는 n 세포의 Case가 고정되므로 어떻게 연관되어 있는가를 자료를 통해 따져야 한다.

◆ METHOD #1. 문항 구성 확인 & 조건 정리

감수 분열 문항을 자연스럽게 깔끔하게 풀기 위해서는 문항에 어떤 명제와 도구를 사용할 수 있는지를 판단해야 한다. 이를 위해 3가지 Variation이 각각 어떻게 제시되었는지를 판단한다.

지금까지 평가원에서 출제된 적 있는 문항 구성의 Variation은 다음과 같다.

	세포 Type	대립유전자	DNA 상대량	예제
Case A	Type 1	공개	숫자로 공개	예제 (1)
Case B	Type 2	공개	숫자로 공개	예제 (2)
Case C	Type 2	비공개	숫자로 공개	예제 (3)
Case D	Type 2	비공개	유무만 공개	예제 (4)
Case E	Type 2	공개	복합적으로 공개	예제 (5)

(1) Case A.

예제(1) 2021학년도 6월 평가원 19번

그림은 유전자형이 AaBbDD인 어떤 사람의 G₁기 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.



가장 자주 출제되는 문항 구성으로, Type 1에서 대립유전자와 DNA 상대량을 모두 공개하는 형태로 출제하고 있다. 감수 분열 그림과 발문의 “어떤 사람의 G₁기 세포 I로부터 생식세포가 형성되는 과정”을 통해 Type 1임을 알 수 있다.

명제로 <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하여 추론하자.

(2) Case B.

예제(2) 2022학년도 9월 평가원 10번

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	㉠

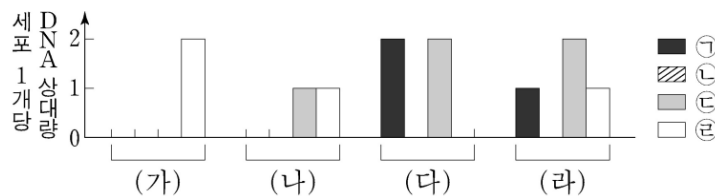
Case B는 Type 2에서 대립유전자와 DNA 상대량을 모두 공개하는 문항 구성이다. 생식세포 그림이 없고, 발문에서 생식세포 형성과정이라는 언급 없이 “세포 I~IV”로 정의하므로 Type 2이다.

DNA 상대량을 알 수 있으므로 명제로 <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하여 추론하자.

(3) Case C.

예제(3) 2019학년도 수능 13번

어떤 동물 종($2n = 6$)의 유전 형질 ㉠은 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.



Case C는 Type 2에서 DNA 상대량을 공개하고 대립유전자 쌍을 공개하지 않는 문항 구성이다.

대립유전자 쌍을 공개하지 않는 문항 구성에서는 대립유전자도 Matching 해야한다.
구체적인 사고 순서는 다음과 같다.

(1) 핵상 분석 → (2) 대립유전자 쌍 분석 → (3) 개체 분석

DNA 상대량을 알 수 있으므로 명제로 <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하되, 대립유전자 쌍을 Matching 하기 위해 <유전자의 유무에 관한 명제>도 적절히 함께 사용하여 추론하자.

(4) Case D.

예제(4) 2019학년도 6월 평가원 9번

사람의 유전 형질 a는 2쌍의 대립유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다. 표는 사람 I의 세포 (가)~(다)와 사람 II의 세포 (라)~(마)에서 유전자 ㉠~㉢의 유무를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

유전자	I의 세포			II의 세포		
	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
㉠	○	○	○	○	○	×
㉡	○	○	×	○	×	○
㉢	○	×	○	×	×	×
㉣	×	×	×	○	×	○

(○ : 있음, × : 없음)

Case D는 Type 2에서 DNA 상대량과 대립유전자 쌍을 모두 공개하지 않는 경우이다.

유전자의 유무 만을 알 수 있으므로 명제로 <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하여 추론하자.
사고 순서는 Case C와 동일하다.

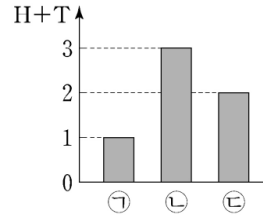
(5) Case E.

예제(5) 2021학년도 수능 10번

사람의 유전 형질 ㉠은 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)

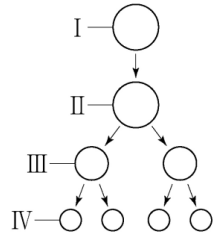


Case E는 Type 2에서 DNA 상대량과 유전자의 유무를 복합적으로 공개하는 경우이다.

DNA 상대량에 대한 자료는 <DNA 상대량에 관한 명제>, 유전자의 유무에 대한 자료는 <유전자의 유무에 관한 명제>를 각각 적용하여 추론하자.

예제(1) 2021학년도 6월 평가원 19번

그림은 유전자형이 AaBbDD인 어떤 사람의 G₁기 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 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (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.



METHOD #1. 조건 정리 & 도구 확인

문항 구성을 확인하자.

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하자.

유전자형 : AaBbDD, 연관 여부 알 수 없음.

$$\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3} = 4$$

METHOD #2. 추론

<DNA 상대량에 관한 명제>를 통해 세포를 Matching 해보자.

1. <DNA 상대량에 관한 명제> 사용

세포 (다)에는 1과 2가 함께 존재한다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d), (e)에 의하여 (다)는 I로 결정된다.

세포 (가), (나)에는 2가 존재한다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의하여 (가), (나)는 IV이 될 수 없다.

따라서 남은 (라)가 IV로 결정된다.

2. 조건 활용

II와 III은 각각 (가)와 (나) 중 하나가 된다. 바로 결정되지 않으므로 남은 조건을 활용하자.

기본적으로 I과 IV에 대해서는 다음과 같이 A, B, D의 DNA 상대량을 결정지을 수 있다.

	A	B	D
(가)	2	㉠	?
(나)	2	㉡	㉢
I	1	1	2
IV	1	0	1

유전자형 AaBbDD를 바탕으로 II와 III의 A, B, D의 DNA 상대량을 계산해보면, II는 (2, 2, 4)의 값을, III은 (2, 0, 2)를 가지게 된다.

이때 ㉠ + ㉡ + ㉢ = 4를 만족하기 위해서는 (가)가 II, (나)가 III이 되어야 한다.

∴ (가)=II, (나)=III

따라서 다음과 같이 DNA 상대량 표를 완성할 수 있다.

	A	B	D
(가)	2	2	4
(나)	2	0	2
I	1	1	2
IV	1	0	1

∴ ㉠=2, ㉡=0, ㉢=2

ㄱ. (가)는 II이다. (O)

ㄴ. ㉢은 0이다. (X)

ㄷ. 세포 1개당 a의 DNA 상대량은 (다)가 1이고, (나)가 a를 가지지 않으므로 (라)는 0이다. (X)

예제(2) 2022학년도 9월 평가원 10번

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 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉡은 2이다.
- ㄴ. II는 Q의 세포이다.
- ㄷ. I이 갖는 t의 DNA 상대량과 III이 갖는 H의 DNA 상대량은 같다.



METHOD #1. 조건 정리 & 도구 확인

문항 구성을 확인하자.

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하자.

I~IV 중 2개는 남자 P의, 나머지 2개는 여자 Q의 세포이다.

㉠~㉣은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

H와 h는 상염색체에, T와 t는 X 염색체에 존재한다.

METHOD #2. 추론

1. <DNA 상대량에 관한 명제> 사용

<DNA 상대량에 관한 명제> - (c)를 사용하면, IV는 2n(복제) 세포임을 알 수 있다.

2n(복제) 세포에는 홀수가 존재할 수 없으므로 ㉠은 2 or 0이다.

<DNA 상대량에 관한 명제> - (d), (e)를 사용하면, III은 ㉠~㉣, 즉 2, 1, 0이 모두 존재하므로 2n(복제X) 세포임을 알 수 있다.

<DNA 상대량에 관한 명제> - (g)를 사용하면, ㉠과 ㉣이 각각 2거나 1일 수 없으므로 ㉣은 0이 아니다.

2. Case 설정 & 귀류

㉠은 2 or 0이다. 둘 중 하나는 모순일 것이다.

만약 ㉠이 2라면, <DNA 상대량에 관한 명제> - (g)를 통해 내린 결론과 같이 ㉡이 0, ㉢이 1이된다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
I	1	0	2	?
II	0	2	0	0
III	?	1	2	0
IV	4	0	2	2

IV가 T와 t를 모두 가지므로 IV는 X 염색체를 두 개 가진다. 여자 Q의 세포이다.
 III이 T를 동형 접합성으로 가지므로 III도 X 염색체를 두 개 가지는 여자의 세포인데,
 IV와 유전자형이 다르므로 모순이다. 여자는 Q 한 명이다.

㉠이 2가 될 수 없음을 보였으므로 ㉠은 0이고, IV는 남자의 세포가 된다.
 ㉠은 0이면 III에서 T를 가지지 않게 되므로 IV와 III은 다른 개체의 세포가 된다. III은 여자의 세포
 이고, X 염색체를 두 개 가지므로 t를 2만큼 갖는다. ㉡은 2이 된다.

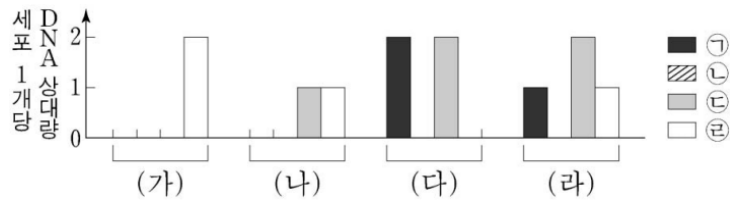
이를 바탕으로 표를 채워보자.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
I(P)	1	0	0	0
II(Q)	2	0	0	2
III(Q)	1	1	0	2
IV(P)	4	0	2	0

- ㄱ. ㉡은 2이다. (O)
- ㄴ. II는 Q의 세포이다. (O)
- ㄷ. I이 갖는 t의 DNA 상대량은 0이다. III이 갖는 H의 DNA 상대량은 1이므로 같지 않다. (X)

예제(3) 2019학년도 수능 13번

어떤 동물 종($2n = 6$)의 유전 형질 ①은 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.



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

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 ㉢과 대립유전자이다.
- ㄴ. (가)와 (다)의 염색 분체 수는 같다.
- ㄷ. 세포 1개당 $\frac{X\text{염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 는 (라)가 (나)의 2배이다.



METHOD #1. 조건 정리 & 도구 확인

문항 구성을 확인하자.

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자로 공개	비공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>와 <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하여 핵상을 찾고 대립유전자 쌍을 Matching 하자.

조건을 정리하자.

(가)	(나)	(다)	(라)
0/0/0/2	0/0/1/1	2/0/2/0	1/0/2/1

I에서는 (가), (나), (다)와 같은 세포가, II에서는 (나), (다), (라)와 같은 세포가 형성될 수 있다.

METHOD #2. 추론

1. 핵상 분석

<유전자의 유무에 관한 명제> - (a)에서 (라)가 $2n$ 세포임을 알 수 있다.
(<DNA 상대량에 관한 명제> - (d), (e)에서도 동일하게 알 수 있다.)

2. 대립유전자 분석

<DNA 상대량에 관한 명제> - (g)에서 2와 1은 대립유전자가 될 수 없으므로,
(라)에서 ⊕은 ⊙, ⊕의 대립유전자가 될 수 없다.
→ 대립유전자 쌍은 ⊙&⊕, ⊕&⊕이다. II는 ⊙,⊕을 가지고 ⊕을 동형 접합성으로 갖는다.

3. 개체 분석

I에서는 (가), (나), (다)와 같은 세포가 형성된다. 이때 세포 (가)는 ⊙과 ⊕을 모두 갖지 않는다.

<유전자의 유무에 관한 명제> - (b)에서 ⊙과 ⊕을 모두 갖지 않는 상황은 다음과 같은 경우이다.

- I이 수컷 : 세포의 핵상이 n 이고 대립유전자가 성염색체에 존재한다.
- I이 암컷 : 대립유전자가 Y 염색체에 존재한다.

이때 대립유전자가 Y 염색체에 존재하면, II에서 ⊕을 동형 접합성으로 가지므로 모순이다.
(Y 염색체를 두 개 가지는 것은 불가능하기 때문이다.)

- I은 수컷, ♂&♀은 X 염색체에 존재한다.
- II는 ♂을 동형 접합성으로 가지므로 암컷이다.

㉠~㉢이 각각 어떤 유전자인지는 구체적으로 결정되지 않는다. 선지에서도 묻지 않는다.

- ㉠. ㉠은 ㉢과 대립유전자이다. (O)
- ㉡. (가)와 (다)는 모두 n(복제) 상태의 세포이다. 염색 분체 수는 같다. (O)
- ㉢. 세포 1개당 $\frac{X\text{염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 는 (라)가 $\frac{2}{4}$, (나)가 $\frac{1}{2}$ 로 동일하다. (X)

예제(4) 2019학년도 6월 평가원 9번

사람의 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다. 표는 사람 I의 세포 (가)~(다)와 사람 II의 세포 (라)~(바)에서 유전자 ㉠~㉡의 유무를 나타낸 것이다. ㉠~㉡은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

유전자	I의 세포			II의 세포		
	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
㉠	○	○	○	○	○	×
㉡	○	○	×	○	×	○
㉢	○	×	○	×	×	×
㉣	×	×	×	○	×	○

(○ : 있음, × : 없음)

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

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 ㉡의 대립유전자이다.
- ㄴ. (라)에는 Y 염색체가 있다.
- ㄷ. I의 ㉠에 대한 유전자형은 EeFF이다.



METHOD #1. 조건 정리 & 도구 확인

문항 구성을 확인하자.

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	유무만 공개	비공개

→ <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하여 핵상을 찾고 대립유전자 쌍을 Matching 하자.

조건을 정리하자.

E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재함.

METHOD #2. 추론

1. 핵상 분석

<유전자의 유무에 관한 명제> - (a)를 통해 (가), (라)가 2n세포임을 알 수 있다. 나머지 세포들은 2n 세포의 일부 유전자만 가지므로 n 세포이다.

(나)에서 ㉠, ㉡를 가지므로 ㉠, ㉡은 대립유전자 쌍이 아니다.

(다)에서 ㉢, ㉣를 가지므로 ㉢, ㉣은 대립유전자 쌍이 아니다.

(바)에서 ㉤, ㉥를 가지므로 ㉤, ㉥은 대립유전자 쌍이 아니다.

→ 대립유전자 쌍은 ㉠&㉡, ㉤&㉥이다.

2. 대립유전자 분석

<유전자의 유무에 관한 명제> - (a')와 같이 n 세포를 통해 대립유전자 쌍을 결정하자.

→ 대립유전자 쌍은 ㉤&㉥, ㉠&㉡이다. II는 ㉠,㉡을 가지고 ㉤&㉥에 대해서는 ㉤만 갖는다.

3. 개체 분석

세포 (마)는 ㉤과 ㉥을 모두 갖지 않는다.

<유전자의 유무에 관한 명제> - (b)에서 ㉤과 ㉥을 모두 갖지 않는 상황은 다음과 같은 경우이다.

- II가 수컷 : 세포의 핵상이 n이고 대립유전자가 성염색체에 존재한다.

- II가 암컷 : 대립유전자가 Y 염색체에 존재한다.

이때 대립유전자가 Y 염색체에 존재하면, I의 (가)에서 ㉤과 ㉥을 모두 가지므로 모순이다.

(Y 염색체를 두 개 가지는 것은 불가능하기 때문이다.)

→ II는 수컷, \ominus & \oplus 은 X 염색체에 존재한다. 문제의 F와 f에 해당한다. \oplus & \ominus 은 각각 E와 e 중 하나이다. 구체적으로 Matching 되지 않는다.

→ I은 \ominus 과 \oplus 을 모두 가지므로 암컷이다.

ㄱ. \oplus 은 \ominus 의 대립유전자이다. (X)

ㄴ. (라)는 수컷의 $2n$ 세포이므로 Y 염색체가 있다. (O)

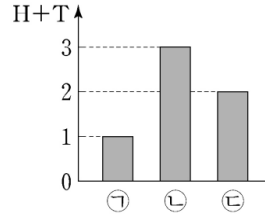
ㄷ. I은 \oplus 을 동형 접합성으로 가지고 \ominus 과 \oplus 을 모두 가진다. E와 e에 대해서는 동형 접합성, F와 f에 대해서는 이형 접합성으로 가져야한다. \ominus 에 대한 유전자형은 EeFF가 될 수 없다. (X)

예제(5) 2021학년도 수능 10번

사람의 유전 형질 ①은 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정되며, ①의 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 고르시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, H, h, R, r, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

<보 기>

- ㄱ. (가)에는 h, R, t를 모두 갖는 세포가 있다.
- ㄴ. II는 ㉠이다.
- ㄷ. III의 $\frac{T \text{의 DNA 상대량}}{H \text{의 DNA 상대량} + r \text{의 DNA 상대량}} = 1$ 이다.



METHOD #1. 조건 정리 & 도구 확인

문항 구성을 확인하자.

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	복합적으로 공개	비공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>와 <유전자의 유무에 관한 명제>를 자료에 맞게 사용하여 추론하자.

조건을 정리하자.

유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 존재함.

㉠~㉢은 I~III을 순서 없이 나타낸 것임.

METHOD #2. 추론

1. 유전자형 추론

<감수 분열에 관한 기본 전제> - (a)에서 II와 III이 2n 세포가 아님을 알 수 있다.

2n 세포는 반드시 n 세포가 가지는 유전자를 모두 가져야 하는데, II는 R을, III은 h를 가지지 않기 때문이다.

㉢에서 H + T의 값은 3이고 각 유전자의 DNA 상대량은 0, 1, 2, 4 중 하나이므로 H + T은 2+1과 같은 형태로 구성된다. 어느 쪽이 2인지는 아직 알 수 없다.

<DNA 상대량에 관한 명제> - (d), (e)에서 ㉡이 2n(복제X) 세포임을 알 수 있다.

II와 III이 2n 세포가 아니므로 ㉡은 I이고, I은 2n 세포이다.

2n 세포가 t를 가지지 않으므로 T를 동형 접합성으로 가진다.

I~III에서 h를 가지는 세포도 있고 가지지 않는 세포도 있으므로 H와 h를 동형 접합성으로 가질 수 없다. (동형 접합성이라면 H나 h 중 하나를 반드시 가지거나 아예 갖지 않을 것이다.)

R를 가지는 세포와 가지지 않는 세포가 동시에 존재하므로, 마찬가지로 이형 접합성으로 가진다.

→ 유전자형 : HhRrTT

2. Matching

모든 세포가 T를 가지므로 H + T의 값이 1인 ㉠에서는 H가 존재하지 않는다. ㉠은 II이다.

남은 III은 자동적으로 ㉢이다.

ㄱ. 사람 (가)는 t를 갖지 않는다. (X)

ㄴ. II는 ⊕이다. (O)

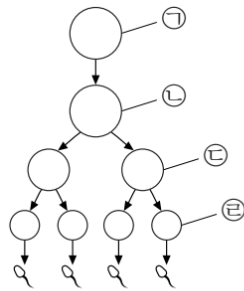
ㄷ. III에서는 h와 R가 존재하지 않으므로 H와 r가 존재한다.

$$\frac{\text{T의 DNA 상대량}}{\text{H의 DNA 상대량} + \text{r의 DNA 상대량}} = \frac{1}{1+1} = \frac{1}{2} \text{이다. (X)}$$

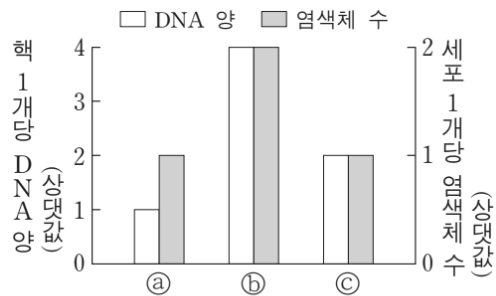
PART 02 유제 (2)

01 2014학년도 수능 10번

그림 (가)는 어떤 동물에서 G_1 기의 세포 ㉠으로부터 정자가 형성되는 과정을, (나)는 세포 ㉠~㉢의 핵 1개당 DNA 양과 세포 1개당 염색체 수를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 각각 세포 ㉠~㉢ 중 하나이다. 이 동물의 유전자형은 Tt이며, T와 t는 서로 대립유전자이다.



(가)



(나)

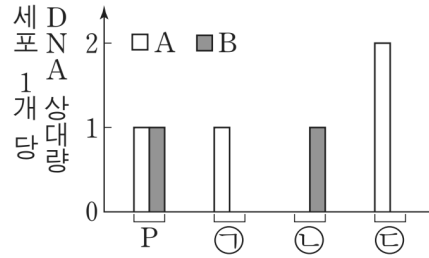
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, ㉡과 ㉢은 중기의 세포이며, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

- ㄱ. 세포 1개에 있는 T의 수는 ㉠과 ㉢이 같다.
- ㄴ. $\frac{\text{핵 1개당 DNA 양}}{\text{세포 1개당 염색체 수}}$ 은 ㉡과 ㉢이 같다.
- ㄷ. ㉡이 ㉢으로 되는 과정에서 염색 분체가 분리된다.

02 2016학년도 6월 평가원 8번

그림은 유전자형이 AaBb인 G₁기의 어떤 세포 P로부터 생식 세포가 형성되는 과정에서 나타나는 세포 ㉠~㉣의 세포 1개 당 대립유전자 A와 B의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. A와 a, B와 b는 각각 서로 대립유전자이다. ㉠~㉣의 순서는 세포 분열 순서와 관계 없으며, ㉣은 중기의 세포이다.



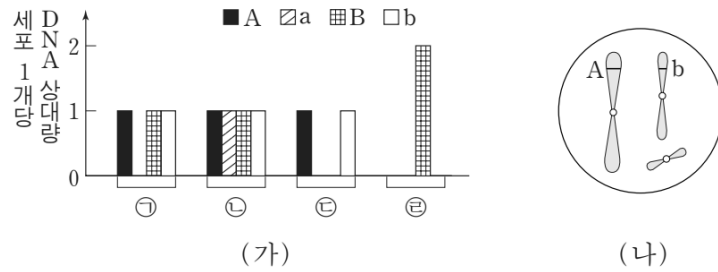
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉠과 ㉡은 감수 1분열 완료 시 생성된다.
- ㄴ. P에서 A와 B는 연관되어 있다.
- ㄷ. 세포의 핵상은 ㉠과 ㉣에서 같다.

03 2016학년도 수능 6번

그림 (가)는 같은 종인 동물($2n=6$) I과 II의 세포 ㉠~㉡이 갖는 유전자 A, a, B, b의 DNA 상대량을, (나)는 ㉠~㉡ 중 어떤 세포에 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. A는 a와 대립유전자이며, B는 b와 대립유전자이다. ㉠은 I의 세포이고, ㉡은 II의 세포이다. ㉢과 ㉣은 각각 I과 II의 세포 중 하나이다. I과 II의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.

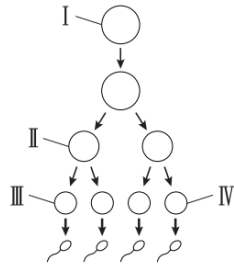


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- < 보 기 > —
- ㄱ. (나)는 ㉠의 염색체를 나타낸 것이다.
 - ㄴ. ㉢은 II의 세포이다.
 - ㄷ. ㉣로부터 형성된 생식 세포가 다른 생식 세포와 수정되어 태어난 자손은 항상 수컷이다.

04 2017학년도 9월 평가원 8번

그림은 유전자형이 EEFfGg인 어떤 동물의 세포 I로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉤의 세포 1개당 대립유전자 E, f, g의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. F는 f와 대립유전자이며, G는 g와 대립유전자이다. I~IV는 각각 ㉠~㉤ 중 하나이다.



세포	DNA 상대량		
	E	f	g
㉠	2	㉠	1
㉡	1	㉡	1
㉢	1	1	㉢
㉣	2	㉣	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, E, F, f, G, g 각각의 1개당 DNA 상대량은 같고, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉡은 III이다.
- ㄴ. ㉠ + ㉡ = ㉢ + ㉣이다.
- ㄷ. 세포 1개당 $\frac{E \text{의 DNA 상대량}}{F \text{의 DNA 상대량} + G \text{의 DNA 상대량}}$ 은 ㉠이 IV의 2배이다.

05 2018학년도 6월 평가원 10번

어떤 동물의 유전 형질 ①은 3쌍의 대립유전자 D와 d, E와 e, F와 f에 의해 결정된다. 표는 이 동물에서 개체 I과 II의 세포 (가)~(라)가 갖는 유전자 D, d, E, e, F, f의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 2개는 I의 세포이고, 나머지 2개는 II의 세포이다. I은 암컷이며 성염색체가 XX, II는 수컷이며 성염색체가 XY이다.

세포	DNA 상대량					
	D	d	E	e	F	f
(가)	2	?	Ⓣ	0	?	?
(나)	1	0	1	1	0	?
(다)	Ⓛ	?	0	1	0	0
(라)	Ⓧ	0	1	?	1	1

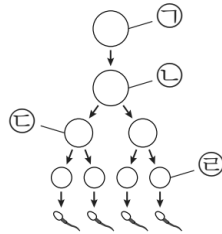
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, D, d, E, e, F, f 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.)

<보 기>

- ㄱ. Ⓣ + Ⓛ + Ⓧ = 5이다.
 ㄴ. I의 형질 ①에 대한 유전자형은 DDEeFf이다.
 ㄷ. II에서 D와 f는 서로 다른 염색체에 존재한다.

06 2018학년도 9월 평가원 7번

그림은 핵상이 $2n$ 인 어떤 동물에서 G_1 기의 세포 ㉠으로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에 들어 있는 세포 1개당 대립유전자 H와 t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이고, H는 h와 대립유전자이며, T는 t와 대립유전자이다.



세포	DNA 상대량	
	H	t
㉠	2	0
㉡	2	2
㉢	?	?
㉣	1	1

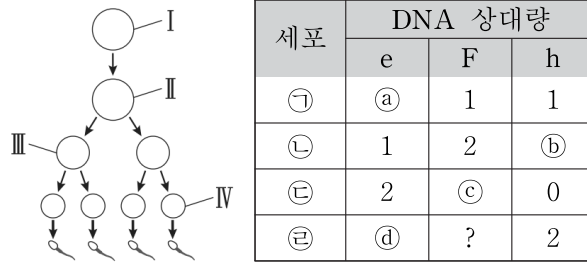
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉡은 ㉢이다.
- ㄴ. 세포의 핵상은 ㉢과 ㉣에서 같다.
- ㄷ. ㉢에 들어 있는 H의 DNA 상대량은 1이다.

07 2018학년도 수능 12번

그림은 유전자형이 EeFFHh인 어떤 동물에서 G₁기의 세포 I로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉤의 세포 1개당 유전자 e, F, h의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉤은 I~IV를 순서 없이 나타낸 것이고, E는 e와 대립유전자이며, H와 h와 대립유전자이다.



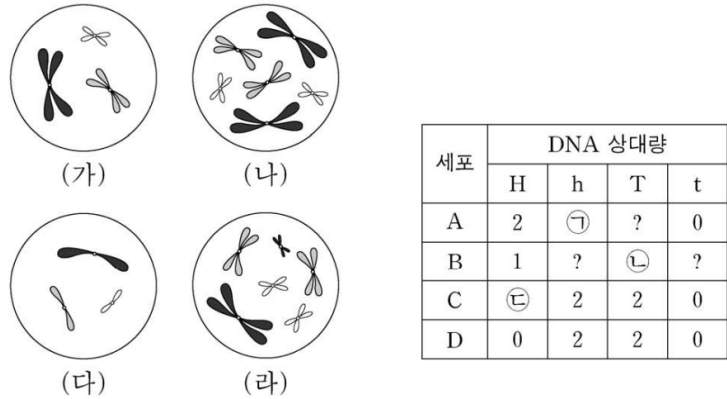
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, E, e, F, H, h 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉣은 III이다.
- ㄴ. a + b + c + d = 4이다.
- ㄷ. IV에서 세포 1개당 $\frac{\text{F의 DNA 상대량}}{\text{E의 DNA 상대량} + \text{H의 DNA 상대량}}$ 은 1이다.

08 2019학년도 9월 평가원 16번

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.



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

< 보 기 >

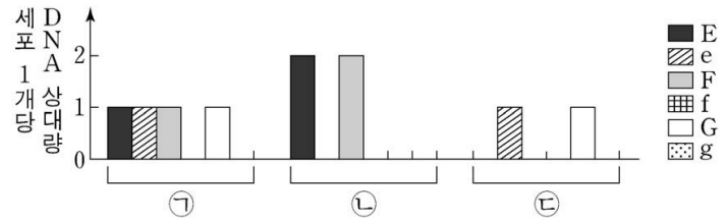
ㄱ. ㉠ + ㉡ + ㉢ = 5이다.

ㄴ. C는 (가)이다.

ㄷ. 정자 ㉠은 T를 갖는다.

09 2019학년도 9월 평가원 18번

사람의 유전 형질 (가)는 대립유전자 E와 e에 의해, (나)는 대립유전자 F와 f에 의해, (다)는 대립유전자 G와 g에 의해 결정된다. (가)~(다) 중 한 가지 형질을 결정하는 유전자는 상염색체에, 나머지 2가지 형질을 결정하는 유전자는 성염색체에 존재한다. 그림은 어떤 사람의 세포 ①~③이 갖는 유전자 E, e, F, f, G, g의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.



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

< 보 기 >

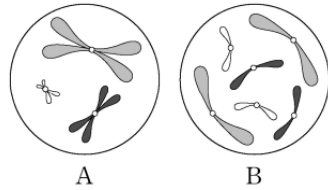
- ㄱ. ①에서 F와 G는 연관되어 있다.
- ㄴ. ②과 ③의 핵상은 같다.
- ㄷ. 이 사람의 성염색체는 XX이다.

10 2020학년도 6월 평가원 8번

표는 같은 종인 동물($2n=6$) I의 세포 (가)와 (나), II의 세포 (다)와 (라)에서 유전자 ㉠~㉢의 유무를, 그림은 세포 A와 B 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. 이 동물 종의 특정 형질은 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정되며, ㉠~㉢은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B는 각각 I과 II의 세포 중 하나이고, I과 II의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.

유전자	I의 세포		II의 세포	
	(가)	(나)	(다)	(라)
㉠	×	○	×	×
㉡	×	×	×	○
㉢	○	○	×	○
㉣	○	○	○	×

(○: 있음, ×: 없음)



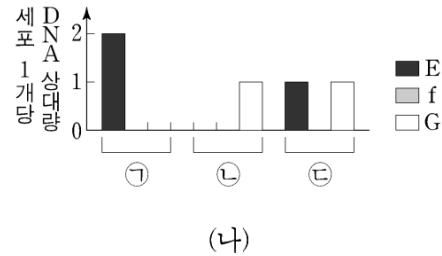
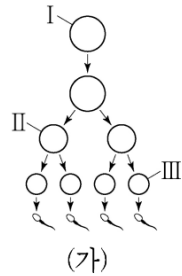
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 ㉢과 대립유전자이다.
- ㄴ. A는 II의 세포이다.
- ㄷ. (라)에는 X 염색체가 있다.

11 2020학년도 6월 평가원 16번

사람의 유전 형질 ①은 3쌍의 대립유전자 E와 e, F와 f, G와 g에 의해 결정되며, ①을 결정하는 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 존재한다. 그림 (가)는 어떤 사람의 G₁기 세포 I로부터 정자가 형성되는 과정을, (나)는 이 사람의 세포 ㉠~㉣이 갖는 대립유전자 E, f, G의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 I~III을 순서 없이 나타낸 것이고, II는 중기의 세포이다.



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

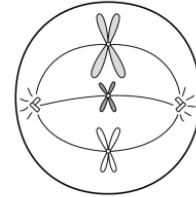
< 보 기 >

- ㄱ. I에서 세포 1개당 $\frac{E\text{의 DNA 상대량} + G\text{의 DNA 상대량}}{F\text{의 DNA 상대량}}$ 은 1이다.
- ㄴ. II의 염색 분체 수는 23이다.
- ㄷ. III은 ㉣이다.

12 2020학년도 9월 평가원 3번

어떤 동물 종($2n = 6$)의 특정 형질은 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. 표는 이 동물 종의 개체 I의 세포 ㉠~㉣이 갖는 H, h, T, t의 DNA 상대량을, 그림은 I의 세포 P를 나타낸 것이다. P는 ㉠~㉣ 중 하나이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
㉠	1	?	1	1
㉡	2	2	㉠	2
㉢	2	0	0	?
㉣	1	㉡	1	0



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

<보 기>

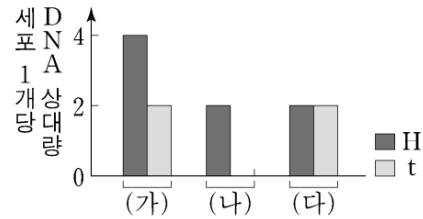
- ㄱ. P는 ㉢이다.
- ㄴ. ㉠ + ㉡ = 3이다.
- ㄷ. I의 감수 1분열 중기 세포 1개당 염색 분체 수는 12이다.

13 2020학년도 수능 7번

사람의 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. 표는 어떤 사람의 난자 형성 과정에서 나타나는 세포 (가)~(다)에서 유전자 ㉠~㉢의 유무를, 그림은 (가)~(다)가 갖는 H와 t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 중기의 세포이고, ㉠~㉢은 h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다.

유전자	세포		
	(가)	(나)	(다)
㉠	○	○	×
㉡	○	×	○
㉢	×	?	×

(○: 있음, ×: 없음)



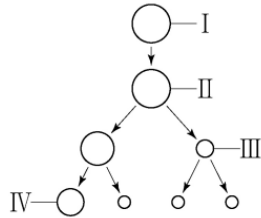
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉡은 T이다.
- ㄴ. (나)와 (다)의 핵상은 같다.
- ㄷ. 이 사람의 ㉠에 대한 유전자형은 HhTt이다.

14 2021학년도 9월 평가원 18번

그림은 유전자형이 Aa인 어떤 동물($2n = ?$)의 G_1 기 세포 I로부터 생식세포가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉡의 상염색체 수와 대립유전자 A와 a의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. ㉠~㉡은 I~IV를 순서 없이 나타낸 것이고, 이 동물의 성염색체는 XX이다.



세포	상염색체 수	A와 a의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	8	?
㉡	4	2
㉢	a	b
㉣	?	4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, A와 a 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다. II와 III은 중기의 세포이다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 I이다.
- ㄴ. a + b = 5이다.
- ㄷ. II의 2가 염색체 수는 5이다.

15 2022학년도 6월 평가원 16번

다음은 사람 P의 세포 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- 유전 형질 ㉔는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정되며, ㉔의 유전자는 서로 다른 2개의 염색체에 있다.
- (가)~(다)는 생식세포 형성 과정에서 나타나는 중기의 세포이다. (가)~(다) 중 2개는 G_1 기 세포 I로부터 형성되었고, 나머지 1개는 G_1 기 세포 II로부터 형성되었다.
- 표는 (가)~(다)에서 대립유전자 ㉑~㉕의 유무를 나타낸 것이다. ㉑~㉕은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다.

대립유전자	세포		
	(가)	(나)	(다)
㉑	×	×	○
㉒	○	○	×
㉓	×	×	×
㉔	×	○	○

(○: 있음, ×: 없음)

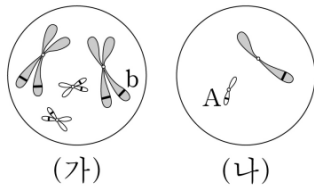
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

— <보 기> —

- ㄱ. P에게서 ㉑과 ㉓을 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 있다.
- ㄴ. (가)와 (다)의 핵상은 같다.
- ㄷ. I로부터 (나)가 형성되었다.

16 2022학년도 6월 평가원 19번

어떤 동물 종($2n = 4$)의 유전 형질 ㉠은 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.



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

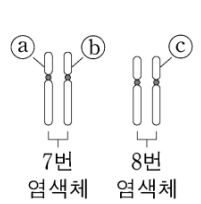
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, A, a, B, b 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

<보 기>

- ㄱ. I의 유전자형은 AaBb이다.
- ㄴ. ㉠ + ㉡ = 5이다.
- ㄷ. (나)에 b가 있다.

17 2022학년도 수능 7번

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 ㉠~㉢을 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 고르시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

< 보 기 >

- ㄱ. I과 II의 핵상은 같다.
- ㄴ. ㉡과 ㉢은 모두 7번 염색체이다.
- ㄷ. 이 사람의 유전자형은 HhRr이다.



PART
02 해설 (2)

명제 : <DNA 상대량에 관한 명제>

- (a) 어떤 유전자의 DNA 상대량은 해당 유전자가 존재하는 염색분체 수와 일치한다.
- (b) 어떤 유전자의 DNA 상대량은 0, 1, 2, 4 중 하나이다.
- (c) 어떤 유전자의 DNA 상대량이 4이면 세포의 핵상은 $2n$ (복제)다.
- (d) 어떤 유전자의 DNA 상대량이 2이면 세포의 핵상은 n (복제 X)가 아니다.
- (e) 어떤 유전자의 DNA 상대량이 1이면 세포의 핵상은 $2n$ (복제 X)이거나 n (복제 X)이다.
- (f) DNA 상대량이 4인 유전자의 대립유전자는 반드시 DNA 상대량이 0이다.
- (g) DNA 상대량이 2인 유전자와 DNA 상대량이 1인 유전자는 대립유전자가 될 수 없다.
- (h) 대립유전자 쌍의 DNA 상대량의 합이 다르면 (ex. $A + a = 2$, $B + b = 1$)
세포의 핵상은 $2n$ 이고, 남자의 세포이며, 합이 적은 쪽은 성염색체에 존재하는 유전자이다.

명제 : <유전자의 유무에 관한 명제>

- (a) 대립유전자가 두 종류(ex. A 와 a) 존재하면 세포의 핵상은 $2n$ 이다.
→ 절반보다 많은 종류의 유전자가 존재하면 반드시 $2n$ 세포이다.
- (a') 세포의 핵상이 n 이면 → 대립유전자가 두 종류 존재할 수 없다.
→ 하나의 n 세포에 동시에 존재하는 두 유전자는 대립유전자 쌍이 아니다.
- (b) 대립유전자가 하나도 존재하지 않으면 그 유전자는 상염색체에 존재하지 않는다.

명제 : <감수 분열에 관한 기본 전제>

- (a) 세포가 어떤 유전자를 갖지 않으면 그 이후에 분열한 세포도 그 유전자를 갖지 않는다.
- (a') n 세포가 갖는 유전자는 반드시 $2n$ 세포도 가진다.

01 2014학년도 수능 10번

정답 : ㄴ, ㄷ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	숫자로 공개	공개

조건을 정리하면 개체의 유전자형은 Tt이고, ㉠~㉣는 각각 세포 ㉡~㉤ 중 하나이다.

감수 1분열에서 DNA 상대량과 염색체 수가 반감되고,

감수 2분열에서는 DNA 상대량만 반감되므로

㉠=㉡, ㉢=㉣, ㉤=㉤이다.

ㄱ. 세포 1개에 있는 T의 수는 ㉠은 1이지만, ㉤(=㉤)는 0 or 2이다. (X)

ㄴ. $\frac{\text{핵 1개당 DNA 양}}{\text{세포 1개당 염색체 수}}$ 은 ㉤과 ㉢(=㉣)이 1로 같다. (O)

ㄷ. 감수 2분열 과정에서 염색 분체가 분리된다. (O)

02 2016학년도 6월 평가원 8번

정답 : ㄷ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 유전자형은 AaBb이고 연관 여부는 알 수 없으며, ㉡은 중기의 세포이다.

㉠에서 A, ㉣에서 B의 DNA 상대량이 각각 1이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(e)에 의하여 ㉠과 ㉣의 핵상은 n(복제X)이다.

㉡에서 A의 DNA 상대량은 2, B의 DNA 상대량은 0이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의하여 ㉡의 핵상은 n(복제X)이 아니므로 가능한 핵상은 n(복제)뿐이다.

ㄱ. ㉠과 ㉣은 핵상이 n(복제X)이므로 감수 2분열 완료 시 생성된다. (X)

ㄴ. P에서 A와 B가 연관되어 있으면 세포 ㉠~㉣이 존재할 수 없다. (X)

ㄷ. 세포의 핵상은 ㉠과 ㉡에서 n으로 같다. (O)

03 2016학년도 수능 6번

정답 : ㄴ, ㄷ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>, <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 ㉠은 I의 세포이고 ㉡은 II의 세포이며, ㉢과 ㉣은 각각 I과 II의 세포 중 하나이다. A, a와 B, b는 서로 독립이다.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(a)에 의하여 ㉠과 ㉡의 핵상은 2n이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(h)에 의하여 A와 a는 X 염색체에, B와 b는 상염색체에 존재하고, I은 수컷이다.

대립유전자 A와 a를 모두 갖지 않으므로 ㉣의 핵상은 n이고, Y 염색체가 존재함을 알 수 있다. ㉢은 수컷인 I의 세포에 해당하고, ㉣은 암컷인 II의 세포에 해당한다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d), (e)에 의해 ㉢은 핵상이 n(복제X)으로 감수 2분열 완료 시 생성되는 세포, ㉣은 핵상이 n(복제)으로 감수 2분열 중기 세포이다.

- ㄱ. 그림은 ㉣의 염색체를 나타낸 것이다. (X)
- ㄴ. ㉢은 II의 세포이다. (O)
- ㄷ. ㉢에는 Y 염색체가 존재하므로, ㉢로부터 형성된 생식세포가 다른 생식세포와 수정되어 태어난 자손은 항상 수컷이다. (O)

04 2017학년도 9월 평가원 8번

정답 : ㄱ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 유전자형은 EEFfGg이고, 연관 여부는 알 수 없다.

DNA 상대량이 1과 2가 모두 존재하는 ㉠은 핵상이 2n(복제X)이므로 I이다.
<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의해 ㉡은 III과 IV가 아니므로 II이다.

㉢(=II)가 g를 가지므로 III, IV의 g의 DNA 상대량은 각각 1, 0이다.
따라서 ㉣=III, ㉤=IV이고, ㉠=1, ㉡=0, ㉢=0, ㉣=0이 된다.

문제에서 제시된 표를 다시 작성해보면 아래와 같다.

세포	DNA 상대량		
	E	f	g
㉠	2	㉠=1	1
㉣	1	㉡=0	1
㉤	1	1	㉢=0
㉡	2	㉣=0	2

ㄱ. ㉣은 III이다. (O)

ㄴ. ㉠+㉡=1, ㉣+㉣=0이다. (X)

ㄷ. 세포 1개당 $\frac{E의 DNA 상대량}{F의 DNA 상대량 + G의 DNA 상대량}$ 은 ㉠(=I)과 IV 모두 1이다. (X)

05 2018학년도 6월 평가원 10번

정답 : ㄴ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>, <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 (가)~(라) 중 2개는 암컷 I의 세포이고, 나머지 2개는 수컷 II의 세포이다.
연관 여부와 각 개체의 유전자형은 알 수 없다.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(a), <DNA 상대량에 관한 명제>-(e)에 의해 (나), (라)의 핵상은 $2n$ (복제 X)이다.

(나)에서 <DNA 상대량에 관한 명제>-(h)에 의하여
D와 d는 성염색체에, E와 e는 상염색체에 존재함을 알 수 있다.
또한 (나)는 수컷 II의 세포, (라)는 암컷 I의 세포이다.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(b)에 의해 (다)에서 F와 f의 DNA 상대량이 모두 0이므로
F와 f는 성염색체에 존재한다.

F와 f가 Y 염색체에 존재한다면 (라)는 2개의 Y 염색체를 가져야 하므로 모순이다.
따라서 F와 f는 X 염색체에 존재하고, (다)는 핵상이 n (복제X)으로 수컷 II의 세포이다.
문제 조건에 따라서 (가)는 I의 세포로 결정된다.

(다)에 F와 f가 존재하지 않으므로 Y 염색체를 가진다는 것을 알 수 있다.

암컷 개체의 세포인 (가)에 대립유전자 D가 존재하므로 D와 d도 X 염색체에 존재한다.
따라서 Y 염색체를 가지고 핵상이 n (복제X)인 (다)에서 D와 d의 DNA 상대량은 각각 0임을 알 수 있고
(나)와 (라)에서 형질 @에 대한 I의 유전자형은 DDEeFf가 되고, II의 유전자형은 DYEefY가 된다.
∴ ㉠=0, ㉡=2

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의하여 (가)의 핵상은 n (복제X)이 아닌데,
(가)에 D는 존재하지만 e가 존재하지 않으므로 핵상이 n (복제)임을 알 수 있다.
따라서 (가)에서 E의 DNA 상대량이 2가 되어야 한다.
∴ ㉢=2

- ㄱ. ㉠+㉡+㉢=4이다. (X)
- ㄴ. I의 형질 @에 대한 유전자형은 DDEeFf이다. (O)
- ㄷ. II에서 D와 f는 X 염색체에 연관되어 있다. (X)

06 2018학년도 9월 평가원 7번

정답 : ㄱ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 동물의 유전자형과 연관 여부를 알 수 없고 ㉠~㉡는 ㉢~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의하여 ㉠의 핵상은 n (복제 X)이 아니고,
 <감수분열에 관한 기본 전제>-(a)에 따라 ㉠의 핵상이 $2n$ (복제 X)과 $2n$ (복제)이 될 수 없다.
 따라서 ㉠은 ㉣이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의하여 ㉡는 ㉣이 아니므로 ㉢, ㉣ 중 하나이다.
 ㉡가 ㉢이라면, 이 개체의 유전자형은 $HHtt$ 이 되므로, ㉡에서 t 의 DNA 상대량이 0일 수 없다.
 \therefore ㉡=㉣

㉠가 ㉣이라면, ㉡(=㉣)에서 H 의 DNA 상대량은 4가 되어야 하므로 모순이다.
 따라서 남은 세포들을 Matching해보면 ㉠은 ㉢이고, ㉡는 ㉣이다.

- ㄱ. ㉣은 ㉡이다. (O)
- ㄴ. 세포의 핵상은 ㉣이 n , ㉠가 $2n$ 이다. (X)
- ㄷ. ㉣은 H 를 갖지 않으므로 DNA 상대량은 0이다. (X)

07 2018학년도 수능 12번

정답 : **ㄷ**

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 개체의 유전자형은 EeFFHh이고, 대립유전자 간 연관 여부는 알 수 없다.

DNA 상대량이 1과 2가 모두 존재하므로 ㉠의 핵상은 2n(복제X)로 I이고, <DNA 상대량에 관한 명제>-(e)에 의해 ㉡의 핵상은 n(복제X)이 되어 IV이다.

<감수 분열에 관한 기본 전제>-(a)에 의해 h를 가지지 않는 ㉢의 핵상은 2n(복제)일 수 없다. 따라서 ㉢은 III이고 ㉣은 II이다.

개체의 유전자형은 EeFFHh이므로 ㉠에서 ㉤=1이고, ㉡에서 ㉤=2이다. 대립유전자 E와 e는 감수 1분열에서 다른 세포로 나뉘 들어가는데, ㉢(=III)의 e에 대한 DNA 상대량이 2이므로, 반대편 세포인 ㉡에서 ㉤=0이다. 개체는 F를 동형 접합성으로 가지므로, ㉢=2이다.

IV의 유전자형은 EFh이다.

- ㄱ. ㉢은 II이다. (X)
- ㄴ. ㉠ + ㉡ + ㉢ + ㉣ = 5이다. (X)
- ㄷ. IV에서 세포 1개당 $\frac{F \text{의 DNA 상대량}}{E \text{의 DNA 상대량} + H \text{의 DNA 상대량}}$ 은 1이다. (O)

08 2019학년도 9월 평가원 16번

정답 : ㄱ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 개체 I의 유전자형은 HhTT이고, (가)~(다)는 I의 세포, (라)는 II의 세포이다. 대립유전자 간 연관 여부는 알 수 없다.

문제에서 제시한 유전자형을 통해 (나)가 A임을 확정지을 수 있다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의하여

핵상이 n(복제X)인 세포는 DNA 상대량이 2 이상일 수 없으므로, (다)는 B이다.

(다)로부터 형성된 난자가 수정되어 태어난 개체의 세포가 (라)이므로,

H를 가지는 (다)에 의해 (라)도 H를 가져야 한다. 따라서 (라)는 C이고, (가)는 D이다.

C에서 핵상이 2n(복제)임에도 T와 t의 DNA 상대량 합이 2이므로 T와 t는 X 염색체 위에 존재한다.

II는 정자 @로부터 Y 염색체를 받았으므로 수컷 개체임을 알 수 있다.

I의 유전자형에서 H, h, T의 DNA 상대량은 1 : 1 : 2이어야 하므로 ⊖은 2이다.

<감수분열에 관한 기본 전제>-(a)와 핵상이 n(복제X)이라는 사실에 의하여 ⊕은 1이다.

⊕은 (다)에 의해 H를 가지므로 2이다.

문제에서 제시된 표는 아래와 같이 채울 수 있다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
A=(나)	2	⊖=2	?(4)	0
B=(다)	1	?(0)	Ⓛ=1	?(0)
C=(라)	⊕=2	2	2	0
D=(가)	0	2	2	0

ㄱ. ⊖ + ⊕ + ⊕ = 5이다. (O)

ㄴ. C는 (라)이다. (X)

ㄷ. 정자 @는 X 염색체를 가지지 않으므로 T를 갖지 않는다. (X)

09 2019학년도 9월 평가원 18번

정답 : L

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>, <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 (가)~(다) 중 두 형질은 성염색체에, 나머지 한 형질은 상염색체에 존재한다.
성염색체에 존재하는 두 대립유전자 쌍은 연관일 수도 있고 독립일 수도 있다.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(a)에 의하여 ㉠은 E와 e를 모두 가지므로 핵상은 $2n(\text{복제X})$ 이고,
이 사람의 유전 형질 (가), (나), (다)의 유전자형은 $EeF[?]G[?]$ 이다.
이때, ㉡, ㉢은 E와 e 둘 중 하나만 가지므로 핵상이 각각 $n(\text{복제})$, $n(\text{복제X})$ 이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(h)에 의하여 이 사람은 남자이고 ㉠에서 대립유전자 E와 e는 상염색체 위에, 나머지 두 대립유전자는 성염색체에 존재함을 알 수 있다.

(나)와 (다)를 결정하는 대립유전자가 같은 성염색체에 존재한다면,
핵상이 n 인 ㉡과 ㉢에서 대립유전자 F와 G가 같이 존재해야 하거나 존재해선 안 된다.
따라서 (나)와 (다)를 결정하는 대립유전자는 서로 다른 성염색체 위에 존재한다.

이 사람의 유전 형질 (가), (나), (다)의 유전자형은 EeX^FY^G or EeX^GY^F 이다.

ㄱ. ㉠에서 F와 G는 서로 다른 성염색체 위에 존재한다. (X)

ㄴ. ㉡, ㉢은 핵상이 n 으로 같다. (O)

ㄷ. 이 사람의 성염색체는 XY이다. (X)

10 2020학년도 6월 평가원 8번

정답 : ㄴ, ㄷ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	유무만 공개	비공개

→ <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하자.

대립유전자 쌍을 알려주지 않았으므로 Case C에서 언급한 사고 순서를 따라가 보자.

(1) 핵상 분석

<감수 분열에 관한 기본 전제>-(a)에서 (다)는 유전자 ②을 가지지만, (라)는 ②을 가지지 않으므로 (라)의 핵상은 $2n$ 이 아니다. 마찬가지로, (라)는 유전자 ③을 가지지만, (다)는 ③을 가지지 않으므로 (다)의 핵상 역시 n 이다. 같은 논리를 적용하면, (가)의 핵상 역시 n 임을 알 수 있다.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(a)에 의해 (나)는 절반보다 많은 종류의 대립유전자를 가지므로 핵상이 $2n$ 이다.

(2) 대립유전자 쌍 분석

<유전자의 유무에 관한 명제>-(a)에 의해 핵상이 n 인 (가)에서 ③, ④은 대립유전자 쌍이 아니다. 같은 논리로 (라)에서 ①, ②이 대립유전자 쌍일 수 없다. 따라서 ①은 ③과, ④은 ④과 대립유전자 쌍을 이룬다.

(3) 개체 분석

Y 염색체 위에 H, h와 T, t 중 적어도 한 쌍이 존재한다면, B의 개체인 암컷이 가질 수 있는 대립유전자는 Y 염색체 위에 존재하지 않는 대립유전자 2종류가 최대이다.

그러나 표에서 I, II는 적어도 세 종류의 대립유전자를 가지므로 이에 모순이다. 따라서 Y 염색체 위에는 H, h와 T, t가 존재하지 않는다.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(b)에 의해 (다)에서 대립유전자 ①과 ②이 모두 존재하지 않으므로, 대립유전자 ①과 ②은 X 염색체에 존재하고 II는 수컷이다.

- ㄱ. ①은 ③과 대립유전자이다. (X)
- ㄴ. A는 수컷 개체의 세포이므로 II의 세포이다. (O)
- ㄷ. ③은 X 염색체에 존재하는데 (라)는 ③을 가지므로 X 염색체를 가진다. (O)

11 2020학년도 6월 평가원 16번

정답 : ㄱ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 세 대립유전자는 모두 다른 상염색체에 존재하고, II는 중기의 세포이다.

<감수 분열에 관한 기본 전제>-(a)에서 ㉠이 I이라고 가정하면,
 이 사람은 대립유전자 E를 갖지 않아야 하므로 ㉠과 ㉡에서 모순이다.
 따라서 <DNA 상대량에 관한 명제>-(e)에 의하여 ㉠은 III이고 ㉡은 I이다.
 자동으로 ㉢은 II가 된다.

I의 ㉠에 대한 유전자형은 EeFFGg이고,
 II과 III의 ㉠에 대한 유전자형은 각각 EFg, eFG이다.

- ㄱ. I에서 세포 1개당 $\frac{E\text{의 DNA 상대량} + G\text{의 DNA 상대량}}{F\text{의 DNA 상대량}}$ 은 1이다. (O)
 ㄴ. II의 염색 분체 수는 46이다. (X)
 ㄷ. III는 ㉠이다. (X)

12 2020학년도 9월 평가원 3번

정답 : ㄱ, ㄷ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자로 공개	공개

→ <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하자.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(a)에서
 ㉠과 ㉡은 각각 대립유전자 T와 t, H와 h를 모두 가지므로 핵상이 2n이다.
 ㉢, ㉣의 핵상은 2n이 아니므로 ㉣의 핵상은 n(복제)이고, ㉢의 핵상은 n(복제X)이다.

㉠→㉣ 과정에서 DNA 복제에 의해 DNA 상대량이 모두 2배가 되므로 ㉢는 2이고
 ㉣의 핵상은 n이므로 ㉢는 0이다.

- ㄱ. P의 핵상은 n(복제)이므로 ㉢이다. (O)
 ㄴ. ㉢는 2이고, ㉣는 0이다. (X)
 ㄷ. I의 핵상은 $2n = 6$ 이므로 감수 1분열 중기 세포 1개당 염색 분체 수는 12이다. (O)

13 2020학년도 수능 7번

정답 : ㄴ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자+유무	비공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(c)에서 (가)는 $2n$ (복제)이고, 이 사람의 유전자형은 HHTt이다. (나)와 (다)의 핵상은 $2n$ 이 아니므로 <DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의해 n (복제)이다.

(가)에서 ㉔이 존재하지 않으므로 ㉔은 h이고, (다)가 ㉓을 가지므로 ㉓은 t이다.

- ㄱ. ㉓은 t이다. (X)
- ㄴ. (나)와 (다)의 핵상은 n 으로 같다. (O)
- ㄷ. 이 사람의 ㉔에 대한 유전자형은 HHTt이다. (X)

문제에서 '난자 형성 과정'을 언급했으므로 이 사람은 여자이다.

여자의 성염색체는 XX기에 유전자형을 (가)에서 유전자형을 HHTt로 확정할 수 있었다.

여자로 결정되지 않았다면 (가)에서 HHtY처럼 Case가 확정되지 않는다.

여자라는 조건이 없어도 문제를 풀 수는 있지만, 훨씬 긴 풀이를 하게 되니 문제를 잘 읽고 넘어가자.

14 2021학년도 9월 평가원 18번

정답 : ㄱ, ㄴ, ㄷ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	숫자로 공개	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(c)에 의하여 A와 a의 DNA 상대량의 합이 4인 경우는 $2n$ (복제)뿐이다. 따라서 ㉔은 핵상이 $2n$ (복제)이고, II이다.

세포 ㉑의 상염색체 수가 ㉒의 상염색체 수의 두 배이므로 ㉑의 핵상은 $2n$ 이고, ㉒의 핵상은 n 이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의하여 ㉓은 III이 되고, ㉔은 IV이다.

㉔은 4, ㉓은 1이다.

- ㄱ. ㉑은 I이다. (O)
- ㄴ. ㉔ + ㉓ = 5이다. (O)
- ㄷ. II의 핵상은 $2n = 10$ 이므로, 2가 염색체 수는 5이다. (O)

15 2022학년도 6월 평가원 16번

정답 : ㄴ

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 1	유무로 공개	비공개

→ <유전자의 유무에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 H, h와 T, t는 서로 다른 염색체에 존재하고,

㉠~㉢는 각각 H, h, T, t 중 하나이다.

(가)~(다)는 중기의 세포이고, 2개는 세포 I으로부터, 나머지 1개는 세포 II로부터 형성되었다.

(가), (나), (다)는 중기의 세포이므로, 핵상은 $2n(\text{복제})$ or $n(\text{복제})$ 이다.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(a)에 의하여

사람 P의 $2n(\text{복제})$ 세포는 대립유전자 ㉠, ㉡, ㉢를 모두 가지고 있으므로,

(가), (나), (다)는 $n(\text{복제})$ 이다.

세포 (나), (다)의 핵상이 $n(\text{복제})$ 이므로 ㉠, ㉡은 ㉢과 대립유전자 쌍이 아니다.

따라서 ㉠은 ㉡과, ㉢은 ㉢과 대립유전자 쌍을 이룬다.

<유전자의 유무에 관한 명제>-(b)에서 (가)의 ㉡과 ㉢이 모두 존재하지 않으므로

㉡, ㉢은 성염색체에 존재한다.

사람 P가 여자이고 ㉡과 ㉢이 Y 염색체 위에 존재한다면, 대립유전자 ㉡과 ㉢을 가질 수 없으므로 모순이다.

㉡과 ㉢이 X 염색체 위에 존재한다면, (가)에서 ㉡과 ㉢을 가지지 않는 것이 모순이다.

따라서 사람 P는 남자이고 유전 형질 ㉡에 대한 유전자형은 $㉠㉡ X^{㉢}Y$ or $㉠㉡ XY^{㉢}$ 이다.

이때 (가)와 (나)는 ㉡을, (나)와 (다)는 ㉢을 같이 가지므로 같은 G_1 기 세포로부터 형성될 수 없다.

(가), (다)가 I으로부터 형성된 세포이고, (나)가 II로부터 형성된 세포이다.

ㄱ. 사람 P는 대립유전자 ㉢을 가지지 않는다. (X)

ㄴ. (가)와 (다)의 핵상은 n 으로 같다. (O)

ㄷ. I으로부터 (가)와 (다)가 생성되었고, II로부터 (나)가 생성되었다. (X)

16 2022학년도 6월 평가원 19번

정답 : L

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자로 공개	비공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 I은 암컷, II는 수컷이고, ㉠, ㉡, ㉢, ㉣는 각각 A, a, B, b 중 하나이다.

I과 II의 유전자형은 각각 AaBb와 Aabb 중 하나이다.

(가)는 I의 세포로 핵상은 2n(복제)이고, (나)는 II의 세포로 핵상은 n(복제X)이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(b)에서 2개의 DNA 상대량을 더한 값이 6이 되기 위해선 2+4일 수밖에 없다.

만약 (가)에서 ㉠의 DNA 상대량이 4라면, ㉡의 DNA 상대량은 2, ㉢의 DNA 상대량은 4가 된다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(f)에 의해 4인 유전자의 대립유전자는 항상 0이므로 모순이다.

따라서 (가)에서 DNA 상대량을 표로 나타내면 다음과 같다.

㉠	㉡	㉢	㉣
2	4	2	0

<DNA 상대량에 관한 명제>-(f)에 의하여 ㉡과 ㉣는 서로 대립유전자이고,

(가)는 대립유전자 ㉡을 동형 접합성으로 가지므로 유전자형이 Aabb임을 알 수 있다.

자동으로 (나)의 유전자형은 AaBb가 된다.

이를 바탕으로 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣와 A, a, B, b를 각각 Matching해보면 ㉡=b, ㉣=B이고,

㉠, ㉢은 각각 A, a 중 하나이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(e)에서 n(복제X)인 (나)의 ㉢+㉣이 2이므로

㉢, ㉣의 DNA 상대량은 모두 1이다.

그림에서 (나)에는 대립유전자 A가 존재하므로 ㉢은 A, a 중 A이다.

지금까지 나온 정보를 토대로 ㉢와 ㉣를 구하면 ㉢=4, ㉣=1이다.

ㄱ. I의 유전자형은 Aabb이다. (X)

ㄴ. ㉢ + ㉣ = 5이다. (O)

ㄷ. (나)에는 b가 존재하지 않는다. (X)

문제에서 쓰인 논리는 아니지만, 문제에서 제시된 동물 종의 핵상은 $2n = 4$ 이고,

대립유전자 A, a와 B, b는 서로 다른 염색체에 존재하므로 **둘 중 하나는 성염색체에 존재해야 한다.**

17 2022학년도 수능 7번

정답 : L

세포	DNA 상대량	대립유전자
TYPE 2	숫자+유무	공개

→ <DNA 상대량에 관한 명제>를 사용하자.

조건을 정리하면 H, h와 R, r는 서로 다른 상염색체에 존재하고,
㉠~㉣는 염색체 ㉠~㉣를 순서 없이 나타낸 것이다.

유전자와 달리, 상염색체는 하나라도 존재하지 않으면 세포의 핵상은 n이다.
세포 I, III, IV에서 각각 염색체 ㉠, ㉡, ㉢이 존재하지 않으므로 핵상이 n이다.

<DNA 상대량에 관한 명제>-(d)에 의해 세포 III와 IV는 n(복제)이다.

핵상이 n인 세포는 상동 염색체를 둘 중 하나만 가진다.
따라서 세포 III에서 ㉠과 ㉢은 상동 염색체가 아니고,
세포 IV에서 ㉠과 ㉡은 상동 염색체가 아니므로 ㉡과 ㉢이 7번 염색체가 되어 상동 염색체이다.

따라서 ㉠은 ㉢이고, ㉡, ㉢을 모두 가지는 세포 II의 핵상은 2n이다.

세포 II에서 r의 DNA 상대량이 1이므로 이 사람의 대립유전자 R, r에 대한 유전자형은 Rr이다.
염색체 ㉠이 r를 포함하고 있다고 가정하면,
세포 I에서 r의 DNA 상대량이 1임에도 염색체 ㉠이 존재하지 않는 것이 되어 모순이 발생한다.
마찬가지로 염색체 ㉢이 r를 포함하고 있다고 가정하면, 세포 IV에서 모순이 발생한다.
㉡ 염색체에 r를 가지고 있고, 개체의 유전자형이 Rr므로 상동염색체인 ㉢은 R를 가진다.

III는 ㉠을 가지는데 H의 DNA 상대량이 0이 아니므로 ㉠은 H를 가진다.

따라서 염색체와 유전자를 Matching해보면 다음 표와 같다.

염색체 ㉠	염색체 ㉡	염색체 ㉢
H	r	R

세포 I은 염색체 ㉠을 가지고 있지 않음에도 H의 DNA 상대량이 1이다.
따라서 ㉡가 아닌 8번 염색체도 H를 가지고 있어야 하기 때문에,
이 사람의 형질 (가)에 대한 유전자형은 HHRr이다.

- ㄱ. I의 핵상은 n이지만, II의 핵상은 2n이므로 서로 다르다. (X)
- ㄴ. ㉡과 ㉢은 모두 7번 염색체이다. (O)
- ㄷ. 이 사람의 형질 (가)에 대한 유전자형은 HHRr이다. (X)