

[10~13] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

혈액은 세포에 필요한 물질을 공급하고 노폐물을 제거한다. 만약 혈관 벽이 손상되어 출혈이 생기면 손상 부위의 혈액이 응고되어 혈액 손실을 막아야 한다. 혈액 응고는 섬유소 단백질인 피브리린이 모여 형성된 섬유소 그물이 혈소판이 응집된 혈소판 마개와 뭉쳐 혈병이라는 덩어리를 만드는 현상이다. 혈액 응고는 혈관 속에서도 일어나는데, 이때의 혈병을 혈전이라 한다. 이물질이 쌓여 동맥 내벽이 두꺼워지는 동맥 경화가 일어나면 그 부위에 혈전 침착, 혈류 감소 등이 일어나 혈관 질환이 발생하기도 한다. 이러한 혈액의 응고 및 원활한 순환에 비타민 K가 중요한 역할을 한다.

비타민 K는 혈액이 응고되도록 돕는다. 지방을 뺀 사료를 먹인 병아리의 경우, 지방에 녹는 어떤 물질이 결핍되어 혈액 응고가 지연된다는 사실을 발견하고 그 물질을 비타민 K로 명명했다. 혈액 응고는 단백질로 이루어진 다양한 인자들이 관여하는 연쇄 반응에 의해 일어난다. 우선 여러 혈액 응고 인자들이 활성화된 이후 프로트롬빈이 활성화되어 트롬빈으로 전환되고, 트롬빈은 혈액에 녹아 있는 피브리노겐을 불용성인 피브린으로 바꾼다. 비타민 K는 프로트롬빈을 비롯한 혈액 응고 인자들이 간세포에서 합성될 때 이들의 활성화에 관여한다. 활성화는 칼슘 이온과의 결합을 통해 이루어지는데, 이들 혈액 단백질이 칼슘 이온과 결합하려면 카르복실화되어 있어야 한다. 카르복실화는 단백질을 구성하는 아미노산 중 글루탐산이 감마-카르복시글루탐산으로 전환되는 것을 말한다. 이처럼 비타민 K에 의해 카르복실화되어야 활성화가 가능한 표적 단백질을 비타민 K-의존성 단백질이라 한다.

비타민 K는 식물에서 합성되는 ①비타민 K<sub>1</sub>과 동물 세포에서 합성되거나 미생물 발효로 생성되는 ②비타민 K<sub>2</sub>로 나뉜다. 녹색 채소 등은 비타민 K<sub>1</sub>을 충분히 함유하므로 일반적인 권장 식단을 따르면 혈액 응고에 차질이 생기지 않는다.

그런데 혈관 건강과 관련된 비타민 K의 또 다른 중요한 기능이 발견되었고, 이는 [칼슘의 역할]과도 관련이 있다. 나이가 들면 뼈 조직의 칼슘 밀도가 낮아져 골다공증이 생기기 쉬운데, 이를 방지하고자 칼슘 보충제를 섭취한다. 하지만 칼슘 보충제를 섭취해서 혈액 내 칼슘 농도는 높아지나 골밀도는 높아지지 않고, 혈관 벽에 칼슘염이 침착되는 혈관 석회화가 진행되어 동맥 경화 및 혈관 질환이 발생하는 경우가 생긴다. 혈관 석회화는 혈관 근육 세포 등에서 생성되는 MGP라는 단백질에 의해 억제되는데, 이 단백질이 비타민 K-의존성 단백질이다. 비타민 K가 부족하면 MGP 단백질이 활성화되지 못해 혈관 석회화가 유발된다는 것이다.

비타민 K<sub>1</sub>과 K<sub>2</sub>는 모두 비타민 K-의존성 단백질의 활성화를 유도하지만 K<sub>1</sub>은 간세포에서, K<sub>2</sub>는 그 외의 세포에서 활성이 높다. 그러므로 혈액 응고 인자의 활성화는 주로 K<sub>1</sub>이, 그 외의 세포에서 합성되는 단백질의 활성화는 주로 K<sub>2</sub>가 담당한다. 이에 따라 일부 연구자들은 비타민 K의 권장량을 K<sub>1</sub>과 K<sub>2</sub>로 구분하여 설정해야 하며, K<sub>2</sub>가 함유된 치즈, 버터 등의 동물성 식품과 발효 식품의 섭취를 늘려야 한다고 권고한다.

10. 윗글에서 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 혈전이 형성되면 섬유소 그물이 뭉쳐 혈액의 손실을 막는다.
- ② 혈액의 응고가 이루어지려면 혈소판 마개가 형성되어야 한다.
- ③ 혈관 손상 부위에 혈병이 생기려면 혈소판이 응집되어야 한다.
- ④ 혈관 경화를 방지하려면 이물질이 침착되지 않게 해야 한다.
- ⑤ 혈관 석회화가 계속되면 동맥 내벽과 혈류에 변화가 생긴다.

11. [칼슘의 역할]에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① 칼슘 보충제를 섭취하면 오히려 비타민 K<sub>1</sub>의 효용성이 감소된다는 것이겠군.
- ② 칼슘 보충제를 섭취해도 뼈 조직에서는 칼슘이 여전히 필요하다는 것이겠군.
- ③ 칼슘 보충제를 섭취해도 골다공증은 막지 못하나 혈관 건강은 개선되는 경우가 있다는 것이겠군.
- ④ 칼슘 보충제를 섭취하면 혈액 내 단백질이 칼슘과 결합하여 혈관 벽에 칼슘이 침착된다는 것이겠군.
- ⑤ 칼슘 보충제를 섭취해도 혈액으로 칼슘이 흡수되지 않아 골다공증 개선이 안 되는 경우가 있다는 것이겠군.

12. ㉠과 ㉡에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① ㉠은 ㉡과 달리 우리 몸의 간세포에서 합성된다.
- ② ㉡은 ㉠과 달리 지방과 함께 섭취해야 한다.
- ③ ㉡은 ㉠과 달리 표적 단백질의 아미노산을 변형하지 않는다.
- ④ ㉠과 ㉡은 모두 표적 단백질의 활성화 이전 단계에 작용한다.
- ⑤ ㉠과 ㉡은 모두 일반적으로는 결핍이 발생해 문제가 되는 경우는 없다.

13. 윗글을 참고할 때 <보기>의 (가)~(다)를 투여함에 따라 체내에서 일어나는 반응을 예상한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

—<보 기>—

다음은 혈전으로 인한 질환을 예방 또는 치료하는 약물이다.  
 (가) 와파린: 트롬빈에는 작용하지 않고 비타민 K의 작용을 방해함.  
 (나) 플라스미노겐 활성화제: 피브리노겐에는 작용하지 않고 피브리린을 분해함.  
 (다) 헤파린: 비타민 K-의존성 단백질에는 작용하지 않고 트롬빈의 작용을 억제함.

- ① (가)의 지나친 투여는 혈관 석회화를 유발할 수 있겠군.
- ② (나)는 이미 뭉쳐 있던 혈전이 풀어지도록 할 수 있겠군.
- ③ (다)는 혈액 응고 인자와 칼슘 이온의 결합을 억제하겠군.
- ④ (가)와 (다)는 모두 피브리노겐이 전환되는 것을 억제하겠군.
- ⑤ (나)와 (다)는 모두 피브린 섬유소 그물의 형성을 억제하겠군.

◆ 14년 11월 고2 A형 18~20번

[18~20] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리 체내에서 철(Fe)은 산소를 운반하는 헤모글로빈과 근육 세포 내에서 산소를 저장하는 미오글로빈의 필수 성분이다. 이처럼 철은 체내에서 매우 중요한 역할을 하는 무기질로 인체는 철의 양을 항상 일정하게 유지한다. 그런데 체내에 있는 철은 장이나 피부 등의 세포가 그 기능을 다할 때 함께 소실되므로, 매일 식사를 통해 일정량의 철을 흡수해야 평형 상태를 유지할 수 있다.

인간이 음식을 통해 섭취하는 철은 크게 헴\*철과 비헴철로 나눌 수 있다. 헴철은 ① 2가( $Fe^{2+}$ ) 철 이온이 단백질에 결합되어 있는 형태이며, 동물성 음식을 통해 섭취된다. 이에 비해 비헴철은 ② 3가( $Fe^{3+}$ ) 철 이온의 형태로 존재하며 식물성 음식을 통해 섭취된다. 헴철과 비헴철은 모두 십이지장에서 흡수된 후 혈장으로 이동하여 필요한 세포로 전달되는데, 이때 십이지장은 2가 철 이온의 형태로만 철 이온을 흡수한다. 따라서 헴철은 그 자체로 흡수가 가능하지만 비헴철인 3가 철 이온은 반드시 2가 철 이온의 형태로 바뀌어야 흡수될 수 있다. 그렇다면 비헴철은 어떤 과정을 거쳐 십이지장에서 흡수될까?

비헴철 즉, 3가 철 이온이 십이지장 상부에 도달하면, 십이지장의 상피에 존재하는 철 환원 효소의 작용으로 전자 하나를 얻어 2가 철 이온이 된다. 이때 2가 철 이온은 십이지장 내로 흡수된 후 페리틴이라는 물질의 형태로 저장되거나, 특정 단백질 통로를 통해 십이지장을 통과하여 혈장 내로 이동한다. 그런데 혈장으로 이동한 철 이온의 경우 전자 하나를 잃어 다시 3가 철 이온으로 산화된다. 그 이유는 철 이온이 세포로 이동하기 위해서는 트랜스페린이라는 운반 물질과 결합해야 하는데, 이 트랜스페린에는 3가 철 이온만 결합할 수 있기 때문이다.

이렇게 혈장으로 이동한 철 이온은 어떤 과정을 통해 세포로 흡수되는 것일까? 혈장에서 철 이온은 트랜스페린과 결합하여 필요한 세포로 이동한다. 그런데 철 이온이 체내에서 사용되기 위해서는 트랜스페린과 철 이온의 결합이 분리되어야 한다. 이 결합은 pH가 약산성(5.5)일 때에만 분리되는데, 세포질 내의 pH는 이보다 높은 약 6.8이므로 이를 해결하기 위해 세포질에 엔도솜\*이라는 특별한 공간을 만들어 결합을 분리시킨다. 이 과정을 살펴보면 다음과 같다.

[A] 먼저 3가 철 이온과 결합한 트랜스페린은 복합체를 형성하여 혈장을 순환하다가, 철 이온을 필요로 하는 세포의 표면에 있는 트랜스페린 수용체와 결합한다. 이 결합이 신호가 되어 세포 내로 이입이 일어나 엔도솜을 형성하게 된다. 엔도솜이 형성되면 엔도솜 막에 존재하는 막관통 단백질은 자신을 통로로 하여 세포질 안의 수소 이온을 엔도솜 안으로 유입시킨다. 이로 인해 엔도솜 내의 pH가 약산성이 되면 트랜스페린과 철 이온은 분리된다. 이렇게 분리된 철 이온은 단백질 통로인 DMT1을 통해 엔도솜 밖의 세포질로 방출되어 세포 내에서 철의 역할을 수행하게 된다. 철 이온이 트랜스페린과 분리되면 엔도솜은 사라지게 되어 트랜스페린은 혈장으로 방출되고, 트랜스페린 수용체는 세포막 표면으로 이동함으로써 철의 흡수 및 이동에 다시 관여한다.

\* 헴: 헤모글로빈, 미오글로빈 등을 구성하는 철이 결합된 고리 구조.  
\* 엔도솜: 진핵세포 내부에 막으로 결합된 공간이나 구조를 말함.

18. 윗글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

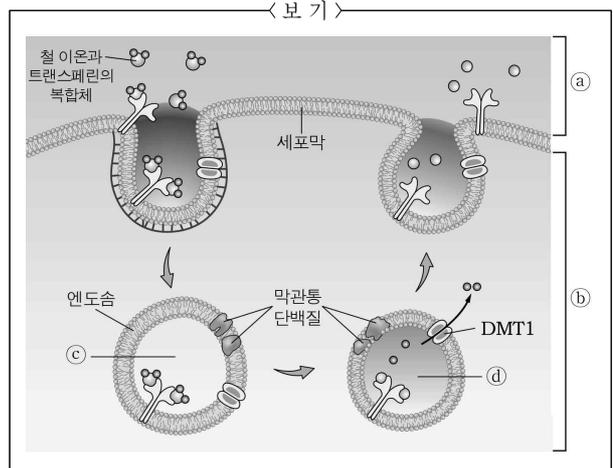
- ① 철 이온의 흡수 경로  
- 헴철의 이동을 중심으로
- ② 철의 평형 상태 조절 방법  
- 철 이온의 산화를 중심으로
- ③ 철의 평형 상태 지속 조건  
- 엔도솜의 분포를 중심으로
- ④ 철의 평형 상태 유지 원리  
- 철 이온의 흡수 과정을 중심으로
- ⑤ 철 이온의 결합과 분리 과정  
- 엔도솜의 역할을 중심으로

19. ㉠과 ㉡에 대한 설명으로 적절한 것은?

- ① ㉠은 ㉡과 달리 매일 일정량이 소실된다.
- ② ㉠은 ㉡과 달리 십이지장에서 형태가 바뀌지 않고 흡수된다.
- ③ ㉡은 ㉠과 달리 특수한 통로를 통해 혈장으로 이동한다.
- ④ ㉡은 ㉠과 달리 체내에서 흡수된 후 이동하지 않고 저장된다.
- ⑤ ㉠과 ㉡은 모두 단백질에 결합되어 있는 형태로 존재한다.

20. <보기>는 [A]를 그림으로 나타낸 것이다. 윗글을 바탕으로

㉠~㉤을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① ㉠에 엔도솜이 형성되기 위해서는 ㉡의 철 이온과 트랜스페린의 복합체가 세포막의 트랜스페린 수용체와 결합해야 한다.
- ② ㉠에 엔도솜이 형성되면, ㉠의 수소 이온은 ㉢로 이동할 것이다.
- ③ ㉢에서와 달리 ㉣에서 철 이온이 트랜스페린과 분리되는 것은 ㉠와 ㉡의 pH 차이 때문이다.
- ④ ㉡의 철 이온이 ㉠로 이동하면, 트랜스페린 수용체와 트랜스페린은 각각 ㉠과 ㉡로 이동한다.
- ⑤ ㉠의 수소 이온과 ㉡의 철 이온은 서로 다른 단백질 통로를 거쳐 각각 ㉢와 ㉣로 이동한다.

## ◆ 25 LEET 언어이해 4~6번

[4~6] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

동서양의 전설에 나오는 귀신 중 흡혈귀는 문학의 소재로 오래 활용되었다. 특히 흡혈귀는 슬라브 또는 헝가리의 전설에 자주 등장하는데, 이런 전설이 생겨난 원인 중 하나로 포르피린증이라는 질환이 종종 언급된다. 혈액 안의 적혈구가 가지고 있는 단백질인 헤모글로빈은 산소와 결합할 수 있는 분자인 헴(heme)을 가지고 있는데, 헴은 여러 단계의 복잡한 생합성 경로에 의해 만들어진다. 이 헴 합성 경로에 관여하는 효소의 이상으로 포르피린으로 통칭되는 헴 합성 중간물질 및 부산물들이 적혈구, 체액, 간에 축적되는 질환이 포르피린증이다.

헤모글로빈 같은 단백질은 아미노산이 연결되어 만들어지는데, 아미노산만으로는 주어진 단백질의 기능을 완성하기 어려울 때 보철그룹이라 부르는 아미노산 이외의 다른 분자를 단백질에 추가로 결합시킨다. 헴은 단백질의 대표적인 보철그룹으로, 적혈구 안에서 산소를 운반하는 데 참여하는 헤모글로빈뿐 아니라 근육에 존재하는 미오글로빈, 미토콘드리아에 많이 존재하는 시토크롬 등의 단백질에서도 산소와 결합하는 능력을 부여하는 보철그룹으로 작용한다. 운동을 통해 근육이 수축될 때 산소가 많이 필요하므로 미오글로빈은 헤모글로빈과 마찬가지로 산소를 결합하고 있다가 필요할 때 방출한다.

포르피린증은 돌연변이로 이상이 나타난 헴 합성 경로의 효소가 무엇이냐에 따라 여러 종류로 나뉜다. 그중 하나인 '선천성 조혈기성 포르피린증'은, 헴 합성 경로 효소 중 하나의 결함으로 생겨난 유로포르피리노젠 I이 다음 단계 효소의 작용을 통해 전환되어 생성된 코프로포르피리노젠 I에 의해 발생한다. 코프로포르피리노젠 I은 환자의 몸에 축적되는데, 치아에 자외선을 비추면 붉은색 형광이 나타나게 하고 피부를 자외선에 민감하게 만들어 햇빛에 노출될 경우 발진을 발생시킨다. 또한 소변으로 배출되어 소변을 붉은색으로 변하게 한다.

선천성 조혈기성 포르피린증 환자는 불면증이 있으며 햇빛을 피하려 주로 밤에 활동하고 피를 마신 것처럼 붉은색 소변을 본다. 그래서 선천성 조혈기성 포르피린증 환자는 공통된 증세를 보이는 흡혈귀 전설의 모델이 되었다는 것이다. 하지만 흡혈귀 전설이 유행하였던 18세기 유럽에서 선천성 조혈기성 포르피린증은 아주 희귀한 질병이었으므로 포르피린증과 흡혈귀의 연관성을 논하는 것은 무리라는 의견도 있다.

포르피린증과 관련된 또 하나의 논란은 영국 왕 조지 3세와 관련한 것이다. 매켄파인과 헌터는 문헌 사례 조사를 통해 발표한 연구에서 조지 3세의 성격이상, 불면증, 정신이상이 포르피린증의 하나인 '혼합 포르피린증'과 관련이 있을 것이라고 주장하였다. 하지만 이러한 보고는 동시대 의사들에게 널리 받아들여지지 않았고 양극성 장애가 좀 더 가능성 있는 설명이라는 의견도 많았다.

조지 3세의 질환과 관련된 논란이 계속되자 콕스는 조지 3세의 모발을 분석하여 헴 합성과 연관된 유전자의 결함을 찾으려고 하였으나 유전자 분석에 성공하지는 못했다. 하지만 그는 모발에서 고농도의 비소를 발견하였고, 비소가 헴 대사를 저해한다는 사실에 착안하여 다시 조지 3세의 포르피린증 관련 논란을 촉발시켰다. 그럼에도 조지 3세가 정말 포르피린증 환자였다는 증거는 충분하지 않다는 의견도 많다.

4. 밑줄의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 코프로포르피리노젠 I은 포르피린의 한 종류이다.
- ② 미오글로빈과 시토크롬은 헤모 보철그룹으로 가지고 있는 단백질이다.
- ③ 근육의 미오글로빈도 혈액의 헤모글로빈과 마찬가지로 산소와 결합한다.
- ④ 전설 속 흡혈귀의 특징과 공통점이 있는 포르피린증은 혼합 포르피린증이다.
- ⑤ 유로포르피리노젠 I에서 코프로포르피리노젠 I을 만드는 효소에 일어난 결함은 선천성 조혈기성 포르피린증의 원인이 아니다.

5. 밑글에서 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 미오글로빈은 적혈구 안에서 산소를 운반하는 데 참여할 것이다.
- ② 미토콘드리아의 시토크롬에 존재하는 헤모 산소와 결합할 수 없을 것이다.
- ③ 매켈파인과 헌터의 연구 결과에 의하면 비소는 헤모 대사를 저해할 것이다.
- ④ 조지 3세는 불면증과 정신이상을 보였지만 붉은색 소변은 보지 않았을 것이다.
- ⑤ 콕스는 조지 3세의 모발에서 비소 대사와 관련된 효소 유전자의 결함을 찾고자 하였을 것이다.

6. <보기>를 바탕으로 본문을 이해할 때, 가장 적절한 것은?

—< 보 기>—

헴 합성은 (가)와 같은 다단계 효소 촉매 과정에 의하여 일어난다. 효소는 '기질'의 화학적 구조를 변화시키는 반응을 촉매하여 '산물'을 만드는데, 특정 효소가 저해되면 다단계 효소 촉매 과정에서 특정 효소의 기질이 축적되어 전체 반응이 저해될 수 있다. 헴 합성 다단계 효소촉매 과정에 관여하는 효소와 그 기질과 산물, 그리고 그 효소에 이상이 생겼을 경우 발병하는 포르피린증의 종류를 (나)의 표에 표시하였다. 단, 효소 ㉔에 이상이 생겨 효소 ㉔의 기질인 포르피린 B가 포르피린 C로 전환되지 못하면, 축적된 포르피린 B는 자발적인 반응을 통해 유로포르피리노젠 I로 바뀐다.

(가) 델타아미노레불린산 → 포르피린 A → 포르피린 B → 포르피린 C → 포르피린 D → 포르피린 E → 포르피린 F → 헴

(나)

효소	기질	산물	효소 결핍 시 발병하는 포르피린증
㉑	델타아미노레불린산	포르피린 A	도스포르피린증
㉒	포르피린 A	포르피린 B	급성 간혈성 포르피린증
㉓	포르피린 B	포르피린 C	선천성 조혈기성 포르피린증
㉔	포르피린 C	포르피린 D	만발성 피부 포르피린증
	유로포르피리노젠 I	코프로포르피리노젠 I	
㉕	포르피린 D	포르피린 E	유전성 코프로피린증
㉖	포르피린 E	포르피린 F	혼합 포르피린증
㉗	포르피린 F	헴	조혈기성 프로토포르피린증

- ① 효소 ㉑, ㉒의 산물은 도스포르피린증 환자의 체내에 축적될 것이다.
- ② 효소 ㉓의 산물이 코프로포르피리노젠 I로 전환되는 반응은 만발성 피부 포르피린증 환자의 체내에서 원활히 이루어질 것이다.
- ③ 효소 ㉔과 ㉕이 결핍되어도 흡혈귀와 공통점이 있는 포르피린증의 원인 물질이 만들어지지 않을 것이다.
- ④ 효소 ㉖의 산물은 조혈기성 프로토포르피린증 환자의 체내에 축적되지 않을 것이다.
- ⑤ 효소 ㉗의 기질은 매켈파인과 헌터가 조지 3세가 앓았을 것으로 추정된 포르피린증 환자의 몸에 많이 축적될 것이다.

[16~18] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

탄수화물, 단백질, 지방은 체내에 에너지를 제공하는 물질로 모두 여러 개의 성분으로 구성되어 있다. 이 물질들은 음식물과 소화액이 섞인 걸쭉한 수용성 혼합물인 미즙의 상태로 소화된다. 탄수화물은 당을, 단백질은 아미노산을 기본 단위로 결합되어 있으며 수용성을 띤다. 그러나 지방은 지방산 3개와 글리세롤 1개가 결합한 트리글리세리드가 기본 단위인데, 트리글리세리드는 물에 녹지 않는 소수성을 띠며 자기들끼리 쉽게 응집되어 지방 덩어리를 이루는 특성이 있다. 또한 탄수화물은 입과 소장에서, 단백질은 위와 소장에서 소화가 주로 진행되나 지방은 그 특성으로 인해 소장에서 소화가 주로 이루어진다.

지방의 소화에는 ㉠ 라이페이스(lipase)와 ㉡ 담즙염(bile salt)이 관여한다. 라이페이스는 지방을 분해하는 소화 효소로 침샘, 위, 이장에서 분비되나 입, 위보다는 소장 내강\*에서 본격적으로 작용한다. 물에 녹는 성질을 가진 라이페이스는 지방 덩어리 표면 근처의 분자에만 작용할 수 있어 그 속에 있는 지방 분자를 분해할 수 없다. 쓸개에서 분비되는 담즙염은 지방 덩어리를 잘게 쪼개어 미즙 속에서 라이페이스가 효율적으로 작용할 수 있게 해 준다. 담즙의 구성 성분 중 하나인 담즙염은 친수성과 소수성을 함께 갖고 있어 지방 덩어리를 만나면 소수성 부위는 안쪽인 소수성 입자를 향해, 친수성 부위는 바깥쪽인 물을 향해 흡착된다. 그 결과 작은 지방 덩어리로 잘게 쪼개지는데 표면에 흡착된 담즙염의 친수성 부위는 음전하의 성질을 띠고 있어, 서로 반발하므로 재결합하지 않는다. 그런데 담즙염은 지방 소화 효소는 아니므로 트리글리세리드를 분해하지 못한다. 분해되지 못한 트리글리세리드는 그 성질과 크기로 인해 소장의 상피세포로 들어가기 어렵다.

쪼개진 지방 덩어리에 라이페이스가 작용하면 트리글리세리드는 모노글리세리드와 두 개의 지방산으로 분해된다. 그런데 이들은 소수성이어서 수용성 환경인 미즙 상태에서 쉽게 들어가기 어렵다. 이 때문에 소수성과 친수성을 함께 가진 담즙염과 레시틴 등은 모노글리세리드와 지방산을 중심으로 내부는 소수성을, 외부는 친수성의 성질을 띠는 형태로 모인다. 이러한 분자 집합체를 미셀(micelle)이라고 한다. 이로 인해 모노글리세리드와 지방산은 미즙에서 상피세포 표면으로 이동한 후, 미셀에서 떨어져 나와 안으로 들어가게 된다.

소장에서 소화되어 상피세포로 흡수된 모노글리세리드와 지방산은 필요한 세포로 운반된다. 먼저 이들은 운반을 편리하게 하기 위해 트리글리세리드로 재합성된다. 그런데 지용성인 트리글리세리드가 혈관에 들어가면 다른 물질들과 뭉쳐 끈적끈적한 덩어리를 형성하여 혈관을 막을 수 있다. 이를 방지하기 위해 단백질 등의 물질로 포장되어 카일로마이크론(chylomicron)이라는 복합체를 형성한다. 하지만 카일로마이크론은 모세혈관을 통과할 만큼 작지 않아 순환 조직인 림프관을 통해 필요한 세포로 운반된다.

\* 내강: 동맥이나 소화관과 같은 관상 구조 내부의 비어있는 공간.

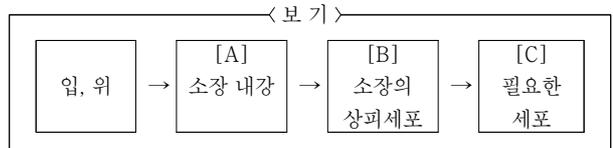
16. 윗글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

- ① 지방의 재합성 과정  
- 지방의 성질을 중심으로
- ② 지방의 구조와 특징  
- 소장 상피세포의 역할을 중심으로
- ③ 지방의 체내 소화 원리  
- 트리글리세리드의 분해와 운반을 중심으로
- ④ 인체 내 에너지 제공 방식  
- 림프관의 기능을 중심으로
- ⑤ 인체의 영양분 소화와 흡수 과정  
- 탄수화물, 단백질 소화 효소의 차이를 중심으로

17. ㉠과 ㉡에 대한 설명으로 적절한 것은?

- ① ㉠은 ㉡과 달리 친수성과 소수성을 함께 갖고 있다.
- ② ㉠은 ㉡과 달리 트리글리세리드에 작용하는 소화 효소이다.
- ③ ㉡은 ㉠과 달리 여러 기관에서 분비된다.
- ④ ㉡은 ㉠과 달리 소수성의 입자들끼리 흡착시키는 역할을 한다.
- ⑤ ㉠과 ㉡은 모두 입과 위에서 주로 작용한다.

18. 윗글의 내용을 바탕으로 <보기>의 [A]~[C]를 이해한 것으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① [A]에서 미셀의 안쪽과 담즙염에 의해 쪼개진 지방의 안쪽은 모두 물에 녹지 않는 성질을 지닌다.
- ② [B]에서는 응집된 트리글리세리드가 편리한 운반을 위해 쪼개진다.
- ③ [A]에서 분해된 물질들이 [B]로 이동할 때, 담즙염, 레시틴 등과 결합하는 이유는 친수성이 없기 때문이다.
- ④ [B]에서 카일로마이크론이 형성되려면 [A]에서 트리글리세리드가 분해되어야 한다.
- ⑤ [B]에서 모노글리세리드와 지방산이 [C]로 이동하려면 다른 물질과 결합해야 한다.

[15~17] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

신체 내에 지방이 저장되는 과정과 분해되는 과정은 많은 연구들을 통해 명확히 알려져 있다. 지방은 지방세포 속에 중성지방의 형태로 축적된다. 이 과정을 살펴보면, 음식물 형태로 섭취된 지방은 소화 과정에서 효소들의 작용에 의해 중성지방으로 전환되어 작은창자에서 흡수되고 혈액에 의해 운반된 후 지방 조직에 저장된다. 이 과정에서 중성지방은 작은창자의 세포 내로 직접 흡수되지 못하기 때문에 췌장에서 분비된 지방 분해 효소인 리파아제에 의해 지방산과 글리세롤로 분해되어 흡수된다. 이렇게 작은창자의 세포에 흡수된 지방산과 글리세롤은 에스테르화라는 화학 반응을 통해 다시 합쳐져서 중성지방이 된다. 이 중성지방은 작은창자의 세포 내에서 혈관으로 방출되어 신체의 여러 부위로 이동한다. 중성지방이 지방세포 근처의 모세혈관에 도달하였을 때, 모세혈관 세포의 세포막에 붙어 있는 리파아제에 의해 다시 지방산과 글리세롤로 분해된 후 지방세포 내로 흡수된다. 이때의 리파아제는 지방 흡수를 위해 지방세포에서 분비되어 옮겨진 것이다. 지방세포는 흡수된 지방산과 글리세롤을 다시 에스테르화하여 중성지방의 형태로 저장한다. 만약 혈액 내에 중성지방의 양이 너무 많아서 기존의 지방세포가 커지는 것만으로는 더 이상 저장할 수 없을 경우, 지방세포의 수가 늘어나서 초과된 양을 저장한다.

지방세포에 저장된 중성지방은 다시 지방산과 글리세롤로 분해된 후 혈액으로 분비되어 신체 기관에 필요한 에너지를 만드는 데 중요한 에너지원이 된다. 이러한 중성지방의 분해는 카테콜아민이라는 신경 전달 물질에 의한 지방세포 내 호르몬-민감 리파아제의 활성화를 통해 일어나는 카테콜아민-자극 지방 분해와 카테콜아민의 작용 없이 일어나는 기초 지방 분해로 나뉜다. 이 가운데 기초 지방 분해는 특별히 많은 에너지가 필요 없는 평상시에 일어나며, 카테콜아민-자극 지방 분해는 격한 운동을 할 때와 같이 에너지가 많이 필요할 때 일어난다. 일반적으로 기초 지방 분해 과정에 의한 중성지방의 분해 속도는 지방세포의 크기가 클수록 빨라진다.

따라서 지방세포 내로 중성지방이 저장되는 것을 조절하거나 지방세포 내 중성지방의 분해를 조절하는 것이 체내 지방의 축적을 조절하는 방법이 된다. 이러한 지방 축적의 조절에는 성장 호르몬이나 성 호르몬 같은 내분비 물질이 관여한다. 이 가운데 성장 호르몬은 카테콜아민-자극에 대한 민감도를 증가시켜 지방 분해를 촉진하는 동시에, 지방세포가 분비한 리파아제의 활성을 감소시켜 지방세포 내 중성지방의 저장을 줄이는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 성장 호르몬의 분비량이 많은 사춘기보다 분비량이 줄어드는 성인기에 지방세포 내 중성지방의 축적이 증가하게 되는 것이다.

한편 성 호르몬의 혈중 농도는 사춘기에 증가하며 성인기에 일정 수준 이상으로 유지되다가 노년기에 이르러 감소한다. 성 호르몬이 지방의 축적과 분해에 관여하는 기전은 아직 정확히 알려져 있지 않지만, 최근 연구들은 여성의 경우 둔부와 대퇴부의 피부 조직 아래의 피하 지방세포에 지방이 더 많이 축적되는 데 비해 남성의 경우 복부 창자의 내장 지방세포에 더 많이 축적된다는

사실로부터 지방 축적에 대한 성 호르몬의 기능을 설명하려고 한다.

성별 지방 축적의 차이를 밝히려는 이러한 시도들은 두 가지 부면으로 나누어 이해될 수 있다. 먼저 성별에 따른 지방의 축적 및 분해 양상의 차이이다. 성인의 내장 지방세포의 경우, 카테콜아민-자극 지방 분해 속도는 여성이 남성보다 빠르며, 지방세포에서 분비된 리파아제의 활성은 남성이 여성보다 더 높다. 반면에 성인의 둔부와 대퇴부의 피하 지방세포의 경우, 카테콜아민-자극 지방 분해 속도는 남성이 여성보다 빠르며, 에스테르화되는 중성지방의 양은 여성이 남성보다 더 많다. 다음은 신체 부위에 따른 지방 분해 양상의 차이이다. 여성의 경우는 카테콜아민-자극 지방 분해가 둔부와 대퇴부 피하 지방세포보다 내장 지방세포에서 더 빠르게 일어나는 반면, 남성의 경우는 그 속도가 비슷하다.

이처럼 성별 및 부위별 지방세포에 따라 중성지방의 저장과 분해 능력이 서로 다르다는 것은 성 호르몬이 지방세포에서 일어나는 중성지방의 저장과 분해 과정의 조절에 매우 복잡한 방법으로 관여하고 있음을 시사한다.

15. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 카테콜아민은 지방세포 내에서 지방산과 글리세롤의 에스테르화 반응을 일으킬 수 있다.
- ② 중성지방이 에너지원으로 작용하기 위해서는 지방산과 글리세롤로 분해되어야 한다.
- ③ 신체 내에 지방세포가 다른 부위보다 더 잘 축적되는 부위는 성별에 따라 다르다.
- ④ 음식물 형태의 지방은 작은창자에서 흡수되기 위해 효소의 작용이 필요하다.
- ⑤ 지방세포의 크기와 지방세포에서 일어나는 기초 지방 분해 속도는 비례한다.

16. '리파아제'에 관한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 성장 호르몬은 호르몬-민감 리파아제의 활성을 증가시킨다.
- ② 지방세포에서 분비된 리파아제는 지방세포에서 지방산 분비를 감소시킨다.
- ③ 췌장에서 분비된 리파아제의 활성이 억제되면, 체내에 지방 축적이 감소된다.
- ④ 신체에서 많은 에너지가 요구되면, 지방세포 내 호르몬-민감 리파아제의 활성이 증가한다.
- ⑤ 모세혈관 세포의 세포막에 붙어 있는 리파아제의 활성이 증가하면, 지방세포 내에서 에스테르화되는 지방산과 글리세롤의 양은 증가한다.

17. <보기>와 같은 실험을 수행한다고 할 때, 위 글의 내용으로 미루어 지방량 증가가 예상되는 것만을 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

아래와 같은 피험자들을 대상으로 일정 기간 동안 약물을 투여한 후, 투여 전후의 내장지방 또는 대퇴부 피하지방의 양을 비교하였다. (단, 약물 투여 전후의 기초 지방 분해량에는 차이가 없다고 가정하고, 투여 약물이 지방 조직을 제외한 다른 조직에 작용하여 지방 조직에 미치는 영향은 고려하지 않는다.)

	피험자	투여 약물	측정 부위
ㄱ	정상 체중의 32세 남성	여성 성 호르몬	대퇴부 피하
ㄴ	혈중 여성 성 호르몬 농도가 매우 낮은 70세 여성	남성 성 호르몬	내장
ㄷ	성장 호르몬이 분비되지 않는 35세 남성	성장 호르몬	내장
ㄹ	혈중 여성 성 호르몬 농도가 매우 낮은 35세 여성	여성 성 호르몬	내장

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

◆ 11 MDEET 언어추론 20~22번

[20~22] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

생식 기능은 호르몬들의 작용으로 조절된다. 남녀 모두, 시상하부에서 분비된 호르몬의 자극으로 두 종류의 생식샘 자극 호르몬, 곧 황체 형성 호르몬과 난포 자극 호르몬이 뇌하수체에서 분비된다. 그런데 남성의 경우, 황체 형성 호르몬은 고환 내 간질 세포의 기능을 활성화하여 남성 호르몬 합성을 촉진한다. 간질 세포에서 합성된 남성 호르몬은 혈액이나 고환 내 세르톨리 세포로 이동한다. 남성 호르몬과 난포 자극 호르몬이 세르톨리 세포에 함께 작용하여 정조 세포를 정자가 되게 한다. 또한 남성 호르몬은 부고환에 작용하여 고환에서 만들어진 정자를 성숙시켜 수정을 위해 필요한 활동성을 갖도록 한다.

여성의 경우, 황체 형성 호르몬이 난소의 난포막 세포에 작용하여 남성 호르몬의 합성을 증가시킨다. 합성된 남성 호르몬은 혈액이나 난소의 과립 세포로 이동한다. 한편 난포 자극 호르몬은 과립 세포에 작용하여 과립 세포 내 아로마타제 효소가 난포막 세포에서 이동한 남성 호르몬을 여성 호르몬으로 바꾸는 데 영향을 준다. 여성 호르몬은 과립 세포로 둘러싸여 있는 난포 세포를 성숙시켜 난자로 만들고 배란을 유도할 뿐만 아니라, 자궁에 작용하여 임신에 대비한 기본 환경을 갖추도록 한다.

생식 기능이 정상적으로 유지되기 위해서는 혈중 성호르몬의 농도가 균형을 이루어야 한다. 남성의 경우는 고환에서 합성된 남성 호르몬이, 여성의 경우는 난소에서 합성된 여성 호르몬이 시상하부와 뇌하수체에 영향을 준다. 이 영향으로 시상하부에서 생식샘 자극 호르몬의 분비를 조절하는 호르몬의 분비가 조절되고, 이것은 다시 뇌하수체에서 생식샘 자극 호르몬의 분비를 조절하는 데 영향을 준다. 이러한 과정을 통해 혈중 성호르몬 농도가 일정하게 유지된다.

그러나 비만이 진행되면서 지방 세포로 인해 각종 호르몬의 균형 상태가 영향을 받기 시작하는데, 특히 성호르몬의 변화가 두드러진다. 비만으로 인해 성호르몬의 균형이 깨지면 생식 기능의 저하가 나타난다.

비만은 체지방의 비율이 증가되는 현상인데, 남녀 모두 비만해지면 지방 세포의 작용으로 여성 호르몬의 혈중 농도가 높아진다. 왜냐하면 혈액에서 지방 세포 내로 유입된 남성 호르몬은 지방 세포 내에 있는 아로마타제 효소에 의해 여성 호르몬으로 변하게 되는데, 지방 세포의 크기가 커지거나 수가 늘어나서 비만해지면 지방 세포 내 아로마타제 효소의 작용이 그에 비례하여 커지기 때문이다. 다만 비만 여성에서는 지방 세포가 여성 호르몬을 흡수·저장도 하기 때문에 높아졌던 혈중 여성 호르몬 농도가 다시 낮아지므로 사실상 거의 변화가 없게 된다.

한편 비만 남성에서는 혈중 여성 호르몬 농도가 높아짐으로 인해 뇌하수체의 생식샘 자극 호르몬 분비가 억제된다. 비만 여성의 경우, 혈중 여성 호르몬은 뇌하수체를 자극해서 황체 형성 호르몬의 분비를 촉진하는데, 이것은 난소 내에서 남성 호르몬의 합성을 증가시킨다. 또한 혈중 여성 호르몬은 뇌하수체에서 난포 자극 호르몬의 분비를 억제한다. 결국 비만으로 인해 난소 내 남성 호르몬의 농도가 높아지고 과립 세포 내 아로마타제 효소의 양이 감소하게 되어 성호르몬의 균형에 변화가 일어나고, 이에 따라 난자 성숙 과정이 정상적으로 이루어지지 않는다. 이처럼 난소 내 성호르몬의 농도가 변화하게 되면, 미성숙 난자만 존재하는 '다낭성

난소 증후군'이 나타날 수 있다. 이 증후군은 배란을 감소와 불규칙한 월경을 동반하고 심한 경우 불임을 야기한다.

20. 위 글의 내용에 부합하지 않는 것은?

- ① 남성 호르몬은 정자가 활동성을 갖도록 한다.
- ② 아로마타제는 남성 호르몬의 합성에 필요하다.
- ③ 뇌하수체는 혈중 여성 호르몬 농도를 조절한다.
- ④ 남성 호르몬은 고환과 난소 모두에서 합성된다.
- ⑤ 황체 형성 호르몬은 간질 세포의 기능을 조절한다.

21. 비만에 의해 일어나는 변화를 잘못 설명한 것은?

- ① 남녀 모두, 지방 세포에서 남성 호르몬의 합성은 증가한다.
- ② 남성의 경우, 고환 내에서 남성 호르몬의 농도가 낮아진다.
- ③ 남성의 경우, 혈중의 여성 호르몬 농도 변화량은 여성보다 크다.
- ④ 여성의 경우, 지방 세포 내의 여성 호르몬 농도가 정상보다 더 높다.
- ⑤ 여성의 경우, 다낭성 난소 증후군 상태의 난소 내 여성 호르몬 농도는 정상보다 낮다.

22. 비만 여성의 생식 기능을 호전시키는 데 사용할 수 있는 물질만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >—
- ㄱ. 여성 호르몬 기능 유사 물질
  - ㄴ. 아로마타제 효소 기능 억제 물질
  - ㄷ. 황체 형성 호르몬 분비 억제 물질

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

## [33~36] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

탄수화물은 사람을 비롯한 동물이 생존하는 데 필수적인 에너지원이다. 탄수화물은 섬유소와 비섬유소로 구분된다. 사람은 체내에서 합성한 효소를 이용하여 곡류의 녹말과 같은 비섬유소를 포도당으로 분해하고 이를 소장에서 흡수하여 에너지원으로 이용한다. 반면, 사람은 풀이나 채소의 주성분인 셀룰로스 같은 섬유소를 포도당으로 분해하는 효소를 합성하지 못하므로, 섬유소를 소장에서 이용하지 못한다. ㉠ 소, 양, 사슴과 같은 반추 동물도 섬유소를 분해하는 효소를 합성하지 못하는 것은 마찬가지이지만, 비섬유소와 섬유소를 모두 에너지원으로 이용하여 살아간다.

위(胃)가 넷으로 나누어진 반추 동물의 첫째 위인 반추위에는 여러 종류의 미생물이 서식하고 있다. 반추 동물의 반추위에는 산소가 없는데, 이 환경에서 왕성하게 성장하는 반추위 미생물들은 다양한 생리적 특성을 가지고 있다. 그중 ㉡ 피브로박터 속시노젠(F)은 섬유소를 분해하는 대표적인 미생물이다. 식물체에서 셀룰로스는 그것을 둘러싼 다른 물질과 복잡하게 얽혀 있는데, F가 가진 효소 복합체는 이 구조를 끊어 셀룰로스를 노출시킨 후 이를 포도당으로 분해한다. F는 이 포도당을 자신의 세포 내에서 대사 과정을 거쳐 에너지원으로 이용하여 생존을 유지하고 개체 수를 늘림으로써 성장한다. 이런 대사 과정에서 아세트산, 숙신산 등이 대사산물로 발생하고 이를 자신의 세포 외부로 배출한다. 반추위에서 미생물들이 생성한 아세트산은 반추 동물의 세포로 직접 흡수되어 생존에 필요한 에너지를 생성하는 데 주로 이용되고 체지방을 합성하는 데에도 쓰인다. 한편 반추위에서 숙신산은 프로피온산을 대사산물로 생성하는 다른 미생물의 에너지원으로 빠르게 소진된다. 이 과정에서 생성된 프로피온산은 반추 동물이 간(肝)에서 포도당을 합성하는 대사 과정에서 주요 재료로 이용된다.

반추위에는 비섬유소인 녹말을 분해하는 ㉢ 스트렙토코쿠스 보비스(S)도 서식한다. 이 미생물은 반추 동물이 섭취한 녹말을 포도당으로 분해하고, 이 포도당을 자신의 세포 내에서 대사 과정을 통해 자신에게 필요한 에너지원으로 이용한다. 이때 S는 자신의 세포 내의 산성도에 따라 세포 외부로 배출하는 대사산물이 달라진다. 산성도를 알려 주는 수소 이온 농도 지수(pH)가 7.0 정도로 중성이고 성장 속도가 느린 경우에는 아세트산, 에탄올 등이 대사산물로 배출된다. 반면 산성도가 높아져 pH가 6.0 이하로 떨어지거나 녹말의 양이 충분하여 성장 속도가 빠를 때는 젖산이 대사산물로 배출된다. 반추위에서 젖산은 반추 동물의 세포로 직접 흡수되어 반추 동물에게 필요한 에너지를 생성하는 데 이용되거나 아세트산 또는 프로피온산을 대사산물로 배출하는 다른 미생물의 에너지원으로 이용된다.

그런데 S의 과도한 생장이 반추 동물에게 악영향을 끼치는 경우가 있다. 반추 동물이 짧은 시간에 과도한 양의 비섬유소를 섭취하면 S의 개체 수가 급격히 늘고 과도한 양의 젖산이 배출되어 반추위의 산성도가 높아진다. 이에 따라 산성의 환경에서 왕성히 성장하며 항상 젖산을 대사산물로 배출하는 ㉣ 락토바실러스 루미니스(L)와 같은 젖산 생성 미생물들의 생장이 증가하며

다량의 젖산을 배출하기 시작한다. F를 비롯한 혐기성 미생물들은 자신의 세포 내부의 pH를 중성으로 일정하게 유지하려는 특성이 있는데, 젖산 농도의 증가로 자신의 세포 외부의 pH가 낮아지면 자신의 세포 내의 항상성을 유지하기 위해 에너지를 사용하므로 생장이 감소한다. 만일 자신의 세포 외부의 pH가 5.8 이하로 떨어지면 에너지가 소진되어 생장을 멈추고 사멸하는 단계로 접어든다. 이와 달리 S와 L은 상대적으로 산성에 견디는 정도가 강해 자신의 세포 외부의 pH가 5.5 정도까지 떨어지더라도 이에 맞춰 자신의 세포 내부의 pH를 낮출 수 있어 자신의 에너지를 세포 내부의 pH를 유지하는 데 거의 사용하지 않고 생장을 지속하는 데 사용한다. 그러나 S도 자신의 세포 외부의 pH가 그 이하로 더 떨어지면 생장을 멈추고 사멸하는 단계로 접어들고, 산성에 더 강한 L을 비롯한 젖산 생성 미생물들이 반추위 미생물의 많은 부분을 차지하게 된다. 그렇게 되면 반추위의 pH가 5.0 이하가 되는 급성 반추위 산성증이 발병한다.

33. 윗글을 읽고 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 섬유소는 사람의 소장에서 포도당의 공급원으로 사용된다.
- ② 반추 동물의 세포에서 합성한 효소는 셀룰로스를 분해한다.
- ③ 반추위 미생물은 산소가 없는 환경에서 생장을 멈추고 사멸한다.
- ④ 반추 동물의 과도한 섬유소 섭취는 급성 반추위 산성증을 유발한다.
- ⑤ 피브로박터 속시노젠(F)은 자신의 세포 내에서 포도당을 에너지원으로 이용하여 성장한다.

34. 윗글로 볼 때, ㉠~㉢에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠과 ㉡는 모두 급성 반추위 산성증에 걸린 반추 동물의 반추위에서는 성장하지 못하겠군.
- ② ㉠과 ㉡는 모두 반추위에서 반추 동물의 체지방을 합성하는 물질을 생성할 수 있겠군.
- ③ 반추위의 pH가 6.0일 때, ㉠은 ㉢보다 자신의 세포 내의 산성도를 유지하는 데 더 많은 에너지를 쓰겠군.
- ④ ㉠과 ㉢는 모두 반추위의 산성도에 따라 다양한 종류의 대사 산물을 배출하겠군.
- ⑤ 반추위에서 녹말의 양과 ㉡의 생장이 증가할수록, ㉠의 생장은 감소하고 ㉢의 생장은 증가하겠군.

35. 윗글을 바탕으로 ㉠이 가능한 이유를 진술한다고 할 때, <보기>의 ㉡, ㉢에 들어갈 말로 가장 적절한 것은? [3점]

<보 기>

반추 동물이 섭취한 섬유소와 비섬유소는 반추위에서 ( ㉡ ), 이를 이용하여 성장하는 ( ㉢ )은 반추 동물의 에너지원으로 이용되기 때문이다.

- ① [ ㉡: 반추위 미생물의 에너지원이 되고  
㉢: 반추위 미생물이 대사 과정을 통해 생성한 대사산물 ]
- ② [ ㉡: 반추위 미생물의 에너지원이 되고  
㉢: 반추위 미생물이 대사 과정을 통해 생성한 포도당 ]
- ③ [ ㉡: 반추위 미생물에 의해 합성된 포도당이 되고  
㉢: 반추 동물이 대사 과정을 통해 생성한 포도당 ]
- ④ [ ㉡: 반추위 미생물에 의해 합성된 포도당이 되고  
㉢: 반추위 미생물이 대사 과정을 통해 생성한 대사산물 ]
- ⑤ [ ㉡: 반추위 미생물에 의해 합성된 포도당이 되고  
㉢: 반추위 미생물이 대사 과정을 통해 생성한 포도당 ]

36. 윗글로 볼 때, 반추위 미생물에서 배출되는 [숙신산]과 [젖산]에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

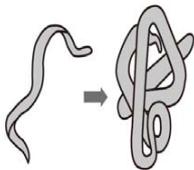
- ① 숙신산이 많이 배출될수록 반추 동물의 간에서 합성되는 포도당의 양도 늘어난다.
- ② 젖산은 반추 동물의 세포로 직접 흡수되어 반추 동물의 에너지원으로 이용될 수 있다.
- ③ 숙신산과 젖산은 반추위가 산성일 때보다 중성일 때 더 많이 배출된다.
- ④ 숙신산과 젖산은 반추위 미생물의 세포 내에서 대사 과정을 거쳐 생성된다.
- ⑤ 숙신산과 젖산은 프로피온산을 대사산물로 배출하는 다른 미생물의 에너지원으로 이용되기도 한다.

[24 ~ 26] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

알츠하이머병과 같은 퇴행성 신경 질환이 일부의 사람들에게만 생기는 이유는 무엇일까? 그리고 대부분의 사람들이 이러한 질병에 잘 걸리지 않는 이유는 무엇일까? 이것은 '소포체 스트레스'와 ㉠ '소포체 스트레스 반응'과 관련이 있다.

소포체는 세포 내의 소기관으로, 소포체로 유입된 단백질을 가공한다. 그런데 소포체 내에서 칼슘 농도 변화 등이 발생하면, 단백질이 정상적인 입체 구조를 잃어버리는 변성이 일어나 비정상적 단백질이 축적된다. 이런 상태가 지속되어 소포체의 기능이 저하되는 것을 소포체 스트레스라고 한다.

소포체 스트레스의 원인이 되는 단백질의 변성은 소포체 내의 '단백질의 접힘(folding)'과 관련이 있다. 단백질의 접힘은



<그림>

<그림>과 같은 과정을 거친다. 소포체로 유입된 단백질은 소포체에서 정교하게 꼬이고 접히고 감겨서 복잡한 입체 구조로 바뀌게 된다. 그런데 소포체 내에서 단백질의 접힘이 제대로 일어나지 않아 단백질의 구조가 입체적으로 변화하지 않으면, 단백질은 변성이 되어 비정상적인 단백질이 된다.

비정상적인 단백질이 축적되어 소포체의 기능이 저하되면 소포체는 자신의 기능을 회복하고 세포의 항상성을 유지하기 위한 시스템을 작동시키는데, 이를 소포체 스트레스 반응이라 한다. 스트레스가 없는 상황에서는 단백질의 하나인 GRP78이 소포체 막에 위치한 PERK, IRE1, ATF6 등에 결합하여 이들의 활성을 억제한다. PERK, IRE1, ATF6은 소포체 스트레스를 감지하는 센서(sensor)인데, 소포체 스트레스가 발생하면 센서에서 GRP78이 분리되어 센서는 활성화된다. 활성화된 센서 중 PERK는 단백질이 새로 만들어지는 합성을 원천적으로 차단한다. IRE1과 ATF6은 단백질의 접힘을 도와주는 단백질인 샤페론의 양을 늘린다. 증가한 샤페론은 비정상적으로 접혀 있는 단백질이 정상적으로 접히도록 유도한다. 이와 같은 과정을 거친 후에도 남아 있는 비정상적인 단백질은 소포체 밖으로 운반되어 분해된다. 만약 소포체 스트레스가 너무 심하여 소포체가 기능을 회복할 수 없을 때에는 전체 개체의 유익을 위하여 소포체는 세포를 죽음에 이르게 하는 '세포자멸사'를 유도하기도 한다.

소포체 스트레스가 발생하면 소포체는 기능이 정상적으로 유지되지 못한다. 이로 인해 세포 조직이 손상되어 알츠하이머병과 같은 퇴행성 신경 질환이 발생할 수도 있다. 그러나 소포체 스트레스에 대응하는 자기 치유 능력인 소포체 스트레스 반응의 메커니즘이 정상적으로 작동하면 질환의 발생 가능성은 줄어들게 된다.

24. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 소포체는 소포체로 유입된 단백질을 가공한다.
- ② 소포체 내에서 단백질은 그 구조가 입체적으로 바뀔 때 변성된다.
- ③ 소포체에 비정상적인 단백질이 축적되면 소포체의 기능이 저하된다.
- ④ 소포체는 전체 개체의 유익을 위해 세포를 죽음에 이르게 할 수도 있다.
- ⑤ 소포체 스트레스에 의해 세포 조직이 손상되면 질환이 발생할 수도 있다.

25. <보기>는 ㉠의 일부를 나타낸 것이다. 이를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

<div style="background-color: #ccc; border: 1px solid black; border-radius: 5px; width: 40px; margin: 0 auto; padding: 2px;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">단백질의 합성 차단</div>	<div style="background-color: #ccc; border: 1px solid black; border-radius: 5px; width: 40px; margin: 0 auto; padding: 2px;">B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">단백질의 정상적 접힘 유도</div>	<div style="background-color: #ccc; border: 1px solid black; border-radius: 5px; width: 40px; margin: 0 auto; padding: 2px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">단백질의 분해</div>
---	---	--

- ① A가 일어날 때 센서는 GRP78과 분리된 상태에 있다.
- ② 샤페론의 양이 증가하면 B가 일어난다.
- ③ A와 B에 관여하는 센서는 서로 다르다.
- ④ B를 거친 비정상적인 단백질은 C를 통해 정상적으로 바뀐다.
- ⑤ 소포체 내에 남아 있는 비정상적 단백질은 소포체 밖으로 운반된 후 C가 이루어진다.

26. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

< 보 기 >

(가) '세포자멸사'가 알츠하이머병이나 파킨슨병과 같은 퇴행성 신경 질환의 발병 원인 중의 하나임을 밝혀냈다.

(나) 다발성 골수암의 암세포에 특정 약물을 투여해 '세포자멸사'를 유도하여 좋은 치료 효과를 얻었다.

- ① (가)를 보니 퇴행성 신경 질환은 단백질의 변성이 일어나지 않아 발생한 질병이겠군.
- ② (가)를 보니 퇴행성 신경 질환을 치료하려면 소포체에 비정상적 단백질이 유입되어야겠군.
- ③ (나)를 보니 특정 약물은 암세포의 소포체 기능을 회복시키는 약물로 볼 수 있군.
- ④ (나)를 보니 특정 약물은 암세포의 소포체 스트레스를 강화하는 약물로 볼 수 있군.
- ⑤ (나)를 보니 특정 약물은 암세포의 단백질 구조 변화가 정상적으로 일어나게 하는 약물로 볼 수 있군.

◆ 12 MDEET 언어추론 8~10번

[8~10] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

여러 아미노산이 연속적으로 연결되면 끈 모양의 폴리펩티드가 된다. 이 폴리펩티드는 꺾여지기도 하고, 돌돌 말리기도 하면서 3차원적인 입체 구조를 만들게 되는데 이 과정을 폴딩(folding)이라고 하며, 이렇게 입체 구조로 만들어진 폴리펩티드를 단백질이라고 부른다. 각각의 단백질은 특정한 3차원 구조를 제대로 갖추어야 제 기능을 발휘할 수 있다.

단백질 생산에는 리보솜과 샤페론 등이 관여한다. 리보솜은 세포핵이 제공하는 유전자의 서열 정보에 따라 세포 내에서 만들어진 개개의 아미노산을 연결해 폴리펩티드를 만든다. 이렇게 새로 만들어진 폴리펩티드 중에서, 일부는 자발적으로 폴딩하여 기능성 단백질이 되고, 스스로 폴딩하지 못하는 폴리펩티드는 샤페론의 도움을 받아 정상적으로 폴딩된다. 세포 내에는 다양한 종류의 샤페론이 존재하며, 그 각각마다 작용하는 폴리펩티드가 다르다.

대부분의 경우 폴리펩티드의 폴딩은 정상적으로 진행되지만, 어떤 상황에서는 폴리펩티드가 폴딩하지 못하고 서로 얽혀 응집된 덩어리 형태를 띤다. 또한 세포에 열, 중금속, 화학 물질 등과 같은 스트레스가 가해지면, 폴딩 중이거나 이미 형성된 단백질의 구조에 이상이 발생할 수 있다. 이때 비정상적인 3차원 구조로 변하는 미스폴딩(misfolding) 현상이나 3차원 구조가 완전히 붕괴되어 풀리는 언폴딩(unfolding) 현상이 일어나는데, 이처럼 구조가 변한 단백질을 변성 단백질이라고 한다. 변성 단백질은 입체 구조가 흐트러져서 소수성(疏水性) 아미노산이 분자 표면에 노출된 형태로 바뀐 것이 많다. 변성 단백질 분자 표면에 노출된 소수성 아미노산들은 서로 당기는 상호 작용을 한다. 그 결과로 변성 단백질들이 모여 물에 녹지 않는 응집체가 형성된다. 응집체의 형성 과정은 대부분 비가역적이어서 일단 형성된 응집체는 쉽게 응집 상태를 벗어나지 못한다. 응집체를 형성하기 전에, 응집체 형성을 저해하는 샤페론에 의해 변성 단백질이 원래 구조로 회복되는 것이 리폴딩(refolding)이다. 리폴딩은 실험 상황에서는 샤페론 없이도 재현할 수 있다.

세포에는 잘못 생산된 단백질을 제거하거나 변성 단백질의 재생과 분해 작용을 담당하는 품질 관리 체계가 존재한다. 품질 관리 기능을 담당하는 주요 기관 중 하나인 소포체 내부에 변성 단백질이 축적되면, 이것은 소포체에 스트레스로 작용한다. ㉠ 소포체 스트레스의 해소는 다양한 방법을 통해 이루어진다.

소포체에 변성 단백질이 축적되면, ATF6가 활성화되어 소포체 샤페론의 생산을 촉진시키고, 샤페론은 리폴딩을 통해 변성 단백질을 정상 단백질로 재생한다. 재생이 되지 못하는 변성 단백질은, IRE1과 XBP-1의 연쇄적인 활성화로 단백질 분해 기구가 활성화되어 분해된다. 이 분해 과정은 재생이 어려운 변성 단백질을 세포질로 역수송하여 분해되도록 하는 것으로, 세포질에 존재하는 유비퀴틴-프로테아좀계에서 일어난다. 또한 소포체에 스트레스를 주는 환경이 유지되어 변성 단백질의 축적이 지속되면, PERK의 활성화가 일어나고 이어서 단백질 합성 개시 인자인 eIF2a를 불활성화(인산화)하여 리보솜의 단백질 합성이 더 이상 진행되지 못하게 한다. 결과적으로 리보솜의 단백질 합성 기능을 멈추게 해 변성 단백질 생산량 자체를 감소시키는 것이다. 이와 같은 다양한 방법으로도 단백질의 품질 관리가 어려워지면 세포는 다음 단계의 수단으로 스스로 사멸하는 길을 택하기도 한다.

8. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 단백질의 구조 변성은 세포의 생존을 위협한다.
- ② 리보솜은 유전자 서열 정보를 받아 단백질 생산에 관여한다.
- ③ 세포 내 단백질들의 폴딩은 세포에 가해진 열에 영향을 받는다.
- ④ 응집체를 형성한 세포 내 폴리펩티드는 자발적으로 리폴딩한다.
- ⑤ 단백질이 정상 기능을 발휘하는 것은 단백질의 입체 구조에 의존한다.

9. ㉠이 정상적으로 진행되지 못할 때, 그 원인이 되는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

㉠. 소포체의 XBP-1의 활성화  
 ㉡. 유비퀴틴-프로테아좀계의 손실  
 ㉢. 소포체 내의 샤페론의 농도 감소  
 ㉣. 단백질 합성 개시 인자의 불활성화

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

10. 위 글을 바탕으로 <보기>의 실험 결과를 바르게 분석한 것은?

—<보 기>—

서로 다른 단백질 A와 B의 특성을 알아보기 위하여 각각 다른 네 가지 실험을 수행하였다. 실험에는 농도가 낮은 A와 B의 수용액을 사용하였으며 두 수용액은 상온에서 안정된 상태를 유지하였다. 각 실험의 결과는 다음과 같다.

㉠. A 수용액을 50℃로 가열했더니 불용성 응집체가 형성되었다.  
 ㉡. B 수용액을 50℃로 가열했더니 아무 변화가 없었지만, 70℃로 가열하니 불용성 응집체가 형성되었다.  
 ㉢. A 수용액과 B 수용액을 섞어 50℃로 가열했더니 응집체가 생성되지 않았다.  
 ㉣. ㉠ 실험의 결과로 생성된 응집체를 수거하여 세제 수용액에 녹인 후, 세제를 완전히 제거하니 A가 물에 녹아 있었다.

(단, 수용액의 농도에 의해 발생하는 효과는 무시하며, ㉢과 ㉣ 실험 결과에서 얻은 최종 수용액 속의 A는 정상적인 기능을 하였다.)

- ① A의 응집체는 소수성 아미노산들이 분자 표면에서 내부로 이동하며 형성된다.
- ② B는 70℃에서 입체 구조의 변화가 없다.
- ③ A는 B에 대해 샤페론과 같은 역할을 한다.
- ④ 세제는 A 변성 단백질 간의 소수성 상호 작용을 차단한다.
- ⑤ A는 ㉢ 실험의 시험관 조건에서 리폴딩되지 않는다.

◆ 15 수능 A형 16~19번

[16~19] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리 몸은 단백질의 합성과 분해를 끊임없이 반복한다. 단백질 합성은 아미노산을 연결하여 긴 사슬을 만드는 과정인데, 20여 가지의 아미노산이 체내 단백질 합성에 이용된다. 단백질 합성에서 아미노산들은 DNA 염기 서열에 담긴 정보에 따라 정해진 순서대로 결합된다. 단백질 분해는 아미노산 간의 결합을 끊어 개별 아미노산으로 분리하는 과정이다. 체내 단백질 분해를 통해 오래되거나 손상된 단백질이 축적되는 것을 막고, 우리 몸에 부족한 에너지 및 포도당을 보충할 수 있다.

단백질 분해 과정의 하나인, 프로테아솜이라는 효소 복합체에 의한 단백질 분해는 세포 내에서 이루어진다. 프로테아솜은 유비퀴틴이라는 물질이 일정량 이상 결합되어 있는 단백질을 아미노산으로 분해한다. 단백질 분해를 통해 생성된 아미노산의 약 75%는 다른 단백질을 합성하는 데 이용되며, 나머지 아미노산은 분해된다. 아미노산이 분해될 때는 아미노기가 아미노산으로부터 분리되어 암모니아로 바뀐 다음, 요소(尿素)로

합성되어 체외로 배출된다. 그리고 아미노기가 떨어지고 남은 부분은 에너지나 포도당이 부족할 때는 이들을 생성하는 데 이용되고, 그렇지 않으면 지방산으로 합성되거나 체외로 배출된다.

단백질이 지속적으로 분해됨에도 불구하고 체내 단백질의 총량이 유지되거나 증가할 수 있는 것은 세포 내에서 단백질 합성이 끊임없이 일어나기 때문이다. 단백질 합성에 필요한 아미노산은 세포 내에서 합성되거나, 음식으로 섭취한 단백질로부터 얻거나, 체내 단백질을 분해하는 과정에서 생성된다. 단백질 합성에 필요한 아미노산 중 체내에서 합성할 수 없어 필요량을 스스로 충족할 수 없는 것을 필수아미노산이라고 한다. 어떤 단백질 합성에 필요한 각 필수아미노산의 비율은 정해져 있다. 체내 단백질 분해를 통해 생성되는 필수아미노산도 다시 단백질 합성에 이용되기도 하지만, 부족한 양이 외부로부터 공급되지 않으면 전체의 체내 단백질 합성량이 줄어들게 된다. 그러므로 필수아미노산은 반드시 음식을 통해 섭취되어야 한다. 다만 성인과 달리 성장기 어린이의 경우, 체내에서 합성할 수는 있으나 그 양이 너무 적어서 음식물로 보충해야 하는 아미노산도 필수아미노산에 포함된다.

각 식품마다 포함된 필수아미노산의 양은 다르며, 필수아미노산이 균형을 이룰수록 공급된 필수아미노산의 총량 중 단백질 합성에 이용되는 양의 비율, 즉 필수아미노산의 이용 효율이 ① 높다. 일반적으로 육류, 계란 등 동물성 단백질은 필수아미노산을 균형 있게 함유하고 있어 필수아미노산의 이용 효율이 높은 반면, 쌀이나 콩류 등에 포함된 식물성 단백질은 제한아미노산을 가지며 필수아미노산의 이용 효율이 상대적으로 낮다.

제한아미노산은 단백질 합성에 필요한 각각의 필수아미노산의 양에 비해 공급된 어떤 식품에 포함된 해당 필수아미노산의 양의 비율이 가장 낮은 필수아미노산을 말한다. 가령, 가상의 P 단백질을 1몰\*을 합성하기 위해서는 필수아미노산 A와 B가 각각 2몰과 1몰이 필요하다고 하자. P를 2몰 합성하려고 할 때, A와 B가 각각 2몰씩 공급되었다면 A는 필요량에 비해 2몰이 부족하게 되어 P는 결국 1몰만 합성된다. 이때 A가 부족하여 합성할 수 있는 단백질의 양이 제한되기 때문에 A가 제한아미노산이 된다.

\* 몰: 물질의 양을 나타내는 단위.

16. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 체내 단백질의 분해를 통해 오래되거나 손상된 단백질의 축적을 막는다.
- ② 유비퀴틴이 결합된 단백질을 아미노산으로 분해하는 것은 프로테아솜이다.
- ③ 아미노산에서 분리되어 요소로 합성되는 것은 아미노산에서 아미노기를 제외한 부분이다.
- ④ 세포 내에서 합성되는 단백질의 아미노산 결합 순서는 DNA 염기 서열에 담긴 정보에 따른다.
- ⑤ 성장기의 어린이에게 필요한 필수아미노산 중에는 체내에서 합성할 수 있는 것도 포함되어 있다.

17. 윗글을 읽고 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 필수아미노산을 제외한 다른 아미노산도 제한아미노산이 될 수 있겠군.
- ② 체내 단백질을 분해하여 얻어진 필수아미노산의 일부는 단백질 합성에 다시 이용되겠군.
- ③ 체내 단백질 합성에 필요한 필수아미노산은 음식물의 섭취나 체내 단백질 분해로부터 공급되겠군.
- ④ 제한아미노산이 없는 식품은 단백질 합성에 필요한 필수아미노산이 균형 있게 골고루 함유되어 있겠군.
- ⑤ 체내 단백질 합성과 분해의 반복 과정에서, 외부로부터 필수아미노산의 공급이 줄어들면 체내 단백질 총량은 감소하겠군.

18. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 실험에 대한 이해로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

가상의 단백질 Q를 1몰 합성하는 데 필수아미노산 A, B, C가 각각 2몰, 3몰, 1몰이 필요하다고 가정하자. 단백질 Q를 2몰 합성하려고 할 때 (가), (나), (다)에서와 같이 A, B, C의 공급량을 달리하고, 다른 조건은 모두 동일한 상황에서 최대한 단백질을 합성하는 실험을 하였다.

- (가): A 4몰, B 6몰, C 2몰
- (나): A 6몰, B 3몰, C 3몰
- (다): A 4몰, B 3몰, C 3몰

(단, 단백질과 아미노산의 분해는 없다고 가정한다.)

- ① (가)에서는 단백질 합성을 제한하는 필수아미노산이 없겠군.
- ② (가)에서는 (다)에 비해 단백질 합성에 이용된 필수아미노산의 총량이 많겠군.
- ③ (나)에서는 (다)에 비해 합성된 단백질의 양이 많겠군.
- ④ (나)와 (다) 모두에서는 단백질 합성을 제한하는 필수아미노산이 B가 되겠군.
- ⑤ (나)에서는 (다)에 비해 단백질 합성에 이용되지 않고 남은 필수아미노산의 총량이 많겠군.

19. ㉠의 문맥적 의미와 가장 가까운 것은?

- ① 가을이 되면 그 어느 때보다 하늘이 높다.
- ② 우리나라는 원자재의 수입 의존도가 높다.
- ③ 이번에 새로 지은 건물은 높이가 매우 높다.
- ④ 잘못을 시정하라는 주민들의 목소리가 높다.
- ⑤ 친구는 이 분야의 전문가로서 이름이 높다.

[7~9] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

세포는 현미경으로 관찰하면 작은 물방울처럼 보이지만 세포 내부는 기름 성분으로 이루어진 칸막이에 의해 여러 구획으로 나누어져 있다. 서랍 속의 칸막이가 없으면 물건이 뒤섞여 원하는 것을 찾기 힘들어지듯이 세포 안의 구획이 없으면 세포 안의 구성물, 특히 단백질이 마구 섞이게 되어 세포의 기능에 이상이 생길 수 있다. 그러므로 각각의 단백질은 저마다의 기능에 따라 세포 내 소기관들, 세포질, 세포 외부나 세포막 중 필요한 장소로 수송되어야 한다.

세포 외부로 분비된 단백질은 호르몬처럼 다른 세포에 신호를 전달하는 역할을 하고, 세포막에 고정되어 위치하는 단백질은 외부의 신호를 안내나처럼 받아들이는 수용체 역할을 하거나 물질을 세포 내부로 받아들이는 통로 역할을 수행한다. 반면 세포 내 소기관으로 수송되는 단백질이나 세포질에 존재하는 단백질은 각각 세포 내 소기관 또는 세포질에서 수행되는 생화학 반응을 빠르게 진행하도록 하는 촉매 역할을 주로 수행한다.

단백질은 mRNA의 정보에 의해 리보솜에서 합성된다. 리보솜은 세포 내부를 채우고 있는 세포질에 독립적으로 존재하다가 mRNA와 결합하여 단백질 합성이 개시되면 세포질에 머물면서 계속 단백질 합성을 진행하거나 세포 내부의 소기관인 소포체로 이동하여 소포체 위에 부착하여 단백질 합성을 계속한다. 리보솜이 이렇게 서로 다른 세포 내 두 장소에서 단백질 합성을 수행하는 이유는 합성이 끝난 단백질을 그 기능에 따라 서로 다른 곳으로 보내야 하기 때문이다. 세포질에서 독립적으로 존재하는 리보솜에서 완성된 단백질은 주로 세포질, 세포핵·미토콘드리아와 같은 세포 내 소기관으로 이동하여 기능을 수행한다. 반면 소포체 위의 리보솜에서 합성이 끝난 단백질은 세포 밖으로 분비되든지, 세포막에 위치하든지, 또는 세포 내 소기관들인 소포체나 골지체나 리소솜으로 이동하기도 한다. 소포체·골지체·리소솜은 모두 물리적으로 연결되어 있으므로 소포체 위의 리보솜에서 만들어진 단백질의 이동이 용이하다. 또한 세포막에 고정되어 위치하거나 세포막을 뚫고 분비되는 단백질은 소포체와 골지체를 거쳐 소낭에 싸여 세포막 쪽으로 이동한다.

소포체 위의 리보솜에서 완성된 단백질은 소포체와 근접한 거리에 있는 또 다른 세포 내 소기관인 골지체로 이동하여 골지체에서 추가로 변형된 후 최종 목적지로 향하기도 한다. 이 단백질 합성 후 추가 변형 과정은 아미노산이 연결되어서 만들어진 단백질에 탄수화물이나 지질 분자를 붙이는 과정으로서 아미노산만으로는 이루기 힘든 단백질의 독특한 기능을 부여해준다. 일부 소포체에서 기능하는 효소는 소포체 위의 리보솜에서 단백질 합성을 완료한 후 골지체로 이동하여 변형된 다음 소포체로 되돌아온 단백질이다.

과연 단백질은 어떻게 자기가 있어야 할 세포 내 위치를 찾아갈 수 있을까? 그것을 설명하는 것이 '신호서열 이론'이다. 어떤 단백질은 자기가 배송되어야 할 세포 내 위치를 나타내는 짧은 아미노산 서열로 이루어진 신호서열을 가지고 있다. 예를 들어 KDEL 신호서열은 소포체 위의 리보솜에서 합성된 후 골지체를 거쳐 추가 변형 과정을 거친 다음 소포체로 되돌아오는 단백질이 가지고 있는 신호서열이다. 또한 NLS는 세포질에 독립적으로 존재하는 리보솜에서 합성되어 세포핵으로 들어가는 단백질이 가지고 있는 신호서열이고 NES는 반대로 세포핵 안에 존재하다가 세포질로 나

오는 단백질이 가지고 있는 신호서열이다. 그리고 세포질에 독립적으로 존재하는 리보솜에서 만들어진 단백질을 미토콘드리아로 수송하기 위한 신호서열인 MTS도 있다.

이러한 신호서열 이론을 증명하는 여러 실험이 수행되었다.

① KDEL 신호서열을 인위적으로 붙여준 단백질은 원래 있어야 할 곳 대신 소포체에 위치하는 것으로 관찰되어 KDEL이 소포체로의 단백질 수송을 결정하는 신호서열이라는 결론이 내려졌다. ② 소포체에 부착한 리보솜에서 만들어진 어떤 단백질이 특정한 신호서열이 있어서 세포 밖으로 분비되는 것인지, 아니면 그 단백질이 신호서열을 전혀 가지고 있지 않아서 세포 밖으로 분비되는 것인지 확인하는 실험도 수행되었는데 세포의 종류에 따라 각기 다르다는 결론이 내려졌다. ③ 세포 내 특정 장소로 가기 위한 신호서열을 가지고 있지 않은 단백질이 어떻게 특정 장소로 이동하는지를 확인하는 실험을 한 결과 특정 장소로 수송하기 위한 신호서열을 가지고 있는 단백질과의 결합을 통해 신호서열이 지정하는 특정 장소로 이동할 수 있다는 결론을 얻었다.

7. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 세포막에서 수용체 역할을 하는 단백질은 소포체 위의 리보솜에서 합성된 것이다.
- ② 세포질 안에서 사용되는 단백질은 세포질에 독립적으로 존재하는 리보솜에서 합성된 것이다.
- ③ 골지체에서 변형된 후 소포체로 돌아온 단백질은 소포체 위의 리보솜에서 합성된 것이다.
- ④ 세포핵으로 수송되는 단백질은 세포 밖으로 분비되는 단백질과 다른 곳에 위치한 리보솜에서 합성된 것이다.
- ⑤ 미토콘드리아로 수송되는 단백질과 세포막에 위치하는 단백질은 같은 곳에 위치한 리보솜에서 합성된 것이다.

8. 윗글을 바탕으로 추론한 것으로 적절하지 않은 것은?

- ① KDEL 신호서열을 가지고 있는 단백질은 NLS가 없을 것이다.
- ② KDEL 신호서열을 가지고 있는 소포체로 최종 수송된 단백질은 골지체에서 변형을 거쳤을 것이다.
- ③ NLS가 없는 세포핵 안에 존재하는 단백질은 NLS가 있는 다른 단백질과 결합하여 세포핵 안으로 수송되었을 것이다.
- ④ NLS가 있으나 NES가 없는 단백질은 합성 후 세포핵에 위치한 다음 NES가 있는 단백질과 결합하면 다시 세포핵 밖으로 나갈 수 있을 것이다.
- ⑤ NLS와 NES를 모두 가졌으나 세포 외부에서 발견되는 단백질은 세포질에 독립적으로 존재하는 리보솜에서 합성된 단백질과 결합하여 세포 외부로 이동하였을 것이다.

9. ㉠~㉢에 대한 평가로 적절한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- a. KDEL 신호서열이 있는 어떤 단백질의 KDEL 신호서열을 인위적으로 제거하면 소포체로 이동하지 않는다는 실험 결과는 ㉠의 결론을 강화한다.
- b. NLS를 가진 어떤 단백질의 NLS를 인위적으로 제거하면 세포 밖으로 분비된다는 실험 결과는 ㉡의 결론을 강화한다.
- c. MTS가 없는 어떤 단백질이 MTS가 있는 단백질과 결합하여 미토콘드리아에서 발견된다는 실험 결과는 ㉢의 결론을 강화한다.

- ① a      ② b      ③ a, c      ④ b, c      ⑤ a, b, c