

JUST ONE
POINT

Part1. Diagnostic Evaluation

-비유전 전범위

Part2. Lecture and Exercise

- 세포 주기
- 핵형 분석
- 생식세포 분열

Part3. Practical Problem Solving

- 생식세포 분열 4문제

Part4. Part 1 해설

Part1. Diagnostic Evaluation

제한 시간: 10분

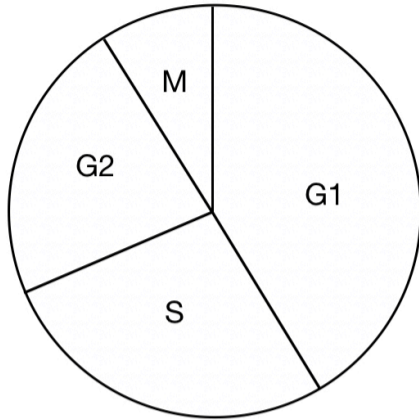
[1]OX Quiz

- 1) 바이러스는 핵산 껍질이 단백질을 감싸고 있는 구조이다.
- 2) 바이러스는 유전물질을 가진다.
- 3) ATP는 염기와 당 그리고 3개의 인산으로 구성되어 있다.
- 4) 세포호흡은 여러 단계에 걸쳐서 일어나며, 각 단계마다 효소가 관여한다.
- 5) 단백질의 세포 호흡 결과 생성되는 암모니아는 간에서 요소로 분해된다.
- 6) 이자의 베타 세포가 기능을 상실하여 발생한 당뇨병의 경우 인슐린 처방이 이루어진다.
- 7) 인슐린 수용체에 모두 이상이 생겨 발생한 당뇨병의 경우 인슐린 처방이 이루어진다.
- 8) 감각 뉴런의 경우 가지돌기에 신경세포체가 존재한다.
- 9) 연합 뉴런은 말초 신경계에 속한다.
- 10) 칼륨 통로를 통한 이온의 이동을 억제하는 물질을 처리하면 활동하면 탈분극이 일어나지 않는다.
- 11) 시냅스 소포는 가지돌기에 들어있다.
- 12) 뉴런에서는 세포 호흡이 일어난다.
- 13) 골격근의 움직임은 대뇌에 의해 조절된다.
- 14) 근육 원섬유는 근육 세포이다.
- 15) 근육 원섬유 마디를 현미경으로 관찰 시에 어둡게 보이는 부분에는 액틴 필라멘트가 반드시 존재한다.
- 16) 근육의 수축 과정에서 이화 작용이 일어난다.
- 17) 탈분극이 일어나면 나트륨 통로를 통해서 나트륨 이온이 세포막 안으로 이동하고, 그 결과 세포막 안쪽의 농도가 더 높아지게 된다.
- 18) 말초 신경계는 기능에 따라서 뇌 신경과 척수 신경으로 구분 된다.
- 19) 대뇌의 겉질이 회색질인 이유는 신경 세포체가 모여 있기 때문이다.
- 20) 항상성 유지의 중추는 연수이다.
- 21) 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 모두 척수에 존재한다.
- 22) 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 모두 뇌에 존재한다.

- 23) 호르몬은 외분비샘에서 생성되어 별도의 분비관 없이 혈액이나 조직액으로 분비된다.
- 24) 시상 하부에서 뇌하수체 후엽으로 호르몬 분비에 관한 신호를 전달할 때는 호르몬이나 신경을 통해서 전달한다.
- 25) 세균은 단세포 진핵 생물이다.
- 26) 바이러스는 세균보다 크기가 크다.
- 27) 모든 병원체는 자신의 유전 물질을 가지고 있다.
- 28) 세포 독성 T림프구는 병원체 감염된 세포에 작용하여, 병원체를 선택적으로 제거하는 역할을 한다.
- 29) 염색체의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.
- 30) 체세포는 간기와 분열기에서 모두 핵상이 $2n$ 이다.
- 31) G1기에서 유전 물질의 복제가 일어나 DNA 상대량이 2배가 된다.
- 32) 개체군의 성장 곡선 중 실제 성장 곡선에서 시간이 진행될수록 환경 저항은 커지게 된다.
- 33) 콩과 식물과 뿌리혹박테리아는 편리 공생 관계이다.
- 34) 식물 군집이 존재하던 곳에 산불이 일어나 군집이 파괴된 후, 기존에 남아 있던 토양에서 시작하는 천이는 1차 천이다.
- 35) 1차 소비자의 호흡량은 생산자의 고사, 낙엽량에 포함된다.
- 36) 암모늄 이온이나 질산 이온이 생산자에 의해 흡수되는 것을 질소 고정 작용이라고 한다.
- 37) 질소 고정 작용을 담당하는 세균에는 뿌리혹박테리아, 아조토박터가 포함된다.
- 38) 무당 벌레의 점 개수가 다양하게 나타나는 것은 종 다양성의 사례이다.

Part 2. Logic and Exercise

1)세포 주기



세포 주기: 하나의 세포가 분열하여 두 개의 세포로 나누어지는 일련의 과정으로 크게 간기와 분열기로 나뉜다. 간기는 G1, S, G2기로 나뉜다

G1:세포의 구성 물질 합성, 세포 소기관 합성, 세포가 가장 많이 성장, DNA 상대량 1

S: DNA 복제 시기, DNA 상대량 1~2

G2: 방추사 구성 단백질 합성, DNA 상대량 2

M: 간기에서 분열기로 넘어갈 때 핵막과 인이 소실된다. 이후에 핵분열과 세포질 분열이 일어난다.

Key Point

1)G1기에서만 세포의 생장이 일어나는 것이 아니라, S기, G2기에서도 세포의 생장이 일어난다. G1기에서 세포의 생장이 가장 많이 일어나는 것이다.

2) S기에 DNA 복제가 일어난다. 1에서 2가되는 과정이기 때문에 이 과정의 세포들의 DNA 상대량은 1~2의 값을 갖는다.

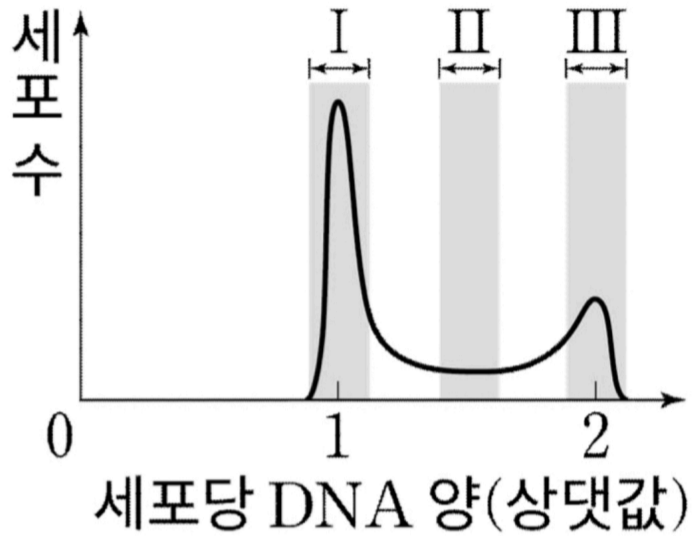
3) 이 세포주기는 구체적으로는 체세포의 세포 주기이다. 따라서 모든 시기에서 세포의 핵상은 $2n$ 이라는 것을 염두에 두자.

4) 세포 주기 중 가장 많은 시기를 차지하는 것이 G1기이고, 가장 적은 시기를 차지하는 것은 M기 라는 것을 알아 두자.

5) 간기와 분열기를 구분 할 수 있는 가장 중요한 포인트는 핵막과 인이 존재하는가이다. 간기의 세포는 핵막과 인이 존재하고, 분열기 세포들은 핵막과 인이 존재하지 않는다.

Exercise

[1] DNA상대량에 따른 세포 수



Q1. 구간 1, 2, 3에 속하는 세포들의 세포 주기는 각각 무엇인가?

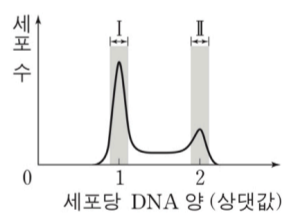
A1. DNA상대량이 1~2가 존재하는 것으로 보아서 1인 경우는 DNA 복제 이전, 2인 경우는 DNA 복제 이후이다.

따라서 1에는 G1기 세포, 3에는 G2기, M기 세포가 속한다. 1~2 사이의 값을 지나는 경우는 DNA 복제가 진행 중이라는 것이므로 S기의 세포이다.

*이 그래프의 세포 수는 세포 주기의 길이와 비례한다.

[2] 2018 수능

그림은 어떤 동물의 체세포를 배양한 후 세포당 DNA 양에 따른 세포 수를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기>
- ㄱ. 구간 I에는 G₁기의 세포가 있다.
 - ㄴ. 구간 II에는 핵막을 가진 세포가 있다.
 - ㄷ. 구간 II에는 염색 분체의 분리가 일어나는 시기의 세포가 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

ㄱ. 구간 1은 DNA 상대량이 1이므로, G1기 세포

> 참

ㄴ. 구간 2는 DNA 상대량이 2이므로, G2기와 M기의 세포

이 중에서 G2기 세포는 간기의 세포이기 때문에 핵막과 인이 존재

> 참

ㄷ. 구간2에는 M기 세포 존재하고 체세포의 세포 주기

> 참

2)핵형 분석

핵형 분석 유형은 간단히 세포들이 주어져있을 때 염색체의 수, 모양, 크기 등을 토대로 세포를 분석하는 것이다.

이 때 중점적으로 알아내야 하는 부분은 핵상이 무엇인지, 어떤 종에 속하는 세포인지, 성별은 무엇인지 그리고 어떤 개체의 세포인지에 관한 것이다.

[1]핵상

핵상을 파악하는 것은 너무나 간단하다. 상동 염색체 쌍이 존재하면 $2n$, 그렇지 않으면 n 이다.

[2]성별

$2n$ 의 세포라면 성별 파악도 어렵지 않다. 모든 염색체가 짝이 있다면 XX를 가지는 암컷이고, 짝을 가지지 않는 1쌍이 있다면 XY를 가지는 수컷이다.

하지만 n 세포의 경우는 성별 파악이 가능할 수도 있고, 가능하지 않을 수도 있다.

다른 조건들을 토대로 n 세포가 X염색체를 가지는 것을 알아냈다면 이는 XX의 n 세포일 수도, XY의 n 세포일 수도 있는 것이다.

또한, n 세포가 Y염색체를 가지는 것을 알아냈다면 이는 XY의 n 세포임이 확실하기 때문에 수컷의 세포임을 알 수 있다.

[3]종

종이 같다는 것은 기본적으로 핵형이 비슷하다는 것을 의미한다. 같은 종의 생물이 성별이 같을 경우에는 핵형이 같다. 예를 들어 돌연변이가 없다는 가정 하에서 문재인 대통령과 윤석열 대통령의 핵형은 같다. 문재인 대통령과 윤석열 대통령이 가지는 염색체의 수, 모양, 크기 등의 염색체의 외관적 특징은 동일하다는 것이다. (필자는 정치색이 없다는 것을 고려해주면 좋겠다.)

따라서 나열되어 있는 세포를 봤을 때 염색체의 모양과 크기가 같다면 같은 종에 속하는 것으로 판단할 수 있는 것이다.

[4]개체

같은 종에 속하는 세포임을 판단했다면, 그 세포가 어떠한 개체의 세포인지 구별할 수 있는 조건이 주어져 있다면, 구별해 내야 한다.

이러한 조건에는 유전자형, 성염색체, 제시문 조건 등이 있다.

Key Point

*어떤 세포의 어떤 시기의 염색분체 수를 묻는 경우

그 세포의 염색체 수가 몇인지 알아내고, 중기 세포인지 확인한다.

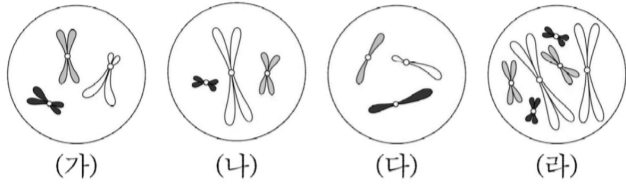
중기 세포라면 염색체가 뚱뚱한 상태라는 것이므로 **염색분체 수=염색체 수 x 2**

중기 세포가 아닌 G1기 세포나, 분열이 모두 끝난 세포라면 날씬한 상태라는 것이므로 **염색분체 수=염색체 수**

Exercise

[1]2022 10월

그림은 동물 A($2n = 6$)와 B($2n = 6$)의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. A와 B의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이고, (가)는 A의 세포이다.



Q1. A와 B는 같은 종에 속하는가?

A1. 4개의 세포를 보면 염색체의 모양이 동일하지 않으므로 A와 B는 서로 다른 종의 세포임을 알 수 있다.

Q2. 각 세포가 가지는 성염색체는 무엇인가?

A2. 우선 염색체를 비교해보면 (가), (다)는 A의 세포임을, (나), (라)는 B의 세포임을 알 수 있다.

(라)는 XX임을 알 수 있고, 따라서 (나)는 X임을 알 수 있다.

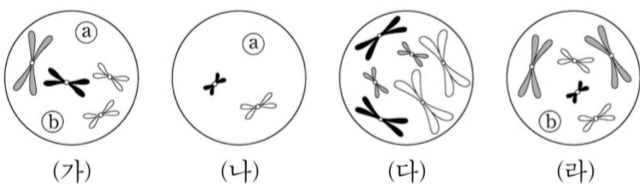
(가), (다)를 독립적으로 본다면 이 세포의 성염색체가 무엇인지 알 수 없지만 (가)와 (다)가 가지는 성염색체의 종류가 다르다는 것을 알 수 있다. 이 중 작은 것이 Y, 큰 것이 X이므로 (가)는 Y (다)는 X염색체를 가짐을 알 수 있다.

Q3. A의 성별은 무엇인가?

A3. (가), (다)가 A의 세포인데 각각 Y, X를 가지므로 A의 $2n$ 세포는 XY를 가짐을 알 수 있다. 따라서 A는 수컷이다.

[2]2022 9월

그림은 동물($2n = 6$) I~III의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. I~III은 2가지 종으로 구분되고, (가)~(라) 중 2개는 암컷의, 나머지 2개는 수컷의 세포이다. I~III의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다. 염색체 ①과 ② 중 하나는 상염색체이고, 나머지 하나는 성염색체이다. ①과 ②의 모양과 크기는 나타내지 않았다.



Q1. (가)~(라)의 종을 구분하시오.

A1. 이 문제에 등장하는 세 개체는 2가지 종으로 구분되었다고 하였다. (가), (나), (라)의 염색체 모양을 보면 일부가 숨겨져 있긴 하지만 성염색체의 모양이 다를 수 있다는 것을 고려해도 같은 종이라는 것을 알 수 있고, (다) 혼자 다른 종의 세포라는 것을 알 수 있다.

또한 종을 구별할 수 있는 다른 근거로 (가)와 (나)가 염색체 a를 공유하므로 (가)와 (나)는 같은 종이고, (가)와 (라)가 염색체 b를 공유하므로 (가)와 (라)는 같은 종이고, 결과적으로 (가), (나), (라)는 같은 종이다.

Q2. (가)~(라)의 성별은 무엇인가?

A2. 우선 (다)는 XX이므로 암컷의 세포이다. (가), (나), (라)를 비교해봤을 때 상염색체들의 모양은 모두 동일해야 한다. 따라서 검정색의 염색체가 성염색체임을 알 수 있다.

(나), (라) 작은 성염색체를 가지므로 Y염색체를 가지는 것이기에 수컷의 세포이다.

Q3. a와 b는 어떤 염색체인가?

A3. (나)는 n세포인데 이미 성염색체를 가지므로 a는 상염색체이다. (라)를 보면 성염색체가 하나 부족하므로 b는 성염색체임을 알 수 있고 Y라면 (라)가 YY가 되므로 X염색체이다.

3) 생식세포 분열

생식세포 분열은 우선 생식세포가 분열하여 생식세포를 만드는 것이 아님에 주의하자.

우리 몸의 일반적인 한 세포가 분열하여 생식세포 4개를 만드는 것이다. 생식세포 분열 과정이 어떻게 일어나는지 확실히 이해하는 것은 앞으로 배울 DNA 상대량과 관련한 논리를 이해하는 데에 있어서 가장 기본적 이면서도 중요한 일이다.

생식세포 분열은 감수1분열, 감수2분열 이렇게 2단계로 일어난다.

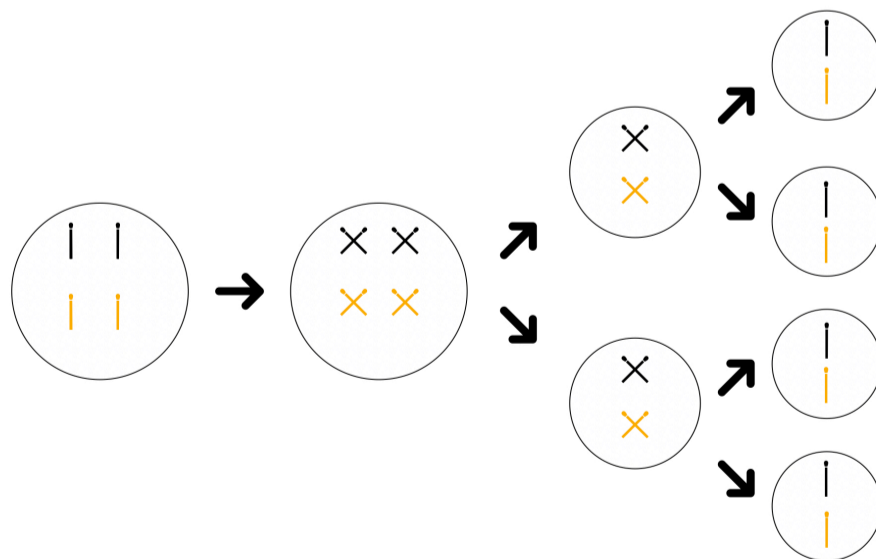
감수 1분열은 상동 염색체의 분리, 감수 2분열은 염색 분체의 분리가 일어난다. 이 두가지 방식의 공통점과 차이점을 확실히 파악하고 있어야 한다.

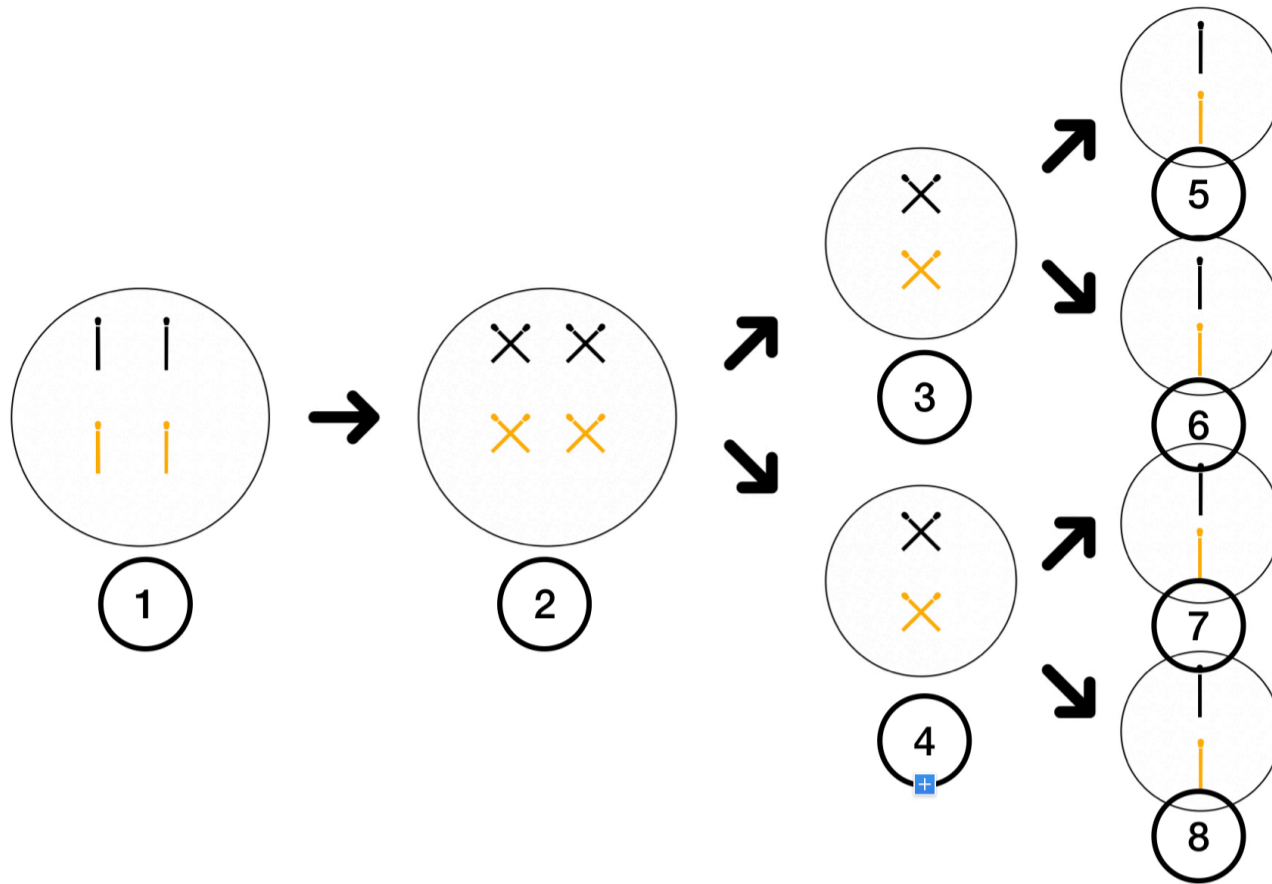
상동 염색체 분리라는 것은 상동 염색체 관계에 있던 두 염색체가 분리된다는 것이고 **염색 분체 분리**는 한 염색체를 구성하고 있던 두 자매 염색 분체가 분리된다는 것이다.

상동 염색체 분리는 염색체가 분리 되는 것이기 때문에 감수 1분열 시에는 모세포와 비교했을 때 딸세포의 염색체 수가 절반으로 줄고, 핵상이 $2n > n$ 이 되는 것이다.

염색 분체 분리는 뚱뚱했던 염색체가 날씬한 염색체 2개로 분리되는 것이기 때문에 모세포와 비교했을 때 딸세포의 염색체 수가 변화가 없기에, 핵상이 $n > 0.5n$ 이 되지 않고 계속 n 으로 유지되는 것이다. 같은 이유로 체세포 분열에서는 분열 결과 모세포와 딸세포의 염색체 수와 핵상이 동일한 것이다.

상동 염색체 분리와 염색 분체 분리의 공통점으로는 모두 DNA 상대량은 절반씩 줄어든다는 것이 있다.





Key Point

1) 세포 1과 세포 2의 차이점

> 세포1은 G1의 세포를 의미하고 세포2는 DNA복제가 이루어져서 유전물질의 양이 2배가 된 것을 의미해서 세포 2는 보통 감수 1분열 중기 세포로 표현된다.

따라서 세포1의 유전자형이 Aa이고 DNA상대량이 $[A, a]=[1, 1]$ 이라면 세포 2의 DNA 상대량은 $[A, a]=[2, 2]$ 가 된다. 간단히 세포 1과 2는 복제 관계라고 생각하자.

간기의 세포는 실제로는 위의 그림처럼 염색체로 응축된 형태가 아니라, 염색사로 존재하지만, 문제화 하기 위하여 염색체 인 것 마냥 표현이 된다는 것을 기억하자.

2) 세포 2에서 세포 3, 4로의 분열

>이 과정이 감수 1분열이다. 상동 염색체 관계를 이루고 있던 두 염색체가 각각 다른 세포로 나뉘어 들어가게 된다. 이 때 만약 이 개체의 유전자형이 Aa였고 세포 3으로 A가 갔다라고 한다면, 4는 a를 가지는 것이다. 이는 5, 6이 a를 가지지 못하고 7, 8이 A를 가지지 못하는 이유가 된다.

세포2의 DNA 상대량이 $[A, a]=[2, 2]$ 이면 세포 3은 $[A, a]=[2, 0]$ 세포 4는 $[A, a]=[0, 2]$ 가 되는 것이다.

이형 접합인 경우에 감수 1분열이 일어나면 딸세포가 가질 수 있는 유전자의 종류가 상반된다는 것을 염두에 두자. 이 때 세포 3, 4를 합치면 세포 2가 된다는 것도 기억하자.

3) 세포 3에서 세포 5, 6으로의 분열, 세포 4에서 세포 7, 8로의 분열

> 이 과정이 감수 2분열이다. 뚱뚱했던 한 염색체가 날씬한 두 염색체로 분열된다. 예를 들어 유전자 A를 가지고 있는 뚱뚱한 염색체가 있다. 이 친구는 A의 DNA 상대량이 2일 것이다. 따라서 분열을 하게 되면 A 1개를 가지는 2개의 염색체로 나뉘어 들어가게 된다.

세포 3의 DNA 상대량이 $[A, a]=[2, 0]$ 이라면 세포 5,6은 $[A, a]=[1, 0]$ 이 되는 것이다.

따라서 이 과정에서 DNA 상대량은 절반으로 줄고 가지는 유전자의 종류는 바뀌지 않는다. 이 때 세포 5,6을 합치면 세포 3이 되고, 세포 7, 8을 합치면 세포 4가 된다는 것도 기억하자. 이러한 관계를 의미상은 아니지만, 유전자의 구성이 같고 상대량이 정확히 2배 관계이기 때문에 편의상 복제 관계라고 표현해도 괜찮을 것 같다.

Skill and Exercise

1) 2n 세포는 n세포의 전체 집합이다.

돌연변이가 없다는 전제 하에 모세포에 없던 유전자가 딸세포에 나타날 수 없다. 너무나도 당연한 이러한 사실조차 문제풀이에 이용된다. 너무나 당연한 사실이라 가볍게 넘기지 말자. 이러한 성질 때문에 실제로 문제 풀이에 이용하지 못하는 경우가 허다하다.

세포 1과 세포 2는 유전자량에 차이만 있을 뿐 유전자 조성은 같다. 세포 1과 세포 2는 세포 3, 4, 5, 6, 7, 8이 가지는 유전자 종류는 반드시 포함해야 한다. 이를 반드시 기억하자

1') 2n세포와 유전자 구성이 다르면 n세포이다.

> 한 개체의 2n 세포(체세포)의 유전자 구성은 모두 동일하다. 예를 들어 루피의 간세포와 근육세포의 유전자 구성은 정확히 일치한다는 것이다. 따라서 2n세포와 유전자 구성이 조금이라도 다르면, 가차없이 n이라고 표시하자.

개체 P의 세포 1~2, Hh, Rr은 대립유전자 관계, A~D는 HhRr을 순서없이 나타낸 것.

세포 \ 대립유전자	A	B	C	D
1	0	0	X	X
2	0	X	0	X

Q) 1과 2의 핵상

> 1과 2가 가지는 대립유전자는 모두 2n세포가 가진다. 2n세포는 ABC를 모두 가지므로 1과 2는 2n 세포와 다르다. 따라서 1과 2의 핵상은 n이다.

개체 P의 세포 1~3, Hh, Rr은 대립 유전자 관계, ABCD는 HhRr을 순서없이 나타낸 것. 3의 핵상은 2n

세포 \ 대립유전자	A	B	C	D
1	0	0	X	X
2	0	X	0	X
3	0	0	0	0

Q) 1과 2의 핵상

> 3의 핵상이 2n인데 1, 2의 유전자 구성이 3과 다르므로(3이 가지는 유전자를 가지지 못함) 1, 2의 핵상은 n이다.

2) 한 세포에서 감수분열결과 생성되는 n세포(생식세포)의 전체집합은 2n세포

> Skill 1과 비슷한 맥락이지만 좀더 구체적인 정보이다. = 한 세포에서 감수분열 결과 형성된 세포들은 이러한 관계를 반드시 성립해야 하지만, 그냥 한 개체의 2n세포와 n세포라면 한 세포분열 과정 내에 속할 필요가 없다.

따라서 한 세포에서 감수분열이 일어나는 그림이 나왔거나, 한 세포에서 감수분열이 일어났다고 제시된다면 skill 2를 이용해야 할 것.

2') 한 개체의 체세포의 유전자 구성은 모두 동일, 생식세포는 유전자 구성이 다양할 수 있다.

> skill 2가 잘 이해가 안갔다면 이 내용에 대한 이해가 부족할 수 있음. 기억해야 할 점은 skill 2의 상황이 skill 1의 상황보다 더 구체적인 정보를 준다는 것을 기억하고, 반드시 이용하자.

3)어떤 세포가 주어진 대립 유전자의 절반보다 많이 가진다면 2n 세포이다.

Hh, Rr은 대립유전자 관계, A~D는 HhRr을 순서없이 나타낸 것

세포 \ 대립유전자	A	B	C	D
1	0	0	0	X

> HhRr 총 4개의 대립유전자 중 3개를 가지면 1은 2n세포라는 것.

Hh 혹은 Rr일 것이기 때문

4) n세포는 대립 유전자를 쌍으로 가지지 못한다.

> 당연한 소리 같지만, 이를 통해 핵상을 파악할 수도 있고, 어떤 유전자가 대립유전자 관계가 아닌지를 알 수 있다. 대립 유전자 쌍을 찾는 과정을 아래 예시를 통해 관찰해보자.

개체 P의 세포 1~3, Hh, Rr은 대립 유전자 관계, ABCD는 HhRr을 순서없이 나타낸 것.

세포 \ 대립유전자	A	B	C	D
1	0	0	X	X
2	0	X	0	X
3	0	0	0	0

>이러한 상황에서 3은 2n 세포일 것이다.

1과 2는 2n세포와 유전자 구성이 다르므로 n세포일 것이다.

n세포인 1에서 AB가 동시에 존재하므로 이들은 대립유전자 관계가 아니다

n세포인 2에서 AC가 동시에 존재하므로 이들은 대립유전자 관계가 아니다.

따라서 AD는 대립유전자 관계일 수밖에 없다.

그러면 자동적으로 BC도 대립유전자 관계가 된다.