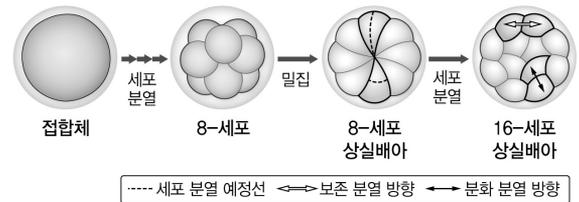


분열로 16-세포 상실배아의 표층에 1개, 내부에 1개로 갈라져서 분포함으로써, 16-세포 상실배아는 표층 세포와 내부 세포로 구분되는 모습을 처음으로 띠게 된다. 한편 이 두 갈래의 세포 분열은 16-세포 상실배아에서도 일어나서 32-세포 상실배아가 형성된다. 32-세포 상실배아의 표층 세포들은 이후 초기 배반포의 영양외배엽 세포들로 분화되고 내부 세포들은 속세포덩어리 세포들로 분화된다.



여기서 문제는 16-세포 상실배아와 32-세포 상실배아의 세포가 어떻게 서로 다른 성질을 가진 세포로 분화되는가이다. 이에 대해 두 개의 가설이 제시되었다. 먼저 '내부-외부 가설'은 하나의 세포가 주변 세포와의 접촉 정도와 외부 환경에 노출 여부에 따라 서로 다르게 분화된다고 보았다. 곧 상실배아의 내부 세포는 표층 세포보다 주변 세포와의 접촉 정도가 더 크고 바깥 환경과 접촉하지 못하므로 내부 세포와 표층 세포는 서로 다른 세포로 분화된다는 것이다.

그러나 8-세포 상실배아 상태에서 특정 물질들의 분포에 따라 한 세포가 성질이 다른 두 부분으로 구분된다는 것이 발견되면서, '양극성 가설'이 새로 제시되었다. 8-세포 단계에서 세포 내에 고르게 분포했던 어떤 물질들이 밀집 과정에서 바깥이나 안쪽 중 한쪽으로 쏠려 분포하게 되어 결과적으로 8-세포 상실배아의 각 세포는 두 부분으로 구분된다. 이 물질들을 양극성 결정 물질이라고 부르며, 이 물질의 분포에 따라 서로 다른 성질의 세포로 분화된다는 것이 '양극성 가설'이다. 이 가설에 따르면 8-세포 상실배아의 세포가 분화 분열되면서 형성된 16-세포 상실배아의 표층 세포는 원래 가지고 있던 양극성 결정 물질의 분포를 유지하지만, 분열로 만들어진 내부 세포에는 분열 이전에 바깥쪽에 쏠려 분포했던 양극성 결정 물질이 없다. 표층 세포와 내부 세포의 이런 차이 때문에 분화될 세포의 유형이 다르게 된다는 것이다.

과학자들은 상실배아의 표층 세포와 내부 세포의 분화와 관련하여 다능성-유도 물질 OCT4와 영양외배엽 세포 형성 물질 CDX2를 주목하였다. 8-세포 상실배아의 모든 세포에서 OCT4는 고르게 분포하지만, CDX2는 그렇지 않다. 이는 양극성 결정 물질 중 세포의 바깥 부분에만 있는 물질이 CDX2를 세포 바깥쪽에 집중적으로 분포하게 하기 때문이다. 이후 16-세포 상실배아가 되면, 표층 세포에서는 OCT4가 점차 없어지는 반면, 내부 세포에서는 잔류 CDX2가 점차 없어지는데, 이는 표층 세포에서는 CDX2가 OCT4의 발현을 억제하고, 내부 세포에서는 OCT4가 CDX2의 발현을 억제하기 때문이다. 한편 CDX2를 발현시키는 물질의 기능을 억제하는 '히포' 신호 전달 기전 또한 관련 현상으로 연구되었다. 이에 따르면, 16-세포 상실배아의 모든 세포에 존재하는 이 기전은 주변 세포와의 접촉이 커지면 활성화되어 CDX2의 양이 감소한다. 이러한 연구 결과들은 CDX2와 OCT4의 상호 작용이 분화 분열로 만들어진 두 세포가 달라지는 원인을 말해 준다.

◆ 13 LEET 언어이해 25~27번  
[25~27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리 몸의 수많은 세포들은 정자와 난자가 수정하여 형성된 단일 세포인 접합체가 세포 분열을 하여 만들어진 것이다. 포유류의 경우, 접합체의 세포 분열로 형성되는 초기 배반포 단계에서 나중에 태반의 일부가 되는 영양외배엽 세포와 그에 둘러싸인 속세포덩어리가 형성되는데, 이 속세포덩어리는 나중에 태아를 이루는 모든 세포로 분화되는 다능성(多能性)을 지닌다. 그렇다면 속세포덩어리는 어떻게 만들어질까?

접합체는 3회의 세포 분열을 통해 8개의 구형(球形) 세포로 구성된 8-세포가 된 후, 형태를 변화시키는 밀집 과정을 통해 8-세포 상실배아가 된다. 다음으로, 8-세포 상실배아는 세포의 보존 분열과 분화 분열로 16-세포 상실배아가 되는데, 보존 분열은 분열 후 두 세포의 성질이 같은 경우이며, 분화 분열은 분열 후 두 세포의 성질이 서로 다른 경우이다. 8-세포 상실배아의 일부 세포는 보존 분열로 16-세포 상실배아의 표층을 형성하는 세포들이 되고, 나머지 세포는 분화

25. 속세포덩어리의 형성과 관련하여 위 글을 통해 알 수 없는 것은?

- ① 속세포덩어리로 세포가 분화되는 과정
- ② 속세포덩어리로 분화될 세포의 양극성 존재 여부
- ③ 속세포덩어리로 분화될 세포가 최초로 형성되는 시기
- ④ 속세포덩어리가 될 세포의 수를 결정하는 물질의 종류
- ⑤ 속세포덩어리가 될 세포를 형성하기 위한 세포 분열의 방법

26. 16-세포 상실배아가 동안 일어나는 현상으로 옳은 것은?

- ① 내부 세포에서 CDX2를 발현시키는 물질의 기능이 활성화된다.
- ② 보존 분열에 의해 형성된 세포에서 '히포' 신호 전달 기전이 활성화된다.
- ③ 표층 세포의 바깥쪽 부분에서 CDX2의 발현을 억제하는 OCT4의 영향력이 증가한다.
- ④ 분화 분열에 의해 형성된 내부 세포에서 CDX2 양에 대한 OCT4 양의 비율이 감소한다.
- ⑤ 표층 세포와 내부 세포 간에 CDX2의 분포를 결정하는 양극성 결정 물질의 양에 차이가 생긴다.

27. <보기>는 여러 단계의 상실배아에 있는 세포에 조작을 가하여 배양한 결과를 정리한 것이다. 실험 결과가 해당 가설을 지지할 때, ㉠, ㉡, ㉢으로 알맞은 것은?

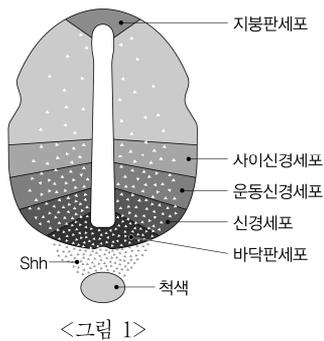
<보 기>			
대상 세포	가해진 조작	배양된 세포 유형	가설
32-세포 상실배아의 내부에 있는 세포	인위적인 방법을 사용하여 표층으로 옮겨 배양	㉠	내부-외부 가설
16-세포 상실배아의 내부에 있는 세포	채취하여 단독으로 배양	㉡	내부-외부 가설
8-세포 상실배아에 있는 세포	채취하여 바깥쪽에 쏠려 있는 양극성 결정 물질의 기능을 억제하는 물질을 주입한 후 단독으로 배양	㉢	양극성 가설

- |          |        |        |
|----------|--------|--------|
| ㉠        | ㉡      | ㉢      |
| ① 영양외배엽  | 영양외배엽  | 영양외배엽  |
| ② 영양외배엽  | 영양외배엽  | 속세포덩어리 |
| ③ 영양외배엽  | 속세포덩어리 | 속세포덩어리 |
| ④ 속세포덩어리 | 속세포덩어리 | 영양외배엽  |
| ⑤ 속세포덩어리 | 속세포덩어리 | 속세포덩어리 |

◆ 16 LEET 언어이해 14~16번

[14~16] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

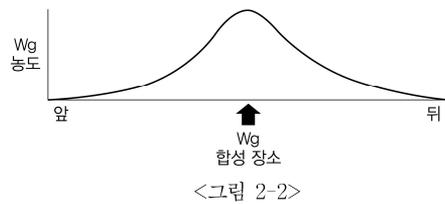
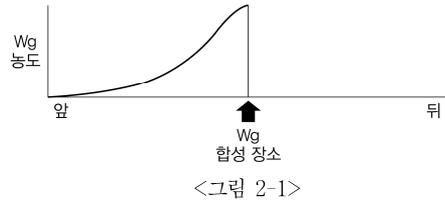
생명체가 다양한 구조와 기능을 갖는 기관을 형성하기 위해서는 수많은 세포들 간의 상호 작용을 통해 세포의 운명을 결정하는 과정이 필요하다. 사람의 경우 눈은 항상 코 위에, 입은 코 아래쪽에 위치한다. 이렇게 되기 위해서는 특정 세포군이 위치 정보를 획득하고 해석한 후 각 세포가 갖고 있는 유전 정보를 이용하여 자신의 운명을 결정함으로써 각 기관을 정확한 위치에 형성되게 하는 과정이 필수적이다. 세포 운명을 결정하는 다양한 방법이 존재하지만, 가장 간단한 방법은 어떤 특정 형태로 분화하게 하는 형태발생물질(morphogen)의 농도 구배(concentration gradient)를 이용하는 것이다. 형태발생물질은 세포나 특정 조직으로부터 분비되는 단백질로서 대부분의 경우에 그 단백질의 농도 구배에 따라 주변의 세포 운명이 결정된다. 예를 들어 뇌의 발생 초기 형태인 신경관의 위쪽에서 아래쪽으로 지붕판세포, 사이신경세포, 운동신경세포, 신경세포, 바닥판세포가 순서대로 발생하게 되는데, 이러한 서로 다른 세포로의 예정된 분화는 신경관 아래쪽에 있는 척색에서 분비되는 형태발생물질인 Shh의 농도 구배에 의해 결정된다(<그림 1>). 척색에서 Shh가 분비되기 때문에 척색으로부터 멀어질수록 Shh의 농도가 점차 낮아지게 되어서, 그 농도의 높고 낮음에 따라 척색 근처의 신경관에 있는 세포는 바닥판세포로, 그 다음 세포는 신경세포 및 운동신경세포로 세포 운명이 결정된다.



한 개체의 세포가 모두 동일한 유전자를 갖고 있음에도 불구하고 서로 다른 세포 운명을 택하게 되는 것은 농도 구배에 대응하여 활성화되는 전사인자의 종류가 다른 것으로 설명할 수 있다. 전사인자는 유전정보를 갖고 있는 DNA의 특이적인 염기 서열을 인식하여 특정 부분의 DNA로부터 mRNA를 만드는 작용을 하고, 이 mRNA의 정보를 바탕으로 단백질이 만들어진다. 예를 들어 Shh의 농도가 특정 역치 이상이 되면 A 전사인자가 활성화되고 역치 이하인 경우는 B 전사인자가 활성화되면, A 전사인자에 의해 바닥판세포의 형성에 필요한 mRNA와 단백질이 합성되고, B 전사인자에 의해 운동신경세포로 분화하는 데 필요한 mRNA와 단백질이 만들어지게 되어 서로 다른 세포 운명이 결정될 수 있는 것이다.

하지만 최근의 연구 결과에 의하면 일부의 형태발생물질이 단순한 확산에 의하여 농도 구배를 형성하지 않고 특정 형태의 매개체를 통하여 이동한다는 사실이 보고되었다. 가령 초파리 배아

의 특정 발생 단계에서 합성되는 Wg라는 형태발생물질은 합성되는 장소를 기점으로 앞쪽으로만 비대칭적으로 전달된다(<그림 2-1>). 만약 단순한 확산에 의해 농도 구배가 형성된다면 Wg 형태발생물질이 합성되는 곳의 앞쪽 및 뒤쪽으로 농도 구배가 형성될 것을 예상할 수 있지만(<그림 2-2>), 실제로 <그림 2-1>에서 보이는 바와 같이 Wg가 뒤쪽으로는 이동하지 않고 앞쪽으로만 분포하는 현상이 관찰되었다.



여러 가지 실험 결과를 바탕으로 초파리 배아에서 이러한 비대칭적인 전달을 설명하는 모델로서 아래와 같은 가설이 제시되었다.

- (1) 수용체에 의한 전달: 형태발생물질을 분비하는 세포 옆에 있는 세포의 표면에 있는 수용체가 형태발생물질을 인식하고 그 다음 세포의 수용체에 형태발생물질을 넘겨준다고 보는 가설이다. 이때 수용체의 양이 이미 비대칭적으로 분포하고 있다면 수용체에 부착된 형태발생물질의 농도 구배가 이루어질 수 있다.
- (2) 세포막에 둘러싸인 소낭의 흡수에 의한 전달: 형태발생물질을 분비하는 세포에서 형태발생물질이 소낭, 즉 작은 주머니에 싸여 앞쪽의 세포로만 단계적으로 전달된다고 보는 가설이다. 이 과정에서 형태발생물질의 일부만이 다음 세포로 전달되면 비대칭적 농도 구배가 이루어질 수 있다.

우리 몸을 구성하는 각 기관의 세포 조성이 다르고 서로 다른 발생 단계에서 각 세포가 처해 있는 환경이 다르므로 위에서 제시한 형태발생물질 농도 구배의 형성을 한 가지 모델로만 설명하는 것은 불가능하다. 특정 발생 단계에서는 단순한 확산에 의해서 농도 구배를 형성하고, 다른 환경이나 발생 단계에서는 위에서 기술한 비대칭적 이동에 의해 형태발생물질의 농도 구배가 형성된다고 설명하는 것이 타당하다. 하지만 어떤 방법에 의해서든지 형태발생물질의 농도 구배의 형성은 각각의 농도에 따른 서로 다른 유전자의 발현을 촉진함으로써 다양한 세포 및 기관의 형성 결정에 기여한다.

14. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 구형의 수정란은 형태발생물질의 도움으로 신체 구조의 전후 좌우가 비대칭적인 성체로 발생하게 된다.
- ② 단순 확산으로 전달되는 형태발생물질의 농도는 형태발생물질 분비 조직과의 물리적 거리에 반비례한다.
- ③ 모든 세포는 동일한 유전자를 가지고 있지만 특정 전사인자의 활성화 여부에 따라 서로 다른 단백질을 만들어낸다.
- ④ 형태발생물질의 비대칭적 확산을 위해서는 형태발생물질 분비 조직의 주변 세포에 있는 수용체 또는 소낭의 역할이 필요하다.
- ⑤ 형태발생물질은 척색이 있는 동물의 발생에서는 단순 확산의 형태로, 초파리와 같은 무척추 동물의 발생에서는 비대칭적 확산의 형태로 주로 쓰인다.

15. 윗글을 바탕으로 추론한 것으로 타당한 것을 <보기>에서 고른 것은?

—<보 기>—

- ㄱ. 신경관을 이루는 세포들의 운명이 결정되기 전에 척색을 제거하면 바다판세포가 형성되지 않을 것이다.
- ㄴ. 신경관을 이루는 세포들의 운명이 결정되기 전에 척색을 다른 위치로 이동하면 그 위치와 가장 가까운 곳에서 지방판세포가 생길 것이다.
- ㄷ. 분화되지 않은 신경관에 있는 세포들을, 바다판세포를 형성하는 Shh의 역치보다 높은 농도의 Shh와 함께 배양하면 사이신경세포보다 바다판세포가 더 많이 형성될 것이다.
- ㄹ. 운동신경세포를 결정짓는 Shh 농도의 역치는 사이신경세포를 결정짓는 Shh 농도의 역치보다 낮을 것이다.

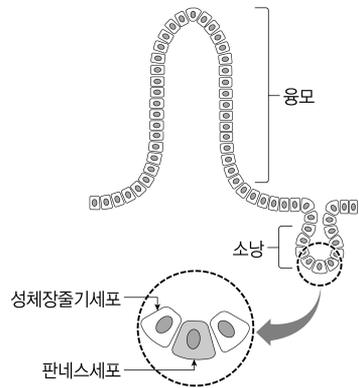
- ① ㄱ, ㄷ                      ② ㄱ, ㄹ                      ③ ㄴ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄹ                      ⑤ ㄷ, ㄹ

16. 초파리 배아의 발생 과정에 관하여 추론한 것으로 타당한 것은?

- ① Wg 수용체의 비대칭적 분포는 Wg의 농도 구배에 기인한다.
- ② Wg를 발현하는 세포로부터 앞으로 멀어질수록 Wg 수용체의 농도는 높다.
- ③ 소낭에 의해 전달되는 Wg의 양은 Wg를 발현하는 세포에서 멀어질수록 많다.
- ④ Wg 합성 장소에서 앞쪽과 뒤쪽으로 같은 거리만큼 떨어진 두 세포에서 만들어지는 mRNA는 동일하다.
- ⑤ Wg 수용체 유전자 또는 소낭을 통해 Wg 수송을 촉진하는 유전자는 Wg 합성 장소 앞쪽에서 발현한다.

[30~32] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

양분을 흡수하는 창자의 벽은 작은 크기의 수많은 융모로 구성되어 있다. 융모는 창자 내부의 표면적을 넓혀 영양분의 효율적인 흡수를 돕는다. 융모는 아래의 그림에서 볼 수 있듯이, 한 층으로 연결된 상피세포로 이루어져 있다. 이 상피세포들은 융모의 말단 부위에서 지속적으로 떨어져 나가고, 이 공간은 융모의 양쪽 아래에서 새롭게 만들어져 밀고 올라오는 세포로 채워진다. 새로운 세포를 만드는 역할은 융모와 융모 사이에 움푹 들어간 모양으로 존재하는 소낭의 성체장줄기세포가 담당한다. 소낭의 성체장줄기 세포는 판네스세포를 비롯한 주변 세포로부터 자극을 받아 지속적으로 자신과 동일한 성체장줄기세포를 복제하거나, ㉠ 새로운 상피세포로 분화하는 과정을 거친다.



세포의 복제나 분화 과정에서 세포는 주변으로부터 다양한 신호를 받아서 처리하는 신호전달 과정을 거쳐 그 운명이 결정된다. 세포가 외부로부터 받는 신호의 종류와 신호전달 과정은 초파리에서 인간에 이르기까지 대부분의 동물에서 동일하다. 세포 내 신호전달의 일종인 ‘Wnt 신호전달’은 배아 발생 과정과 성체 세포의 항상성 유지에 중요한 역할을 한다. 이 신호전달의 특이한 점은 세포에서 분비되는 단백질의 하나인 Wnt를 분비하는 세포와 그 단백질에 반응하는 세포가 서로 다르다는 것이다. Wnt 분비 세포 주변의 세포들 중 Wnt와 결합하는 ‘Wnt 수용체’를 가진 세포는 Wnt 신호전달을 통해 여러 유전자를 발현시켜 자신의 분열과 분화를 조절한다. 그런데 Wnt 신호전달에 관여하는 유전자에 돌연변이가 생길 경우 다양한 종류의 질병이 발생할 가능성이 있다. 만약 Wnt 신호전달이 비정상적으로 활성화되면 세포 증식을 촉진하여 암을 유발하며, 이와 달리 지나치게 불활성화될 경우 뼈의 형성을 저해하여 골다공증을 유발한다.

Wnt 분비 세포의 주변 세포가 Wnt의 자극을 받지 않을 때, APC 단백질이 들어 있는 단백질 복합체 안에서 GSK3β가 β-카테닌에 인산기를 붙여 주는 인산화 과정이 그 주변 세포 내에서 수행된다. 이렇게 인산화된 β-카테닌은 분해되어 세포 내의 β-카테닌의 농도를 낮게 유지하는 기능을 한다. 이와는 달리, Wnt 분비 세포의 주변에 있는 세포 표면의 Wnt 수용체에 Wnt가 결합하게 되면 GSK3β의 활성이 억제되어 β-카테닌의 인산화가

더 이상 일어나지 않는다. 인산화되지 않은  $\beta$ -카테닌은 자신을 분해하는 단백질과 결합할 수 없으므로  $\beta$ -카테닌이 분해되지 않아 세포 내의  $\beta$ -카테닌의 농도가 높게 유지된다. 이렇게 세포 내에 축적된  $\beta$ -카테닌은 핵 안으로 이동하여 여러 유전자의 발현을 촉진하게 된다. 이런 식으로 유전자 발현이 촉진되면 암이 발생할 수도 있는데, 예를 들어 대장암 환자들은 APC 단백질을 만드는 유전자에 돌연변이가 생긴 경우가 많다.  $\beta$ -카테닌을 인산화하는 복합체가 형성되지 않아  $\beta$ -카테닌이 많아지고, 그에 따라 세포 증식이 과도하게 일어나기 때문에 암이 생기는 것이다.

한편, 창자의 용모와 용모 사이에 존재하는 소낭에서도 Wnt 신호전달이 일어난다. 판네스세포는 Wnt를 분비하고 그 주변에 있는 성체장줄기세포는 Wnt 수용체를 가진다. 판네스세포에 가장 인접한 성체장줄기세포가 Wnt를 인식하면, 세포 내  $\beta$ -카테닌의 농도가 높아져 이 단백질에 의존하는 유전자가 발현됨으로써 자신과 똑같은 세포를 지속적으로 복제하도록 한다. 반면에 성체장줄기세포가 분열하면서 생긴 세포가 나중에 생긴 세포에 밀려 판네스세포에서 멀어지면, 상대적으로 Wnt 자극을 덜 받아서 낮은 농도의  $\beta$ -카테닌을 갖게 된다. 그 결과 자신과 똑같은 세포를 지속적으로 복제하는 데 관여하는 유전자는 더 이상 발현하지 않게 되어 성체장줄기세포가 분열하면서 생긴 세포는 상피세포로 분화한다.

30. 윗글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 창자 내부의 표면적은 용모의 개수와 반비례한다.
- ② 성체장줄기세포의 위치는 소낭에서 용모로 바뀐다.
- ③ 성체장줄기세포는 Wnt를 분비하여 상피세포로 분화한다.
- ④ 용모를 이루는 세포는 소낭의 성체장줄기세포가 분화하여 만들어진다.
- ⑤ 용모에서 만들어지는 세포는 소낭 쪽으로 이동하여 성체장줄기세포로 전환된다.

31. ㉠을 유도하는 현상이 아닌 것은?

- ① 판네스세포에 돌연변이가 생겨 Wnt 분비가 중단된다.
- ② 판네스세포와 성체장줄기세포의 물리적 거리가 멀어진다.
- ③ 성체장줄기세포에서  $\beta$ -카테닌의 인산화가 활발하게 일어난다.
- ④ 성체장줄기세포에 GSK3 $\beta$ 의 활성을 억제하는 물질을 첨가한다.
- ⑤ 성체장줄기세포의 Wnt 수용체에 돌연변이가 생겨 Wnt와 결합하지 못한다.

32. 윗글에서 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 성체장줄기세포의 수가 감소하면 창자에서 양분의 흡수가 증가하게 될 것이다.
- ② Wnt 신호전달을 조절하여 골다공증을 치료하는 약물은  $\beta$ -카테닌의 양을 증가시킬 것이다.
- ③ GSK3 $\beta$ 의 활성을 위해 필요한 APC 단백질은 인산화된  $\beta$ -카테닌 단백질의 분해를 막을 것이다.
- ④ APC에 돌연변이가 일어난 대장암 세포에 Wnt를 처리하면  $\beta$ -카테닌 단백질의 양이 줄어들 것이다.
- ⑤  $\beta$ -카테닌 유전자에 돌연변이가 일어나서  $\beta$ -카테닌 단백질에 GSK3 $\beta$ 에 의한 인산화가 일어나지 않으면 성체장줄기세포의 수가 감소하게 될 것이다.

◆ 18 LEET 언어이해 19~21번

[19~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

사람의 성염색체에는 X와 Y 염색체가 있다. 여성의 난자는 X 염색체만을 갖지만, 남성의 정자는 X나 Y 염색체 중 하나를 갖는다. 인간의 성은 여성의 난자에 X 염색체의 정자가 수정되는지, 아니면 Y 염색체의 정자가 수정되는지에 따라 결정된다. 전자의 경우는 XX 염색체의 여성으로, 후자의 경우는 XY 염색체의 남성으로 발달할 수 있게 된다.

인간과 같이 두 개의 성을 갖는 동물의 경우, 하나의 성이 성 결정의 기본 모델이 된다. 동물은 종류에 따라 기본 모델이 되는 성이 다르다. 조류의 경우 대개 수컷이 기본 모델이지만, 인간을 포함한 포유류의 경우 암컷이 기본 모델이다. ① 기본 모델이 아닌 성은 성염색체 유전자의 지령에 의해 조절되는 일련의 단계를 거쳐, 개체 발생 과정 중에 기본 모델로부터 파생된다. 따라서 남성의 형성에는 여성 형성을 위한 기본 프로그램 외에도 Y 염색체에 의해 조절되는 추가적인 과정이 필요하다. Y 염색체의 지령에 의해 생성된 남성 호르몬의 작용이 없다면 태아는 여성이 된다.

정자가 난자와 수정된 초기에는 성 결정 과정이 억제되어 일어나지 않는다. 약 6주가 지나면, 고환 또는 난소가 될 단일성선(單一性腺) 한 쌍, 남성 생식 기관인 부고환·정관·정낭으로 발달할 볼프관, 여성 생식 기관인 난관과 자궁으로 발달할 뮐러관이 모두 생겨난다. 볼프관과 뮐러관은 각기 남성과 여성 생식 기관 일부의 발생에만 관련이 있으며, 두 성을 구분하는 외형적인 기관들은 남성과 여성 태아의 특정 공통 조직으로부터 발달한다. 이러한 공통 조직이 남성의 음경과 음낭이 될지, 아니면 여성의 음핵과 음순이 될지는 태아의 발생 과정에서 추가적인 남성 호르몬 신호를 받느냐 받지 못하느냐에 달려 있다.

임신 7주쯤에 Y 염색체에 있는 성 결정 유전자가 단일성선에 남성의 고환 생성을 명령하는 신호를 보내면서 남성 발달 과정의 첫 단계가 시작된다. 단일성선이 고환으로 발달하고 나면, 이후의 남성 발달 과정은 새로 형성된 고환에서 생산되는 호르몬에 의해 조절된다. 적절한 시기에 맞춰 고환에서 분비되는 호르몬 신호가 없다면 태아는 남성의 몸을 발달시키지 못하며, 심지어 정자를 여성에게 전달하는 데 필요한 음경조차 만들어내지 못한다.

고환이 형성되고 나면 고환은 먼저 항뮐러관형성인자를 분비하여 뮐러관을 없애라는 신호를 보낸다. 이 신호에 반응하여 뮐러관이 제거될 수 있는 때는 발생 중 매우 짧은 시기에 국한되기 때문에 이 신호의 전달 시점은 매우 정교하게 조절된다. 그 다음에 고환은 남성 생식기의 발달을 촉진하기 위해 볼프관에 또 다른 신호를 보낸다. 주로 대표적인 남성 호르몬인 테스토스테론이 이 역할을 담당하는데 이 호르몬이 수용체에 결합하면 볼프관은 부고환·정관·정낭으로 발달한다. 이들은 모두 고환에서 음경으로 정자를 내보내는 데 관여하는 기관이다. 만약 적절한 시기에 고환으로부터 이와 같은 호르몬 신호가 볼프관에 전달되지 않으면 볼프관은 임신 후 14주 이내에 저절로 사라진다. 이외에도 테스토스테론이 효소의 작용에 의하여 변화되어 생긴 호르몬인 디하이드로테스토스테론은 전립선, 요도, 음경, 음낭 등과 같은 남성의 생식 기관을 형성하도록 지시한다. 형성된 음낭은 임신 후기에

고환이 복강에서 아래로 내려오면 이를 감싼다.

여성 태아에서 단일성선을 난소로 만드는 변화는 남성 태아보다 늦은 임신 3~4개월쯤에 시작한다. 이 시기에 남성의 생식 기관을 만드는 데 필요한 볼프관은 호르몬 신호 없이도 퇴화되어 사라진다. 여성 신체의 발달은 남성에서처럼 호르몬 신호에 전적으로 의존하지는 않지만, 여성 호르몬인 에스트로겐이 난소의 적절한 발달과 정상적인 기능 수행에 필수적인 요소로 작용한다고 알려져 있다.

19. 윗글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 포유류는 X염색체가 없으면 수컷이 된다.
- ② 사람의 고환과 난소는 각기 다른 기관으로부터 발달한다.
- ③ 항뿔러관형성인자의 분비는 테스토스테론에 의해 촉진된다.
- ④ Y염색체에 있는 성 결정 유전자가 없으면 볼프관은 퇴화된다.
- ⑤ 뿔러관이 먼저 퇴화되고 난 후 Y염색체의 성 결정 유전자에 의해 고환이 생성된다.

20. 윗글을 바탕으로 <보기>의 '사람'에 대해 추론한 것으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

'남성 호르몬 불감성 증후군'을 가진 사람은 XY 염색체를 가지고 있어 항뿔러관형성인자와 테스토스테론을 만들 수 있다. 하지만 이 사람은 남성 호르몬인 테스토스테론과 디하이드로테스토스테론이 결합하는 수용체에 돌연변이가 일어나 남성 호르몬에 반응하지 못하여 음경과 음낭을 만들지 못한다. 그리고 부신에서 생성되는 에스트로겐의 영향을 받아 음핵과 음순이 만들어져 외부 성징은 여성으로 나타난다.

- ① 몸의 내부에 고환을 가지고 있다.
- ② 부고환과 정관, 정낭을 가지고 있다.
- ③ 난소가 생성되어 발달한 후에 배란이 진행된다.
- ④ Y염색체의 성 결정 유전자가 발현하지 않는다.
- ⑤ 뿔러관에서 발달한 여성 내부 생식기관을 가지고 있다.

21. ㉠의 이론을 강화하는 내용으로 볼 수 있는 것은?

- ① 한 마리의 수컷과 여러 마리의 암컷으로 이루어진 물고기 집단에서 수컷을 제거하면 암컷 중 하나가 테스토스테론을 에스트로젠으로 전환하는 효소인 아로마타이즈 유전자의 발현을 줄여 수컷으로 성을 전환한다.
- ② 붉은귀거북의 경우 28℃ 이하의 온도에서는 수컷만, 31℃ 이상의 온도에서는 암컷만 태어나고 그 중간 온도에서는 암컷과 수컷이 50:50의 비율로 태어난다.
- ③ 제초제 아트라진에 노출된 수컷 개구리는 테스토스테론이 에스트로젠으로 전환되어 암컷 개구리로 성을 전환한다.
- ④ 생쥐의 수컷 성 결정 유전자를 암컷 수정란에 인위적으로 삽입하면 고환과 음경을 가진 수컷 생쥐로 발달한다.
- ⑤ 피리세 암컷에 테스토스테론을 인위적으로 투여하면 수컷처럼 노래한다.

◆ 11 PEET(예비) 언어추론 4~6번

[4~6] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

생명체의 물질대사란 생체 형성과 유지 그리고 이것에 필요한 에너지인 ATP 공급을 위한 모든 생화학적 절차를 말한다. 세포에서 에너지를 얻기 위한 물질대사의 생화학 반응에는 피루브산이 반드시 필요한데, 이것은 포도당 분해 대사 또는 LDH(젖산탈수소효소) 활성을 거치는 젖산 대사를 통해서 얻을 수 있다. 포도당을 이용한 방법은 젖산을 이용하는 방법에 비해 더 많은 단계를 거치기 때문에 에너지 효율이 상대적으로 떨어지며, 여러 효소가 참여하므로 대사 과정의 조절이 복잡하다. 그러나 대부분의 생명체는 일상 환경에서 포도당을 얻는 것이 더 수월하므로 주로 포도당을 이용한 대사 과정을 통해 ATP를 얻는다. 젖산을 이용한 대사는 특이한 경우에만 일어나는데, 과도한 운동으로 체내에 일시적으로 생성된 젖산을 분해하는 과정이 그 예이다.

에너지 대사는 세포의 구조와 기능 그리고 조직 내에서의 역할과 관련된 물질대사와 연계되는 특징이 있다. 모든 생체 조직의 세포에서 동일한 방법으로 진행되는 것은 아니지만, 주요 대사 경로는 세포의 분화에서 사멸까지 거의 변하지 않는다. 그러나 발생 과정에 있는 포유동물의 배아 세포는 체세포와는 달리 주요 대사 방법이 그 발생 경로를 따라 변한다. 수정란과 초기 배아의 생화학 반응은 난자가 만들어질 때 축적된 효소와 단백질 합성을 위한 전사체에 의해 진행된다. 수정란에는 포도당을 이용하여 피루브산을 생성할 수 있는 효소군이 완벽하게 갖추어져 있지 않지만, 많은 양의 LDH가 포함되어 있다. ① 초기 배아는 포도당을 분해하는 과정에서보다는 LDH의 활성으로 인한 젖산의 변환 과정에서 대부분의 필요한 ATP를 얻는다. LDH의 활성은 세포질 내에서 강력한 환원제 역할을 해서 체세포와는 달리 수정란의 난황 시기에 나타나는 매우 빠른 세포 분열과 다양한 생합성 경로를 유지할 수 있는 충분한 양의 ATP를 생성한다. 그러나 난황의 후반부인 상실배를 거쳐 포배로 발달하고 자궁에 착상이 일어나면, 배아는 그 세포 특성이 성체 조직을 구성하는 체세포의 형태로 바뀌며 대사 관련 효소군이 갖추어지므로 포도당 대사를 통해 대부분의 ATP를 얻는다.

사람을 포함한 포유동물의 초기 배아는 태반을 통해 영양분을 공급받기 때문에 많은 양의 영양분을 난자에 축적하지 않는다. 따라서 태반 형성 이전의 배아는 부족한 영양분을 주로 생식관 안쪽으로 분비되는 내강액에서 얻는다. 난소에서 배란된 난자는 수란관의 앞부분인 팽대부에서 정자와 만나 수정란이 되고, 수란관의 협부를 지나가면서 4-세포기, 8-세포기로 분화한다. 자궁에 도달할 즈음에는 상실배로 발달하며 포배의 형태로 자궁에 착상한다. 생식관의 생리적 조건이 배아 발생 단계에 따라 지속적으로 바뀌기 때문에 내강액 조성이 달라져 외부에서 에너지를 얻는 초기 배아의 물질대사는 외부 환경 변화에 적응하고, 해당 배아는 ATP 합성과 다른 물질 생합성 간의 비율을 매우 엄격하게 조절한다. 난황이 빠르게 진행되는 초기 과정에 필요한 ATP를 합성하는 데에는 피루브산의 원활한 공급이 필수적이어서, 초기 배아가 지나가는 수란관 협부에는 젖산의 농도가 상대적으로 높다. 생쥐의 생식 관계 기관별 내강액 성분 분포를 표시한 아래 <표>를 통해서 알 수 있듯이, 이때 모체의 생식 기관은 적절한 환경을 갖추어 초기 배아의 대사를 돕는다.

영양 물질	기관	난소 (난포)	수란관 (팬대부)	수란관 (협부)	자궁
포도당		0.5	3.4	0.2	0.3
젖산		17.3	4.8	11.7	8.4
피루브산		0.4	0.3	0.2	0.3

(단위: mM)

배아 세포의 주요 대사 방법이 변하는 발생 과정의 단계는 각 동물 종에 따라 조금씩 다르다. 생쥐의 배아는 2-세포기 때, 돼지의 배아는 4-세포기 ~ 8-세포기 때 난자 형성 과정 중에 축적되었던 전사체가 거의 소진되고 자체 유전자 활성이 시작되므로, 생쥐의 배아에 비해 돼지의 배아는 늦은 시기에 포도당 대사가 시작된다. 초기 배아에 관여하는 영양소는 다양하지만 실험실 환경에서는 포도당, 피루브산, 젖산만이 포함된 배양액에서 각 물질의 농도를 발생 단계별로 적절히 조절하면 수정란을 포배로 발달시킬 수 있다.

4. ㉠을 도출하기 위해 수행했을 실험으로 적절하지 않은 것은?

- ① 같은 수의 초기 배아 세포와 체세포에서 각각 생성되는 ATP 양을 비교하는 실험
- ② 배양액에 함유된 포도당, 젖산, 피루브산이 각각 얼마만큼 배아에 흡수되었는지를 알아보는 실험
- ③ 주어진 젖산 농도와 포도당 농도에서 초기 배아를 배양하면서 각 조건에 따른 ATP 생산 능력을 비교하는 실험
- ④ 포도당을 피루브산으로 전환하는 데 필요한 것으로 알려진 효소들이 난자 및 수정란에 있는지 여부를 확인하는 실험
- ⑤ 포도당을 이용하여 피루브산을 만드는 데 필요한 효소들의 총량과 젖산을 피루브산으로 만드는 데 필요한 효소의 총량을 비교하는 실험

5. 다음 세포 A와 B에 대한 판단으로 옳은 것은?

어떤 포유동물의 세포 A와 B를 피루브산, 포도당, 비타민, 아미노산을 포함하는 일반 배양액과, 다음과 같이 성분을 조절된 배양액에서 실험하였다.

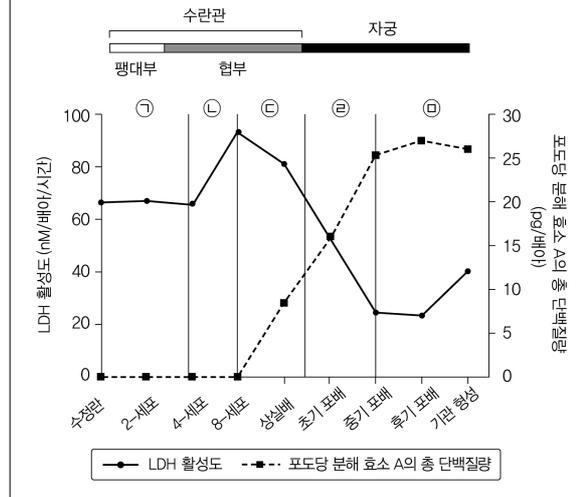
X: 일반 배양액에서 피루브산을  $\frac{1}{2}$ 로 낮춘 배양액  
 Y: 일반 배양액에 젖산을 첨가하고 포도당의 농도를  $\frac{1}{5}$ 로 낮춘 배양액

- A는 X에서 세포 분열이 잘 진행되지 않았다.
- A의 세포 분열은 일반 배양액에서 억제되었으나 Y에서는 정상 진행되었다.
- B는 X에서 세포 분열이 정상 진행되었다.

- ① A는 B보다 포배기 이전 배아에 더 가깝다.
- ② A가 분화되면 LDH의 활성이 B보다 높아진다.
- ③ A의 물질대사는 포도당 농도의 변화에 적응한다.
- ④ A의 ATP 합성량은 일반 배양액에서보다 X에서 증가한다.
- ⑤ A는 B에 비하여 물질대사 비율을 엄격히 조절하지 못한다.

6. 다음 자료에 대한 분석으로 옳지 않은 것은?

아래 그림은 어떤 포유동물의 생식과 발생 현상을 이해하기 위하여 수행한 실험 결과 중 '발생 단계별 LDH 활성도와 포도당 분해 효소 A의 총 단백질량'에 관한 내용이다.



- ① ㉠은 젖산을 이용한 에너지 대사 시기로서 수정란 자체의 영양소에 의한 대사가 주로 진행될 것이다.
- ② ㉡ 시기에는 LDH 활성이 높아지기 때문에 ㉠ 시기에 비해 세포 분열이 더 빠르게 진행될 것이다.
- ③ ㉢ 시기에는 LDH 활성이 ㉠ 수준으로 감소하고 효소 A의 양이 증가하므로 포도당을 이용한 에너지 대사가 시작될 것이다.
- ④ ㉣ 시기 초는 LDH 활성이 ㉠ 시기와 유사하였다가 감소하는 시기로서, 난자에 축적되었던 효소와 전사체가 대사에 거의 사용되지 않을 것이다.
- ⑤ ㉤ 시기에는 젖산 대사가 후반부에 약간 증가하기 때문에 포도당 에너지 대사 과정에 필요한 효소군의 전사체가 완비되어 있지 않을 것이다.

◆ 21 LEET 언어이해 25~27번

[25~27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

암세포의 대사 과정은 정상 세포와 다른 것으로 알려져 있다. 오토 바르부르크가 발표한 ‘바르부르크 효과’에 따르면 암세포는 ‘해당작용’을 주된 에너지 획득 기전으로 수행하고 또 다른 에너지 획득 방법인 ‘산화적 인산화’는 억제한다.

세포는 영양분으로 섭취한 큰 분자를 작은 분자로 쪼개는 과정을 통해 ATP를 생성하는데 이 과정을 ‘이화작용’이라고 한다. 또한 ATP와 같은 고에너지 분자의 에너지를 이용하여 세포의 성장과 분열을 위해 작은 분자로부터 단백질, 핵산과 같은 거대 분자를 합성하는 과정을 ‘동화작용’이라고 한다. 이화작용을 통해 ATP를 생산하기 위해 세포는 영양 물질을 내부로 수송하는데, 가장 대표적인 영양 물질인 포도당은 세포 내부로 이동하여 해당작용과 산화적 인산화를 통해 작은 분자로 분해된다. 이론적으로 포도당 1개가 가지고 있는 에너지가 전부 ATP로 전환될 경우 36개 또는 38개의 ATP가 만들어진다. 이 중 2개의 ATP는 세포질에서 일어나는 해당작용을 통해, 나머지는 미토콘드리아에서 대부분 산화적 인산화를 통해 만들어진다.

해당작용과 산화적 인산화는 수행되는 장소도 다르지만 요구 조건도 다르다. 해당작용에는 산소가 필요하지 않지만, 산화적 인산화에는 필수적이다. 세포 내부에 산소가 부족하면 산화적 인산화는 일어나지 못하고 해당작용만 진행되며, 이 경우에는 해당작용의 최종 산물인 피루브산이 젖산으로 바뀌는 젖산 발효가 일어난다. 심폐 기능에 비해 과격한 운동을 하였을 때 근육 세포에서 생성된 젖산이 근육에 축적된다. 젖산 발효 과정은 해당작용에 필요한 조효소 NAD<sup>+</sup>의 재생산을 위해 필수적이다. NAD<sup>+</sup>로부터 해당작용의 또 다른 생성물인 조효소 NADH가 생성되기 때문이다. 해당작용에서 포도당 1개가 2개의 피루브산으로 분해될 때 NADH가 2개 만들어지고, NADH 1개당 3개의 ATP를 산화적 인산화를 통해 만들 수 있는데, 젖산 발효를 하는 세포는 NADH를 에너지가 낮은 상태인 NAD<sup>+</sup>로 전환하는 손해를 감수한다.

바르부르크 효과는 산소가 있어도 해당작용을 산화적 인산화에 비해 선호하는 암세포 특이적 대사 과정인 ‘유산소 해당작용’을 뜻한다. 암세포가 더 빨리 분열하는 악성 암세포로 변하면 산화적 인산화에 대한 의존을 줄이고 해당작용에 대한 의존이 증가한다. 약물 치료 등으로 그 반대의 경우가 되면, 해당작용에 대한 의존이 줄고 산화적 인산화에 대한 의존이 증가한다. 유산소 해당작용을 수행하는 암세포는 포도당 1개당 ATP 2개만을 생산하는 효율이 떨어지는 해당작용에 에너지 생산을 대부분 의존하므로 정상 세포에 비해 포도당을 더 많이 세포 내부로 수송하고 젖산을 생산한다.

바르부르크 효과의 원인에 대해 다음 세 가지 설명이 있다. 첫 번째는 암세포의 빠른 성장 때문에 세포의 성장에 필요한 거대 분자를 동화작용을 통해 만들기 위해 해당작용의 중간 생성 물질을 동화작용의 재료로 사용하려고 해당작용에 집중한다는 것이다. 두 번째는 체내에서 암세포의 분열로 암 조직의 부피가 커져서 산소가 그 내부까지 충분히 공급되지 못하기 때문에 암세포가 산소가 없는 환경에 적응하도록 진화했다는 것이다. 세 번째는 미토콘드리아의 기능을 암세포가 억제하여 미토콘드리아에 의해 유발되는 세포 자살 프로그램의 실행을 방해함으로써 스스로의 사멸을 막으려 한다는 이론이다. 바르부르크는 이러한 암세포

특이적 대사과정의 변이를 발암의 원인으로 설명하였다. 그러나 최근의 연구에서는 발암 유전자의 활성화와 암 억제 유전자에 생기는 돌연변이가 주된 발암 원인이고 바르부르크 효과는 암의 원인이라기보다는 그러한 돌연변이에 의한 결과로 발생하는 것으로 밝혀졌다.

25. 밑글과 일치하는 것은?

- ① 해당작용의 산물 중 NADH는 미토콘드리아에서 ATP를 추가로 생산하는 데 사용되지 않는다.
- ② 해당과정 중 소비되는 NADH의 재생산은 해당작용의 지속적 수행에 필수적이다.
- ③ 심폐기능에 비해 과격한 운동을 하면 근육에서 젖산은 늘어나고 NAD<sup>+</sup>는 줄어든다.
- ④ 동화작용에서 거대 분자를 만들 때 해당작용의 중간 생성물이 사용된다.
- ⑤ 바르부르크 효과에 의해 암 억제 유전자의 돌연변이가 유발된다.

26. 밑글에서 추론한 것으로 적절하지 않은 것은?

- ① 미토콘드리아의 기능이 상실되면 NADH로부터 ATP를 만들지 못한다.
- ② 유산소 해당작용을 수행하는 암세포는 산소가 충분히 존재할 때에도 해당과정의 산물을 NAD<sup>+</sup>와 젖산으로 전환시킨다.
- ③ 포도당 1개가 가지고 있는 에너지가 전부 ATP로 전환될 때 미토콘드리아에서 34개 또는 36개의 ATP가 만들어진다.
- ④ 포도당 1개가 피루브산 2개로 분해되었고 이때 생성된 조효소의 에너지도 모두 미토콘드리아에서 ATP로 전환되었다면, 이 과정에서 생성된 ATP는 모두 8개이다.
- ⑤ 암세포의 유산소 해당작용 과정 중 포도당 1개당 생산되는 ATP의 개수는 정상세포의 산소가 있을 때 수행되는 해당작용의 과정 중 포도당 1개당 생산되는 NADH의 개수보다 많다.

27. 윗글과 <보기>를 바탕으로 한 설명으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

암을 진단하기 위해 사용되는 PET(양전자 방출 단층촬영)는 방사성 포도당 유도체를 이용하는 핵의학 검사법이다. 방사성 포도당 유도체는 포도당과 구조적으로 유사하여 암 조직과 같은 포도당의 흡수가 많은 신체 부위에 수송되어 축적되므로 단층 촬영을 통해 체내에서 양전자를 방출하는 방사성 포도당 유도체의 분포를 추적할 수 있다.

- ① 피루브산이 젖산으로 전환되는 양이 증가하면 방사성 포도당 유도체의 축적이 줄어들 것이다.
- ② 포도당이 피루브산으로 전환되는 양이 감소하면 방사성 포도당 유도체의 축적이 늘어날 것이다.
- ③ 세포 내부의 산소가 줄어들어도 동일한 양의 ATP를 생성하려면 방사성 포도당 유도체의 축적이 늘어날 것이다.
- ④ ATP의 생성을 해당작용에 좀 더 의존하도록 대사 과정의 변화가 일어난다면 방사성 포도당 유도체의 축적이 줄어들 것이다.
- ⑤ ATP의 생성을 산화적 인산화에 좀 더 의존하도록 대사 과정의 변화가 일어난다면 방사성 포도당 유도체의 축적이 늘어날 것이다.

◆ 24 LEET 언어이해 22~24번

[22~24] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

20세기 초에 약학자 타파이너는 ㉠ 아크리딘 색소가 침착된 원생동물이 번개에 노출되자 죽는 현상을 우연히 관찰했고, 이어 피부 종양에 형광물질의 하나인 에오신을 바르고 빛을 쬐어 종양에 반응이 있음을 확인했다. 이후 연구자들은 빛과 화학물질 및 산소의 상호작용으로 세포가 죽는다는 것을 보였고, 타파이너는 이 현상을 산소 의존성 광반응 현상이라고 보고하면서 광역학 치료라는 용어를 최초로 사용하였다.

광역학 치료에는 빛 에너지, 감광제, 산소가 필수적이다. 외부에서 특정 파장의 빛을 쬐이면 감광제가 세포 및 조직 주변에 존재하는 산소와 반응하여 활성산소종을 짧은 시간 안에 국소적으로 발생시키고, 이들은 생체분자들을 산화시켜 기능을 파괴함으로써 세포를 사멸시킨다. 여기서 감광제의 종류에 따라 활성산소종을 최대로 발생시키는 빛의 파장, 즉 색깔이 다르다는 것이 주목된다. 특정 감광제는 특정 파장의 빛에 가장 효율적으로 반응하기 때문이다. 감광제가 어떤 파장의 빛에 의해 활성화되면 주변 산소에 전자 혹은 에너지를 전달하여 활성산소종을 생성시킨다. 활성산소종은 세포의 대사 과정에서 일부 발생하는 것으로, 극소량으로 존재할 때는 생화학 반응에 도움을 주기도 하지만 과량으로 생성된 활성산소종이 오랫동안 지속될 경우 독성이 있어 활성산소종을 제거하는 항산화제의 투여가 필요한 경우도 있다. 감광제에 빛을 쬐어 발생한 활성산소종은 반감기가 약 0.05 μs 이하이기 때문에 생성 후 빨리 소멸되고, 그 영향이 미치는 유효 거리는 발생점에서 약 20 nm까지여서 감광제와 매우 가까운 주변부에서만 국소적 반응을 일으킨다.

광역학 치료에 사용하는 감광제는 포르피린계 화합물과 기타 형광 염색 시약으로 나눌 수 있다. 여드름균은 포르피린을 스스로 합성하는데 이 때문에 특정 파장의 빛을 쬐이면 여드름균만 사멸되어 효과적인 치료를 할 수 있다. 많은 형광 염색 시약들도 활성산소종 방출 능력을 가지고 있어 감광제로 사용할 수 있지만, 광 노출 시 활성산소종이 충분히 방출되어야 하고, 빛이 없을 경우에는 독성이 낮아야 하며, 생체 외부로 배출되는 능력도 커야 한다. 광역학 치료는 외부 빛이 체내 깊숙이 투과하지 못 할 경우 치료 효과의 제한이 있으며, 감광제의 농도, 빛의 세기와 노출 시간, 조직 내 산소 농도 등에 의해 치료 효율이 다르다. 또한 세포 안에는 특정 파장의 빛을 받고 그보다 긴 파장의 빛을 내어 놓는 형광물질이 존재할 수 있으므로, 이들에 의한 간섭효과를 감안하여 감광제와 이를 활성화하는 빛의 파장의 선택도 고려해야 한다. 높은 농도의 감광제를 주입할 경우 알레르기를 유발할 수 있고 완전히 분해 혹은 배출되지 않은 감광제가 잔류되었을 경우 햇빛 노출에 의해 피부세포가 손상될 수 있기 때문에, 잔류 감광제가 완전 분해되기까지 빛 차단을 위한 관리가 필요하다.

광역학 치료는 현재 각종 피부질환 치료에 널리 사용되고 있으며, 암 치료에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 암 치료 시에는 감광제가 암 조직에 선택적으로 축적되는 기전을 이용한다. 정맥 주사로 투여되는 감광제는 대부분 물에 녹지 않기 때문에 혈액의 저밀도 지질단백질(LDL)과 강하게 결합한다. 암세포의 세포막에는 LDL과 결합하는 LDL 수용체가 많이 존재하기 때문에 정상세포에 비해 암세포에 감광제가 다량으로 축적된다. 광역학 치료 과정에서 암 조직에 손상을 주어 염증을 유발하면 암세포에 대한 면역반응을

활성화할 수 있어 치료 효율을 높일 수 있다. 항암제와 방사선 치료는 강한 독성 때문에 심각한 부작용을 초래하지만 감광제는 암 조직에만 선택적으로 축적되고 빛을 쬐어 준 부위에서만 국소적인 독성을 나타내므로 대안적 암 치료법으로 고려되고 있다.

22. 뒷글의 내용에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① 포르피린을 합성하는 여드름균 때문에 생긴 여드름을 치료하려면 빛의 차단이 필요하다.
- ② 빛이 없이 세포독성을 유발하는 형광시약은 면역반응을 활성화하기 때문에 광역학 치료에 사용한다.
- ③ 감광제가 정상 피부 조직에 잔류하였을 경우 외부 빛이 체내 깊숙이 투과되지 않으면 알레르기가 발생하지 않는다.
- ④ 광역학 치료 시 발생하는 활성산소종은 반감기와 유효거리가 짧아, 암세포에서 멀리 떨어져 위치한 정상세포에 미치는 영향이 적다.
- ⑤ 감광제를 이용한 암 치료 시 감광제는 산소가 부족한 암 조직에 선택적으로 축적되므로 LDL과 결합할 수 있는 항산화제의 병행 투여가 필요하다.

23. ㉠을 바탕으로 수행한 <보기>의 실험 결과에 대해 평가한 것으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

어떤 원생동물이 빛이 차단된 조건에서 충분한 산소를 공급하면서 배양한 후 다음과 같은 처리를 하고 일정 시간 후 원생동물의 생존율을 조사하였다. (-는 없음, +는 있음을 뜻한다.)

광원	감광제	항산화제	생존율(%)
-	-	-	100
		+	100
	A	-	80
		+	80
	B	-	100
		+	100
자외선	-	-	0
		+	40
	A	-	0
		+	32
	B	-	0
		+	40
녹색 빛	-	-	100
		+	100
	A	-	0
		+	80
	B	-	70
		+	100
적색 빛	-	-	100
		+	100
	A	-	80
		+	80
	B	-	0
		+	100

- ① A는 활성산소종의 생성과는 무관한 특성을 가지고 있다.
- ② A는 적색 빛보다 녹색 빛에 의해 더 적은 양의 활성산소종을 발생시킨다.
- ③ B는 적색 빛뿐 아니라 녹색 빛에 의해서도 활성산소종을 발생시킨다.
- ④ A와 B는 빛이 존재하지 않으면 활성산소종을 발생시키지 않는다.
- ⑤ 자외선에 의하여 유발되는 활성산소종은 A나 B로부터 발생한 것은 아니다.

24. 윗글을 바탕으로 신물질 X, Y, Z를 이용한 <보기>의 실험 결과에 대해 추론한 것으로 가장 적절한 것은? (단, 실험에 사용된 X, Y, Z의 양은 모든 실험에서 동일하다.)

<보 기>

- X가 있는 용액에 녹색 빛을 쬐이면 활성산소종이 발생하지 않았으나 강한 적색 형광의 방출이 관찰되었고 적색 빛을 쬐이는 것은 아무 영향이 없었다.
- Y가 있는 용액에 적색 빛을 쬐이면 형광의 방출이 관찰되지 않았으나 활성산소종이 발생했고 녹색 빛을 쬐이는 것은 아무 영향이 없었다.
- X는 쬐이는 빛의 유무나 빛의 색깔과 무관하게 암세포를 100% 사멸시켰고, Y는 적색 빛을 쬐인 경우에만 암세포를 100% 사멸시켰다.
- Z가 감광제에 의해 발생한 활성산소종 용액에 존재하는 경우, Z는 활성산소종을 50% 제거했다.
- X, Y, Z 사이에 빛, 활성산소종, 항산화제를 매개하지 않는 직접적인 상호작용은 없었다.

- ① X, Z 혼합용액에 녹색 빛을 쬐이면 Y, Z 혼합용액에 적색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 많이 방출되고 활성산소종도 많이 발생하겠군.
- ② Y, Z 혼합용액에 녹색 빛을 쬐이면 X, Y, Z 혼합용액에 녹색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 적게 방출되고 활성산소종도 적게 발생하겠군.
- ③ X, Z 혼합용액에 녹색 빛을 쬐이면 X, Y, Z 혼합용액에 적색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 적게 방출되고 활성산소종은 많이 발생하겠군.
- ④ X, Z를 동시에 암세포에 가하고 녹색 빛을 쬐이면 Y, Z를 동시에 가하고 녹색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 많이 방출되고 암세포가 적게 사멸하겠군.
- ⑤ Y, Z를 동시에 암세포에 가하고 적색 빛을 쬐이면 X, Z를 동시에 가하고 녹색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 적게 방출되고 암세포가 많이 사멸하겠군.