

생물 면접구술고사 완벽 가이드

(서울대·포스텍용)

과학동아 2002년 11월~2009년 3월 연재분 통합 풀버전

과학동아에 연재되고 있는 '심층면접 완벽가이드'를 여러분이 보기 쉽게끔 전면편집해서 새로운 책자로 제작했습니다. 이번에 총 6개월 이상을 편집 및 교정에 매달린 끝에 수학·물리·화학·생물을 합해서 총 일천육백 페이지가 넘는 방대한 양을 완료하게 되었습니다. 그러나 원본(저해상도 그림파일)이 부실하기 때문에 오류가 발생했을 가능성이 높습니다. 이 책자로 공부하다가 내용상의 오류를 발견하면 제게 연락주시면 즉시 수정해서 새로 올리겠습니다.

네이버→(teuksusy/teuksusy), 다음→(teuksu/포스텍학부모), 오르비→(teuksu/이명환)

하나포스메일→teuksusy@hanafos.com, 네이버 메일→teuksusy@naver.com

제가 이렇게 면접구술고사 대비용 책자를 제작하는 이유는 가정형편은 빈한하나 서울대·포스텍에 진학하고 싶은 열정에 사무친 일반고 학생들을 위함입니다. 우수한 내신은 공부를 열심히 하면 올릴 수 있지만, 면접구술고사는 실력만으로는 힘들며, 기본원리와 문제풀이과정을 이해해야 합니다. 즉, 무조건 암기식으로 공부해서는 곤란하다는 의미입니다.

그런 면에서 '심층면접 완벽가이드'시리즈(수학·물리·화학·생물)는 다양한 기출문제와 저자(거의 서울대 및 포스텍 출신 전문교육가들입니다.)들의 충실한 해설을 곁들인 명작으로서, 이 책자에 실린 내용들을 전부 이해하면 상당한 수준까지 면접구술고사에 대비할 수 있습니다.

그리고 이번 시리즈에서는 일체의 목차를 제공하지 않습니다. 그 이유는 실제 면접구술고사에서 어느 항목에서 출제될지 전혀 예상하지 못하는 상황에서 잠깐 문제를 보고 개요를 파악하고 풀이해야 하기 때문에 미리 그런 훈련을 쌓아야 한다고 생각했기 때문입니다.

그러므로 이 책자로 공부한다고 생각하면 안되고, 어디까지나 실전대비용으로 활용하기 바랍니다.

아무쪼록 열공해서 서울대·포스텍에 진학하는 기쁨이 있기를 기원합니다.

- 이명환 올림 -

2002년 11월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

1. 어떤 생물학자가 새의 부화를 연구하던 중, 특정 지역의 숲에서는 알의 부화가 일어나지 않는 것을 발견했다. 이 생물학자는 알의 부화가 일어나지 않는 지역에 대해 조사한 결과 이 숲에서 제초제가 다량 살포된 사실을 밝혀내고 '제초제가 새의 알이 부화되는 것에 비정상적인 영향을 미친다'라는 가설을 세우고 다음의 실험을 실시한 후 아래의 결론을 내렸다.

과정

- (가) 새의 알에 송곳으로 구멍을 뚫는다.
- (나) 생리적 식염수에 용해시킨 제초제를 구멍 속에 주입한다.
- (다) 왁스로 주입구를 막은 후 부화기에서 새의 알을 부화시킨다.

결과

새의 알이 부화되지 않았다.

결론

제초제가 새의 알 부화에 비정상적인 영향을 끼친다.

- (1) 이 연구자가 행한 실험의 문제점을 지적하고 이를 해결할 수 있는 실험방법을 제시해보라.
- (2) 플라시보 효과란 무엇인지 설명하고 예를 들어보라. (1)번에서 문제해결을 위해 제시된 실험에도 플라시보가 사용됐는가?

▶ 출제의도 및 구술 어드바이스

과학적 방법을 통해 가설을 검증하고 실험을 설계할 수 있는가를 물어보는 문제다. 실험구의 실험 결과에 대한 평가 기준이 되는 대조구와 플라시보의 개념을 알고 있어야 쉽게 접근할 수 있다.

▶ 해설 및 모범답안

- (1) 이 실험은 대조구가 없는 실험이므로 다음의 오류가능성이 있다. 즉 ① 생리적 식염수가 부화에 영향을 주지 않는가 ② 송곳으로 뚫은 구멍이 알의 부화에 영향을 주지 않는가 ③ 부화기가 잘못되거나 수정이 안된 알이 포함되는 등의 뜻하지 않은 결과가 일어날 수 있는가 등이다. 먼저 실험구로는 이 연구자가 행한 것과 같은 방법으로 처리한 그룹을 설정해야 한다. 즉 알에 구멍을 낸 후에 생리적 식염수에 녹인 제초제를 주입한 후 왁스로 밀봉한다. 대조구로는 다음과 같은 세가지의 그룹을 설정해야 한다.

- ① 제초제를 녹이지 않은 생리적 식염수를 알에 주입시킨 후 왁스로 밀봉한 그룹, ② 구멍만을 내고 아무것도 주입하지 않은 후 왁스로 밀봉한 그룹, ③ 아무처리도 하지 않은 그룹.

이와 같이 한개의 실험구와 세개의 대조구를 모두 부화시켜 대조구는 모두 부화되고 실험구만이 부화되지 않았을 때 실험자는 '제초제가 알 부화에 비정상적인 영향을 끼친다'라는 결론을 내릴수 있다.

- (2) 플라시보(Placebo, 偽藥)란 대조구에서 변수를 대체시킬 수 있는 불활성 물질을 말한다.

의약품의 효과를 사람에게 실험하는 경우에는 독도 약도 아닌, 약리학적으로 비활성인 약품(예를 들어 젓당, 녹말, 우유, 증류수, 생리적 식염수 등)을 말한다.

대부분의 경우 의약품은 환자의 치료에 직접적인 영향을 미치지만, 어떤 경우에는 그 의약품이 제공한다고 밝혀지지 않았거나 또는 전혀 제공하지 않은 효과가 나타날 수 있다. 이것은 화학물질로서의 의약품이 주는 효과 외에도 심리적인 효과가 치료에 개입되기 때문이다. 이런 심리적인 요인들로는 의사나 믿을 만한 사람의 권고, 매스컴을 통한 광고, 약의 가격, 체험담이나 소문 등을 들 수 있다. 이와 같이 의약품과 직접적으로 관련없는 여러가지 원인에 의해 나타나는 약리작용을 플라시보 효과라 한다.

예를 들면 두통약으로 잘못 알고 먹은 소화제가 두통을 낮게 하는 경우나, 또는 소화제를 비아그라라고 믿게 만든 후 먹게 하면 성기능이 증가하는 경우 등이다. 이 경우 소화제는 두통 해소나 성기능 증가에 직접적인 영향을 미치지 않으면서도 치료 효과를 보고 있는 것이다.

(1)번의 실험에서는 생리적 식염수가 플라시보이다. 플라시보는 주로 심리적인 요인에 의해 대조구의 실험결과가 달라지는데 많이 사용되지만, 정확한 의미는 대조구에서 실험구의 변수(위의 실험에서는 제초제)를 대체할 수 있는 불활성(생리적 식염수가 알의 부화에 영향을 주면 안 됨) 물질이다.

2. 세포의 모양과 크기는 생물의 종류에 따라 다양하고, 한 종의 생물체 내에서도 세포의 위치와 기능에 따라 달라진다. 하지만 대부분의 진핵 세포는 직경이 $10\mu\text{m} - 100\mu\text{m}$ 사이이다.
- (1) 진화는 세포의 크기를 작게 유지하면서 개체 크기의 증가를 조절하기 위해 세포의 수를 증가시키는 경향을 보이고 있다. 그렇다면 생물체가 커감에 따라 세포가 커지지 않는 이유는 무엇인가?
- (2) 세포의 크기가 작은 것이 효율적이라면, 세포의 크기는 무조건 작을수록 좋은 것인가?
- (3) 뉴런이나 근육세포처럼 길이가 긴 세포나 타조알처럼 크기가 큰 세포는 어떻게 설명이 가능한가?
- (4) 항온동물의 개체 크기와 관련해 베르크만의 법칙(규칙)이라는 것이 있다. 이에 대해 알고 있으면 설명해보라.

▶ 출제 의도 및 구술 어드바이스

이 문제는 생명체의 기본단위인 세포가 왜 작은 크기로 이뤄져 있는가에 대해 논리적인 접근이 가능한가를 테스트하는 것으로 전체적으로 어려운 문제는 아니다. (4)번 질문은 베르크만의 법칙을 알지 못하더라도 위 질문들로부터 추론할 수 있어야 한다.

▶ 해설 및 모범답안

(1) 세포는 생명체의 구조적·기능적 단위로 생물체에서 일어나는 모든 생명현상은 세포를 바탕으로 이뤄진다. 따라서 세포, 특히 성장하는 세포는 물질의 능동적인 교환을 위해 충분한 표면적(세포 원형질막)을 필요로 하게 된다. 세포를 반지름이 r 인 구로 가정을 하면,

$$\text{세포의 부피}(V) = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\text{세포의 표면적}(S) = 4\pi r^2$$

이때 단위 부피당 표면적의 비(S/V)는 $3/r$ 이 되므로 세포의 반지름(크기)이 증가할수록 단

위 부피당 표면적의 비(S/V)가 줄어든다. 따라서 일정한 크기(물질대사가 한계에 달할 때)가 될 때 세포는 둘로 분열해 크기를 줄임으로써 적절한 표면-부피 비를 유지하게 되는 것이다. 이와 더불어 세포 내에서 물질의 효과적인 확산과 핵이 세포를 효과적으로 통제하기 위해서도 세포의 크기가 작은 것이 유리하다.

- (2) 세포가 생명의 기본단위로 생명현상을 유지하기 위해서는 진핵세포는 세포 내에 핵, 미토콘드리아, 엽록체 등의 소기관과 여러가지 효소, 영양분 등이 함유돼 있는 세포질을 가져야 한다. 이 때문에 무조건 작아질 수는 없다. 반면 세포 내에 소기관을 갖지 않는 원핵생물의 세포들(예를 들어 크기가 $1-2\mu\text{m}$ 인 대장균)은 진핵생물의 세포 보다 일반적으로 훨씬 작다.
- (3) 근육세포나 신경세포의 경우는 이 세포가 맡은 기능을 수행하기 위해 어쩔 수 없이 어느 정도의 표면-부피 비는 희생을 한 경우다. 하지만 최대한 모양을 가늘게 함으로써 긴 길이에서 오는 표면-부피 비의 감소를 상쇄시켰으며, 근육세포의 경우는 여러 개의 핵을 가짐으로써(다핵세포) 커다란 크기를 유지하기도 한다. 타조알의 경우는, 대부분의 난세포가 그러하듯, 이 세포는 활발히 성장하는 세포가 아니라 단순히 영양분을 저장하고 있는 세포이기 때문에 표면-부피 비의 문제에 크게 영향을 받지 않는다.
- (4) 항온동물은 일반적으로 같은 종(種)이라도 추운 지방에서 생활하는 개체가 따뜻한 지방에서 생활하는 개체보다 체중이 크다.

또한 유사한 이종(異種) 사이에서는 대형의 종(種)일수록 한랭한 지방에서 생활하는 경향을 보인다. 이것은 세포의 경우와는 반대 현상이라고 볼 수 있는데, 덩치가 커지면 상대적으로 단위 체적에 대한 표면적의 비율이 감소하게 되므로, 체열을 방출하는 부분이 적어지게 되고 따라서 체내 열을 보관하는 능력이 커져 체온 유지에 적합한 결과가 된다.

3. 광합성에 대한 아래의 질문에 답하라.

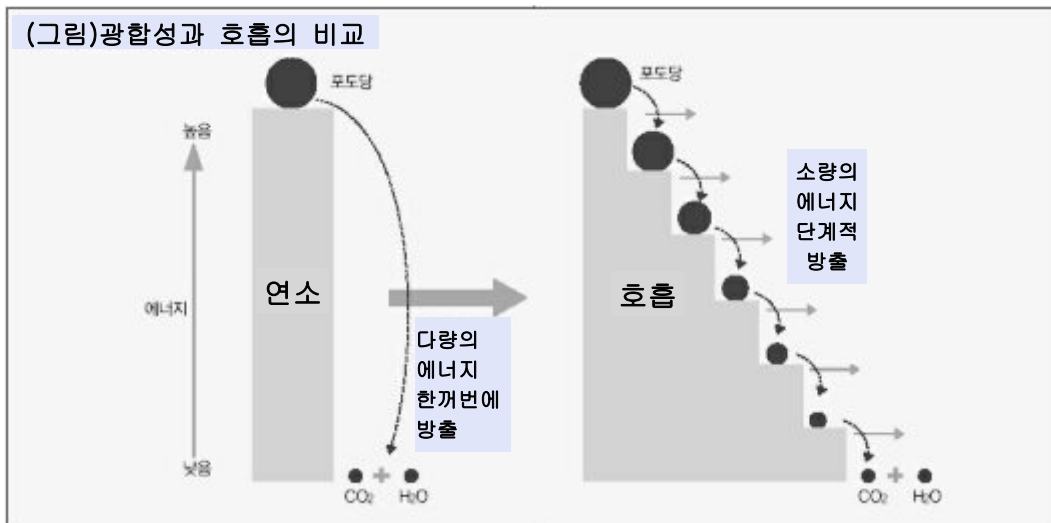
- (1) 녹색 식물의 광합성 과정을 화학식으로 나타내보고, 광합성의 결과 생성되는 산소가 어디서 유래한 것인지를 설명해보라.
- (2) 녹색식물의 광합성과 세포호흡을 비교 설명하고, 녹색식물의 광합성과 호흡이 밤과 낮에 어떻게 일어나는지 설명하라.
- (3) 광합성에 영향을 주는 환경요인에 대해 설명하고, 우리나라 대관령 고원지대에서 감자농사가 잘되는 이유를 설명하여라.
- (4) '지구상에 살고 있는 모든 생명체의 에너지원은 궁극적으로 태양이다'라는 말에 대해 설명해보라.

▶ 출제지도 및 구술 어드바이스

지구상에 존재하는 대부분 생명체의 에너지원인 광합성 과정에 대한 이해의 정도와 이를 실제 상황에 응용할 수 있는가를 테스트하는 문제다.

(1)번 질문에는 암반응과 명반응 과정 등의 추가질문이 나올 수 있다. (4)번 질문은 태양의 빛에너지 이외의 에너지를 유기물합성에 사용할 수 있는 생물의 존재를 알고 있는가를 묻는 것이다.

▶ 해설 및 모범답안



- (1) 녹색 식물의 광합성은 잎의 기공으로부터 이산화탄소를 흡수하고 뿌리로부터는 물을 흡수해 이들을 재료로 잎의 엽록소가 흡수한 빛을 에너지원으로 사용해 탄수화물과 산소를 만드는 과정이다. 이 과정을 화학식으로 나타내면, $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$ 이다. 여기서 오른쪽의 생성물인 탄수화물이 일반적으로 6탄당인 포도당이 되므로, $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ 가 된다. 이 화학식에서는 반응물인 CO_2 의 O가 O_2 의 생성에 이용되는 것으로 나타나 있으나 실제 광합성 과정에서 생성되는 O_2 는 물로부터 유래된 것이다. 따라서 반응물과 생성물을 대응시키기 위해서는 다음과 같은 화학식으로 나타내어야 한다.



광합성의 산물로 생성되는 O_2 의 유래를 증명하기 위해서는 CO_2 와 H_2O 의 산소를 각각 동위원소인 ^{18}O 로 대체시킨 후 이것이 어떤 산물로 나타나는가를 관찰하면 된다.

- (2) 광합성은 엽록체에서 무기물인 이산화탄소를 빛에너지를 이용해 유기물을 합성하는 것이며 세포호흡은 미토콘드리아에서 광합성의 산물인 유기물을 산소를 이용해 산화시킴으로써 나오는 화학에너지를 얻는 과정이다. 녹색식물의 호흡은 밤낮 구별 없이 항상 일어나지만 광합성은 햇빛이 있는 낮에만 이뤄진다. 따라서 낮에는 호흡과 광합성이 동시에 일어나고 밤에는 호흡만 일어난다. 낮에는 광합성이 활발해 기공으로부터 CO_2 의 흡수가 주로 일어나고 밤에는 기공이 닫히므로 가스교환은 큐티클층으로 미미하게 일어난다.
- (3) 광합성에 영향을 미치는 환경요인에는 빛과 온도, 이산화탄소의 농도 등이 있다. 우리나라 대관령의 고원지대의 여름 낮은 덥고 청명하기 때문에 최대의 광합성 조건이 된다. 하지만 심한 일교차로 인해 밤에는 기온이 낮아져 호흡량이 적어지므로 낮에 합성한 유기양분(녹말)의 소모가 그만큼 적어 저장녹말이 많아지게 된다.
- (4) 지구상에 존재하는 '대부분' 생물의 에너지원은 궁극적으로는 태양의 빛에너지이다. 즉 녹색식물이나 광합성 세균 등이 빛에너지를 화학에너지인 유기물의 형태로 저장하면 광합성을 하지 못하는 동물이나 미생물이 이를 이용하는 것이다. 하지만 모든 생물이 빛에너지를 이용하는 것은 아니다. 화학합성 독립영양 미생물에 속하는 아질산균, 질산균, 황세균 등은 빛에너지 대신 무기물을 산화시킬 때 방출되는 에너지를 이용해 물과 이산화탄소로부터 탄수화물을 합성한다.

4. 혈액형이 A(AA) 및 Rh+(DD)인 남성과 O 및 Rh-(dd)인 여성이 결혼해 임신을 하게 됐다(괄호 안은 유전자형).

(1) 태아의 혈액형은 무엇인가?

(2) 이 여성이 수혈을 받거나 유산을 한 적이 없다면, 이 여성의 체내에 항Rh 항체가 존재하는가?

(3) 이 여성이 첫번째 아기를 출산한 후 두번째 아기를 가지려 한다면, 이 여성은 첫째 아기를 출산한 후 어떠한 처치를 받아야할지 설명해보라.

(4) 이 여성의 체내에는 항A 항체(응집소 α)와 항B 항체(응집소 β)가 존재하는가? 어떻게 해서 이들이 존재하는가?

(5) ABO식 혈액형에 대해서는 왜 (3)번과 같은 처치가 필요하지 않은가를 설명해보라.

▶ 출제 의도와 구술 어드바이스

이 문제는 혈액형을 판별할 때 이용되는 응집반응이 항원-항체반응임을 정확히 이해하고 있는지와 함께 어쩌면 단순히 지나쳐 버린 응집소 α , β 의 생성원인에 대한 문제를 제기하는 것이다.

(3)번 질문에 대해 분만시 출혈이 일어나지 않게 한다는 등의 답변은 피해야한다. (4)번 질문과 (5)번 질문이 이 문제의 핵심인데, 모른다고 너무 걱정할 필요는 없다. 실제 구술시험에서는 교수로부터 어느 정도의 힌트('Rh항원은 적혈구에만 존재하는 걸로 알려져 있다'라든가 '항Rh 항체와 항A 항체는 크기가 다르다' 등)가 주어질 수 있기 때문에 차분히 생각하는 자세가 필요하다.

▶ 해설 및 모범답안

(1) A형(AO) 및 Rh+형(Dd)

(2) Rh 항원은 적혈구에만 존재하기 때문에 외부로부터 Rh+ 적혈구가 유입되지 않았다면 항Rh 항체는 존재하지 않는다.

(3) 임신의 경우, Rh- 산모와 Rh+ 아기 사이에 문제가 생길 수 있다. 응집원 D를 갖는 Rh+ 태아의 적혈구가 태반의 상처 등으로 인하여 모체로 유입되는 경우가 있을 수 있다. 이럴 경우 모체에서는 Rh+ 에 대한 항체(IgG)가 만들어지고 IgG는 태반을 통해 다시 태아로 유입돼 태아의 Rh+ 적혈구를 파괴할 수 있기 때문이다.

이렇게 되면 태아에게 심한 황달과 빈혈 등의 증상이 나타나게 돼 신생아 용혈성 질환(hemolytic disease of the newborn)을 유발한다. 일반적으로 태아의 혈액이 모체로 유입되는 경우는 잘 일어나지 않으며 만약 일어나더라도 대부분 분만시에 일어나므로, 이미 출생한 아기는 영향을 받지 않는다. 하지만 첫번째 아기 출산시 Rh+ 적혈구가 모체로 유입될 수 있기 때문에 두번째 아기를 위해서는 이것을 제거하는 과정이 필요하다.

즉 빠른 시간(72시간) 내에 Rh+에 대한 항체를 투여해 모체의 자체적인 방어기작이 일어나지 않도록 미리 태아의 Rh+ 적혈구를 찾아 제거해야 한다.

(4) 적혈구에 노출된 경험이 없이도 사람들은 자신이 결핍하고 있는 ABO 혈액형 항원에 대한 항체를 이미 갖고 있다는 점에서 ABO 혈액형은 다른 항원들과는 달리 독특한 특성을 갖고 있다. 예전에는 항원의 자극이 없이 '자연적으로' 항체가 생성됐다고 생각하고 이들 항체를 '자연 항체'라고 불렀다. 하지만 최근에 ABO 항원의 분자구조가 밝혀지고 박테리아 세포벽에도 ABO 항원과 같은 당사슬 구조가 존재한다는 사실이 규명돼 장내 세균총, 먼지

또는 음식물 등을 통해 박테리아에 의해 ABO 항원들이 우리의 면역시스템에 노출돼 항A 또는 항B 항체가 생성되는 것으로 여겨진다.

- (5) 첫째 ABO식 혈액형에 대한 선천적인 항체가 IgM이기 때문이다. IgM은 IgG에 비해서 약 5배 정도 큰 분자로써 쉽게 태반을 통과하지 못한다. 둘째 모체의 IgM이 희박하게나마 태반을 통과해 태아 내로 유입됐다고 하더라도 적혈구에 존재하는 항원A나 항원B는 태아시기에 강하게 발현되지 않기 때문에 응집반응이 쉽게 일어나지 않는다

5. 핵산은 뉴클레오티드(nucleotide)라는 단위체가 길게 결합된 구조를 하고 있으며, DNA와 RNA로 나뉘어 진다.

- (1) DNA와 RNA는 무엇의 약자인지 말하고 뉴클레오티드의 기본적인 구조를 설명해보라.
 (2) DNA와 RNA의 차이점에 대해 설명해보라.
 (3) 샤가프의 법칙에 대해 설명하라. 10쌍의 염기로 구성된 DNA에서 염기의 조성비가 $(A+T)/(G+C)=1.5$ 일 때 각 염기의 개수를 구하여라.
 (4) 바이러스의 일종인 박테리오파지 Φ X174의 DNA염기 조성을 분석했더니 $A=24.6\%$, $T=32.7\%$, $G=24.1\%$, $C=18.5\%$ 로 나왔다. 이 바이러스는 왜 샤가프의 법칙을 따르지 않는가를 설명해 보라.

▶ 출제의도 및 구술 어드바이스

이 문제는 핵산의 기본단위인 뉴클레오티드의 구조와 이에 관련된 DNA 및 RNA의 특성에 대한 지식을 알아보는 것이다. (4)번 질문은 샤가프의 법칙이 성립하는 조건을 정확히 알고 있는가를 알아보는 것이다.

▶ 해설 및 모범답안

- (1) DNA는 DeoxyriboNucleic Acid(디옥시 리보핵산)이며, RNA는 RiboNucleic Acid(리보핵산)이다. DNA에서 deoxy-(디옥시, 접두어 de는 없다는 뜻이며 oxy는 산소를 뜻함)가 의미하는 것은 DNA를 이루는 오탄당의 2번 탄소에 연결된 것이 -OH기가 아니라 여기에서 산소가 없어진 -H인 것을 뜻한다. 뉴클레오티드의 기본적인 구조는 당, 인산, 염기로 이루어져 있다.
- (2) ① DNA의 오탄당은 디옥시리보오스, RNA의 오탄당은 리보오스다.
- ② 아데닌(A), 구아닌(G), 시토신(C)의 염기는 공통적으로 갖고 있지만, DNA는 티민(T)을 갖는 반면에 RNA는 우라실(U)을 갖는다.
- ③ DNA는 대개 이중나선으로 이뤄져 있으나, RNA는 외가닥 분자로 존재하며 꼬이고 겹쳐진 2차, 3차 구조를 형성할 수 있다.
- ④ DNA분자는 RNA분자에 비해 보통 수만배 정도 길다.
- ⑤ DNA는 RNA에 비해 일반적으로 안정하다. 즉 DNA는 자연적인 분해나 효소에 의한 분해에 잘 견디며, 손상되더라도 반대 사슬이 상보적인 정보를 갖고 있기 때문에 회복될 수 있다. 반면 RNA는 -OH기를 하나 더 갖기 때문에 반응성이 크며, 일반적으로 외가닥이므로 회복이 불가능하다.
- ⑥ DNA는 한가지 형태뿐이지만 RNA는 기능이 다른 세가지 형태(mRNA, rRNA, tRNA)가 존재한다.

- (3) 샤가프의 법칙이란 서로 다른 생물체에서 얻은 DNA는 서로 다른 염기비를 가지며 모든 생물체에서는 A와 T의 양이 항상 같고(A=T), G와 C의 양도 항상 같다(G=C)는 것이다. 즉 $A+G=T+C=50\%$ 으로써 DNA의 출처에 관계없이 염기의 반이 퓨린(T와 C, 질소와 탄소로 구성된 6각형 고리)이고 다른 반은 피리미딘(A와 G, 질소와 탄소로 구성된 6각형과 5각형의 2중고리)이다. 샤가프의 법칙이 성립하는 이유는 DNA의 이중나선 구조에서 A와 T, 그리고 G와 C는 서로 상보적 결합을 하고 있기 때문이다. 10쌍의 염기라고 했기 때문에 염기의 총개수는 20개이다. 따라서, $(A+T)/(G+C)=1.5=12/8$ 이므로 $A=T=6$, $G=C=4$ 이다.
- (4) 이 바이러스의 유전물질은 외가닥 DNA이기 때문이다. 샤가프의 법칙이 적용되려면 DNA 분자가 항상 A는 T와, G는 C와 상보적인 결합을 해야 하는데, 그렇지 않다면 샤가프의 법칙이 성립되지 않는다. 원래 샤가프의 법칙은 모든 생물에 적용되는 것인데, 이는 모든 생물이 유전물질로 이중나선의 DNA를 갖는다는 전제가 있기 때문이다. 하지만 생물과 무생물의 중간적 특징을 띠고 있는 바이러스에는 예외가 있다. 바이러스에는 유전물질로 외가닥 DNA를 갖는 것(Φ X174)도 있고 심지어 RNA를 갖는 것(에이즈 바이러스)도 있다.

6. 다음은 맥주를 만드는 과정이다.

1) 보리를 싹 틔워 맥아(麥芽)를 만든다.

2) 잘게 부순 맥아에 전분 등의 부원료를 더해 따뜻한 물과 섞어 적당한 시간과 온도를 유지한다.

3) 이것을 여과한 후 홉(hop)을 첨가해 맛과 향을 낸다

4) 맥주효모균으로 발효를 시킨다.

5) 병이나 캔에 넣어 판매한다.

- (1) 보리를 싹 틔워 맥아를 만드는 이유는 무엇인가? 포도주를 만들 때는 맥아를 사용하지 않는 이유는 무엇인가?
- (2) 발효시킨 맥주를 병이나 캔에 넣어 판매하기 전에 어떤 과정을 거치겠는가?
- (3) 식혜를 만드는 과정도 효모 등의 미생물에 의한 발효를 이용하는가?
- (4) 발효와 부패에 대해 설명해보라.
- (5) 발효와 혐기성 호흡은 어떻게 다른가?

▶ 출제의도 및 구술 어드바이스

탄수화물 가수분해 효소의 작용인 식혜 만들기와 알코올 발효를 구분 할 수 있는가와 산소를 이용하지 않고 에너지를 얻는 발효와 혐기성 호흡을 구분할 수 있는가를 묻는 문제다. 실생활과 연관된 문제는 항상 출제되므로 어떻게 풀 것인가를 평소에 연습해둬야 한다.

▶ 해설 및 모범답안

- (1) 보리를 싹 틔워 맥아를 제조하는 이유는 맥아효소인 아밀라아제(amylase)를 생성하기 위해서다. 싹이 막 튼 보리(맥아)에는 자신의 전분을 분해해 에너지원으로 사용하기 위한 아밀라아제를 비롯한 많은 탄수화물 가수분해효소가 들어있다. 여기에 있는 아밀라아제가 맥아와 전분 등에 있는 녹말을 효모가 쉽게 이용할 수 있는 맥아당(엿당) 등의 발효성 당(醱性糖)으로 만든다. 포도주를 담글 때는 맥아를 사용하지 않는다. 왜냐하면 알코올 발효

를 일으킬 수 있는 대표적 당이 바로 포도즙의 주성분인 포도당이기 때문이다.

- (2) 병이나 캔에 넣어져 보관되는 동안 더 이상의 발효가 일어나지 않도록 하기 위해 발효에 사용된 효모를 열이나 미세한 여과기를 통해 제거하는 과정이 필요하다.
- (3) 식혜를 만들 때는 효모를 이용하지 않고 맥아에 있는 효소만을 이용한다. 참고로 식혜를 만드는 과정은 다음과 같다. 엿기름(잘게 부순 맥아)을 물에 불려 여러가지 가수분해효소를 용출해 낸 다음 고운 체로 걸러 이것을 밥에 부은 후, 온도를 따뜻하게 유지해 가수분해효소가 밥의 전분을 분해해 당을 만들게 한다. 가수분해가 적당히 돼 밥풀이 수면으로 떠오르면, 불에 올려놓고 끓여서 가수분해 효소들을 변성시켜 더 이상의 가수분해가 일어나지 않게 한다.
- (4) O_2 가 없는 상태에서 호흡 기질을 분해해 에너지를 얻는 과정을 무기호흡이라고 하며, 무기호흡에는 발효와 부패가 있다. 무기호흡은 호흡 기질이 완전히 분해되지 못하고, CO_2 와 다른 간단한 유기물이 생기기 때문에 유기호흡에 비해 에너지 효율이 낮다. 일반적으로 미생물의 작용으로 사람에게 바람직한 생산물을 만드는 생화학 변화가 일어날 때를 '발효'(fermentation)라 하고, 미생물의 증식의 결과 유해한 성분이 생성되는 것을 '부패'(spoilage)라고 한다. 부패도 발효와 같이 미생물이 생활에 필요한 에너지를 얻는 과정으로, 생물의 사체나 배설물 등을 분해시켜 자연계로 되돌려 보내는 생태계의 물질 순환에 대단히 중요한 역할을 한다.
- (5) 발효는 무산소적 조건하에서 유기화합물 자신이 산화되는 기질과 산화제를 겸하는 것이지만, 혐기성 호흡은 산소 이외의 다른 무기물을 산화제로 사용한다.

7. 동물은 체내에서 일어나는 여러가지 생리작용을 조절해 체내의 환경을 일정하게 유지하려는 항상성을 가지는데 이런 작용에는 호르몬이 중요한 역할을 한다.

- (1) 호르몬에 의한 혈당량 조절기작에 대해 설명해보라.
- (2) 당뇨병에 증상을 보이는 환자에게 인슐린을 투여했으나 혈당이 낮아지지 않았으며 더욱이 이 환자는 체내에 정상적인 수치의 인슐린이 있었다. 이런 증상의 원인 및 치료방법에 대해 설명해보라.
- (3) 유전자 재조합의 방법으로 당뇨병 치료제인 인슐린을 대장균에서 생산하는 방법에 대해 설명해보라.

▶ 출제의도 및 구술 어드바이스

혈당량을 조절하는 기본적인 호르몬과 그들의 기능에 대한 문제로 (2)번 질문의 경우 일반적인 인슐린부족 당뇨병이 아닌 수용체이상 당뇨병에 대해 지식이 있는가를 측정하는 것이다. (3)번 질문은 단순한 유전자 재조합법을 질문하는 것이 아니라 인트론의 개념을 알고 있는가를 묻는 질문이다.

▶ 해설 및 모범답안

- (1) 고혈당일 때는 인슐린 분비가 증가돼 포도당을 글리코젠으로 전환시키거나 포도당을 산화시켜 혈당량을 감소시킨다. 저혈당일 때는 아드레날린과 글루카곤이 분비돼 글리코젠을 포도당으로 전환시키거나, 코르티코이드 분비가 증가돼 단백질과 지방을 포도당으로 전환시켜 혈당량을 증가시킨다.
- (2) 당뇨병이란 혈액 내의 포도당을 조절하는 호르몬인 인슐린의 작용이 제대로 일어나지 않아서 생기는 병으로 혈액 중의 포도당(혈당)이 정상인보다 그 농도가 높다. 이 결과 소변에 포도당을 배출하는 만성질환이다.

체내에 정상적인 인슐린이 부족해 나타나는 Type I 당뇨병은 인슐린을 주사요법으로 주입하는 치료가 가능하다. 하지만 인슐린의 양과 기능은 정상이지만 인슐린 수용체에 이상이 생겨 나타나는 Type II 당뇨병의 경우는 인슐린 주사로는 치료가 불가능하다. 이 경우는 식이요법 등을 통해 당분의 섭취를 줄이거나 아니면 혈당량을 낮추는 약을 복용함으로써 치료할 수밖에 없다.

- (3) 인슐린을 암호화하고 있는 cDNA와 플라스미드를 제한효소로 절단한 후, 절단된 DNA와 잘라진 플라스미드 사이를 리가아제(ligase)를 이용해 결합시킨다. 재조합된 DNA가 완성되면 형질전환을 통해 대장균 세포 내에 삽입한다. 대장균 세포의 증식이 이루어짐에 따라 인슐린 DNA가 삽입된 플라스미드도 복제와 형질발현이 되면서 원하는 DNA나 물질생산이 대량으로 이뤄진다. 여기서 주의해야 할 점은 플라스미드에 삽입시키는 인슐린 DNA가 인간의 핵 속에 있는 상태로 추출한 것이 아니라는 것이다.

진핵 생물의 유전자에는 '인트론'이라는 필요하지 않은 부분이 삽입돼 있다. 사람의 인슐린 단백질 유전자의 경우는 전부 길이가 약 1천7백 염기이지만 1천3백염기는 인트론 부분이고, 단백질 합성에 사용되는 mRNA에 대응하는 부분(엑손)은 4백염기 길이밖에 안 된다.

즉 고등생물의 유전정보가 발현되는 과정은 먼저 핵 안에서 RNA중합효소에 의해서 pre-mRNA를 합성한 후, 이 pre-mRNA에 들어 있는 쓸데없는 부분(인트론)을 스플라이싱 효소(splicing enzyme)가 제거하는 과정이 존재한다.

하지만 원핵생물에는 이런 과정이 없기 때문에, 고등생물의 DNA를 핵 속에 있는 상태로 추출해서 원핵생물에 이주시키면 전혀 다른 종류의 단백질이 만들어진다. 따라서 사람의 인슐린 유전자를 대장균에서 발현시키기 위해서는 인트론이 제거된 성숙된 mRNA의 배열을 바탕으로 역전사 효소를 사용해 먼저 상보DNA(cDNA)를 제조한 후, 이것을 대장균에 주입시켜 형질을 발현시켜야 된다.

8. 사람의 상염색체에 존재하는 유전인자에는 혈액형, 피부색, 두발의 모양, 눈동자의 색 등 개인의 외형상의 특징을 결정짓는 것은 물론, 각종 유전질환을 나타내는 인자들도 많은 것으로 알려져 있다.

- (1) 상염색체 상의 유전자 이상(異常)으로 인해 혈액의 산소 운반 기능 저하를 초래하는 대표적 인체 질병은 무엇인가?
- (2) 이 질병의 원인을 설명하라.
- (3) 이 질병을 일으키는 유전자는 열성이어서, 동형조합으로 존재할 경우에만 증세가 나타난다. 말라리아에 의한 피해가 심한 적도부근의 아프리카 지역에 거주하는 흑인들의 경우가 질병의 유전자와 정상 유전자를 이형조합으로 갖는 경우가 많은 것으로 알려져 있는데, 이들은 말라리아에 대한 저항성이 정상 유전자만을 갖는 집단의 구성원들 보다 높다고 한다. 그런데 오래 전에 미국으로 이주한 흑인의 자손들의 경우, 아프리카 본토의 흑인들에 비해 이 질병의 발생률이 낮다고 한다. 이유를 설명하라.
- (4) 어느 평형집단의 1%가 이 질병의 환자라 가정했을 때, 보인자의 비율을 계산하라(정상 유전자 A의 빈도를 p라 하고 위에 언급한 질병 유전자 B의 빈도를 q라 가정하고 계산하라).
- (5) 이 질병을 진단할 수 있는 방법들로는 어떠한 것들이 있을 수 있겠는가?

▶ 출제의도 및 구술 어드바이스

이 문제는 겸형적혈구 빈혈증을 예로 들어 단백질의 구조, 유전법칙, 유전자 검사방법 등에 대

한 지식을 테스트하는 것이다.

▶ 해설 및 모범답안

(1) 겸형적혈구 빈혈증

(2) 대부분의 성인은 그들의 적혈구 내에 가장 일반적인 헤모글로빈 A(HbA, hemoglobin A)를 갖고 있다. 그러나 일부의 사람은 헤모글로빈의 변이체를 가질 수 있는데, 이 중 잘 알려진 하나가 헤모글로빈 S(HbS, hemoglobin S)이다. HbA와 HbS의 베타사슬 아미노산 개수는 모두 1백46개이지만 그 서열에 있어서 단 하나의 차이가 난다. 즉 6번째 아미노산 글루탐산(glutamic acid)이 발린(valine)으로 대체된 것이다. 이 아미노산 잔기는 헤모글로빈의 표면에 존재하는데, 발린으로 대체 되면 소수성을 더 많이 띠게 돼 산소의 농도가 낮을 경우 헤모글로빈 분자들의 4차구조가 선형으로 바뀐다. 이 결과 적혈구가 낫모양으로 길쭉하게 바뀌게 되는 것이다. 이 겸형적혈구는 일반 적혈구에 비해 모세혈관 내를 부드럽게 통과하지도 못할뿐 아니라 서로 엉켜서 모세혈관을 막기도 한다. 또한 겸형적혈구는 파괴되기도 쉽기 때문에 그 수명도 정상적혈구의 1백20일보다 훨씬 짧다. 그래서 빈혈이 일어나게 되는 것이다.

(3) 보통 한 집단을 형성하는 유전자 빈도는 ①집단의 크기가 크고 ②돌연변이가 없고 ③다른 집단과 섞이지 않으며, ④서로가 자유로이 교잡을 하고 ⑤생존력·번식력이 같다고 할 때 세대에 관계없이 늘 일정하다. 이런 현상을 유전적 평형이라고 한다. 말라리아가 성행하는 아프리카 본토의 흑인들 경우에는 겸형적혈구 유전자가 생존에 유리하기 때문에 점차 늘어나지만, 미국으로 이주한 흑인의 경우에는 겸형적혈구 유전자가 미국에 있는 정상 유전자와 섞이게 되고 또한 이 질병에 걸리면 생존력이 약하기 때문에 자연선택에 의해 점차 줄어들었을 것이다. 따라서 이들이 동형조합으로 만날 확률이 줄어들게 된 것이다.

(4) 하디-바인베르크의 방정식으로 나타내면, $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ 이다. 여기서 p^2 은 정상, $2pq$ 는 보인자, q^2 은 병자의 빈도이다. $q^2 = 0.01$ 이므로 $q = 0.1$ 이며 $p = 0.9$ 이므로 보인자의 비율인 $2pq = 0.18$, 즉 18%이다.

2002년 12월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

3. 생물 - 생태계의 평형과 대기오염

| 글 | 이상인·잠신고 교사 · l5702@chollian.net |

생태계는 구성요소 사이에 물질이 순환하고 에너지가 흐름으로써 평형이 유지된다. 지구로 유입된 태양에너지는 생산자에게 고정된 후 먹이사슬을 따라 최종소비자 쪽으로 이동하며 결국 열에너지로 방출되는 방식으로 순환하지 않고 일방적인 방향으로 흐른다. 환경오염은 생태계를 파괴시키는 대표적인 요인이다. 생태계의 평형과 환경오염 사이의 관계를 잘 정리하면 물질순환과 에너지흐름이 어떻게 파괴되는지 알 수 있다.

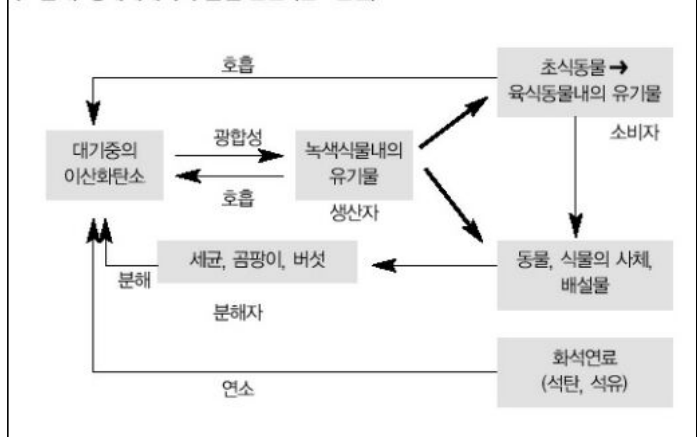
문 : 우리가 살고 있는 지구는 커다란 생태계입니다. 생태계는 어떤 요소로 구성되어 있나요?

답 : 생태계는 생물요소와 무기환경으로 구성되어 있으며, 생물요소는 생태계 내에서의 기능에 따라 생산자, 소비자, 분해자로 구분됩니다.

문 : 사람은 생태계 내에서 어느 구성요소에 해당됩니까?

답 : 사람은 소비자에 해당하며 그 중에서도 최종소비자라고 할 수 있습니다.

(그림 1) 생태계에서의 물질 순환 (탄소순환)



문 : 생태계의 평형이 유지되려면 구성요소 사이에 물질이 이동하는데 어떤 원리가 적용될까요?

답 : 생태계 내에서 물질은 구성요소 사이에 끊임없이 순환합니다. 무기환경에서 무기물 형태로 존재하는 물질은 생물체 내에 흡수돼 유기물 형태로 바뀌었다가 다시 무기물로 분해돼 무기환경으로 이동하는 과정이 반복되므로 물질은 순환한다고 하는 것이죠.

문 : 그러면 탄소 순환을 예로 들어볼 때, 무기물과 유기물 형태는 각각 무엇이고 어떻게 변하는 것이죠?

답 : 무기환경에서 탄소는 이산화탄소에 포함돼 있습니다. 식물이 이산화탄소를 흡수해 광합성을 하면 포도당이란 유기물이 합성되는데, 이 과정을 통해 탄소는 생물체 내의 유기물에 포함됩니다. 이 유기물은 결국 호흡과정에서 이산화탄소로 분해되므로 탄소가 생물체에서 무기환경으로 방출되는 일이 반복됩니다.

문 : 탄소의 순환 과정에서 생산자와 소비자, 그리고 분해자는 각각 어떤 역할을 하는 것이죠?

답 : 생산자는 무기물을 유기물로 합성하므로 탄소를 무기환경에서 생물체 내로 이동시키며,

또한 자신도 호흡을 통해 다시 탄소를 무기환경으로 이동시킵니다. 소비자와 분해자는 호흡을 통해 유기물을 분해하기만 하므로 탄소를 생물체에서 무기환경으로 이동시키는 역할만 합니다.

문 : 생태계의 평형이 유지되는 원리 중에서 에너지와 관련된 것도 있습니다. 지구의 연평균기온이 일정하게 유지되기 위한 조건은 무엇인가요?

답 : 지구로 유입되는 태양복사에너지와 지구 밖으로 방출되는 지구복사에너지가 동일해야 지구의 연평균 기온이 일정합니다.

문 : 생태계 내에서 에너지는 어떻게 이동하나요? 그리고 물질의 이동과는 어떻게 다른가요?

답 : 생태계 내에서 에너지는 일방적인 방향으로 흐릅니다. 물질처럼 에너지는 순환되지 않고 일방적인 방향으로 흐를 뿐입니다. 만일 에너지가 순환된다면 생태계의 평형이 파괴되는 것이죠.

문 : 태양에너지가 생물에너지로 전환됐다가 방출되는 과정에서 광합성과 호흡은 각각 어떤 역할을 하나요?

답 : 태양에너지는 생태계 에너지의 근원입니다. 식물의 광합성은 태양에너지를 화학에너지로 전환해 포도당에 저장하는 역할을 합니다. 이러한 화학에너지가 생물에너지로 사용되는 것이죠. 호흡을 통해 유기물이 분해되면 화학에너지는 ATP로 변했다가 생활에너지로 사용되고 결국 열에너지로 변해 생물체 밖으로 방출됩니다. 그러니까 광합성을 통해 생물체 내로 에너지가 받아들여지고, 호흡을 통해 생물체 밖으로 에너지가 방출되는 것입니다.

문 : 에너지 이동과 먹이사슬은 어떤 관계가 있나요?

답 : 먹이사슬은 생산자로부터 최종소비자까지 유기물 형태로 화학에너지가 이동하는 과정입니다.

문 : 먹이사슬의 상위 단계로 갈수록 에너지량이 감소하는 이유는 무엇일까요?

답 : 각 단계에서 호흡이나 사체, 배설물로 손실되는 에너지가 있기 때문에 상위 단계로 이동할 수 있는 에너지량이 감소합니다.

문 : 환경오염은 생태계의 평형을 파괴하는 주된 원인 중 하나입니다. 생태계의 평형을 파괴하는 대표적인 오염현상은 무엇인가요?

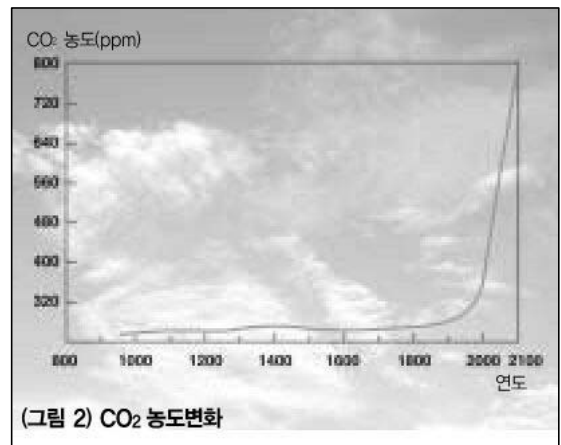
답 : 대기오염입니다. 대기 오염에 의해 물질순환이나 에너지흐름이 방해를 받을 수 있기 때문입니다.

문 : 대기오염이 어떻게 생태계의 물질순환을 방해하는 것일까요?

답 : 대기오염은 탄소의 정상적인 순환을 방해합니다. 화석연료를 연소시킬 때 발생하는 이산화탄소나 그 후에 생성되는 메탄, 오존과 같은 기체 성분 등이 문제를 일으키며, 그 중에서도

이산화탄소가 가장 큰 영향을 미치는 물질입니다.

만일 화석연료가 연소되는 속도와 생성되는 속도가 동일하다면 물질 순환에 의해 대기 중의 이산화탄소 농도에 변화가 없겠지요. 하지만 화석연료의 생성 속도가 현저히 느리기 때문에 대기 중의 이산화탄소 농도가 계속 높아지게 되는 것입니다.



문 : 대기 중의 이산화탄소 농도가 높아지면 어떤 현상이 나타나나요?

답 : 대기 중의 이산화탄소 농도가 높아지면 방출되는 지구복사에너지의 일부가 대기 중에 흡수돼 지구의 온도가 상승하게 됩니다. 이러한 현상을 온실 효과라고 하고 온실 효과에 의해 대기의 온도가 상승하는 것을 지구 온난화라고 합니다. 지구 온난화에 의해 생태계의 에너지 흐름이 비정상적으로 되기 때문에 결국 평형이 파괴될 수밖에 없습니다.

문 : 지금 지구에 나타나고 있는 현상 중 지구온난화에 의한 것을 예를 들어 설명해 보세요.

답 : 지구 온난화에 의해 빙하가 녹아 해수면이 상승하고, 공기와 해수의 이동이 달라져 지구 전체의 기후 시스템이 바뀝니다. 따라서 동식물의 서식지가 달라지고, 과거와는 다른 홍수와 가뭄이 나타나게 되는 것이죠. 6월말에 장마가 시작인 우리나라에서 8월이나 9월에 집중호우가 내리는 것이라든지, 유럽에서 한겨울에 홍수가 나타나는 것이 좋은 예가 됩니다.

문 : 화석연료가 연소될 때 생성된 기체에 의해 나타나는 현상 뿐 아니라 그 기체가 변화해 만들어진 2차 오염물질에 의해 나타나는 오염현상도 생태계를 광범위하게 파괴시키고 있습니다. 2차 오염물질에 의한 오염현상에는 어떤 것이 있을까요?

답 : 산성비, 스모그, 오존층 파괴 등이 있습니다.

문 : 산성비는 어떻게 형성되며 생태계를 어떻게 파괴합니까?

답 : 대기오염물질 중 산화질소류와 이산화황이 용해돼 pH 5.6이하로 된 빗물을 산성비라고 합니다. 산화질소류가 물에 용해되면 질산이 형성되고 이산화황이 물에 용해되면 황산이 형성됩니다. 산성비는 수질과 토양을 광범위하게 산성화시키므로 식물을 고사시키거나 수중 생물을 사멸시켜 먹이사슬을 파괴함으로써 정상적인 물질순환과 에너지흐름을 방해합니다.

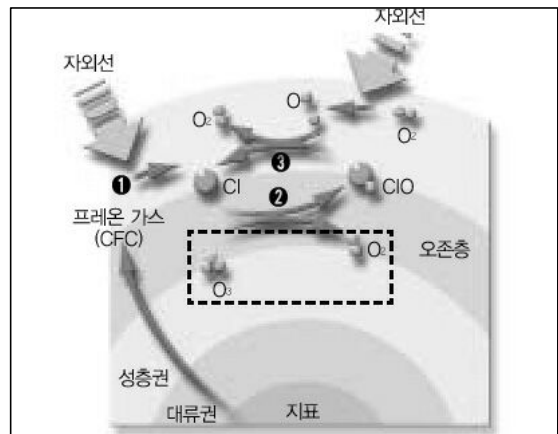
문 : 스모그에는 런던형 스모그와 LA(로스엔젤레스)형 스모그 두 종류가 있습니다. 런던형 스모그에 대해 설명해 보세요.

답 : 스모그(smog)는 매연(smoke)이 안개방울(fog)에 녹은 것을 말합니다. 이러한 스모그는 산업혁명이 일어나 석탄을 에너지원으로 많이 사용하던 때에 런던에서 처음으로 나타났기 때문에 런던형 스모그라고 합니다. 스모그가 한 지역에 오랜 시간 동안 머무르면 피해가 심각해 집니다. 오염물질이 농축된 안개방울을 흡입한 사람은 호흡기나 눈 질환이 유발되거나 심할 경우 사망하게 됩니다. 또한 한낮에도 안개방울이 기화되지 않아서 태양에너지가 지표면에 유입

되는 것을 막게 됩니다. 이는 정상적인 에너지흐름을 방해해 생태계의 평형을 파괴합니다.

문 : 그러면 LA형 스모그는 무엇이고, 런던형 스모그와 어떻게 다른가요?

답 : LA형 스모그는 석유를 에너지원으로 사용한 이후 발생했습니다. 특히 제2차 세계대전 이후 공장과 자동차의 원료로 석유를 사용하면서 많이 발생했죠.



(그림 3) 오존층의 파괴

냉장고·에어컨의 냉매나 스프레이에서 내용물을 밀어내는 용도로 사용되던 프레온가스(염화플루오로화탄소, CFC)가 오존층으로 올라가 자외선을 흡수하면서 염소원자(Cl)가 떨어져 나온다(①). 염소원자는 오존을 파괴하며 일산화염소가 되는데(②), 일산화염소(CIO)가 다시 반응해 염소원자(Cl)를 만들어낸다(③). 반응②와 반응③은 수만번 순환되는 것으로 알려져 있다. 따라서 염소원자 1개는 오존분자 수만개를 파괴하는 것이다.

석유를 연소시킬 때 발생하는 배기가스에 많이 포함된 탄화수소류와 산화질소류가 태양광선에 포함된 자외선에 의해 산화력이 강한 오존과 같은 산화제들을 많이 생성합니다. 그러면 이 물질들에 의해 직접적

또는 간접적인 피해가 나타나는 것이지요. 이처럼 빛에 의해 오염물질들의 화학적인 변화가 일어나기 때문에 이를 광화학 스모그라고 합니다. LA형 스모그는 안개와 관계없이 나타납니다.

문 : 오존에는 좋은 오존이 있고 나쁜 오존이 있다고 합니다. 그 의미를 간단히 설명해 보세요.

답 : 좋고 나쁘다는 것은 인간에게 이로운지 아니면 해로운지를 나타내는 말입니다. 좋은 오존이란 성층권 위에 있는 오존층의 오존을 말합니다. 오존층은 태양광선 중 대부분의 자외선을 흡수하므로 지표면의 생물들이 자외선의 피해를 입지 않게 됩니다. 이에 비해 나쁜 오존은 지표면에서 광화학반응에 의해 형성된 오존을 말합니다. 탄화수소류와 산화질소류가 자외선을 받아 오존으로 변화하는 것인데, 광화학스모그의 원인물질이므로 나쁜 오존이라고 할 수 있습니다. 성층권 위의 좋은 오존은 생태계의 평형을 유지시켜주고, 지표면의 나쁜 오존은 생태계의 평형을 파괴시키는 역할을 합니다.

문 : 오존층은 어떻게 파괴되며, 그 결과 어떤 현상이 나타나는지 설명해 보세요.

답 : 냉매와 스프레이 성분으로 많이 사용되는 염화플루오르화탄소(CFC)이 (그림 3)과 같이 성층권 위의 오존층을 파괴시킨다고 알려져 있습니다. 오존층이 파괴되면 흡수되지 않은 자외선이 그대로 지표면에 도달하게 돼 육상 생물들이 정상적으로 살 수 없게 됩니다. 지표면에 도달하는 자외선의 양이 증가한다는 것은 피부암 발생률이 증가한다는 통계를 보면 간접적으로 알 수 있습니다.

문 : 도심지에서는 지표면에서 발생한 많은 먼지들이 상승해 먼지지붕을 만듭니다. 먼지지붕은 어떤 영향을 미칠까요?

답 : 먼지지붕이 형성되면 태양광선을 막아 지표면에 도달하는 태양에너지량이 감소합니다. 자외선의 양도 줄어들지만 전체적인 에너지량이 감소돼 생태계의 평형이 파괴될 수 있습니다. 화산폭발이나 핵실험에 의해 발생한 먼지들도 먼지지붕을 형성할 수 있습니다.

[요약]

태양복사에너지가 지구 생태계로 유입된 후 지구복사에너지로 방출될 때까지 생물과 무기환경 사이에 부족하거나 남는 에너지가 없어야 평형이 유지될 수 있다. 만일 물질 순환이 이뤄지지 않으면 생태계의 평형이 파괴돼 평형을 회복하는데 긴 시간이 소요될 것이다. 화석연료의 사용으로 인해 발생한 대기오염물질들에 의해 물질순환과 에너지 흐름이 정확하게 이뤄지지 않게 돼 생태계의 평형이 점점 파괴되고 있다. 화석연료 연소과정에 나온 1차 대기오염물질은 그 자체만으로도 온실효과, 먼지지붕 등의 현상을 나타낼 뿐 아니라, 여러가지 변화를 거쳐 2차 오염물질로 변해 온실효과, 산성비, 광화학스모그, 오존층 파괴 등으로 광범위하게 생태계의 평형을 파괴시킨다.

[관련단원]

공통과학 : VI. 에너지와 우리 생활 3. 생물에너지, 에너지의 흐름과 보존

VII. 환경과 우리 생활 1. 대기오염

생물 II : VI. 생물과 환경 3. 생태계 평형, 4. 환경오염

[생각해볼문제]

1. 어느 대도시 지역의 성층권에서 오존층이 얇아졌고 대류권에 먼지지붕이 만들어졌다면 그 지역의 생태계는 어떤 영향을 받겠는가?
2. 석탄을 연소시켜 에너지를 얻는 시기에 광화학스모그가 발생하지 않은 이유는 무엇인가?

[심층코너]

| 대기오염물질의 광화학 반응과 오존주의보 |

새벽부터 광화학 반응이 일어나는 것은 아니다. 자외선에 의한 광화학 반응은 운행하는 자동차가 많아져서 대기오염물질이 지표면에 많아야 하고 햇빛이 어느 정도 강해져야 일어나기 때문이다. 대기 중에 퍼진 희박한 일산화질소는 태양광선 중 자외선을 받으면 비교적 빨리 산화해 이산화질소가 된다. 이렇게 생긴 이산화질소는 공기 중에 형성된 산소원자나 수산화레디칼 등과 결합해 오존을 형성한다. 물론 오존 형성에 자외선은 필수적이다. 오존이 형성될 때 질소와 산소를 함유한 각종 유기화합물(PAN 등의 과산화물, 아세트알데히드나 아크롤레인 등의 알데히드, 질산알킬 등)도 같이 형성된다.

이들 중 오존, 이산화질소, 과산화물은 산화력이 강하며 산화제(옥시던트)라고 부르는데, 모두 광화학 스모그를 유발하는 물질이다. 이들은 사람의 눈이나 기관지 등의 점막에 자극을 주고 식물의 잎을 마르게 하며 열매가 열리지 않게 한다. 오존 농도가 가장 높은 시기는 오후 2시에서 4시 사이다. 물론 광화학 스모그나 오존주의보는 대도시에서 기온이 높고 바람이 약하며 맑게 갠 날에 일어나기 쉽다.

| 오존홀(ozone hole) |

남극에서 봄에 해당하는 10월경 성층권의 오존 농도가 평상시의 반 정도까지 급격히 감소되는

현상을 말한다. 오존홀은 구멍이 뚫린 것처럼 농도가 낮은 장소가 생기기 때문에 붙여진 이름이다. 오존홀이 발견된 이래 오존층의 보호를 위해 국제적인 대책이 급속히 추진됐다.

원인에 대해서는 여러가지 학설이 있는데, 최근에는 남극의 특이한 기상 조건하에서 염화플루오르화탄소가 오존을 파괴한 결과라고 보고 있다. 즉 남극의 겨울에서 이른봄까지는 강한 제트류가 남극대륙을 둘러싸기 때문에 주변의 공기는 흘러들지 않게 된다. 겨울의 극저온 성층권에서는 구름(진주운)이 생기는 일이 있는데, 이 구름에 포함된 플루오르카본에서 생긴 염소가 이른봄 햇빛이 비칠 무렵, 구름 입자의 표면에서 오존과 접촉해 높은 효율로 이를 파괴하는 것이 그 원인으로 여겨지고 있다. 정상적인 경우 날씨가 따뜻해져서 제트류가 없어지면 주변의 공기가 흘러들어 오존홀은 없어진다.

2003년 01월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

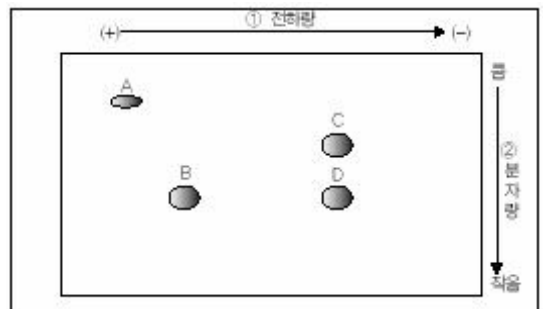
▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

생물 과목의 심층면접 문제도 수학이나 다른 과학 과목처럼 대부분 교과서 수준에서 출제돼 실제 문제를 풀어 나가는 과정에서 질문이 단계별로 심화된다. 따라서 교과 내용 또는 중요한 원리나 이론을 실 생활과 연결해 폭넓게 생각하고 이해해야 한다. 그래야만 어떠한 추가질문을 받더라도 이야기를 이끌어 낼 수 있는 실마리를 찾을 수 있고, 또 아무런 기억이 나지 않는 문제라 하더라도 교수님들이 실마리를 제공하면 그에 대한 해답을 쉽게 찾을 수 있기 때문이다. 하지만 계산을 통해 얻어지는 정량화된 답을 요구하는 물리, 화학, 수학 문제와는 달리, 생물 심층면접문항은 생명현상에 대한 정성적인 답을 요구하는 경향이 많다. 즉 "특정 생명현상이 일어나는 이유가 무엇인가?" 또는 "특정한 생명현상에 대해 설명하라" 등의 문제 형식이 많다는 것이다. 이러한 문제형식에 대비하기 위해서는 생명현상에 대한 기본적인 이해뿐만 아니라, 각각의 생명현상들에 대해 구체적인 지식이 필요하다.

서울대, 포스텍, KAIST 등의 대학에서 출제되는 문제들은 시사적인 내용을 포함하기보다는 전공 지식에 대한 내용이 많기 때문에, 외견상으로는 고등학교 교과서 수준처럼 보이지만 실제 면접시에는 경시대회나 대학 일반 생물학 수준의 답을 요구하는 경향이 있다. 따라서 이들 대학을 준비하는 수험생의 경우는 가치판단이나 의견제시형 문제보다는 '본고사' 형태의 심화된 전공문제를 많이 접해보는 것이 중요할 것이다. 이번 호에서는 생명현상의 신비를 밝히기 위해 최근 많이 연구되고 있는 방법인 프로테오믹스에 대해 2003년도 서울대 수시모집 기출문제를 위주로 다룬다. 또한 생명복제의 신호탄이 된 복제양 돌리 및 안정성 여부로 논란이 되고 있는 유전자 조작식품에 대해 다룬다.

문제 1. 철수는 가상의 세균 X에 대해 다음과 같은 자료 분석 및 실험을 통해 유전체(게놈)의 염기서열 정보와 생물체가 갖고 있는 단백질(폴리펩티드) 간의 관계를 알아봤다(2003년도 서울대)

- 자료 분석 : 세균 X의 유전체를 분석한 DNA의 염기서열 자료를 인터넷 웹사이트에서 다운받았다. 그리고 이 염기서열 자료에서 폴리펩티드(단백질)를 합성하는데 사용되는 mRNA를 암호화하는 염기서열 부위(해독구조)를 찾아 a, b, c 3개의 유전자를 추정했다.
- 실험 : 세균 X의 유전자 산물을 실제로 확인하기 위해 X의 총 단백질을 2차원 전기영동법으로 분석해 그림과 같은 결과를 얻었다(참고 : 2차원 전기영동법 - 첫번째 전기영동에서는 전하량 차이에 따라서 각 단백질이 분리되며, 두번째 전기영동에서는 분자량 차이에 따라서 각 단백질이 분리돼 그림과 같은 결과로 나타난다).



- 1) X 유전체의 DNA 염기서열 중 일부가 다음과 같다면 여기에서 단백질을 암호화하는 염기서열 부위는 어떻게 추정하겠는가? 그리고 이 유전자로부터 발현된 단백질의 분자량은 어떻게 추정하겠는가? (단 DNA의 염기 서열에서 유전암호는 U 대신 T가 사용돼 ATG는 메티오닌 코드, TAA, TGA, TAG는 정지 코드로 사용된다. 그리고 아미노산의 분자량은 알고 있다).
5'-... CCT AAG ATG CCA GAT CCC GCA TTG GCT ATT CGC GAC TTT GCC GGG AAA CAC TTT GGC AGC AAC CAC ATC ATA CGC CCG GGA TAA CCC TTG TGA... 3'
- 2) 각 유전자에서 추정된 폴리펩티드의 분자량과 전하량을 근거로 전기영동법으로 분석한 자료를 해석한 결과 a 유전자의 산물은 A, b 유전자의 산물은 B일 가능성이 높은 것으로 나타났다. 그러나 c 유전자로부터 추정된 폴리펩티드는 일치하는 것이 없었다. C, D 폴리펩티드가 c 유전자 산물인지 여부를 추정 또는 확인할 수 있는 방안을 제시해라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

"최근 여러 종류의 생명체들을 대상으로 한 게놈 프로젝트에서 밝혀지고 있는 DNA 염기서열을 어떻게 해석할 것인가?" "또한 이로부터 실제 생명현상을 담당하고 있는 단백질을 어떻게 찾아낼 수 있는가?" "이와 더불어 2002년도 노벨 화학상을 수상한 다나카 고이치와 존 펜의 연구결과가 어떻게 생물학에 이용되는지 알고 있는가?"에 대한 문제다.

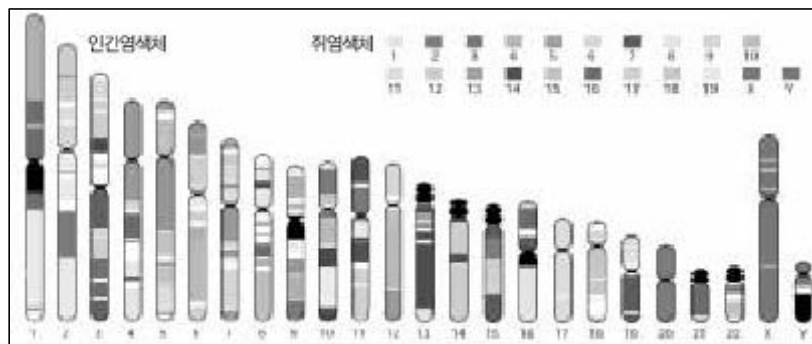
▶ 배경지식

| 게놈 프로젝트 |

생물체 내에 존재하는 전체 DNA의 염기서열을 해독하는 것이다. 인간게놈 프로젝트의 경우를 예로 들면, 염색체 내에 존재하는 30억쌍의 DNA 염기서열을 모두 밝혀내는 것으로 1990년 미국을 주도로 15년의 계획으로 시작됐다. 기술 및 기기 발전에 힘입어 그 연구의 진행속도에 가속도가 붙으면서 2001년 2월 1차 결과가 발표됐으며, 2003년 최종결과가 발표될 예정이다. 보통 수백만개 정도의 DNA 염기쌍을 갖는 세균의 경우는 빠르면 몇달 이내에 게놈 염기서열이 밝혀지기도 한다.

| 프로테옴 프로젝트(포스트 게놈 프로젝트) |

프로테옴(Proteome)은 1995년 과학자 마크 윌킨스가 만든 용어로 프로테인(Protein 단백질)과 옴(Ome 전체)의 합성어다. 세포 내에 적이 침투하거나 세포가 분열할 때 등 외부환경이 바뀔 때마다 수많은 단백질이 어떻게 움직이고 어떻게 상호 작용하느냐가 바로 프로테옴이며, 세포 내 프로테옴의 모든 것을 밝히는 것이 바로 프로테옴 프로젝트다. 현재는 2차원 전기영동법으로 분리한 단백질을 초고속 질량분석기나 N-말단 염기서열 분석 등을 통해 세포 내 단백질의 발현 양상을 해석하고 있다.



<그림1> 인간 게놈과 쥐의 게놈이 일치하는 부분
인간의 염색체가 쥐의 몇 번 염색체와 일치하는지 알 수 있다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 시작 코돈(ATG)부터 처음으로 나오는 정지 코돈(TAA)까지의 코돈이 단백질을 암호화하는 부분으로 mRNA를 거쳐 단백질이 만들어지게 된다. 총 26개의 코돈 중 시작코돈인 ATG는 메티오닌을 암호화하고 있지만, 정지코돈인 TAA에는 대응하는 아미노산이 없으므로 실제 만들어지는 폴리펩티드는 25개의 아미노산으로 이뤄지게 될 것이다. 따라서 아미노산 각각의 분자량을 알고 있다면 예상되는 폴리펩티드의 분자량은 (25개 아미노산 각각의 분자량 합 - 24×18)이 될 것이다. 여기서 24×18 을 빼준 이유는 각각의 아미노산이 폴리펩티드 결합을 할 때 하나의 결합당 물 한분자가 빠져 나오기 때문이다.

참고로 점수를 좀더 많이 받기 위해서는 위의 문제에 제시된 DNA가닥이 mRNA를 합성할 때 주형(template)이 되지 않는다는 사실과 함께, 제시된 DNA가닥에 상보적인 DNA가닥은 시작 코돈은 존재하지만 정지 코돈이 존재하지 않기 때문에 여기서는 폴리펩티드가 만들어지지 않는다는 사실을 말해줘야 한다. 또한 세균에서 단백질이 합성될 때는 N-말단의 메티오닌에 포르밀기(HCO)가 붙어 있기 때문에 전체 분자량이 $28(12[\text{탄소}] + 16[\text{산소}])$ 만큼 더 늘어난다는 사실을 말할 수 있어야 한다. 즉 메티오닌은 한가지의 코돈(AUG)을 갖지만 여기에 대응하는 tRNA는 시작코돈에 사용되는 포르밀 메티오닌을 나르는 것과 폴리펩티드의 가운데에 위치하는 일반적인 메티오닌을 나르는 것의 2가지가 존재한다는 사실을 말할 수 있어야 한다.

- 2) 대부분의 세균에는 인트론이 없으나, 예외적으로 몇몇 세균의 경우에는 인트론이 존재하기 때문에 합성된 mRNA의 일부분이 잘려 나간 후에 번역이 이뤄지므로 DNA로부터 추정된 폴리펩티드의 분자량과 실제 만들어진 폴리펩티드의 분자량 사이에는 차이가 존재할 수 있다. 또한 인트론이 존재하지 않는 유전자의 경우도 번역이 된 후에 폴리펩티드의 일부가 잘려나가는 등의 변형이 이루어지는 경우가 많이 있으므로 추정된 폴리펩티드의 분자량과 관찰된 폴리펩티드의 분자량 사이에는 차이가 존재할 수 있다.

따라서 이 문제의 경우와 같이 유전자 c로부터 추정된 폴리펩티드와 관찰된 폴리펩티드의 분자량이 차이가 나는 경우에 C, D 폴리펩티드가 유전자 c의 산물인지를 알기 위해서는 C, D 폴리펩티드에 대한 다음과 같은 분석이 필요하다.

- (1) 아미노산 서열분석 : C, D 폴리펩티드의 N-말단 아미노산 서열을 분석한 후, 이것이 유전자c의 추정된 아미노산 서열과 동일한지를 비교한다. 만일 일치하지 않는다면 C-말단 아미노산 서열분석을 해 유전자c의 추정된 아미노산 서열과 동일한지 비교한다. 또한 단백질 분해효소인 펩티다아제 등을 사용해 C, D 폴리펩티드를 자른 후 가운데 부분에 해당하는 폴리펩티드의 N-말단 아미노산 서열을 분석해 유전자c와 비교한다.
- (2) 단백질 분해효소인 트립신 등을 이용해 C, D 폴리펩티드를 자른 후에 질량분석기(일반적으로 MALDI-TOF Mass spectrometer)를 이용해 잘려진 조각들의 질량을 분석한다. 이와 더불어 컴퓨터를 통해 유전자c로부터 추정된 폴리펩티드를 가상적으로 트립신을 이용해 자른 후 가상의 조각들의 질량을 계산한다. 이 두 자료를 비교해 서로 일치하는 조각들의 분포를 확인한다.
- (3) 폴리펩티드 C, D의 아미노산 조성을 분석한 후, 유전자c로부터 추정된 폴리펩티드의 일부와 일치하는지 확인한다.

▶ 추가질문

게놈 프로젝트의 의의에 대해 말해보라.

▶ 답안

게놈 프로젝트의 목적은 단순히 염기 순서만을 파악하는 것으로 모든 유전자의 모든 기능을 파악했다는 의미가 아니다. 단순히 염기서열을 파악했다는 것은 일단 실제 기능을 하는 단백질을 암호화하고 있는 유전자 부위와 그 숫자만을 알아냈다는 것 뿐이다. 따라서 이 연구결과를 토대로 각각의 유전자가 수행하는 기능에 대한 연구와 그들 간의 상호관계 등 총체적인 연구

가 진행돼야만 우리가 원하는 질병에 대한 치료 연구에 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.

문제 2. 1996년 7월 5일 영국 에든버러 근처 로슬린연구소에서 복제양(羊) 돌리가 태어난 이래, 쥐, 소 등 여러 복제 동물들이 태어났으며 현재는 인간복제도 진행중이라고 한다.

- 1) 복제양 돌리를 탄생시킨 방법에 대해 설명하라.
- 2) 복제양 돌리를 탄생시킨 방법과 불임클리닉에서 사용되는 인공수정 방법의 차이점에 대해 말해보라.
- 3) 복제양 돌리의 유전 정보는 누구로부터 받은 것인가?
- 4) 진핵 생물에서 핵 이외에 유전자를 갖는 곳에 대해 말하고 이들의 기원에 대해 설명해 보라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

복제양 돌리를 예로 들어 세포, 생식, 세포분열에 대한 지식과 함께 최근 논란이 되고 있는 생명복제에 대한 윤리적인 문제점을 제기하는 질문이다. 유성생식과 무성생식의 차이, 생식세포 복제와 체세포 복제의 차이, 미토콘드리아 내에도 유전물질이 존재한다는 사실 등을 알아야 정확히 답할 수 있다.

▶ 배경지식

| 생식세포 복제술 |

착상 이전 단계의 할구를 분리해 일정 기간 배양한 후 대리모에 이식시켜 동일한 유전 형질을 지닌 동물을 복제해 내는 기술을 말한다.

| 체세포 복제술(핵이식 복제술) |

체세포를 채취해 핵을 분리해내고 세포질을 제공하는 난자의 핵을 제거한 후, 분리한 핵을 탈핵된 난자에 이식시켜 자궁에 착상시키는 방법으로, 핵 공여자의 유전 형질과 동일한 개체를 탄생시키는 기술을 말한다.

▶ 모범답안 및 해설

- 1) 체세포 복제술인 핵이식의 방법을 사용해 복제했다. 즉 6년생 암양의 유선세포에서 핵을 꺼내 다른 양의 난자(미수정란) 안에 있는 핵을 제거하고 그 자리에 대신 넣었다. 그런 다음 전기 충격을 통해 세포분열을 일으킨 후, 대리모의 자궁 속에 이식시켜 복제했다. 돌리라는 이름은 어미의 유선세포에서 떼어낸 세포를 사용해 복제했기 때문에 이를 상징하기 위해 '가슴'으로 유명한 미국의 여가수 돌리 파튼에게서 따온 것이다.
- 2) 복제양 돌리를 탄생시킨 방법은 체세포 복제술을 이용한 것으로 단성생식의 형태지만, 일반적으로 불임클리닉에서 행해지는 인공수정은 정자와 난자의 수정 과정이 포함되기 때문에 양성생식이다.
- 3) 핵을 제공한 암양으로부터 받은 것이다. 보통의 출생과정을 통해 태어난 양이라면 아버지(정자)로부터 DNA의 절반, 어머니(난자)로부터 DNA의 절반을 물려받는다. 그러나 돌리는 어머니의 체세포인 유선세포로부터 DNA의 모든 것을 물려받았기 때문에 어머니와 똑같은 DNA를 갖게 된다. 하지만 엄밀히 말하면 돌리가 핵을 제공한 양과 유전적으로 동일하지는

않다. 보통 말하는 유전자는 세포의 핵에 존재하는 DNA로, 이 점에서 보면 돌리는 완전한 클론이다. 그러나 세포는 핵의 외부, 즉 미토콘드리아에도 DNA를 포함하고 있는데, 돌리의 미토콘드리아 DNA는 난자를 제공한 양으로부터 온 것이다.

- 4) 미토콘드리아와 엽록체다. 미토콘드리아와 엽록체는 자신의 게놈을 가지며 이들의 게놈은 진핵 세포의 핵에 있는 게놈과 다르고 원핵세포의 게놈과 비슷하다. 비슷한 점은 둘 다 단일 환상의 DNA분자를 갖고 있다는 것과 히스톤 단백질이 없다는 것이다. 또한 미토콘드리아와 엽록체 모두 자신들만의 단백질 합성기구를 갖고 있으며, 이 합성기구는 진핵세포의 세포질에서 발견되지 않고 원핵세포의 것과 유사하다. 따라서 미토콘드리아는 호기성 박테리아가, 엽록체는 광합성 세균이 진핵세포 내로 들어와 공생관계를 이루고 살고 있다고 여겨진다.

▶ 추가질문

줄기세포(간세포, stem cell)에 대해 설명해보라.

▶ 답안

후생동물의 조직분화 과정에서 모든 신체기관으로 전환할 수 있는 세포로, 근육, 뼈, 뇌, 피부 등 신체의 어떤 기관으로도 전환할 수 있는 만능세포다. 장기(臟器)를 형성하기 이전에 분화를 멈춘 배아 단계의 세포를 말한다.

문제 3. 유전자 변형 농산물에 대한 물음에 답하라.

- 1) 유전자 변형 농산물이란 무엇인가?
- 2) 제초제에 저항성을 갖는 벼를 만드는 방법에 대해 설명하라.
- 3) 유전자 변형 식품을 알아내는 방법에 대해 말해보라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

최근 안전성 여부로 논란이 되고 있는 유전자 조작 식품에 대한 지식이 있는지 알아보고 이들을 제조하는 과정과 검사하는 과정을 질문함으로써 유전공학에 대한 지식을 측정하는 문제다. 세부문제 2에서는 공통과학 수준의 유전공학적 방법에 더불어 식물의 형질전환 방법에 대한 답을 요구하고 있다.

▶ 배경지식

| 중합효소연쇄반응(PCR, Polymerase Chain Reaction) |

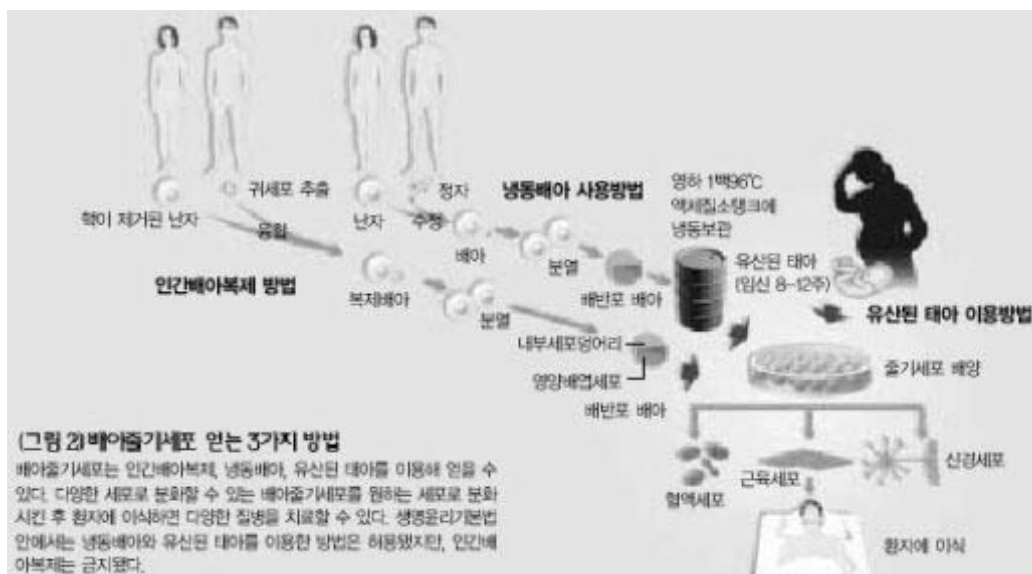
인위적으로 유전자를 증폭하는 기술로, 이론적으로 n 번의 주기를 반복하면 $2n$ 배의 유전자가 증폭된다.

| Ti 플라스미드 |

식물은 미생물인 대장균 등과는 달리 형질 전환이 쉽지 않다. 하지만 *Agrobacterium tumefaciens*이라고 하는 토양 세균은 Ti 플라스미드를 갖고 있어서 식물의 상처 부위에 들어가 식물세포를 형질 전환시킬 수 있다. 따라서 현재까지 대부분의 식물 형질 전환에는 이 세균을 사용한다.

■해설 및 모범답안

- 1) 특정 생물로부터 유용한 유전자를 취해 이를 기존의 작물에 도입함으로써 그와 동일한 유전자 기능을 발휘하도록 조작된 농산물을 말한다. 유전자 변형 농산물에는 무르지 않는 토마토, 제초제 저항 콩, 해충 저항 옥수수 등 다양한 종류가 있다.
- 2) 미생물 등에서 제초제에 대한 저항성을 갖는 유전자를 분리한 다음 *Agrobacterium tumefaciens*을 이용해 벼의 게놈에 이전시켜 형질 전환벼를 육성한다.
- 3) 유전자를 변형해 만든 콩, 벼, 옥수수 등 대부분의 유전자 변형 식품은 맨눈으로 봐서는 기존 품종들과 차이가 없다. 유전자 변형 콩으로 만든 두부나 된장의 맛, 색깔 등도 천연 콩으로 만든 것과 다를 바 없다. 따라서 유전자 변형 농산물 판별에는 PCR을 이용한 DNA검사법과 항원-항체반응을 이용한 ELISA(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay)검사법을 사용한다.
 - (1) DNA 검사법 : 유전자 변형을 할 때는 원하는 유전자가 제대로 변형됐는지 알 수 있도록 항생제 내성 유전자 같은 표시유전자를 붙이게 된다. 따라서 검사 대상에서 DNA를 추출해 PCR로 원하는 DNA 부위를 증폭시킨 뒤 유전자 변형에 사용한 표시유전자와 대조해 유전자변형 여부를 판단한다. 이 방법은 대부분의 검사 과정을 자동화할 수 있고 유전자 변형농산물의 양을 0.1%까지 구할 수 있을 정도로 정밀해 세계적으로 유전자 변형 식품 검사법의 주류를 이루고 있다. 하지만 이 방법은 유전자 변형에 사용한 DNA를 알아야 하기 때문에 유전자를 변형했다고 공개한 식품의 판별에는 전혀 문제가 없지만 음성적으로 변형한 식품은 알아내기가 극히 어렵다.
 - (2) ELISA 검사법 : 우선 변형 유전자가 만들어낸 단백질을 분리한 뒤 동물에 주사해 항체를 만들고 이 항체와 검사대상 식품의 단백질을 반응시켜 유전자 변형 여부를 판별한다. DNA검사법에 비해 빠른 시간에 적은 비용으로 확인이 가능하다는 장점이 있지만, 변형 유전자가 단백질을 만들지 않거나 식품 제조과정에서 단백질이 파괴된 경우, 그리고 유전자 변형 농산물 함유량이 적은 경우에는 검사가 불가능하다.



▶ 추가질문

유전자 조작 식품의 장. 단점에 대해 설명하라.

▶ 답안

생산의 효율성과 수확량을 높이는 것이 가능하기 때문에 식량문제를 해결할 수 있고, 제초제나 살충제 등의 농약사용을 줄일 수 있기 때문에 환경오염을 줄일 수 있으며, 식품의 영양을 개선할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 제초제나 항생제 등에 내성을 가지는 생물이 출현할 수 있고, 유전자가 다른 생물에 유입돼 생태계의 교란이 올 수 있다는 단점도 있다. 또한 외부 단백질에 의한 독성이나 알레르기 반응이 일어날 수 있고, 거대 기업이 생물 종을 독점함으로써 농업에 대한 통제력이 강화될 수 있다.

2003년 02월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번호에서 중점적으로 다룰 내용은 생물II 교과내용 중 생물의 특성과 물질대사에 관한 부분이다. 비록 다세포 생물일지라도 모든 생명현상의 기본은 세포이기 때문에, 세포에 대한 이해 없이는 복잡한 생명현상을 이해하기 힘들다. 따라서 실제 심층면접 및 구술고사에서도 세포에 대한 이해와 더불어 세포내에서 일어나는 여러 생명현상들에 대해 질문하는 경우가 많다.

이번호에 소개된 문제 외에도 출제빈도가 높은 부분은 세포내 소기관들의 역할과 기능, 진핵세포인 동물·식물세포와 원핵세포의 비교, 단백질의 1, 2, 3, 4차 구조, 효소의 특성과 열 및 pH의 영향 등에 대한 부분이다. 또한 물질대사 단위에서는 광합성의 명반응과 암반응 과정 및 광합성에 영향을 주는 요인, 3대 영양소의 소화과정, 혈액형과 면역계, 신장의 작용 및 기능 등에 대한 부분도 출제 빈도가 높다. 특히 효소의 특성은 단백질의 구조와 연관돼 출제 빈도가 아주 높기 때문에 심층적인 학습이 필요하다. 이와 더불어 광합성 과정도 호흡과 연관시켜 상호비교하는 심층적인 문제가 자주 출제되고 있다. 이번호는 대부분 교과서에 나오는 내용을 중심으로 꾸몄다. 하지만 단순한 형태의 문제 유형인, '호흡에 대해 설명하라' '광합성에 대해 설명하라' '아침에 먹은 음식물이 소화되는 과정에 대해 설명하라'는 식의 문제는 지양했다. 비록 이런 문제들의 출제빈도가 높긴 하지만, 이런 수준의 문제들은 교과서 내용만으로도 충분히 학습할 수 있기 때문에 1번 문제를 제외하고는 교과서로 학습할 때 지나치기 쉬운 부분들에 대한 허점을 질문하는 방식을 택했다. 각 문항의 세부문제 1번과 2번은 교과서 수준의 지식으로도 쉽게 접근할 수 있는 난이도로 구성했으며 세부문제 3번 이상과 추가질문은 좀더 고난이도의 문제로 구성해 수험생이 능력에 맞게 준비할 수 있도록 배려했다.

문제 1. 생물의 역사는 대단히 오래됐고 또한 생물의 정의는 매우 어렵다. 그러나 우리는 쉽게 개가 생물이고, 돌이 무생물이라는 점을 잘 알고 있다.

- 1) 살아있는 개와 그렇지 않은 돌을 구별해 주는 생명체의 특성은 무엇인가?
- 2) 바이러스는 생물인가 무생물인가? 바이러스가 갖고 있는 생물적 특성과 무생물적 특성에 대해 말해보라.
- 3) 바이러스가 최초의 원시생명체라는 견해에 대해 어떻게 생각하는지를 말해보라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

생물학의 가장 기초이면서도 정의가 쉽지 않은 생물에 대한 기본 개념을 파악하고 있는가를 측정하는 문제다.

▶ 배경지식

생명체의 특성은 다음과 같은 것이 있다.

- 1) 조직화 : 세포-조직-기관-개체
- 2) 동화작용과 이화작용의 물질대사를 수행
- 3) 항상성을 유지 : 예) 체온, 혈액의 pH

- 4) 성장과 발생 : 세포의 수와 크기가 증가하는 성장 과정과 다세포 생물의 경우에는 하나의 세포인 수정란에서 출발하는 복잡한 발생과정을 거침.
- 5) 생식 : 일정한 시기가 지난 다음 자기의 화학정보(DNA)를 자손에게 전해 자신과 닮은 개체를 만듦.
- 6) 자극에 대한 반응
- 7) 적응 : 환경의 변화에 대해 적응할 수 있으며, 오랜 시간동안 적응하게 되면 유전적 변화로 인해 진화를 함.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 생명체의 특성은 조직화, 물질대사, 항상성, 발생과 성장, 생식, 자극에 대한 반응, 적응 등입니다. 개의 몸은 세포-조직-기관-개체로 조직화돼 있고, 외부로부터 음식물을 섭취해 몸의 구성 물질 및 에너지를 얻는 물질대사를 수행합니다. 또한 체온과 혈액의 pH를 항상 일정하게 유지시키는 항상성 등 생명체의 모든 특성을 지니고 있습니다. 반면 돌의 경우는 그렇지 않습니다. 하지만 위의 특성 중 어느 한가지만을 특별히 강조해서는 안됩니다.
왜냐하면 언제나 예외가 있을 수 있고, 또 많은 무생물의 경우 위의 특징 중 몇가지를 갖고 있는 것들이 있기 때문입니다. 예를 들어 바이러스의 경우는 생물적 특성과 무생물의 특성을 동시에 갖고 있으며, 무기물 결정이나 기름방울 같은 경우는 자라기도(커지기도)하고 여러 조각으로 나뉘어져 번식하는 것처럼 보이기도 하기 때문입니다.
- 2) 바이러스는 생물의 특성과 무생물의 특성을 동시에 지니고 있기 때문에 생물인지 무생물인지 명확히 구분하기 어렵습니다. 바이러스가 갖고 있는 생물적 특성으로는 ①모든 생명체의 공통 구성 성분인 핵산과 단백질로 이뤄져 있고, ②숙주 세포 내에서 자신의 유전물질로 증식하며, ③돌연변이를 통해 환경에 적응(진화)하기도 합니다. 무생물적 특성으로는 ①세포 기관이 없는 비세포성 구조며, ②세포 밖에서는 생명활동을 할 수 없기 때문에 스스로의 물질대사 기능이 없고, ③결정의 형태로 존재할 수 있습니다.
- 3) 바이러스의 간단한 구조 때문에 바이러스를 최초의 원시 생명체로 보는 견해도 있지만, 바이러스는 스스로 생명활동을 하지 못하고 살아있는 세포 속에서만 살아갈 수 있다는 특징 때문에 생물적 특성이 퇴화돼가는 생명체로 보는 견해가 우세합니다.

▶ 추가질문

현재 세균에 대한 항생제는 많이 발견돼 세균의 감염 치료에 사용되고 있으나, 바이러스 감염에 대한 치료약은 거의 없는 실정이다. 그 이유가 무엇이라고 생각하는가?

문제 2. 표면적-부피비는 생명현상과 관련해 아주 중요한 의미를 갖는다.

- 1) 반지름이 각각 $1\mu\text{m}$ 와 $10\mu\text{m}$ 인 구형의 세포가 있다. 이들 세포의 표면적과 부피를 각각 구한 후, 각 세포의 표면적-부피비를 구하라.
- 2) 위의 두 세포가 활발한 생명활동을 하고 있다면 어떤 세포가 더 효율적일지 설명해보라.
- 3) 우리 몸의 구조 중 표면적을 넓힘으로써 효율성을 증대시키는 것을 예를 들어 설명해보라.
- 4) 표면적과 부피와의 관계를 통해 아래 그림에 대한 설명을 해보라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

표면적-부피비가 생명현상에 어떤 형태로 적용되는지를 알아보는 문제로, 간단한 원리를 다양한 상황에 적용할 수 있는가를 측정하는 문제다.



▶ 배경지식

반지름이 r 인 구형 세포의 표면적-부피비(S/V)는,

$$\text{세포의 부피}(V) = \frac{4}{3}\pi r^3$$

세포의 표면적(S) = $4\pi r^2$ 이므로 $\frac{3}{r}$ 이 된다.

따라서 세포의 반지름(크기)이 증가할수록 단위 부피당 표면적의 비($\frac{S}{V}$)가 줄어들게 된다.

▶ 해설 및 모범답안

- 반지름이 $1\mu m$ 인 세포는 표면적이 $4\pi\mu m^2$ 이고 체적이 $\frac{4}{3}\pi\mu m^3$ 이므로 표면적-부피비는 $3\mu m^{-1}$ 입니다. 반지름이 $10\mu m$ 인 세포는 표면적이 $400\pi\mu m^2$ 이고, 체적이 $\frac{4000}{3}\pi\mu m^3$ 이므로 표면적-부피비는 $0.3\mu m^{-1}$ 입니다.
- 세포는 생명체의 구조적, 기능적 단위로 생물체에서 일어나는 모든 생명현상은 세포를 바탕으로 하여 이뤄집니다. 따라서 세포, 특히 성장하는 세포는 물질의 능동적인 교환(영양분과 산소를 받아들이고 노폐물과 이산화탄소는 내보내는 것)을 위해 충분한 표면적(세포를 둘러싸고 있는 세포 원형질막)을 필요로 하게 됩니다.
즉 세포의 부피가 증가하면 영양물질, 기체, 노폐물이 비례적으로 증가하지만, 세포의 표면적은 부피의 증가에 비례해 커지지 않습니다. 물론 크기가 큰 세포는 작은 세포보다 당연히 큰 표면적을 갖지만, 단위 부피 당 표면적의 비로 볼 때는 작은 세포가 큰 세포보다 더 큰 표면-부피 비를 갖게 되므로, 반지름이 작은 세포가 더욱 효율적입니다.
- 첫째, 작은 창자는 융털 구조를 통해 사람 체표면적의 1백배가 넘는 표면적을 갖는데, 이런 구조는 표면적을 넓힘으로써 소화된 양분과 접촉 기회를 많이 가져 좀더 많은 양분을 흡수할 수 있도록 합니다. 둘째, 허파는 폐포 구조를 통해 공기와의 접촉 면적을 넓힘으로써 외부 기체와 혈액사이의 기체교환을 원활하게 합니다. 셋째, 모세혈관은 실처럼 가늘게 분화돼 표면적을 넓힘으로써 조직과 혈액사이의 물질교환을 좀더 쉽게 해줍니다.
- 위도가 다른 지방에 서식하는 서로 다른 여우들입니다. 북극여우는 얼굴이 크고 귀가 작으며, 사막여우는 얼굴이 작고 귀가 큼니다. 붉은여우는 이 둘의 중간형태를 취합니다. 이것은 정온동물의 온도에 대한 적응을 나타내는 예입니다. 추운 지방의 동물일수록 몸집을 크게 하고(베르그만의 법칙), 말단 돌출부를 작게 유지함(알렌의 법칙)으로써 체온을 효율적으로 유지할 수 있습니다.

▶ 추가질문

세포의 크기가 작은 것이 효율적이라면, 세포의 크기는 어느 정도 작은 것이 좋으며, 그 한계 크기는 얼마인가?

문제 3. 철수는 과학캠프에 참가해 쥐 세포와 콩잎 세포, 대장균 세포의 전자현미경 사진을 각각 2장씩 찍었다. 하지만 사진에 표시를 하지 않아 어떤 사진이 어떤 세포인지를 구분할 수 없게 되었다고 한다. 전자현미경 사진은 너무 확대가 많이 돼, 전체적인 세포 모양은 보이지 않고 다음의 세포 내 구조물만을 나타내고 있었다.

※ 사진이 없습니다.

사진 1 : 세포벽, 세포막

사진 2 : 핵, 엽록체, 리보솜

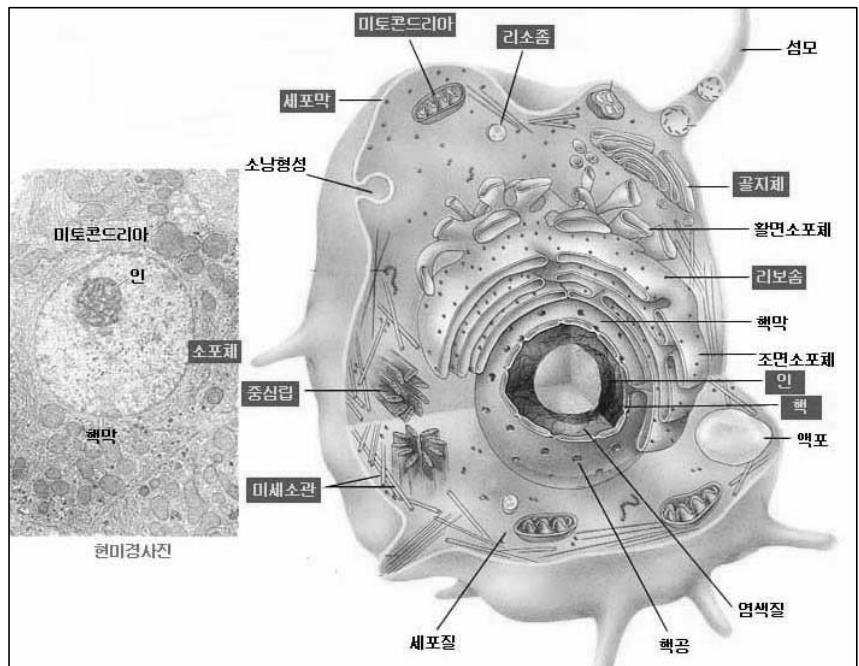
사진 3 : 세포막, 리보솜

사진 4 : 골지체, 세포막, 중심립

사진 5 : 핵, 조면소포체

사진 6 : 미토콘드리아, 세포막, 세포벽

1) 어떤 사진이 어떤 세포인지 구분할 수 있는가? 어떻게 구분할 수 있는가?



2) 세포 내 소기관인 엽록체와 미토콘드리아의 기능에 대해 설명해보라.

3) 세포 내 공생설은 진핵세포의 기원에 대해 설명한 가설로, 현재 가장 설득력있고 널리 받아들여지고 있는 가설이다. 이 설에 따르면 진핵세포의 미토콘드리아는 호기성 세균으로부터, 엽록체는 남조류로부터 기인된 것이라고 설명한다. 이 가설을 뒷받침할 수 있는 미토콘드리아와 엽록체의 특징에 대해 설명해보라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

원핵세포, 동물세포, 식물세포의 세포 구조 및 차이점에 대한 이해와 세포 내 소기관의 기능에 대해 묻는 문제다. 대부분의 수험생은 동물세포와 식물세포의 차이에만 관심을 갖는데, 이 문제는 원핵세포와 함께 동·식물 세포를 비교함으로써 이런 허점을 지적하고 있다. 원핵세포에도 세포벽이 존재한다는 사실과 진핵세포에 있는 미토콘드리아와 엽록체가 원핵세포와 유사점이 있다는 사실을 알아야 정확한 답을 할 수 있다.

▶ 배경지식

세포벽의 존재 여부와 성분에 따라 생명체를 분류하거나 분리하는 것이 가능하다. 일반적으로 세포벽은 식물세포의 경우 셀룰로오스 성분, 균류는 키틴, 키노산 등의 성분, 조류는 셀룰로오스, 키틴 등의 성분, 세균은 펩티도글리칸 성분으로 이뤄져 있다. 동물과 원생동물에는 일반적으로 세포벽이 존재하지 않는다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 콩잎 세포는 사진 2와 사진 6, 쥐 세포는 사진 4와 사진 5, 대장균 세포는 사진 1과 사진 3입니다. 엽록체는 식물세포에만 존재하기 때문에 사진 2는 콩잎 세포 사진입니다. 또한 사진 6에서는 세포벽과 함께 진핵생물의 소기관인 미토콘드리아가 동시에 나타나기 때문에 이것도 콩잎 세포의 사진입니다. 사진 4에는 동물세포에만 존재하는 중심립이 있기 때문에 쥐 세포의 사진입니다. 나머지 세장의 사진 중 핵이 존재하는 사진 5가 또다른 한장의 쥐 세포 사진입니다. 나머지 사진인 사진 1과 사진 3이 대장균 사진입니다.
- 2) 둘 다 세포 내 에너지 대사에 관계하는 기관입니다. 미토콘드리아는 세포 내 호흡을 담당하는 기관으로, 유기물을 산화시켜 세포의 활동에 필요한 에너지(ATP)를 생산합니다. 엽록체는 광합성을 담당하는 기관으로 빛에너지를 이용해 무기물인 이산화탄소와 물로부터 유기물인 탄수화물을 합성합니다.
- 3) 첫째, 미토콘드리아와 엽록체는 자체의 DNA를 갖고 있으며, 이들 DNA의 모양은 세균의 DNA처럼 구형을 이룬 환형DNA입니다. 둘째, 미토콘드리아와 엽록체는 자신의 DNA를 복제하고 세포 내에서 세균의 번식법인 이분법에 의해 분열할 수 있습니다. 셋째, 진핵세포의 세포질에 있는 리보솜의 침강계수는 80S인데 비해, 미토콘드리아와 엽록체는 원핵세포의 리보솜과 동일한 70S의 자신만의 리보솜을 갖고 있습니다. 따라서 세균의 70S 리보솜에 작용하는 여러 항생제가 미토콘드리아와 엽록체에서도 단백질 합성을 억제할 수 있습니다. 넷째, 미토콘드리아와 엽록체의 리보솜RNA의 염기배열이 세균의 것과 유사합니다.

▶ 추가질문

원핵생물과 진핵생물을 비교해 설명해보라.

문제 4. 세포 호흡은 미토콘드리아에서 광합성의 산물인 유기물을 산소를 이용해 산화시킴으로서 나오는 화학에너지를 얻는 과정이다.

- 1) 포도당 한 분자가 완전히 분해될 때, 해당과정과 TCA회로에서의 최종산물은 각각 무엇인가?
- 2) 한 분자의 NADH_2 로부터는 3개의 ATP가, 한 분자의 FADH_2 로부터는 2개의 ATP가 만들어진다고 하면 최종적으로 대장균 세포에서 한 분자의 포도당으로부터 만들어지는 ATP의 수는 얼마인가? 사람의 근육세포에서는 이보다 적은 수의 ATP가 만들어진다고 하는데 이유는 무엇인가?
- 3) 순간적으로 격렬한 운동을 할 때, 우리 몸의 근육세포에서 포도당으로부터 ATP를 얻는 과정을 설명해 보라. 여기서 해당과정과 달리 최종산물이 피루브산이 아닌 이유는 무엇인가? 이 과정과 알코올 발효의 차이점은 무엇인가?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

세포 호흡시 일어나는 해당과정과 전자전달계에 대한 기초적인 지식을 바탕으로 좀더 심층적인 내용에 대한 지식을 측정하는 문제다. 우리 몸의 근육에서 일어나는 젖산 발효에 대해 단순한 암기를 넘어 발효가 일어나야만 되는 이유를 알고 있어야 문제를 풀 수 있다.

▶ 배경지식

광합성 : $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + \text{빛에너지} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{O}_2$

세포호흡 : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + \text{에너지}$

▶ 해설 및 모범답안

1) 해당과정 : 2NADH_2 , 2ATP , 2피루브산

TCA회로 : 8NADH_2 , 2ATP , 2FADH_2 , 6CO_2

2) 해당과정과 TCA회로에서 기질수준의 인산화를 통해 4분자의 ATP가 만들어지고, 산화적 인산화를 통해 10분자의 NADH_2 로부터 30개의 ATP, 2분자의 FADH_2 로부터 4분자의 ATP, 총 38개의 ATP가 만들어집니다. 하지만 사람의 근육세포같은 진핵생물에서는 해당과정에서 만들어진 NADH_2 를 미토콘드리아내로 이동시킬 때 한 분자씩의 ATP를 사용하게 되므로 총 36분자의 ATP가 합성됩니다.

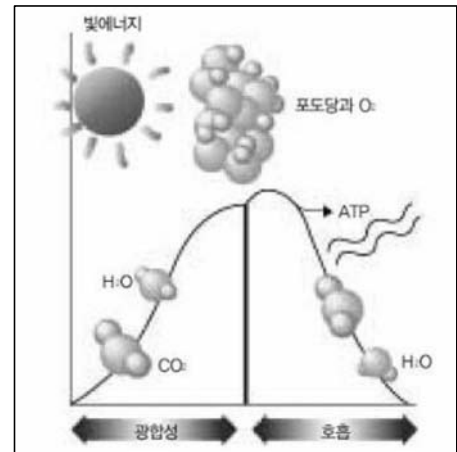
3) 우리 몸의 근육세포는 수축을 위해 ATP를 사용합니다. 천천히 운동할 때는 충분한 양의 산소가 공급되기 때문에 포도당을 완전히 산화시켜 ATP를 얻지만, 갑자기 격렬한 운동을 하면 산소가 부족해지기 때문에 젖산 발효를 합니다. 즉 한 분자의 포도당으로부터 해당과정을 통해 2ATP , 2피루브산, 2NADH_2 를 얻습니다. 여기서 얻어진 2분자의 ATP를 근육수축의 에너지로 사용하게 됩니다.

한편 얻어진 NADH_2 는 산소가 부족하므로 전자전달계를 거쳐 완전히 산화되지 못합니다. 따라서 NADH_2 는 피루브산에 전자를 쥐 젖산으로 환원시킨 후, 자신은 NAD로 산화돼 다른 포도당의 해당과정에 사용됩니다.

젖산 발효와 에탄올 발효는 둘 다 산소가 부족한 상황에서 해당과정을 통해 2분자의 ATP를 생산하는 과정입니다. 차이점은 에탄올 발효가 3탄당인 각각의 피루브산으로부터 한 분자씩의 이산화탄소를 발생시킴으로써 최종적으로 2탄당인 에탄올을 생성하는데 반해, 젖산 발효는 이산화탄소를 발생시키지 않고 최종산물로 3탄당인 젖산을 생성하는 것입니다.

▶ 추가질문

우리 몸은 리보플라빈으로부터 FAD를, 니아신으로부터는 NAD를 합성하며, 하루에 수십-수십g의 포도당을 분해한다. 한 분자의 포도당을 분해하기 위해서는 몇분자의 NAD와 FAD가 필요한가? 우리 몸에서 이들 비타민의 섭취량이 적어도 되는 이유는 무엇인가?



(그림3) 에너지 관점에서 본 광합성과 호흡

식물의 광합성으로 저장된 화학 에너지는 결합 에너지 형태로 바뀌고 이는 다시 생물의 호흡에 이용된다.

2003년 03월호 - 생물 면접 구술고사 완벽가이드

▶ 단원 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번호에서는 먼저 1번 문제를 통해 멘델의 유전법칙을 사람의 유전현상에 적용시킴으로써 멘델의 유전법칙에 대한 이해를 돕고자 한다. 또한 2번 문제를 통해서 DNA의 염기서열을 바탕으로 DNA가 정보를 어떻게 저장하고 있는지를 알아보자. 3번 문제는 DNA가 유전물질을 자손에게 물려주는 메커니즘인 복제과정이 어떤 형식으로 응용돼 문제로 출제될 수 있는지에 대한 예다. 마지막으로 4번 문제를 통해서 유전학의 응용부분인 유전공학분야에 대한 생물학적 지식과 함께 이것이 사회에 미치는 부작용에 대해 생각해보자.

비록 이번호에서 다루진 않았지만 유전과 관련돼 자주 출제됐고 앞으로도 출제빈도가 높을 것으로 생각되는 부분은 다음과 같다.

'연관과 교차(대부분의 문제가 계산을 동반하는 형태)' '단백질이 아닌 DNA가 유전물질임을 밝힌 실험적 증거들에는 어떤 것들이 있는가?' '진핵생물과 원핵생물의 단백질 합성의 차이점' 하나의 수정란으로부터 어떻게 다양한 종류의 세포가 만들어지는가를 유전자 발현조절과 연관시켜 설명하라"줄기세포의 의미 및 응용을 분화와 연관시켜 설명하라'.

문제 1. 사람의 유전현상에도 멘델의 유전법칙이 그대로 적용되는 경우가 많다. 예를 들어 보조개 유전자와 곱슬머리 유전자는 우성으로 작용을 한다. 철수는 보조개가 없으며 곱슬머리가 아니다. 하지만 철수의 부모는 두분 다 보조개가 있으며 곱슬머리다. 한편 철수의 혈액형은 O형이다.

- 1) 철수의 부모가 두 명의 아이를 더 낳을 때 한 명은 보조개가 있고 한 명은 보조개가 없을 확률을 구하여라.
- 2) 철수의 부모가 두 명의 아이를 더 낳을 때 둘다 보조개가 있고 직모일 가능성을 구하여라.
- 3) 철수 동생의 혈액형이 AB형이라면 부모의 혈액형은 어떻게 되는가? 유전형으로 답하여라.
- 4) 고콜레스테롤혈증은 정상인보다 많은 양의 콜레스테롤 수치를 보이는 병으로 중간유전에 의해 일어난다. 철수 부모 둘 다 이 유전자에 대해 헤테로(Hetro)이며 정상인보다 조금 높은 수치의 콜레스테롤을 갖고 있다. 철수는 정상인보다 6배나 높은 콜레스테롤치를 보이며 유전자형은 hh이다. 철수 부모가 한 명의 아기를 더 낳을 때 부모와 같은 정도의 콜레스테롤 수치를 가질 확률은 얼마인가? 또한 철수와 같은 정도의 콜레스테롤 수치를 가질 확률은 얼마인가?
- 5) 사람의 키도 어느 정도는 유전현상에 의한 것이다. 즉 큰 키를 가진 부모로부터는 큰 키의 자식이 나올 가능성이 많다. 하지만 사람의 키는 단순히 크다, 또는 작다라고 할 수 없을 만큼 다양한 분포를 보이는 이유를 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

사람의 유전형상을 예로 들어 멘델의 유전법칙에 대한 이해를 측정하는 문제다.

▶ 배경지식

우열(성)의 법칙 : 우성 형질을 갖는 순계와 열성 형질을 갖는 순계를 교배하면 자손(F_1)에서 우성 형질이 열성 형질을 억제하고 우성만 표현되는 현상.

분리의 법칙 : F_1 을 자기 수분시켜 F_2 를 구할 때, 이 F_1 이 감수분열로 생식 세포를 형성하면서 쌍을 이루던 대립 유전자(A, a)가 분리돼 각각의 생식 세포로 나누어져 들어가는

현상. 그 결과 F_2 의 표현형은 우성과 열성이 3 : 1의 비로 나타난다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 보조개 유전자를 A라고 할 때, 철수가 열성유전자를 갖고 있기 때문에 철수의 부모유전자형은 AA가 될 수가 없다. 따라서 철수 부모의 유전자형은 둘 다 Aa다.
한 명의 아이를 더 낳을 때 이 아이가 보조개가 있을 확률은 $3/4$ 이고 없을 확률은 $1/4$ 이다. 두 명 다 보조개가 있을 확률은 $9/16$ 이고 두 명 다 없을 확률은 $1/16$ 이므로 한 명은 보조개가 있고 한 명은 보조개가 없을 확률은 $1 - (10/16)$ 인 $6/16$ 이다.
- 2) 한 명의 아이를 낳을 때 보조개가 있을 가능성은 $3/4$ 이고 직모일 가능성은 $1/4$ 이므로 보조개가 있고 직모일 가능성은 $3/16$ 이다. 따라서 둘다 보조개가 있고 직모일 가능성은 $9/256$ 이다.
- 3) 혈액형은 A와 B가 우성으로 O가 열성으로 작용한다. 따라서 철수 혈액형의 표현형이 O형이면 철수 혈액형의 유전형은 OO이다. 또한 철수 동생의 혈액형의 유전형이 AB이므로 부모의 혈액형은 AO와 BO가 된다.
- 4) 이 유전현상은 중간유전이므로 아기가 HH이면 정상, Hh이면 부모와 같은 정도의 콜레스테롤 수치를, hh이면 철수와 같은 높은 농도의 콜레스테롤 수치를 보이게 될 것이다. 따라서 부모와 같은 정도의 콜레스테롤 수치를 나타낼 확률은 $1/2$ 이고 철수와 같은 정도의 수치를 나타낼 확률은 $1/4$ 이다.
- 5) 사람의 키는 피부색과 마찬가지로 하나의 유전자에 의해 결정되는 것이 아니라 다양한 종류의 유전자에 의해 결정되는 복합적인 것이기 때문이다. 예를 들어 큰 키를 가진 부모의 유전자형을 AaBbCc라고 할 때 이들 자식의 유전자형 분포는 큰 키의 순서대로 $1/64$, $6/64$, $15/64$, $20/64$, $15/64$, $6/64$, $1/64$ 의 분포를 보일 것이다.

▶ 확장 질문

검정교배란 무엇인지 설명하고 검정교배가 불가능한 경우는 어떤 경우인가? 이 경우 검정교배 대신 사용할 수 있는 방법에 대해 설명해보라.

문제 2. 생명체에서 유전현상과 관련해 아주 중요한 역할을 수행하고 있는 핵산은 크게 DNA와 RNA로 나뉘지며, 핵산은 뉴클레오티드라는 단위체가 길게 결합돼 있는 구조를 하고 있다.

- 1) DNA와 RNA에서 뉴클레오티드의 구조 및 종류의 차이점에 대해 설명하라.
- 2) 유전의 암호 단위인 코돈은 하나의 아미노산을 지정한다. 하나의 코돈을 위해서는 최소 몇개의 염기가 필요한가?
- 3) 만일 성숙된 mRNA의 염기서열 정보가 주어져 있다면 이에 해당하는 아미노산의 서열을 알아 낼 수 있는가? 역으로 아미노산의 서열이 주어져 있다면 이에 해당하는 mRNA의 염기서열 정보를 알 수 있는가? 그 이유를 설명하라.
- 4) 컴퓨터에서는 0 또는 1이 들어갈 수 있는 자리(비트, bit) 8개를 묶어 1 바이트(byte)라고 한다. 만일 DNA의 염기서열에 정보를 담는다면 몇개의 염기로 1 바이트의 정보를 저장할 수 있는가? 인간의 정자 하나 속에 들어 있는 총 DNA 염기 서열에 컴퓨터의 방식으로 정보를 저장한다면 몇 바이트의 정보를 저장할 수 있나?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

코돈의 개념에 대해 정확한 이해를 하고 있는지와 이를 응용할 수 있는가를 측정하는 문제다.

특히 4)번 문제를 위해서는 사람의 체세포는 $2n=46$ 개의 염색체 내에 약 60억개의 염기쌍이 존재한다는 사실을 알고 있어야 한다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 뉴클레오타이드의 기본 구조는 당, 인산, 염기다. RNA를 구성하는 당은 5탄당인 리보오스이고, DNA의 당은 리보오스의 2번 탄소에 연결된 $-OH$ 기에서 산소가 없어진 $-H$ 기를 가지는 디옥시리보오스이다. DNA와 RNA의 뉴클레오타이드는 아데닌(A), 구아닌(G), 시토신(C)의 염기는 공통적으로 갖지만, DNA는 티민(T)을, RNA는 우라실(U)을 갖는다.
- 2) 염기의 종류가 4가지이기 때문에 1개의 염기로는 최대 4가지의 아미노산을, 2개의 염기로는 16가지의 아미노산을, 3개의 염기로는 최대 64가지의 아미노산을 지정할 수 있다. 그런데 인체의 아미노산 종류는 20개이기 때문에 최소 3개의 염기가 필요하다.
- 3) 대부분의 생물은 같은 종류의 코돈을 사용하고 있고, 이 코돈에 대응하는 아미노산이 밝혀져 있기 때문에 mRNA의 염기서열이 주어져 있다면 그에 해당하는 아미노산의 서열을 알아낼 수 있다. 하지만 64개 종류의 코돈이 20개의 아미노산과 정지 코돈을 지정하고 있기 때문에 하나의 아미노산에 해당하는 코돈의 수가 1개를 넘는 경우가 있다. 따라서 아미노산의 서열로부터 정확한 mRNA의 염기서열을 밝혀내는 것은 불가능하다.
- 4) 컴퓨터는 0과 1의 두 자리만 가능하지만 DNA의 경우는 한자리에 4가지 종류의 염기 중 하나가 위치 할 수 있기 때문에 1 바이트($2^8=256$)의 정보를 저장하기 위해서는 4개의 염기($4^4=256$)만 있으면 된다.

인간의 체세포($2n$)는 총 60억개의 염기쌍을 갖고 있지만, 정자는 생식세포이므로 n 개의 염색체를 갖고 있으며 여기에는 총 30억개의 염기쌍이 존재한다. 정자에 존재하는 염기의 수는 60억개이지만 염기가 상보적 결합을 하고 있으므로, 실제 저장용량은 30억개의 염기쌍이다.

그렇다면 30억개의 염기는 7억5천만($30억 \div 4$)바이트가 된다. 1킬로바이트(KB)는 1024바이트로, 1메가바이트(MB)는 1024킬로바이트로 계산하면 약 715메가바이트가 된다.

▶ 확장 질문

만일 DNA의 염기서열이 주어져 있다면 이에 해당하는 아미노산의 서열을 알아낼 수 있는가?

문제 3. 대장균은 플라스미드를 제외하면 하나의 원형 염색체를 갖고 있으며, 염색체의 DNA 염기쌍 개수는 4.7×10^7 개다. 대장균에 있는 DNA 중합효소는 37°C 에서 1초에 평균 500개의 뉴클레오타이드를 합성하며 최대 1000개의 뉴클레오타이드를 합성할 수 있다. 또한 대장균은 일반적으로 DNA의 복제가 일어나는 복제 시작점을 1개 갖고 있다. 다음 물음에 답하라.

- 1) 37°C 에서 대장균의 DNA 전체가 복제되는데 걸리는 시간을 구하라.
- 2) 사람의 5번 염색체의 경우 약 1.8×10^8 개의 염기쌍으로 이뤄져 있다. 또한 사람의 DNA 중합효소는 1초에 평균 50개의 뉴클레오타이드를 합성한다. 만일 하나의 복제 시작점으로부터 DNA합성이 일어난다면 5번 염색체의 복제가 완전히 끝나는데 얼마의 시간이 걸리는가? 실제 사람의 세포분열이 이 시간 보다 짧은 이유는 어떻게 설명할 수 있는가?
- 3) 환경조건이 좋을 경우 대장균은 20분마다 한번씩 세포분열을 할 수 있다. 이것이 어떻게 가능한가? 대장균의 복제 시작점은 한곳뿐이라는 가정에서 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

원핵생물과 진핵생물에서 DNA가 복제되는 과정의 차이를 묻는 문제다. 복제 시작점의 개념을 이해하고 이를 실제의 생명현상에 응용할 수 있는지를 측정하는 문제다.

▶ 배경지식

자신과 똑같은 DNA를 만드는 기능을 DNA 복제라 하며, 새 DNA를 만들 때 DNA의 2중나선이 풀려서 2개의 외가닥 나선이 되고 각각의 외가닥 나선 위에 뉴클레오티드가 와서 붙음(외가닥 나선의 A가 있는 곳에는 반드시 T가 붙고 G가 있는 곳에 C가 붙음)으로써, 하나의 이중나선에서 두 개의 이중나선이 생긴다. 따라서 DNA의 복제는 반보존적 복제가 된다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 1초에 1000개의 뉴클레오티드를 합성하므로 4.7×10^6 개를 합성하는데는 4.7×10^3 초가 걸린다. 하지만 DNA의 복제는 한점(복제 시작점)에서 시작해 양쪽으로 진행(두 개의 복제 분기점)되기 때문에 대장균의 염색체 전체를 합성하는데 걸리는 시간은 2.35×10^3 초(39.2분)이다.
- 2) 사람의 염색체는 원형이 아니라 선형이기 때문에 복제 시작점의 위치에 따라 달라진다. 만일 복제 시작점이 양끝에 존재한다면 총 시간은 $(1.8 \times 10^8) / 50$, 즉 3.6×10^6 초(1000 시간)가 걸린다. 하지만 복제 시작점이 한 가운데에 존재해서 양쪽으로 복제가 된다면 시간은 반으로 줄어들어 500시간이 걸릴 것이다. 사람을 포함한 진핵생물의 경우에는 동시에 여러 곳의 복제 시작점으로부터 DNA복제를 시작되므로 전체 DNA를 복제하는데 걸리는 시간은 이보다 줄어든다.
- 3) 대장균이 20분마다 분열하기 위해서는 동시에 두곳의 복제 시작점에서 복제를 시작한다면 가능할 수 있다. 하지만 대장균은 한곳의 복제 시작점을 갖기 때문에 20분마다 분열하는 대장균의 경우, 전체 DNA의 복제가 끝나기 전에 복제 시작점에서 새로운 복제를 시작함으로써 매 20분마다 분열이 가능하게 된다.

▶ 확장 질문

문제 4. 유전공학기술은 생물체에 주어진 유전형질을 인위적으로 변형, 개조시켜 새로운 형질을 가진 생물체를 만들어 내는 기술이다. 이에는 유전자 재조합, 핵치환, 조직배양, 세포융합 등이 있다. 다음 물음에 답하라.

- 1) 유전자 재조합 기술에 대해 설명해보라.
- 2) 유전공학을 이용한 유전자치료 방법에 대해 설명해보라.
- 3) 유전공학이 인간에게 가져다 줄 이점과 유전공학의 문제점에 대해 말해보라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

유전공학기술이 어떻게 응용되고 있으며 또한 유전공학기술이 인간에게 가져다 줄 수 있는 이점과 더불어 폐해에 대해서도 알고 있는가를 묻는 문제다.

▶ 배경지식

제한효소(restriction enzyme) : DNA 분자의 특정 염기배열을 인식해 자르는 일종의 DNA용 가위.

리가아제(ligase) : 같거나 비슷한 종류의 제한효소에 의해 잘린 DNA를 서로 연결해 주는 일종의 풀.

벡터(vector) : 플라스미드나 박테리오파지처럼 독자적 복제능력이 있는 유전자 운반체.

▶ 해설 및 모범 답안

1) 유용한 DNA를 선정한 후에 플라스미드(plasmid)와 선택된 DNA를 제한효소로 절단한다. 그리고 절단된 DNA와 잘라진 플라스미드 사이를 리가아제를 이용하여 결합시킨다. 이렇게 재조합된 DNA가 완성이 되면 형질전환 등의 방법을 통해 숙주세포 내에 삽입한다. 숙주세포의 증식이 이뤄짐에 따라 유용한 DNA가 삽입된 플라스미드도 함께 복제되면서 형질발현이 일어나 원하는 DNA나 물질이 대량으로 생산된다.

2) 유전자치료법 또는 유전자요법이란 환자가 가진 유전자의 이상으로 생긴 질병을 치료하기 위해 환자의 특정세포 내에 있는 유전자를 조작하는 치료법을 말한다. 유전자를 조작하는 방법은 이론적으로 유전자 수정, 유전자 교환, 유전자 보강의 세가지 측면에서 이뤄질 수 있다.

먼저 유전자 수정은 결함이 발생된 유전자 배열만을 주위의 다른 유전자 변화 없이 수정하는 방법이며, 유전자 교환은 결함유전자를 제거하고 정상적인 유전자로 교환하는 방법이다. 유전자 보강은 결함이 있는 유전자를 수정하거나 제거하지 않은 상태에서 정상적으로 기능하는 유전자를 삽입하는 방법이다. 이중 가장 실현 가능성이 높고 현재 활발하게 연구되고 있는 유전자 보강을 이용한 유전자요법의 과정은 다음과 같다.

첫째 유전자 클로닝을 통해 치료에 이용되는 정상적인 유전자를 충분히 확보한다. 둘째 유전자요법의 대상이 되는 환자로부터 필요한 세포를 분리한다. 셋째 벡터를 이용해 분리해낸 세포에 건강한 유전자를 삽입한다. 마지막으로 건강한 유전자가 삽입된 세포를 다시 환자에게 이식한다.

3) 모든 종류의 기술이 그러하듯 유전공학도 인간에게 이점을 가져다주는 동시에 위험성도 야기한다. 먼저 유전공학의 이점은 다음과 같다. 예를 들어 식품 분야에서는 김치, 된장, 치즈, 포도주, 맥주 등의 생산에 이용될 수 있으며, 농·축산업에서는 병충해에 강한 농산물, 제초제에 내성을 보이는 식물, 특정 물질의 생산을 촉진하는 가축의 생산 등에 이용될 수 있다. 의약품 개발에서는 항생제, 인슐린, 성장 호르몬, 인터페론, 임신 진단 시약, 간염 백신 등의 생산에 이용될 수 있으며, 환경분야에서는 농약, 폐유 등의 오염물질을 분해하는 미생물 개발 등에 이용될 수 있다.

반면 유전공학이 인간에게 가져다 줄 수 있는 문제점으로는 유전자가 변형된 생명의 출현으로 생태계가 파괴되고 새로운 질병이 만연될 가능성이 있다. 그리고 인위적으로 새로운 생물을 창조하거나 복제해냄으로써 생명의 존엄성에 대한 가치관의 혼란 가능성이 있다.

2003년 04월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 단원 출제 경향 및 과목 대비 방안

4월 심층면접 생물편에서는 생물의 항상성과 환경문제의 핵심인 생태계라는 두가지 주제를 한꺼번에 살펴본다.

호르몬의 작용과 면역계 등 생물의 항상성은 사람의 건강과 직접 관련된다. 그래서 수험생 중 상당수가 진학하기를 원하는 생명과학과 의학, 약학, 그리고 간호학계열에서 전공에 대한 기본소양을 평가하는 문항으로 자주 출제돼 왔다. '혈당량 조절 메커니즘(mechanism)을 설명해 보라' '생체시계에 대해 아는 대로 말해 보라' '뉴런에서 자극이 전달되는 과정을 설명해 보라' 'AIDS에 대해 설명해 보라' 등 우리 인체가 어떤 원리에 의해 건강을 유지하는지에 대해 정확한 기본적인 원리에 기반해서 답변할 수 있도록 준비해야 한다.

그리고 의학계열과 약학계열에서는 건강과 관련된 시사적 질문들도 자주 등장하기 때문에 신문이나 과학잡지의 주요 기사들을 참고 해서 자신의 분명한 입장을 정리해둬야 한다. '약품이 인체에 미치는 영향에 대해 말해 보라' '의약품의 목적을 말해 보라' '피임약의 원리에 대해 설명하라. 남성용 피임약은 가능한가' '바체도병(그레이브즈병)의 원인에 대해 설명하라' 등 많은 소재에 공통적으로 관련된 원리 위주로 준비하면 될 것이다.

생태계와 관련된 질문들은 주로 생명과학계열이나 환경과학 모집단위에서 주로 출제되고 있다. 지구라는 거대한 생태계를 구성하고 있는 각 요소들의 역할과 이들의 유기적 관계에 대해 정리해둔다면 좋은 답변이 가능할 것이다. '가이아(Gaia)에 대해 들어 보았는가' '생태계 내의 탄소 순환에 대해 설명해 보라' '먹이사슬의 생태학적 의미를 말해 보라' '열대우림의 파괴와 관련해 대책을 제시해 보라' '환경호르몬에 대해 아는 대로 말해 보라' 등의 문제가 출제됐다.

생태계와 관련해서 생물농축 현상은 인체에 미치는 영향이 커서 계속 관심을 끌고 있다. 소량의 중금속이나 유독성 화학물질은 물 속에서 희석돼 그 농도가 매우 낮을 경우에는 생물에게 거의 피해를 주지 않는다. 그러나 먹이 사슬을 따라 옮겨지면서 그 농도가 점점 증가하기도 하는데, 이러한 현상을 생물농축이라고 한다. 그 결과 하위 영양단계에 있는 생물에서는 오염물질의 양이 해가 없을 만큼 미량이라 하더라도, 상위 영양단계의 생물에게 각종 생리적 장애를 일으키고 생명까지도 빼는 결과를 가져온다. 생물농축이 잘 일어나는 물질은 체내에서 잘 분해되지 않고, 생물의 특정 조직과 친화력이 있어 몸에 들어오면 쉽게 배출되지 않는 등의 특징이 있다. 먼저 1, 2번 문제를 통해 동식물의 호르몬 작용에 대해 살펴보고, 3번에서는 면역 체계에 대해 가장 이해하기 좋은 AIDS의 여러 현상과 원리에 대해 살펴본다. 마지막으로 4번 문항에서는 생태계의 주요 예상문제들을 다룬다.

문제 1. 동물은 몸의 활성을 조절하기 위해 많은 종류의 화학물질에 의지한다. 이 물질을 호르몬이라고 하고, 이것은 내분비샘(endocrine gland)에서 분비돼 피를 타고 돌면서 몸의 멀리 떨어진 곳까지 영향을 미치게 된다.

- 1) 스테로이드 호르몬과 같은 지질 호르몬에 대해 설명하라.
- 2) 펩티드 호르몬에 대해 설명하라.
- 3) 고혈당일 때 혈당량이 어떻게 정상으로 돌아오는지 설명하라.
- 4) 저혈당일 때 혈당량이 어떻게 정상으로 돌아오는지 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

호르몬의 종류와 그 작용 메커니즘에 관한 문제다. 혈당량 조절은 호르몬의 종류와 그 기작에 관한 훌륭한 예일 뿐만 아니라 우리 건강과 밀접한 관련이 있으므로 반드시 숙지해야 할 사항이다.

▶ 해설 및 모범 답안

1) 지질 호르몬은 비교적 긴 꼬리를 갖는 지질인 프로스타글란딘(prostaglandin)과, 스테로이드(steroid) 계열로 나눌 수 있다. 스테로이드 계열에는 탄소고리구조 4개를 갖는 형태로서 대부분 콜레스테롤에서 만들어진 테스토스테론(testosterone), 에스트라디올(estradiol), 프로제스테론(progesterone) 등이 있다.

지질 호르몬들은 2차 전달자를 사용하지 않고, 세포막을 통과한 후 세포질에 존재하는 결합단백질과 결합하는데, 이렇게 결합된 물질을 호르몬-단백질 복합체라고 한다. 이 복합체는 핵막을 통과해 핵으로 들어간 후 염색체의 특정한 부위와 결합해 특정 유전자를 활성화시킨다. 활성화된 유전자에서는 mRNA가 전사되고 전사된 mRNA는 세포질로 빠져나온 후 리보솜과 결합한다. 여기서 특정한 단백질이 합성돼 이 단백질이 새로운 기능을 수행한다.

2) 펩티드 호르몬에는 에피네프린, 티록신처럼 짧게는 한두 개의 아미노산이나 그 유도체로 구성된 펩티드가 있고, 인슐린 같이 수십개의 아미노산으로 이루어진 펩티드가 있다. 펩티드 호르몬은 표적세포에 도달한 후 직접 표적세포 내로 들어가는 것이 아니고 단지 표적세포의 세포막에 존재하는 수용체(receptor)에 결합한다. 이것이 신호가 돼 세포 안에서 cAMP와 같은 2차 전달자(second messenger)가 생성되고 이것이 세포 내의 특정한 물질대사를 조절한다. 2차 전달자에는 cAMP, cGMP, IP3(inositol triphosphate) 등이 있다.

3) 미주신경의 자극으로 이자에서 인슐린 분비가 증가돼 포도당을 간에서 글리코겐으로 전환시키거나, 조직세포 내에서 포도당을 산화시켜 혈당량을 감소시킨다.

4) 부신수질에서 에피네프린, 이자에서 글루카곤 분비가 증가돼 글리코겐을 포도당으로 전환시키거나, 부신피질에서 코르티코이드 분비가 증가돼 단백질과 지방을 포도당으로 전환시켜 혈당량을 증가시킨다.

▶ 확장 질문

인슐린과 같은 호르몬들은 표적세포에 즉각적인 효과를 보이는데 반해, 성호르몬의 경우는 작용하는데 수 시간에서 수 일이 걸린다. 이 차이를 표적세포에 대한 호르몬의 작용 메커니즘 차이로 설명해 보시오.

▶ 답안

인슐린과 같은 펩티드계 호르몬은 표적세포에 도달한 후 직접 표적세포 내로 들어가서 작용하지 않고 표적세포의 세포막에 존재하는 수용체에 결합한 후 2차 전달자를 통해 세포 내의 특정한 물질대사를 조절한다. 반면에 성호르몬의 경우는 스테로이드계 호르몬으로서 2차 전달자를 사용하지 않는다. 스테로이드 호르몬은 세포막을 통과한 후 세포질에 존재하는 결합단백질과 결합해 호르몬-단백질 복합체를 형성한 후, 이것이 핵 속에서 특정 유전자를 활성화시켜 새로운 단백질을 합성한다. 즉 펩티드계 호르몬은 기존의 단백질 활성을 조절하는 역할을 하지만, 스테로이드계 호르몬은 새로운 단백질을 합성시키는 역할을 하므로 작용하는데 시간의 차

이가 나는 것이다.

문제 2. 식물호르몬은 식물체 내에서 합성된 후 이동해 극히 낮은 농도에서 각 조직의 성장과 분화에 영향을 준다.

1) 다음은 식물호르몬의 한종류인 옥신(auxin)을 발견하기까지의 일련의 실험들이다. 다윈은 아래쪽 그림과 같이 자엽초에 한쪽 방향에서만 빛을 비추면 자엽초의 끝은 빛이 오는 방향을 향해 굽지만, 자엽초의 끝을 잘라 버리거나 은박지를 골무처럼 씌워두면 굽지 않는다는 사실을 알아냈다. 보이센-엔센은 자엽초의 끝 가까이에 두꺼운 한천 조각을 끼우고 빛을 비추면 굴광성을 보이지만 얇은 운모 조각을 끼우면 그렇지 않다는 것을 보였다. 벤틀리는 자엽초의 끝을 잘라 한천 조각 위에 올려놓고 한동안 빛을 쬔 다음, 이 한천 조각만 어두운 곳에서 끝이 잘린 다른 자엽초 위에 얹어 놓았다. 얼마 후에 자엽초는 한쪽으로 구부러져 있었으며, 구부러지는 방향은 항상 이 한천 조각이 없던 쪽의 반대쪽이라는 것을 알아냈다. 이 실험들에서 굴광성을 일으키는 물질을 화학물질(호르몬)임이 어떻게 증명했는가?

2) 식물호르몬의 한 종류인 지베렐린의 기능을 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

식물호르몬 중 가장 연구가 많이 되고 있는 옥신의 발견에 관한 문제다. 현상(굴광성)을 보고 실험을 통해 실체(옥신)에 접근하는 과정에 대한 이해를 요구하고 있다. 또한 옥신 외에 식물 성장에 영향을 미치는 호르몬인 지베렐린의 역할도 묻고 있다.

▶ 배경지식

옥신 : 인돌아세트산(indoleacetic acid)으로 식물세포를 크게 해 성장을 촉진시킨다.

지베렐린 : 벼의 키다리병을 연구하던 중 키다리 병균의 대사산물이 식물의 성장을 촉진한다는 것을 발견. 지베렐린 A와 지베렐린 B로 구분되며 약 30여종이 있다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 빛은 자엽초의 끝부분에 의해 인지되지만 굽어지는 반응이 나타나는 곳은 좀 떨어진 아래쪽이다. 어떤 신호의 전달이 일어난다는 것을 의미한다. 그리고 그 신호의 매개체는 세포사이의 접촉은 막지만 화학물질의 이동은 막지 않는 장애물인 한천에 의해서는 전달이 방해받지 않기 때문에 화학물질임을 알 수 있다.
- 2) 식물호르몬의 일종으로 식물체에 널리 분포하고 있다. 식물의 갖가지 생리현상의 발현과 제어에서 큰 역할을 수행하고 있을 뿐만 아니라 식물화학조절제로서도 이용되고 있는 물질이다. 지베렐린은 식물 줄기 마디와 마디 사이의 성장을 촉진해 키를 크게 하고, 종자의 발아를 촉진하며, 단위 결실이 일어나게 해 씨 없는 열매를 맺게 한다. 확산에 의해 방향에 관계없이 이동한다는 것이 특징이다.

▶ 확장 질문

옥신은 그늘 쪽으로 이동해 성장을 촉진한다. 이동 방법은 무엇인가?

▶ 답안

굴광성은 청색광선에 민감한데, 옥신 자체는 가시광선을 흡수하지 못하므로 다른 청색광선을 흡수하는 광수용체(Photoreceptor)가 존재한다. 그것이 청색광선을 흡수하면 신호전달이 일어나서 옥신은 그늘 쪽으로 이동한다.

문제 3. 피부나 점액, 식세포(phagocyte) 등은 감염으로부터 우리 몸을 보호하는 일차 방어선이다. 이 방어선 다음에 작동하는 것이 면역계다. 면역계는 미생물이나 암세포의 특정 항원을 인지하고, 임파구나 항체를 증가시켜 대응한다.

- 1) 면역계의 체액성 면역(humoral immunity)에 대해 설명하라.
- 2) 면역계의 세포성 면역(cellular immunity)에 대해 설명하라.
- 3) T 임파구 중 한종류는 체액성 및 세포성 면역기능 둘 다 담당한다고 한다. 이에 대해 설명하라.
- 4) 에이즈(AIDS, Acquired Immune Deficiency Syndrome)가 어떻게 해서 발생하고, 왜 죽음에 이르게 하는지 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

우리 몸의 면역계가 어떻게 침입자에 대응하는지에 관한 문제다. 또한 에이즈에 걸리면 어떻게 면역계가 파괴되고, 어떤 결과가 나타나는지에 관해 묻고 있다.

▶ 배경지식

B 임파구 : 항체를 생산해 체액성 면역계를 담당하는 세포.

T 임파구 : 세포성 면역계를 담당하는 세포.

HIV(Human Immunodeficiency Virus) : 에이즈의 원인 바이러스. T 임파구의 일종인 Th 임파구(helper T lymphocyte)를 감염시킴.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) B 임파구는 외부에서 들어온 항원에 대항하는 항체를 생산, 분비하는 세포다. 항체는 림프나 혈관을 통해 세균이나 바이러스 등에 감염된 곳으로 이동해 그것들과 결합, 무력화시키게 된다. 항체는 혈액에 녹기 때문에 B 임파구에 의한 면역을 체액성 면역이라고 한다. 하나의 B 임파구는 한가지 특정 항원에 대해서만 대항하는 항체를 만든다. 즉 그 항체는 다른 항원에 대해서는 반응하지 않는다.
- 2) 세포성 면역은 T 임파구가 담당한다. 림프나 혈액을 통해 순환하면서 바이러스나 세균에 감염된 세포를 공격해 세포막을 파괴한다.
또한 곰팡이나 원생동물의 감염에 대항하고, 암세포를 공격해 우리 몸을 보호한다. B 임파구와 마찬가지로 특정 항원을 지닌 세포에 대해서 특정한 T 임파구만이 반응한다.
- 3) 우리 몸의 특정 세포는 세균이나 바이러스에 감염되면 특정 분자 항원을 세포막으로 돌출시키는 특징을 갖고 있다. T 임파구 중 Th 임파구는 그 항원을 인지해 Tc 임파구

(cytotoxic T lymphocyte)를 활성화시켜 감염된 세포를 죽이는 세포성 면역에 관계한다. 또한 B 임파구를 활성화시켜 항체 생산을 촉진시키는 체액성 면역에도 관여한다.

4) 에이즈는 HIV라는 바이러스가 Th 임파구를 감염시켜 우리 면역계를 파괴시키는 질병이다. HIV는 Th 임파구의 CD4 분자를 인지해 세포막 결합으로 침투한다.

Th 임파구가 감염되면 바이러스의 핵산과 단백질이 만들어지고, 정상적인 세포 신호전달을 방해받으며, 세포막 기능을 많은 부분 상실한다. 삼투압 때문에 터져버리는 경우도 생긴다.

이 결과 3)에서 설명한 것처럼 Th 임파구는 체액성, 세포성 면역에 중요한 기능을 담당하고 있기 때문에 우리 면역계가 제대로 작동을 못하게 된다. 그래서 바이러스나 세균의 감염에 우리 몸은 거의 무방비상태가 돼 결국 죽음에 이른다.

▶ 확장 질문

특히 에이즈 백신을 개발하기 힘든 이유는 무엇인가?

▶ 답안

HIV는 돌연변이에 의해 매우 빨리 변종되기 때문이다. 심지어 한 사람의 에이즈 환자에서도 다양한 종류의 유전적 변종이 생긴다고 한다.

문제 4. 생태계(ecosystem)란 어떤 지역에 사는 모든 생물과 그 지역 내의 비생물적 요소가 상호작용해 그 속에서 물질의 순환과 에너지의 흐름이 일어나고 있는 하나의 기능적인 계를 말한다. 다음?물음에 답하라.

- 1) 생태계를 구성하는 생물적 요소들의 종류를 말하고 각각의 역할을 설명하라.
- 2) 생물농축 과정의 부메랑 효과에 대해 설명하라.
- 3) 생태계를 구성하는 생산자의 대부분은 녹색식물이다. 녹색식물의 광합성량과 호흡량에 따른 생장에 대해 설명하고, 산간지역 고랭지 채소의 생장이 탁월한 이유를 설명하라.
- 4) 흔히 생산자가 밀집해 있는 열대우림 생태계를 일컬어 다른 지역에 산소를 공급하는 '지구의 허파'라는 표현을 쓴다. 그러나 이는 검증되지 않은 하나의 가설에 불과하다는 주장이 있는데, 이에 대한 자신의 생각을 말해 보라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

환경문제가 계속 첨예해지면서 그에 대한 기본적 원리를 이해하고 있는지 묻는 문항이 출제되고 있다. 수많은 요인들이 얽혀있는 환경문제는 수험생 수준에서 정확하게 진단을 내리기 힘들겠지만, 교과서 내의 핵심적 내용들 정도는 설명할 수 있어야 한다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 생태계는 생물적 요소인 생산자, 소비자, 분해자와 무생물적 요소인 무기환경으로 구성되어 있다. 녹색식물이 대부분인 생산자는 외계의 에너지를 화학에너지로 받아들여 무기화합물로부터 유기화합물을 만드는 역할을 한다. 소비자는 생산자를 직접, 간접적으로 섭식하고 이것을 분해하는 과정에서 얻어지는 에너지를 이용해 생활하는 생물을 말한다. 분해자는

죽은 생물체나 배설물을 분해하고 그때 발생하는 에너지를 이용해 생활하는 생물로, 유기 화합물을 생산자가 이용할 수 있는 간단한 무기화합물로 되돌리는 역할을 한다.

- 2) 인간은 먹이사슬의 가장 상위 단계에 있으므로 작은 이익을 위해 자연을 오염시킨 농축 물질이 인간에게 다시 큰 피해를 되돌려주게 된다. 먹이사슬을 따라 상위 단계로 올라가며 농축된 중금속은 점점 그 농도가 더해져, 가장 상위 단계인 사람에게 치명적인 해를 입힐 수 있다는 것이 부메랑 효과다. 육상에서 토양 속에 흡수된 물질은 식물, 초식동물, 육식동물을 거치며 점차 농축되는데 최종 소비자인 사람에게 가장 많이 농축돼 해를 입힌다. 수생 생태계에서의 경우도 마찬가지이다. 물 속에 흘러들어간 물질이 식물성 플랑크톤에 흡수돼 동물성 플랑크톤, 소형 무척추동물, 소형 어류, 대형 어류를 거치고 최종 소비자인 사람에게까지 전해진다. 오염물질이 점차 많이 농축되면 사람에게 오는 피해는 매우 크다.
- 3) 식물의 총광합성량에서 호흡량을 뺀 값을 순광합성량이라 한다. 일반적으로 양지식물은 빛이 셀 때 광합성량과 호흡량이 크다는 특징을 갖고 있다. 식물은 총광합성량이 아니라 순광합성량에 따라 생장의 정도가 정해진다. 고랭지는 평지에 비해 빛의 세기는 큰 차이가 없으면서 평균온도가 낮은 환경이므로 총광합성량에 비해 호흡량이 적은 특징을 보인다. 그러므로 순광합성량이 커서 생장이 탁월하다.
- 4) 열대우림지역에서 다른 지역으로 산소가 계속 공급된다는 주장은 근거가 없다. 생태계 내에서 물질의 양은 물질의 순환에 따라 일정하게 유지되고 있다. 유기물을 구성하는 대표적인 물질인 탄소 또한 일정한 양을 유지하고 있다. 그런데 열대우림이 다른 지역으로 계속 산소를 공급하고 있다면 이산화탄소가 열대우림 지역으로 계속 유입될 것이다. 따라서 대기중의 CO₂가 일정한 농도를 유지하기 위해 녹색식물의 총광합성량이 호흡량보다 항상 클 것이다. 결국 열대우림지역은 계속해서 생체량이 무한히 커지게 된다는 결과가 나오는데 이는 현실과 맞지 않다.

2003년 05월호 - 생물 면접 구술고사 완벽가이드

▶ 단원 출제 경향 및 과목 대비 방안

인체 과학에 대한 질문이 구술면접에 많이 출제되고 있다. 이번 생물편에서는 수험생이 꼭 알고 있어야 하는 소화작용, 병원균, 뇌와 심장의 네 주제를 살펴본다. 의학이나 약학계열에서 기본소양문제로 출제될 뿐만 아니라 과목 선택형 면접의 생물문제로도 출제 가능성이 높다.

사람이 생명활동에 필요한 에너지를 얻는 과정의 첫 단계인 소화작용은 입, 위, 십이지장과 소장 각 기관에서의 독립적 작용과 더불어 기관간 상호작용에 의해 이뤄지므로 무수히 많은 현상과 원리가 존재한다. '위에서 강산인 위산이 분비되는 이유는 무엇인가'라는 당연하고도 간단한 질문에조차도 정확히 답하는 학생을 만나기가 의외로 쉽지 않다. 이들을 유기적, 물리·화학적으로 정리해두지 않으면 잘 알고 있다고 생각했던 내용조차 면접관 앞에서 제대로 표현하지 못하고 찢찢매는 수가 생긴다. 구술면접에서 가장 출제빈도가 높은 부분이 생물(인체)의 항상성이다. 뇌를 포함한 신경계, 내분비계와 면역계 등 생명의 유지에 필수적인 기관들의 상호작용에 의해 이뤄지는 체온유지, 에너지대사 조절, 혈당량 조절, 병원균 등 침입자에 대한 방어 메커니즘, 체내 물질의 양이나 농도의 조절과 생식 등에 대해서는 자세히 살펴둬야 한다.

'혈당량 조절에 관계하는 호르몬의 종류와 메커니즘을 설명해 보라' '인체에서 생명활동에 필요한 에너지를 얻는 과정을 설명하라' '혈액에 대해 아는 대로 설명하고, 혈액과 AIDS의 HIV와의 관련성에 대해 말하라' '뇌사란 무엇인가' '미생물이란 무엇인가' '심장박동 조절의 원리를 말하라' 등의 질문과 계속 이어지는 추가 질문에 제대로 답하기 위해서는 각각의 원리를 익히는 것과 동시에 유기적이고 전체적인 작용에 대해 이해하고 있어야 한다.

최근 SARS(Severe Acute Respiratory Syndrome)가 급속히 전파되고 있는데, 바이러스 간 유전자 교환에 의해 변종이 계속 생기므로 백신이나 치료제 개발이 어려워 인류에게 공포심을 일으키고 있다. 생명과학의 비약적 발전에도 불구하고 감기 바이러스조차 제대로 퇴치하지 못하고 있는 현실을 감안할 때, 우리에게 어느 정도 피해를 줄지 짐작하기 힘들다. 바이러스, 미생물의 일종인 병원균(박테리아)과 균류 등이 인체를 해롭게 하는 과정과 인체의 대응, 그리고 백신이나 치료제 개발의 원리 등은 꼭 익혀두어야 한다.

이번 호에서는 먼저 1번 문제를 통해 소화작용에 대해 살펴보고, 2번 문제에서는 미생물을 주제로 놓치지 말아야 할 점들을 점검한다. 3번 문제에서는 뇌사를, 그리고 4번 문항에서는 포스텍 구술면접 기출문제였던 심장박동의 원리를 다룬다.

문제 1. 소화과정 중에 분비되는 위산으로 인해 속이 쓰리거나 궤양이 생기는 등의 부작용이 있다. 하지만 우리 몸은 위산을 분비하는 쪽을 택했다.

- 1) 우리 몸에서 단백질이 소화되는 과정을 설명하라.
- 2) 위산의 역할에 대해 설명하라.
- 3) 위는 왜 소화효소에 의해 소화되지 않을까?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

위산의 역기능에도 불구하고 우리 몸이 소화에 위산을 이용하는데는 여러가지 이유가 있다. 그 중에서 제일 중요한 기능이 무엇인지에 초점을 맞춰야 한다.

▶ 배경지식

단백질의 소화 : 단백질은 20여가지의 아미노산들이 펩티드결합으로 연결된 중합체다. 펩신이 나 트립신 같은 가수분해효소에 의해 펩티드결합이 끊어진다.

펩시노겐 : 펩신의 전구체. 위산에 의해 활성화된다.

트립시노겐 : 트립신의 전구체. 이자액과 함께 분비돼 소장으로 운반되면 엔테로키나제에 의해 활성화된다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 음식물은 입에서 기계적인 소화가 일어나서 잘게 부서진다. 그리고 음식물이 위벽을 자극하면 가스트린(호르몬)이 분비되고, 이것이 위샘을 자극하면 위액이 분비된다. 위액에는 염산과 펩신이 섞여있는데, 펩신이 단백질을 폴리펩티드로 분해한다. 산성 음식물이 십이지장벽을 자극하면 세크레틴(호르몬)이 분비되고 이자를 자극해서 이자액의 분비를 촉진한다. 이자액에는 트립신이 있어 위에서 분해된 폴리펩티드나 분해되지 않은 단백질을 폴리펩티드로 분해한다. 소장에서 펩티다아제는 폴리펩티드를 아미노산으로 최종적으로 분해한다. 아미노산은 소장에서 흡수돼 혈관으로 들어가고 문맥을 거쳐서 간에 이른다. 소장에서 완전히 소화·흡수되지 못한 단백질은 대장에서 대장균에 의해 분해된다. 그러면서 인돌, 스카톨 따위의 악취가 나는 가스가 발생하는데, 대변의 독특한 냄새는 이런 물질들의 냄새이다. 사람의 대장에는 수많은 대장균이 살고 있지만 몸에는 해를 주지 않는다.
- 2) 염산 때문에 위액은 pH 1.6-2.4의 강산성이다. 염산은 비활성 상태인 펩시노겐을 펩신으로 활성화시키는 한편 음식물에 섞인 세균과 미생물을 죽인다. 단백질 분자들의 2차 구조를 유지하기 위해서는 수소결합이 필수적이다. 그런데 위산이 이 결합을 방해하고 끊어버리기 때문에 단백질이 변성된다. 변성된 단백질 분자들은 헐렁한 구조를 갖기 때문에 펩티결합이 쉽게 노출되고 펩신에 의해 끊어진다.
- 3) 위가 분비하는 단백질 소화효소인 펩신이 단백질로 구성된 위벽을 소화시키지 못하는 것은 펩신이 뮤신을 분해하지 못하기 때문이다. 염산 역시 뮤신 점액층에 막혀 위벽에 피해를 주지 못한다. 매운 고춧가루나 고량주와 같이 독한 술을 먹어도 건강한 위는 뮤신 점액층이 보호하기에 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 위염이나 위궤양이 있을 때는 점액층에 상처가 생겨 펩신이나 염산으로 인해 위가 아프고 쓰리다.

문제 2. 최근에 피질, 즉 중증 급성 호흡기 증후군(SARS, Severe Acute Respiratory Syndrome)이 사회적으로 엄청난 파장을 일으키고 있고, 직접적으로 우리 건강에 영향을 미칠 수도 있다. 그 원인은 코로나 바이러스로 알려져 있다. 또한 세균의 일종인 탄저균, 백색가루의 공포가 얼마전 전세계를 시끄럽게 했다. 하지만 인간은 미생물에서 식품이나 항생제 등을 얻어내 유용하게 이용하기도 한다. 이처럼 미생물은 우리 생활에 많은 영향을 미친다.

- 1) 미생물을 어떻게 규정할 수 있는지 말해보라.
- 2) 미생물이 우리 생활에 미치는 영향에 대해 아는 대로 설명하라.
- 3) 미생물 중 효모는 우리 생활에 어떻게 활용되는지 설명하라.
- 4) 식중독에 대해 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

우리 생활과 밀접한 관련이 있는 미생물에 대해 평소 얼마나 관심을 갖고 있는지 알아보는 문제로 먼저 미생물에 대한 정의와 분류에 대해 언급해야 한다.

▶ 배경지식

효모의 알코올 발효 : 포도당에서 해당과정을 통해 피루브산, ATP, NADH가 생성된다. 피루브산은 아세트알데히드와 이산화탄소로 산화된다. 아세트알데히드는 NADH에 의해 환원돼 알코올로 변한다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 육안의 가시한계를 넘어선 0.1mm 이하의 크기인 미세한 생물로 주로 단일세포 또는 군사로써 몸을 이루며, 생물로서 최소 생활단위를 영위한다. 탄저균 대장균 등을 포함하는 세균류(bacteria), 효모 곰팡이 버섯 등을 포함하는 균류(fungi), 식물 플랑크톤이나 남조류 등을 포함하는 조류(algae), 유글레나 짚신벌레 등을 포함하는 원생동물류(protozoa)와 한계적 생물이라고 할 수 있는 바이러스(virus) 등이 속한다.
- 2) 이들은 지구상 어디든지 습기가 있는 곳에서는 생육할 수 있으며 인간 생활과 밀접한 관계가 있다. 사람을 비롯한 동식물에 질병을 가져오는 병원미생물, 독소를 생성해 식중독을 일으키는 미생물, 의식주에 관계되는 각종 물질을 변질·부패시키는 유해미생물도 잘 알려져 있다. 이런 미생물의 특유한 성질은 식품 의약품 그밖의 공업생산물 등 생산공업에도 많이 이용되며, 간편한 시설로 계속 배양시킬 수 있는 생물자원으로도 각광을 받고 있다. 미생물의 균주 개발에는 유전자공학적인 방법이 도입돼 이용되고 있다. 자연계에서는 동식물의 사체 배설물 부후물(腐朽物) 등을 분해하는 청소부 역할을 하기 때문에 수질환경이나 토양의 지력보존(地力保存)에도 이들 미생물이 많이 이용되고 있다.
- 3) 효모는 성장 효율이 좋고, 세포 자체 또는 그 발효 산물이 생활에 널리 쓰이기 때문에 산업적으로 대단히 유용하다. 예로부터 일반 가정에서도 쉽게 활용했다. 예를 들면 가축 사료나 식품 첨가제, 추출물로 효모 자체가 쓰이고, 빵을 만들거나 술을 만드는데 생축매로 사용된다. 빵을 만드는데는 알코올 발효에서 나오는 이산화탄소가, 술을 만드는데는 또다른 발효 산물인 알코올이 이용된다.
- 4) 자연독이나 유해물질이 함유된 음식을 섭취함으로써 생기는 급성 또는 만성적인 건강장애로 주로 발열·구역질·구토·설사·복통 등의 증세가 나타난다. 식중독의 대부분은 세균성 식중독이고, 독버섯이나 복어독에 의한 자연독 식중독 등이 있다.

세균성 식중독에는 살모넬라균, 장비브리오균, O-157과 같은 병원성 대장균에 의한 감염형 식중독과 포도상구균, 보툴리누스균이 생성한 독소에 의한 독소형 식중독이 있다. 감염형 식중독은 살아 있는 유해세균을 다량 먹음으로써 일어나는 것이므로 식품을 가열해서 먹으면 세균은 사멸해 버리기 때문에 중독되지 않는다. 그러나 독소형 식중독은 세균이 죽어도 독소가 그대로 남아 있으므로 음식을 가열해도 남은 독소가 중독을 일으킨다.

문제 3. 베르나르 베르베르의 소설 '뇌'를 보면 주요인물 중 하나로 리스(LIS, Locked-In Syndrome) 환자가 나온다. 리스 환자는 신경체계가 마비돼 단지 눈만 깜박일 수 있지만 뇌의 사고 기능은 살아 있는 상태다. 또한 레이건은 알츠하이머병, 알리는 파킨슨병이라는 뇌 질환을 앓고 있어 사회적으로 관심을 끌고 있다. 이처럼 최근에 뇌에 대한 관심이 커지면서 연구 또한 활발하게 진행되고 있다.

- 1) 뇌사와 식물인간의 차이를 뇌의 기능과 연관시켜 설명해보라.
- 2) 최근 우리나라에서도 뇌사 허용에 대한 논란이 일고 있는데, 뇌사가 허용됐을 때의 장점과 단점에 대해 말해보라(뇌사에 대한 본인의 견해를 말하시오).

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

뇌의 기능적인 면에 대해서 먼저 설명한다. 그리고 그로부터 뇌사와 식물인간의 차이점을 유도해낸다. 특히 생명중추인 연수(호흡률, 심장박동, 혈압 등을 조절하는 중추)에 대한 언급이 있으면 좋다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 뇌는 크게 대뇌와 뇌간(간뇌, 연수)으로 나눌 수 있다. 대뇌는 의식적인 활동을 책임지는 부분이므로 대뇌가 활동하지 않으면 움직일 수도 생각할 수도 없다. 그러나 심장 박동, 호흡, 내장의 운동 등에는 대뇌가 관여하지 않는다. 즉 간뇌나 연수 등 다른 뇌가 이 역할을 담당하므로 대뇌가 활동하지 않는다고 해서 꼭 심장박동이 멈추는 것은 아니다.

뇌가 어떤 질환이나 외상 때문에 장애를 받기 시작해 점차 그 기능이 상실되면 의식을 잃어 혼수에 빠진다. 자발적인 운동이 불가능하게 되고 자발적 호흡까지도 하지 못하게 돼 결국 사망(뇌사)에 이른다(이때 인공호흡기 등을 활용하면 생체 징후인 맥박, 혈압, 호흡, 체온은 일시적으로 유지될 수 있다). 이와 같이 뇌의 모든 기능이 상실되고 어떤 치료와 노력을 지속하더라도 수일 내지 길어야 2주안에 신장, 간장, 췌장 등의 여러 장기가 기능을 못하면서 심장정지가 초래돼 결국은 심장사에 이르는 경우를 뇌사라 한다.

반면 식물인간이란, 전체적 뇌의 기능 중 대뇌의 기능만이 상실되고 뇌간이 정상적인 기능을 나타내 호흡과 혈액순환 등의 생명현상을 유지할 수 있는 상태를 말한다. 식물인간의 경우 대뇌의 기능은 정지됐어도 뇌간 끝 부분에 있는 연수의 생명 중추 기능은 유지되고, 인공호흡기를 부착하지 않고도 생명이 지속될 수 있다. 운동, 감각, 기억, 사고 등 동물적 기능은 상실했으나, 호흡, 순환, 대사, 체온조절 등 식물적 기능은 유지되고 있는 상태이며 의식이 없고 전신이 경직돼 있다. 강제적인 영양의 보급만 있다면 생명을 유지할 수 있고 드물지만 대뇌의 기능이 회복되는 경우도 있다.

- 2) 뇌사의 인정은 현재 턱없이 부족한 장기 이식용 장기의 확보라는 점에서 의미가 있다. 뇌사의 정의에서 알 수 있듯이 실제 뇌사 후 심장사의 발생까지는 여러 의료기기의 도움으로 내부 장기의 신전도를 유지하는데 얼마간의 시간을 벌 수 있다. 즉 이식용 장기를 신전도를 높임으로 장기이식의 성공률과 장기이식으로 여러 질환환자에 있어 새로운 삶을 줄 수 있는 이점이 있다. 특히 심장의 이식에 있어 신전도가 가장 중요하므로 심장 질환자에게는 더욱 그 의미가 크다. 그리고 사람의 신선한 장기 확보로 아직도 미지의 분야로 인식되는 인체 연구에 커다란 밑거름이 될 것이다. 반면 뇌사 판단에 대한 여러가지 돌이킬 수 없는 오진의 가능성과 비밀리에 이뤄지던 장기 매매가 뇌사의 인정으로 현재 보다 확대돼 이뤄질 수 있는 가능성이 있다. 그리고 그로 인해 인간의 존엄성에 대한 가치 혼란이 발생할 수 있다.

문제 4. 아래 물음에 답하라.

- 1) 심장벽은 부분에 따라 두께가 다르다. 가장 두꺼운 벽을 가진 곳은 어느 부위이고 그 이유는 무엇인가?
- 2) 심방과 심실에는 판막이 있다. 판막의 주요 기능은 무엇인가? 만약 판막이 선천적으로 결손됐다면 신체 각 세포에 어떤 영향을 미치고, 나타나는 병적 현상에는 어떤 것들이 있나?
- 3) 심장박동은 심방과 심실을 구성하는 근육의 수축으로 이뤄진다. 심장근육의 수축은 전기적 신호에 의해 이뤄지는데, 이 신호가 어디에서 발생하고 어떤 경로로 전달돼 수축을 유도하는지 설명하라.
- 4) 운동을 하면 숨이 가빠지고 심장의 박동수도 증가한다. 심장박동이 증가하는 원인과 그 생화학적 경로에 대해 설명하라.
- 5) 평소 운동을 잘 하지 않던 고혈압인 사람이 갑자기 운동을 하다가 심장마비로 쓰러지는 경우가 있다. 이와 같은 일이 왜 발생하는지에 대해 납득할 만한 이유를 말하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

심장에 관한 상식적인 질문이지만 약간의 응용력을 요하는 문제이다. 지금까지 배운 생물학 지식(예를 들면 산소 공급이나 혈당 조절, 교감신경)을 잘 활용하면 쉽게 답할 수 있을 것이다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 좌심방의 벽이 수축하면 혈액은 심장 아래쪽에 있는 좌심실로 들어간다. 심장의 4개의 방 가운데 좌심실의 벽이 가장 두꺼우며 그 두께가 우심실의 3배나 된다. 이는 혈액이 동맥을 통해서 온몸으로 전달되도록 펌프질을 해야 하기 때문이다.
- 2) 좌심실과 좌심방 사이에는 이첨판이, 우심실과 우심방 사이에는 삼첨판이 있다. 판막은 심실이 수축할 때 혈액이 심방으로 역류하는 것을 막는다. 판막이 결손된 환자는 맥박이 빠르거나, 숨이 가쁘고, 체중이 잘 늘지 않고, 감기를 자주 앓거나, 이유 없이 식은땀을 많이 흘리는 증세를 보인다. 또한 몸 안에 산소 공급이 부족해 혈액의 산도(pH)가 낮아지는 경우도 있다. 부족한 산소를 공급하기 위해 몸 안에서 적혈구가 많이 생성돼 적혈구 과다증이 생긴다. 따라서 뇌혈전, 뇌종양과 이에 따른 뇌손상이 문제가 될 수 있다.
- 3) 심장은 펌프와 비슷한 작용을 한다. 즉 수축해 혈액을 동맥 속으로 밀어내고, 확장해 정맥에서 오는 혈액을 내강에 채운다. 이때 판막의 개폐가 차례로 일어나 혈액의 역류를 막음으로써 펌프 작용이 원활하게 반복된다. 이와 같은 심장의 수축과 확장의 반복을 박동이라고 한다. 동방결절은 포유동물 심장에서 율동적 흥분의 시작점이 돼 심장박동을 결정한다. 여기서 자발적으로 일어난 흥분은 심방근에 전달되고 다시 심방근에서 방실결절을 거쳐 심실근에 전달된다.
- 4) 운동을 하면 교감신경이 흥분한다. 교감신경은 심장에 연결돼 있고 박동수를 증가시킨다. 운동을 하기 위해 우리 몸은 포도당의 산화를 통해 에너지를 얻어야 하는데 이때 산소의 공급이 많이 필요하다. 이것은 심장 박동수의 증가에 의해 가능하고, 허파에서도 산소와 이산화탄소의 교환 작용이 증가한다(숨이 가빠짐). 또한 운동 중 포도당이 산화돼 없어져 저혈당 상태가 되면, 에피네프린, 글루카곤, 그리고 코르티코이드가 분비돼 다시 포도당을 증

가시켜(4월호 참조) 필요한 에너지를 얻는데 쓴다.

2003년 06월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번 6월호에서는 1번 문항에서 생명현상에 없어서는 안될 생체에너지의 첫 단계인 광합성에 대해 살펴본다. 2번 문항에서는 생물의 항상성에서 빼놓을 수 없는 호르몬 중에서 피드백의 원리를 가장 잘 보여주는 티록신을 다룬다. 3번 문항은 호르몬의 기능과 생식이라는 두 주제의 통합 문제로, 실제 남성피임약에 대한 문제가 작년 1학기 수시모집에서 출제된 적이 있다. 마지막으로 4번 문항에서는 이전에 몇번 다룬 주제이지만 좀더 심화해서 유전물질에 대해 살펴본다. 올해가 왓슨과 크릭이 DNA의 이중나선 구조를 발표한지 50주년이 되는 뜻 깊은 해여서 이에 대한 관심이 높기 때문이다.

문제 1. 1779년 네덜란드의 잉겐호우스(Ingenhousz)는 식물은 빛이 있는 곳에서만 기체를 발생시키고, 유기물을 만든다는 사실을 알아냈다. 이후 연구가 계속됨에 따라 식물체가 만들어내는 기체가 산소고, 동물이 내뿜고 식물이 흡수하는 기체가 이산화탄소임이 밝혀졌다. 19세기에 이르러 많은 과학자들의 연구로 광합성은 식물이 빛이 있는 상태에서 이산화탄소와 물을 재료로 해 탄수화물과 산소를 만드는 작용임이 밝혀졌다. 20세기에 들어와 영국의 블랙만(Blackman)은 광합성 중에 명반응과 암반응이 있다는 것을 추정했다. 이후 힐(Hill)이 명반응의 과정을 밝히고, 칼빈(Calvin)은 동위원소를 사용해 암반응의 칼빈회로를 밝혔다.

- 1) 엽록체의 구조와 색소에 대해 설명하라.
- 2) 명반응에 대해 설명하고, 산소가 물에서 발생한다는 사실을 밝힌 실험에 대해 설명하라.
- 3) 칼빈에 의해 밝혀진 암반응에 대해 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

광합성은 자연계에 에너지가 유입되는 양 중 제일 큰 부분을 차지하는 중요한 과정이다. 명반응과 암반응에서 생성되는 것에 대해, 그리고 둘의 연결과정에 대해 설명해야 한다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 엽록체 내부에는 납작한 튜브형태의 또다른 막구조가 존재하는데, 이를 틸라코이드(thylacoid)라 한다. 이는 형태적으로 그라나(grana)와 스트로마(stroma)로 구분되는데, 그라나는 서로 중첩된 구조를 갖고 있으며 여기에 광합성 색소들이 존재한다. 스트로마는 확장된 막구조를 갖고 있으며 여기에 CO₂ 환원에 참여하는 효소체계가 존재한다.

그라나에 존재하는 색소중 테트라피롤(tetrapyroll)의 고리구조 중심에 마그네슘 분자를 포함하는 녹색색소는 청색과 적색파장을 흡수하고 녹색파장은 흡수하지 않는다. 반면 직선상의 긴 탄화수소 화합물인 카로티노이드는 주로 청색파장을 흡수하고 황색파장은 흡수하지 않는다. 또한 남조 또는 홍조의 피코빌리눔에 존재하는 빌린색소는 테트라피롤이 열린 구조를 갖고 있다. 이 색소들이 빛에너지를 화학에너지로 전환하는 역할을 한다.

- 2) 명반응은 엽록체의 그라나에서 일어나고 엽록소를 이용한 광화학 반응으로 NADPH₂와 ATP를 생성해 암반응에 공급한다. 이런 광화학 반응은 물의 광분해와 광인산화 반응으로 이뤄진다. 즉 빛에너지에 의한 물의 광분해, 이로 인한 산소의 발생과 전자의 이동이 NADPH₂를 생성하고 광인산화반응을 통해 ATP의 생성이 이뤄진다.

1941년 루벤(Ruben)은 산소의 동위원소 ¹⁸O가 포함된 물 (H₂¹⁸O)에 클로렐라를 넣은 후 CO₂

를 공급하고 빛을 쬔을 때 발생하는 산소가 모두 $^{18}\text{O}_2$ 임을 확인했다. 이 결과로 광합성 과정에서 발생하는 산소가 물에서 유래한다는 사실이 밝혀졌다.

- 3) 암반응은 엽록체의 스트로마에서 일어난다. 명반응에서 생성된 화학에너지, 즉 ATP와 NADPH_2 를 이용해 CO_2 를 환원해 탄수화물로 동화시키는 반응이다. 1950년대 칼빈은 방사성 탄소 동위원소를 이용해, CO_2 가 고정돼 최초로 합성되는 화합물이 3탄소 화합물임과 함께 CO_2 의 수용체가 5탄소 화합물임을 확인했다. 칼빈회로는 CO_2 의 카르복실화, 3탄당으로의 환원, 5탄소 화합물의 재생산의 3단계로 이뤄지고, 초기 산물이 3탄소 화합물이므로 이를 C3회로라고도 한다. 이 암반응의 초기 반응을 촉매하는 효소인 루비스코(RuBisCo)는 5탄소 화합물의 카르복실화를 일으킨다. 암반응을 정리하면 (그림)과 같다.

명반응에서 생성된 NADPH_2 와 ATP가 6분자의 5탄소 화합물이 6분자의 CO_2 와 반응해 12분자의 3탄소 화합물을 형성하게 해준다. 이중 2분자는 결합해 포도당으로 전환되고, 나머지 10분자는 다시 5탄소 화합물로 전환돼 회로를 완성한다. 즉 6분자의 CO_2 가 한 분자의 포도당으로 전환된다.

문제 2. 우리 주변에는 갑상선 호르몬의 과다 분비로 인해 안구가 돌출하고 목이 붓는 증세를 겪는 사람을 볼 수 있다. 소위 바제도병으로 고생하는 것이다. 또한 반대로 갑상선 호르몬의 부족으로 지능저하나 발육부진의 증상이 나타나는 크레틴병도 있다. 이처럼 우리 몸에서 피드백 조절이 깨졌을 때는 심각한 현상이 초래된다.

- 1) 티록신의 혈중 농도가 낮아지면 어떻게 그 농도가 조절돼 정상으로 되돌아가는지 설명하라.
- 2) 요오드가 부족한 지역에 사는 사람들은 목이 굽어지는 갑상선 부종에 걸린다. 이와 같은 증세가 나타나는 원인을 설명하라.
- 3) 비만을 치료하는 약 중에는 티록신을 함유하는 제품이 있다. 이 약을 오랫동안 복용할 때 나타나는 부작용에 대해 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

우리 몸이 항상성을 유지하기 위해서는 호르몬에 의한 조절이 필요하다. 피드백에 의해 조절되는 갑상선 호르몬의 예를 통해 이같은 현상을 알아보는 문제다. 호르몬의 생성기관, 상호 증감에 대한 내용이 구술에 포함돼야 한다.

▶ 배경지식

피드백 : 어떤 물질의 농도를 전 단계의 생성장소에 작용해 많을 때는 줄이고, 적을 때는 늘리는 식으로 일정하게 유지시키는 작용.

티록신 : 티로신(Tyr) 아미노산 유사체로 갑상선에서 분비된다. 요오드를 함유하고 있다. 물질대사, 특히 이화 작용이 왕성하게 일어나도록 해 포도당의 분해를 촉진시킴으로써 체온을 높인다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 간뇌의 시상하부에는 티록신의 혈중 농도를 항상 점검하는 조직이 있다. 이 곳에서는 티록신이 부족하면 'TSH 방출 호르몬'(TRH)이 분비되며, 이 호르몬은 뇌하수체 전엽이 TSH를

분비하도록 촉진한다. TSH는 목에 있는 갑상선을 자극해 티록신의 분비를 촉진시킨다.

- 2) 요오드(I)는 티록신의 성분으로 요오드가 부족하면 티록신의 합성이 이뤄지지 않는다. 티록신이 부족하므로 TRH의 분비가 증가하고 결국 TSH의 분비도 증가한다. 이 TSH가 갑상선을 자극하면 갑상선에 있는 세포들은 분열을 계속해 커지게 돼 부종에 걸린다.
- 3) 안구가 돌출하고 심장이 빨리 뛰며 신경 과민 증세를 보이는 등 바제도병 증세가 나타난다.

문제 3. 여성용 피임약 안의 호르몬은 시상 하부에서 여포 자극 호르몬(FSH)과 황체 형성 호르몬(LH)의 촉진 호르몬 분비를 억제해 뇌하수체 전엽에서 FSH와 LH의 방출을 억제한다. 따라서 난자의 성숙을 막거나 배란을 억제하며 자궁내막의 정상적인 성장을 변화시켜 피임효과를 나타낸다.

- 1) 여성의 생리 주기에 대해 설명하라. 여성용 피임약 안의 호르몬 성분은 무엇인가?
- 2) 수정부터 임신까지의 과정에 대해 설명하라.
- 3) 최근 과학자들은 기존의 약물에서 정자 생성에 영향을 줘 정자의 운동성이나 세포기관에 결함을 일으킨다는 사실을 발견했다. 또한 정자 꼬리 단백질을 제거하면 수정이 안된다는 사실도 알아냈다. 이 결과들은 남성 피임약 개발의 아이디어로 이어질 수 있다. 호르몬제로 이미 개발된 남성 피임약이 있는데 그 원리와 부작용에 대해 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

사람의 생식에 대해 묻는 문제다. 여성이 육아노동에서 벗어나는데 일조한 피임약의 원리에 대해 묻고 있다. 이 답안에서도 문제 3에서의 피드백 원리가 사용된다는 점을 알아야 한다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 먼저 난자의 성숙 단계로 FSH에 의해 여포와 난자가 성숙하며, 여포에서 에스트로겐이 분비된다. 에스트로겐은 FSH의 분비를 억제하고 자궁벽을 두텁게 하며 LH의 분비를 촉진한다. 성숙한 난자는 LH에 의해 여포가 파열돼 배란이 이뤄진다. LH에 의해 황체가 형성되면, 프로게스테론을 분비해 자궁벽을 계속 두텁게 유지시키면서 임신에 적합한 상태를 유지한다. 그리고 프로게스테론은 LH와 FSH의 분비를 억제하는 역할을 한다. 임신이 되면 황체가 계속 유지되는데, 그렇지 않으면 황체가 퇴화하면서 프로게스테론의 분비량이 격감해 자궁 내벽이 헐어 월경이 일어난다. 그리고 FSH가 다시 분비돼 새로운 주기가 시작된다.
- 피임약의 주성분은 문제 3에서 설명한 피드백 현상에 따라 FSH나 LH의 분비를 억제할 수 있는 프로게스테론이고 약간의 에스트로겐이 섞여 있다.
- 2) 난자가 수정소를 분비하면 정자가 양성 주화성으로 접근한다. 난막을 뚫는 침체 반응이 일어나고 수정돌기가 형성된다. 곧이어 정자의 머리가 난자 속으로 삽입되고 난핵과 정핵의 결합이 일어난다. 수정란은 바로 난할이 시작되고 5-6일 후 포배상태로 자궁 점막에 착상한다. 이후 태반과 탯줄이 형성되고 태반 호르몬이 분비돼 황체가 퇴화되는 것을 방지하고 임신 상태를 유지시킨다. 수정 후 약 2백70일이 되면 자궁 수축 호르몬(옥시토신)에 의해 태아가 분만된다.
- 3) 남성도 여성과 마찬가지로 FSH와 LH가 뇌하수체 전엽에서 분비된다. FSH는 정소세포에서 정자생성을 자극하고, LH는 정세관을 자극해 남성의 성적반응을 일으키는 남성 호르몬인 테스토스테론을 생성한다. 그래서 남성 피임약도 호르몬제고, 여성 피임약처럼 호르몬을 조절해서 정자의 생성을 막을 수 있다. 그런데 남성 호르몬 분비를 억제하면 남자를 남성답게

하는 여러 성질이 억제되므로, 따로 남성 호르몬을 주입해야 한다는 문제점이 있다.

문제 4. 올해는 제임스 왓슨(James Watson)과 프랜시스 크릭(Francis Crick)이 1953년 4월 25일자 과학저널 '네이처'에 실은 두쪽 분량의 짧은 논문에서 DNA의 이중나선 구조를 발표한지 50년이 되는 뜻깊은 해다. 이를 계기로 DNA가 어떻게 유전 정보를 담고 있으며, 어떻게 복제가 돼 세포 분열시 유전 정보가 전달되는지를 규명할 수 있는 획기적인 돌파구가 마련됐다. 이후 1957년 크릭은 유전 정보 암호는 3개 염기로 구성된다는 것과 중심원리(central dogma)를 발표했다. 이로써 생명의 유전암호를 해독할 수 있는 길이 열려 오늘날 분자생물학과 유전공학, 인간게놈 프로젝트의 발판이 됐다.

- 1) 왓슨과 크릭이 DNA의 구조에 대한 발표를 하기 전 유전물질이 DNA임을 증명하는 결정적인 실험들이 있었다. 또한 DNA 구조를 푸는데 지대한 영향을 미친 중요한 발견이 있었는데, 그것들에 대해 설명하라.
- 2) DNA의 이중나선 구조가 밝혀진 뒤 왓슨과 크릭은 DNA가 반보존적으로 복제될 것이라고 예측했다. 그것을 증명한 실험에 대해 설명하라.
- 3) 크릭이 발표한 유전 정보 암호는 3개 염기로 구성된다는 것의 근거는 무엇인지 설명하고, 유전암호를 해독한 실험에 대해 설명하라.
- 4) 중심원리(central dogma)의 내용은 무엇이고, 오늘날 이 원리가 어떻게 변형, 수정됐는가?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

올해는 왓슨과 크릭이 DNA 구조를 발표한지 50주년을 맞이하는 해이기 때문에 DNA에 관련된 역사적인 실험들에 대해 한번 되짚어 보려는 의도에서 출제했다.

▶ 해설 및 모범 답안

- 1) 그리피스(Griffith)라는 의사가 1928년 폐렴쌍구균 두 종류를 배양했다. 하나는 전염성이지만 열처리를 통해 이미 죽은 상태였고 다른 하나는 살아 있지만 전염성이 없는 상태였다. 그는 이 두 종류의 세균을 한곳에 섞었는데 얼마 후, 살아 있는 세균에 죽은 세균의 전염성이 옮겨져 후손들에게 유전된다는 사실을 확인했다. 1944년 에이버리(Avery)와 맥클라우드(MacLeod), 매카시(MacCarthy)는 단백질, RNA, DNA 분해효소를 사용한 실험에서 폐렴쌍구균의 변형 유인 물질이 DNA임을 보였다.

또다른 결정적인 실험은 1952년 허쉬(hershey)와 체이스(chase)가 박테리오파지를 이용해 한 것이다. 박테리오파지가 세균 속으로 침입할 때, 단백질 껍데기는 바깥에 벗어 놓고 속에 있는 DNA만 안으로 들어간다는 점을 밝혔다. 단백질 표지물질로 35S, DNA 표지물질로 32P를 사용해 감염된 세균 내에는 32P를 사용했을 때만 방사능이 검출된다는 사실로부터 증명이 가능했다.

1950년에 샤가프(chargaff)는 서로 다른 생명체에서 DNA 염기 조성에 있어 규칙성을 발견했다. 즉 아데닌(A)과 티민(T)의 양이 항상 같고, 구아닌(G)과 시토신(C)의 양도 같으며, DNA의 염기는 퓨린(A, G)과 피리미딘(T, C)으로 반반씩 구성돼 있다는 것이다.

- 2) 1958년 메셀슨(Meselson)과 스탈(Stahl)은 15N을 함유한 배지에서 키운 대장균을 14N을 함유한 배지에서 다시 3대에 걸쳐 배양하고, 각 세대에서 DNA를 분리한 후 밀도를 측정했다. 처음엔 DNA가 15N만으로 구성돼 제일 무겁고, 1세대엔 15N : 14N으로, 2세대엔 15N

: ^{14}N 과 $^{14}\text{N} : ^{14}\text{N}$ 이 1 : 1로, 3세대엔 $^{15}\text{N} : ^{14}\text{N}$ 과 $^{14}\text{N} : ^{14}\text{N}$ 이 1 : 3으로 나타나는 것을 보고 DNA가 반보존적으로 복제된다는 사실을 증명했다.

- 3) 염기의 종류가 4가지기 때문에 1개의 염기로는 최대 4가지의 아미노산을, 2개의 염기로는 16가지의 아미노산을, 3개의 염기로는 최대 64가지의 아미노산을 지정할 수 있다. 따라서 아미노산의 종류가 20개기 때문에 최소 3개의 염기가 필요하다. 1961년 니렌버그 (Nirenberg)는 mRNA의 UUU라는 염기조합의 암호는 단백질에서 페닐알라닌(Phe)에 해당하는 사실을 알아낸 것을 시작으로 해서 64개의 가능한 염기조합에 해당하는 아미노산들이 각각 있고, 이것들 중에는 중복된 것도 있다는 사실을 알아냈다. 예를 들면 AAG와 AAA는 둘다 리신(Lys)에 해당한다.

2003년 07월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번 호에서도 생물 영역에서 출제될 만한 주제를 다뤘다. 1번 문항에서는 독성물질 배설하는 신장을, 2번 문항에서는 염색체 이상을, 3번 문항에서는 미량 원소 셀레늄을, 4번 문항에서는 물에 대해 살펴본다.

문제 1. 얼마전 김대중 전 대통령이 혈액의 노폐물을 거르는 투석(透析)치료를 받았다. 이 소식이 알려지자 많은 사람이 신장 질환에 대해 궁금해하고 있다. 신장은 80-90% 망가질 때까지 아무런 증세가 없어 '침묵의 살인자'라고도 불린다. 대부분 사람은 대표적 신장 질환인 '만성 신장기능 저하증'을 극소수만 걸리는 질환으로 알고 있지만 1백명중 1.3명이 걸리는 흔한 병이다.

- 1) 신장의 생리학적 기능과 원리에 대해 설명하라(서울대 2002학년도).
- 2) 신장은 혈액의 노폐물을 거르는 장소여서 흔히 '인체의 필터'로 알려져 있다. 하지만 이외에도 여러가지 기능을 갖춘 '다기능 인체 조절 시스템'이다. 어떤 기능이 있을까?
- 3) 인공신장에 대해 설명하라.
- 4) 신장이 나쁘면 얼굴, 다리, 배 등이 붓는다. 그 이유는?
- 5) 소변의 양은 어떻게 조절되는지 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

독성물질의 배설에서 중요한 역할을 하는 신장의 3가지 기능과 원리, 그리고 기타 기능에 대해 알아보는 문제다. 간단한 해부학적인 지식과 능동 수송 기능 등의 용어를 포함시켜 설명하도록 한다. 인공신장에 대해서는 투석의 원리를 포함시켜 설명해야 한다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 신장의 생리학적 기능은 여과, 재흡수, 분비의 세가지다. 신장으로 들어온 혈액은 압력차에 의해 사구체에서 보먼주머니로 여과되는데, 이 혈액 성분을 원노라고 한다. 포도당, 아미노산, 요소, 무기염류 등은 여과되고, 단백질, 지방, 혈구 등 고분자는 여과되지 못한다. 원노가 세뇨관을 지나는 동안 포도당, 아미노산, 물, 무기염류 등 몸에 필요한 물질은 능동 수송에 의해 세뇨관을 둘러싸고 있는 모세혈관에 재흡수된다. 여과되지 못하고 혈액에 남아 있던 요소, 크레아틴 등은 모세혈관에서 세뇨관으로 능동 수송을 통해 분비된다.
- 2) 신장은 비타민D를 활성화해 소장과 뼈에서 칼슘과 인의 흡수를 증가시키고, 세포외액의 칼슘과 인을 증가시킨다. 또한 골수를 자극해 적혈구를 만드는데 방아쇠 역할을 하는 호르몬을 만든다. 부신은 양측 신장 꼭대기에 얹혀 있고 겉은 피막으로 싸여 있다. 부신은 발생학적으로 기원이 서로 다른 바깥쪽의 피질과 안쪽의 수질로 이뤄져 있다. 피질에서는 여러가지의 코르티코이드 호르몬과 남성호르몬이 분비된다. 수질은 교감신경과 하나의 기능적 단위를 형성하고 에피네프린과 노르에피네프린 호르몬을 생성한다.
- 3) 혈액에서 배설되지 못하는 독성 물질을 여과해 몸밖으로 배출시키는 것을 인공신장이라고 한다. 환자의 혈액을 인공신장에 있는 반투과성막을 통해 혈액 속의 물질을 교환함으로써 혈액을 깨끗이 하는 것을 혈액 투석이라고 한다. 반투과성막 사이에 두고 이 막을 통과할 수 있는 물질이

많이 들어 있는 용액과 적게 들어 있는 용액을 일정 시간 접촉시키면, 농도가 높은 곳에서부터 낮은 곳으로 반투과성막을 통해 이동해 양쪽의 농도가 같아진다. 반투과성막이 있는 인공신장을 이용해 혈액과 투석액을 반대 방향으로 흐르게 하면서 서로 접촉시키면 환자의 혈액에 있는 독성 물질이 투석액 쪽으로 확산, 이동한다. 이를 통해 일정 시간 후에는 혈액이 깨끗해진다.

- 4) 신장에서 염분의 배출이 제대로 이뤄지지 않으면 혈액 속에 염분의 농도가 증가한다. 삼투압에 의해 염분은 수분을 빨아들이고 피 속과 세포와 세포 사이의 공간에 필요 이상의 수분이 축적된다. 그 결과 몸이 붓는 것이다.
- 5) 뇌하수체후엽에서는 수분이 모자라면 바소프레신(항이뇨호르몬, ADH)을 분비해 신장의 세뇨관에서 수분의 재흡수를 촉진하고 결국 소변의 양이 감소한다. 반대로 맥주를 마시거나 물을 많이 마셨을 때는 바소프레신의 분비가 억제돼 소변의 양이 증가한다.

문제 2. 신생아 8백명당 1명 꼴로 발생하는 다운증후군은 두 개여야 할 21번 염색체가 세개인, 즉 삼염색체의 형태를 갖는다. 1866년 영국의 랭 다운(Langdon Down) 박사에 의해 이 증후군이 처음으로 자세하게 기술됐고 그 후부터 다운증후군(Down syndrome)이라 불리고 있다. 동양인의 얼굴 모습과 비슷하다고 해 몽고증(mongolism)이라고도 한다. 얼굴의 형태가 매우 특이해 대변에 구별이 되는 이 증후군은 심장계, 소화기계 형성부전 등의 기형이 동반된다. 또 신생아와 소아기에 백혈병이 많이 발생하며 지능지수(IQ)가 50-80일 정도로 저능한 경우가 많다. 뿐만 아니라 살아있는 동안 선천성 기형이나 허약한 체질로 인해 고생하다가 태어난지 5년 이내에 50%가 사망한다.

- 1) 염색체 이상 중 염색체 수의 이상에 대해 설명하라.
- 2) 염색체 이상 중 구조적 이상에 대해 설명하라.
- 3) 염색체는 중심체(centromere)라는 것을 중심으로 아래위로 짧은 부위(단완, 짧은 팔)와 긴 부위(장완, 긴 팔)로 이뤄져 있다. 이때 짧은 부위가 거의 없는 염색체가 몇가지 있는데 이들 사이에서 서로 긴 팔끼리 중심체를 중심으로 붙는 것을 로버트슨 전좌라고 한다. 이런 유형의 전좌를 갖는 경우, 염색체 숫자는 1개가 줄어든 45개다. 그러나 사람이 살아가는데 필요한 유전물질은 전좌가 일어났다 하더라도 모두 존재하기 때문에 기형이나 특별한 증상은 없다. 그런데 부모 중 한 사람이 두 개의 21번 염색체가 서로 이런 형태로 붙어있으면 그 자식은 치명적인 유전결함을 갖는다. 어떻게 될까?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

염색체 이상이 생긴 태아는 대부분의 경우 낙태되지만 몇몇 경우의 태아는 기형 또는 정상으로 태어날 수 있다. 이 문제는 염색체 이상이 어떻게 생기는지 또 거기에 어떻게 대처할 수 있는지를 묻고 있다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 정상적인 수 이외의 염색체가 존재하는 경우 이를 정상적인 수가 아니라는 뜻에서 이수성(異數性)이라고 한다. 이 가운데 어느 염색체 하나가 더 많은 경우를 삼염색체(trisomy)라고 해 숫적인 개념으로 표현한다. 추가되는 것이 성염색체일 경우 숫적인 개념보다는 여러개가 있다는 의미로 다염색체(polysomy)라 표현한다. 삼염색체가 발생하는데는 여러 원인이 있으나 가장 흔한 것은 난자나 정자가 만들어지는 생식세포분열 때나 체세포분열 때 염색체가 분리되는 과정에 이상이 있어서다. 염색체 비분리현상으로 말미암아 한쪽 생식세포에서 삼염색체가

발생하면 다른 한쪽에서는 단염색체(monosomy)가 생긴다. 따라서 비분리현상이 일어나면 양쪽 중 어느 경우이든 정상적인 발달을 할 수 없다. 여기에는 다운증후군, X염색체가 하나인 터너증후군(Turner syndrome), 그리고 정상적인 남성의 성염색체에 X염색체가 추가로 더 있는 클라인펠터증후군(Klinefelter syndrome) 등이 있다.

- 2) 염색체의 구조적인 이상이란 숫적 이상과 달리 염색체 내에서 구조적 모습에 변화가 일어나 기형이 발생하는 경우를 말한다. 이런 경우 우리가 살아가는데 필요한 유전정보가 들어있는 염색체의 일부가 떨어져 나가거나 불필요하게 더 존재해 그 안에 들어있는 유전정보가 모자라거나 아니면 필요 없이 중복된다.

염색체의 일부가 떨어져 나간 결손(deletion)은 염색체의 일부가 손실되는 것으로 23쌍의 염색체의 어디에서나 일어날 수 있다. 환자마다 결손되는 유전물질의 양이 다양하므로 겉으로 나타나는 기형의 형태와 정도가 각각 다르다. 염색체들 간에 일부가 서로 교환되는 전좌(translocation)는 염색체들 사이의 유전물질이 재배열되는 것이다. 즉 두 개 이상의 염색체가 각각의 염색체의 중간에서 깨졌다가 다른 염색체들과 결합해 새로운 염색체를 형성하는 것을 말한다. 염색체 일부의 방향이 바뀐 상태로 붙는 역전(inversion)은 세포가 분열하지 않고 쉬고 있을 때 염색체의 고리가 파손됐다가 다시 연결돼서 생성된다.

- 3) 감수분열의 결과 생식세포의 반은 21번 염색체를 갖고 나머지 반은 그렇지 않다. 이 때문에 다운증후군 또는 21번 염색체 하나만 있는 단염색체 21번이 된다. 태아는 유산되거나 태어난다 하더라도 곧 사망한다.

▶ 추가질문

태아의 염색체를 검사해 염색체 이상에 기인하는 기형아 출산에 대처할 수 있다. 검사 방법은 무엇인가?

▶ 답안

양수는 태아 조직으로부터 분비된 액체와 태아의 소변이 대부분을 차지한다. 임신 초기에 양수를 채취하고 거기에 있는 세포를 배양해 염색체를 관찰하는 방법이 있다. 또한 융모막 검사가 있다. 융모막 조직이란 태반조직으로서 수정란에서 유래되기 때문에 태아와 염색체 조성이 거의 같다. 그리고 요즘 자주 언급되는 탯줄에 있는 태아의 혈액인 제대혈을 검사해서 태아의 이상 여부를 출산 전에 미리 알 수 있다.

문제 3. 최근에 셀레늄(selenium)이 '항암효과가 있고 노화를 예방한다'고 해 각광을 받고 있다. 심지어 모 우유회사에서 젖소의 사료에 셀레늄을 첨가하는 방법으로 셀레늄이 좀더 많이 함유된 우유를 개발했다고 선전, 판매하고 있다. 또한 셀레늄을 첨가해서 키운 팽이버섯도 판매되고 있다.

- 1) 셀레늄이 생체내에서 하는 역할이 무엇인가?
- 2) 셀레늄 외에 생명체에 필요한 미량의 원소에는 무엇이 있고, 어떤 역할을 하는가?
- 3) 과(過)하면 모자란 것과 같다는 말이 있다. 금속이 바로 그 경우다. 특히 어떤 중금속은 꼭 필요하지만 과량 섭취하면 치명적인 해를 끼친다. 그 이유는 무엇인가?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

셀레늄이나 몇몇 중금속과 같은 미량 원소가 우리 몸에서 하는 역할에 대해 묻는 문제다. 이 원소들은 산화·환원과 관계된 경우가 많기 때문에 답변할 때 이를 포함시켜야 한다.

▶ 배경지식

셀레늄(Selenium, Se) : 주기율표 제6B족에 속하는 산소족 원소로 원소번호가 34번인 비금속 무기원소다. 무기 셀레늄 화합물은 효모나 빵이버섯과 같은 미생물에 의해 유기 셀레늄 화합물로 변형돼 식품으로 사용된다.

항산화 효소 : 과산화수소와 같은 과산화물질을 제거하는 카탈라제(catalase), 페르옥시다제(oxidase), 그리고 자유전자를 가진 유해산소를 제거하는 SOD(superoxide dismutase) 등이 있다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 셀레늄은 21번째 아미노산인 셀레노시스테인(selenocysteine)의 구성성분이다. 이것은 아미노산 중 하나인 시스테인(cysteine)에서 황이 셀레늄으로 치환된 꼴이다. 셀레노시스테인은 꼭 필요하지만 체내에서는 적은 양으로 존재하는 항산화 효소 계열 효소의 아미노산으로 사용된다. 대표적으로 과산화수소와 같은 과산화물질을 제거하는 역할을 하는 글루타치온 페르옥시다제(glutathione peroxidase)와 세포내에서 산화된 단백질을 다시 환원시키는 데 사용되는 티오레독신(thioredoxin)을 환원시킬 수 있는 티오레독신 리덕타제(thioredoxin reductase)가 있다. 셀레늄은 이들의 활성부위에서 산화·환원의 촉매작용을 한다.
- 2) 대부분 전이금속으로 코발트(Co), 구리(Cu), 몰리브덴(Mo) 등이 있다. 코발트는 혈액세포를 만드는데 필요한 비타민 B12의 핵으로 배위금속으로 작용된다. 구리는 항산화 효소인 SOD의 조효소로 쓰이고, 몰리브덴은 질소고정 식물 등에서 질소고정 효소의 조효소로 사용된다.
- 3) 중금속은 여러가지 산화수를 가진다. 그래서 생체내에서 쉽게 산화, 환원 반응에 관여해 산화적 스트레스를 유발하고 유해산소를 발생시킨다. 그리고 아미노산 중 특히 시스테인과 잘 결합해 효소반응을 방해한다. 어떤 중금속은 세포막을 쉽게 통과해 세포내 세포기관의 막단백질과 결합함으로써 그 기능을 방해하기도 한다.

▶ 추가질문

"유해산소가 우리 몸에 해롭다" "유해산소를 없애는데 탁월한 물질이다"와 같이 유해산소라는 말이 자주 쓰인다. 셀레늄도 유해산소를 없앤다고 하는데 유해산소가 무엇이고, 어떻게 생기며, 어떤 역할을 하는가?

▶ 답안

우리는 탄수화물의 연소를 통해 에너지를 얻는다. 즉 산소를 물로 환원시키는 과정을 통해서다. 그런데 이때 잘못돼서 자유전자를 가진 유해산소종이 발생할 수 있다. 이것은 반응성이 매우 커서 다른 물질을 공격하거나 DNA를 공격할 수 있는 더 위험한 유해산소종을 만들 수 있다. 또한 세포자극물질에 의해 과산화수소가 발생하는데 이것도 유해산소의 일종으로 단백질의 산화를 일으킬 수 있다. 우리는 20%의 산소가 포함된 대기에 살고 있기 때문에 유해산소의 생성을 피할 수 없다. 유해산소가 우리 몸에 나쁜 영향을 끼치기도 하지만, 면역계나 세포신호

전달의 과정 등에서 꼭 필요하다고 알려져 있다.

문제 4. 책이나 텔레비전에서만 보던 끈끈이주걱, 파리지옥 등의 식충식물을 요즘에는 여러 가정에서 직접 키우고 있다. 이것들은 모두 늪지나 매우 습한 환경에서 자라기 때문에 많은 수분을 요구한다. 그래서 화분이 물에 잠긴 채로 키우기도 한다. 반면에 선인장은 거의 물을 주지 않아도 키울 수 있다. 하지만 어떤 식물이라도 살아가는데 물은 반드시 필요하다.

- 1) 식물의 증산작용에 대해 설명하라.
- 2) 낮에 햇빛이 비출 때 잎에 물을 주면 좋지 않다고 한다. 왜 그런지 설명하라.
- 3) 화분에 물을 주는 이유에 대해 말하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

생물체에서 물의 역할에 관해 식물을 예로 들어 알아보는 문제다. 일반적으로 생명체에 적용되는 물의 성질을 식물체에서 나타나는 현상에 맞게 설명해야 한다. 또한 물이 동물이 아닌, 식물에서만 독특하게 쓰이는 점에 관해 설명해야 한다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 잎의 뒷면에는 공변세포가 있고 그 사이에는 공기(산소와 이산화탄소)가 들어오고 나가는 기공이 있다. 이 기공을 통해 물이 수증기 상태로 공기 중으로 빠져나가는데, 이런 현상을 증산작용이라 한다. 증산작용은 뿌리에서 흡수한 물과 무기 양분을 잎까지 상승시키는 원동력이다. 또한 새로운 물과 무기 양분을 계속 흡수해 무기 양분을 농축시킨다. 기공이 열리는 이유는 공변세포가 수분을 흡수해 부풀면, 공변세포의 바깥쪽이 안쪽에 비해 얇아서 바깥쪽으로 구부러지기 때문이다. 기공이 닫히는 경우는 공변세포 내에 수분이 적어지면, 세포가 원래의 모양으로 되돌아가기 때문이다. 그래서 증산작용이 활발하면, 공변세포에서 수분이 빠져나가 기공이 닫힌다.

높은 나무에서도 물이 꼭대기까지 올라갈 수 있는 이유는 첫째 잎에서의 증산작용에 의해 잎 속의 수분이 줄어들어, 아래로부터 수분을 끌어당기기 때문이다. 둘째 물분자 사이의 응집력으로 물관 내에 물기둥이 만들어질 수 있기 때문이다. 셋째 뿌리에서의 삼투압에 의해 토양 속의 물이 식물의 뿌리 안으로 흡수돼 들어오기 때문이다. 이외에 모세관 현상도 물을 상승시키는 원인이 된다.

- 2) 햇빛이 비추는 낮에는 광합성을 하기 때문에 기공이 열려 있다. 따라서 물이 기공을 막거나 잎 주위의 수증기압이 높아져서 공기의 출입이 잘 안된다. 또한 증산을 잘 못한다. 왜냐하면 기공이 막히거나 잎 주위의 수증기압이 높아? 뿌리에서 양분을 흡수하고 남은 물을 배출한 뒤 다시 빨아올리는 것이 어렵기 때문이다. 다음으로 광합성이 곤란하다. 물은 표면장력 때문에 물방울 형태를 유지하는데 이것이 때로는 빛을 전반사하기 때문이다. 해가 뜨고 기온이 올라가면 증산작용이 활발해져 수동적 흡수에 의한 양이 많아지므로 보통 아침에 물을 주는 것이 좋다. 해가 지면서 식물의 활동도 서서히 중지되고 기온의 하강에 따라 수분의 증산도 감소된다. 오후 늦게 물을 주면 물이 오랫동안 화분속에 정체해서 뿌리를 썩게 하거나 활동에 나쁜 영향을 주기 때문에 삼가는 것이 좋다.

- 3) 높은 비열, 표면장력, 극성에 기인한 용매로서의 능력 등 때문에, 모든 생명체의 많은 부분은 물로 돼 있고 식물도 예외는 아니다. 식물은 빛에서 에너지를 얻어서 탄소동화작용인 광합성을 한다. 이때 이산화탄소를 환원시켜 탄수화물을 만드는데, 환원력은 물의 광분해를 통해 생긴 전자로부터 만들어진다.

2003년 08월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번 8월호부터 10월호까지는 2학기 수시모집 전형을 대비할 수 있도록 생물 전반을 다시 한번 다룰 계획이다. 8월호에서는 생물 전반부를, 9월호에서는 후반부를 다루고, 10월호에서는 총정리 특대호로 구성할 예정이다. 2학기 수시모집 전형인 심층면접과 과학논술, 그리고 학업적성평가 등은 1학기과 크게 다르지 않다. 하지만 모집대학이 대폭 확대되기 때문에 다양하고 심도있게 준비할 필요가 있다. 이번 8월호에서는 생명현상에서 빼놓고 생각할 수 없는 효소의 특성, 신경과 호르몬, 그리고 암(cancer)에 대해 살펴본다.

문제 1. 생물학자들은 세계 여러 나라에서 유황 성분이 녹아 있어 pH가 1이하이고 수온이 80-90℃인 온천을 탐사했다. 그 결과 놀랍게도 이런 극한 환경 속에서 살아가는 특별한 세균이 있음을 발견했다. 이 세균이 지니고 있는 효소는 강한 산성을 나타내는 물에서만 아니라 끓는 물 속에서도 활성을 잃지 않는다. 이런 효소를 극한효소라고 부른다.

- 1) 효소는 어떤 물질로 구성돼 있고 각각의 독특한 입체구조는 어떻게 만들어지는가?
- 2) 효소의 작용에 영향을 주는 요인에는 무엇이 있는가?
- 3) 효소가 반응속도를 어떻게 빠르게 해줄 수 있는가? 분자적 측면에서 설명하라.
- 4) 만일 효소의 활성부위에 기질이 아닌 다른 물질이 결합할 수 있다면 반응속도가 어떻게 될까?
- 5) 온도변화에 의해 효소의 활성이 변할 수 있다. 그렇다면 변화시킨 온도를 원래 상태로 바꾸면 효소의 활성이 원래 상태로 되돌아갈 수 있을까?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

효소에 대한 전반적인 것을 알아보는 문제다. 특히 활성화 에너지를 어떻게 낮출 수 있는지 분자 수준에서 답할 수 있도록 한다.

▶ 배경지식

극한효소 중에서 지방을 분해하는 효소인 리파아제의 일종은 끓는 물 속에서도 지방을 효과적으로 분해하므로 무공해 세제로 활용되고 있다. 옷감에 묻은 기름때는 삶아 빨아도 비누로는 잘 빠지지 않는다. 하지만 이 효소로 만든 세제를 이용하면 고온에서도 기름때를 효과적으로 제거할 수 있다. 뿐만 아니라 합성세제는 환경을 오염시키지만 효소세제는 오염시키지 않는다. 극한효소뿐 아니라 다른 효소들도 일상생활 속에서 효소세제로 널리 쓰이고 있다. 단백질의 일종인 양모의 보푸라기를 제거하기 위해 단백질 분해효소인 프로테아제를 첨가한다. 청바지를 연하게 하기 위해 섬유질 분해 효소인 셀룰라아제를 세제에 포함시켜 사용하는 것도 대표적인 예다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 효소의 주성분은 단백질이다. 일부 효소는 단백질로만 구성돼 있지만 대부분의 효소에는 단백질 외에 비단백질 성분도 포함돼 있다. 비단백질 성분이 비타민인 경우를 조효소라고

하고, 철이나 마그네슘과 같은 금속 이온인 경우는 보조인자라고 한다. 유전정보에는 아미노산의 종류와 배열순서만 정해져 있다. 아미노산이 배열되면 아미노산 사이의 상호작용에 의해 사슬이 꼬이고 접혀, 독특한 입체구조가 만들어진다. 또한 단백질의 입체구조가 안정되게 제대로 만들어지도록 도와주는 샤페론(chaperon)이라는 단백질도 있다. 유전자가 다르면 아미노산의 종류가 달라지고 아미노산의 종류가 다르면 효소의 입체구조도 달라진다.

2) 첫째, 온도가 있다. 효소의 작용은 온도가 높아질수록 증가해 35-40℃에서 가장 활발하고, 그 이상에서는 기능이 급격히 감소한다. 이것은 효소의 주성분인 단백질이 변성되기 때문이다.

둘째, pH가 있다. 일반적으로 효소는 중성에서 가장 활발하게 작용하지만, 효소의 종류와 기질의 성질에 따라서 차이가 있다. 효소의 작용이 pH의 영향을 받는 것은 단백질인 효소의 입체구조가 pH에 의해 변하기 때문이다. 마지막으로 반응속도는 효소의 농도에 비례하고, 일정 범위 내에서는 기질의 농도에 비례해 증가한다.

3) 반응물질이 에너지 언덕을 넘어야 생성물질로 변해 화학반응이 완료된다. 이 에너지 언덕을 활성화 에너지(Ea)라고 하는데, 활성화 에너지를 작게 해주면 반응이 쉽게 일어날 수 있다.

효소는 활성화 에너지를 작게 해 화학반응이 빠르게 일어나게 한다. 그 이유를 분자 측면에서 보면, 효소·기질 복합체가 만들어지면 기질의 특정 원자들이 효소의 아미노산 잔기들이나 조효소 등에 있는 특정 원자들과 반응한다. 그 결과 원자들은 수소 결합이나 쿨롱 인력 등에 의해 안정한(에너지가 낮은) 구조로 재배치가 되거나 약간의 이동이 일어나게 된다. 결국 산물을 만드는데 필요한 결합이 형성되거나 절단에 드는 에너지가 작아지기 때문에 반응속도가 커진다.

4) 효소의 활성부위에 기질이 결합해야 반응속도가 빨라진다. 그러나 기질과 유사한 물질이 있으면 두 물질이 활성부위에 경쟁적으로 결합하므로 반응속도가 느려진다. 기질과 유사한 물질 때문에 효소와 기질이 결합할 기회가 감소하기 때문이다. 이와 같은 효소 활동의 억제를 경쟁적 억제라고 한다.

5) 온도를 변화시킨 정도에 따라 달라진다고 생각한다. 최적온도 이하에서 온도를 변화시켰다가 원래 상태로 바꿨을 때는 효소의 활성이 원래 상태로 되돌아간다. 하지만 끓이는 것처럼 온도를 너무 높여주면 단백질이 변성돼 원래 상태로 되돌아갈 수 없다. 계란 프라이를 만든 후에 식히더라도 원래 상태인 날계란으로 되돌아갈 수 없는 것과 같은 이치다.

문제 2. 신경과 호르몬은 중추신경계와 감각기, 반응기 사이에서 정보를 종합해 흥분을 신속하고 정확하게 전달한다. 생물의 항상성 유지를 담당하는 신경과 호르몬은 단세포 동물에는 없고 다세포 동물에서 고도로 분화돼 있다.

- 1) 다세포 동물은 호르몬보다는 신경이 더 잘 발달돼 있다. 그 이유는 무엇인가? 또한 신경을 통한 흥분의 이동속도가 호르몬을 통한 이동속도보다 빠른 이유는 무엇인가?
- 2) 신경을 통한 흥분의 전도에서 나트륨 펌프의 작용, 탈분극, 재분극에 대해 설명하라.
- 3) 환경 호르몬에 대해 설명하고 이들이 생체 내에서 작용하는 메커니즘에 대해 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

첫번째 문제는 다세포 동물의 신호 전달에서 신경이 호르몬보다 발달한 이유에 대해 생각하는 문제다. 두번째 문제에서는 신경 세포 내에서 Na^+ 과 K^+ 의 능동수송, 막전위, 흥분의 전도 메커니즘에 대해 알아야 한다. 환경 호르몬에서는 그 작용 메커니즘에 대해 모방, 봉쇄, 방아쇠,

간접 영향 이론 등의 네가지 관점에서 설명하도록 한다.

▶ 해설 및 모범답안

1) 호르몬의 기능은 흥분을 전달하는데 국한되지만 신경은 흥분의 전달 외에 흥분을 통합적으로 조절하는 기능도 갖기 때문이다. 발달된 동물일수록 체제가 복잡하고 세포수가 많기 때문에 통합적으로 조절하는 중추가 필요한데, 이런 중추기능을 신경이 담당한다. 사람에 있는 중추신경계가 대표적인 예다.

또한 세포수가 많은 동물일수록 흥분의 이동속도가 빨라야 한다. 호르몬보다는 신경을 통한 흥분의 이동속도가 훨씬 빠르기 때문에 발달된 동물일수록 신경이 더 발달돼 있다. 호르몬은 내분비선에서 혈관으로 분비돼 혈액과 함께 이동한다. 그러므로 호르몬의 이동속도는 초당 수cm에 불과하다. 이에 비해 신경은 길게 발달된 신경섬유를 통해 활동전위(신경세포 안팎의 이온 농도차이에 의해 발생하는 전기)가 이동하는 방식으로 흥분이 전달되기 때문에 초당 약 1백m를 이동할 수 있다.

2) 신경 세포의 막 내부는 K^+ 이, 외부에는 Na^+ 이 높은 농도로 존재해 휴지 전위가 $-70mV$ 로 유지되고 있다. 나트륨 펌프는 세포막에서 한 분자의 ATP가 가수분해될 때 생기는 에너지를 이용해 세 분자의 Na^+ 을 세포 밖으로 내보내고, 두 분자의 K^+ 을 세포 안으로 끌어들이는 역할을 한다.

신경 섬유에 자극을 가하면 그 부분이 세포막의 Na^+ 에 대한 투과성이 급격히 증가해 세포막의 밖에 있던 Na^+ 이 일시에 내부로 들어온다. 막 안팎의 전위가 바뀌는 탈분극이 일어나는 것이다. 막 안으로 들어온 Na^+ 의 확산에 의해 그 옆 부분도 탈분극되면서 축색 돌기를 따라 흥분의 전도가 일어난다. 흥분이 전도됨에 따라 처음의 흥분 부위는 다시 세포막의 투과성이 원상태로 돌아가고 Na^+ 이 세포 밖으로 방출되면서 원래의 휴지막 전위 상태로 돌아간다.

3) 환경 호르몬이란 생물체에서 정상적으로 생성·분비되는 물질이 아니라, 인간의 산업 활동을 통해서 생성·방출된 화학물질이다. 이 화학물질은 생물체에 흡수돼 내분비계의 정상적인 기능을 방해하거나 혼란케 한다. 환경 호르몬은 자연 호르몬을 흉내내 자연 호르몬과 같은 세포 반응을 유발한다.

환경 호르몬의 세포 반응 강도는 자연 호르몬보다 훨씬 약한 경우가 대부분이지만 더 강할 수도 있다. 대부분의 식물 에스트로젠과 환경 내분비 교란 물질은 에스트로젠 호르몬보다 훨씬 약한 세포 반응을 유발하지만 약용 합성물질인 DES(Diethylstilbesterol)는 자연 에스트로젠보다 그 강도가 훨씬 강력한 세포반응을 유발한다(모방 이론).

환경 호르몬은 자연 호르몬과 결합할 수용체를 막아버림으로써 자연 호르몬의 기능을 마비시키기도 한다. 생명체의 기능 유지에 필요한 자연 호르몬의 작용을 감소시켜 피해를 주는 것이다. 플로리다 주의 아홉카 호수에 서식하는 악어 수컷에서 DDT의 분해물질인 DDE에 의해 남성 호르몬인 테스토스테론의 작용이 봉쇄됨으로써 음경이 위축돼 번식이 감소된 예가 있다(봉쇄 이론).

환경 호르몬은 단백질 수용체와 결합해 비정상적인 세포 반응을 일으키기도 한다. 원래 생명체 내에서 일어나지 않아야 할 반응인 비정상적인 세포 반응, 즉 예정되지 않은 세포분열, 생명체 내 물질대사와 합성의 변화를 유발시키는 것이다. 다이옥신이나 다이옥신 유사 물질 등은 그 자신이 마치 호르몬처럼 작용해 단백질 수용체와 결합, 완전히 새로운 일련의 세포 반응 과정을 유발한다(방아쇠 이론).

또한 환경 호르몬은 수용체와 결합하지 않고 간접적으로 자연 호르몬의 합성, 저장, 배출, 분비, 이동, 배설 등에 작용해 정상적 내분비 기능을 방해한다. 스티렌 중합체(dimer와 trimer)는 뇌하수체에 작용해 호르몬 합성을 저해한다(간접 영향 이론).

문제 3. 암은 최근 전 세계적으로 사망 원인 1, 2위를 다투고 있다. 암의 존재는 이미 그리스나 로마 시대의 문헌에 등장하고 이집트의 미라에서 발견될 정도로 오래돼 그 역사가 인류의 역사와 함께 한다고 할 수 있다(암은 사람뿐만 아니라 여러 동물에서도 생긴다). 암(cancer)이라는 단어는 원래 희랍어 'karkinos', 그리고 후에는 라틴어 'cancrum'에서 유래된 말로, 모두 게(crab)라는 의미다. 즉 암은 게처럼 신체의 어느 부위에서나 발생해 유착하고 그 부위를 꼭 붙잡고 늘어져 그렇게 불리게 됐다.

- 1) 암의 원인에 대해 설명하라.
- 2) 암이 발생한 조직만 제거해서는 암을 완치할 수 없다. 그 이유는?
- 3) 암세포의 생물학적인 특징에는 어떤 것들이 있는지 설명하라.
- 4) 암세포가 우리 몸에 있는 면역 감시 기구의 공격을 피할 수 있는 이유는?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

현대 생활에서 가장 위험하면서도 중요한 부분이 된 암의 원인, 특징, 면역계와의 관계 등에 관해 전반적인 것을 알아보는 문제다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 암은 크게 환경적 요인과 유전적 요인에 의해 발생된다. 전체 암의 약 5-20%는 유전적 요인에 의해 발생하는 것으로 이를 '유전성 암'이라고 한다. 이들은 주로 멘델 우성 유전을 하므로 부모 중 한 명이 이런 유전성 암에 걸린 경우 이들의 자녀가 암에 걸릴 확률은 매우 높다.

환경적 요인으로 현재까지 명확히 알려진 발암물질은 대부분 염색체의 돌연변이를 일으키는 물질들이다. 이런 물질에 의한 돌연 변이의 축적으로 암이 발생한다고 알려져 있다. 이런 물질에는 벤젠, 담배연기, 술, 환경오염물질 등의 화학 물질도 있지만, 전리방사선, 자외선, 바이러스 등도 있다. 인체 내 모든 세포 속에는 암유전자(oncogene)가 존재하는데, 암유전자는 세포의 분화와 증식이 진행될 때만 정교히 발현되고 보통 때에는 발현이 억제돼 있다. 그런데 정상 세포가 발암물질에 지속적으로 노출되면 억제돼 있던 암유전자가 비정상적으로 활성화돼 정상 세포도 암세포로 변화된다. 우리 주변에는 늘 수많은 돌연변이를 일으킬 수 있는 물질이 있고, 우리는 이들에 매일 노출되고 있다. 실제 우리 몸의 세포 중에 일부는 매일 돌연변이가 일어나고 있으나, 우리 몸에는 암 억제 유전자가 있고 면역계가 항상 암세포를 감시, 제거하기 때문에 암으로의 발전을 막아주고 있다.

- 2) 정상 세포는 어떤 특정 장기에서만 존재하나 암세포는 원래의 장기에서 벗어나 다른 장기로 옮겨갈 수 있다. 즉 전이(metastasis)를 일으킬 수 있다는 특징을 갖고 있다. 예컨대 폐암은 원래 폐에서 발생하나 그 외에 뼈, 간, 뇌 등의 다른 장기를 침범하기도 한다. 암으로 인한 사망에 가장 영향을 주는 것이 전이라고 할 수 있다
- 3) 암은 생물학적으로 정상적인 세포 또는 조직과 매우 다른 특성을 갖는데, 그 특성은 다음과 같은 4가지로 요약될 수 있다.

첫째는 클론성(clonality)으로 암은 한가지 세포에서 기원한다는 것이다. 클론이라 함은 하나의 세포가 세포 분열을 해 원래의 세포와 동일한 유전적 성상을 그대로 지닌 똑같이 복제된 세포로 구성된 것을 나타내는 말이다. 정상 조직은 여러 유전적 특성을 가진 모세포로부터 분화된 다양한 세포들이 모여 이뤄지나 암 조직은 단일 세포에서 유래된 암세포가 분열 증식해 악성 클론을 형성한다.

둘째는 자율성(autonomy)이다. 정상 세포는 인체에서 분비되는 여러 조절인자에 의해 그 분열 또는 증식이 조절돼 일정한 크기가 되면 더이상 성장을 하지 않는다. 하지만 암세포는 이런 조절 인자에 대한 의존도가 거의 없이 스스로 무제한적으로 분열 증식해 커다란 종괴(암덩어리)를 형성한다.

셋째는 역형성(anaplasia)으로 정상 세포들이 분화과정을 거쳐 원래 계획된 세포로 되는데 비해 암세포는 이런 분화가 되지 않고 미분화 상태로 존재한다.

넷째는 전이(metastasis)를 한다는 것이다. 세포가 생존하고 정상적인 기능을 수행하려면 산소와 영양분을 공급받아야한다. 그래서 암조직은 지속적인 혈관형성(sustained angiogenesis)을 한다.

4) 우리 몸은 외부 병균의 침입이나 몸 안의 이상이 발생할 경우 비상체계가 자동적으로 발동해서 병균을 잡아먹거나 괴사시킨다. 사람의 몸속에는 발암과정에 적극적으로 대응하는 면역 감시 기구가 있는데 주로 대식구와 임파구로 구성돼 있다. 따라서 발생한 암세포의 대부분은 면역 감시 기구의 공격을 받아 사멸하기 때문에 누구나 암이 발생하는 것은 아니다.

2003년 09월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번 9월호에서는 2학기 수시모집 전형을 대비해서 생물 교과서의 후반부인 유전물질과 돌연변이, 그리고 생물의 항상성 응용과 생태계의 환경문제에 대해 살펴본다. 전반부에 비해 상대적으로 이해하기 힘든 내용이지만 출제빈도가 높은 부분이므로 최종점검의 마음으로 다시 한번 정리해보자.

문제1. DNA는 고정된 물체가 아니다. DNA는 경우에 따라 이곳 저곳으로 튕겨나갈 수 있다. DNA가 움직인다는 사실은 1940년대에 발견됐다. 첫 발견의 주인공은 미국의 여성 과학자 바바라 매클린톡이다. 그러나 그녀의 업적이 인정받는 데에는 20여년이 걸렸다. 그녀는 신기(神技)에 가까운 현미경 관찰기술을 가졌지만, 모교인 코넬대와 미주리대 모두 여성이란 이유로 그녀의 교수 승진을 거부했다. 결국 콜드 스프링하버(CSH) 연구소에 정착한 그녀는 1940년 후반 옥수수 유전학을 연구하는 도중 처음으로 유전자 이동을 발견했다. 그러나 유전자는 움직일 수 없다는 당시의 편견 때문에 그녀는 결과를 변변한 학술지에 발표할 수조차 없었다. 1951년에 CSH에서 열렸던 학회 발표에서도 그녀는 거의 모든 과학자들로부터 무시당했다. 1965년 유전자 이동에 대한 추가 증거가 나오기까지 그녀는 홀로 묵묵히 연구를 계속했다. 결국 유전자 이동이 학계의 인정을 받을 즈음인 1967년 코넬대는 명예교수직을 그녀에게 수여했고, 1970년 미국 정부는 과학 훈장을 수여했다. 1983년 그녀는 여성과학자로서는 처음으로 노벨 생리의학상을 단독 수상했다.

- 1) 이동성 DNA란 무엇인가?
- 2) DNA가 어떻게 움직이는지에 대해 설명하라.
- 3) 유전자(염색체)의 재배열 현상의 예를 들어 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

유전자의 안정성 측면에서 다소 이해가 어렵지만 실제 DNA, 즉 유전자는 고정돼 있지 않고 계속 움직인다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 과학자들은 염기 배열의 순서를 연구하면서 반복되는 염기 배열이 많다는 사실을 알아냈다. 반복되는 염기 배열들이 모여 이룬 DNA는 '반복 DNA'라 불리며, 전체 게놈의 50% 이상을 차지한다. 바로 이 반복 DNA들이 이동의 주인공들이다. 이들은 염기 배열의 특정 장소에서 튀어나와 다른 곳으로 이동할 수 있어 '이동성(mobile) DNA'라 불린다. 유사한 형태만 수십만개씩에 달하는 이동성 DNA가 서로 자유롭게 움직이고 재조합되면서, 거대한 '유전자 은행'을 만드는 것으로 드러났다. 과학자들은 이 유전자 은행이 인간의 진화에 큰 영향을 미친 것으로 추정하고 있다.
- 2) DNA의 이동에는 두가지 종류가 있다. 하나는 게놈의 한쪽 부분에서 DNA가 튀어나와 게놈의 다른 부분으로 직접 이동하는 것이다. 다른 하나는 게놈의 한쪽 부분에서 튀어나와 DNA가 RNA(리보핵산)로 바뀌었다가, 다시 DNA로 바뀌어 다른 부분에 삽입되는 경우다. 인간의 DNA는 대개 두번째 경우를 택한다. 이는 진화 중에 어떤 계기가 생겼거나, 아니면 하등 생물에서 고등 포유류 동물로 진화하는 과정에서 이런 식으로 DNA가 이동하는 것이

장점으로 작용했기 때문일 것으로 보인다.

인간은 약 5천만년 전에 이동성 DNA의 움직임이 급격히 감소한 것으로 추정된다. 그러나 지금도 이동성 DNA는 계놈을 휘젓고 다니고 있다. 현재 인간의 몸 안에서는 약 1백여개, 쥐에서는 약 3천여개의 이동성 DNA가 활발하고 다니는 것으로 추정된다. 우리가 움직이듯이, 우리 몸속의 DNA도 움직인다. 물론 때로는 서로 불리하게 작용하고, 때로는 서로 이익을 줄 수도 있다. 어쨌든 DNA와 생명체는 함께 상호작용하면서 미래가 불확실한 '진화'라는 길을 걸어가고 있는 것이다.

3) 암세포를 관찰하면 전좌와 같은 염색체 이상이 자주 발견된다. 일반적으로 DNA에 발생한 유전자 손상이 원인으로 작용해 염색체 이상이 생기고 유전자의 재배열이 일어난다. 또는 B나 T 세포 같은 임파구에서 각각 항체와 항체유사단백질을 만드는 유전자는 하나의 기능을 하지만 여러 종류가 있다. 외래 물질 침입시에 이 유전자 중 하나만 선택이 되는 유전자 재배열이 일어나고, 그래서 항원에 특이성을 갖고 대항할 수 있다.

문제 2. 히스티딘이란 아미노산 생합성에 필요한 유전자에 돌연변이가 생긴 1백만개의 세균을 히스티딘만 결핍된 영양배지에 접종한 후 37℃에서 하루동안 배양한 결과, 예상대로 세균은 전혀 성장을 보이지 않았다.

여기에 곰팡이가 핀 땅콩 추출물을 멸균해 한방울을 떨어뜨린 후 다시 배양했다. 놀랍게도 이틀 후 땅콩 추출물 주위에 원반모양의 세균 군집이 형성됐다. 이 군집을 처음에 언급한 배지(히스티딘만 결핍된 배지)에 재접종해 키웠더니 또 다시 군집이 형성됐다. 어떻게 이런 결과가 생길 수 있는지에 대해 다음 질문을 중심으로 논하라(건양대 의대 2002년 1학기 수시).

- 1) 땅콩 추출물 주위에 일부 세균들은 왜 성장했는가?
- 2) 왜 이들은 땅콩 추출물에서 좀 떨어진 곳에서 원반 모양의 군집을 형성했는가?
- 3) 돌연변이를 유발시킬 수 있는 요인은 어떠한 것이 있는가?

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

돌연변이에 관한 문제로 직접 실험결과를 갖고 그 원인에 대해 유추하는 것이다. 난이도가 높은 문제지만 차분하게 가설을 세우고 그에 따라 논리적으로 실험결과를 해석하면 접근할 수 있는 문제이다. 먼저 아주 쉽게 생각을 하면 땅콩 추출물에 히스티딘이 있다는 가정이다. 하지만 이 가정으로는 땅콩 추출물 가까이에서 왜 세균들이 성장하지 않는가에 대한 답을 하지 못한다. 또 자연적으로 일어나는 돌연변이에 의해 히스티딘의 생합성이 가능해졌고 땅콩 추출물은 세균 성장을 억제한다는 가정을 해 볼 수 있다. 하지만 원반 밖에서 세균이 자라지 않는 이유에 대해서 설명을 할 수 없다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 땅콩 추출물에 있는 돌연변이를 일으키는 물질이 있다. 이에 의해 세균의 히스티딘 생합성 유전자에 다시 돌연변이가 일어나 히스티딘을 만들 수 있게 됐다(back mutation). 또는 생합성 경로의 다른 유전자에 돌연변이가 일어나 생합성이 다시 진행돼 히스티딘을 만들 수 있게 됐다(suppressor mutation).
- 2) 땅콩 추출물에 있는 돌연변이를 일으키는 물질은 떨어뜨린 중심에서 멀어질수록 농도가 떨어질

것이다. 중앙은 돌연변이를 일으키는 물질의 농도가 너무 높아서 돌연변이가 너무 많이 일어나 성장에 필요한 많은 유전자에 이상이 생겨 세균이 자라지 못한다. 더 멀어지면 돌연변이를 일으키는 물질 자체의 농도가 떨어져 돌연변이가 일어나지 않아서 자라지 못한다.

- 3) 돌연변이를 일으키는 것은 유전의 근원인 염색체나 그 성분인 DNA, 또는 세포구성 물질에 영향을 미치는 것이다. 자외선이나 X-선 같은 방사선의 물리적인 요소가 있고, 마스터드 가스, 과산화물, 활성 산소, 퓨린유도체, 콜히친 등의 화학적 돌연변이 유도물이 있다. 이것들은 직접적인 작용 외에 생체 내의 핵산대사나 호흡계 효소류의 저해 같은 생화학적 과정을 통해 돌연변이를 유발하는 일이 많다. 유전학의 연구방법 중 하나는 이런 돌연변이원을 갖고 돌연변이를 일으켜서 어떤 형질에 대한 유전자를 규명하는 것이다.

참고로 세균에 있어 자연적 돌연변이(돌연변이원이 없을 때)는 세균 한마리가 1천만마리로 증식했을 때 한마리 정도다. 그래서 문제의 1백만개의 세균에서 자연적인 돌연변이가 일어나기는 힘들고, 특히 히스티딘 생합성에 관계된 유전자에 일어나기는 더욱 힘들다.

문제 3. 사람 혈액의 pH는 7.4 정도이고, 7.0 이하이거나 7.8 이상이면 죽는다고 한다. 그런데 우리가 자주 마시는 콜라는 pH가 3.5-4.0 정도다. 콜라가 산성을 띠는 이유는 콜라 속에 녹아 있는 이산화탄소 때문이다.

- 1) 이산화탄소 때문에 콜라가 산성을 띠는 이유는?
- 2) 우리가 콜라를 마시고도 멀쩡한 이유는 무엇인가?
- 3) 우리 몸의 pH 조절에 대해 설명하라.
- 4) 조직 세포에서 호흡의 결과로 생긴 이산화탄소는 몸밖으로 배출된다. 그 과정에 대해 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

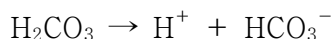
완충 용액의 개념에 대해 정확히 알아야 하고, 우리 몸에서 완충 용액의 역할을 담당하고 있는 것이 무엇인지 알아야 한다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) 물 속에서 이산화탄소는 대부분 물분자와 결합해 탄산(H_2CO_3)이 된다.



탄산은 해리돼 수소 이온(H^+)과 탄산수소 이온(HCO_3^-)으로 된다. 이 수소 이온 때문에 산성인 것이다.

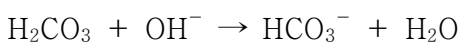
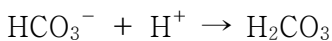


- 2) 우선 콜라는 압력을 매우 높이고, 온도를 낮춘 상태에서 이산화탄소를 용액 속으로 밀어넣은 것이다. 실제 1기압, 상온에서 녹을 수 있는 양보다 훨씬 많은 양의 이산화탄소를 녹여 놓은 것이다. 따라서 우리가 콜라 병을 따는 순간 콜라 속에 녹아 있던 많은 양의 이산화탄소 분자들이 대기 밖으로 빠져 나온다(병뚜껑이 따지는 소리와 함께 흘러나오는 거품의 정체가 이산화탄소 분자들이다). 그러므로 뚜껑을 따고 난 콜라는, 뚜껑을 따기 전의 닫힌 계에 있던 콜라보다 pH가 높다. 그리고 계속해서 점점 더 pH가 높아진다. 우리가 콜라를 마신 뒤에도 상당량의 탄산들은 다시 이산화탄소가 돼 계속해서 빠져 나온다(콜라를 먹고 코가 찡하거나, 트림이 나오는 이유가 바로 이 때문이다). 즉 우리가 실제 마시는 콜라

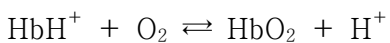
는 pH가 4.0보다 높은 비교적 약산성이다.

또다른 중요한 이유가 바로 완충 효과다. 체온이나 혈당량 등을 일정하게 유지하려 하듯이, 우리의 몸은 체내의 pH를 일정하게 유지하기 위해 탄산, 인산 및 단백질의 조합으로 이루어진 완충계라는 점이다. 그래서 어느 정도의 약산성인 용액을 마시더라도 체내의 pH는 일정하게 유지될 수 있다.

3) 사람의 피는 pH가 7.4 정도에서 거의 일정하게 유지된다. 피의 pH를 일정하게 유지하는 역할을 하는 것은 인산과 그 짝염기의 쌍, 단백질, 그리고 가장 중요한 것으로 세포로부터 배출된 이산화탄소가 피 속에 녹아 생성된 탄산(H_2CO_3)과 그 짝염기인 탄산수소 이온(HCO_3^-)의 쌍이다. 이 짝산·짝염기의 쌍은 다음과 같은 반응에 따라 수소 이온(H^+) 및 수산화 이온(OH^-)을 흡수함으로써 pH 변화를 막아 준다.



이와 같이 짝산·짝염기의 쌍에 의해 pH가 거의 일정하게 유지되는 용액을 완충 용액(buffer solution)이라 한다. 우리 몸 속의 피는 대표적인 완충 용액이다. 피 속에는 탄산보다 탄산수소 이온이 훨씬 많이 들어 있으므로, OH^- 보다는 H^+ 을 흡수하는 능력이 훨씬 더 크다. 이것은 필요조건으로 심한 운동을 하면 약한 유기산인 젖산이 생성되며, 그밖에도 생체 내에서 일어나는 여러 과정들에서 OH^- 보다는 H^+ 이 더 많이 생성되기 때문이다. 피의 pH가 7.4 이하로 떨어지면 산성 혈증(acidosis), 7.4 이상으로 올라가면 알칼리 혈증(alkalosis)이라고 한다. 산성 혈증이나 알칼리 혈증은 피 속에 있는 헤모글로빈의 다음과 같은 산소 운반 반응을 방해한다.



즉 산성 혈증은 이 반응을 역반응 쪽으로 치우치게 해 헤모글로빈이 산소와 결합하는 능력을 감소시킨다. 그 결과 세포에 공급하는 산소를 줄이므로 피로, 두통 등을 유발시키며, 심해지면 혼수 상태에 빠진다. 알칼리 혈증은 혼하지는 않으나 신경을 자극해 경련을 일으킬 수 있다.

4) 탄산수소 이온(HCO_3^-)은 혈장 내의 나트륨 이온(Na^+)과 결합해 탄산수소나트륨(NaHCO_3)으로 전환된다. 탄산수소나트륨은 폐포 근처의 모세 혈관으로 운반되고 역반응이 일어나 탄산수소 이온이 생기면 1)번 문제에서 반응과 역반응이 일어나, 이산화탄소가 몸밖으로 배출된다. 적혈구 속에 남아 있는 일부의 이산화탄소는 헤모글로빈과 직접 결합해 폐포까지 운반되고, 폐포에서는 역반응에 의해 이산화탄소를 확산시킨다. 이산화탄소의 극히 일부는 혈장에 그대로 용해된 상태로 폐포까지 운반되기도 한다.

문제 4. 우리나라에서는 하루 1만9천7백24천t의 오폐수가 발생하고 있다. 생활하수가 1만5천4백63천t/일(78%)로 가장 많고, 산업폐수는 4천68t/일(21%), 축산폐수는 1백93천t/일(1%)이 발생되고 있다. 생활하수는 사람이 생활하면서 발생시키는 생활 잡수와 분뇨로 구분할 수 있다. 분뇨의 배출량은 1인당 1일 평균 1.2L 정도이며 10분의 1정도가 고형분이다. 부엌, 목욕탕, 청소, 세탁 등에 사용한 물로 음식찌꺼기, 때, 세제, 먼지 등으로 오염된 것을 생활 잡수라 하는데, 하루 평균 1인당 약 4백-5백L 정도다

- 1) DO(Dissolved Oxygen, 용존 산소량), BOD(Biological Oxygen Demand, 생물학적 산소 요구량), 그리고 COD(Chemical Oxygen Demand, 화학적 산소 요구량)에 대해 설명하라.
- 2) 다음 그림은 하천의 자정 작용이 일어나는 과정을 물이 흘러간 거리에 따라 나타낸 것이다. 그림에 대해 설명하라.
- 3) 부영양화에 대해 설명하라.

▶ 출제 의도와 구술 ADVICE

수질 오염에 대한 여러 개념들에 대해 알아보는 문제이다. 개발만큼 보전이 중요해진 요즘 상식적으로도 꼭 알아둬야 하는 것들이다. 유기물의 양이 많아지면 물 속 산소량이 감소한다는 사실을 이해하면 2)번 문제는 쉽게 접근할 수 있다.

▶ 해설 및 모범답안

- 1) DO는 물 속에 용해돼 있는 산소의 양을ppm(mg/L)으로 나타낸 것이다. 수온이 낮을수록 용해도가 커서 많이 녹고, 광합성이 왕성하게 일어나거나 바람이 불어 파도가 칠 때 DO의 값이 증가한다. 보통 5-10ppm이나, 오염된 물은 1ppm 이하다. 물 속의 산소에 의해 산화된 망간에 의해 요오드가 유리되고 티오황산염에 의한 환원 적정으로 그 값을 구한다.

BOD는 물 속의 유기물이 호기성 미생물에 의해 분해될 때 소비되는 산소의 양을ppm으로 나타낸다. 오염된 물일수록 유기물의 양이 많아 BOD의 값이 커진다. 측정병 2개에 측정 시료를 담아서 하나는 바로 DO를 측정하고(DO1) 나머지 하나는 20에서 5일간 배양시킨 후 DO를 측정해(DO2) 그 차이로 소비된 산소량을 알아낸다. $BOD = DO1 - DO2$

COD는 유기물을 과망간산칼륨($KMnO_4$) 등의 산화제로 산화시킬 때 소비되는 산소의 양을 ppm으로 나타낸 것이다.

- 2) 유기물을 포함하는 폐수가 자정 능력의 한계를 초과하지 않을 정도로 유입되면 세균 등의 미생물에 의해서 분해돼 수질이 스스로 깨끗해지는 현상을 자정 작용이라고 한다. 합성 세제의 거품이나 유출된 기름은 산소가 녹아들어가는 것을 막아 자정 작용이 잘 일어나지 않게 한다. 폐수 유입점 부근에서는 유기물의 증가로 세균류가 증가하고, 호흡에 의해 산소 소비량이 증가함에 따라 용존 산소량이 급격히 감소한다. 또 단백질의 분해로 암모늄 이온(NH_4^+)도 증가한다. 중류에서는 세균류를 포식하는 원생 생물이 증가해 세균류는 감소한다. 또 질화균의 작용으로 질산 이온(NO_3^-)이 증가한다. 무기 염류의 증가로 녹조류가 증가한다. 광합성 작용에 의해 산소가 방출돼 용존 산소량이 증가한다. 하류에서는 무기 염류의 감소와 함께 조류도 감소하고 하천의 자정 작용 결과 수질이 깨끗해진다.

2003년 11월호 - 생물 면접 구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번 11월호에서는 생물학적 현상을 소재로 했던 과학논술과 구술면접 기출문항과 관련되는 인물과 서적을 소개한다. 기출문제 풀이에 해당하는 서적 내용을 거의 변형 없이 옮겨 놓았다. 과학논술과 심층면접을 효과적으로 대비하기 위해서라도 직접 관련된 교양서적은 반드시 읽어두기를 바란다.

문제 1. DNA의 염기배열과 샤가프의 법칙에 대해 설명하고, DNA 구조에 대해 설명하라.

▶ 관련된 책 : 이중나선(The Double Helix)

지은이 : 제임스 D. 왓슨

출판사 : 전파과학사

본문 내용 : p169-172

▶ 본문 내용

이튿날 아침 아직 아무도 나와 있지 않은 연구실에 들어서서 길로 나는 책상 위를 말끔히 치워 넓은 공간을 만든 다음 염기의 종이모형들을 이리저리 배열해보면서 수소결합으로 연결시켜 보았다. 같은 염기끼리의 수소결합이라는 당초의 착상에 아직도 미련이 남아 있어서 처음에는 같은 염기끼리 나란히 놓아보았으나 그것이 쓸데없는 짓이라는 것은 나도 너무나 잘 알고 있었다. 다너휴가 들어왔을 때 나는 고개를 들어보고 크릭이 아님을 알고는 다시 염기들을 이리저리 옮기면서 궁리를 계속하였다. 그러다가 나는 두 개의 수소결합으로 연결된 아데닌과 티민의 결합체는 역시 두 개 또는 두 개 이상일지도 모를 수소결합으로 연결된 구아닌과 시토신의 결합체와 모양이 꼭같다는 것을 우연히 알게 되었다. 그리고 그 수소결합도 전혀 어색하지 않았고 두쌍의 염기들도 극히 자연스럽게 모양이 같아진 것이다. 나는 뛰어가서 다너휴를 불러와 이렇게 짝지어도 반론의 여지가 있느냐고 물어보았다.

"없다"는 그의 대답을 들은 순간 나는 하늘에라도 오르는 기분이었다. 이것으로 푸린(purine) 잔기의 수가 항상 피리미딘(pyrimidine)하고만 수소결합으로 결합된다고 한다면 두가닥으로 된 나선의 중심부에 이들 염기들을 차곡차곡 채워 넣는 것은 문제가 아니다. 아데닌은 티민하고만, 그리고 구아닌은 시토신하고만 수소결합을 하게 되므로 샤르가프의 실험결과는 이 이중나선구조의 결과임이 분명해졌다. 그 뿐만이 아니었다. 이 이중나선구조는 DNA의 복제기구도 완벽하게 설명할 수 있는 것이다. 아데닌은 티민과, 구아닌은 시토신과 짝을 짓는다는 것은 서로 꼬인 두 사슬의 염기의 배열순서는 서로 상보적이라는 것을 의미한다. 따라서 한쪽 사슬의 염기의 배열순서가 정해지면 그 상대방 사슬의 염기 배열순서도 자동적으로 결정된다. 두사슬 가운데 어느 하나가 주형이 되어 그와 상보적인 사슬을 합성하는 것을 이와 같이 개념적으로도 쉽게 이해할 수 있는 것이다.

크릭이 나타나서 문안으로 채 들어오기도 전에 나는 그에게 만사가 다 해결되었다고 고함을 질렀다. 그는 언제나 그의 버릇대로 잠시 동안은 회의적인 태도였으나 A-T와 G-C의 서로 닮은 모양을 보고는 역시 충격을 받은 모양이었다. 그는 곧 염기들을 여러가지로 달리 배열해 보았으나 샤르가프의 실험결과를 만족시킬 수 있는 방도는 그것밖에 없다는 것을 알게 되었다. 그리고 잠시 후에는 각 염기쌍의 두 배당결합(염기와 당 사이의 결합)은 나선의 축에 대하여 수직방향으로 위치한다는 것을 지적해냈다. 따라서 염기쌍을 뒤집어 엎어도 각 염기의 배당결합의 방향은 달라지지 않

게 되는 것이었다. 이것은 사슬 하나 속에 푸린과 피리미딘 양쪽이 다 들어 있을 수 있다는 것을 의미하고, 또 두사슬의 뼈대는 서로 반대방향으로 달리고 있다는 것을 강하게 시사하는 것이었다.

이제 남은 문제는 이 A-T, G-C라는 염기쌍들을 지난 2주일동안 걸려 만든 뼈대 속에 쉽게 끼어넣을 수가 있느냐 하는 것이었다. 이것을 얼핏 보아서도 용이할 것 같았다. 나는 뼈대의 모형을 조립해 올릴 때 이미 중앙에 염기를 넣기 위해 넓은 공간을 마련해두었기 때문이다. 그러나 우리는 모든 입체화학적 법칙이 다 만족될 수 있는 그런 완전한 모형의 조립이 끝날 때까지는 안심할 수 없다고 생각하였다. 모형으로 확인까지 해보지도 않고 큰소리만 치다가 나중에 또 틀렸든지 한다면 그야말로 큰일인 것이다. 그래서 점심 때 크릭이 식당으로 날아가듯이 달려가서는 모든 사람들이 다 듣는 앞에서 우리가 생명의 신비를 밝혀냈다고 떠들어대는 것을 보고 나는 약간 불쾌해지기까지 했다.

문제 2. 생명체와 엔트로피와의 관계에 대해 설명하라.

▶ 관련된 책 : 생명이란 무엇인가(What is Life?)

지은이 : 어윈 슈뢰딩거

출판사 : 도서출판 한울

본문 내용 : p111-113

▶ 본문 내용

생명은 '음(陰)의 엔트로피'를 먹고 산다

유기체가 그토록 수수께끼처럼 보이는 까닭은 그것이 '평형'이라는 불활성 상태로 빠르게 변하는 현상에서 벗어나 있기 때문이다. 그래서 인간이 체계적인 사고를 하게 된 초기부터 비물리적이고 초자연적인 어떤 특수한 힘(生氣, 活力)이 유기체에서 작용한다고 생각하였고 어떤 사람들은 아직도 그러한 주장을 하고 있다.

살아 있는 유기체는 어떻게 그러한 현상에서 벗어나 있는 것일까? 분명한 답은 먹고, 마시고, 숨쉬고 그리고 식물의 경우에는 동화작용을 하고 있기 때문이다. 전문적인 용어로 말한다면 대사를 하기 때문이다. 대사의 어원인 그리스말 'μεταβαλλειν'은 '교환'이나 '변화'를 뜻한다. 무엇을 교환한다는 것일까? 원래 바탕에 깔린 개념은 틀림없이 재료의 교환이다(대사의 독일말인 'stoffwechsel'도 재료의 교환을 뜻한다). 재료의 교환이 핵심적이어야 한다는 것은 터무니없다. 질소, 산소, 황 등의 원자도 어떤 다른 것만큼 좋다. 그러면 이것들을 교환해 어떤 이득을 얻을 수 있을까? 과거 얼마 동안은 우리가 에너지를 먹고 산다는 말에 우리의 호기심이 별 이의 없이 충족될 수 있었다. 여러분은 어떤 선진국(나는 그것이 독일인지 미국인지 아니면 두 나라 다인지 생각이 나지 않는다) 식당의 차림판에 요리마다 가격 이외에 에너지양도 표시된 것을 본적이 있을 것이다. 말할 필요 없이 그리고 문자 그대로 이것은 터무니없다. 왜냐하면 성장한 유기체, 즉 어른의 에너지함량은 그 사람 몸의 물질량만큼 변화하지 않기 때문이다. 확실히 어떤 칼로리도 다른 칼로리만큼의 가치가 있으므로 단순한 교환이 어떻게 도움을 줄지 알 수 없다.

그러면 우리를 죽음에서 벗어나도록 해 주는 음식에 포함된 귀중한 것은 무엇일까? 거기에 대해서는 쉽게 답할 수 있다. 한마디로 말해 자연에서 진행되는 모든 일은(과정이든 사건이든 아니면 사고라고 하든 그것은 여러분이 원하는 대로 부르면 될 것이다) 그러한 일이 진행되고 있는 세계의 부분에서 엔트로피가 증가하는 현상을 동반한다. 따라서 살아 있는 유기체는 계속해서

자체내의 엔트로피를 증가시켜(어떤 사람은 양(陽)의 엔트로피를 만든다고 말할지 모른다) 죽음을 뜻하는 최대 엔트로피의 위험한 상태로 다가가는 경향을 나타내게 된다. 그러므로 유기체는 환경으로부터 계속하여 음의 엔트로피를 얻어야 죽음에서 멀리 벗어나, 즉 살아있을 수 있다. 음의 엔트로피는 우리가 곧 보게 되는 바와 같이 매우 긍정적인 의미를 가진다. 유기체가 먹고 사는 것은 음의 엔트로피이다. 또는 덜 역설적으로 말해 대사과정의 핵심은 유기체가 살아가는 동안 생성할 수밖에 없는 모든 엔트로피로부터 스스로를 자유롭게 하는 데 성공하는 것이다.

문제 3. 단백질의 번역(translation)이 일어날 때 전령 RNA(mRNA)와 리보솜, 단백질 합성에 관해 설명하라.

▶ **관련된 책 : 열광의 탐구(What Mad Pursuit?)**

지은이 : 프랜시스 크릭

출판사 : 범양사 출판부

본문 내용 : P152-153

▶ **본문 내용**

그때 나는 PaJaMo 실험(파디와 자코브, 모노의 실험)의 원논문에 혹시 어떤 실수가 있었을 수도 있다고 생각하여, 이 점에 대하여 자코브(Jacob)와 여러 의견을 주고받았다. 그는 이 연구가 어떤 과정으로 발전되어 왔는지 상세히 설명해 주었다. 그는 버클리의 파디(Pardee)와 모니커 라일리(Monica Riley)의 최근 실험에 대해서도 설명했다. 서서히 우리는 그들의 실험 결과가 옳다는 것을 받아들여야 한다는 것을 깨닫게 되었다. 그렇다면 이 실험에서 정확히 어떤 일이 일어났는지가 불분명했는데, 이는 그 다음 단계의 설명을 이어갈 수 없었기 때문이었다. 그러나 일련의 새로운 아이디어를 쉽게 재구성할 수 있었다. PaJaMo 실험에서 밝혀진 사실은 리보솜의 RNA는 전달 정보가 될 수 없다는 것이었다. 그 전에 우리가 가졌던 모든 문제는 이 새로운 사실을 설명할 수 있도록 재조정되어야만 했다. 그러나 우리는 전달 정보는 어디에 존재하는가라는 의문점에 봉착하여 다음 단계로 나아갈 수가 없었다. 그때 시드니는 이에 대한 해답을 발견했다고 큰소리로 말했다. (그 당시 어느 누구도 이 해답을 찾지 못한 듯 하였는데 나도 해답을 발견했다.) 이 혼미에 빠진 주제를 다룸에 있어서 하나의 부수적 의문은 대장균이 T4 박테리오파지에 의해 감염된 직후 나타나는 소량의 RNA의 정체가 무엇인가라는 것이었다. (대장균은 우리의 대장내에서 사는데, 실험실에서 흔히 사용된다.) 수년 전 1956년에 두 연구자 엘리엇 볼킨(Elliot Volkin)과 라자루스 아스트라찬(Lazarus Astrachan)은 파지에 감염된 대장균이 희귀 염기를 포함하는 새로운 종류의 RNA를 합성하는 것을 발견하였다. 이 RNA는 숙주 대장균의 염기 조성을 반영하지 않고 오히려 감염 파지의 염기 조성을 반영하였다. 처음에 그들은 이 RNA가 감염된 대장균이 대량으로 합성해야 할파지 DNA의 전구체일 것으로 생각했다. 그러나 그들은 계속된 연구 결과 이 생각이 잘못된 것임을 알았다. 그들의 실험은 놀랄만한 내용이었으나 실험 결과를 어떻게 해석해야 할지는 알 수 없었다.

이 시점에서 문제는 다음과 같이 요약될 수 있었다; 전령 RNA가 리보솜에 들어 있는 RNA와는 다른 종류의 것이라면 왜 이것을 발견하지 못했을까? 시드니가 발견했던 해답은 볼킨과 아스트라찬이 발견한 RNA가 파지에 감염된 세균내에서의 전령 RNA라는 것이었다. 일단 이와 같은 통찰력이 생긴 이후, 다음 단계는 거의 자동적으로 진행되었다. 만일 개별적 전령 RNA가

따로 존재한다면 리보솜의 RNA는 서열 정보를 가질 필요가 없었다. 이것은 단지 판독기 역할을 할 뿐이다. 리보솜 한 개가 단 한 개의 단백질 합성으로 국한되는 것이 아니라 리보솜은 전령 RNA를 따라 이동하면서 단백질을 만들고 다시 다른 전령 RNA에 결합하여 다른 단백질 합성을 반복할 수 있다고 설명할 수 있었다. 전령 RNA가 분해되기 전에 단지 2-3회 사용된다고 가정하면 PaJaMo 실험 결과는 쉽게 설명될 수 있었다. (처음에 우리는 전령 RNA가 단 1회 사용되는 것으로 생각했으나 곧 이와 같은 제한은 꼭 필요하지 않음을 알았다.) 이 점으로부터 시간에 따라 단백질이 직선 비례적으로 증가되는 실험 결과를 설명할 수 있었다.

즉 β -갈락토시다아제의 전령 RNA는 생성 속도와 소멸 속도가 같게 유지됨으로써 평형 농도에 도달한 후 이 농도로 유지된다고 해석할 수 있었다. 이것은 낭비적 과정처럼 여겨질지 모르나 이렇게 함으로써 세포는 주변 환경 변화에 신속히 적응할 수 있는 능력을 갖게 된다.

그날 저녁 나는 골든 헬릭스에서 모임을 주최하였다. 우리는 가끔 모임을 가졌으나 이번 경우는 조금 다른 것이었다. (분자 생물학자들의 모임은 케임브리지에서 가장 활발한 것으로 평가되고 있었다.) 바이러스 학자 로이 마컴(Roy Markham) 등을 포함한 약 반수의 외부 인사들은 오전에는 참석하지 않았으나 저녁에는 모임에 와서 파티를 즐기고 있었다. 나머지 반수의 참석자들은 몇몇 그룹으로 나뉘어 이유를 알 수 없었던 실험 자료를 아주 쉽게 설명할 수 있는 점과 이 가설을 검증할 수 있는 새로운 결정적인 실험 계획을 세우는 일에 집중하고 있었다. 이 실험 중의 일부가 캘리포니아 공대에서 시드니, 자코브, 그리고 매트 메셀슨(Matt Meselson)에 의해서 그 이후 수행되었다.

두 가지 내용이 내포되어 있는 생각을 한번에 나타내기는 어렵다. 그 하나는 새 아이디어를 처음 포착했을 때 느꼈던 섬광과 같은 감격이었다. 이것은 너무도 기억에 생생하여 그 당시에 시드니, 자코브, 그리고 내가 방 안에서 어느 위치에 앉아 있었는지도 기억을 한다. 다른 한 가지는 이러한 새 아이디어가 그렇게 많았던 우리의 난제들을 해결했다는 점이다. 단 하나의 잘못된 가설(즉 리보솜 RNA가 전령 RNA 역할을 한다는 것)은 우리의 사고를 완전히 혼동되게 만들었으며 마치 우리는 짙은 안개 속을 헤매는 것 같았다.

그날 아침 일어날 때 나는 단백질 합성의 전반적 조절 기작에 대해서 혼동된 생각을 가지고 있었으나 그날 밤 잠자리에 들 때 모든 문제는 해결되어 있었으며 우리 앞에는 밝게 빛나는 해답이 비쳤다. 물론 이 새로운 아이디어를 정립하려면 수개월 혹은 수년이 걸릴 수도 있었으나 우리는 더 이상 정글 속에서 길을 잃은 상태에 있지 않았다. 우리는 앞에 펼쳐진 평원을 답사할 수 있었으며 먼곳에 보이는 목표의 산을 볼 수 있었다.

새 아이디어는 유전 암호를 풀 수 있는 결정적 실험에로의 길을 열었다. 즉 리보솜에 특정 전령 RNA(자연적인 것 혹은 합성된 것)를 가해 주는 실험을 계획할 수 있게 해주었는데 그 전까지는 이 아이디어가 전혀 무의미한 것이었다.

문제 4. '생명, 풀리지 않는 코드'(도서출판 성우)를 읽고 다음 문제를 설명하라.

- 1) 줄기세포는 무엇이며 어디에 이용될까? 또 배아 복제가 무엇인가?
- 2) 배아 줄기세포를 얻는 방법 세 가지를 제시하라.
- 3) 복제 동물과 인간 복제의 문제점에 대해 설명하라.

▶ 해설 및 모범답안

1) 수정란이 발생해 착상하기 직전의 배반포 세포들은 분화가 이뤄지지 않아 어떤 세포로도

분화될 가능성을 지닌 세포다. 이것이 흔히 말하는 '배아 줄기세포'다. 배아 줄기세포는 이식하는 부위에 따라 어떤 조직으로도 자라날 수 있으므로 많은 관심을 끌고 있다. 손상된 장기나 조직에 배아 줄기세포를 이식하면 조직을 대체할 수 있는 새로운 세포로 증식한다. 또 골수 이식과 같은 장기 이식에도 배아 줄기세포를 사용하는 것이 가능하다.

우리나라에서는 냉동배아를 이용해 줄기세포에서 심장 근육세포까지 배양한 예가 있다. 배아복제란 줄기세포를 얻어내는 것을 의미하는데, 복제된 배아가 세포분열이 조절되지 않아 완전한 태아로 발생되면 복제 동물이 탄생할 수 있다.

2) 배아 줄기세포는 불임시술 뒤 남은 냉동배아나 유산된 태아에서 얻을 수 있다. 이중 냉동배아에서 얻는 방법이 가장 손쉬운 현실적 방법이다. 또다른 방법으로는 5년 이상 냉동 보관된 난자세포에 체세포 핵을 이식해 배아복제를 할 수 있다.

3) 복제 동물은 세포핵 치환법이란 방법으로 만들어진다. 복제양 돌리를 비롯한 여러 동물을 복제하는데 쓰인 방법이다. 복제의 결과만큼이나 복제의 과정에도 문제가 발생하는 경우가 많다. 성공률이 낮아 95%가 배아 상태에서 숨졌으며 출산은 했지만 바로 죽는 경우도 많다.

2003년 12월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번 12월호에서는 11월호에 이어 생물에 대한 과학논술과 구술면접 예상문제에 관련되는 인물과 서적을 소개한다. 그리고 예상문제 풀이에 해당하는 서적 내용을 거의 변형 없이 옮겨 놓았다. 과학논술과 심층면접을 효과적으로 대비하기 위해서라도 직접적으로 관련된 교양서적은 필히 읽어두기 바란다.

문제 1. 일반적으로 사람은 각 염색체 쌍의 한쪽은 어머니에게서 유전되고, 다른 한쪽은 아버지에게서 유전된다. 하지만 실제로는 이 유전 과정에서 재결합(recombination)이라는 현상이 나타날 수 있어 복잡한 양상을 띤다. 이런 현상으로 인해 적지 않은 유전자 변이가 나타나고, 그만큼 조상을 추적하기가 어려워진다.

1) 미토콘드리아 DNA의 유전 방식에 대해 설명하시오.

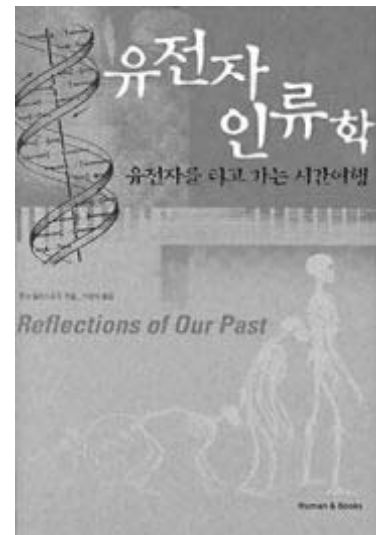
2) '미토콘드리아 이브', 즉 인류의 공통 모계 조상에 대해 설명하시오.

▶ 관련된 책 : 유전자 인류학 (Reflections of Our Past)

지은이 : 존 H. 킬리스포드

출판사 : 휴먼앤북스

본문내용 : 1) p58, 2) p102-110



▶ 책 소개

이 책은 현대 인류는 어디에서 나타났을까, 우리는 네안데르탈인의 후손일까, 1천년 전 바이킹이 아일랜드를 침공했다는 증거를 오늘날 아일랜드에서 찾아낼 수 있을까 등 흥미진진한 주제를 어렵지 않은 용어로 풀어나간다. 인류학자들이 어떻게 유전자 정보를 분석하고 활용해 인류 역사의 진실을 찾아내고 잊혀진 역사를 복원해내는지 그 생생한 현장을 우리 눈앞에 펼쳐 보인다.

저자는 1980년 뉴욕 주립대에서 인류학 박사 학위를 받았으며, 현재 미국 자연인류학자협회 부회장이다.

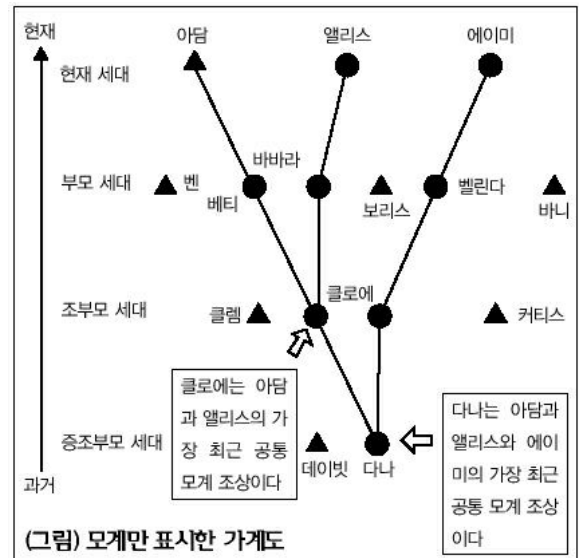
▶ 본문 내용

1) 수태가 될 때, (23개의 염색체를 갖고 있는) 정자 속에 들어 있는 핵 DNA는 (23개의 염색체를 갖고 있는) 난자 속에 들어 있는 핵 DNA와 결합해 수정란에 23쌍의 염색체를 만든다. 하지만 미토콘드리아 DNA는 이런 방식으로 유전되지 않는다. 미토콘드리아가 어머니의 난세포에서 나오고, 이때 미토콘드리아 DNA도 나온다.

당신의 미토콘드리아 DNA는 당신 어머니에게서 유전된 것이다. 당신 어머니는 그 어머니에게서 유전되었고, 또 그 어머니는.... 당신이 갖고 있는 미토콘드리아 DNA에 당신의 아버지가 보태준 건 아무것도 없다.

2) 하지만 1987년 레베카 칸, 마크 스톤킹 그리고 앨런 윌슨의 공동 연구 논문인 '미토콘드리아 DNA와 인류의 진화'가 '네이처'지에 발표되자 상황은 극적으로 바뀌었다. 이 논문은 전 세계 사람들을 표본으로 삼아서 DNA를 추출하고 이를 분석한 결과를 실은 것이었다. 2장에서 살펴보았듯이 미토콘드리아 DNA는 오로지 모계를 통해서만 유전된다. 따라서 개체군의 역사를 분석하는 데 매우 유용하다. 핵 DNA처럼 유전자 물질이 섞이는 일이 없기 때문이다.

두 사람이 비슷한 미토콘드리아 DNA를 가지고 있다면 이들은 가까운 과거에 동일한 모계 조상을 공유한다. 친척 관계가 먼 사람일수록 미토콘드리아 DNA 배열의 차이는 커진다. 이 차이가 발생하는 이유는 돌연변이 때문이다. 미토콘드리아 DNA가 모계를 따라서만 유전되기 때문에 두 사람이 서로 다른 미토콘드리아 DNA를 가질 수 있는 유일한 방법은 돌연변이뿐이다. 시간이 흐름에 따라 돌연변이가 축적되고 미토콘드리아 DNA 내에 커다란 차이가 생긴다.(중략)



아담과 앨리스와 에이미 사이의 관계는 미토콘드리아 DNA를 추적할 때처럼 모계 쪽으로만 볼 때 더 분명해진다. (그림)은 유전의 모계 방향만 보여준다. 사촌인 아담과 앨리스의 가장 최근 모계 조상은 할머니인 클로에다. 클로에의 모계 조상(어머니)은 다나이고, 다나는 에이미의 증조할머니다. 이런 식으로 바라보면, 아담과 앨리스와 에이미의 가장 최근 모계 조상은 다나이다.(중략)

우리 인류가 지나온 과거 어떤 시점으로 거슬러 올라가면, 살아있는 모든 인류는 공통의 모계 조상을 가지고 있을 것이다. 이 여성은 언제 살았을까? 칸과 그녀의 동료들은 이 여성이 20만 년 전에 살았다고 결론을 내렸다. 우리 인류가 각자 미토콘드리아 DNA를 추적해 조상을 찾아가면 모두 이 여성을 만날 수 있을 것이다.

문제 2. '가이아'란 고대 그리스 신화에 등장하는 대지의 여신을 일컫는 말로, 지구의 생물을 어머니처럼 항상 보살펴 주는 자비로운 신이다. '지구는 그 자체가 하나의 거대한 생명체로서 그 위에 살고 있는 생물들의 생존에 최적 조건을 유지해 주기 위해 언제나 자기 조정하며 스스로 변화하는 것이다'는 러브록의 '가이아 이론'의 핵심이다. 이 이론을 바탕으로 한 환경오염에 대한 견해에 대해 설명하시오.

▶ 관련된 책 : 가이아(생명체로서의 지구)

지은이 : 제임스 E. 러브록

출판사 : (주)범양사출판부

본문내용 : p171-181

▶ 책 소개

1979년 이 책이 발간되자마자 과학계에서 적지 않은 반발이 일어났다. 지구를 화성이 없는 바

윗덩어리 위에 동식물이 우연히 살고 있는 것으로 보는 종래의 과학적 지구관과 가이아 이론은 상충되는 것이었으므로 이를 반박하는 소리가 높을 수밖에 없었다. 그러나 반박 이론들에도 불구하고 해가 갈수록 가이아 이론은 더욱더 과학적 기반을 굳혀 갔다.

저자는 1919년 영국에서 태어나 런던대와 맨체스터대에서 화학을 배운 후, 의학 박사학위를 땀다. 영국의 레딩대, 미국의 하버드대, 예일대 등에서 강의와 연구를 담당했다. 현재 해양 생물학회 회장 이자 런던의 왕립학회 회원이다.



▶ 본문 내용

우리들이 집에서 바퀴벌레나 모기를 잡기 위해 뿌리는 살충제가 국 화과 식물에서 추출되는 화학 물질임을 알고 있는 사람이 과연 얼마나 될까?(중략)

현재까지 알려진 가장 맹독성의 물질은 놀랍게도 자연의 생산품이다. 박테리아에 의해서 만들어지는 '보툴리누스' 독, 바다에서 적조 현상을 야기하는 쌍편모 조류가 발산하는 치명적인 독성, 독버섯의 독 등은 모두가 생물체가 만드는 유기 화합 물질이다.(중략) 만약 이러한 물질을 우리 인간이 발명하였다면 인류의 사악한 마음이 화학 공업 기술을 이용하여 자연의 법칙을 무시하는 약품을 만들었다고 비난받아 마땅할 것이다.(중략) 그렇지만 그것은 자연의 산물이다. 그리고 자연의 생물들에 의해서 진화의 과정에서 만들어진 수많은 유독 물질들 중의 하나에 불과하다.(중략)

그렇다면 환경오염이라는 것은 자연 현상이라고 할 수 있지 않을까? 만약 우리들이 폐기물을 내던져 버리는 것 정도를 오염으로 간주한다면, 오염은 가이아에게 있어서는 마치 우리들이나 다른 동물들이 숨을 쉬는 것과 마찬가지로 자연적인 현상이라고 할 수 있다.(중략)

산소의 오염(약 15억년 전 자유 산소가 대기권에 처음 나타난 것)이라는 자연적 재난은 그 당시의 생태계가 새로운 환경에 적응할 수 있을 정도로 서서히 진행되었다는 점을 강조하고 난 후에 설명되어야만 한다. 비록 이 사건으로 대부분의 생물종들이 전멸한 것은 사실이지만 산소에 저항력을 갖는 새로운 생태계가 구성되어서 지구의 표면을 차지하게 되었다는 점 또한 사실이다.

산업 혁명에 의해 시작된 환경오염은 그에 비하면 비교적 작은 규모의 재난이라 할 수 있으며, 따라서 적응의 문제도 비교적 쉽게 이루어질 수 있다고 생각된다.(중략)

범지구적 규모로 기후를 통제하는 가이아는 자신의 한 부분으로 엄청난 양의 미생물 집단을 수용하고 있다. 바다와 지표면의 조류들은 태양빛을 사용하여 물질을 생산하는 생물체의 가장 중요한 기능, 즉 광합성을 수행한다. 그들은 지각이 제공하는 탄소의 반 정도를 변환시키는 역할을 담당한다. 토양과 바다 밑바닥의 호기성 분해 미생물들은 대륙붕, 대양저, 늪지 및 습지 등의 진흙탕 속에서 생활하는 혐기성 미생물들과 함께 탄소를 변환시키는 나머지 역할을 담당한다. 대형 동식물들과 해초류들도 중요한 전문적 기능을 담당할 것임에는 틀림이 없지만 가이아의 자가 조절적 활동의 대부분은 여전히 미생물들에 의해서 수행되는 것이 분명하다.(중략)

지구의 어떤 지역들은 다른 지역들보다 가이아에 훨씬 더 중요하다고 생각된다. 따라서 비록 우리들이 인구의 증가와 함께 식량의 공급도 필연적으로 증가되어야 한다는 당위성을 충분히 인정한다고 하더라도 범지구적 규모의 통제를 담당하는 그러한 지역들을 너무 갑자기 훼손시키지 않도록 정말로 세심한 주의를 기울여야 한다고 믿어진다. 일반적으로 대륙붕과 습지들은 그러한 역할을 수행하는 가장 적당한 장소로 여겨지고 있다.

문제 3. 코흐는 결핵균이 결핵의 원인임을 밝히는 실험을 통해 세균학의 가장 기본이 되는 '코흐의 공리'를 확립했다. 특정한 세균이 특정한 질병을 일으킨다는 사실을 증명하기 위해 꼭 필요한 네가지 과정은 무엇인가?

▶ **관련된 책 : 미생물 작은 세상의 반란(선생님도 놀란 과학 뒤집기 12)**

엮은이 : 이원경

출판사 : 도서출판 성우

본문내용 : p135-137



▶ **책 소개**

미생물이라는 주제에 대해 인간, 자연, 기술, 역사, 문화 영역으로 나눠 알기 쉽고 재미있게 설명한 책이다.

▶ **본문 내용**

코흐는 이 실험을 통해 세균학의 가장 기본이 되는 '코흐의 공리'를 확립했다. 즉 특정한 세균이 특정한 질병을 일으킨다는 사실을 증명하기 위해서는 다음과 같은 네 가지 과정과 단계가 필요하다는 것이다.

첫째, 문제시되는 질병의 모든 경우에서 그 세균이 발견돼야 한다. 예를 들어 결핵에 걸린 환자에서 항상 결핵균을 발견, 분리할 수 있어야 한다. 둘째, 실험실에서 그 세균을 배양할 수 있어야 한다. 셋째, 배양한 그 세균을 실험동물에 투입했을 때 똑같은 질병이 생겨야 한다. 예컨대 분리 배양한 결핵균을 실험동물에 주어 결핵을 일으킬 수 있어야 한다. 넷째, 그 병(결핵)에 걸린 실험동물에서 다시 그 세균(결핵균)을 분리할 수 있어야 한다.

코흐가 결핵균을 처음으로 발견한 것도 끊임없는 노력의 소산으로 칭송할 일이지만, 자신이 발견한 그 세균이 결핵의 원인이라는 사실을 입증한 것이야말로 과학자로서의 코흐의 탁월함을 잘 나타내는 것이다. 1905년 노벨 생리의학상 수여도 단순히 결핵균을 발견한 댓가가 아니라 코흐의 과학성에 대한 정당한 평가였던 것이다.

문제 4. 최초로 밝혀진 중앙 바이러스 '루씨 닭 육종 바이러스'에 관해 설명하시오.

▶ **관련된 책 : 아이작 아시모프의 과학에세이(지구는 비틀거리며 돈다)**

지은이 : 아이작 아시모프

출판사 : 언어문화사

본문내용 : p226-227

▶ **책 소개**

과학 저술가 아이작 아시모프의 글과 단상 가운데 62편을 실은 것이다. 혹성이라든가 원자 핵, 공룡, 아인슈타인 등 과학을 내용으로 다룬 것들도 있고, 위대한 과학자들이 애쓰는 모습을 생생하게

그러낸 재미있는 이야기들도 있다.

저자는 1920년 러시아에서 태어났다. 1949년 미 컬럼비아대에서 이학박사 학위를 받았으며, 저술활동은 아주 젊은 시절부터 시작했다. 아주 정열적이어서 그가 46세일 때 1백권째 책이 출판됐다. 여러 공상과학소설을 저술했고, 수학, 물리, 천문, 생물, 역사 등 손대지 않은 분야가 거의 없을 정도다.



▶ 본문 내용

그 연구소에서 일을 시작한 지 얼마 되지 않아 양계장을 하는 어떤 사람이 병든 플리머스 로크종 닭을 한 마리 검사하려고 연구소에 왔다. 그 닭은 종양에 걸려 있었다. 닭이 죽자 루는 혹시 바이러스가 있는지 살펴보기로 했다(없을 것이 틀림없다고 생각했다). 그는 종양을 떼어내 으깨서 바이러스만을 걸러내는 장치로 흘려 보냈다. 그러나 그는 이 '세포를 마음대로 넘나드는 물질'이 감염되는 물질이라는 것을 알아냈고, 다른 닭에서도 종양을 만들어낸다는 것을 알아냈다. 그가 1911년에 낸 연구보고서에서는 이것을 감히 바이러스라고 부르지는 않았지만, 시간이 흘러가면서 바이러스에 대해 점점 더 많이 알려지자 바이러스 말고는 따로 부를 만한 게 없는 것 같았다. 1930년대에 그 물질은 '루씨 닭 육종 바이러스'라는 이름을 얻게 되었고, 최초의 '종양 바이러스'가 되었다.

시간이 더 지나갔다. 바이러스는 핵산이 단백질에 둘러싸여 있는 구조로 되어 있다는 것이 밝혀졌다. 핵산 부분은 세포를 뚫고 들어갈 수 있고 때로는 마찬가지로 핵산이 단백질에 둘러싸인 구조로 되어 있는 염색체에 덧붙기도 한다는 것도 알려졌다. 이런 식으로 바이러스는 세포 안의 화학작용을 바꾸어 놓고 그래서 종양이 자라나도록 할 수 있었다.

1966년 무렵까지 이같은 바이러스의 작용이 얼마나 중요한가 하는 것이 분명하게 알려지게 되었고, 그래서 55년 전 루가 낸 보고서가 노벨상을 받을 가치가 있다는 것이 드러났다. 물론 죽은 사람에게에는 노벨상을 주고 싶어도 못준다. 그러나 역세게도 운 좋게 루는 아직 살아 있었다. 그는 그때 막 여든일곱 번째 생일을 지났고, 여전히 연구실에서 활발하게 연구를 하고 있었다. 그는 반세기가 넘도록 기다려 노벨상을 받았다. 최고로 나이가 많은 사람이 노벨상을 받은 기록을 남겼다.

문제 5. 인간은 다른 동물에 대해 '먹이, 공생자, 경쟁자, 기생충, 약탈자' 가운데 하나로 간주한다. 이것 이외에 인간은 동물에 대해 과학적 접근방식과 미학적 접근방식, 그리고 상징적 접근방식이라는 독특한 접근방식을 갖고 있다. 이에 대해 사회생물학적 관점에서 설명하시오.

▶ 관련된 책 : 털없는 원숭이(The Naked Ape)

지은이 : 데스먼스 모리스

출판사 : 영언문화사

본문내용 : p235-262

▶ 책 소개

인간을 '털없는 원숭이'라는 다소 언짢은 이름으로 부르면서, 동물행동학자 특유의 시선으로 인간의

발생론적 기원과 섹스, 양육, 탐험, 폭력성, 음식, 몸손질, 그리고 다른 동물과의 관계를 설명한다. 인간의 동물적 본성을 정확히 알게 해준다.

저자는 영국의 저명한 동물행동학자로 옥스퍼드대에서 박사학위를 받았다. 1956년부터 1967년까지 런던 리젠트파크 동물원의 포유류 관장으로 재직했으며, 같은 기간 BBC TV의 '동물원 시간'이라는 생방송 프로그램의 제작과 진행을 맡았다. 동물 보호와 동물의 행태 연구에 힘써 수많은 관계논문과 저서를 발표했다.

▶ 본문 내용

털없는 원숭이는 탐험을 좋아하고 기회주의적인 속성을 갖고 있기 때문에, 먹이로 삼을 수 있는 동물의 목록이 방대하다. 그는 이 세상에 존재하는 거의 모든 동물을 언젠가는, 어디선가는 한번쯤 잡아먹어본 적이 있다. 선사시대 유물을 연구해본 결과, 약 50만년 전에 살았던 털없는 원숭이가 한 곳에서만 들소와 말, 코뿔소, 사슴, 양, 메머드, 낙타, 타조, 영양, 멧돼지 및 하이에나를 잡아먹은 사실이 밝혀졌다. 이 '메뉴'는 날이 갈수록 다양해져 이제는 못 먹는 음식이 거의 없기 때문에 최근의 '메뉴'를 열거하는 것은 무의미하겠지만, 우리 인간의 약탈행위가 갖고 있는 한 가지 특징은 언급해둘 가치가 있다. 즉, 우리는 경우에 따라 입에 맞는 거라면 거의 무엇이든 다 먹을 수 있지만, 그래도 먹이의 대부분을 몇 가지 주요 동물로 제한시켜 왔다.(중략)

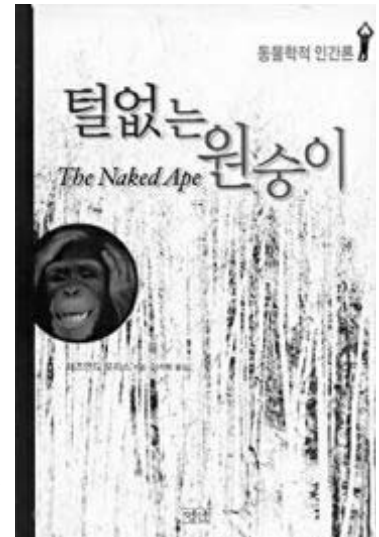
우리 인류 역사상 가장 오래된 공생 동물이 개라는 것은 의심할 여지가 없다. 우리 조상들이 이 귀중한 동물을 언제부터 길들이기 시작했는지는 정확히 알 수 없지만, 적어도 10,000년 전부터는 개와 인간의 관계가 시작된 것 같다. 이 이야기는 참으로 흥미진진하다. 개의 조상인 들개는 사냥하는 우리 조상들과 맞서 경쟁을 벌였을 게 분명하다. 들개와 인간은 둘 다 떼를 지어 큰 먹이를 잡는 사냥꾼이었고, 처음에는 둘 사이에 사랑이 싹틀 여지도 거의 없었을 것이다. 그러나 들개는 우리 사냥꾼들이 갖고 있지 않은 특별한 사냥 기술을 갖고 있었다. 그들은 특히 떼를 지어 사냥감을 모는 일에 능숙했고, 아주 빠른 속도로 사냥감을 추적할 수 있었다.(중략) 잡은 먹이를 나누어주는 대가로 이런 속성을 이용할 수 있다면, 그 거래는 인간에게 유리할 터였다. 어떻게든—우리는 그 방법을 정확히 알지 못한다—이 일은 성사되었고, 개와 인간의 동맹관계가 맺어졌다.(중략)

우리는 먹이나 공간을 얻기 위해 우리와 경쟁하는 모든 동물, 또는 우리의 효율적인 삶을 방해하는 모든 동물을 무자비하게 제거한다.(중략) 예를 들어, 오늘날 유럽에는 털없는 원숭이들만 우글거릴 뿐 몸집이 큰 육식동물은 사실상 완전히 사라졌다.(중략)

의학이 발달할수록 기생충의 지배력은 줄어든다. 그 여파는 다른 모든 동물에게 위협을 가져다 준다. 기생충이 사라져 우리의 건강이 좋아지면, 인구가 훨씬 더 놀라운 속도로 늘어나, 사소한 경쟁자들까지 모조리 없애버려야 할 필요성이 강조될 수도 있기 때문이다.(중략)

우리가 아는 한 지금까지 육식동물의 약탈 때문에 인간의 수가 크게 줄어든 적은 역사상 한 번도 없었다. 그러나 사자와 호랑이, 들개, 악어, 상어, 맹금류 등 몸집이 큰 육식동물은 이따금 인간의 고기를 맛보았고, 그 대가로 그들이 사라져 갈 날도 얼마 남지 않았다.(중략)

과학적 접근방식과 미학적 접근방식은 우리의 강력한 탐구욕을 증명한다. 모르는 것을 알고 싶어하는 우리는 호기심은 모든 자연현상을 조사하도록 우리를 재촉하고, 동물 세계는 당연히 이



런 점에서 많은 관심의 초점이 되었다.(중략)

2004년 01월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

생물 과목의 심층면접도 다른 과학 과목과 마찬가지로 업그레이드된 형식과 내용으로 진행됩니다. 출제경향에 맞춰 엄선한 문제들에 대해서 교과 내용을 바탕으로 심화 내용까지 다룰 예정입니다. 이번호에서는 바이러스, 광합성, 미생물 계통, 신경계에 대해 알아봅니다.

1. 인류역사와 함께한 바이러스

바이러스는 세균과 함께 각종 병을 일으키는 대표적인 병원균이다. 바이러스는 수만종에 이르고 계속 변종이 생기기 때문에 전체 수를 아는 일은 사실상 불가능하다. 바이러스는 크기가 세균보다 작고 숙주에 기생하지 않고는 살아갈 수 없다. 흔히 바이러스를 극복하는 것은 불가능하다고 하는데, 이는 백신을 개발해도 새로운 돌연변이가 등장하기 때문이다.

- 1) 바이러스의 생물과 무생물로서의 특성을 간단히 말하라.
- 2) 바이러스는 동물만 감염시킬 수 있는가? 바이러스를 어떤 기준으로 어떻게 분류할 수 있는가?
- 3) 백신이란 무엇이며 어떤 형태들이 있는가?
- 4) 돼지콜레라는 국제적으로 피해가 심각한 악성가축전염병이다. 전염성이 매우 강하고 일단 발병하면 치료할 수 없는 급성폐사성 바이러스성 전염병이다. 돼지콜레라가 발병한 후에 치료할 수 없다면 이것을 막는 유일한 방법은 무엇인가?
- 5) 독감예방주사를 맞아도 감기에 걸리는 이유는 무엇인가? 독감과 감기는 어떻게 다른가?

▶ 전문가 클리닉

바이러스의 구조를 생물체의 세포 구조와 비교해보면 바이러스가 생물의 특성과 무생물의 특성을 모두 가진 것을 알 수 있습니다. 생물의 특성이 무엇인지, 바이러스의 구조와 종류에는 어떤 것이 있는지는 수업 중에 배운대로 대답하면 됩니다. 바이러스와 관련된 질병에 관해서는 신문·방송 매체를 통해 많이 접하게 되는데, 이를 예방하는 방법에는 어떤 것들이 있을지 평소에 생각해 볼 문제입니다. 각종 감염증이 발병 후에 치료할 수 없다면 막는 길은 당연히 예방하는 것입니다. 예방에는 바이러스를 처음부터 접하지 않는 것과 접한 이후에도 저항할 수 있게 만드는 방법이 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 바이러스의 생물적 특성은 다른 생물처럼 핵산과 단백질로 구성되어 있고, 자신의 유전물질을 갖고 있으며, 돌연변이를 일으킬 수 있다는 점입니다. 무생물로서의 특성은 스스로 물질대사를 할 수 없고, 세포기관이 없으며, 결정의 형태로 존재할 수 있다는 점입니다.
- 2) 바이러스는 식물, 세균에도 기생할 수 있습니다. 숙주에 따라 식물성, 동물성, 세균성(박테리오파지)으로 나눌 수 있습니다. 또 함유하고 있는 핵산의 종류에 따라서 RNA 바이러스와 DNA 바이러스로 나뉩니다.
- 3) 백신이란 감염이 되는 병원균 자체나 그 일부를 사용해 비감염자를 면역시키는데 사용하는 항원입니다. 감염증의 병명을 앞에 내세워 이름을 부르는 경우가 많은데, 만드는 방법에 따

라서 여러가지 형태들이 있습니다. 즉 미생물을 약품으로 죽인 것, 살아 있는 병원성 미생물을 장기간 배양해 독성을 없애거나 미약하게 한 것, 세균의 독성만 파괴한 것, 병원체의 구성성분 중 면역기능을 일으킬 수 있는 항원성분만을 추출해 제조한 것, 병원성 미생물의 유전자를 조작해 생산한 것, 유전자를 직접 생체 내로 주입해 세포 내에서 항원을 발현하게 하는 것(DNA 백신) 등이 있습니다.

- 4) 돼지콜레라의 병원체는 바이러스인데, 치료약이 없으므로 예방주사를 놓아 병을 미리 막는 것이 가장 좋은 예방법입니다. 즉 유일하며 가장 효과적인 방법은 백신 접종과 이후 일련의 방역조치입니다. 양돈장 출입을 통제하고 부득이 출입할 때는 차량, 손, 신발, 옷 등의 소독을 철저히 해야 합니다. 돼지를 구입할 때는 구입농장에서 과거 콜레라가 발생한 적이 없는지와 예방접종이 이뤄졌는지를 확인하고, 구입 후에도 이상여부를 확인해야 합니다. 병이 든 돼지는 소각하거나 깊이 매몰하고 돈사 내·외부는 철저히 소독해 바이러스가 외부로 방출되지 않도록 합니다.
- 5) 독감과 감기는 다른 것이기 때문에 독감예방주사를 맞아도 일반 감기에 걸릴 수 있습니다. 독감을 일으키는 바이러스는 매년 바뀌기 때문에 독감예방주사는 해마다 맞아야 합니다. 감기를 일으키는 원인 바이러스의 종류는 크게 8가?정도로 구별되는데 변종 바이러스까지 합치면 총 2백종류가 넘습니다. 그 중 흔히 인체 감염을 일으키는 것은 리노바이러스, 코로나바이러스, 아데노바이러스, 헤르페스바이러스 등입니다. 반면에 독감의 원인은 인플루엔자 바이러스로 4가지 형태가 발견됐습니다. 심각한 증상과 유행병을 일으키는 인플루엔자 A, 국지적인 전염병을 일으키는 인플루엔자 B, 증상이 가벼운 인플루엔자 C, 병원성이 불명확한 인플루엔자 D가 있습니다. 독감은 1년 내내 걸릴 수 있는 감기와는 달리 겨울철에 서너차례 크게 유행합니다. 독감은 1-3일의 잠복기를 거쳐 고열과 두통, 근육통, 눈이 시린 증세가 나타납니다. 반면 감기는 1-2일의 잠복기간을 거쳐 주로 코와 목의 통증, 기침 등의 증세를 보입니다.

2. 식량생산의 원천인 광합성

지구상의 생물은 태양으로부터 에너지를 얻는다. 즉 거의 모든 생물이 태양 에너지를 이용해 만들어지는 광합성 산물에 의존해서 살아가는 것이다. 광합성에 대한 연구는 최근 빠른 속도로 진전돼 각 단계가 밝혀지고 있다.

- 1) 광합성 반응을 한마디로 요약하라.
- 2) 식물의 잎이 녹색을 띠는 이유는? (부산대 2002)
- 3) 이산화탄소에 의해 지구가 온난해지는 현상을 온실효과라고 한다. 광합성은 온실효과에 어떤 영향을 미치는가?

▶ 전문가 클리닉

광합성과 물질대사는 생물에서 소홀히해서는 안될 핵심적인 부분입니다. 1번, 2번은 광합성이 이뤄지는 장소와 메커니즘에 대해 이해하고 있으면 비교적 대답하기 쉬운 문제입니다. 단순히 광합성의 화학식만 알고 있어서는 안됩니다. 3번 문제는 광합성이 지구의 대기에 어떤 영향을 미치는지를 묻는 것입니다. 식물이 광합성을 많이 한다면 당연히 대기 중의 이산화탄소는 줄어들고 사람이 숨쉬는데 필요로 하는 산소는 늘어납니다. 이산화탄소 농도가 높을수록 광합성 속도가 증가하고, 속도가 증가하면 이산화탄소를 많이 소비하는 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 광합성은 엽록체에서 빛에너지를 이용해 이산화탄소와 물로부터 포도당과 산소를 만드는 과정입니다.
- 2) 식물에서 녹색으로 보이는 부분에는 엽록체가 있는데, 엽록체 내에 존재하는 색소인 엽록소 때문에 녹색으로 보입니다. 엽록소에는 여러 종류가 있고 각기 다른 파장의 빛을 흡수합니다. 명반응에 직접 참여하는 엽록소a는 주로 청자색과 적색 빛을 흡수해 광합성에 이용하고 녹색 빛을 반사시키기 때문에 잎이 녹색으로 보입니다.
- 3) 이산화탄소는 태양빛은 투과시키지만 생성된 열이 빠져나가는 것을 차단해 날씨를 온난하게 만듭니다. 산업화 이후 석유, 석탄 등의 화석연료 사용의 증가로 인해 대기 중의 이산화탄소 농도는 증가 추세에 있습니다. 광합성은 이산화탄소를 소모하는 반응이기 때문에 온실효과를 감소시켜 줄 것입니다.

3. 제4의 물결인 바이오테크

미생물을 이용한 다양한 물질의 생산기술 개발 연구는 최근 미생물 전체 게놈 염기서열을 밝히는 작업과 그 정보를 이용하는 기술이 접목돼 매우 빠르게 진화하고 있다. 최근 인간 게놈프로젝트만 완성된 것이 아니라, 약 50여종에 이르는 미생물의 게놈도 완전히 분석돼 널리 알려져 있다. 앞으로 3백여종 이상의 미생물 게놈이 분석될 것으로 예상된다. 초기에는 주로 병원성 미생물이 미생물 게놈 연구의 대상이었으나, 점차 산업용 미생물로 관심이 옮겨가고 있다.

- 1) 유전자와 게놈에 대해 설명하라.
- 2) 미생물의 게놈분석은 어떤 분야에서 어떤 이익을 남길까?
- 3) 게놈프로젝트가 완성된 이후에는 유전자 기능의 연구가 이뤄져야 한다. 그 중 각광받는 것이 프로테오믹스(proteomics)다. 포스트 게놈프로젝트로서 프로테오믹스에 대해 아는 바를 말하라.

▶ 전문가 클리닉

프로테오믹스 개념은 다소 어려울 수 있지만 유전자와 단백질간의 관계를 이해하고 있으면 게놈과 프로테옴 간의 관계를 추론할 수 있습니다. 유전정보를 담고 있는 것이 유전자라면 실제로 세포 내에서 많은 일을 하는 것은 단백질이라고 할 수 있습니다. 쉽게 생각하면 하나의 단백질에 대한 정보를 하나의 유전자 염기서열이 갖고 있다고 보면 됩니다. 게놈프로젝트는 그 염기 서열을 다 밝히는 것입니다. 밝혀진 서열로부터 특정 유전자가 발현하는 단백질이 어떤 기능을 하는지를 알아야만 진정한 의미에서 게놈프로젝트가 완성됐다고 할 수 있습니다. 유전자와 게놈의 의미는 기본적으로 알고 있어야 하며, 아울러 게놈프로젝트 이후의 연구에 대한 것과 게놈프로젝트가 가져다 줄 이익과 문제점까지 포괄적으로 생각하고 있어야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 유전자는 유전인자라고도 하는데, 유전 형질을 나타내는 원인이 되는 인자입니다. 아버지의 염색체 속에 일정 순서로 배열돼 있으며, 생식세포를 통해 자손에게 아버지의 유전 형질이 전해지는 것입니다. 1909년 요한센이 이 인자를 처음으로 유전자라고 명명했고, 이후 유전자의 개념은 모건에 의해서 확립됐습니다. 모건은 유전현상은 염색체 위에 자리잡고 있는 유전자의 행동에 의해서 설명할 수 있다고 하는 염색체설을 제창했습니다.

유전자는 세포가 증식하면서 세포에서 세포로 안정된 상태에서 전해지는 것입니다. 하지만 때때로 여러가지 원인에 의해서 유전자에 변화가 일어나고 그 변화에 따라 변이체(돌연변이)가 태어나게 됩니다. 비둘과 테이텀은 1유전자 1효소설을 제창해 유전자는 효소라는 단백질 분자의 생성과 관련이 있음을 밝혔습니다. 게놈(genome)은 유전자(gene)와 염색체(chromosome)의 합성어로 한 생물체가 지닌 모든 유전정보(DNA)의 집합체를 뜻합니다.

2) 미생물의 게놈(유전체) 연구는 항균물질의 개발과 식품공학, 산업적 가치를 가진 미생물 개발의 측면에 중요성이 있습니다. 먼저 병원성 미생물 게놈 정보로부터 특정 병원성 유전자에 대한 체계적인 연구가 가능하고, 질병 관련 유전자를 발견해 병원성 미생물에 대한 치료제와 항균물질의 개발을 더 쉽게 할 수 있습니다. 또한 미생물 게놈 서열의 해독과 대사 회로 분석은 산업적으로 유용한 물질의 생산 과정을 더 쉽게 만들어 줍니다. 즉 각종 미생물의 게놈 정보는 생합성 기구에 해당하는 각종 효소를 유전학적으로 손쉽게 제조함으로써 산업기술에 바로 활용하게 해줍니다. 이는 기존 석유 산업의 화학제품을 대체하는, 새로운 높은 차원의 신규 생물산업 소재를 창출할 것입니다.

3) 게놈프로젝트는 게놈의 염기서열을 결정하는 것이고, 이후 게놈에 포함된 정보를 분석하는 연구분야로 단백질을 연구하는 프로테오믹스 등이 있습니다. 게놈이 유전정보인 DNA의 총체를 말하는 것처럼 프로테오믹스는 단백질의 총체를 의미합니다. 프로테오믹스는 프로테오믹스를 연구하는 학문 분야로서 단백질 각각에 대한 개별적인 연구 방법에서 탈피해 여러 단백질을 한꺼번에 분석합니다. 다시 말하면 프로테오믹스는 주어진 환경 속에서 게놈에 의해 발현되는 단백질을 분석해 그 기능을 알아내는 연구를 의미합니다. 게놈은 개체마다 유일하지만, 프로테오믹스는 한 개체에도 주어진 조건이나 환경에 따라 수없이 많이 존재합니다. 게놈이 생명체 설계도의 해독이라면 프로테오믹스는 기능단위의 총체적 해독을 가리킨다고 할 수 있습니다. 단백질은 생명체의 모든 기능과 활동을 조절하는 작용을 하는데, 이 때문에 생명의 비밀을 해독하는 핵심이 유전자에 있는 것이 아니라 단백질에 있다는 주장이 유력해지고 있습니다. 단백질이 어떻게 작동하는지를 이해할 수 있게 되면 각종 생명현상을 이해할 수 있게 됩니다. 기존의 단백질 연구에는 다량의 시료가 필요했으나 적은 양의 단백질을 분석하는 기술이 기계화·자동화되면서 단백질 분석 방법이 개발됐습니다. 이차원 전기영동법에 의해 단백질을 분리하고 이를 질량분석기를 통해 단백질 동정에 활용하는 단백질 연구방법이 프로테오믹스라는 학문 분야를 가능하게 한 것입니다.

4. 동물만의 특권인 신경

신경계는 지구에서 가장 복잡하게 조직된 자료처리 체계라 할 수 있다. 이런 신경계의 기능적 단위는 뉴런이다.

1) 뉴런의 구조와 종류에 대해 말하라.

2) 뉴런에서 자극이 전달되는 과정에 대해 설명하라.(서울대)

3) 세포들 사이의 정보전달을 담당하는 또다른 것은 호르몬이다. 세포수가 많거나 발달된 동물일수록 호르몬보다 신경이 더 발달돼 있는데 그 이유는 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

신경계와 뉴런, 자극에 관한 기본적인 지식을 묻는 것입니다. 알고 있는 바를 잘 정리해 대답하면 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 뉴런은 신경세포체와 수상돌기, 축색돌기로 구성됩니다. 수상돌기에서 받아들인 자극은 신경세포체를 거쳐 축색돌기로 전달됩니다. 뉴런은 기능에 따라 자극을 전달하는 감각 뉴런, 중추신경계의 명령을 전달하는 운동 뉴런, 이 둘을 연결하는 연합 뉴런으로 나눌 수 있습니다.
- 2) 뉴런의 세포막은 이온을 선택적으로 투과시켜 막 안과 밖의 전위차가 다른데 이를 휴지전위라고 합니다. 이는 세포막이 에너지를 소비하면서 나트륨 이온을 세포 밖으로 내보내고 칼륨 이온을 안으로 들여보내기 때문입니다. 이때 나트륨 이온은 세포 내로 다시 들어오지 못하고 칼륨 이온은 세포 안으로 확산됩니다. 칼륨 이온과 결합돼 있던 단백질 음이온은 세포 밖으로 나갈 수 없기 때문에 결국 막 안쪽이 음전하를 띕니다.

뉴런이 역치 이상의 자극을 받으면 그 부위 세포막의 나트륨 이온 채널이 열려서 투과성이 증가돼 빠른 속도로 나트륨 이온이 세포 안으로 들어옵니다. 그 결과 전위가 역전돼 바깥쪽이 음전하를 띠게 됩니다. 이를 활동전위라고 하며 이 현상을 탈분극이라고 합니다. 활동전위가 생기면 그 옆 부분의 막도 탈분극돼 그것이 결국은 뉴런의 축색돌기 말단까지 전해집니다. 축색돌기 말단에서는 아세틸콜린이라는 화학전달물질이 방출돼 다음 뉴런의 막 투과성을 변화시킵니다. 이런 식으로 자극이 전달됩니다.

2004년 02월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번호에서는 세포와 세포의 에너지 생성, 유전정보의 흐름과 광우병에 대한 문제를 다뤘습니다.

1. 생명의 기본단위인 세포

생물은 무생물에서 볼 수 없는 독특한 구조를 가지는데 그것이 세포다. 세포라는 이름은 로버트 훅이 코르크 조각을 관찰하다 동일하게 반복되는 작은 방 모양의 구조물을 '셀'이라고 명명한 데서 유래했다. 그 후 여러 생물의 세포를 관찰한 결과, 현미경의 성능이 크게 개선된 19세기에 모든 생물체는 세포라는 기본 단위로 이뤄졌다는 '세포설'이 등장한다.

- 1) 동물세포와 식물세포는 어떻게 다른가?
- 2) 세포는 크기가 작은 것부터 큰 것까지 있다. 살아가기 위해서는 충분한 DNA와 단백질, 그리고 내부구조를 갖고 있어야 한다. 세포의 크기가 작으면 어떤 이점이 있나?

▶ 전문가 클리닉

세포는 생명체의 구조적, 기능적 단위로 생물체에서 일어나는 모든 생명현상은 세포를 바탕으로 이뤄집니다. 세포의 크기와 모양은 기능과 밀접한 관계가 있습니다. 예를 들어 근육세포는 길기 때문에 신체의 다른 부분을 효율적으로 움직일 수 있습니다. 적혈구는 작기 때문에 모세혈관으로 이동할 수 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 식물세포에는 엽록체가 있어서 광합성을 통해 스스로 유기물을 합성하지만 동물세포에는 엽록체가 없습니다. 또한 식물세포는 셀룰로오스로 구성된 세포벽과 여러 화학물질을 저장하는 액포를 갖고 있습니다. 반면에 리소좀과 중심소체는 동물세포에만 존재합니다. 식물세포가 분열할 때에는 세포판이 형성되지만, 동물세포는 세포막이 함입되면서 분열합니다.
- 2) 세포가 크면 표면적이 커집니다. 그러나 세포의 부피에 대한 표면적의 비는 세포가 작아질수록 상대적으로 커지게 됩니다. 따라서 영양분과 산소를 받아들이거나 노폐물을 내보내는 것 같은 물질의 교환에는 작은 세포가 더 효율적입니다.

2. 세포의 에너지 생성

세포는 유기물에서 산소까지 전자가 이동하는 동안에 에너지를 만들어낸다. 발효란 산소호흡에 대한 대안으로 이용되는 무기호흡과정이다.

- 1) 산화환원반응이란 무엇인가? (경북대 2002)
- 2) 세포호흡에서 산소가 무슨 역할을 하는가?
- 3) 효모를 산소가 없는 배양조건에서 키울 때 알코올이 생기는 이유는 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

생물체가 에너지를 내는 방법과 그 과정에서 산소가 어떤 위치에 있는지를 묻는 문제입니다. 에너

지는 포도당과 같은 유기물 분자의 특수한 전자 배열 속에 있습니다. 세포호흡이란 포도당을 단계적으로 분해하면서 새로운 결합을 만들어 전자를 재배열하는 과정 중에 전자가 갖고 있던 에너지를 얻는 과정이라고 할 수 있습니다. 산소가 없을 때는 산소 대신 다른 물질이 전자를 최종적으로 수용하든지 또는 대사과정 중의 유기산물이 산화되는 발효과정을 거치게 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 하나의 분자에서 다른 분자로의 전자의 이동을 산화환원반응이라고 합니다. 전자를 잃는 반응을 산화라고 하고, 전자를 얻는 반응은 환원이라고 합니다. 전자의 이동에는 전자를 받는 물질과 주는 물질이 있어야 하기 때문에 산화와 환원이 동시에 일어나게 됩니다. 전자를 좀더 강하게 끌어들이는 분자를 접하게 되면 전자의 이동이 일어나게 되는 것입니다.
- 2) 포도당과 같은 유기물질을 분해하면서 에너지를 얻는 과정이 세포호흡인데 포도당이 갖고 있던 전자는 NADH로 전달됩니다. NADH는 다시 전자전달자에게 전자를 전달하고 계단식으로 전자전달반응이 시작됩니다. 첫번째 전자전달자가 산화되면서 두번째 전자전달자가 환원되는 식으로 전자는 전달돼 가장 아래에 위치하는 산소까지 도달하게 됩니다. 즉 세포호흡에서 궁극적으로 전자를 받는 것이 산소입니다. 산소가 이런 역할을 담당하게 된 것은 산소가 강하게 전자를 끌어들이는 경향이 있기 때문입니다.
- 3) 효모는 일반적으로 포도당 분자로부터 38개의 ATP를 생산하는 유산소호흡을 합니다. 그러나 산소가 없으면 해당과정에서 생산되는 두 개의 ATP로도 살아갈 수 있습니다. 해당과정은 포도당이 두 개의 피루브산으로 바뀌면서 NAD^+ 가 NADH로 환원되고 두 개의 ATP를 만듭니다. 산소가 없을 때에도 해당과정이 계속 될 수 있도록 NAD^+ 를 환원시키기 위해서 피루브산을 이산화탄소와 에탄올로 변화시킵니다. 이를 알코올발효라고 하는데, 그 결과로 알코올이 생기는 것입니다.

3. 정확한 유전정보의 흐름

DNA는 유전정보를 담고 있는 유전물질이다. 그 유전자형은 단백질로 발현되며 이 단백질이 표현형질을 결정하게 된다.

- 1) DNA와 RNA는 무엇의 약자인가?
- 2) RNA의 종류와 기능은 무엇인가?
- 3) mRNA로부터 단백질이 만들어지는 과정을 말해보라. (서울대 2002)
- 4) 인간게놈 프로젝트로 인간 유전자의 수는 3만개에서 3만5천개 정도로 밝혀진 반면 단백질의 종류는 10만개 정도로 추정됐다. 하나의 단백질이 하나의 유전자의 산물이라고 할 때 어떻게 유전자와 단백질 종류의 수가 이렇게 차이가 날 수 있을까?

▶ 전문가 클리닉

DNA와 RNA는 당, 염기, 인산으로 이뤄진 뉴클레오티드라는 단량체(monomer)가 사슬처럼 연결된 중합체입니다. 여기서 당은 탄소 5개로 이루어진 오탄당인 리보오스(ribose)이며, DNA의 리보오스에는 산소가 하나 적기 때문에 디옥시리보스라고 불립니다. 세포 내의 유전정보는 DNA에서 RNA로 전사되고, 다시 RNA에서 단백질로 전달이 됩니다. 이런 과정에서 핵이 없는 원핵생물과 사람과 같이 핵이 있는 진핵생물간의 차이를 알아두는 것이 좋습니다. 진핵생물의 경우에는 핵에서 RNA를 전사한 후에 세포질로 이동되기 전에 스플라이싱 같은 과정을 또 거

치게 됩니다. 하나의 유전자가 하나의 폴리펩티드를 지정하는데도 단백질의 수가 유전자 수보다 많으려면, 전사된 이후의 과정을 생각해보면 되겠습니다.

▶ 예시답안

- 1) DNA는 디옥시리보뉴클레익 엑시드(DeoxyriboNucleic Acid)의 약자이고, RNA는 리보뉴클레익 엑시드(RiboNucleic Acid)의 약자입니다.
- 2) RNA는 기능에 따라 세 종류로 나뉩니다. 첫째 리보솜 RNA(rRNA, ribosomal RNA)로 단백질이 합성되는 동안에 폴리펩티드가 만들어지도록 리보솜 상의 장소를 제공합니다. 둘째 전령 RNA(mRNA, messenger RNA)로 DNA를 주형으로 해 중합효소에 의해 만들어지는데 단백질을 만들기 위한 정보를 그대로 전달하게 됩니다. 마지막으로 운반 RNA(tRNA, transfer RNA)는 단백질을 합성할 때 아미노산을 운반하는 역할을 합니다. 염기쌍 형성에 의해 접혀져 있어서 여러 개의 고리를 이루며 이 중 안티코돈 고리는 mRNA의 코돈과 염기쌍을 형성하게 됩니다.
- 3) 단백질 합성과정은 폴리펩티드의 개시, 신장 및 정지의 세 과정으로 일어납니다. 진핵생물의 경우 핵에서 합성된 mRNA가 세포질로 이동해 유전암호에 따라 아미노산을 결합시켜 단백질을 합성합니다. 먼저 리보솜의 작은 단위체가 mRNA의 개시 코돈과 결합하고 여기에 메티오닌과 결합한 tRNA가 결합합니다. 리보솜의 큰 단위체가 다시 여기에 결합하고 리보솜의 tRNA 결합부위 2개 중 하나가 차게 됩니다. 비어있는 tRNA 결합부위에, mRNA 상의 코돈과 결합할 수 있는 안티코돈을 가진 tRNA가 자신의 아미노산과 결합한 채로 개시코돈 다음에 위치한 코돈에 결합됩니다. 처음의 메티오닌과 tRNA의 결합이 끊어져서 tRNA는 떨어져 나가고 대신 메티오닌과 그 다음의 아미노산의 결합이 생겨납니다. 리보솜이 하나의 코돈만큼 이동하고 세번째 아미노산을 결합하고 있는 tRNA가 똑같이 세번째 코돈에 결합합니다. 이후에는 같은 과정이 일어납니다. 그러다가 정지 코돈에 이르면 신장이 멈추고 리보솜은 mRNA로부터 떨어져 나가고 단백질 합성이 완성됩니다. 하나의 mRNA에는 여러개의 리보솜이 결합할 수 있어서 여러개의 폴리펩티드가 동시에 합성됩니다.
- 4) 동식물의 대부분 유전자들은 유전자의 내부에 아미노산을 실제로 암호화하는 DNA 부위인 엑손(exon)과 그 사이 해독되지 않는 부위인 인트론(intron)을 갖고 있습니다. 엑손과 인트론은 모두 DNA로부터 RNA로 전사되지만 RNA가 핵을 떠나기 전에 인트론은 제거되고 엑손끼리 연결돼 연속적으로 암호화된 서열을 갖는 mRNA 분자를 만듭니다. 이 과정을 스플라이싱이라고 하는데 어떤 경우에는 한가지 이상의 방법으로 스플라이싱이 일어나서 똑같은 RNA 전사물로부터 서로 다른 mRNA 분자들이 만들어지기도 합니다. 즉 하나의 유전자에서 만들어진 전사체로부터 스플라이싱이 어떻게 일어나는지에 따라 여러 종류의 서로 다른 mRNA가 만들어지게 됩니다. 이에 따라 서로 다른 단백질이 만들어질 수 있는 것입니다. 이것이 유전자의 수보다 단백질의 종류가 더 많아지는 이유가 됩니다.

4. 엉뚱한 이론이었던 프리온 이론

프리온 이론은 정체불명의 뇌질환을 연구하는데서 시작됐다. 뇌에 문제를 일으키는 광우병의 원인체에 대해 정확한 것은 아직 모른다고 해야 옳다. 다만 현재까지 가장 널리 인정되고 있는 이론은 세포 내에 정상적으로 존재하는 프리온(prion)이라고 하는 세포단백질의 변형체일 것이라는 가설이다. 프리온 단백질의 유전자는 하나지만 정상적인 단백질과 질병을 유발시키는 프리온 단백질의 구조는 서로 다르다. 질병을 유발시키는 프리온 단백질은 다른 정상적인 프리온 단백질들을 질병을 유발시키는 성질의 단백질 형태로 바꿔버린다. 이렇게 변형된 프리온 단백질이 뇌에 축적되면 뇌세포가 파괴돼 기능을 상실하는 것이다.

- 1) 단백질은 아미노산 단량체들이 결합된 중합체이다. 단백질은 세포와 생물의 구조에 중요한 위치를 차지하는데 생체 내의 단백질의 기능을 주요 그룹으로 나눠 아는 대로 설명하시오.
- 2) 1982년 프루시너 박사의 프리온 이론이 왜 저항을 받았는지에 대해 생명현상을 규정하는 기본성질인 유전자복제와 관련지어 말해보라.
- 3) 광우병에 걸리지 않는 소를 만들 수 있는 방법과 서울대 황우석 교수팀이 만든 광우병 내성 소의 원리를 말하라.

▶ 전문가 클리닉

프리온(prion)은 단백질(protein)과 비리온(virion, 바이러스 입자)의 합성어로, 바이러스처럼 전염력을 가진 단백질 입자라는 뜻입니다. 프리온은 이제까지 알려진 바이러스나 박테리아 등과는 전혀 다른 종류의 질병 감염인자입니다. 사람을 포함해 동물이 감염되면 뇌에 스펀지처럼 구멍이 뚫려 신경세포가 죽음으로써 뇌기능을 잃게 됩니다. 프리온은 핵산 없이 증식을 통해 감염성 질환을 일으키는 것이 특징으로 프루시너 박사는 프리온 이론으로 노벨상을 수상하게 됩니다. 프리온 이론을 이해하기 위해서는 생물체에서 유전정보의 흐름이 어떻게 흐르는지, 단백질이 무엇인지, 단백질이 제 기능을 하기 위해서는 어떻게 해야 하는지를 이해하고 있어야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 생체 내의 단백질은 대개 7가지 정도의 그룹으로 나눌 수 있습니다. 첫번째는 머리카락이나 힘줄과 인대를 구성하는 섬유소가 속하는 구조단백질입니다. 두번째는 구조단백질과 함께 작용하는 수축단백질로 근육의 운동을 가능하게 합니다. 세번째는 계란 흰자의 주성분인 오브알부민과 같은 저장 단백질입니다. 네번째는 혈액 속에 존재하는 항체인 방어단백질입니다. 다섯번째는 산소를 전달하는 헤모글로빈 같은 운반단백질입니다. 여섯번째는 메시지를 전달함으로써 신체의 활동을 통합하는 작용을 하는 신호단백질입니다. 끝으로 화학반응이 일어나는 동안 반응 속도를 변화시키는 생체 내의 촉매인 효소가 있습니다.
- 2) 복제 현상의 핵심은 유전 정보를 정확히 두배로 만들고 그 중에 반을 다음 세대에 넘겨주는 것입니다. 또한 병원체는 몸으로 들어와서 증식을 해야 질병을 일으키며 복제, 증식, 감염이라는 현상에서는 유전자 복제가 가장 중요하고도 근본적인 과정입니다. 유전자는 핵산으로 구성되어 있고 크게 RNA와 DNA의 형태로 나뉩니다. 대부분의 생명체에서 유전자는 DNA로 구성되며 RNA 형태로 유전정보를 복사하고 다시 단백질을 만듭니다. RNA를 가진 바이러스의 경우 RNA에서 DNA로 유전정보가 흐를 수도 있습니다. 유전정보의 흐름이 어떻게든 유전, 즉 증식의 정보를 담고 있는 기본물질은 핵산이라고 학계는 생각해 왔습니다. 이런 상황에서 프루시너 박사는 단백질이 스스로를 복제할 수 있고 감염까지 할 수 있다고 주장했기 때문에 많은 저항을 받았습니다.

2004년 03월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번호에서는 효소와 생식에 관한 기본적인 개념을 묻는 심층면접 문제와 함께 2004년도 과학논술 기출문제 중 하나를 다뤘습니다. 과학논술은 제시문을 이해하면 풀 수 있는 문제로, 과학 각 영역이 공통으로 관여하는 주제가 나오는 경향이 있습니다. 과학논술 기출문제지만 이를 통해 신경세포의 막전위를 완벽히 이해하면 심층면접에도 도움이 될 것입니다.

1. 생명을 유지시키는 효소

몸에 상처가 났을 때 과산화수소수를 소독약으로 사용하면 거품이 일어나는 것을 관찰할 수 있다. 이것은 상처로 파괴된 세포 속의 카탈라아제라는 효소가 과산화수소를 분해하면서 산소를 발생시키기 때문이다.

- 1) 촉매와 효소란 무엇인가?
- 2) 효소의 주성분은 무엇이며 효소의 작용에 영향을 주는 요인은 무엇이 있는가?
- 3) 효소의 기질특이성이란 무엇인가?
- 4) 일상생활에서 이용되고 있는 효소의 예를 알고 있는대로 말하시오.

▶ 전문가 클리닉

생물체가 살아가기 위해서는 중요한 화학반응이 빠른 시간 내에 정확하게 일어나야 합니다. 생물체에서 이런 일은 효소가 있기 때문에 가능합니다. 효소가 없다면 대부분의 대사활동이 너무 느려서 생명을 유지하기가 힘들 것입니다. 효소의 특성은 효소가 단백질이라는데 기인합니다. 단백질이 올바른 3차구조를 갖고 있어야만 효소가 제대로 작용하는 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 촉매는 자신은 변하지 않으면서 화학반응의 활성화 에너지를 낮춰 줌으로써 반응속도를 빠르게 해주는 물질입니다. 효소는 세포 내에서 일어나는 화학반응을 촉진하는 생체 내의 촉매입니다.
- 2) 효소의 주성분은 단백질입니다. 작용에 영향을 주는 요인에는 우선 온도가 있습니다. 효소의 작용은 온도가 높아질수록 증가해 35-40℃ 사이에서 활발하며 그 이상에서는 단백질의 구조가 변성되기 때문에 기능이 감소합니다. 두번째로는 pH가 있습니다. 효소의 종류에 따라 최적 pH가 다르지만 일반적으로 중성에서 가장 활발합니다.
- 3) 효소가 작용하는 물질을 기질이라고 하는데, 특정한 효소는 자신이 작용하는 특정한 기질을 갖고 있습니다. 이것을 기질특이성이라고 하는데, 예를 들면 말타아제는 엿당만을, 수크라아제는 설탕만을 분해하는 것입니다. 이것은 특정 효소의 단백질 입체구조가 특정 기질과만 결합할 수 있도록 돼 있기 때문입니다.
- 4) 실생활 속에서 효소를 이용하는 예는 식품이나 세제 등에서 찾을 수 있습니다. 지방을 분해하는 효소인 리파아제의 일종은 끓는물 속에서도 지방을 분해하므로 이 효소로 만든 세제는 옷감에 묻은 기름때를 효과적으로 제거할 수 있습니다. 양모의 보푸라기를 제거하기 위해 프로타아제를 첨가하거나 청바지를 연하게 하기 위해 셀룰라아제를 세제에 첨가하기

도 합니다. 또한 식혜가 단맛을 내는 것은 엿기름에 들어있는 아밀라아제가 밥알 속 탄수화물을 분해시켜 당분으로 만들어 주기 때문입니다.

2. 생식을 통한 개체의 유한성 초월

지구상에 살고 있는 모든 생물은 태어나서 일정기간이 지나면 반드시 죽게 된다. 그러나 생물은 살아있는 동안에 자신과 닮은 자손을 남김으로써 생명을 연속시키고 있다. 동물 한 개체의 일생은 유한하지만 생식을 통해서 각 개체의 유한성을 초월하는 것이다. 동물은 매우 다양한 방법으로 생식을 하는데 무성생식은 부모의 유전자를 그대로 물려받은 자손을 만드는 것이며 유성생식은 두 개의 반수체(n) 생식세포 또는 배우자가 합쳐져 이배체($2n$)인 접합자를 형성하는 것이다.

- 1) 무성생식의 종류에는 어떤 것들이 있는가?
- 2) 유성생식의 이점은 무엇인가?
- 3) 여성의 생리 주기와 여성용 피임약 속의 호르몬에 대해 말하라.

▶ 전문가 클리닉

생물의 생식방법과 여성의 생식에 관한 문제입니다. 생물에게 유성생식은 비용이 많이 드는 방법이라고 할 수 있습니다. 그렇지만 종의 번식에 관해서만 생각한다면 무성생식이 더 좋은 전략일 수도 있습니다. 무성생식을 하는 생물은 모든 개체에서 자손을 만들 수 있다는 이점을 갖고 있습니다. 하지만 태어난 개체들이 다 비슷하기 때문에 종이 단순해진다는 단점이 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 무성 생식에는 체세포 분열로 똑같이 둘로 나뉘어져 각각 새로운 개체로 되는 이분법, 몸의 일부가 새로운 개체로 되는 출아법, 몸의 일부에서 포자를 만들어서 번식하는 포자생식, 식물의 영양 기관 일부가 새로운 개체로 되는 영양생식 등이 있습니다.
- 2) 무성생식으로 생겨나는 개체들은 다 비슷합니다. 하지만 유성생식의 경우에는 부모의 유전자가 서로 섞여서 다양한 주변 환경에 적응할 수 있는 여러 개체가 태어나게 됩니다. 따라서 환경이 변하거나 좋지 않을 때는 다양한 형질의 자손을 만드는 유성생식의 경우 살아남는 개체가 생길 확률이 높아지는 것입니다.
- 3) 먼저 난자의 성숙단계로 여포자극 호르몬(FSH)에 의해 여포와 난자가 성숙하며 여포에서는 에스트로겐(여포 호르몬)이 분비됩니다. 에스트로겐은 FSH의 분비를 억제하고 자궁벽을 두텁게 하며 황체형성 호르몬(LH)의 분비를 촉진합니다. LH에 의해 황체가 형성되면 프로게스테론을 분비해 FSH와 LH의 분비를 억제하며 자궁벽을 두텁게 유지시킵니다. 수정이 되지 않으면 황체는 퇴화하며 프로게스테론의 분비가 중단되므로 자궁벽이 허물어지고 모세혈관이 파열돼 출혈이 생깁니다. 피임약의 주성분은 FSH나 LH의 분비를 억제할 수 있는 프로게스테론이며 약간의 에스트로겐이 섞여 있는 제제도 있습니다.

3. 신경세포의 막전위 (2004학년도 성균관대 논술)

생물의 진화과정에서 가장 큰 소득 중의 하나로 꼽을 수 있는 것이 신경계의 발달이다. 신경계는 개체 내의 다른 기관과 연계해 생체 내에서 일어나는 기능을 조절하며 우리 몸의 움직임을

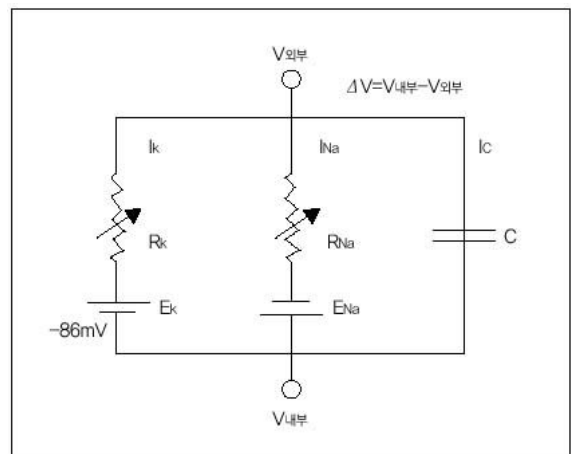
관장한다. 신경계의 기본 단위는 신경세포 또는 뉴런이라 불리는 세포다. 신경세포는 외부의 자극을 전기적 신호로 전환시키는데, 그 이유는 신경세포막이 분극돼 막의 양쪽이 서로 다른 전하를 띠어 막 전위차가 생기기 때문이다. 막이 분극됐을 때 생기는 막 전위차(ΔV)는 $\Delta V = V_{\text{내부}} - V_{\text{외부}}$ 로 정의된다.

(휴지전위) 외부 자극이 없으면 신경세포는 휴지 상태가 된다. 포유동물 신경세포의 경우 휴지 상태의 막 전위차를 측정하면 $-0.07V$ 의 값을 얻는데 이를 휴지전위라고 한다. 이때 세포 안의 K^+ 이온 농도는 $1\text{백}50\text{mM}$ 이며 세포 밖은 5.5mM 로 세포 안의 K^+ 이온 농도가 더 높다. 반면 Na^+ 이온의 경우 세포 내부의 농도가 15mM 이고 세포 외부의 농도가 $1\text{백}50\text{mM}$ 로 오히려 세포 내부의 Na^+ 이온 농도가 많이 낮다. 세포막에는 Na^+ 이온이 확산할 수 있는 Na^+ 이온 통로와 K^+ 이온이 확산할 수 있는 K^+ 이온 통로가 있다. 이 통로를 통한 이온의 흐름은 주로 세포 안팎의 이온 농도차와 막 전위차에 의해 결정된다.

(활동전위) 그러나 휴지 상태에 있는 신경이 역치 이상의 자극을 받으면 자극을 받은 부위에 있는 Na^+ 이온 통로가 열려서 급격하게 Na^+ 이온이 유입돼 탈분극 현상이 일어난다. 그러나 Na^+ 이온 통로는 곧바로 닫히기 때문에 Na^+ 이온은 아주 짧은 순간 동안만 유입된다. Na^+ 이온 통로가 닫히고 동시에 일부 열려 있던 K^+ 이온 통로가 활짝 열리면서 급격하게 K^+ 이온이 유출돼 막이 재분극되는 휴지 상태로 돌아가게 된다. 이때 나타나는 막 전위차를 활동전위라고 한다.

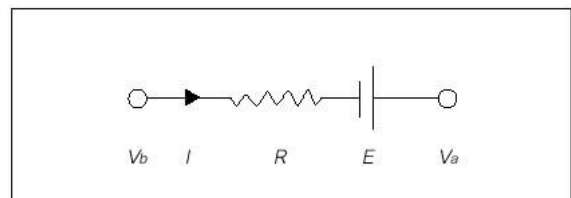
세포 안팎의 이온 분포에 의해 형성되는 막 전위차와 이온 통로의 투과성을 단순화시켜 전기적 모식도로 표시하면 우측 그림과 같다.

우측 모식도에는 Na^+ 이온의 통로와 K^+ 이온의 통로가 각각 표시돼 있다. 기전력 E_K 와 E_{Na} 는 막 안쪽과 바깥쪽의 이온 농도의 차이에 의한 확산을 물리적으로 정량화한 값이며 각각 -86mV 와 $+60\text{mV}$ 로 주어진다. 가변저항 R_K 와 가변저항 R_{Na} 는 각 이온 통로가 얼마나 막혀 있는지를 정량화한 것인데 막혀 있는 정도가 심하면 저항값이 크다. 이 그림에서 축전기 C 는 막을 사이에 둔 전하의 분리를 나타낸다. I_K 와 I_{Na} 는 각 이온 통로를 흐르는 전류를 표시한 것이고 I_C 는 축전기에 흐르는 전류를 표시한 것이다.



※ 참고

직류 전기회로에서 전위차는 옴의 법칙을 이용해 계산할 수 있다. a지점과 b지점 사이의 전위차 $V_{ab} = V_a - V_b$ 는 저항에 의한 전압강하와 기전력 E 에 의해 결정된다. 옴의 법칙에 의하면 전압강하의 크기는 IR (I : 전류)이 돼 결과적으로 전위차는 $V_{ab} = E - IR$ 이 된다.



- 1) 위에서 제시한대로 휴지 상태에서는 막 전위차 ΔV 가 -70mV 다. 이때 각 저항을 측정해 다음의 값을 얻었다. 전류 I_K , I_{Na} , I_C 의 값을 계산하라.

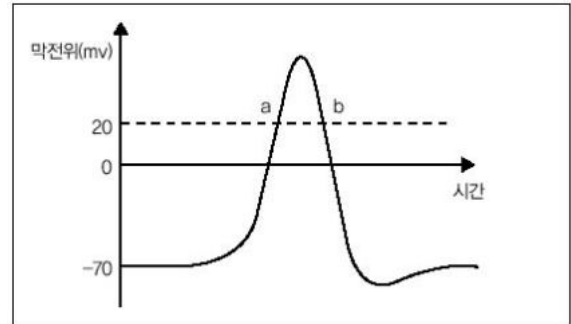
$$\Delta V = -70\text{mV}, R_K = 0.64 \times 10^6 \Omega,$$

$$R_{Na} = 5.2 \times 10^6 \Omega$$

- 2) 신경세포가 역치 이상의 자극을 받아 탈분극 현상이 일어나 막 전위차 ΔV 가 $+20\text{mV}$ 로 변했다(아래 그림의 a지점). 이때 각 저항값은 다음과 같이 측정됐다. 전류 I_K , I_{Na} , I_C 의 값을 계산하고 이 경우 막을 경계로 한 전하의 분포 K^+ 와 Na^+ 이온의 이동방향과 그 상대적인 크기를 도식적으로 그려라.

$$\Delta V = +20\text{mV}, R_K = 0.6 \times 10^6 \Omega,$$

$$R_{Na} = 0.005 \times 10^6 \Omega$$



- 3) 막 전위차 ΔV 가 탈분극 현상으로 증가하다가 재분극 현상에 의해 다시 감소해 다시 $+20\text{mV}$ 앞 문제 그림의 b지점)로 됐다. 이때 각 저항값은 다음과 같이 측정됐다. 전류 I_K , I_{Na} , I_C 의 값을 계산하고 이 경우 막을 경계로 한 전하의 분포, K^+ 와 Na^+ 이온의 이동방향과 그 상대적인 크기를 도식적으로 그려라.

$$\Delta V = +20\text{mV}, R_K = 0.03 \times 10^6 \Omega,$$

$$R_{Na} = 0.03 \times 10^6 \Omega$$

- 4) 휴지 상태에서 K^+ 이온이 세포 내부에서 외부로 확산하는 동안 생기는 자유에너지의 변화는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\Delta G_{K^+}(\text{외부} \rightarrow \text{내부})$$

$$= 2.3 RT \log([K^+]_{\text{내부}}/[K^+]_{\text{외부}}) + F(V_{\text{내부}} - V_{\text{외부}})$$

$$= (1.42\text{kcal/mol}) \times \log(150/5.5) + (23\text{kcal/mol} \cdot V) \times (-0.07V) = 2.0 - 1.6 = 0.4\text{kcal/mol}$$

$$\text{따라서 } \Delta G_{K^+}(\text{내부} \rightarrow \text{외부}) = -\Delta G_{K^+}(\text{외부} \rightarrow \text{내부})$$

$$= -0.4\text{kcal/mol}$$

이 계산을 이용해 Na^+ 이온이 세포 밖에서 세포 안으로 확산되는 동안 생기는 자유에너지 변화를 구하라. 깁스(Gibbs)의 자유에너지 G 는 $G = H - TS$ (H : 엔탈피, T : 온도, S : 엔트로피 또는 무질서도)로 정의되므로 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이다. 일반적으로 ΔS 는 매우 작은 값이므로 $T\Delta S$ 값은 무시할 수 있다.

▶ 전문가 클리닉

상당히 복잡해 보이며 물리적인 지식이 좀 있어야 해결할 수 있는 문제입니다. 문제를 자세히 읽어보고 차근차근 답에 접근해 가야 됩니다. 1)번 같은 경우는 직류전류에서 병렬연결일 경우 전압은 각 회로에 같은 크기로 걸리게 됩니다. 따라서 처음 $V_{Na} = V_K = V_C = -70\text{mV}$ 로 같고 $\Delta V = E - IR$ 공식에 그대로 대입하면 답을 구할 수 있습니다. 4)번 역시 식에서 이온의 농도인 $[K^+]$ 를 $[Na^+]$ 로 대체해주면 Na^+ 이온이 세포 안으로 확산되는 동안의 자유에너지 변화를 구할 수 있습니다. $\Delta G_{K^+} < 0$ 이면 자발적으로 일어나고 $\Delta G_{K^+} > 0$ 이면 자발적으로 일어나지 않는 반응입니다. 문제에 나와 있듯이 K^+ 이온이 세포 외부로 확산하는 반응은 자발적으로 일어난다고 볼 수 있습니다.

▶ 예시답안

1) $\Delta V = E - IR$ 이므로

$$-70\text{mV} = -86\text{mV} - I_K \times 0.64 \times 10^6 \Omega \rightarrow I_K = -0.000025\text{mA}$$

$$-70\text{mV} = 60\text{mV} - I_{Na} \times 5.2 \times 10^6 \Omega \rightarrow I_{Na} = 0.000025\text{mA}$$

$$I_C = I_K + I_{Na} = -0.000025 + 0.000025 = 0 \rightarrow I_C = 0\text{mA}$$

2) $20\text{mV} = -86\text{mV} - I_K \times 0.6 \times 10^6 \Omega$

$$\rightarrow I_K = -0.00017666\text{mA}$$

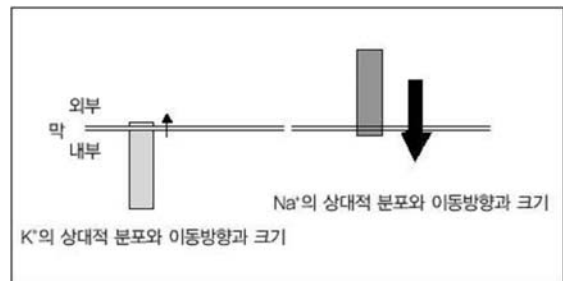
$$20\text{mV} = 60\text{mV} - I_{Na} \times 0.005 \times 10^6 \Omega$$

$$\rightarrow I_{Na} = 0.008\text{mA}$$

$$I_C = I_K + I_{Na} = -0.00017666 + 0.008$$

$$\rightarrow I_C = 0.00782334\text{mA}$$

탈분극이 일어나 20mV로 될 때 I_K 는 휴지기일 때와 비교해서 7배 크나 I_{Na} 는 3백20배 크므로 상당수의 Na^+ 이온이 세포 내로 유입되면서 막전위가 계속 올라간다. 간단히 그리면 우측 그림과 같다.



3) $20\text{mV} = -86\text{mV} - I_K \times 0.03 \times 10^6 \Omega$

$$\rightarrow I_K = -0.0035313\text{mA}$$

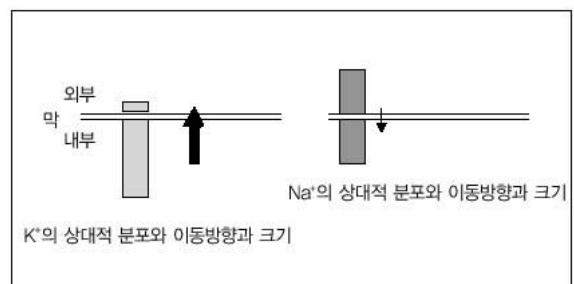
$$20\text{mV} = 60\text{mV} - I_{Na} \times 0.03 \times 10^6 \Omega$$

$$\rightarrow I_{Na} = 0.001333\text{mA}$$

$$I_C = I_K + I_{Na} = -0.0035313 + 0.001333$$

$$\rightarrow I_C = -0.0021983\text{mA}$$

재분극 현상으로 다시 20mV로 될 때 I_K 는 휴지기일 때와 비교해서 1백41배가 된다. 그리고 I_{Na} 는 처음의 53배가 됐다. 많은 양의 K^+ 이 세포 밖으로 나가고 세포 내로 들어오는 Na^+ 의 양은 점점 줄어들면서 다시 휴지기 상태로 돌아간다. 간단히 그림으로 표현하면 다음과 같다.



4) $\Delta G_{\text{Na}^+}(\text{외부} \rightarrow \text{내부})$

$$= 2.3 RT \log\left(\frac{[\text{Na}^+]_{\text{내부}}}{[\text{Na}^+]_{\text{외부}}}\right) + F(V_{\text{내부}} - V_{\text{외부}})$$

$$= (1.42\text{kcal/mol}) \times \log(15/150) + (23\text{kcal/mol} \cdot \text{V}) \times (-0.07\text{V})$$

2004년 04월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

4월호에서는 과학 각 영역을 넘나드는 문제가 나오는 경향에 초점을 맞췄습니다. 그래서 자유 에너지에 관한 문제와 순환계, 그리고 자주 등장하는 시사 문제인 인간 배아 복제에 관한 문제를 다뤘습니다.

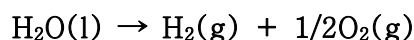
1.반응이 자발적인지 아닌지 알게 해주는 생성자유에너지(ΔG°)

대부분의 반응은 엔트로피와 엔탈피에 커다란 변화가 있고 실험실의 대부분 조건은 주위와 자유롭게 열을 교환하고 실온을 유지하며 부피의 팽창 또는 수축으로 대기압을 유지하는 조건에서 실험이 행해진다. 그렇기 때문에 우리는 어떤 일정한 온도와 압력에서 반응이 일어날지 아닐지에 관심이 있다. 이들 조건에서 반응에 대한 자발성의 기준으로 쓰이는 것이 '생성자유에너지(ΔG°)'이다. 생성자유에너지(ΔG°)는 엔탈피 또는 에너지와 동일한 단위를 가지며 초기와 최종상태에서만 의존한다.

변화된 생성자유에너지(ΔG°)= ΔG <0이면 자발적 반응이고 $\Delta G=0$ 이면 평형 반응이며 $\Delta G >0$ 이면 비자발적 반응이다.

	생성자유에너지(ΔG°)(KJ mol ⁻¹)
H ₂ O(g)	0
H ₂ O(l)	-237.19
O ₂ (g)	0
글리실글리신(aq)	-490.57
글리신(aq)	-377.69

1) 위의 표를 참고로 25℃, 1 atm에서 다음 반응에 대한 생성자유에너지(ΔG°)를 계산하면



$$\Delta G^\circ(25^\circ\text{C}) = G^\circ\text{H}_2(g) + 1/2G^\circ\text{O}_2(g) - G^\circ\text{H}_2\text{O}(l)$$

$$= 0 + 0 - (-237.19)$$

$$= 237.19 \text{ KJ mol}^{-1}$$

위와 같은 값을 얻을 수 있다. 이 반응은 자발적 반응인가 비자발적 반응인가?

2) 수소와 산소에서부터 물을 얻는 반응은 위와는 반대로 $-237.19 \text{ KJ mol}^{-1}$ 의 에너지 변화가 있을 것이다. 이것은 자발적 반응으로 우리는 이 반응에서 에너지를 얻을 수 있다. 위의 식을 이용해 태양에너지를 저장하는 방법을 설명하시오. 그리고 녹색식물의 광합성과 같은 점과 차이점을 간단히 설명하시오.

3) 수용액에 있는 단백질이 아미노산 상태로 있을 때와 비교해 안정한지를 글리실글리신의 가수분해에 대한 자유에너지 변화를 이용하고 위의 표를 참조해 알아보시오. 글리실글리신은 글리신 아미노산 2개가 연결된 것이다. 글리실글리신(aq) + H₂O(l) → 2글리신(aq)

▶ 전문가 클리닉

자유에너지 개념은 다소 생소할 수 있지만 미리 겁먹지 말고 차근차근 지문을 따라가면 해답을 구하는 것이 어렵지 않습니다.

지문에도 있듯이 자유에너지의 변화가 음수냐 양수냐에 따라 반응이 자발적인지 아닌지 결정이 되고 3)번 문항의 경우 1)번처럼 값을 구해주면 됩니다. 계산된 값이 크지 않기 때문에 반응이 자발적으로 일어나더라도 다행히 천천히 일어나는 것입니다. 만약 단백질 분해효소와 같은 적당한 촉매가 있으면 반응이 매우 빨리 일어날 것이고 이런 촉매가 혈액으로 들어온다면

그 영향은 대단히 좋지 않을 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) ΔG 가 양수이기 때문에 반응은 자발적으로 일어나지 않을 것입니다.
- 2) 태양에너지를 저장하기 위해 제안된 방법 중 하나는 태양빛을 사용해서 물을 분해해 에너지를 저장하는 것입니다. 태양빛은 $237.19 \text{ KJ mol}^{-1}$ 의 자유에너지 값을 극복하는데 필요한 힘을 제공합니다. 여기서 만들어진 수소와 산소 기체는 훌륭한 연료가 됩니다. 녹색식물의 광합성 반응에서는 물이 직접 분해해 같은 양의 산소기체를 만들고 위의 반응과 거의 동일한 양수 값의 자유에너지변화를 가집니다.

이들 반응의 차이는 녹색식물은 수소기체를 만들지 않는다는 것입니다. 그 대신 녹색식물은 이산화탄소에 수소를 결합시켜 탄화수소나 다른 생성물로 환원시킵니다. 이와 같은 힘은 엽록소나 또는 식물색소가 흡수한 태양빛에 의한 것입니다.

$$\begin{aligned} 3) \Delta G^\circ(25^\circ\text{C}) &= 2G^\circ(\text{글리신}) - G^\circ(\text{글리실글리신}) - G^\circ\text{H}_2\text{O(l)} \\ &= 2(-377.69) - (-490.57) - (-237.19) \\ &= -27.62 \text{ KJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

이 반응은 자발적으로 일어나므로 아미노산으로 있는 것이 더 안정합니다.

2. 모든 신체조직과의 관계를 유지하는 순환계

순환기는 몸 안에서 소화돼 흡수된 양분과 세포 활동으로 생긴 노폐물을 운반하는 기능을 하며 순환기는 혈액과 심장 그리고 혈관으로 구성돼 있다.

- 1) 사람의 심장 구조에 대해 설명하라.
- 2) 동맥과 정맥에 대해 설명하라.
- 3) 혈액 속의 세포의 종류와 기능에 대해 말해보라.
- 4) 고지대에 사는 사람의 적혈구 수는 정상인과 비교하면 어떠한가? 이유는 무엇인가?
- 5) 혈압과 혈류속도는 심장과 가까운 부분에서 높게 나타나며 동맥을 지나면서 조금씩 변한다. 혈압과 혈류속도가 가장 낮은 혈관은 무엇이며 이것이 혈액과 체액사이의 화학적 교환속도에 어떤 영향을 주는가?

▶ 전문가 클리닉

단세포 생물은 부피에 비해 표면적이 넓기 때문에 주위로부터 물질을 흡수하거나 노폐물을 쉽게 배출할 수 있습니다. 그러나 사람과 같이 구조가 복잡하게 분화되면 각 조직과 기관에 각종 물질을 공급하거나 제거하기 위해서 특별히 분화된 기관이 필요하게 되는데 이러한 기관을 순환기관이라고 합니다. 여러 물질이 신체 각 기관에 전달되기 위해 순환계는 조직과 밀접하게 연결돼 있습니다. 모든 포유동물은 중력에도 불구하고 혈액을 순환시킬 수 있는 아주 강력한 심장을 가지고 있습니다. 심장박동에 의해 생성된 혈압은 혈액이 심장으로부터 동맥과 소동맥을 거쳐 모세혈관으로 이동하게 하는 주된 힘입니다. 순환계의 구조와 기능, 진화에 대해 전체적으로 이해하고 있으면 비교적 평이한 문제입니다.

▶ 예시답안

- 1) 사람의 심장은 2심방 2심실의 구조로 심방은 정맥혈관으로부터 심장으로 들어오는 피를 받아들이는 곳이며 심실은 심장에서 동맥혈관으로 혈액을 내보내는 곳입니다.
- 2) 동맥은 심장에서 나가는 혈액을 말합니다. 동맥중에서 폐로 나가는 혈액을 폐동맥이라 하며 이산화탄소를 많이 함유하고 있고, 온몸으로 나가는 혈액을 대동맥이라 하며 이는 산소를 많이 함유하고 있습니다. 정맥은 심장으로 들어오는 혈액을 말하며 대정맥에서 들어오는 혈액은 이산화탄소를 많이 함유하고 있고, 폐정맥에서 들어오는 혈액은 가스교환이 일어난 후이므로 산소를 많이 포함하고 있어 선홍색을 띵니다. 동맥은 혈관벽이 두껍고 탄력성이 크며 정맥은 혈관벽이 얇고 판막이 존재해 혈액의 역류를 방지합니다.
- 3) 혈액은 55%가 액체성분인 혈장이고 나머지는 고형 성분인 혈구로 구성되어 있습니다. 혈구는 적혈구, 백혈구, 혈소판의 세가지 종류로 나눌 수 있습니다.
적혈구에는 호흡 색소인 헤모글로빈이 있어서 산소를 운반하는 기능이 있습니다. 백혈구는 크게 과립 백혈구, 단핵 백혈구, 림프구의 세가지로 분류할 수 있으며 몸 안에 침입한 세균이나 이물질을 식균작용으로 제거합니다. 체내에 염증이 생기면 백혈구의 수가 급증하며, 림프구는 항체형성에 관여합니다. 혈소판은 일정한 모양이 없고 트롬보키나아제라는 효소를 가지고 있어서 공기에 노출되면 파괴돼 혈액응고에 관여하게 됩니다.
- 4) 고지대에 사는 사람의 적혈구 수는 정상인보다 더 많습니다. 이는 고지대가 평지에 비해 산소가 희박하므로 상대적으로 산소를 운반하는 적혈구 수가 많아져 산소를 충분히 공급하도록 적응했기 때문입니다.
- 5) 모세혈관이 혈압과 혈류속도가 가장 낮으며 모세혈관 벽을 통과하는 물질들에 충분한 시간을 제공해 혈액과 체액 사이의 화학적 교환속도를 증가시킵니다.

3. 난치병 치료의 열쇠, 줄기세포

대머리인 A씨는 줄기세포를 주사기로 머리에 시술받은 이후에 검은 머리카락이 다시 나기 시작했다. 주사된 줄기세포가 모낭 중간 부분에 있는 모근초에 자리잡으면 멜라닌 세포와 모낭하부 세포로 분화해 모낭을 정상적으로 되돌림으로써 머리카락을 다시 자라나게 만드는 것이다. 줄기세포는 이미 간경화와 심근경색을 치료하는데 성공을 거둬으로써 당뇨나 치매 등과 같은 난치병을 치료할 수 있는 대안으로 떠오르고 있다. 한편 서울대 황우석 교수 연구팀은 세계 최초로 인간 배아를 복제하고 여기서 치료용 줄기세포를 추출, 배양하는데 성공했다.

- 1) 줄기세포에 대해 말해보라(경북대 2002).
- 2) 인간 배아줄기 세포를 연구하는 이유와 문제점에 대해 이야기하라.
- 3) 자신의 배아줄기세포를 얻는 방법과 복제 개구리를 만드는 방법을 설명해보라.
- 4) 장기 이식용 복제 돼지에 대해 말해보라.

▶ 전문가 클리닉

줄기세포 연구와 인간복제 문제는 자주 등장하는 것으로 먼저 단어들의 개념을 이해해야 합니다. 배아란 것은 정자와 난자가 만난 수정란이 세포분열을 시작한 지 14일이 지나지 않은 세포덩어리 상태를 말하며 시간이 지나면 다른 기능과 형태를 갖는 세포로 분화돼 기관으로 형성됩니다.

14일 이전의 초기 배아를 세포덩어리로 보느냐, 인간개체로 간주하느냐에 따라 인간의 존엄성

논란이 일어날 수 있습니다. 1998년 인간의 배아로부터 줄기세포를 배양했으며 이 줄기세포로 신경세포 등 다양한 종류의 세포를 만드는데 성공했습니다. 정자와 난자를 수정해서 생명을 탄생시키지 않고 인간의 수정란을 분할하거나 체세포를 핵이식해서 인공적으로 배아를 복제하는 것을 인간 배아 복제라고 하며 복제된 배아를 여성의 자궁에 착상시키면 복제 인간이 탄생될 수 있는 것입니다.

▶ 예시답안

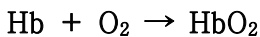
- 1) 줄기세포(幹세포, stem cell)란 조직과 기관으로 분화되기 전 인간 배아의 내부에서 얻어진 세포로 한 개체로 발달할 수 있는 전능성과 모든 조직과 기관으로 분화할 수 있는 다능성을 갖추고 있는 세포를 말합니다.
- 2) 인간 배아의 연구는 불임환자의 치료와 유전병의 진단 및 제거를 목적으로 시작됐습니다. 최근에 줄기세포가 체외에서 인위적으로 그 특성을 유지하면서 대량 생산돼 목표하는 조직이나 기관으로 발달을 유도할 수 있다고 보고됐습니다. 그래서 난치병 치료나 장기이식 환자를 위해 의학적으로 엄청난 효과가 있을 것이라 예상하고 있습니다. 또한 인간 배아의 연구는 초기 배아의 생명기전과 유전자의 기능을 파악할 목적으로 수행되고 있으며, 생명체의 초기발생을 이해하는데 많은 도움이 될 것입니다. 인간 배아 연구로 인해 일어나는 문제점은 크게 과학적, 생명윤리적, 사회경제적 측면에서 살펴볼 수 있습니다. 먼저 과학의 한계성에서 비롯된 문제들은 인간을 연구대상으로 하기에는 아직 안정성이 확실하지 않다는 점입니다. 동물에서 시도된 유전자변형과 복제기술은 생식불능과 신체결함 같은 문제점이 등장했으므로 인간에게 직접 활용하는 것은 아직 불가능하다고 봅니다. 두번째는 인간 배아 연구로 인한 복제인간의 가능성과 인간 배아 이식 후 남은 동결잉여배아의 처리문제는 생명윤리적인 논란을 야기시킵니다. 인간 배아 연구는 여성 난자 착취와 인간 배아 파괴를 전제로 하고 있기 때문에 인체 부위의 상업화를 부추길 수 있으며 궁극적으로는 인간 복제의 실현 가능성을 열어줄 것이라는 반론도 제기되고 있습니다. 끝으로 인간 배아 연구 기술이 기업가들에게 장악될 경우 산업체의 이윤추구에 악용될 가능성이 지적됐습니다.
- 3) 사람의 난자에 난자의 핵을 제거하고 자신의 체세포와 융합시킨 후 발생시키면 자신의 배아 줄기세포를 얻을 수 있습니다. 개구리를 복제할 경우 마찬가지로 개구리의 난자의 핵을 제거하고 체세포의 핵을 난자에 이식한 후 발생시키면 체세포의 핵을 제공한 개구리와 유전자가 동일한 복제 개구리가 만들어집니다.
- 4) 인공장기나 뇌사자가 기증하는 장기는 환자의 수요에 비해 턱없이 부족하므로 동물장기를 인간에 이식해 치료용으로 사용하는 연구가 시도돼 왔습니다. 동물의 장기를 사람에게 이식하기 위해서는 우선 크기가 맞아야 하고, 동물에게 있는 병원균이 옮겨오지 말아야하며 인체 내부에서 거부 반응을 일으키지 않아야 합니다. 돼지는 장기와 피부조직이 인간과 가장 가까운 동물이기 때문에 무균상태로 배양중인 돼지를 복제해 감염이나 장기 크기 문제를 해결할 수 있습니다. 또한 거부 반응은 돼지의 세포에 인간의 면역억제유전자를 삽입함으로써 차단합니다.

2004년 05월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번 호에서는 신체에 관련해서 출제되는 분야에서 우선 기체교환, 유전과 관련된 돌연변이 문제를 소개하고 이어서 우리 몸의 항상성에 관련된 호르몬과 면역계에 대한 문제를 다뤘습니다. 스트레스와 호르몬분비 및 면역반응의 관계에 대해 공부함으로써 나쁜 봄날에 늘어지기 쉬운 우리 몸을 추스를 수 있는 계기가 됐으면 합니다.

1. 산소 운반자, 헤모글로빈

폐에 있는 혈액은 1백ml 당 20ml의 산소를 운반한다. 이 중에서 오로지 0.3ml(1.5%)만이 폐의 혈액에 녹아있고 나머지는 헤모글로빈과 결합하고 있다. 헤모글로빈과 산소의 가역반응을 요약하면 다음과 같다.



혈액의 pH가 낮아지면 헤모글로빈의 모양이 변한다. 온도가 올라가면 헤모글로빈은 산소를 더 잘 방출하고 온도가 낮아지면 산소와 더 단단히 결합한다. 적혈구는 오로지 해당과정에 의해서 ATP를 생성할 수 있다. 산소가 부족할 경우 해당과정에서의 피루브산(pyruvic acid)은 더 이상 분해되지 못하고 젖산(lactic acid)으로 환원돼서 축적된다.

CO₂는 혈액에서 확산될 때, 효소의 반응에 의해서 물과 반응을 하게 된다.



이 반응에 의해서 탄산(H₂CO₃)이 생성된다. 이것은 H⁺와 HCO₃⁻로 해리된다.

- 1) 운동을 할 때 헤모글로빈은 근육에 평상시보다 더 많은 산소를 공급한다. 그 이유는 무엇일까?
- 2) 기도가 막히면 혈액의 pH는 어떻게 될까?

▶ 전문가 클리닉

혈액 중 산소의 대부분은 물에 잘 녹지 않고 적혈구의 헤모글로빈에 의해서 이동됩니다. 헤모글로빈은 이산화탄소의 운반에도 관여하며 혈액의 완충작용을 도와 pH 변화를 방지합니다. 헤모글로빈은 허파에서 산소와 결합한 후 혈류를 따라 온몸으로 이동해 각 조직세포에 산소를 전달합니다. pH와 온도의 변화에 따라 헤모글로빈이 산소를 얼마나 내어놓을지 결정된다는 것을 예시문을 보면 알 수 있습니다. 운동을 할 때 pH와 온도 변화를 생각해보면 첫번째 문제에서 산소공급이 어떻게 될지 예상할 수 있습니다. 두번째 문제에서 pH는 수소이온 농도를 나타내는 것이므로 위의 반응식에서 정반응이 우세할지 역반응이 우세할지 생각해보면 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 운동할 때 근육은 이산화탄소와 젖산 같은 산성노폐물을 더 많이 내놓고 열을 더 많이 생산합니다. 이산화탄소와 산성 노폐물은 주위 혈액의 pH를 낮추는 역할을 하며 높은 온도는 헤모글로빈과 산소의 결합을 느슨하게 해줍니다. 이렇게 낮은 pH와 높은 온도에서의 헤모글로빈은 높은 pH와 낮은 온도 상태에서보다 더 많이 산소를 방출하므로 운동을 할 때는 헤모글로빈에서 더 많은 산소가 방출됩니다.
- 2) 기도가 폐쇄되면 혈액은 산소를 얻지 못하고 이산화탄소를 제거하지 못하게 됩니다. 대부

분의 이산화탄소는 HCO_3^- 로서 혈액에서 수송되고 HCO_3^- 는 H_2CO_3 의 해리로부터 생성됩니다. 이산화탄소를 제거하지 못하게 되면 위의 공식에서와 같이 H^+ 이온이 늘어나고 결과적으로 혈액의 pH는 낮아집니다.

2. 유전정보의 이상, 돌연변이

유전자가 어떻게 단백질로 해독되는가를 알게 된 이후 과학자들은 유전적 차이를 분자생물학 용어로 설명할 수 있게 됐다. 예를 들어 겸상적혈구증의 경우 이 병을 가진 사람은 정상인과 다른 단백질을 갖고 있으며 이는 단백질을 만드는 유전자에 변화가 있음을 알 수 있다. DNA에 일어나는 이런 변화를 돌연변이라고 한다.

- 1) 돌연변이가 생기는 이유는 무엇인가(서강대)?
- 2) 개체변이와 돌연변이를 설명하라(동국대).
- 3) 돌연변이가 생물체나 생물학에 이로운 점은 무엇인가?
- 4) mRNA 상에서 염기가 치환된 돌연변이가 단백질에 아무런 영향을 주지 않을 수 있는 이유는 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

돌연변이에 관한 기본적인 개념 및 그 기작과 의미에 관한 지식을 묻는 문제입니다. 아버지나 선조에서는 전혀 볼 수 없던 새로운 특징을 가진 자식이 갑자기 나타나는 일을 돌연변이라고 합니다. 자연계에서 볼 수 있는 자연돌연변이와 인위적으로 일으킨 인위돌연변이가 있으며 자연돌연변이는 10만-1백만 개체에 1이라는 낮은 비율로 나타납니다. 인위돌연변이는 자연돌연변이보다 1백-1천배 많이 일어납니다. 단일유전자 이상에는 염기서열이 하나가 다른 것으로 바뀌거나 염기서열 사이에 다른 것이 끼어 들거나 반대로 없어지는 경우가 있습니다. 그리고 염색체의 경우는 그 구조가 결실되거나 역위될 수 있고 염색체 숫자의 증감도 발생할 수 있습니다. 유전자 내에 하나 또는 그 이상의 염기가 삽입되거나 없어짐으로써 유발되는 돌연변이는 대개 심각한 영향을 미칩니다. 우선 염기 3개(코돈)가 하나의 아미노산을 지정한다는 사실을 알고 있어야 합니다. 해독틀이 밀리거나 당겨지면 원래 코돈과는 전혀 다른 코돈으로 재구성되고 원래의 단백질과는 다른 단백질이 만들어집니다. 특정 단백질의 기능에 중요한 역할을 하는 아미노산을 변화시킨다면 정상적인 기능에 치명적인 영향을 주기도 하며 때로는 새로운 기능을 갖는 단백질을 만들기?합니다. 원래 단백질의 기능에 영향을 미치지 않는 경우도 있는데 네 번째 문제는 그 경우를 묻는 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 돌연변이는 유전자 자체의 변화에 의해 일어나는 경우와 염색체의 일부가 잘려 없어지거나, 여분으로 늘어나서 유전자가 새로 추가되거나 결실이 돼서 발생하는 유전적인 변화입니다. 자연적으로도 일어나지만 방사선이나 화학물질 등의 인위적인 영향으로 일어나기도 합니다. 어떤 종류의 화학적 돌연변이원은 정상적인 DNA구조와 비슷한 구조를 가지고 있어 잘못된 염기결합을 유발함으로써 돌연변이를 초래합니다. 자연적으로 돌연변이가 일어날 수 있는 원인은 여러가지가 존재하는데 세포가 분열될 때 DNA복제 과정에서 세포 자체 내의 오류로 인해 일어날 수 있는 경우가 첫째 원인입니다. 또한 자연적인 자외선, 음식물에 들어있는 여러 돌연변이 유발물질, 환경적 요인 등에 의해서 돌연변이가 유발될 수 있습니다.

- 2) 아버지와 닮지 않은 자식이 태어나는 것을 '변이'라고 합니다. 같은 유전자를 가진 개체들 이라고 하더라도 주어진 환경의 영향에 따라 표현이 달라진 경우는 형질이 자손에게까지 전해지지 않으므로, 진정한 의미에서의 변이라고 할 수 없습니다. 그러나 염색체나 유전자에 이상이 생긴 변이는 자손에게 전해집니다. 우리는 이 두가지 변이에 전자를 '개체변이', 후자를 '돌연변이'로 구분합니다. 즉 개체변이는 돌연변이에 대응되는 말로 유전자의 조성에 의한 것이 아니고 그 생물 1대에서 끝나며 유전되지 않는 변이를 말하며 그 변이도와 개체수를 함수로 표시하면 곡선은 정규분포 곡선이 됩니다. 반면에 돌연변이는 자손으로 유전되는데 이것은 염색체의 부분적 이상이나 염색체 개수의 이상에 의하거나 유전물질인 DNA의 염기가 잘못 복제된 결과입니다.
- 3) 돌연변이는 일반적으로는 생물체에 해로운 영향을 미치지만 유전자의 다양성을 초래하므로 종을 매우 다양하게 하며 이런 다양성으로 인해 자연선택에 의한 진화가 가능해지는 원동력이 되기도 합니다. 돌연변이는 유전학자들에게 필수적인 실험도구 역할을 담당하는데 유전자 연구에 필요한 대립인자는 멘델의 완두콩 연구에서처럼 자연적으로 발생하기도 하며 X선을 이용해 초파리 돌연변이체를 만드는 것처럼 실험실에서 인위적으로 만들 수도 있습니다. 또한 방사선이나 화학 약품은 농작물의 품종 개량 따위에 이용될 수 있습니다.
- 4) 돌연변이가 단백질에 아무런 영향을 주지 않을 수도 있는 이유는 유전 암호의 중복성 때문입니다. 세계의 염기로 구성된 코돈에서 염기 하나가 바뀌어도 똑같은 아미노산을 지정하면 발현되는 단백질에는 변화가 없습니다. 또한 염기치환으로 아미노산이 다른 것으로 바뀌었다 하더라도 원래의 아미노산과 비슷한 성질을 지녀서 단백질이 본래의 기능을 수행하는데 큰 이상이 없는 경우도 있습니다.

3. 신체기능을 조절하는 화학적 신호, 호르몬

동물의 활동을 조절하기 위해서는 여러종류의 화학적 신호가 필요하다. 호르몬은 내분비샘에서 만들어져 분비되는데 분비된 호르몬은 혈류를 타고 이동해 표적세포에 이른다.

- 1) 호르몬이 표적세포에 작용하는 두가지 기작을 설명하라.
- 2) 혈당량은 어떻게 조절 받는가?
- 3) 티록신은 요오드를 함유하는 티로신 아미노산의 유사체로 갑상선에서 분비되는데 요오드가 부족하면 어떤 증세가 나타나겠는가?
- 4) 소아왜소증의 치료용으로 개발된 성장호르몬이 성인에게 많이 사용되고 있다. 성장호르몬 복용의 이점과 문제점은 무엇인가?
- 5) 환경호르몬에 대해 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

생물의 항상성은 출제빈도가 높은 부분입니다. 우리 몸이 항상성을 유지하기 위해서는 호르몬들의 조절을 필요로 합니다. 호르몬은 내분비선에서 생성돼 혈액이나 림프로 분비된 후 표적세포에 작용해 미량으로도 생리적인 기능을 조절함으로써 항상성을 유지하는데 기여합니다. 세포막 수용체에 결합하는 호르몬은 모두 아미노산으로부터 합성된 것으로 세종류로 나눌 수 있습니다. 아민호르몬은 한개의 아미노산이 변형된 것이고, 펩티드호르몬은 여러개의 아미노산 사슬이며, 단백질호르몬은 2백개 이상의 아미노산으로 이뤄진 폴리펩티드입니다. 아미노산으로부터 유래하지 않은 가장 중요한 호르몬인 스테로이드 호르몬은 콜레스테롤로부터 만들어진 지

질입니다. 1), 2)번 문제는 호르몬의 종류와 작용기작 그리고 그 훌륭한 예가 되는 혈당량 조절에 관한 것으로 기본적으로 숙지해야할 사항입니다. 또한 여러 호르몬들에 관해 예상할 수 있는 문제들을 추가로 출제했습니다. 티록신은 피드백의 원리를 잘 보여주는 예이며 성장호르몬은 시사적인 문제로 관련지어볼 수 있습니다. 환경호르몬이란 말은 '환경'에 노출된 화학물질이 생체 내로 유입돼 마치 '호르몬'처럼 작용한다는 의미에서 만들어졌으며 학술적으로 널리 사용되는 용어는 내분비 교란물질입니다. 환경호르몬의 종류는 광범위한데 크게 농약류와 합성 화합물류로 구분할 수 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 첫째로 스테로이드계 호르몬은 세포막을 통과한 후 세포 내부에서 수용체 단백질과 결합합니다. 이렇게 결합한 호르몬-수용체 복합체는 핵 내의 특정 DNA에 결합해 특정 단백질을 발현시킵니다. 두번째로 비스테로이드 호르몬은 세포막에 존재하는 수용체와 결합합니다. 수용체가 활성화되면 신호전달경로를 따라서 특정한 단백질이 활성화되고 결국 핵 속에서 특정유전자를 발현시키는 것입니다.
- 2) 혈당량 조절에도 몇가지의 호르몬이 관여하고 있습니다. 즉 혈당량이 높을 때는 교감 신경에 의해 이자의 랑게르한스 섬 베타 세포에서 인슐린의 분비가 촉진됩니다. 이 인슐린이 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하거나 조직 세포에서 포도당을 산화시키는 반응을 촉진해 혈당량을 낮추게 됩니다. 혈당량이 낮을 때는 부교감 신경에 의해 부신 수질에서는 아드레날린이, 이자의 랑게르한스 섬 알파 세포에서는 글루카곤의 분비가 촉진돼 간의 글리코젠이 포도당으로 분해됩니다. 또한 뇌하수체에 의해 부신 피질 호르몬의 분비가 촉진돼 부신 피질에서 당질 코르티코이드가 분비되면 단백질과 지방이 분해돼 포도당을 만들게 됩니다.
- 3) 요오드가 부족하면 티록신이 합성되지 못합니다. 티록신이 부족하면 시상하부로부터의 갑상선자극호르몬 방출호르몬(TRH) 분비를 억제하지 못하므로 갑상선자극호르몬(TSH)이 계속 분비됩니다. 따라서 갑상선에 있는 세포들이 계속 분열해 갑상선이 비대해져서 부종에 걸립니다.
- 4) 성장호르몬의 노화방지, 근력 증가, 동맥경화 예방, 질병치료 효과 등은 다양한 연구 결과로 증명됐으므로 성장호르몬 결핍으로 병에 걸리거나 노화 현상이 지나치게 빠르게 나타나는 사람은 성장호르몬 치료가 필요합니다. 그러나 성장호르몬의 장기적 안전성에 대한 연구는 아직 끝나지 않았고 당뇨병 발생 가능성이나 악성종양 발생 같은 부작용도 없지 않습니다. 또한 사회경제적인 비용 효과에서 논란이 될 수 있으므로 유행처럼 퍼지는 성장호르몬 보충요법은 신중히 생각해볼 점이 많습니다.
- 5) 환경호르몬이란 생물체에서 정상적으로 생성, 분비되는 것이 아니라 생물체에 흡수돼 정상적인 기능을 방해하거나 혼란케하는 것을 말합니다. 이들은 자연호르몬과 유사해 같은 반응을 세포에서 유발하는데 그 강도는 자연 호르몬보다 대개는 약하지만 더 강한 경우도 있습니다. 환경호르몬은 자연호르몬과 결합할 수용체를 막아버림으로써 자연호르몬의 기능을 마비시키기도 하며 수용체와 결합해 비정상적인 세포 반응을 일으키기도 합니다. 즉 예정되지 않은 세포분열이나 물질대사와 합성의 변화를 유발시키는 것입니다. 또한 간접적으로 자연호르몬의 합성, 저장, 배출, 분비, 이동 등에 작용해 정상적 내분비 기능을 방해합니다.

4. 감염에 대항하는 우리 몸의 2차 방어선, 면역계

병에 걸리지 않고 건강하게 사는 것이 모든 사람의 소망일 것이다. 그러나 인간은 태어나는 그 순간부터 세균, 바이러스 등 온갖 이물질들의 공격을 받는다.

- 1) 우리 몸에서 일어나는 비특이적 방어에는 어떤 것들이 있는가?
- 2) 항체는 침입한 항원을 어떻게 파괴하는가?
- 3) 면역계의 체액성 면역과 세포성 면역에 대해 설명하라.
- 4) 후천성면역결핍증이 어떻게 죽음에 이르게 하는가?

▶ 전문가 클리닉

감염에 대한 우리 몸의 일차적 방어기작은 여러 종류의 비특이적 방어이며 면역계는 바이러스와 같은 침입자를 인지하고 그것에 대응하는 세포를 많이 생산해내는 매우 특이적인 방어기관입니다. 항원은 항체를 생산한다는 의미와 면역반응을 유발하는 외부물질이라는 의미를 가진 말로 바이러스 표면의 물질이나 세균, 꽃가루, 먼지 혹은 이식된 세포의 표면에도 있을 수 있습니다. 혈장에 존재하며 한가지 특이한 항원과 작용하는 단백질을 '항체'라고 합니다. 면역반응의 특징을 두가지로 얘기하자면 특이성과 기억능력이 될 것입니다. 면역계가 처음 만났던 항원의 특징을 기억해서 두번째에 다시 만나면 보다 신속하고 강력하게 대응하는 것입니다. 항원-항체 반응도 효소와 기질의 반응처럼 3차원적인 입체구조가 딱 들어맞을 때 일어나는 특이적인 반응입니다. 면역계는 혈액에 녹아있는 이런 항체에 의한 체액성 반응과 세포가 직접 관여하는 세포성 반응으로 나눌 수 있으며 T세포에 의해 두가지가 서로 연관될 수 있습니다. 후천성면역결핍 바이러스가 증식하면 숙주세포인 면역세포를 죽이기 때문에 결국 가벼운 감염에 대해서도 저항력을 잃게 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 비특이적이라는 말은 침입자의 종류를 구별하지 않고 반응한다는 말입求? 피부는 감염에 대한 비특이적 방어에 중요한 역할을 합니다. 외부환경에 노출돼 있는 소화계와 호흡계도 비특이적 방어에 의해 보호됩니다. 위산은 대부분의 세균을 죽이며 코털은 공기를 걸러주고 호흡기의 점액은 먼지나 미생물을 제거합니다. 체액과 혈액에서는 백혈구가 식균작용을 하며 대식세포는 박테리아나 바이러스에 감염된 세포를 죽입니다. 자연살세포 역시 감염된 체세포나 암세포를 죽이며 인터페론이나 보체 단백질도 미생물에 작용하는 비특이적인 방어기작의 수단들입니다.
- 2) 항원은 면역반응을 유도하는 물질이고 항체는 한가지 특이한 항원과 작용하는 단백질입니다. 항체는 세균이나 바이러스 등의 감염이 일어난 곳에서 그것들과 결합한 후 침입자를 파괴하거나 중화시키게 됩니다. 중화반응에서는 항체가 결합함으로써 해로운 항원을 물리적으로 방해하거나 그 기능을 중화시킵니다. 다른 기작은 세균이나 다른 세포들의 응집을 유도하거나 침전시켜 식세포에게 쉽게 먹히게 하는 것입니다. 또한 항원-항체 결합체는 보체 단백질을 활성화시켜서 침입한 세포의 원형질막에 구멍이 나게 만들어 세포를 파괴시키기도 합니다.
- 3) B세포는 혈액 속에 녹아있는 항체를 생산하기 때문에 B세포에 의한 면역반응을 체액성면역이라고 합니다. B세포의 대부분은 침입한 특정항원에 대해 항체를 분비하며, 일부는 기억세포(memory cell)로 분화합니다. 기억세포는 2차감염 시에 즉각적이고 강력한 반응을 가능하게 합니다. 하나의 B세포는 한가지 특정항원에 대해서만 대항하는 항체를 만듭니다. 반

면 일부 T세포(Tc), 대식세포, 자연살세포 등이 바이러스나 발암성 물질 등에 의해 침범된 세포들에 직접 작용하는 반응을 세포성면역이라고 합니다. T세포는 혈액이나 림프를 순환하면서 세균이나 바이러스에 감염된 세포를 공격합니다. T세포는 곰팡이나 원생동물에 의한 감염에도 작용하고 암세포화된 자신의 세포에 대해서도 방어능력을 가집니다. T세포 역시 특정항원을 지닌 세포에 대해서 반응을 하며 다른 백혈구들에 의한 식작용을 간접적으로 활성화시키고 B세포의 항체 생산에도 중요한 역할을 합니다.

- 4) 후천성면역결핍증 바이러스는 여러가지 세포에서 살 수 있으나 다른 T세포나 B세포를 활성화시키는 보조T세포를 특히 좋아합니다. 후천성면역결핍증 바이러스가 모든 T세포를 파괴시키면 체액성면역과 세포성면역의 모든 기능이 정지되고 면역계가 작동하지 못하게 됩니다. 후천성면역결핍증에 걸려 죽는 것은 바이러스에 의한 직접적인 원인 아니라 다른 바이러스나 세균에 의한 감염성 질환 혹은 암 등에 대항하지 못하기 때문입니다.

2004년 06월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번호에서는 1학기 교과진도에 맞춰 기본적인 개념들을 다시 정리하고자 했습니다. 자주 등장하는 세포와 광합성, DNA복제와 코돈에 관한 문제와 함께 암에 관련된 세포주기 문제를 다뤘습니다.

1. 쪼개어 보면 다 비슷한 생명체

인간의 몸이나 인간이 키우는 애완견 혹은 바퀴벌레나 곰팡이에 이르기까지 모든 생물이 모양이나 크기는 다 제각각이다. 그러나 세포라는 기본단위를 공통적으로 가지며 세포소기관들의 구조와 기능은 거의 동일하다.

- 1) 생물을 구성하는 원소 중에 가장 많이 있는 화학원소 4가지는 무엇인가?
- 2) 생물분자의 다양성은 어떤 원소의 어떤 특성에 기초할까?
- 3) 세포의 구조와 기능에 대해 설명하시오(성균관대 2004).
- 4) 적혈구는 산소를 다른 기관에 전달하는 역할을 한다. 사람을 구성하는 세포 중 적혈구가 가장 작는데 이로써 가지는 이점은 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

생명체의 기본단위가 세포라는 사실은 누구나 알고 있을 것입니다. 그러나 세포를 구성하는 큰 분자들은 과연 어떤 것들이 있고 그것들을 더 잘게 쪼개면 어떤 작은 분자가 되는지는 잘 알지 못합니다. 쉽게 떠올릴 수 있는 단백질이나 핵산 등은 세포를 구성하는 커다란 분자들이며 각각은 아미노산과 뉴클레오티드가 길게 이어져 있는 중합체입니다. 그것들을 다시 쪼개보면 어떤 화학원소가 많을지 답이 나옵니다. 유기화합물의 독특한 성질은 탄소사슬의 길이 다양성과 탄소골격에 결합돼 있는 특정 원단에 의해서 결정된다고 할 수 있습니다. 세포의 크기, 세포의 구조와 기능에 관련된 문제는 자주 출제됩니다. 생명이 살아가기 위해서는 에너지를 만들어내야 하며 유전정보를 가지고 있고 또한 유전정보로부터 다양한 기능을 하는 단백질을 만들 수 있어야 합니다. 이런 생명의 특성을 세포가 가지고 있다고 생각하고 각각의 기능들을 어떤 소기관들이 맡고 있는지 정리해봅시다. 세포가 작을수록 같은 부피에 대한 표면적의 비가 넓어진다는 것은 많이 들어봤던 얘길 것입니다. 즉 표면적이 넓어진다는 것은 외부에 닿는 접촉면이 많아진다는 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 탄소, 산소, 수소, 질소입니다.
- 2) 세포 속의 대부분 분자는 탄소를 중심으로 다른 원소들이 결합된 탄소화합물입니다. 탄소는 4개의 최외각 전자를 가지고 있으므로 4개의 공유결합을 할 수 있고 다양한 분자를 만들 수 있습니다. 또한 이중결합을 통해 다양한 이성질체를 만들 수 있습니다.
- 3) 생물은 핵이 있는 진핵생물과 핵이 없는 원핵생물로 나뉩습니다. 진핵생물의 핵은 2중막 구조로 된 핵막으로 싸여 있으며 핵막에는 핵공이 있어 핵질과 세포질 사이에 물질이 이동할 수 있습니다. 핵 속에는 리보핵산(RNA)과 단백질이 주성분으로 리보솜을 합성하는 인과 DNA 및 히스톤 단백질(단순 단백질)로 구성된 염색사가 있습니다. 세포막은 인지질과 단백질이 주성분이고 2중막 구조를 가지고 있습니다. 미토콘드리아는 외막과 내막의 2중막 구조이며 내막은 크리스타 구조를 이루고 내부의 기질에는 DNA와 리보솜이 있어 독자적인 증식이 가능하며 세포호흡에 관여해서는 ATP(아데노신에 인산기가 3개 달린 유기화합물)

를 생성합니다. 소포체로는 조면소포체와 활면소포체가 있으며 조면소포체는 합성한 단백질을 다른 곳으로 수송하거나 골지체를 통해 세포 밖으로 분비하는 역할을 합니다. 단백질을 합성하는 기관은 리보솜이며 두 개의 단위체로 구성되어 있습니다. 리보솜은 골지체에서 만들어지며 가수분해효소를 가지고 있어서 세포 내로 들어온 외부물질이나 세포 내의 노폐물을 분해하는 세포내 소화를 담당합니다. 식물세포는 엽록체가 있어서 광합성을 담당합니다.

- 4) 작은 세포가 여러개 있는 것이 큰 세포가 적게 있는 것보다 총면적이 더 넓습니다. 표면적이 넓어지면 산소와 쉽게 결합하고 쉽게 떨어져서 산소교환을 더 쉽게 할 수 있습니다.

2. 귀중한 문서의 보관과 그 정보의 이용

1920년대 그리피스 실험에서부터 1950년대 허시와 체이스 실험까지 여러 실험 결과들을 통해서 DNA가 유전 물질임이 밝혀지게 됐다. 왓슨과 크릭은 DNA가 2중 나선 구조로 돼 있음을 처음으로 밝혔으며, 이 구조 해명은 현대 과학의 큰 성과로 현대 분자 생물학의 비약적인 발전에 출발점이 됐다.

1) RNA와 DNA의 구조적 차이점을 설명해보라(서울대 2002).

2) DNA 복제에 대해 간단히 설명하라(숙명여대).

3) 만약 아미노산의 종류가 1백가지이면 염기 몇개가 아미노산 하나를 암호화해야 하겠는가? 실제로는 어떠한가?

4) 아미노산 하나의 평균 분자량을 110이라고 하고 시작코돈은 ATG이며 정지코돈을 TAA라고 한다면 아래 DNA의 염기 서열로부터 발현되는 폴리펩티드의 분자량은 대략 얼마가 되겠는가?

5' -... AAG ATG GAT GCA TTG ATA CGC TTT GCC CCG GGA ATA CAC AAC CCG GGA TAA CCC TTG...-3'

▶ 전문가 클리닉

DNA와 RNA의 구조와 기능, 유전정보 흐름의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않습니다. 유전정보를 담고 있는 DNA의 구조와 복제과정과 RNA와의 차이점, 염기 서열이 어떻게 아미노산 서열을 결정하게 되는지를 묻는 문제입니다. DNA와 RNA는 염기, 당, 인산으로 구성된 뉴클레오타이드라는 단량체가 연결이 된 중합체입니다. DNA와 RNA간에는 구조적인 차이점 외에도 DNA는 RNA에 비해 훨씬 길고 일반적으로 더 안정하다는 특징이 있습니다. 그리고 RNA는 mRNA, rRNA, tRNA 세 종류가 있다는 것도 알아둬야 합니다. DNA에 담겨져 있는 유전정보는 RNA를 거쳐서 단백질까지 발현된다는 것은 분자생물학의 중심원리입니다. 이 중심원리에 예외도 있는데 RNA 바이러스는 거꾸로 RNA로부터 DNA를 합성하게 합니다. DNA의 염기서열은 그대로 mRNA로 전해져서 3개의 염기가 하나의 유전 암호를 형성하고 이것을 코돈이라고 부릅니다. 단백질은 리보솜에서 만들어지는데 mRNA가 리보솜에 부착하면 그 코돈에 맞는 아미노산을 tRNA가 운반해 옵니다. 코돈에 상보적으로 결합할 수 있는 tRNA상의 염기 배열을 안티코돈이라고 합니다. 하나의 코돈은 하나의 아미노산을 지정하는 것입니다. 각 코돈은 모든 생물에 있어 동일한 아미노산을 지정합니다. 예를 들면 코돈 CCG는 박테리아나 동물, 식물에 이르기까지 어느 개체에서나 모두 프롤린으로 해독됩니다. 폴리펩티드 사슬의 시작은 항상 시작코돈인 AUG에서 일어나며 메티오닌을 지정합니다. 정지코돈에는 세가지가 있는데 해당 아미노산이 없고 종결을 지시하게 되므로 정지코돈 앞의 코돈까지 아미노산을 지정하면 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 뉴클레오티드를 구성하는 당에 있어서 RNA의 5탄당은 2번 탄소에 -OH기가 결합해있는 리보오스이고, DNA는 -OH기 대신 -H가 결합한 형태의 디옥시리보스입니다. 염기의 구성에 있어서는 아데닌, 구아닌, 시토신은 DNA와 RNA가 공동으로 가지고 있지만, 티민은 DNA가 우라실은 RNA만 가집니다. DNA 분자는 두 가닥의 뉴클레오티드 사슬이 나선상으로 꼬여 있으며 RNA는 외가닥의 분자로 존재하지만 부분적으로는 염기결합을 할 수 있습니다.
- 2) 자신과 똑같은 새 DNA를 만드는 것을 DNA 복제라고 합니다. 이때 원래의 DNA의 이중나선이 풀리면서 각 외가닥 나선에 상보적인 염기의 뉴클레오티드가 하나씩 연결되어 새로운 가닥이 만들어 집니다. DNA 중합효소에 의해 합성된 두 가닥 중 하나는 원래 DNA인 반보존적 복제입니다.
- 3) 염기의 종류는 4가지이므로 염기 하나로는 아미노산을 4개, 두 개로는 아미노산 16개를 암호화할 수 있습니다. 1백개를 지정하기 위해서는 최소한 염기 4개가 조를 이뤄야 합니다. 4개의 염기로 지정할 수 있는 경우의 수는 $4^4=256$ 가지이므로 1백개의 아미노산을 충분히 암호화할 수 있습니다. 실제 아미노산의 종류는 20가지이므로 염기 3개가 하나의 아미노산을 암호화합니다.
- 4) 시작코돈에서 정지코돈 바로 앞까지의 염기로부터 만들어지는 폴리펩티드의 아미노산 수는 15개이므로 분자량은 $15 \times 110 = 1650$ 이 됩니다.

3. 빛을 모아서 식량을 만든다

식물에서 녹색으로 보이는 부분에는 엽록체가 있으며 여기에서 광합성이 일어난다.

- 1) 광합성 과정을 암반응과 명반응으로 나눠 말해보라.
- 2) 광합성에 영향을 주는 요인을 말하시오(전남대).
- 3) 광합성에서 빛이 무슨 일을 하는가?
- 4) 화분을 무조건 방에 오래 두면 사람에게 이로운가?
- 5) C3식물과 C4식물의 차이를 설명하라(서울대).

▶ 전문가 클리닉

광합성과 호흡은 반드시 정리해야 하는 부분입니다. 식물은 자신에게 필요한 식량을 스스로 생산하므로 자가영양생물이라고 불립니다. 그러나 아무것도 없는 것에서 모든 것을 스스로 만들어 낼 수 있다는 의미는 아닙니다. 광합성은 엽록체에서 무기물인 이산화탄소와 물로부터 빛에 에너지를 이용해 유기물인 포도당을 합성하는 과정이며, 반대로 호흡은 미토콘드리아에서 유기물을 산화시켜 이산화탄소를 배출하는 과정입니다. 녹색식물의 광합성은 빛이 있을 때 이뤄지지만 호흡은 밤낮의 구별이 없이 항상 일어난다는 것을 명심해야 합니다. 광합성은 매우 복잡한 과정이며 크게 두 단계로 나눌 수 있습니다. 명반응은 빛에너지를 화학에너지로 저장하는 과정이며 부산물로 산소가 방출됩니다. 암반응은 직접적으로 빛을 필요로 하지는 않으나 명반응에서 저장된 에너지를 이용해 당의 합성에 필요한 동력을 얻는 과정입니다.

▶ 예시답안

- 1) 명반응에서는 빛에너지에 의해 물분자가 수소와 산소로 분해됩니다. 빛에너지는 ADP와 인산으로 ATP를 만들고, 물분자의 전자를 NADP+로 전달시켜 산소가 방출됩니다. 즉 명반응은 태양 에너지를 화학에너지로 전환해 NADPH와 ATP에 저장하는 과정입니다. 암반응에서는 명반응에서 만들어진 NADPH와 ATP의 에너지와 공기 중의 이산화탄소를 이용해 고에너지 당분자인

글리세르알데히드-3인산을 합성하고 이를 이용해 포도당이나 다른 유기물을 만드는 과정입니다. 즉 캘빈회로에서 이산화탄소의 카르복실화, 3탄당으로의 환원, 5탄소 화합물의 생산의 단계를 거침으로써 이산화탄소의 탄소를 유기화합물로 만드는 탄소고정이 일어납니다.

- 2) 광합성에 영향을 주는 요인에는 빛의 파장과 세기, 온도, 그리고 이산화탄소의 농도 등이 있습니다. 엽록소의 종류에 따라 흡수하는 빛의 파장이 다른데 일반적으로 적색광과 청색광을 많이 흡수합니다. 빛의 세기에 비례해서 광합성 속도는 커지며 빛의 세기가 어느 정도 이르게 되면 그 이상 속도가 증가하지 않게 됩니다. 이산화탄소의 양도 마찬가지로 양이 증가함에 따라서 광합성량이 많아지지만 어느 정도의 농도에 이르면 속도는 변함 없습니다. 강한 빛을 비출 때 온도가 상승함에 따라 광합성 속도도 증가합니다. 이산화탄소의 농도가 낮을 때에는 빛의 세기에 영향 받지 않고 이산화탄소의 농도에 의해서만 광합성 속도가 지배받으며, 충분한 이산화탄소가 존재할 때만 빛의 세기에 의해 조절 받습니다.
- 3) 빛은 파동성 외에도 광자라는 에너지입자로 행동하는 특징이 있는데 파장이 짧을수록 에너지는 커지게 됩니다. 엽록체 속의 색소 분자가 광자를 흡수하면 전자는 에너지를 얻어서 흥분상태로 전이가 됩니다. 엽록소가 흥분된 전자를 인접해 있는 1차 전자수용체로 넘겨주면서 명반응이 시작됩니다. 색소집합체인 반응중심과 1차 전자수용체, 광자를 흡수해 에너지를 전달하게 하는 안테나 분자들의 집합체를 광계라고 하는데 두 종류의 광계가 발견돼 있습니다. 결국 유기물을 합성하기 위해 공급해야 하는 ATP나 NADPH를 만들어주기 위해 필요한 고에너지 전자를 빛에너지가 만들어주는 것입니다. 이 고에너지 전자가 전자전달계를 따라 내려가며 에너지를 유용한 형태로 전환합니다.
- 4) 식물은 광합성의 결과로 산소를 발생하는데, 광합성은 빛이 있는 조건에서 일어나므로 밤에는 광합성이 일어나지 않습니다. 그러나 호흡은 항상 일어나므로 방안에 식물을 오래 두면 광합성이 일어나지 않는 밤에는 호흡을 통해서 이산화탄소가 발생되므로 좋지 않습니다.
- 5) 대부분의 식물들은 암반응에서 이산화탄소를 받아들여 PGA라는 3탄소 화합물을 합성하기 때문에 이 식물들을 C3식물이라고 합니다. 그러나 덥고 건조한 지역에서 자라는 옥수수나 사탕수수와 같은 일부 식물들은 이산화탄소를 받아들여 옥살아세트산과 같은 4탄소 화합물을 합성하기 때문에 이러한 식물들을 C4식물이라고 합니다. C4식물은 C3식물에 비해 광포화점이 높아 강한 빛을 잘 이용하며, 낮은 이산화탄소 농도에서도 광합성량이 많습니다.

4. 세포가 세포를 낳는다

우리 몸은 약 60조나 되는 세포 수를 유지하기 위해 매 초마다 세포분열을 해야 한다. 세포마다 세포분열하는 정도의 차이가 있어서 어떤 세포는 매일 한번씩 분열하지만 어떤 세포는 더 느리게 분열하며 신경이나 근육세포와 같이 고도로 분화된 세포는 전혀 분열하지 않기도 한다. 세포분열을 하는 모든 진핵생물은 하나의 세포가 분열해 두 개의 딸세포가 되고 이 딸세포가 다시 분열하는 연속인 세포주기를 가진다.

- 1) 세포주기에 대해 설명하라.
- 2) 동물세포와 식물세포의 세포질 분열을 비교하시오.
- 3) 생물의 생장이 세포분열에 의해서가 아니라 세포자체가 커져서 이뤄진다면 어떤 단점이 생기겠는가?
- 4) 암세포는 세포주기 조절계가 제대로 기능을 하지 못해 무절제하게 분열하는 것이다. 암의 원인과 생물학적 특징에 대해 아는 바를 말하라.

▶ 전문가 클리닉

모든 생명의 영속성은 근본적으로 세포의 복제에 기인하며, 이런 세포의 복제를 세포분열이라고 합니다. 세포분열은 수정란이 성숙한 개체로 발생하는 데도 중요하며 한 세대로부터 다음 세대로 생명이 이어지게 하는 것입니다. 세포주기란 세포가 분열하기 시작해 다음 분열이 일어날 때까지의 기간을 말합니다. 정상적인 세포에서는 세포주기의 조절이 잘 이뤄지지만 암세포에서는 이러한 조절기능에 이상이 생겨서 비정상적으로 세포분열이 계속해서 일어납니다. 참고로 비정상적인 세포덩어리는 종양이며 양성종양은 수술에 의해 제거될 수 있지만 악성종양은 신체의 다른 부위로 퍼져 나갈 수 있는 암세포덩어리입니다. 암세포가 원래 발생한 부위로부터 다른 부위로 퍼지는 것을 전이라고 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 세포주기는 크게 간기와 분열기로 나뉘며, 간기는 G1기, S기, G2기로 구분됩니다. G1기는 DNA 합성이 일어나기 전 단계로 단백질과 여러가지 세포 내의 소기관이나 구성 물질들이 합성되고, S기에는 DNA의 복제가 일어나서 세포 내의 DNA량이 두배가 됩니다. G2기에는 세포가 완전히 성숙돼 분열 능력을 가지게 됩니다. 분열기는 핵분열과 세포질 분열로 구분되며 핵분열은 염색체의 움직임에 따라서 전기, 중기, 후기, 말기로 구분할 수 있습니다.
- 2) 동물세포의 경우 세포표면에 분할구가 먼저 나타나고 세포막이 안쪽으로 함입되면서 세포질이 둘로 나뉘집니다. 그리고 식물세포에서는 세포벽 구성물질을 막으로 싸고 있는 작은 주머니가 세포질 중간에 모여 세포판을 형성하고 이 세포판 막이 원형질막과 융합하게 되면서 세포질이 나뉘집니다.
- 3) 첫째 세포가 커지면 부피에 대한 표면적의 비가 감소합니다. 따라서 세포가 커지면 세포막을 통한 물질의 출입이 원활해지지 못합니다. 둘째 세포막을 통해 들어온 물질은 세포 전체에 확산돼야 하는데 세포가 커지면 전달속도가 느려지게 됩니다. 셋째 세포질의 양이 늘어나면서 하나의 핵이 조절해야 할 범위가 너무 커져서 생명활동이 원활하게 이뤄지기 어렵습니다.
- 4) 암은 크게 환경적 요인과 유전적 요인에 의해 발생합니다. 환경적 요인으로는 벤젠이나 담배연기, 오염물질 등의 화학물질과 방사선, 자외선, 바이러스 등이 있습니다. 이들은 대부분 염색체의 돌연변이를 일으키는 것으로 돌연변이가 축척이 되면 암이 발생된다고 알려져 있습니다. 세포 속에는 암유전자와 암억제 유전자가 존재하는데 비정상적으로 조절되면 암세포로 변화하게 됩니다. 암은 정상적인 세포와 다른 특징을 가지는데 첫째는 하나의 세포가 분열을 해 똑같은 세포들을 구성하는 복제성을 가집니다. 두번째는 여러 조절인자에 의해 분열이나 증식이 조절되지 않고 스스로 증식하는 자율성을 가집니다. 세번째는 꾸준한 산소와 영양공급을 받기 위해 지속적으로 혈관형성을 하며 전이를 한다는 것입니다.

2004년 07월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번 호는 에너지대사와 효소 등의 기본적인 문제와 유전자 조작과 게놈프로젝트, 인간복제 같은 시사적이면서 꼭 짚고 넘어가야 할 내용들을 다뤘습니다.

1. 모든 생물은 에너지가 필요하다-세포 내 에너지 변환

- 1) 효소란 무엇이며, 효소는 흡열반응을 발열반응으로 바꿀 수 있는가?
- 2) 산화환원반응이란 무엇인가(경북대 2002)?
- 3) 모든 생활에너지의 근원이 태양에너지라는 말을 설명하라.
- 4) 발효와 혐기성호흡을 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

에너지는 포도당과 같은 유기물 분자의 특수한 전자 배열 속에서 발견할 수 있습니다. 광합성은 에너지가 낮은 반응물인 이산화탄소와 물분자로부터 태양에너지를 이용해 에너지가 높은 탄수화물(포도당)을 만드는 과정입니다. 그리고 세포호흡이란 포도당을 단계적으로 분해하면서 새로운 결합을 만들어 전자를 재배열하는 과정 중에 전자가 갖고 있던 에너지를 얻는 과정입니다. 산소가 없을 때는 산소 대신 다른 물질이 전자를 최종적으로 수용하든지 혹은 대사과정 중의 유기산물을 환원시키는 발효과정을 거치게 됩니다. 생체 내 여러 화학반응의 에너지 장벽을 낮추는 것이 효소이며, 효소가 없다면 대부분의 대사활동이 너무 느려 생명이 유지되기 힘들 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 효소의 주성분은 단백질이며, 자신의 형태는 변하지 않으면서 반응 속도만을 촉진시키는 생체 내의 촉매입니다. 효소는 활성화에너지를 낮추어줄 뿐이며 반응물과 생성물 자체의 에너지 수위를 변화시키지는 못하므로 흡열반응을 발열반응으로 바꾸지는 못합니다.
- 2) 한 분자에서 다른 분자로 전자가 이동하는 것을 산화환원반응이라고 합니다. 전자를 잃는 반응을 산화라고 하고, 반대로 얻는 것을 환원이라고 하며 둘은 항상 동시에 일어납니다.
- 3) 지구상에 존재하는 대부분 생물의 에너지원이 궁극적으로는 태양의 빛에너지라는 뜻입니다. 녹색식물이나 광합성 세균 등은 무기물인 이산화탄소로부터 빛에너지를 이용해 엽록체에서 유기물을 합성합니다. 즉 태양에너지가 화학에너지로 바뀌어 포도당 같은 유기물로 저장되는 것이며, 광합성을 하지 못하는 동물이나 미생물은 미토콘드리아에서 호흡과정을 통해 유기물이 산화되면서 ATP가 생성되고 이것을 생활에너지로 이용합니다. 따라서 동물은 식물을 섭취하거나 다른 동물을 먹어서 화학에너지를 얻으므로 모든 생활에너지는 광합성을 통해 고정된 태양에너지가 근원이라고 할 수 있습니다.
- 4) 혐기성호흡은 최종적으로 전자를 받는 물질이 산소 이외의 무기물인 경우를 가리키며, 발효는 유기물이 분해되는 과정에서 유기화합물 자신이 환원되면서 해당과정에 필요한 NAD^+ 를 다시 공급하는 과정입니다.

2. 콩 심은 데 팔 나다-유전자 조작

옥수수나 감자 등은 해충에 약하지만, 세균이 가지고 있는 해충을 죽이는 단백질의 유전자인 '바실루스 튜링겐시스'(Bacillus thuringiensis)를 작물 세포의 유전자와 재조합시키면 병충해가 없는 작물을 만들 수 있다.

- 1) 유전자재조합 기술에 대해 아는 바를 말하라.
- 2) 유전자조작식품의 증가와 함께 유전자조작식품의 섭취가 위험하다는 의견이 있다. 유전자조작식품이란 무엇인지 아는대로 설명하고, 유전자조작식품에 대한 자신의 의견을 말해보라(숙명여대).

▶ 전문가 클리닉

생명공학은 1953년 DNA 구조가 밝혀진 이후로 분자생물학의 발전에 힘입어 빠르게 발전하고 있습니다. 유전자조작식품도 생명공학의 산물이며, 생명공학에 관련된 문제가 자주 출제된다는 사실은 강조하지 않아도 알 것입니다. 유전자재조합이 가능해진 것은 DNA의 특정염기서열을 인식해 자르는 효소인 제한효소와 DNA끼리 붙일 수 있는 리가아제라는 효소의 발견 이후입니다. 최초의 유전자조작식품은 1994년에 미국의 칼진(Calgene)사가 개발한 무르지 않는 토마토(상품명 : Flavr Savr)이며, 이후 10여년 간 4천5백종 이상의 유전자조작식품이 연구돼 이 중 수십가지가 미식품의약품국(FDA)의 승인을 받아 판매되고 있습니다. 현재는 제초제에 강한 콩, 해충저항성이 있는 옥수수, 특정 성분의 함량을 높인 땅콩 등이 시판되고 있습니다. 유전자조작식품 역시 이러한 점과 문제점을 동시에 가지고 있으며 그 판단은 여러분의 몫입니다. 환경오염 방어나 식량 증산, 삶의 질을 높이는 것은 유전자조작식품의 긍정적인 필요성이며, 안정성 문제나 생태계 파괴의 위험성은 이것에 반대할 근거로 제시되곤 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 유전자재조합이란 한 생물의 유용한 유전자를 다른 생물의 DNA에 이식해 유전자를 이식받은 개체의 형질이 달라지게 하는 기술입니다. 유용한 DNA를 선정한 후에 플라스미드를 제한효소로 절단하고 유용한 DNA와 잘려진 플라스미드를 리가아제를 이용해 결합합니다. 재조합된 DNA를 숙주세포 내로 삽입하면 숙주세포의 증식이 이뤄짐에 따라 재조합된 DNA도 복제와 단백질의 발현이 되면서 원하는 유전자로부터 단백질을 얻을 수 있습니다. 원하는 유전자를 생물체로 운반하는 것을 벡터라고 하는데 벡터할 때는 플라스미드나 바이러스 유전자를 사용합니다. 유전자재조합은 수많은 유전자 중에서 특정한 유전자를 분리해서 그 유전자가 만들어내는 단백질을 대량으로 얻을 수 있다는 점에서 중요하며, 생명공학에 일대 혁신을 가져왔습니다.
- 2) 유전자조작식품이란 생물의 유전자 중에서 원하는 유전자만을 취해 다른 생물체의 유전자와 결합시키는 등의 유전자재조합 기술을 활용해 재배하거나 육성된 농축 수산물과 이를 원료로 해 가공한 각종 식품을 말합니다. 유전자조작식품은 수확량을 높이며 영양과 보존성이 뛰어난 것이 많기 때문에 이들 식품의 시장은 계속 넓어질 전망입니다. 상품화된 작물은 콩, 옥수수, 감자 등 40여종에 이르며, 이들 식품의 상품화에 있어서 중요한 것은 안정성을 평가하고 확보하는 일입니다.

<찬성하는 경우>

세계의 인구는 계속 증가하고 있으며, 이에 따른 식량 위기의 극복을 위해서는 식량증산이 꼭 필요합니다. 유전자조작농산물과 식품을 도입할 경우 병충해에 강한 품종을 개발해 제초제 사용

량을 줄일 수 있으며, 영양이 풍부한 품종으로 식생활 개선까지 이룰 수 있습니다. 또한 농약 사용량을 줄여 환경오염을 방지하며, 노동력을 줄일 수 있으므로 충분한 안정성 검사를 거친다면 유전자조작농산물을 재배하고 식품을 생산하는 것은 이익이 될 수 있습니다.

<반대하는 경우>

전세계의 기아 문제는 단순히 식량의 절대량이 모자라기 때문만이 아니라 분배의 균형 문제일 수도 있습니다. 그러므로 식량 증산의 유일한 방법으로 유전자조작식품을 제안하는 것은 잘못된 것입니다. 유전자조작식품이 알레르기 반응을 일으킬 수 있고, 목적하는 유전자와 같이 삽입한 항생제 내성 유전자가 만드는 단백질이 인체에 미치는 영향을 알 수 없으며, 생태계에도 나쁜 영향을 끼칠 수 있습니다. 제초제에 내성을 가진 강력한 잡초가 생겨나거나, 해충이 강력한 생존력을 가지게 되면 생물의 다양성을 해치고 생태계의 안정성 자체를 무너뜨릴 수 있는 것입니다. 한두 차례의 임상 실험만으로는 안정성을 완전히 보장하지 못하므로 유전자조작식품은 금지시켜야 합니다.

3. 생명은 어디서부터인가-발생과 인간복제

인간복제를 통해 인간이 질병과 고통에서 벗어나 영원히 살 수 있을 것이라는 막연한 기대감이 커지는 한편 생명공학이 인간의 개념을 완전히 바꾸어놓을 것이라는 실존적 불안감도 고조되고 있다.

- 1) 사람의 수정과 착상 과정을 설명하라.
- 2) 여러가지 피임 방법을 설명해라.
- 3) 일란성 쌍둥이와 이란성 쌍둥이, 복제인간을 비교해라.
- 4) 인간복제의 원리와 그것이 미칠 윤리적 영향에 대해서 말해라(단국대 수시 2002).

▶ 전문가 클리닉

줄기세포 연구와 인간복제에 관한 문제는 원리를 이해한 뒤에 꼭 한번씩은 자신의 의견을 정리해 두기 바랍니다. 줄기세포(幹세포, stem cell)란 조직과 기관으로 분화되기 전 인간 배아의 내부에서 얻어진 세포로 한개체로 발달할 수 있는 전능성과 모든 조직과 기관으로 분화할 수 있는 다능성을 갖추고 있는 세포를 말합니다. 배이란 것은 정자와 난자가 만난 수정란이 세포분열을 시작한 지 14일이 지나지 않은 세포덩어리 상태를 말하며 시간이 지나면 다른 기능과 형태를 갖는 세포로 분화돼 기관이 형성됩니다. 14일 이전의 초기 배아를 세포덩어리로 보느냐, 인간개체로 간주하느냐에 따라 인간의 존엄성 논란이 일어날 수 있습니다. 정자와 난자를 수정해서 생명을 탄생시키지 않고 인간의 수정란을 분할하거나 체세포를 핵이식해서 인공적으로 배아를 복제하는 것을 인간 배아복제라고 하며 복제된 배아를 여성의 자궁에 착상시키면 복제인간이 탄생될 수 있습니다. 즉 인간복제는 말 그대로 생물학적으로 동일한 인간을 만들어내는 것으로 인간의 줄기세포를 복제해서 불치병 환자의 치료에 사용하는 '세포복제'와 구별해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 먼저 생식 기관인 정소와 난소에서 반수체(n)의 생식 세포인 정자와 난자가 만들어지고, 정자가 난자의 켈리층에 접근하면 정자는 효소를 분비해 켈리층을 분해합니다. 정자의 앞부분에서 돌기가 나와 난자의 표면에 붙고, 난자의 표면에서는 수정돌기가 형성됩니다. 수정돌기가 수축하면 정자의 머리부분만 난자 속으로 들어가고, 꼬리는 떨어지게 되며 난자 표면에 수정막이 형성돼 다른 정자들이 침입하지 못하게 합니다. 난자에 침입한 정자의 핵과

난자의 핵이 융합돼 이배체(2n)의 핵을 가지는 수정란이 만들어지고, 수정란은 세포분열을 계속하면서 수란관을 따라서 자궁 쪽으로 이동합니다. 수정 후 1주일 정도 지나서 포배기에 이르게 되면 자궁벽에 착상하게 됩니다.

- 2) 피임은 임신을 막는 것으로 대략 3가지 방법이 있습니다. 생식샘으로부터 생식세포의 방출을 막는 방법, 수정을 막는 방법, 착상을 못하게 하는 방법 등이 있습니다. 생식세포의 방출을 막는 방법이 가장 효과적이며 에스트로겐과 합성 프로게스테론의 호르몬 혼합제로 난포의 발달과 배란을 막을 수 있습니다. 정관절제술로 정자가 요도로 들어가는 것을 막거나 여성의 자궁관을 자르거나 묶어서 난자가 자궁에 들어가는 것을 막는 방법도 있습니다. 수정을 막는 방법은 배란기를 피하거나 살정제나 콘돔 같은 기구를 사용하는 것입니다.
- 3) 일란성 쌍둥이는 하나의 난자가 하나의 정자와 만나 수정란을 이룬 후 세포분열 과정에서 2개의 수정란으로 쪼개어진 경우이고, 이란성 쌍둥이는 한번에 2개의 난자가 배란돼 각각 수정된 경우입니다. 이란성 쌍둥이는 서로 다른 유전자를 가지고 일란성 쌍둥이는 동일한 유전자를 가집니다. 복제인간은 체세포를 제공한 사람과 동일한 유전자를 가지게 되므로 비슷한 생물학적 특성을 보일 것으로 예상되나 난자의 미토콘드리아에도 약간의 DNA가 존재하며 세포질은 난자의 것이므로 완전히 동일하다고는 할 수 없습니다. 일란성 쌍둥이도 완벽하게 닮은꼴은 아니며 환경에 따라 비유전적 영향 때문에 달라질 수 있습니다. 복제인간은 시간차가 많이 나는 일란성 쌍둥이라고 할 수 있으며 일란성 쌍둥이보다 비유전적 영향을 더 많이 받을 수 있습니다.
- 4) 인간복제는 한 인간과 유전적으로 동일한 또다른 인간을 만드는 방법입니다. 여기에는 크게 수정란 분할과 체세포 핵이식의 2가지 기술이 있습니다. 체세포 핵이식법은 복제양 돌리를 만든 방법과 동일합니다. 핵을 제거한 난자에 체세포의 핵을 주입시켜 복제수정란을 만들고, 이 복제수정란을 대리모의 자궁에 착상시켜 보통의 임신과 같은 과정을 거치면서 태아가 자라고 복제인간이 태어납니다. 인간복제는 성공률이 낮고 태어나더라도 기형일 확률이 높으며 정상 개체가 태어나더라도 정상적인 삶을 살기 힘들 것이라는 연구 결과 때문에 여러가지 윤리적인 문제가 발생합니다. 즉 1명의 복제인간을 위해 많은 생명체가 희생돼야 하므로 인간의 존엄성이 파괴됩니다. 또한 인간복제는 한가지 성으로만 인간을 탄생시킬 수 있으므로 부모의 결합으로 태어나서 혈육관계를 맺으며 자라는 정통적인 인간개념과 가족 개념 자체를 파괴하는 것입니다. 우수한 유전자를 가진 맞춤형인간이 태어날 수도 있으며, 기능과 능력만을 중시하는 사회를 만들 수도 있습니다. 이런 것들은 모두 생명을 경시하고 인간의 존엄성을 파괴시키는 비윤리적인 행위라고 할 수 있습니다.

4. 인류의 유산인 인간게놈과 게놈프로젝트

- 1) 인간게놈프로젝트(Human Genome Project) 완성의 의미에 대해 설명하시오(숙명여대).
- 2) 게놈프로젝트 이후에 행해져야 할 연구에 대해 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

게놈프로젝트의 의미와 그 이후의 연구들에 대해 묻는 문제입니다. 먼저 기본적인 개념을 알아야만 자세한 이야기를 할 수 있습니다. 유전자는 유전인자라고도 하는데, 유전형질을 나타내는 원인이 되는 인자입니다. 아버지의 염색체 속에 일정 순서로 배열돼 있으며, 생식세포를 통해 자손에게 아버지의 유전형질이 전해지는 것입니다. 게놈(genome)은 유전자(gene)와 염색체(chromosome)의 합성어로 한 생물체가 지닌 모든 유전정보(DNA)의 집합체를 뜻합니다. 유전정보를 담고 있는 것이 유전자라면 실제로 세포 내에서 많은 일을 하는 것은 단백질이라고 할

수 있습니다. 하나의 단백질에 대한 정보를 하나의 유전자 염기서열이 갖고 있다고 보면 됩니다. 게놈프로젝트는 그 염기서열을 다 밝히는 것입니다.

그러나 밝혀진 서열로부터 특정 유전자가 발현하는 단백질이 어떤 기능을 하는지를 알아야만 진정한 의미에서 게놈프로젝트가 완성됐다고 할 수 있습니다. 단백질이 어떻게 작동하는지를 알면 각종 생명현상을 이해할 수 있게 됩니다. 기존의 단백질 연구에는 다량의 시료가 필요했으나 적은 양의 단백질을 분석하는 기술이 기계화, 자동화되면서 단백질 분석 방법이 개발되었습니다. 이차원 전기영동법에 의해 단백질을 분리하고 이를 질량분석기를 통해 단백질 동정에 활용하는 단백질 연구방법이 프로테오믹스라는 학문 분야를 가능하게 했습니다. 게놈이 유전정보인 DNA의 총체를 말하는 것처럼 프로테옴은 단백질의 총체를 의미합니다. 프로테오믹스는 프로테옴을 연구하는 학문 분야로서 단백질 각각에 대한 번거로운 연구 방법에서 탈피해 여러 단백질을 한꺼번에 분석합니다.

▶ 예시답안

- 1) 인간게놈프로젝트는 사람의 유전자를 해명하고 30억개에 이르는 염기서열을 완전히 밝혀내 지도화하기 위해 시작된 국제적인 연구 프로그램입니다. 염기서열을 밝힌 후 어느 부분이 유전자를 암호화하고 있는지 확인해야 하며, 그 유전자들의 기능을 밝히는 작업이 이뤄져야 합니다. 인간게놈프로젝트의 완성은 각종 생명현상들을 이해하고 설명하는 것을 가능하게 합니다. DNA의 어느 부분이 머리카락이나 손톱 등의 신체 부위를 만들고 피부색이나 눈동자 색을 결정하는지 알 수 있게 되면 어떤 변이가 나타났을 때 그것이 암이나 유전병 등의 질병을 일으키는지 파악할 수 있게 될까요? 한편으로는 유전자의 무분별한 변형이나 개인유전정보의 악용 등의 문제점도 야기할 수 있습니다.
- 2) 게놈프로젝트는 단순히 염기서열을 읽어서 지도화하는 것이며, 그 이후에 다른 종들 간의 염기서열을 비교하는 비교유전체 연구와 유전자의 기능을 밝히는 기능유전체 연구가 필요합니다. 비교유전체 연구는 개인이나 인종간의 혹은 생물체간의 게놈 정보를 비교해 차이점을 찾고, 이것을 통해 생체기능의 차이를 알아내는 것입니다. 유전자 기능의 연구 중 각광받는 것은 프로테오믹스(proteomics)입니다. 세포 내에 적어 침투하거나 세포가 분열할 때 등 외부환경이 바뀔 때마다 수많은 단백질이 어떻게 움직이고 어떻게 상호작용하느냐 등 세포 내 프로테옴의 모든 것을 밝히는 것이 바로 프로테옴프로젝트입니다. 현재는 2차원 전기영동법으로 분리한 단백질을 초고속 질량분석기나 N-말단 염기서열 분석 등을 통해 세포 내 단백질의 발현 양상을 해석하고 있습니다.

5. 인류복지를 위한 기술-형질 전환 동물

형질전환 동물과 동물복제 기술에 관련된 특허출원은 98년 이후부터 연간 15건 이상으로 늘어나면서 현재까지 총 출원건수가 1백여건에 이르는 것으로 나타났다.

- 1) 장기이식용 복제돼지에 대해 아는 바를 말하라.
- 2) 광우병 내성 소의 원리를 간단히 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

유전자 조작에 의해 원하는 유전형질을 변환시킨 형질전환 동물의 연구가 활발해지고 있습니다. 특정 유전자를 체세포에 주입하거나 제거한 후 핵이 제거된 난자에 이식해 복제동물을 생

산하는 방법으로 형질전환 동물을 만드는 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 기계 장기이식과 장기기증은 기술적 문제와 공급의 한계가 있으므로 동물장기이식의 연구가 활발해지고 있습니다. 이식을 위한 동물장기로써 돼지는 여러 장점을 가지고 있습니다. 심장이나 간 등의 장기 크기가 인체의 것과 비슷하며, 돼지는 인간과 오래 살아서 해가 되는 감염원이 비교적 적습니다. 또한 새끼를 많이 낳고 사육비가 적게 들며 무균사육이 가능한 장점을 가집니다. 그러나 돼지장기를 인간에게 이식하기 위해서는 면역거부반응을 없애야 하며 이식한 이후 장기가 자라는 문제도 있으므로 크기가 작은 미니돼지를 만들어야 합니다. 또한 인간에게 해가 될 수도 있는 감염원을 가지고 있으면 안되므로 무균상태로 키워야 합니다. 초급성 면역거부반응의 원인이 되는 유전자를 제거한 돼지가 탄생된 바 있으며, 황우석 교수팀은 인간의 유전자를 삽입한 형질전환 무균 미니돼지의 출산까지 성공했습니다. 무균 복제돼지는 인도적, 의학적, 상업적 측면에서 엄청난 잠재력을 가진 개발이라고 할 수 있습니다.

2004년 08월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번호에서는 호흡에 관해 다시 정리하고 환경, 혈액, DNA에 관한 문제를 준비했습니다. 편안한 겨울을 위해 지금 호흡을 가다듬으며 더위를 이겨내시기 바랍니다.

1. 전자를 넘겨줘야 하는 세포호흡

호흡을 통해 생성된 에너지는 ATP에 저장돼 생체내의 여러가지 화학반응에 사용된다. ATP 형태로 저장된 에너지는 ATP가 ADP와 인산으로 분해될 때 방출된다. 그리고 각종 생체물질의 합성, 근육수축, 물질의 능동수송, 신경자극 전달 등 생명현상을 유지하는데 사용될 수 있다(2002년 서울대 응용).

- 1) ATP는 무엇의 약자이며 고에너지 인산결합은 무엇인가?
- 2) 포도당 한 분자가 완전히 분해될 때 해당과정과 TCA 회로에서의 최종산물은 각각 무엇이며 최종적으로 만들어지는 ATP의 수는 얼마인가?
- 3) '청산가리'라고 불리는 시안화칼륨(KCN)을 먹으면 왜 죽는가?
- 4) 우리 몸의 세포마다 미토콘드리아의 수는 같은가?

▶ 전문가 클리닉

빛에너지를 이용해 유기물을 만드는 동화작용인 광합성과 유기물로부터 에너지를 만드는 이화작용인 호흡은 생명현상을 이해할 때 가장 중심이 됩니다. 이 문제는 호흡과정을 전체적으로 이해하고 있는지를 묻습니다.

포도당을 이산화탄소와 물로 분해하는 세포호흡 과정에서 ATP가 만들어집니다. 화학반응에는 에너지를 방출하는 발열반응과 흡수하는 흡열반응이 있습니다. 발열반응인 세포호흡에서 포도당은 화학적으로 분해되고, 방출되는 에너지는 세포가 일을 할 때 사용할 수 있는 에너지 형태로 저장됩니다. 연소과정에서 에너지가 일시에 모두 방출되지만, 세포호흡에서는 여러 단계를 거쳐 에너지가 방출되며 일부는 열로 빠져나가지만 대부분은 ATP라는 분자 속에 화학에너지로 저장됩니다.

세포호흡을 통한 포도당의 산화는 해당과정, TCA 회로, 전자전달계 등 3단계를 거쳐 일어납니다. 해당과정은 세포질에서 일어나며 포도당이 피루브산으로 분해되면서 약간의 ATP가 생성됩니다. TCA 회로는 미토콘드리아에서 여러 효소들의 작용으로 일어나며 피루브산에서 이산화탄소와 수소가 떨어집니다. 또한 미토콘드리아의 내막에 있는 전자전달계에서는 전자의 이동에 의해 생긴 에너지를 이용해 많은 양의 ATP가 생성됩니다.

여러가지 독극물 중에는 전자전달계를 방해해 에너지를 만들지 못하게 하는 것이 많습니다.

미토콘드리아는 내막에 전자전달계를 가지고 ATP를 생성하는 곳이므로 에너지를 많이 소비하는 세포일수록 미토콘드리아 수가 많아질 것임을 추측할 수 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) ATP는 adenosine triphosphate의 약자로, 염기인 아데닌과 오탄당인 리보오스에 인산기 3개가 공유 결합된 구조입니다. ATP는 인산기 사이의 결합을 통해서 에너지를 저장하는데 두번째와 세번째의 인산기가 고에너지 인산결합으로 연결돼 있습니다. 이 결합이 끊어지면 많은 에너지가 방출됩니다.

- 2) 해당과정의 산물은 2개의 NADH_2 , 2개의 ATP, 2개의 피루브산이며, TCA회로의 산물은 8개의 NADH_2 , 2개의 ATP, 2개의 FADH_2 , 6개의 CO_2 입니다. 전자전달계를 지나면서 NADH_2 에서는 3개의 ATP, FADH_2 에서는 2개의 ATP가 생성되므로 1분자의 포도당으로부터는 총 38 ATP가 만들어집니다.
- 3) 미토콘드리아의 내막에는 NADH 탈수소효소, 시토크롬 산화환원효소 등의 고정된 전자 운반체들과 이동성의 전자운반체들이 모여서 전자전달계를 형성하고 있습니다. NADH_2 , FADH_2 에서 방출된 고에너지 전자는 전자운반체들을 차례로 거쳐서 최종적으로 산소에 전달됩니다. 그리고 운반체를 거칠 때마다 에너지를 방출하고 이 에너지는 ATP를 생성하는데 사용됩니다. 시안화칼륨은 세번째 전자운반체와 결합함으로써 전자가 산소에 전달되는 것을 막습니다. 즉 운반체인 전자의 흐름을 막아서 ATP 생성을 못하게 하고 에너지가 고갈돼 생물은 죽게 됩니다.
- 4) 보통 1개의 세포에는 수십개의 미토콘드리아가 있는데, 에너지를 다량으로 필요로 하는 세포일수록 많이 가지고 있습니다. 많은 물질대사를 필요로 하는 간세포에서는 1천-2천개가 있고, 심장근육 등 일을 많이 하는 조직에도 에너지 소비가 많으므로 미토콘드리아의 수가 많습니다.

2. 숨 막히는 지구

대기오염이란 대기 속의 유해한 물질입자나 기체성분의 양이 증가해 환경과 생물에 나쁜 영향을 주는 현상이다. 대기를 오염시키는 물질로는 공장의 매연(일산화탄소, 이산화황 등), 교통수단의 배기가스(일산화탄소, 탄화수소류, 산화질소류 등) 등이 있다(2002년 단국대).

- 1) 산성비 생성원리와 그 영향에 대해 말하라.
- 2) 온실효과의 원리에 대해 말하라.
- 3) 다이옥신에 대해 아는 바를 말하라.

▶ 전문가 클리닉

순수한 물은 pH가 7로 중성이지만, 빗물은 대기 중에 녹아있는 이산화탄소로 인해 탄산용액이 돼 pH가 5.6 정도인 약산입니다. 이보다 더 산성이 되면 산성비라고 부릅니다. 이산화황이나 산화질소류가 주요 원인입니다.

지구온난화의 주원인은 이산화탄소입니다. 탄소가 주성분인 화석연료가 연소할 때 발생합니다. 다이옥신은 대표적인 환경호르몬(내분비계 교란물질)으로 독성이 매우 강합니다. 그러나 어떻게 생기며 인체에 어떤 영향을 미치는지는 완전히 밝혀지지 않았습니다.

▶ 예시답안

- 1) 산성비는 대기오염물질 중 공장 등에서 배출되는 이산화황(SO_2)이나 자동차 배기가스인 질소산화물이 수분이나 산소와 반응해 묽은 황산이나 묽은 질산이 됐다가 구름에 흡수된 후 내리는 pH 5.6 이하의 비입니다. 산성비는 토양의 미생물을 죽이며 식물의 생장에 필요한 무기염류를 녹여 없앱니다. 또한 대리석이나 금속 건축물을 부식시키며 인체에는 피부염이나 통증을 유발합니다.
- 2) 대기 중의 특정 기체가 온실의 유리처럼 작용해 지표면의 온도를 올리는 현상이 온실효과입니다. 이는 대기가 태양에서 복사되는 단파장은 거의 모두 통과시키지만, 지표면에서 대기로 방출되는 장파장은 대기 중의 수증기나 이산화탄소, 프레온, 메탄 등에 의해 흡수되기 때문에 발생합니다.
- 3) 다이옥신은 2개의 벤젠고리가 2개의 산소에 의해 연결된 골격구조를 갖는 화합물

(dibenzo-p-dioxin)의 총칭입니다. 다이옥신은 일반적으로 독성이 강하고, 화학적으로 안정해 분해되기 어려울 뿐만 아니라 지용성이라 생체조직 중에 축적되기 쉬운 것으로 알려져 있습니다. 그런데 염소의 치환위치와 수에 따라 독성이 변화합니다. 다이옥신은 고열제나 도시쓰레기 소각로에서 발생하고, 암을 유발하는 등 인체에 치명적인 해를 끼칩니다.

3. 물보다 진한 피

채혈된 혈액을 방치하면 두층으로 분리되는데 위층을 혈장, 아래층을 혈구라고 부른다. 혈장 성분에서 응고인자의 하나인 피브리노겐을 제거한 것을 혈청이라 한다. 혈장에는 알부민이나 글로불린 등의 단백질, 여러가지 호르몬, 혈소판 등이 함유돼 있다. 혈소판에는 출혈을 방지하는 작용이 있어서 이것이 감소되면 출혈이 일어나기 쉽다.

한편 혈구에는 적혈구나 백혈구 등이 포함돼 있다. 적혈구는 산소를 운반하는 작용을 하며, 부족하면 산소부족으로 인해 빈혈이 발생한다. 백혈구는 질환이 생겼을 때 저항한다.

- 1) 혈액의 기능은 무엇인가?
- 2) 나뉘진 두층 중에서 붉은색은 어느층이며 왜 붉은색인가?
- 3) 상처 난 곳에서 피가 굳는데 관여하는 단백질과 작용을 말하고, 혈액응고를 방지할 수 있는 여러가지 방법에 대해 설명하라.
- 4) 혈액형이 B(BB)형이며 Rh+(DD)형인 남성과 O형이며 Rh-(dd)형인 여성 간에 태어날 아기는 어떤 응집원을 가지게 되는지 말하라(괄호 속은 유전자형).
- 5) 4)번 문제의 남성과 여성 간에 태어날 아기에게 문제가 생길 수 있는 것은 어떤 경우인가? 방지할 방법은 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

혈액의 기능과 성분, 혈액형에 대해 전반적으로 다룬 문제입니다. 혈액응고는 효소의 작용이고, 혈액의 응집반응은 항원-항체 반응이라는 것을 짚고 넘어가시기 바랍니다. 응고가 효소의 작용이기 때문에 효소의 작용을 방해하면 응고를 방지할 수 있습니다.

혈액형은 ABO식과 Rh식이 있습니다. 적혈구의 세포막에 붙어 있는 탄수화물의 종류에 따라 응집원(항원)이 결정되고 혈액형이 나뉩니다. 예를 들어 A형은 적혈구 표면에 응집원 A를 가지고 있어서 응집소(항체) β를 가진 B형과 섞이면 항원-항체 반응을 일으켜서 응집됩니다. Rh형은 붉은털 원숭이의 혈액을 토끼에 주사해 얻은 토끼의 혈청을 사람의 혈액형과 섞었을 때 혈구가 응집하는 경우에 Rh+, 응집하지 않는 경우에는 Rh-입니다. 즉 응집원이 있으면 (+)이고 없으면 (-)가 됩니다. 5)번 문제는 적아세포증에 관한 것입니다. 첫번째 임신에서 Rh+인 태아의 적혈구가 태반을 통해서 모체에 들어가면 외부물질로 인식해 그에 대한 항체가 형성됩니다. 두번째 임신부터는 모체 내의 Rh+ 항체가 태반을 통해 태아에게 전달돼 태아의 적혈구를 파괴하고 태아를 사산시킵니다. 예방법은 첫번째 아기의 적혈구가 모체로 들어 왔을 때 그것을 없애도록 미리 Rh+에 대한 항체를 투여하는 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 혈액의 기능은 다음과 같습니다. 첫번째는 물질운반기능으로 폐에서 받은 산소를 온몸에 공급하고 이산화탄소를 몸 밖으로 내보냅니다. 두번째는 체온조절기능으로 외부온도의 변화에 대해 수축이완작용으로 체온을 일정하게 유지시킵니다. 세번째는 면역기능으로 외부물질의 침입에

방어하며, 네번째는 응고기능으로 상처가 났을 경우 엉겨 붙어 출혈을 멈추게 합니다.

- 2) 붉은색을 띠는 것은 적혈구가 가라앉은 아래층입니다. 적혈구 속에는 산소를 운반하는 헤모글로빈이라는 혈색소 단백질이 있는데, 철(Fe) 원자를 가지고 있어 붉게 보입니다.
- 3) 상처가 나서 혈액이 노출되면 혈소판이 파괴되면서 트롬보키나아제가 Ca^{2+} 와 함께 프로트롬빈을 트롬빈으로 만들고, 트롬빈은 피브리노겐을 피브린으로 만듭니다. 결국 피브린이 혈구와 엉겨서 혈액이 응고됩니다. 혈액응고를 방지하려면 각 단계 중 하나를 억제하면 됩니다. 저온처리로 트롬보키나아제나 트롬빈 등의 효소작용을 억제할 수 있고, 시트르산나트륨이나 옥살산나트륨을 처리하면 Ca^{2+} 를 제거해 응고를 방지할 수 있습니다. 헤파린이나 히루딘을 첨가해 트롬빈의 생성과 작용을 억제하거나 유리막대로 저어줘 피브린을 제거하는 방법을 통해 응고를 방지할 수 있습니다.
- 4) 태어난 아기의 혈액형은 B(BO)형이 될 것이므로 응집원 B를 가집니다. 또한 Rh+이므로 응집원 D를 가집니다.
- 5) Rh+인 첫번째 아기를 분만 중 태반의 상처 등 어떤 기작으로 인해 태아의 Rh+형 적혈구가 모체의 혈액 내에 투입되면 산모는 Rh-이므로 응집원 D에 대한 항체를 형성하게 됩니다. 이렇게 만들어진 산모의 항체가 태반을 통해 Rh+형의 두번째 태아에게 흘러가면 Rh+적혈구와 응집반응을 일으켜 태아에게 심한 황달, 빈혈 등의 증상을 일으키며 심한 경우 목숨을 잃게도 됩니다. 이것을 예방하는 것은 첫번째 아기의 출산 직후에 산모에게 Rh+에 대한 항체를 투여해 흘러들어온 태아의 Rh+적혈구를 자체적으로 제거할 수 있게 만듭니다.

4. 염기의 쌍쌍파티-DNA와 계놈

DNA를 구성하는 4가지 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 티민(T), 시토신(C)이 있다. A와 T, G와 C가 서로 상보적인 결합으로 짝을 이뤄 이중나선 구조를 이룬다. 이 염기들의 순서가 형질을 결정하는 유전정보다.

- 1) 염기, DNA, 사람의 염색체와 계놈의 상관관계를 설명하라.
- 2) 각각 20쌍의 염기로 구성된 DNA가 두종류 있다. 1번 DNA는 염기의 조성비가 $(A+T)/(G+C)=1.5$ 이며, 2번 DNA는 $(A+T)/(G+C)=3$ 이다. 각 DNA에서 아데닌(A)의 수를 구하라. 또한 이중가닥의 DNA를 단일가닥으로 만들기 위해 열을 가할 때 온도는 두종류 DNA 중에서 어떤 것이 더 높을까?
- 3) 하나의 세포에 들어 있는 사람의 DNA에는 30억개의 염기쌍이 들어 있고, 염기쌍 사이의 거리는 3.4\AA ($1\text{\AA}=10^{-10}\text{m}$)이다. DNA를 반지름이 약 10\AA 인 긴 원통으로 가정하고 하나의 세포에 들어 있는 사람의 DNA를 구로 만들어 세포핵 속에 채워 넣는다면, 세포핵의 반지름은 최소한 얼마가 돼야 하겠는가? (서울대 지필고사 응용)
- 4) 염기 3개가 하나의 아미노산을 지정한다. 인간 몸의 단백질이 평균 3백개의 아미노산으로 이뤄져 있다면 하나의 단백질을 암호화하기 위해 필요한 염기수는 몇개인가? 30억개나 되는 염기쌍이 인간의 계놈을 구성하는데, 인간 유전자의 수를 3만개라고 가정한다면 유전자는 전체 DNA 염기서열 중 대략 몇 %에 해당하며, 왜 이렇게 되는가?

▶ 전문가 클리닉

DNA의 구조와 샤가프의 법칙, 계놈의 구조에 관한 문제들로 상당히 자주 출제됩니다. DNA는 염기, 당, 인산으로 이뤄진 뉴클레오티드가 길게 연결된 것이며, 염기끼리 마주보며 수소결합을 하고

있어 이중나선구조를 이룹니다. 예를 들어 한쪽 가닥에 아데닌이 있으면 다른 가닥에는 티민이 있고, 시토신이 있으면 구아닌이 쌍을 이룹니다. 이때 아데닌과 티민은 수소결합 2개, 구아닌과 시토신은 3개로 결합하므로 구아닌/시토신 결합이 더 강함을 알 수 있습니다. 염기들의 상보적인 결합 때문에 DNA에서 A와 T, G와 C의 개수는 같습니다. 이것이 샤가프의 법칙입니다.

4)번 문제에서는 인간을 포함한 진핵생물의 염색체 속의 유전자가 어떤 구조인지 묻습니다. 염기 3개가 한조를 이뤄 하나의 아미노산을 암호화하는 것을 트리플렛 코돈이라고 합니다. 또한 게놈은 아미노산을 암호화하는 부분으로만 이뤄져 있지 않습니다. 적어도 게놈에는 조절 부위와 인트론이라는 부분이 있습니다. 특히 유전자의 발현을 조절하는 프로모터라는 부분이 있는데 특정 유전자를 작동시키기 위해 필요한 여러 단백질이 붙는 자리라고 볼 수 있습니다. 또한 핵이 없는 원핵생물과는 달리 진핵생물에는 인트론과 엑손이 있습니다. 인트론은 mRNA 상에서 제거되고 그후 아미노산을 암호화하고 있는 엑손이 단백질을 발현합니다. 따라서 꼭 필요한 염기보다 더 많은 수의 염기를 가지고 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) DNA는 뉴클레오티드의 중합체이고, 뉴클레오티드는 염기, 당, 인산으로 구성되며, 염기에는 아데닌, 구아닌, 티민, 시토신의 4종류가 있습니다. 또한 DNA와 히스톤 같은 단순 단백질이 결합해 염색체를 이룹니다. 사람의 경우에는 22쌍의 상염색체와 X 혹은 Y의 성염색체를 합해서 23쌍의 염색체를 가집니다. 게놈은 생물체가 가지고 있는 유전정보의 총합이므로 23쌍의 염색체 세트가 인간의 게놈입니다.
- 2) 1번 DNA 경우 염기쌍의 비율이 1.5이고 전체 염기쌍이 20쌍이므로 (A+T)가 12쌍, (G+C)가 8쌍입니다. 따라서 아데닌의 수는 12개가 됩니다. 2번의 경우도 같은 식으로 구하면 (A+T)의 수는 15쌍이 되며 아데닌의 수는 15개입니다. 아데닌과 티민은 이중결합을 하고 구아닌과 시토신은 삼중결합을 하고 있습니다. 따라서 구아닌과 시토신의 삼중결합을 끊는데 에너지가 많이 소모되므로 1번 DNA에서 온도가 더 높ی 측정됩니다.
- 3) DNA를 한 줄로 연결했을 때의 길이는 염기쌍 사이의 거리에 염기쌍의 수를 곱한 값이므로 약 $1\text{m}(3.4 \times 10^{-10}\text{m} \times 3 \times 10^9)$ 가 됩니다. 그리고 DNA 원통의 부피는 $\pi \times 10^{-18}\text{m}^3$ ($1\text{m} \times \pi \times (10 \times 10^{-10}\text{m})^2$)이고, 구의 부피인 $4/3\pi r^3$ 과 같다고 놓으면 원통의 반지름은 대략 $1\mu\text{m}(1 \times 10^{-6}\text{m})$ 가 됩니다. 따라서 세포핵의 반지름은 최소한 $1\mu\text{m}$ 는 넘어야 합니다.

2004년 09월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번호에서는 소화, 생식세포분열에 관한 예상문제와 단일클론항체에 대한 기출문제를 응용한 문제를 준비했습니다. 소화과정 문제를 풀면서 생체 내 고분자 물질의 대사에 관해, 항체 문제로는 면역계에 관해, 생식세포분열 문제로는 유전과 생식에 관해 전체적으로 정리해보시기 바랍니다.

1. 부순 뒤 저장하는 소화 과정

피자와 음료수를 먹고 있던 서영이는 영양과 소화에 대한 공부를 하고 다음과 같은 사실을 알았다.

'인간이 섭취해야 하는 3대 영양소는 탄수화물, 지방, 단백질이다. 탄수화물 가운데 가장 구조가 간단한 것을 단당류라 하고, 단당류 2개가 결합한 것을 이당류, 여러개가 결합한 것을 다당류라고 한다. 과당이나 포도당 같은 단당류, 그리고 젖당이나 엿당 같은 이당류는 대개 단맛이 나며, 우리가 섭취하는 탄수화물은 대부분 녹말 같은 다당류의 형태다. 탄수화물은 1g당 약 4kcal의 열량을 낸다. 중성 지방은 글리세롤과 지방산이 결합된 물질이다. 지질에는 중성 지방과 인지질, 스테로이드 등이 있다. 1g당 약 9kcal의 열량을 내는 에너지원이며 동물체에서 피하지방층으로 축적돼 에너지 저장과 체온 유지에 중요한 역할을 한다. 단백질은 세포와 조직의 구성체이며, 에너지원으로도 쓰이고 1g당 4kcal의 열량을 낸다. 단백질의 구성단위는 아미노산이며 아미노산은 펩티드결합을 이룬다.'

'소화는 2가지 과정으로 이뤄진다. 첫번째는 기계적 작용에 의해 작은 조각으로 나뉘는 과정이고, 두번째는 화학적 분해 과정이다. 이후 작은 영양물 분자가 세포내로 흡수돼야 하며 소화되지 않은 물질은 제거돼야 한다.'

- 1) 3대 영양소는 소화가 된 후 최종적으로 어떤 '작은 영양분 분자'가 될까?
- 2) 입 속에서 일어나는 기계적 소화와 화학적 소화를 이야기하라.
- 3) 위에서는 화학적인 소화도 일부 일어나는데 위액은 점액, 효소, 강산으로 이뤄져 있다. 여기서 효소는 무엇을 말하며 위샘의 세포는 효소나 강산에 의해 왜 소화되지 않는가?
- 4) 헬리코박터 파일로리(Helicobacter pylori)라는 방사형의 박테리아가 위궤양과 위암의 발병과 관련된다는 증거들이 많이 나오고 있다. 대부분의 미생물들과는 다르게 궤양을 일으키는 종은 어떤 환경에서 잘 자라는 것일까?
- 5) 피자나 음료수 같은 음식을 구성하는 고분자 물질의 화학적 소화는 대부분 소장에서 일어난다. 소장의 구조와 기능에 대해 설명하라.
- 6) 서영이는 살이 피하지방이 축적된 것임을 알고 탄수화물과 단백질로 이뤄진 음식만 먹었다. 그래도 살이 찌는 이유는 무엇인가? 또한 남은 영양분이 왜 하필 지방의 형태로 축적되는가?

▶ 전문가 클리닉

포도당에서부터 ATP까지 만드는 과정과 함께 포도당이 어떤 과정을 거쳐 세포 속으로 들어오는지에 대해서도 생각해보기 바랍니다. 사람은 에너지를 유기물에서 얻는 종속영양생물에 속하므로 끊임없이 외부로부터 음식을 섭취해야 합니다. 음식물 속 대부분의 유기물은 단백질, 지방, 탄수화물 등 분자량이 큰 중합체입니다. 중합체는 작은 단량체가 연결돼 만들어지는 것으로 동물이 이 중합체들을 직접 사용하지 못하는 이유가 있습니다. 중합체는 막을 통과해 세

포 속으로 들어가기에 너무 크다는 것과 인체에 필요한 새로운 중합체를 만들기 위해서는 기본 단위인 단량체가 필요하다는 것이 이유입니다. 소화가 된다는 것은 중합체가 단량체들로 부서진다는 것으로 각각의 최종산물은 제시문에 나오듯이 각각의 단량체가 됩니다.

당연히 그 과정에는 효소가 관여하고 입, 위장, 소장 속에 효소가 있습니다. 탄수화물은 입과 소장, 단백질은 위와 소장, 지방은 소장에서 분비되는 효소의 도움을 받아 소화됩니다. 그런데 소장은 길이가 아니라 지름이 작다는 의미로 붙여진 이름이며 그 길이는 6미터(m)가 넘습니다.

어떠한 형태로든 칼로리 섭취가 과다하면 체세포는 다양한 대사과정을 조합해 과다 물질을 지방으로 변환시킵니다. 탄수화물의 산화과정 중에 생기는 글리세르알데히드-3인산 이라는 3탄당과 아세틸-코에이가 글리세롤과 지방산을 만들고 그것이 지방을 만듭니다.

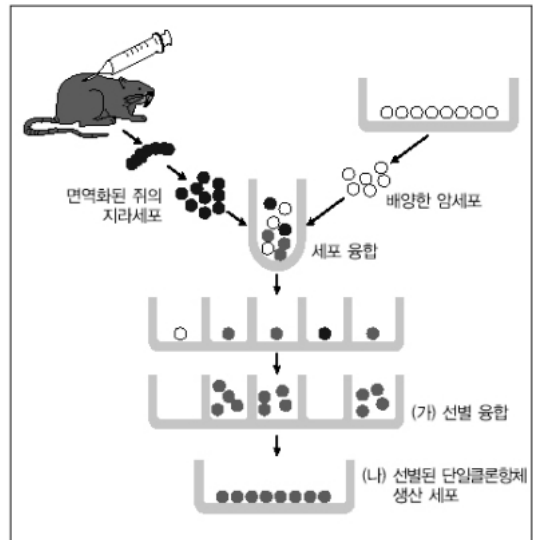
▶ 예시답안

- 1) 탄수화물은 포도당, 과당, 갈락토오스 같은 단당류로 분해 되며, 지방은 지방산과 글리세롤로, 단백질은 아미노산으로 분해됩니다.
- 2) 음식을 씹는 행위는 기계적 소화입니다. 음식을 자르고 부셔 삼키기 쉽게 해주고, 음식 표면이 소화효소에 닿는 면적을 넓게 해줍니다. 침 속에 들어있는 효소인 아밀라아제는 녹말을 가수분해하므로 화학적 소화입니다.
- 3) 위샘에서 분비된 펩시노젠은 염산에 의해 펩신이 되는데, 펩신은 단백질의 폴리펩티드 사슬을 더 작은 폴리펩티드로 만듭니다. 펩신은 비활성 형태인 펩시노젠으로 분비되므로 위샘의 세포가 보호되며, 점액은 펩신과 염산으로부터 위 내벽을 보호합니다.
- 4) 케양을 일으키는 좋은 pH가 낮은 환경에서도 잘 자라는 것입니다. 이 박테리아는 산을 중화시키는 물질을 세포주위에 싸고 있어 낮은 pH에서도 죽지 않습니다.
- 5) 우선 입에서 시작된 탄수화물의 소화는 소장에서 끝납니다. 소장에서 아밀라아제는 녹말을 엿당으로 분해하고, 말타아제는 엿당을 포도당으로 분해합니다. 또한 슈크라아제는 설탕을, 락타아제는 젖당을 분해합니다. 위에서 잘게 잘린 단백질은 소장에서 트립신에 의해 더 짧은 폴리펩티드가 되고, 이것을 펩티다아제가 아미노산으로 분해합니다. 지방은 소장의 리파아제에 의해 지방산과 글리세롤로 분해됩니다. 소장은 가장 긴 소화관으로 양분이 소장에서 혈액내로 흡수됩니다. 소장벽에는 융털이라고 하는 돌기가 수없이 많아 음식물과 접촉면적을 넓게 하는 구조를 이룹니다.
- 6) 우리가 필요로 하는 에너지보다 더 많은 칼로리를 섭취하면 그것은 다양한 형태로 세포에 저장됩니다. 간과 근육은 에너지를 포도당의 중합체인 글리코겐 형태로 저장하고, 과다한 에너지는 피하에 지방으로 저장합니다. 즉 여분의 포도당과 단백질이 지방으로 전환되기 때문에 살이 찌는 것입니다. 지방은 그램(g)당 ATP 생산량이 녹말보다 많습니다. 대부분의 동물은 이동을 하며 살아가기 때문에 에너지를 내는 것이라면 가벼운 것이 이로우므로 에너지를 지방의 형태로 저장하는 것이 효율적입니다.

2. 단일클론항체의 생산 원리와 응용

다음 그림은 세포 융합에 의해서 단일클론항체를 생산하는 원리를 나타낸 것이다. 이를 보고 아래 물음에 답하라.(서울대 특기자 전형 응용)

- 1) 4개의 폴리펩티드로 이뤄진 항체의 구조에 대해 간단히 설명하라.
- 2) 세균, 바이러스, 독소 등 몸에 들어온 이종 단백질을 항원이라고 부른다. 바이러스와 같은 하나의 병원체를 항원이라고 부르는 것이 왜 정확한 표현이 될 수 없는가?
- 3) 항원-항체의 반응과 효소-기질 반응의 유사성은 무엇인가?
- 4) 인공 배양한 암세포와 면역화된 쥐의 지라세포는 기능이나 수명에서 어떤 차이가 있는가?
- 5) 면역화시킨 지라세포들은 모두 동일한 항체를 생산하는가?
- 6) (나)세포는 (가)세포들에 비해 생산 물질에서 어떤 차이가 있는가?
- 7) 단일클론항체는 어디에 응용될 수 있는가?



▶ 전문가 클리닉

항원은 면역반응을 유도하는 물질이며 항체는 한가지 특이한 항원과 작용하는 단백질로 혈장에 존재합니다. 하나의 항원에 대해 여러가지 항체가 만들어지는데 이것은 항체가 항원의 일부 분에만 결합하기 때문입니다. 즉 하나의 림프구 세포가 항원의 특정 지역에 결합하는 항체를 생산한다고 생각하면 됩니다. 우리 몸에는 수많은 림프구가 있어서 거의 무한한 종류의 항원을 인식할 수 있는데, 이것은 림프구가 분화하는 중에 유전자 재배열을 통해 다양한 항원에 대항할 수 있는 다양한 항체를 준비하고 있기 때문입니다. 유전적으로 다른 림프구는 항원결합부위가 약간 다른 항체를 만듭니다. 우리 몸에 처음 들어온 항원은 그 항원에 맞는 항체를 가진 세포만을 활성화시키므로 그 항체가 많이 생산됩니다. 활성화된 림프구는 더 증식해서 유전적으로 같은 세포인 클론을 형성합니다. 이렇게 증식된 클론이 생산한 항체, 즉 똑같은 항원결합부위를 가진 항체가 바로 단일클론항체입니다.

위의 그림에서 보여주는 과정은 단일클론항체의 대량생산을 위해 항체를 생산하는 세포를 실험실에서 배양하는 방법에 대한 것입니다. 항체를 만드는 능력을 가진 B림프구를 계속 증식할 수 있도록 암세포와 융합시켜서 각각의 클론들을 배양시킨 후 처음 주사한 항원과 가장 잘 결합하는 항체를 생산하는 클론을 선별합니다. 이렇게 선별된 클론을 계속 증식시켜 항체를 대량으로 얻을 수 있습니다. 단일클론항체는 특이적으로 항원에 결합하기 때문에 여러 분야에서 응용될 수 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 항체는 2개의 긴 사슬과 2개의 짧은 사슬의 펩티드로 구성됩니다. 짧은 사슬은 각각의 긴 사슬에 연결돼 Y자 모양을 이룹니다. 각각의 펩티드는 C(불변)부위와 V(가변)부위로 나눌 수 있으며, Y자 모양의 양쪽 끝부분은 항원과 결합하는 부위로서 다양한 3차구조를 이루는데 이것은 V부위의 다양한 아미노산 배열에 기인합니다.
- 2) 바이러스 표면 전체가 항원이 아니고 표면의 화학적 성분을 이루는 분자들이 항원이 되기 때문입니다. 대부분의 경우 미생물이나 다른 생물의 세포 표면에는 여러개의 항원성 분자들이 있습니다.

- 3) 항체는 상호보완적인 구조에 따라 특정 항원에만 작용합니다. 효소도 특정 기질에만 결합하는 특이성을 지닙니다.
- 4) 면역화된 지라세포는 항체를 생산할 수 있는 분화된 기능을 지니지만 체외 배양할 때에는 수명이 제한됩니다. 이에 비해 암세포는 기능이 분화돼 있지는 않지만 무한한 수명을 가지고 있습니다.
- 5) 림프구는 1가지 외부물질에 대해서 그 항원의 특정 부분에 결합하는 제각기 다른 항원결합 부위를 가진 항체를 만들어냅니다. 즉 B림프구는 다양한 항체를 생산하므로 모두 동일한 항체를 생산하지 않습니다.
- 6) (가)세포들은 다른 종류의 항체들을 생산하며, (나)세포는 동일한 한가지 항체만을 생산합니다.
- 7) 특정항원과 특이적으로 결합하므로 각종 질병을 진단하고, 항체에 약물을 부착시킴으로써 특정 세포에만 작용하도록 하는데 이용됩니다. 또한 소량으로 존재하는 항원을 탐색하거나 분리하는데 사용해 분자생물학적인 연구에도 이용됩니다.

3. 유일무이한 개체를 만들 수 있는 생식세포분열

사람과 그의 유성생식으로 번식하는 모든 종은 각각의 부모로부터 1벌씩의 염색체를 물려받아 2벌의 염색체를 갖는다. 핵 내에 2벌의 상동염색체를 갖는 세포를 이배체(diploid) 세포라 하고, 1벌만 가진 세포를 반수체(haploid) 세포라 한다. 사람의 경우 반수체 수는 $23(n=23)$ 이다. 유성생식을 하는 생물들은 반수체를 가진 생식세포를 만들어낸다. 반수체 배우자는 생식기관에서 생식세포분열에 의해 만들어진단. 한편 생식세포분열이 일어날 때 분열이 잘못되면 배우자의 염색체수에 이상이 생기거나 구조에 변화가 생긴다.

- 1) 생식과정에서 생식세포분열이 가지는 의미를 간단히 말하라.
- 2) 생식세포분열과 체세포분열을 비교하라.
- 3) 어떤 생물의 이배체($2n$) 수가 8이면 생식세포분열에 의해 생긴 배우자가 가질 수 있는 염색체 조합은 몇가지인가? 사람의 경우 자신과 같은 염색체 조합을 가질 확률은 대략 얼마인가?
- 4) 생식세포분열을 할 때 상동염색체의 무작위 배열 외에 개체의 유전적 다양성을 더욱 증가시키는 과정에 대해 아는 바를 말하라.
- 5) 염색체 수의 이상으로 생긴 증상의 예를 들어라.

▶ 전문가 클리닉

형제들은 같은 부모로부터 태어났지만 외모나 성격이 다릅니다. 유성생식으로 인한 다양성의 결과라고 볼 수 있습니다. 수험생들은 염색체, 상동염색체, 교차의 의미를 이해한 후 정리해서 이에 대한 질문에 적절히 답할 수 있도록 연습해보시기 바랍니다.

핵에서 관찰되는 염색체는 그 부분만 따로 염색해서 볼 수 있다고 해서 '염색체'라고 이름 붙여졌습니다. 동일한 종류의 생물은 모두 같은 수의 염색체를 가지며, 종에 따라 염색체의 수와 모양이 달라집니다. DNA가닥은 단백질과 결합해 염색질을 형성하고, 이 염색질들이 다발처럼 묶여 염색체가 만들어집니다. 염색체는 2가닥으로 갈라져 있고 동원체 부분만 붙어있는데 각각의 가닥을 염색분체라 합니다. 염색을 하면 색이 있는 띠가 나타나는 양상이 동일한 2개의 염색분체가 동원체 부분에서 합쳐 있는데, 이러한 쌍을 가진 두 염색체는 같은 유전특성을 결정하는 유전자를 가지고 있으며 상동염색체라고 합니다.

무성생식은 부모로부터 복제된 염색체를 그대로 물려받지만, 유성생식에 의해 생긴 자손은 정

자와 난자가 가진 1벌의 유전정보를 물려받아 양쪽 부모의 특성을 모두 가지게 됩니다. 유성 생식을 하는 생물 중에 있어서 각각의 개체는 자신과 완벽하게 똑같은 개체를 만들지 않습니다. 유성생식에 의해 생긴 자손은 매우 다양한데 이는 생식세포분열 중기에 모든 염색체 쌍이 다른 염색체 쌍과 무관하게 이동방향을 정하기 때문입니다. 이렇게 상동염색체 쌍이 무작위로 배열되고 더불어 정자와 난자가 무작위로 수정을 하므로 자손은 더욱 다양하게 됩니다. 또한 돌연변이와 생식세포분열시의 교차는 다양성을 더욱 증가시키는 요인입니다.

염색체 변화는 선천성 질환과 암을 유발하기도 하는데 다운증후군, 클라인펠터증후군(XXY), 터너증후군(XO) 등은 염색체 수의 변화로 인한 것들입니다. 염색체 구조의 변화에는 염색체의 일부분이 없어지는 것, 중복되는 것, 방향이 반대로 되는 것, 상동염색체가 아닌 다른 염색체에 결합하는 것 등이 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 유성생식을 하는 생물의 경우 암수의 생식 세포가 만나서 자손을 만들게 됩니다. 그런데 생식 세포의 염색체 수가 생식세포분열을 통해 반으로 줄지 않으면 자손의 염색체는 부모의 2배가 됩니다. 따라서 생명의 연속성을 유지하는데 생식세포분열은 중요한 의미를 가집니다.
- 2) 체세포분열은 생장과 조직의 재생이나 무성생식에 관여하며, 모세포와 유전적으로 동일한 딸세포를 만듭니다. 생식세포분열은 유성생식에 관여하며, 반수체의 딸세포를 만듭니다. 체 세포분열은 간기에 염색체가 복제된 후 1번의 핵분열과 세포질분열을 함으로써 2개의 이배체 세포를 만듭니다. 생식세포분열도 간기에 염색체가 복제되지만 2번의 핵분열과 세포질분열 결과 4개의 반수체 세포가 만들어집니다.
- 3) 염색체가 n 쌍일 때 배우자가 가질 수 있는 염색체 조합의 수는 $2n$ 이 됩니다. 이배체 염색체 수가 8이면 4쌍의 염색체를 가지는 것이므로 염색체 조합의 수는 $2^4=16$ 가지가 됩니다. 사람의 경우 $n=23$ 이므로 2^{23} 가지 즉 약 8백만 가지의 염색체 조합이 가능하게 됩니다. 정자와 난자가 만나 수정하게 되므로 자신과 같은 염색체 조합을 가질 확률은 8백만에 8백만을 곱한 약 64조분의 1이 됩니다.
- 4) 감수 제1분열의 전기에 상동염색체는 서로 붙어 2가염색체를 형성하는데 2가염색체는 4개의 염색분체로 구성됩니다. 접합시 2개의 염색분체의 일부가 교환되는 현상을 교차라고 하는데 이는 상동염색체가 매우 가까이 배열함으로써 일어납니다. 교차로 인해 서로 다른 상동염색체 상에 있던 유전자가 재조합되므로 다양성이 더욱 증가합니다.

2004년 10월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번호에서는 미생물, 생명의 특징, 유전공학, 생태계에 관해 정리했습니다. 새로운 미생물 배양에 관한 기사를 통해 분류체계와 원핵생물의 특징을, 화성탐사에서 물과 생명의 특징을, 그리고 형광단백질을 발현하는 닭의 탄생을 지켜보면서 유전공학에 관해 나름대로 정리해보시기 바랍니다. 여기서 제시되는 답은 예시답안일 뿐입니다. 가장 좋은 답안을 작성할 수 있도록 스스로 고민하고 노력하는 과정이 소중하다는 걸 깨닫기 바랍니다.

1. 보이지 않는 것이 강하다

한국인 과학자가 지난해 '바다눈' (바닷속에서 눈처럼 내리는 하얀 부유물질) 생성에 관여하는 미생물을 찾아 실험실 배양에 성공했다. 또 이 미생물이 DNA의 진화계통으로 볼 때 기존의 문(門)과 다르다는 사실을 밝혀 '렌티스페레'라는 새로운 문으로 명명했다. 국제원핵생물계통분류위원회는 '렌티스페레'와 '렌티스페칼레스'를 각각 박테리아계의 23번째 문과 69번째 목(目)으로 인정한다고 발표했다.

- 1) 생물의 분류단위와 종에 대해 간단히 말하라.
- 2) 박테리아를 형태와 영양방식을 기준으로 나뉘라.
- 3) 원핵생물 세포는 동식물 세포와 어떻게 다른지 아는 대로 말하라.
- 4) 미생물이 미치는 영향과 응용방안에 대해 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

먼저 용어에 대한 정확한 개념을 이해해야 합니다. 미생물은 크기가 0.1mm 이하인 미세한 생물로 주로 단일세포 혹은 군사로 몸을 이루는 생물로서 최소생활단위입니다. 탄저균이나 대장균 등을 포함하는 세균류(bacteria), 효모, 곰팡이, 버섯 등을 포함하는 균류(fungi), 식물플랑크톤 등을 포함하는 조류(algae), 유글레나, 짚신벌레 같은 원생동물류(protozoa)와 한계적 생물이라고 할 수 있는 바이러스 등이 미생물에 속합니다.

여기서 바이러스를 제외하고 세균류는 세포 내에 핵이 없는 원핵생물이며, 나머지는 모두 핵이 있는 진핵생물입니다. 원핵생물은 핵막으로 둘러싸인 핵이 없다는 것 외에도 여러 구조적인 특징과 DNA 복제나 전사 등의 과정에서도 진핵생물과 차이를 보입니다. 모든 생물은 살아가기 위해서 에너지원과 탄소원이 필요합니다. 원핵생물도 마찬가지로 모든 진핵세포가 사용하는 영양방식을 다 합한 것보다 더 다양한 형태의 영양방식을 가지고 있습니다. 탄소를 무기물인 이산화탄소에서 얻느냐, 유기물에서 얻느냐에 따라 크게 독립영양생물과 종속영양생물로 나뉩니다. 이것은 다시 에너지를 햇빛에서 얻느냐 다른 화합물에서 얻느냐에 따라 세분할 수 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 생물분류단위는 계-문-강-목-과-속-종으로 나뉩니다. 종은 생물분류의 최저 단위로서 유사한 형태를 가지며 서로 교배하여 번식력이 있는 자손을 낳을 수 있는 개체의 집단을 말합니다.
- 2) 먼저 박테리아를 형태별로 나누면 구형인 구균과, 막대기 모양의 간균, 그리고 나선형태의 나선균으로 나눌 수 있습니다. 영양방식이란 생물이 이용하는 에너지와 탄소를 얻는 방식인데, 독립영양생물은 무기물을 이용해 스스로 유기물을 만들어내며 햇빛에서 에너지를 얻는

광독립영양생물과 무기화합물에서 에너지를 얻는 화학독립영양생물로 나뉩니다. 종속영양생물에는 햇빛에서 에너지를 얻고 탄소원으로는 유기물을 사용하는 광종속영양생물과, 에너지와 탄소를 모두 유기물에서 얻는 화학종속영양생물이 있습니다.

- 3) 원핵생물은 단세포이며 핵막으로 둘러싸인 핵이 없다는 점에서 진핵생물인 동식물의 세포와 차별화됩니다. 즉 진핵세포는 DNA가 핵 속에 있어서 RNA합성은 핵 속에서, 단백질 합성은 세포질에서 이뤄집니다. 그러나 원핵생물은 DNA가 분자상태로 세포질에 존재합니다. 또 원핵생물은 막으로 구성된 여러 세포소기관들이 없습니다. 예를 들어 소포체가 없으며, 미토콘드리아가 없어서 전자전달계가 세포막 속에 존재합니다. 원핵생물의 DNA는 하나의 원형이며 진핵생물의 DNA는 긴 직선형으로 여러개의 염색체가 존재합니다. 이외에도 원핵생물에는 진핵생물에 존재하는 "인트론"(아미노산을 암호화하지 않는 부분)이 일반적으로 존재하지 않습니다. 또 DNA 복제원점이 진핵생물은 여러개지만 원핵생물은 하나입니다.
- 4) 미생물은 지구 어디든지 습기가 있는 곳에서는 살아갈 수 있으며, 인간생활과 밀접한 관계를 맺고 있습니다. 사람의 몸에도 세균이 살고 있어 병원균의 공격을 방어하고 음식으로부터 열량을 더 얻게 합니다. 그러나 미생물은 독소를 만들어서 식중독을 일으키거나 결핵, 에이즈, 각종 피부병 등 무서운 질병을 일으키며 병원균은 생물무기로 전쟁에 이용되기도 합니다. 미생물은 생활 속의 음식물 등을 부패시키기도 하며 빵, 요구르트, 김치, 술, 된장 등을 만드는데도 이용됩니다. 이와 같이 미생물의 특유한 성질은 식품, 의약품, 공업생산물 등의 생산공업에도 많이 이용되며, 간편한 시설로 계속 배양할 수 있는 생물자원으로도 각광받고 있습니다. 자연계에서 미생물은 동식물의 사체, 배설물, 부유물 등을 분해하는 청소부 역할을 하기 때문에 수질환경이나 토양의 지력보존에도 많이 이용되고 있습니다.

2. 생명이란 무엇인가?

3월 중순 미국 항공우주국(NASA)은 화성에서 물의 흔적을 발견했다고 발표했다. 올해 초 화성 착륙에 성공한 탐사로봇은 과거에 물이 존재했다는 가설을 지지할 '강력한' 물의 흔적을 발견했다. 물이 있으면 생명체가 존재했을 가능성이 높아진다.

- 1) 왜 물이 있으면 생명체가 존재했을 가능성이 높아지는지 설명하라.
- 2) 생물과 무생물의 차이를 말하라(서울대, 카톨릭대).
- 3) 분자 수준에서 생물분자는 대단히 크기 때문에 고분자(macromolecule) 라고 불린다. 세포는 작은 유기분자들을 연결해 고분자를 만드는데 세포의 중요한 고분자들의 구조와 기능에 대해 간략히 말하라.

▶ 전문가 클리닉

생명체에 관한 기초적이면서 전체를 아우르는 문제입니다. 물의 독특한 화학적 특성과 그 특성이 어떻게 생명현상과 관련되는지 생각해보기 바랍니다. 생명의 특성과 정의를 묻는 문제는 자주 출제됐으며 앞으로도 어떤 형태로든 출제될 수 있습니다. 살아있는 세포는 몇종류의 재료(단량체)로 매우 다양한 고분자를 만듭니다. 단백질은 아미노산이 길게 연결된 것으로 핵산, 다당류, 단량체들이 모여 이룬 중합체라는 사실을 기억하시기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 생물체 내에서 물은 화학반응의 매개체이며, 극성을 띠므로 DNA나 단백질 같은 생명에 필수적

인 극성물질들과 이온들을 잘 녹입니다. 또 물은 분자 간의 수소결합으로 다른 물질에 비해 비열이 높는데, 이 특징은 생물의 체온이 쉽게 오르거나 내려가는 것을 막아줍니다. 이외에도 물은 생물에게 필요한 물리적인 환경도 만들어줍니다. 고체 상태인 얼음이 액체 상태인 4℃ 물보다 밀도가 낮아서 겨울에 강물이 얼어도 강물 표면부터 얼게 되므로 강물 속에서 생물이 살수 있습니다. 생명은 물질대사와 번식을 해야 하는데 이를 위해 다양한 화학물질과 에너지를 얻을 수 있는 적절한 환경에서만 존재할 수 있습니다. 이와 같은 물의 독특한 특징 때문에 물은 생명을 유지하는데 핵심적인 물질이며, 생명체가 존재하기 위한 최소한의 조건으로 꼽힙니다.

- 2) 모든 생물은 다음과 같은 공통적인 특징을 지닙니다. 먼저 생물은 복잡한 구조로 조직되어 있으며 다양하게 변하는 외부환경에 대해 내부 환경을 유지하는 조절기작, 즉 항상성을 지닙니다. 생물은 성장과 발생과정을 거치며 DNA를 복제해 자손을 만들며 환경 자극에 대해 반응하고 시간이 흐르면서 진화합니다. 또 생물은 에너지를 획득해 이용하며 물질대사를 수행합니다.
- 3) 세포의 고분자들에는 단백질, 핵산, 다당류인 탄수화물, 지질 등이 있습니다. 단백질은 20가지의 아미노산 단량체들이 여러가지 배열로 결합한 중합체이며, 생물의 구조와 기능 결정에 필수적입니다. 핵산은 단백질에 대한 정보를 제공하며, DNA와 RNA 두종류가 있습니다. 핵산의 단량체는 뉴클레오타이드이며 뉴클레오타이드는 염기, 당, 인산의 세부분으로 구성됩니다. 다당류는 포도당이나 과당 같은 단당류가 길게 연결된 고분자입니다. 동물은 다당류인 글리코젠으로 여분의 당을 저장하며 섬유소(셀룰로오스)는 식물의 주성분입니다. 지질은 3개의 탄소로 구성된 글리세롤과 긴 탄소사슬의 지방산으로 구성된 분자입니다. 지질은 에너지를 저장하는 중요한 기능을 하며, 세포막의 주요 구성성분이기도 합니다.

3. 꿈을 현실로

녹색형광단백질이 몸 곳곳에서 발현되는 형질전환 닭이 국내 연구진에 의해 세계에서 처음으로 생산됐다. 레트로바이러스벡터 시스템을 자체 개발해 녹색형광유전자를 유정란에 주입시켜 태어난 닭들에 자외선을 쬔 결과, 부리와 머리 등 신체 여러 부위에서 녹색 형광현상이 나타났다. 이로써 원하는 유전자를 주입해 부화시킨 닭으로부터 각종 치료제 등 유용한 단백질을 얻을 수 있음이 확인된 것이다.

- 1) 벡터란 무엇인가?
- 2) 레트로바이러스의 '레트로'는 '역방향'이라는 뜻으로 볼 수 있다. 무엇이 역방향이라는 것인가?
- 3) 유전자 조작과 GMO에 대해 설명하라.
- 4) 생명공학에 대해 설명하라(서울대 농업생명과학대학).

▶ 전문가 클리닉

유전자재조합과 유전자조작식품, 생명공학에 관한 기출 및 예상문제입니다. 유전자재조합이 가능해진 것은 DNA의 특정염기서열을 인식해 자르는 효소인 제한효소와 DNA를 붙일 수 있는 리가아제라는 효소의 발견 이후입니다. 원하는 유전자를 적절한 벡터 속에 넣은 후에 벡터를 세포 속에 넣으면 그 유전자를 발현할 수 있습니다. 벡터로는 플라스미드가 있고, 바이러스의 유전자에 원하는 유전자를 넣고 감염시켜 발현시키는 바이러스 벡터도 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 벡터란 유전자재조합 기술에서 유전자를 운반하는 DNA 분자를 말합니다. 벡터로는 플라스

미드 DNA, 박테리오파지, 혹은 레트로 바이러스가 주로 이용됩니다.

- 2) 바이러스는 스스로 증식할 수 없기 때문에 감염시킨 숙주세포의 효소를 이용해 복제와 단백질 합성을 통해 증식합니다. 바이러스는 핵산과 단백질로 구성되며 핵산으로는 DNA 혹은 RNA를 가집니다. RNA를 가진 바이러스는 RNA에서 DNA를 만들고 그 DNA로부터 복제하는데, 이것은 원래 유전정보의 흐름, 즉 DNA에서 RNA로 가는 것과는 반대 방향입니다.
- 3) 유전자조작이란 '한 종으로부터 유전자를 얻은 후에 이를 다른 종에 삽입하는 기술'을 말합니다. DNA구조가 밝혀지고, 1970년대 이후 DNA를 자르고 이어붙이는 기술이 개발되면서 유전자조작이 가능해졌습니다. 유전자조작은 수많은 유전자 중에서 특정 유전자를 분리해서 그 유전자가 만들어내는 단백질을 대량으로 얻거나 유전자를 이식받은 개체의 형질을 달라지게 하는 방법으로 이뤄집니다. 같은 방식으로 어떤 생물의 유전자 중 특정 유전자만 빼내 다른 생물체의 유전자에 붙이거나 없애서 새롭게 만든 것을 GMO(Genetically Modified Organisms : 유전자조작생물체)라고 부릅니다. 유전자조작을 벼나 감자, 옥수수, 콩 등의 농작물에 하면 유전자조작 농작물이고, 이 농산물을 가공하면 유전자조작식품입니다. 무르지 않는 토마토, 수박만한 감자, 살충제에 강한 콩 등이 유전자조작식품의 대표적인 예입니다. 환경오염 방지나 식량증산, 삶의 질을 높이는 것은 유전자조작식품의 긍정적 측면이지만 안정성 문제나 생태계 파괴의 위험성은 충분히 고려해야 할 문제입니다.
- 4) 생명공학의 정의와 내용은 시대에 따라 변화하지만, 현재는 전체 생명과학 분야의 연구와 이를 기반으로 생물체의 기능을 이용하거나 유전적 구조를 변형해 특정 기능을 나타내도록 하는 기술을 연구하는 학문이라 할 수 있습니다. 생명공학은 의학 분야에서는 항생제, 백신 등 약물개발 혹은 유전병과 같은 질병을 치료할 수 있게 했습니다. 농업 분야에서는 우수한 작물을 개발하면서 인류가 당면한 질병, 식량부족, 환경오염 같은 문제의 해결책을 제공하고 있습니다. 이런 생명공학에 이용되는 대표적인 기술로는 핵치환, 세포융합, 유전자재조합 등이 있습니다. 생명공학의 발전은 여러가지 인류의 문제를 해결할 가능성을 보여주지만 인간복제 등으로 오용되거나 생태계파괴, 유전자에 의한 인간차별 등의 커다란 재앙을 낳을 수도 있습니다.

4. 혼자가 아닌 생태계

일정 지역 내에 있는 생물적 환경과 무생물적 환경의 종합적 집합체를 생태계(ecosystem)라고 한다. 생태계의 기본 특징은 에너지의 흐름과 화학적 순환이다. 생태계 내의 생물적 환경을 구성하는 여러 종류의 생물 중에서 동종의 개체가 모인 집단을 '개체군'이라 한다. 또 여러 개체군이 모여 상호작용을 하는 생물집단을 '군집'이라 한다. 생태적 지위가 유사한 이종 개체군은 한정된 공간과 자원에서 경쟁을 한다.

- 1) 생물적 환경과 무생물적 환경이란 구체적으로 무엇인지 간략히 말하라.
- 2) 왜 에너지는 순환이 아니고 흐름인가? 화학적 순환과 함께 설명하라.
- 3) 이종개체군 사이의 상호작용에는 어떤 것들이 있는지 설명하라.
- 4) 생태적 지위란 무엇이며 경쟁 배타의 원리는 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

생태계의 구성과 물질순환, 에너지의 흐름에 관해 묻는 문제입니다. 생태계는 생산자, 소비자, 분해자인 생물적 요소와 무기 환경인 무생물적 요소로 구성됩니다. 식물이 대부분인 생산자는 태양에너지를 이용해 유기화합물을 만들고, 소비자는 생산자를 먹고 분해하는 과정에서 에너지

를 얻어 생명활동에 사용하거나 열의 형태로 방출합니다. 분해자는 유기물을 다시 간단한 무기 화합물로 되돌리는 역할을 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 환경이란 생물을 둘러싸고 있는 모든 것을 말합니다. 무생물적 환경은 햇빛, 온도, 토양, 물과 공기 등의 요소를 말하며 생물적 환경은 동물, 식물, 미생물 등으로 이뤄져 있습니다.
- 2) 독립영양생물인 식물은 빛에너지를 화학에너지로 전환시키며, 종속영양생물인 동물은 식물을 먹고 유기화합물 형태로 이 화학에너지 일부를 얻습니다. 세균이나 곰팡이 같은 다른 종속영양생물은 동식물의 사체를 분해해서 에너지를 얻습니다.

에너지는 생태계 밖으로 나간 후 다시 유입되는 순환을 하지 않고 대개 열의 형태로 주변으로 손실되므로 '흐름'입니다. 이와 달리 화학적 순환은 물질의 손실 없는 이동을 말합니다. 탄소나 질소 같은 화학원소는 물, 공기, 토양 같은 무생물과 생물 사이를 순환합니다. 식물은 탄소와 질소를 무기물 형태에서 유기물로 고정시키며 그 일부는 동물이 소비합니다. 분해자인 미생물은 이 원소를 대부분 무기물로 바꿔 토양과 대기로 환원시킵니다. 이렇게 화학물질은 생태계 내에서 재순환되므로 화학적 순환이라고 합니다.

- 3) 이종개체군 사이의 상호작용에는 경쟁, 포식과 피식, 공생과 기생 등이 있습니다. 두 개체군이 필요한 서식 공간, 먹이 등이 부족할 때 한정된 자원을 차지하기 위해서 경쟁을 합니다. 서로 다른 두 종이 먹고 먹히는 것을 포식과 피식이라고 합니다. 먹는 종인 포식자는 먹히는 종인 피식자의 천적이 됩니다. 경쟁이나 천적관계 이외에 두 종의 생물이 서로 협력할 때는 공생이라고 합니다. 서로 이익을 주면 상리공생이며, 한쪽은 이익을 얻고 다른 한쪽이 이익이나 불이익이 없으면 편리공생입니다. 한쪽은 이익을 얻지만 다른쪽은 불이익을 얻는 경우에는 기생이라고 합니다.
- 4) 먼저 개체 또는 개체군이 점유하고 있는 공간을 공간지위라고 하며, 먹이연쇄의 위치를 먹이지위라고 합니다. 군집 내에서 한 개체군이 차지하는 공간지위와 먹이지위를 생태적 지위라고 합니다. 생태적 지위가 비슷한 생물종들은 동일 장소에서 함께 살 수 없습니다. 예를 들어 쫓신벌레의 두 종을 각각 단독 배양할 때는 급속히 성장하다 일정하게 유지되는 S자형의 성장곡선을 그리지만, 두 종을 혼합배양하면 한 종만 살아남습니다. 이는 두 종의 생태적 지위가 비슷해 먹이 경쟁이 일어나 열등한 종은 그 지역 내에서 제거됐기 때문입니다. 이 원리를 경쟁 배타의 원리라고 합니다.

2004년 11월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번 달에는 서울대 예시문항을 응용한 생태계 문제, 인슐린과 당뇨병에 관한 문제를 준비했습니다. 다양한 내용을 두루두루 숙지하고 있어야 답할 수 있는 종합선물세트 같은 이런 문제를 많이 접해보는 게 도움이 될 것입니다. 그리고 항생제에 대한 문제를 출제했습니다.

항생제 남용이 문제가 되고 있는 가운데 새로운 항생제가 발굴됐다는 소식도 있습니다. 항생제가 어떻게 세균을 자라지 못하게 하는지 그에 대한 내성은 어떻게 생기는지 생각해보기 바랍니다. 답을 보지 않고 스스로 생각해보면 한층 사고력이 발전될 것입니다.

1. 연못의 생태계 (서울대 예시문항 응용)

서울대에는 자하연이라는 조그마한 연못이 있다. 이 연못에는 수생식물, 수서식물, 수서곤충, 어류들과 눈에 띄지는 않지만 많은 종류의 미생물이 서식하고 있다. 이들은 모두 연못이라는 제한된 공간 속에서 공기와 햇빛이라는 외부환경에 노출된 채 나름대로의 생태계를 형성하면서 살아가고 있다. 여기에 서식하고 있는 생물들은 생물이라는 관점에서는 동일하지만 서로가 상당히 다른 생활양식을 가지면서도 서로 보완적이기 때문에 이 연못은 생명력을 비교적 잘 유지하고 있다.

- 1) '눈에 띄지는 않지만 많은 종류의 미생물이 서식하고 있다'라고 했는데 어떤 종류의 미생물들이 서식하고 있을지 연못이라는 상황에서 공기, 햇빛이라는 환경과 연관지어 설명하시오.
- 2) '생물이라는 관점에서는 동일하다'라고 했는데 어떤 면에서 동일한가?
- 3) 모든 생물체에는 공통적으로 단백질과 핵산이 있고 그중 핵산은 DNA와 RNA로 구분된다. 단백질과 핵산의 기능을 간단히 말하고, 생물체의 종류에 따라 DNA의 구조적인 특징이 어떻게 다른지 설명하시오.
- 4) '서로 보완적이기 때문에 이 연못은 생명력을 비교적 잘 유지하고 있다'라고 했는데 어떤 보완적인 관계가 있는지 설명하시오.
- 5) 이 연못에 인을 다량함유하고 있는 합성세제가 유입된다면 어떤 변화가 일어날 수 있는가?
- 6) 자하연의 수질오염 정도를 측정하기 위해 물을 2개의 병에 채취해 그중 한 물병의 용존산소량을 측정했더니 10ppm이었다. 다른 하나의 물병은 밀봉해 20℃ 온도에서 5일간 보관한 후 용존산소량을 측정했더니 3ppm이었다. 자하연의 생물학적 산소요구량을 계산하고, 용존산소량과 생물학적 산소요구량의 의미 및 수질오염과의 상관관계를 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

생물의 특징과 생태계에 대한 전반적인 지식과 사고력을 측정하고자 하는 문제입니다. 이 문제를 풀기 위해서는 생물들이 에너지를 얻는 방식과 생체구조 물질을 얻는 방식, 세포의 구조와 구성물질까지 총체적으로 이해하고 있어야 합니다. 생물의 특징에 관한 문제는 기본적인 것입니다. 생물은 세포 내 핵의 존재여부에 따라 크게 원핵생물과 진핵생물로 나뉘고, 이들은 DNA 구조나 전사과정 등에서 차이를 보입니다.

원핵생물은 모두 단세포이고 핵막으로 둘러싸인 핵이 없으며 몇가지 세포구조가 진핵생물과 다릅니다. 진핵세포는 DNA가 핵 속에 있어서 RNA합성은 핵 속에서 이뤄지고 단백질 합성은 세포질에서 이뤄집니다. 또 생물은 영양방식에 따라 스스로 유기물을 만드는 독립영양생물과 스스로 만들지 못하는 종속영양생물로 나눌 수 있습니다.

호기성 생물은 사람처럼 산소를 필요로 하는 생물로 산소는 전자전달계에서 최종적으로 전자를 받는데

필요합니다. 반면 혐기성 생물은 산소를 필요로 하지 않는데 산소가 없어야만 살 수 있는 절대적 혐기성 생물과 산소의 유무에 관계없이 살 수 있는 조건부 혐기성 생물로 나뉩니다. 햇빛과 공기라는 측면에서 보면 생물이 광합성을 할 수 있느냐와 산소를 필요로 하느냐를 고려하면 될 것입니다.

합성세체는 동식물의 기름으로 만드는 유지비누와는 달리 그 원료가 석유나 석탄 등 천연 화석자원으로부터 여러 단계의 합성과정을 거쳐 만들어집니다. 생물에게 매우 유독하며 물에서 쉽게 분해되지 않고 부영양화를 일으키는 인을 다량 함유하고 있습니다. 부영양화란 호수나 저수지와 같은 정체수역에 영양염류인 질소와 인 등이 다량 유입됨에 따라 수중에 생존하는 조류(algae)가 이상 증식해 수질을 악화시키는 현상을 말합니다.

▶ 예시답안

- 1) 공기의 관점에서 보면 수면 쪽으로는 산소 공급이 있으므로 산소호흡을 하는 호기성 미생물이 살 것이고, 산소공급이 부족한 심층부에서는 혐기성 미생물이 서식할 것입니다. 햇빛의 관점에서 보면 햇빛이 도달하는 수면 근처에서는 빛에너지를 이용해 에너지를 얻는 광합성 미생물이 서식할 것이고 햇빛이 도달하지 못하는 깊은 곳에는 화학합성 미생물 혹은 스스로 유기물을 합성하지 못하는 종속영양 미생물이 살 것입니다.
- 2) 모든 생물은 다음과 같은 특징을 지닙니다. 먼저 생물은 세포로 구성되며 복잡한 구조로 조직화돼 있습니다. 다양하게 변하는 외부환경에 대해 내부환경을 유지시키는 조절기작, 즉 항상성을 지닙니다. 생물은 생장과 발생과정을 거치며 유전정보를 DNA에 저장하고 DNA를 정확히 복제해 자신과 같은 종류를 만들어냅니다. 또 생물은 에너지를 획득해 이용하고 물질대사를 수행하며 환경의 자극에 대해 반응하고 진화합니다.
- 3) 단백질은 세포와 생물의 구조에 중요하며 그것들의 모든 현상과 연관돼 있습니다. 가장 중요한 단백질 중 하나는 효소입니다. 효소는 화학반응의 촉매제이며 세포에서 일어나는 모든 화학반응을 활성화하고 조절합니다. 이외에 단백질은 세포 내에서 구조를 이루거나 신호전달 작용을 하며 항체는 혈액에서 방어를, 헤모글로빈은 산소운반을 담당합니다. 핵산 중에서 DNA는 유전자의 본체로 4가지 염기의 조합으로 이뤄진 유전정보를 담고 있으며, RNA는 DNA의 유전정보에 따라 단백질을 합성합니다. 핵막이 있어서 핵 속에 DNA를 저장하는 진핵생물은 직선형의 DNA를 여러개 가지며, 핵이 없는 원핵생물은 원형의 DNA를 하나 가집니다.
- 4) 생물이 살아가기 위해서는 에너지를 얻어야 하고 생체를 구성하는 탄소 등의 물질들을 섭취해야 합니다. 생체를 구성하는 주요한 물질들은 생태계를 순환하는데, 스스로 유기물을 만드는 독립영양생물은 빛에너지를 이용해 이산화탄소로부터 유기물인 포도당을 만들며 산소를 내놓습니다. 종속영양생물은 산소를 소모해 유기물을 분해하고 이산화탄소를 방출합니다. 에너지는 생태계 안으로 들어와서 열의 형태로 주변으로 손실되지만 탄소나 질소 같은 화학원소는 재순환합니다. 이렇듯 생물 상호간 경쟁, 포식, 기생, 공생의 관계를 유지하며 먹이그물을 형성해 각각의 생물들이 생산자와 소비자, 분해자 역할을 함으로써 생태계를 유지합니다. 이것이 상호 보완적인 관계입니다.
- 5) 합성세체는 수면에 막을 형성해 산소용해를 방해하므로 수중 생물의 산소호흡에 영향을 미칠 것입니다. 또 인은 조류의 영양성분이 되므로 다량의 인이 들어오면 조류가 이상 증식해 용존 산소량을 감소시키며 물의 투명도 저하와 악취 발생 등 부영양화가 일어날 수 있습니다.
- 6) 용존산소량은 물속에 녹아있는 산소의 양을 의미합니다. 생물학적 산소요구량은 5일 동안 용존산소량의 변화로 측정하므로 $10\text{ppm} - 3\text{ppm} = 7\text{ppm}$ 입니다. 유기물이 유입되면 호기성

미생물이 이를 분해해 산소를 소모하므로 수질오염이 증가할수록 용존산소량은 감소합니다. 생물학적 산소요구량은 미생물이 물 속의 유기물을 산화할 때 소비하는 산소량을 의미합니다. 물속에 유기물이 많으면 이를 분해하는데 많은 산소가 필요하므로 수질오염이 증가하면 생물학적 산소요구량은 증가합니다.

2. 화학적 신호에 의한 혈당량 조절

생체는 생명유지를 위해 내적 환경의 항상성을 유지하고 있다. 혈액 속의 포도당, 즉 혈당도 정상동요범위가 비교적 좁아 70-1백10mg/dL(1백cm³ 당 mg량) 정도이며, 식후에도 1백80mg/dL를 넘는 일은 없고, 기아 때에도 60mg/dL 이하로 떨어지는 일은 거의 없다. 혈당은 간의 포도당 공급량과 말초조직의 포도당 이용량과의 균형으로 조절되는데 이는 각종 호르몬의 상호작용으로 유지되고 있다. 당뇨병의 경우에는 혈당이 높아지고, 반대로 이자의 랑게르한스섬에 종양이 있을 때는 심한 저혈당이 된다. 당뇨병은 인슐린 결핍이나 작용장애로부터 초래되는 심한 대사성 장애로 고혈당 증세는 생명을 위협하는 문제를 발생시킬 수도 있다.

- 1) 항상성이 무엇인지 설명하라.
- 2) 호르몬에 의한 혈당량 조절을 설명하라.
- 3) 인슐린의 양과 기능이 정상이라도 당뇨병에 걸릴 수 있는 경우에 그 원인을 호르몬의 작용기작으로 설명하라.
- 4) 항생제인 암피실린의 내성유전자를 가진 플라스미드 벡터를 이용해 대장균에서 인간의 인슐린 단백질을 대량생산하는 과정을 설명하라.
- 5) 줄기세포로 어떻게 당뇨병을 치료할 수 있겠는가?

▶ 전문가 클리닉

생명의 특징 중 하나인 항상성에 대해 기초적인 문제부터 호르몬의 작용기작과 유전공학 및 최근의 생명공학 지식까지 묻는 문제입니다. 항상성은 자주 등장하는 문제이며 호르몬에 의한 혈당량의 조절기작은 꼭 알아둬야 합니다. 또 호르몬의 작용 시에 펩티드 호르몬과 스테로이드 호르몬의 기작이 다르다는 것도 알아두면 도움이 될 것입니다. 스테로이드 호르몬은 막을 통과해 세포질이나 핵 내 존재하는 수용체에 결합한 다음 수용체-호르몬 복합체가 핵 안으로 들어가 유전자 전사과정을 조절합니다. 반면 펩티드 호르몬은 세포막의 수용체와 결합하고 이때 2차 전달자가 생성돼 신호를 전달합니다.

혈당량도 호르몬에 의해 조절되는데 우리가 음식을 먹을 때 췌장은 포도당을 혈액에서 세포로 이동시키기 위해 적당한 양의 인슐린을 자동적으로 생산합니다. 당뇨병 환자는 췌장이 인슐린을 생산하지 못하거나 세포가 인슐린에 반응하지 않아 포도당이 세포로 들어가지 못하고 혈액에 남는데 이를 이용하지 못해 여러가지 증상이 나타나게 됩니다. 인슐린을 생산하지 못할 때는 인슐린을 투여해 줘야 하지만, 인슐린 수용체에 문제가 생긴 경우는 인슐린 투여로도 치료가 되지 않습니다.

사람의 유전자를 대장균에서 발현시킬 때는 원핵생물과 진핵생물의 차이를 극복해야 하는데 진핵생물 계놈의 유전자 속에는 아미노산을 암호화하지 않는 부분인 인트론이 있으므로 인트론이 없는 mRNA로부터 역전사효소와 중합효소연쇄반응(PCR)을 이용해 유전자를 증폭시킵니다. 이 유전자를 유전자 전달자인 벡터에 삽입한 후 벡터를 가진 대장균만 선택적으로 키우기 위해 대개 배지에 항생제를 첨가해서 원하는 유전자와 항생제내성 유전자를 함께 발현하는 대장균만 배양합니다.

▶ 예시답안

- 1) 체온조절이나 세포내외의 체액 농도 유지처럼 우리 주변의 환경이나 조직세포를 둘러싼 내부환경이 변하더라도 생물체나 조직세포는 일정한 상태를 유지하면서 살아가고 있습니다. 이와 같이 생물체가 끊임없이 변화하는 환경에 대응해 일정한 상태를 유지하는 성질을 항상성이라고 합니다.
- 2) 혈당량이 높을 때는 교감신경에 의해 이자의 랑게르한스섬 베타세포에서 인슐린 분비가 촉진됩니다. 이 인슐린이 간에서 포도당을 글리코겐으로 합성하거나 조직세포에서 포도당을 산화시키는 반응을 촉진해 혈당량을 낮춥니다. 혈당량이 낮을 때는 부교감신경에 의해 부신 수질에서 아드레날린이, 이자의 랑게르한스섬 알파세포에서는 글루카곤의 분비가 촉진돼 간에 보관된 글리코겐이 포도당으로 분해됩니다. 또 뇌하수체에 의해 부신피질 호르몬의 분비가 촉진돼 부신피질에서 당질코르티코이드가 분비되면 단백질과 지방이 분해되면서 포도당을 만듭니다.
- 3) 한두 개 혹은 수십개의 아미노산으로 구성된 펩티드 호르몬은 표적세포에 도달한 후 표적세포의 표면에 존재하는 수용체와 결합하면 이것이 신호가 돼서 세포내에 2차전달자가 생성되고 결국 특정 물질대사를 조절합니다. 즉 인슐린 농도가 정상적이라도 인슐린 수용체에 이상이 생기면 당뇨병 증상을 보일 수 있습니다.
- 4) 먼저 인간 인슐린의 유전자를 확보해야 하는데 진핵생물의 경우 실제로 아미노산을 암호화하지 않은 인트론이 있으므로 인트론이 제거된 성숙한 mRNA의 배열을 바탕으로 역전사효소를 사용하여 상보적 DNA(cDNA)를 합성합니다. 이 상보적 DNA로부터 인슐린 유전자를 PCR(polymerase chain reaction)로 증폭한 후 제한효소로 절단해 플라스미드 벡터에 리가아제를 이용해 결합시킵니다. 이렇게 인슐린 유전자가 삽입된 재조합 플라스미드 벡터를 형질전환을 통해 대장균 세포내에 삽입합니다. 암피실린을 배지에 첨가해 키우면 암피실린 내성 유전자를 가진 세포만 자라므로 플라스미드 벡터에 의해 형질 전환된 대장균만 자라게 됩니다. 이를 대량으로 키우면 대장균 세포가 증식되면서 인슐린 유전자가 삽입된 플라스미드도 복제와 형질발현이 되고 원하는 인슐린이 대량 생산됩니다.
- 5) 인슐린을 분비하는 췌장세포가 고장나서 생기는 당뇨병일 경우 줄기세포로 췌장세포를 만들어 이식해 인슐린을 분비하도록 합니다. 모든 세포로 분화할 수 있는 만능세포인 배아줄기세포를 이용하거나 환자 자신의 성체줄기세포를 배양·증식시키고 인슐린을 분비하는 세포로 분화시킨 후 이식하면 면역거부반응 없이 치료할 수 있습니다.

3. 세균과 인간의 전쟁

김치에 있는 유산균에서 뛰어난 살균 효과를 지니는 항생물질이 분비된다는 사실이 국내 연구진에 의해 밝혀졌다. 이 항생물질은 이질을 일으키는 쉬겔라와 대표적인 식중독균인 살모넬라에 대해서도 높은 항균력을 보였다. 이는 천연물질이기 때문에 기존 항생제의 독성과 내성문제를 해결하리라 기대된다.

- 1) 항생제가 어떻게 미생물 성장을 억제하는지 작용기작의 예 하나를 들어라.(2003년 포스텍 선택문항)
- 2) 항생제 페니실린은 세균의 성장을 억제하나 진핵세포의 생장은 방해하지 않는다. 그 이유는?(2003년 포스텍 선택문항)
- 3) 세균이 어떻게 항생제에 내성을 가지게 되는지 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

원래 항생제는 미생물이 경쟁관계의 다른 미생물을 죽이기 위해 자체적으로 생산하는 성분으

로 사람이 이를 이용하게 된 것입니다. 항생제의 작용기작을 다 알아둘 필요는 없지만 페니실린이나 그외 한두 개 정도는 알아두시기 바랍니다. 참고로 인류 최초의 항생제 페니실린은 세균을 키우는 과정에서 우연히 발견됐습니다.

세균이 배양되는 접시에 우연히 공기 중의 푸른곰팡이가 안착해 자라나면서 주위의 세균을 죽였고 의사들은 곰팡이에서 항생제 성분을 추출해서 약으로 사용했는데 이런 방법으로 많은 항생제가 개발됐습니다.

그런데 몸 속 세균 중 일부 돌연변이는 항생제 약효가 다할 때까지 살아남아 증식을 다시 시작하고 같은 항생제를 써도 이 균은 죽지 않는데 이런 과정 속에서 내성균들이 점차 일반화 됩니다. 최근에 세계적인 항생제 남용으로 인해 모든 항생제에 내성을 보이는 균까지 등장했다고 합니다. 따라서 새로운 항생제의 발견은 그만큼 의미 있는 일입니다. 김치에 함유된 유산균에서 천연 항균 물질을 대량생산하면 항생제의 독성 및 내성문제를 어느 정도 해결할 수 있을 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 테트라사이클린은 미생물의 리보솜의 구성성분과 결합해 아미노산을 싣고 오는 tRNA가 리보솜과 붙지 못하도록 방해합니다. 따라서 단백질 합성이 억제되고 미생물은 생장을 하지 못합니다.
 - 2) 세균의 세포벽은 펩티도글리칸(peptidoglycan) 전구체의 당 사이의 결합으로 구성되며 또한 당에 붙어 있는 아미노산들끼리 아미드결합(amide bond)을 해 그물 같은 구조를 이룹니다. 이 아미드결합에는 트랜스펩티다아제라는 효소가 필요한데 페니실린은 이 효소와 결합함으로써 결과적으로 세포벽을 합성하지 못하게 해서 세균이 성장하지 못하게 합니다. 진핵세포는 세포벽이 없거나 세포벽의 구조가 세균과는 다르므로 페니실린이 생장을 방해하지 못합니다.
 - 3) 미생물이 주위 환경에 항생제를 내뿜으면 자신도 항생제에 노출되기 때문에 미생물은 스스로를 보호하기 위한 방어책이 필요합니다. 바로 이 방어유전자에서 항생제의 내성이 시작된 것으로 추정됩니다. 항생제가 세포 내에 들어와서 표적이 되는 분자와 상호작용을 하고 균체 내에 축적되면 항균 효과를 발휘할 수 있습니다. 하지만 표적분자는 대개 세균의 내부 깊숙한 곳에 있으므로 항생제가 세포벽을 뚫고 들어가 표적분자와 만나는 게 쉽지 않고, 세균은 세포벽이나 막의 투과성을 변화시켜 항생제의 침투 자체를 방해하거나 세포내 항생제가 축적되는 일을 억제함으로써 내성기전을 발휘합니다.
- 또 세균은 효소 등을 이용해서 항생제의 구조를 변형시키거나 파괴함으로써 항생제의 기능을 무력화시킵니다. 그밖에도 세균은 항생제가 작용하는 표적분자를 변형해서 내성을 획득할 수 있습니다.

2004년 12월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번 달은 신장의 기능, 물질대사와 호흡, 식물, DNA구조와 PCR원리에 대해 살펴봤습니다. 생물이 에너지와 세포 구성 성분을 얻는 방법과 유전정보를 DNA에 담아서 다음 세대에 전달하는 방법을 이해하는 것은 생물 공부의 핵심입니다.

1. 혈액을 걸러내는 신장

신장은 배설계의 주요 처리 장소다. 가는 세관과 복잡한 모세 혈관망으로 이뤄져 있는 신장은 네프론이라는 작은 기능적 단위로 구성된다.(2002년 서울대, 2004년 포스텍 응용)

- 1) 신장은 혈액으로부터 노폐물을 뽑아내 오줌으로 내보내는 역할을 하는데 신장의 생리학적 기능과 원리에 대해 말해 보라.
- 2) 네프론은 뇌하수체로부터 분비된 항이뇨호르몬(ADH)의 신호를 받음으로써 노폐물을 걸러내는 일 외에 어떤 작용을 하는가?
- 3) 인공신장에 대해 말해보라.

▶ 전문가 클리닉

독성물질의 배설에 중요한 역할을 하는 신장의 세가지 주요 기능과 그 외의 기능 및 원리에 대해 알아보는 문제입니다. 간단한 해부 지식을 필요로 하며 능동수송, 투석 등의 용어를 알면 풀 수 있습니다.

오줌은 신장에서 혈액이 걸러지면서 만들어집니다. 혈액 속의 큰 물질은 체로 걸러내고 빠져나간 작은 물질들 중 꼭 필요한 것만 다시 혈액 속으로 흡수합니다.

신장 기능이 원활하지 못하면 혈중 질소의 대사 산물인 요소 등이 증가하고 체액의 항상성을 유지하지 못해 결국은 요독증, 고혈압과 같은 질병이 생기게 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 신장의 생리학적 기능은 여과, 재흡수, 분비의 세가지입니다. 신장으로 들어온 혈액은 압력차에 의해 사구체에서 보먼주머니로 여과되는데 이 여과된 혈액 성분을 원뇨라고 합니다. 포도당, 아미노산, 요소, 무기염류 등은 여과되지만 단백질, 지방, 혈구 등 고분자는 여과되지 못합니다. 원뇨가 세뇨관을 지나는 동안 포도당, 아미노산, 물, 무기염류 등에서 필요한 물질은 능동수송으로 세뇨관을 둘러싸고 있는 모세혈관으로 재흡수됩니다. 또 여과되지 못하고 혈액에 남아 있던 요소, 크레아틴 등은 모세혈관에서 세뇨관으로 능동수송으로 분비되기도 합니다.
- 2) 체액의 용질 농도가 정상보다 높아지면 뇌에 있는 조절중추가 혈중 항이뇨호르몬의 양을 증가시킵니다. 이 호르몬은 네프론에 신호를 보내 더 많은 양의 물을 재흡수하게 합니다.
반대로 체액의 농도가 정상보다 낮을 때는 물을 덜 재흡수해 물과 염 농도를 조절함으로써 체액의 용질 농도를 항상 적당하게 유지합니다.
- 3) 혈액에서 배설되지 못하는 독성 물질을 여과해 몸 밖으로 배출시키는 것을 인공신장이라고 합니다. 환자의 혈액을 인공신장에 있는 반투과성막을 통해 혈액 속의 물질을 교환해 혈액을 깨끗이 하는 것을 혈액투석이라 합니다. 반투과성막을 사이에 두고 이 막을 통과할 수

있는 물질이 많이 들어 있는 용액과 적게 들어 있는 용액을 일정 시간 접촉시키면 양쪽의 농도가 같아집니다. 반투과성막이 있는 인공신장을 이용해 혈액과 투석액을 서로 접촉시키면 환자의 혈액에 있는 독성 물질이 투석액 쪽으로 확산, 이동하기 때문에 일정한 시간 후에는 혈액이 깨끗해집니다.

2. 에너지를 얻게 하는 호흡

세포호흡의 기본기능은 에너지의 수확이다. 세포는 여러 종류의 유기물을 세포호흡에 사용할 수 있고 10g의 포도당은 대략 40kcal의 에너지를 만들 수 있다. 세포호흡은 에너지를 방출하는 발열반응이다. 호흡에 의해 발생된 에너지는 ATP의 형태로 저장된다.

- 1) 세포호흡과 숨쉬기를 비교해보라.
- 2) ATP에 저장된 에너지는 다른 형태의 에너지로 전환되며 여러가지 반응에 이용되는데 그 구체적인 예들을 간단히 들어보라.
- 3) 물질대사에 대해 설명하고 그 구체적 예를 열거하시오.(2002년 동국대 수시)

▶ 전문가 클리닉

세포호흡이란 포도당을 단계적으로 분해하면서 새로운 결합을 만들어 전자를 재배열하는 과정 중에 전자가 갖고 있던 에너지를 얻는 과정입니다. 에너지는 포도당과 같은 유기물 분자의 특수한 전자 배열 속에 있습니다. 그런데 일반적으로 숨쉬기(호흡)는 기체를 교환하는 것을 의미하며 산소를 흡수하고 이산화탄소를 내보내는 것입니다. 호흡이라는 용어를 세포가 산소를 사용해 음식물로부터 에너지를 수확하는 현상에 사용하기도 하는데 이를 세포호흡이라고 부릅니다.

▶ 예시답안

- 1) 세포호흡은 세포가 음식물 속의 탄수화물이나 지방, 단백질 등에서 에너지를 추출하기 위해 산소를 사용하고 부산물로 이산화탄소를 내보내는 것입니다. 이때 산소는 호흡기를 통해 들어와서 혈액으로 이동돼 조직 세포로 전해지고 조직 세포에서 발생한 이산화탄소는 혈액에 의해 호흡기로 운반된 후 외부로 배출됩니다. 여기서 호흡기와 이를 둘러싸고 있는 모세혈관 사이에서 일어나는 기체 교환이 숨쉬기입니다.
 - 2) ATP는 포도당의 재흡수나 소장에서 양분의 능동수송 시에 물질이 농도 경사를 거슬러서 이동하게 합니다. ATP는 근육수축의 에너지원이며, 체온을 유지하게 하고, 단백질이나 녹말 등의 고분자 물질을 합성하는데 이용됩니다. 또 전류나 빛을 만드는 데도 이용됩니다.
 - 3) 물질대사는 생체 내에서 일어나는 모든 화학적 변화를 말하는 것으로 동화작용과 이화작용으로 구분할 수 있습니다. 동화작용은 저분자 화합물이 고분자 화합물로 합성되는 반응으로 에너지를 필요로 하는 흡열반응입니다. 생물체에서 일어나는 모든 동화작용은 ATP가 ADP로 될 때 나오는 에너지를 이용합니다. 이산화탄소와 물에서 포도당을 합성하는 식물의 광합성이나 질소 동화작용, 단백질 합성, 지방 합성, DNA 복제 등은 모두 동화작용입니다.
- 이화작용은 고분자 화합물이 저분자 화합물로 분해되는 작용으로 에너지를 방출하는 발열반응입니다. 에너지의 일부는 ADP가 ATP로 되면서 저장됩니다. 해당과정과 발효, 산소호흡 등은 이화작용의 예입니다.

3. 지구를 먹여 살리는 식물

식물은 지구상 생명체의 근원이며 음식, 직물, 종이, 목재 등 우리에게 필요한 것을 공급해 준다. 식물의 뿌리는 흙의 부식을 막아 주며 식물의 잎에서 일어나는 광합성은 대기 중의 이산화탄소를 줄이고 산소를 증가시킨다. 또 식량과 환경문제를 해결할 방안 중 하나인 농생명 공학은 식물 게놈프로젝트로 대표된다.

- 1) 식물의 광합성 결과로 만들어지는 것은 당과 산소(O_2)다. 당은 탄소, 수소, 산소로 이뤄져 있다. 당을 구성하는 각각의 원소와 산소 기체는 어떤 분자에서 유래한 것인가?
- 2) 식물이 지구상의 생명체의 근원이라는 말을 설명하라.
- 3) 식물의 뿌리와 줄기는 왜 독립적으로 살아갈 수 없는지 각각의 역할을 고려해 말해보라.
- 4) 식물은 미생물인 대장균과는 달리 형질전환이 쉽지 않다. 어떻게 식물에 필요한 외부 유전자를 발현시키는지 아는 대로 설명하라.
- 5) 식물 게놈프로젝트의 첫번째 대상으로 선정된 식물은 '애기장대'라는 십자화과 식물이다. 애기장대의 게놈크기는 배추의 1/3, 인간게놈의 1/20이다. 잡초라고 일컬어지는 애기장대가 식물 게놈프로젝트에 선택된 이유는 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

식물의 광합성 작용과 구조, 식물에서의 유전자 조작과 게놈프로젝트까지를 모두 포함하는 문제입니다. 식물은 스스로 유기물을 만들어내는 독립영양생물로 빛에너지를 이용해 물과 이산화탄소로부터 포도당을 만들어내고 산소를 배출하는 광합성 작용을 합니다. 광합성 과정을 하나의 화학식으로 나타내면 $6CO_2 + 12H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$ 가 됩니다. 이때 산소(O_2)는 물에서 유래하는데 이것은 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O) 분자의 산소를 각각 동위원소 ^{18}O 로 대체시킨 후에 어떤 경우에 $^{18}O_2$ 가 나타나는지를 관찰하면 알 수 있습니다. 즉 빛에 의해 물분자가 산소와 수소로 분해돼 산소(O_2)가 방출되고 수소화합물이 만들어집니다.

식물이 육지에서 적응할 수 있었던 중요한 이유는 흙에서 물과 무기염류를 흡수하고 대기에서 빛과 이산화탄소를 흡수해 광합성 작용함으로써 건조한 상태에서도 살아남는 능력이 발달했기 때문입니다.

벡터(vector)는 유전자 운반체로 식물에서 외부 유전자를 발현시키기 위해 아그로박테리움(Agrobacterium)이라는 미생물을 보편적으로 사용합니다. 이는 미생물이 식물세포를 감염시켜 자신의 유전자를 삽입시키는 성질을 이용하는 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 당을 구성하는 탄소와 산소는 대기의 이산화탄소에서 유래하고 수소는 물분자로부터 유래합니다. 또 산소는 물분자에서 유래한 것입니다.
- 2) 생물이 살아가기 위해서는 에너지를 얻어야 하고 생체를 구성하는 탄소 등의 물질들을 섭취해야 합니다. 스스로 유기물을 만드는 독립영양생물인 식물은 빛에너지를 이용해 이산화탄소로부터 유기물인 포도당을 만들며 산소를 내놓습니다. 광합성을 하지 못하는 동물이나 미생물은 이 유기물을 산화시켜 ATP를 만들고 이것을 생활에너지로 이용합니다. 즉 태양에너지가 식물에 의해 화학에너지로 바뀌어 포도당 같은 유기물로 저장되고, 지구상에 존재하는 대부분의 생물은 이것에 의존해 살아갑니다. 그러므로 식물이 지구 생명체의 근원이라고 할 수 있습니다.

- 3) 육상 식물은 흙에서 물과 무기염류를 흡수하고, 공기 중에서 빛과 이산화탄소로 광합성 작용을 하며 살아갑니다. 뿌리는 물과 무기염류를 흡수해 필요한 곳으로 공급하며, 줄기와 잎은 광합성의 산물인 당과 유기 영양분을 뿌리에 공급합니다. 또 뿌리는 흙 속에서 지지 역할을 하면서 양분을 저장하는 역할을 하며, 줄기는 잎과 꽃을 받치고 있습니다.
- 4) 먼저 유전자 공여생명체로부터 필요한 유전자를 분리해 유전자 운반자인 벡터(Vector)에 끼워 넣습니다. 이것을 육성하고자 하는 식물체의 세포 안으로 넣는데, 이때 사용되는 방법은 아그로박테리움(Agrobacterium)이라는 토양균을 이용하는 방법, 식물세포벽을 원형질체로 만든 후 전기충격이나 화학물질을 이용하는 방법 그리고 유전자총을 이용하는 물리적인 방법 등이 있습니다. 이중 아그로박테리움이라는 토양 세균은 Ti 플라스미드를 가지고 있어서 식물의 상처부위에 들어가서 식물세포를 형질 전환시킬 수 있습니다.
- 5) 애기장대는 크기가 작아 좁은 공간에서 많은 수를 재배할 수 있습니다. 또 다량의 종자를 생산할 수 있고, 재배가 쉬우며, 빠른 시간에 다음 세대를 얻을 수 있습니다. 애기장대 계놈의 크기는 작지만 유전자 수는 다른 쌍떡잎식물과 크게 다르지 않을 것으로 생각되는데 이는 애기장대의 계놈 염기서열 내에 불필요한 쓰레기 정보가 적음을 의미합니다. 즉 같은 경비를 들이더라도 유전정보를 훨씬 많이 얻을 수 있는 장점 때문에 애기장대가 선택됐습니다.

4. 신비한 이중나선, DNA의 구조와 복제

DNA 감정을 하는 경우 그 분석에는 다량의 DNA가 필요하다. 그런데 범죄 현장에 남겨진 범인이나 피해자의 머리털 한올이나 약간의 혈흔만으로는 그들의 신원을 파악하기 위해 필요한 DNA를 충분히 추출할 수 없다. 이것을 해결한 것이 PCR법(polymerase chain reaction, 중합효소 연쇄반응)이다. PCR은 소량의 DNA를 단시간에 대량으로 증식하는 방법으로 PCR법에서는 우선 DNA에 열을 가해 두 개의 사슬로 나눈다. 이것에 '프라이머'라고 하는 짧은 DNA를 넣어주고 냉각하면 프라이머가 DNA에 결합하고 프라이머 부분이 출발점이 돼 DNA가 복제된다. '가열 및 냉각'을 한주기로 DNA는 두배가 된다. 이것을 수십 회 반복하면 약 1시간에 DNA는 수십억 배로 불어난다.

- 1) DNA는 무엇의 약자인가? 또 DNA를 구성하는 뉴클레오티드에 대해 설명하라.
- 2) DNA의 이중 나선구조에 대해 설명하라.
- 3) DNA의 복제과정을 설명하라.(서울대 생명과학부)
- 4) 실제로 PCR을 하기 위해 소량의 DNA와 프라이머 외에 무엇이 더 필요할까?
- 5) 만약 어떤 PCR의 복제 주기가 3분 걸린다면 하나의 DNA 조각을 15분 동안 복제하면 몇 개의 분자가 되겠는가?

▶ 전문가 클리닉

DNA가 유전정보를 담기 위해 어떤 구조를 가지는지 그 유전정보가 어떤 식으로 단백질로 발현되는지는 아무리 강조해도 지나치지 않을 만큼 중요한 내용입니다. DNA 구조를 이해하면 복제과정은 이해하기 쉬워집니다. 생체 내의 모든 화학반응이 효소에 의해 이뤄지는 것처럼 DNA 복제도 DNA 중합효소를 필요로 합니다.

DNA가 복제될 때 DNA를 구성하는 이중나선의 두 사슬은 시작점에서 두 개로 분리돼 나뉘지고, 각각의 사슬에 상보적인 염기를 가진 뉴클레오티드들이 하나씩 붙어 길게 연결됨으로써 새로운 가닥이 합성됩니다. 즉 새로 복제된 DNA에서 한 가닥은 원래의 가닥이고 다른 가닥은

새로 합성된 것이므로 이를 반보존적 복제라고 합니다. 이때 한가닥의 DNA 염기서열과 상보적으로 쌍을 이루는 짧은 크기의 DNA 조각이 먼저 붙고 거기서부터 뉴클레오타이드들이 계속 붙습니다. 여기서 이 짧은 DNA 조각을 '프라이머'라고 합니다.

PCR은 DNA 증폭방법으로 DNA 중합효소에 의한 DNA 복제특징을 이용한 것입니다. PCR은 특정 염기서열의 DNA를 기하급수적으로 증폭시키는 것을 인공적으로 가능하게 해 유전자 클로닝을 포함한 분자유전학, 의학 등 생명과학의 전 분야에 혁신을 일으켰습니다. DNA의 양쪽 끝에 상보적으로 붙을 수 있는 프라이머와 중합효소, 뉴클레오타이드를 넣어준 후 가열 및 냉각을 반복하면 온도가 올라갔을 때 DNA 이중나선이 풀어지고, 낮아졌을 때 프라이머가 DNA에 들러붙어 새로운 DNA가닥을 합성합니다. 이것을 반복적으로 해주면 기하급수적으로 DNA의 양이 증가합니다. 즉 주기를 n 번 반복하면 $2n$ 배만큼 늘어납니다. PCR은 다소 생소하고 어려울지 모르지만 먼저 DNA 복제과정을 차근차근 이해하면 비슷한 형식의 어떤 문제라도 금방 해결할 수 있을 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) DNA는 디옥시리보핵산(Deoxyribonucleic acid)의 약자로 뉴클레오타이드가 연결된 중합체입니다. 뉴클레오타이드는 핵산을 구성하는 단량체로 염기, 당, 인산으로 구성됩니다. 염기는 질소와 탄소 고리로 구성되며 DNA를 구성하는 것은 아데닌(A), 구아닌(G), 티민(T), 시토신(C)의 네가지 종류의 염기입니다. DNA에 있는 당은 5개의 탄소로 구성된 5탄당의 고리구조인 디옥시리보스(deoxyribose)이며, 고리 오른쪽 아래에 있는 탄소 원자에는 산소가 없는 ($-OH$ 가 아닌) 수소($-H$)가 붙어 있습니다. 인산기는 중앙에 인을 가지는데 이로 인해 DNA는 산성을 띠므로 핵산으로 불려집니다.
- 2) DNA 분자는 인산과 염기 그리고 디옥시리보스라는 당으로 이뤄진 뉴클레오타이드라고 하는 단위가 길게 연결된 것으로 2개의 사슬이 동일 축을 중심으로 나선을 그리는 '이중나선 구조'를 하고 있습니다. 당과 인산이 바깥쪽 사슬 부분을 이루고 염기는 안쪽을 향하고 있습니다. DNA의 염기에는 아데닌, 티민, 구아닌, 시토신의 네종류가 있습니다. 두 개 사슬의 염기는 A와 T, G와 C가 상보적으로 수소결합 해서 '염기쌍'을 형성하며 사다리가 꼬인 듯한 형태를 취합니다. DNA 사슬의 폭은 2나노미터(nm)이며, 길이가 3.4nm를 지날 때마다 나선은 한바퀴씩 회전합니다. 나선의 한바퀴에는 10쌍의 염기가 있습니다.
- 3) 먼저 DNA 복제는 이중나선의 사슬이 풀어져 두가닥의 폴리뉴클레오타이드가 되면서 시작됩니다. 그 다음 각각의 가닥을 주형으로 해 주형의 염기와 상보적인 염기를 가진 뉴클레오타이드들이 와서 하나씩 늘어서면 DNA 중합효소가 뉴클레오타이드를 연결합니다. 이렇게 원래의 DNA 한가닥을 주형으로 새로운 DNA 가닥이 복제돼 원래 DNA분자와 똑같은 분자가 만들어집니다.
- 4) 뉴클레오타이드 단량체와 높은 온도에서도 활성을 잃지 않는 DNA 중합효소가 더 필요합니다.
- 5) 15분간 복제하면 5번의 주기가 반복되므로 $32(2^5=32)$ 개의 분자가 될 것입니다.

2005년 01월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제경향 및 과목대비방안

해는 달라져도 생물이 살아가는 방식은 변함이 없습니다. 심층면접대비 생물문제도 크게 달라진 것은 없고 이번 호부터 문제에 앞서 주요개념 설명이 추가되는 등 형식이 약간 바뀌었습니다. 항상 새로운 기분으로 긴장을 늦추지 말고 목표를 향해 매진하시기 바랍니다. 이번 호는 신경계와 유전자의 발현, 생물정보학의 개념에 대해 준비했습니다.

신경계에 대한 이해

- 1) 뉴런 : 신경계의 구조적·기능적 단위이며 신경세포체, 수상돌기, 축삭돌기로 구성된다.
- 2) 자극과 반응 : 자극은 감각기와 감각뉴런을 통해 중추신경으로 전달되고, 운동뉴런과 효과기(실행기)를 통해 반응을 한다.
- 3) 사람의 신경계와 뇌 : 신경계는 중추신경계와 말초신경계로 나뉘며, 뇌와 척수를 중추신경계라고 하고 뇌는 대뇌반구와 소뇌, 뇌간 등으로 나눌 수 있다.

1. 슈퍼컴퓨터인 뇌 - 자극과 반응

생물의 특성 중 하나는 외부 환경의 변화에 적절히 반응하는 것이다. 고등동물에서는 환경의 변화를 효과적으로 느낄 수 있는 여러 감각기관이 발달해 있다. 감각수용기는 반응하는 자극의 종류에 따라 통각수용기, 온도수용기, 기계수용기, 화학수용기, 전자기수용기 등 다섯 가지로 분류된다. 자극은 감각기 자체가 느끼는 것이 아니라, 뇌에 전달되면서 비로소 느끼게 된다. 중추신경계는 자극과 반응을 연결한다.

- 1) 2004년도 노벨의학상은 인간의 후각기관이 작동하는 메커니즘을 규명하고, 어떻게 기억하는지를 밝혀 낸 공로로 리처드 액셀 교수와 린다 벅 박사가 받았다. 후각수용기는 위의 다섯 가지 수용기 중 어디에 해당하는가?
- 2) 사람의 신경계를 크게 두 가지로 나눠 설명하라.
- 3) 뉴런의 종류와 시냅스에 대해 설명하라.
- 4) 신경 신호는 어떻게 한쪽 방향으로만 즉 시냅스 전 뉴런에서 시냅스 후 뉴런으로 전달되는가?
- 5) 왜 식물은 뇌가 없고 동물에게만 뇌가 있는가?
- 6) 철수는 할아버지가 중풍을 앓고 난 다음 오른팔과 오른다리를 잘 쓸 수 없게 된 것을 보고 매우 안타깝게 생각해 그 이유를 신경계의 구조와 작용에 대한 해석으로 알아봤다. 중풍은 뇌에 일어난 병인데 왜 신체의 한쪽에만 증세가 심하게 나타날까? 철수의 할아버지는 뇌의 어느 부위에 손상을 입은 것인가? (2002 서울대)
- 7) 왼쪽과 오른쪽 대뇌 반구가 서로 다른 기능을 갖는다는 사실은 로저 스페리의 연구로부터 밝혀졌다. 양단뇌(split brain) 환자들은 좌뇌와 우뇌 사이에서 정보를 전달하는 신경섬유 덩어리인 뇌량이 절단돼 있다. 양단뇌 환자는 양쪽 눈을 뜬 상태에서 왼손으로 열쇠를 잡으면 '열쇠'라고 이름을 댈 수 있다. 그러나 환자의 눈을 가리고 왼손으로 열쇠를 만지면 그것으로 문을 열 수 있지만 '열쇠'라는 단어를 말하지는 못한다. 양단뇌 환자가 이와 같은 행동을 보이는 이유를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

뉴런과 신경계에 대한 종합적인 지식과 사고력을 요구하는 문제입니다. 자극을 받아서 반응을 하는 경로나 뉴런의 종류, 기능은 기본적으로 알고 있어야 하고 신경계를 나누는 방법과 그 중 자율신경계의 역할, 뇌의 부분별 기능 등에 관해서도 정리하시기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 코의 수용기세포는 공기 중의 분자를 감지하므로 화학수용기에 해당합니다.
- 2) 신경계는 크게 중추신경계와 말초신경계로 나눌 수 있습니다. 중추신경계는 감각과 운동, 정신작용, 조건반사의 중추인 대뇌, 몸의 균형을 유지하는 중추인 소뇌, 체온조절을 하는 간뇌, 안구 운동을 조절하는 중뇌, 심장 박동, 호흡 운동, 소화 운동의 중추인 연수, 그리고 운동신경과 감각신경이 지나가는 척수로 구성돼 있습니다. 말초신경계는 중추신경계와 감각기 및 효과기(실행기)를 이어주는 역할을 하며 다시 체성신경계와 자율신경계로 나눌 수 있습니다. 체성신경계는 뇌신경과 척수신경으로 구성되며, 자율신경계는 자신의 의지로 제어할 수 없는 심장이나 소화기 등의 활동과 관련된 조직으로 위급한 상황에 대처할 수 있게 해주는 교감신경과 그 반대의 부교감신경으로 나눌 수 있습니다.
- 3) 감각뉴런은 감각기에서 받아들인 자극을 뇌와 척수 같은 중추부로 전달합니다. 연합뉴런은 중추부에 분포하고 있으며, 감각뉴런과 운동뉴런 사이에서 자극과 흥분을 중계합니다. 운동뉴런은 중추부로부터 흥분을 반응기로 전달합니다. 시냅스는 신경계의 중요한 구성요소 중 하나로, 두 뉴런의 사이나 한 뉴런과 효과기 사이의 중계부위를 말합니다. 활동전위가 뉴런의 축색돌기 끝에 이르면 그 정보는 시냅스를 지나 시냅스 후 세포로 전달됩니다.
- 4) 시냅스 전 뉴런만이 신경전달물질을 분비하고, 시냅스 후 뉴런만이 이 물질에 대한 수용체를 갖고 있기 때문에 신호는 시냅스에서 한쪽 방향으로만 진행할 수 있습니다.
- 5) 동물은 종속영양생물이므로 먹이를 찾아 움직이기 위해 지구의 중력에 저항하면서 수축운동을 하는 근육을 발달시켰습니다. 수축운동을 신속하고 정확하게 하기 위해 신경이라는 전기적인 신호망을 온몸에 갖고 있는데 이런 신경이 수만, 수억 개씩 모인 것이 동물의 뇌입니다. 즉 뇌란 동물이 움직여서 먹이를 얻고 개체를 유지하기 위해 만든 전기적인 정보체계라고 할 수 있으므로 움직이는 동물에만 뇌가 있습니다.
- 6) 대뇌는 좌뇌와 우뇌로 나뉘져 있어서 몸의 왼쪽 부ns?감각과 운동은 뇌의 오른쪽 부위가, 몸의 오른쪽 부위는 뇌의 왼쪽 부위가 지배합니다. 오른팔과 다리를 쓸 수 없으므로 좌뇌에 손상을 입은 것입니다.
- 7) 왼손에 열쇠를 잡고 있다는 감각의 신호는 오른쪽 대뇌반구로 들어갑니다. 언어중추는 왼쪽 대뇌반구에 있고 뇌량이 손상된 환자는 열쇠에 대한 정보가 오른쪽 대뇌반구에서 왼쪽으로 지나갈 수 없으므로, 열쇠를 만져서 문을 여는데 사용할 수는 있지만 열쇠라는 이름을 댈 수는 없습니다.

<유전정보의 발현에 대한 이해>

- 1) 핵산과 뉴클레오티드 : DNA와 RNA는 모두 핵산의 한 형태이며 핵산은 염기, 당, 인산이 결합된 '뉴클레오티드'라는 기본 단위 물질로 구성된다. DNA는 유전자의 본체며 RNA는 DNA의 유전정보를 전달한다.
- 2) 유전정보의 흐름 : 유전정보의 흐름은 DNA에서 RNA로, RNA에서 단백질로 이어지며 이것

을 분자생물학의 '중심원리'(Central Dogma)라고 부른다.

- 3) 단백질의 합성 : 단백질의 합성은 리보솜에서 일어나며 tRNA, 리보솜, RNA중합효소, ATP 등이 필요하다. 아미노산을 운반하는 tRNA가 리보솜에 결합해 개시, 신장, 종결과정을 거쳐 폴리펩티드(단백질)를 합성한다.

2. RNA 간섭원리의 응용 - 유전정보의 발현

요즘 생명공학의 화두는 단연 RNA다. 최근에는 RNA 연구 중에서도 RNA 간섭(RNAi, RNA interference)에 대한 연구가 주목받고 있다. RNA 간섭은 쉽게 말해 RNA를 이용해 유전자 발현을 간섭 즉 방해하는 것이다. DNA의 유전정보를 단백질 정보로 전달할 때 이 과정에 관여하는 전령 RNA(mRNA, messenger RNA)를 방해하거나 파괴해 유전정보의 발현을 억제하는 것이다. '간섭 RNA'는 21~25개 정도의 뉴클레오티드(nucleotide)로 이뤄진 길이가 짧은 RNA다. 간섭 RNA가 특정 유전자의 발현을 매우 효과적으로 억제한다는 보고가 처음 발표된 이후 그 활성 메커니즘과 응용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

- 1) RNA를 구성하는 뉴클레오티드를 설명하라.
- 2) RNA의 종류와 기능을 설명하라.
- 3) 단백질 합성과정을 설명하라.
- 4) 유전정보의 발현을 억제하는 RNA 간섭현상을 어떻게 활용할 수 있겠는가?

▶ 전문가 클리닉

RNA 간섭현상은 비교적 최근에 연구가 진행된 것으로, 특정한 유전자와 상보적인 작은 RNA 조각으로 그 유전자의 발현을 억제하는 원리입니다. 이 현상을 이용하면 원하는 유전자로부터 단백질이 발현되는 것을 억제할 수 있으므로 분자생물학 연구와 질병 치료에 응용할 수 있습니다. RNA 간섭 원리를 이해하려면 유전정보가 DNA에서 RNA로, RNA에서 단백질로 흐르는 과정을 이해하고 있어야 합니다. 즉 생명체에서 유전정보가 제대로 발현되기 위해서는 DNA의 유전정보가 RNA로 전사된 후 이 유전정보에 담긴 대로 단백질이 합성돼야 합니다. 만약 이런 과정이 정상적으로 작동하지 않으면 단백질 합성이 제대로 이뤄지지 않는 것입니다. 우리가 특정한 유전자의 발현을 원하는 대로 억제할 수 있을 때 과연 어떤 일을 할 수 있을지 생각해보시기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) RNA는 염기, 당, 인산으로 구성된 뉴클레오티드라는 단량체가 연결된 중합체입니다. RNA를 구성하는 염기는 아데닌, 구아닌, 시토신, 우라실이며 당은 5탄당인 리보스입니다.
- 2) RNA는 기능에 따라 세 종류로 나뉩니다. 리보솜 RNA (rRNA, ribosomal RNA)는 리보솜을 구성하는 성분입니다. 리보솜은 단백질과 rRNA로 구성돼 단백질을 합성합니다. 전령 RNA(mRNA, messenger RNA)는 DNA를 주형으로 해서 중합효소에 의해 만들어지며, 단백질을 만들기 위한 정보를 전달합니다. 즉 mRNA에서 3개의 염기가 하나의 유전 암호를 형성해 코돈을 이루며 하나의 코돈은 하나의 아미노산을 지정합니다. 마지막으로 운반 RNA (tRNA, transfer RNA)는 단백질을 합성할 때 아미노산을 운반합니다. tRNA는 염기쌍 형성에 의해 접혀져 있어서 여러개의 고리를 이루는데 이 중 안티코돈 고리는 mRNA의 코돈과 염기쌍을 형성합니다.
- 3) 단백질 합성과정은 폴리펩티드의 개시, 신장, 정지의 세 과정으로 일어납니다. 먼저 리보솜

의 작은 단위체가 mRNA의 개시 코돈과 결합하고 여기에 메티오닌과 결합한 개시 tRNA가 결합합니다. 리보솜의 큰 단위체가 다시 여기에 결합하고 리보솜의 tRNA 결합부위 2개 중 하나가 잡니다. 비어있는 tRNA 결합부위에 mRNA의 코돈과 결합할 수 있는 안티코돈을 가진 tRNA가 자신의 아미노산과 결합한 채로 개시코돈 다음에 위치한 코돈에 결합합니다. 처음의 메티오닌과 tRNA의 결합이 끊어져서 tRNA는 떨어져 나가고 대신 메티오닌과 그 다음의 아미노산의 결합이 생겨납니다. 리보솜이 하나의 코돈만큼 이동하고 세번째 아미노산을 결합하고 있는 tRNA가 똑같이 세번째 코돈에 결합합니다. 이후에는 같은 과정이 일어납니다. 그러다가 정지 코돈에 이르면 신장이 멈추고 리보솜은 mRNA로부터 떨어져 나가고 단백질 합성이 완성됩니다.

- 4) 첫째로 RNA 간섭현상을 유전병 치료에 이용할 수 있습니다. 많은 질환이 유전자 변이나 유전자 발현의 이상 때문에 일어납니다. 질병의 원인이 되는 특정 유전자의 염기서열을 지닌 RNA를 세포 안에 넣으면 그 유전자로부터 단백질 합성이 일어나지 않을 것입니다. 두번째로 RNA 간섭은 여러 종류의 암과 에이즈 바이러스, 간염 바이러스, 류마티스성 관절염 등의 질병 치료에 이용할 수 있습니다. 세번째는 RNA 간섭 기술을 식물에 적용해 경제성이 높은 작물의 재배기간을 줄이거나 병충해의 피해를 최소화하는 방법을 찾아낼 수 있을 것입니다. 마지막으로 RNA 간섭 기술을 활용해 특정 유전자의 발현을 억제하면 그 유전자의 기능을 빠르고 쉽게 규명할 수 있으므로, 유전자 검정에 활용할 수 있습니다.

<생명정보학(bioinformatics)>

- 1) 게놈(genome)과 프로테옴(proteome) : 게놈이란 '한 생물체가 지닌 모든 유전정보의 집합체'를 뜻하는 말로, 인간의 경우 23쌍의 염색체가 된다. 게놈프로젝트는 생물체의 염기서열 순서를 모두 밝히는 것이다. 프로테옴이란 단백질(protein) 정보의 총합이다.
- 2) 생명정보학 : 생물체의 유전정보 등 방대하고 다양한 생명현상 관련 정보를 컴퓨터를 사용해 정리·분석·해석하는 학문 분야다.

3. 컴퓨터와 생물학의 만남

생명정보학이 무엇인지 정의하고 활용 분야에 대해 설명하시오(2004 서울여대 수시).

▶ 전문가 클리닉

생명정보학은 생물정보학이라고도 하며 매우 다양한 분야를 담고 있는 폭넓은 학문입니다. 한 문장으로 제대로 정의하기가 쉽지 않지만 '생명현상 연구에 필요한 다양한 전산학/통계학/수학적인 것들' 또는 '생명현상의 연구에 컴퓨터와 소프트웨어를 이용하는 것' 정도로 표현할 수 있습니다.

생명정보학이 등장한 배경은 생명현상을 연구할 때 너무나 방대한 양의 정보가 쏟아져 나왔기 때문입니다. 엄청난 양의 정보란 DNA를 이루는 염기 배열 순서와 단백질을 구성하는 아미노산의 배열 순서라고 할 수 있습니다. 분자유전학, 분자생물학, 유전공학의 급격한 발전과 게놈프로젝트의 결과로 엄청난 양의 정보가 축적되자 컴퓨터를 이용해 체계적인 데이터베이스를 구축하고 이를 효율적으로 분석하려는 노력이 늘어났습니다. 정보화 시대를 맞이해 정보학이라는 용어가 각광을 받자 최근에 생명정보학이라는 용어가 새로 등장한 것입니다.

생명정보학이란 기능적인 측면에서는 데이터를 표현하고 저장하고 배분하는 것으로 볼 수 있고 의미적인 측면에서는 예측도구를 만들어서 과학자가 생물체의 기능과 형태를 서열정보에 기반해서 해석하고 모델링할 수 있도록 하는 것이라고 볼 수 있습니다. 생명공학기술(BT)과 정보기술(IT)이 발달하고 각종 게놈프로젝트의 성과가 드러나면서 두 기술이 융합된 생명정보학(바이오인포매틱스) 관련 기술과 산업이 발달하기 시작했습니다. 이것은 앞으로 의학, 농업, 환경, 화학분야 등에 막대한 파급효과를 가져올 것으로 예상됩니다.

생명정보학의 개념에 관한 이해로부터 생명현상에서 DNA와 단백질의 의미, 게놈프로젝트의 의미와 그 이후의 연구에 관해 생각해 보시기 바랍니다. 어떤 연구든 인간의 질병치료나 더 윤택한 삶을 위한 것임을 잊지 마시기 바랍니다.

▶ 예시답안

생명정보학은 생물학(Biology)과 정보학(Informatics)의 합성어입니다. 넓게는 컴퓨터를 이용해 생명과학을 연구하는 모든 분야를 뜻하며 좁게는 DNA 서열이나 단백질의 서열과 구조에 관한 정보를 저장하고 관리, 이용하는 분야로 정의할 수 있습니다. 생명정보학은 컴퓨터와 소프트웨어로 유전자의 염기서열 정보를 분석하고 이를 통해 유전자의 기능을 재구성해 생명공학에 응용하도록 합니다.

유전정보의 총합인 게놈을 분석하는 기술이 발전하면서 미생물과 식물 그리고 인간을 비롯한 동물까지 다양한 생명체가 지닌 엄청난 양의 게놈 정보가 속속 밝혀지고 있습니다. 컴퓨터를 이용한 생명정보학은 방대한 양의 게놈 정보를 유용하게 가공할 수 있도록 도와줍니다. 단백질은 20가지 아미노산의 조합으로 이뤄진 중합체로 4개의 염기 조합인 게놈보다 한층 복잡합니다. 단백질의 기능을 정확히 이해하려면 아미노산 서열과 3차원 구조를 알아야 하므로 이런 복잡한 정보의 해석에 생명정보학이 꼭 필요합니다.

인류가 당면한 문제인 질병과 식량, 환경문제를 해결하는데 생명정보학을 사용할 수 있습니다. 예를 들어 특정 질병에 걸린 사람들의 집단과 정상 집단을 비교 분석하면 질병의 원인유전자를 찾아내고 연관 관계를 밝힐 수 있습니다. 이 같은 정보는 질병의 원인 규명과 예방에 활용할 수 있고 신약개발에 유용한 도구가 될 수 있습니다. 생명에 대한 정보가 많을수록 신약개발에 드는 시간과 비용이 줄어드는 것입니다.

2005년 02월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제경향 및 과목대비방안

이번 호에서는 논쟁이 끊이지 않는 줄기세포 문제와 2005년 서울대 수시 문제 중에서 일부를 편집해 준비했습니다. 생식과 유전에 관한 기초적인 지식을 쌓은 후 고난이도의 문제에 도전해 보시기 바랍니다. 생체 내에서 실질적으로 중요한 일을 담당하는 것은 단백질이고, 그 단백질을 구성하는 아미노산의 서열을 결정하는 것이 유전자의 염기서열이라는 것은 아무리 강조해도 지나치지 않습니다.

<줄기세포와 배아복제>

1) 배아란?

일반적으로 임신 2개월까지의 초기 생명체를 일컫는 말. 좁게는 정자와 난자가 만나 수정란이 된 뒤 14일까지 수백개의 세포로 분열한 상태를 의미한다.

2) 줄기세포란?

심장, 뼈, 근육 등 특정한 기능을 가진 세포로 자라기 전의 원시세포.

3) 체세포복제란?

핵을 제거한 난자와 체세포 핵을 융합시켜 핵을 제공한 사람과 똑같은 사람으로 성장할 수 있는 배아를 만들어내는 것. 이 배아를 여성의 자궁에 착상하는 것이 인간복제다. 과학자들은 줄기세포를 얻기 위한 배아복제를 인간복제와 분리해 치료용 복제(therapeutic cloning)라고 부른다.

1. 치료용 복제배아 연구

영국 과학전문지 '네이처'는 올해 과학계 10대 뉴스 중 하나로 서울대 황우석 교수의 인간 배아복제 성공을 꼽았다. '네이처'는 "한국의 과학자들이 30개의 배아를 복제해 인간줄기세포를 성공적으로 추출해냈다"며 "만일 실험이 더 진행된다면 언젠가는 환자를 위한 맞춤형 대체세포가 제공될 수 있는 날이 올 것"이라고 소개했다.

한편 미국의 새튼 교수 연구팀은 원숭이 난자에서 핵을 흡입하는 방법 대신 황 교수팀의 도움을 받아 난자에 구멍을 내 부드럽게 짜내는 방법으로 원숭이 배아복제에 성공했다. 새튼 교수 연구팀은 "이미 복제한 원숭이 배아들을 대리모 원숭이들의 자궁에 착상시킬 계획"이라고 밝혔다. '안정적이고 정기적인' 방법으로 복제배아가 자궁 착상에 성공해 정상적으로 출산하면 사상 최초로 복제원숭이가 탄생한다. 원숭이복제가 가능해지면 인간복제도 가능할 것이라는 주장이 힘을 얻게 된다.

1) 줄기세포의 특징과 얻는 방법들에 대해 설명하라.

2) 환자를 위한 맞춤형 대체세포란 무엇이며 더 진행해야 할 실험이란 어떤 것들일까?

3) 복제원숭이를 만들기 위해 3마리의 원숭이가 필요하다면 각각의 역할은 무엇일까? 복제된 원숭이가 갖는 DNA는 누구와 일치하는가?

4) 출생된 아기가 복제아기인지를 확인할 수 있는 DNA 검사법에 대하여 설명하시오(단 DNA marker로서 사람마다 반복 횟수가 다른 짧은 염기서열을 사용하시오). (서울대 2003년 정시)

5) 인간배아를 파괴한다는 윤리적인 문제를 피하기 위해서 어떤 방법들이 있을 수 있는지를 아는 대로 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

배아복제와 줄기세포에 관한 기본적인 원리부터 복제아기 확인과 같이 비교적 고난이도의 지식까지 요구하는 문제입니다. 우리 몸은 정자와 난자가 만난 수정란이 세포분열을 거듭하면서 점점 뼈나 심장 등 인체 각 부분의 장기로 분화된 것이고, 줄기세포는 수정란에서 이처럼 모든 장기가 만들어지는 근원이 되는 세포입니다. 당뇨병이나 파킨슨병, 골관절염과 같이 세포가 제 기능을 하지 못하고 소멸하는 질환을 앓고 있는 환자에게 환자 자신의 체세포로 만든 배아에서 얻은 줄기세포를 이식하면 면역거부반응 없이 손상된 세포를 정상세포로 대체할 수 있는 것입니다.

복제된 배아를 여성의 자궁에 착상시키면 복제인간이 태어나는 결과를 낳게 되므로, 과학자들은 질병 치료용 줄기세포를 위한 배아복제를 아기를 출산시키는 인간복제와 구별해서 치료용 복제라고 부르고 있습니다. 인간배아복제는 인간복제로 이어질 수 있다는 문제, 난자 제공자에게 억지로 과배란을 유도한다는 문제, 하나의 생명체일 수도 있는 배아를 파괴해야한다는 문제 등을 안고 있습니다. 하루가 다르게 쏟아져 나오는 과학계 뉴스들을 유심히 살펴보면서 기본 개념을 이해하고 자신의 생각을 정리해보시기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 줄기세포의 특징은 아직 특정한 세포로 분화돼 있지 않아서 모든 세포나 조직으로 성장할 수 있는 가능성을 가진다는 것입니다. 줄기세포를 얻는 방법은 크게 배아줄기세포를 얻는 방법과 성체줄기세포를 얻는 방법으로 나뉩니다. 배아줄기세포는 불임치료에 사용하고 남은 잉여 수정란이나, 핵을 제거한 난자에 체세포의 핵을 이식해 복제한 복제배아에서 얻을 수 있습니다. 성체줄기세포는 유산된 태아의 조직이나 성인의 골수 등에서 얻을 수 있습니다.
- 2) 줄기세포는 인체 내 여러 세포로 분화할 수 있기 때문에 치료용으로 이용될 수 있습니다. 예를 들어 알츠하이머병이나 파킨슨병 환자에게는 줄기세포를 신경세포로 분화시켜서, 심장병 환자에게는 심장근육세포로 분화시켜서, 백혈병 환자에게는 혈액세포로 분화시켜서 이식하면 치료가 가능합니다. 맞춤형 대체세포란 이런 환자들에게 이식할 분화된 세포를 말하는 것이며 이로써 면역거부반응을 완전히 해결할 수 있습니다.

배아 줄기세포를 실제 치료에 적용하기까지는 3단계 정도의 실험이 필요합니다. 첫째는 줄기세포 확립 단계이고, 그 다음은 줄기세포가 분화하는 정확한 메커니즘을 알아내야 하는 것이며, 셋째 단계는 줄기세포를 임상에 적용하는 것입니다. 앞으로 더 진행해야 할 실험은 두번째 이후인 분화 연구와 임상적용 단계입니다.
- 3) 난자 제공자와 체세포 제공자, 그리고 대리모입니다. 복제된 원숭이의 거의 대부분의 DNA는 체세포의 핵을 제공한 체세포 제공자와 같습니다. 그러나 난자 세포질의 미토콘드리아에도 소량의 DNA가 있으므로 미토콘드리아 DNA는 난자 제공자와 일치합니다.
- 4) 인간을 비롯한 동물의 유전체에는 아주 짧은 DNA 염기서열이 반복되는 부분이 존재하는데, 이를 미세위성체(microsatellite)라고 합니다. 미세위성체의 수는 부모, 형제끼리도 서로 다르기 때문에 미세위성체의 이 같은 다형성을 이용해 복제아기의 진위여부를 판명할 수 있습니다. 즉 태어난 복제아기는 핵 제공자와 미세위성체의 수가 같기 때문에 이를 증폭해서 확인해보면 됩니다.

DNA 검사를 위한 순서로는 먼저 핵 제공자와 복제아기의 귀, 혈액, 입천장 등에서 DNA를 분리합니다. 이후 DNA 미세위성체 마커(marker)를 결정하고 미세위성체 마커를 증폭시키는데 필요한 프라이머(primer)를 만듭니다. 끝으로 프라이머를 붙인 미세위성체를 중합효소

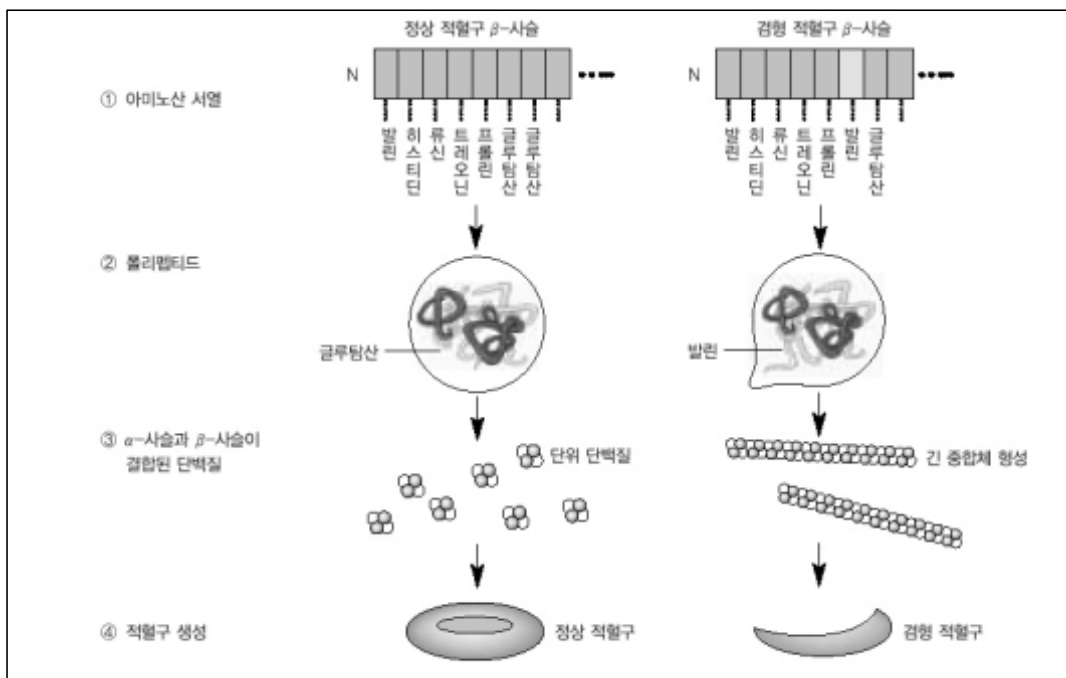
연쇄반응(PCR, polymerase chain reaction)으로 수십만배 증폭시킨 후 전기영동으로 미세 위성체의 크기나 염기서열을 분석해 핵 제공자와 복제아기를 비교하면 됩니다.

- 5) 우선 굳이 배아에서 줄기세포를 얻지 않더라도 골수나 탯줄 등에 남아있는 성체줄기세포를 이용할 수 있습니다. 성체줄기세포는 배아줄기세포에 비해 분화능력이 떨어지고 얻을 수 있는 양이 적은 단점이 있기는 하지만, 최근 성체줄기세포로 척수장애 환자의 신경을 되살리는 등 치료용으로 사용 가능함을 보여주는 연구결과들이 발표되고 있습니다.

또한 인간배아를 만들거나 죽이지 않고 의학적으로 유망한 줄기세포를 얻는 기술들도 개발되고 있습니다. 예를 들면 첫번째로 불임치료를 위해 만드는 배아에서 이용 가능한 세포들을 얻는 것인데, 이 배아는 기능적으로 사망한 배아이기 때문에 생명파괴 논란을 피할 수 있습니다. 두번째로 핵 이전(nuclear transfer)이라고 불리는 복제과정을 고의로 방해함으로써 세포들을 얻는 것으로, 이렇게 얻은 세포군은 배아가 아니며 전단계 줄기세포들을 보유하고 있습니다.

<유전자와 단백질>

- 1) 유전자와 유전자 변이 : 유전자는 유전형질을 규정하는 인자로 유전자의 본체는 DNA이며 DNA의 염기서열이 단백질의 아미노산 서열을 결정짓습니다. 염기서열에 변화가 생겼을 경우 유전자 변이가 일어나며 그 유전자로부터 발현되는 단백질에 변화가 생길 수 있습니다.
- 2) 단백질과 전기영동 : 단백질의 3차 구조는 단백질을 구성하는 아미노산의 순서에 의해 결정됩니다. 전기영동이란 전기장에서 분자들이 분리되는 성질을 이용한 기술로 대부분의 생물학적 거대분자들은 전기적 전하를 띠기 때문에 전기장 내에서 이동할 수 있습니다. 양전하를 띤 단백질 분자는 음극 쪽으로, 음전하를 띤 단백질 분자는 반대쪽으로 이동합니다.



2. 유전자 변이와 단백질

1) 유전자, 아미노산, 폴리펩티드, 단백질의 상관관계를 설명하시오.

2) 단백질의 성질은 각 분자 고유의 3차 구조를 형성하게 하는 비공유성 상호작용들에 의해 결정된다고 할 수 있다. 이 상호작용들에 대해 설명하라.

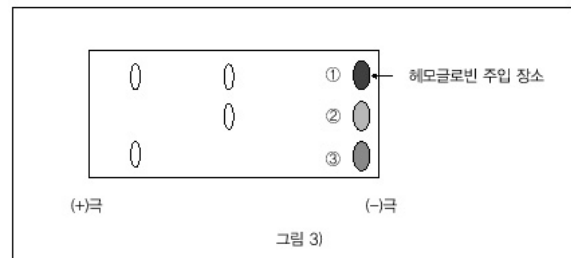
3) 앞의 그림은 정상 적혈구와 겸형 적혈구의 형성과정을 설명하는 그림이다. 겸형 적혈구 빈혈증은 헤모글로빈을 구성하는 2개의 폴리펩티드 중 하나가 바뀐 아미노산을 갖고 있기 때문에 발병한다. 이 병을 가진 사람은 정상인 사람의 헤모글로빈 유전자와 비교해 유전자 상에 변이가 있다. 이 유전자 변이에 의해 겸형 적혈구가 생기는 이유를 설명하시오. (서울대 2005년 수시)

아미노산 순서번호	변이종류	
	정상(HbA)	HbS
1	발린	발린
2	히스티딘	히스티딘
3	류신	류신
6	글루탐산	발린
7	글루탐산	글루탐산
26	글루탐산	글루탐산
63	히스티딘	히스티딘
67	발린	발린
125	글루탐산	글루탐산
146	히스티딘	히스티딘

4) 그림1)은 정상 β-사슬 아미노산과 빈혈증을 나타내는 변화된 β-사슬 아미노산을 표시한 것이다. 그림2)는 몇가지 아미노산을 성질별로 분류한 표다. 그림3)은 헤모글로빈 단백질 전기영동 실험결과다. 1, 2, 3 헤모글로빈 시료 각각의 유전자형(변이 HbS의 경우)을 말하고 그 이유를 설명하시오. (서울대 2005년 수시, 편집)

극성 아미노산		비극성 아미노산	
아미노산	결사슬	아미노산	결사슬
아스파르트산	음전하	알라닌	비극성
글루탐산	음전하	글리신	비극성
아르기닌	양전하	발린	비극성

그림 2)



▶ 전문가 클리닉

먼저 아미노산의 중합체가 단백질이며 그 순서는 DNA의 염기서열에 저장돼 염기 3개가 하나의 아미노산을 지정하는 코돈으로 작용한다는 것과, 염기서열의 변화가 일어나면 아미노산에도 변화가 있을 수 있다는 것을 이해하고 있어야 합니다. 적혈구 속의 헤모글로빈은 4개의 폴리펩티드로 구성돼 산소를 운반하는 기능을 가진 단백질입니다. 헤모글로빈은 여러 개의 유전자로부터 발현된 폴리펩티드들이 한데 모여서 이뤄지는데, 이 중 β-사슬 유전자의 염기서열에 돌연변이가 일어나서 아미노산이 바뀌면 이것이 단백질의 전체적인 구조에 영향을 미쳐 여러가지 결과를 초래하는 것입니다. 세포 내에서 일어나는 거의 모든 일에 관여하는 단백질이 제대로 작동하기 위해서는 각 단백질만의 고유한 3차 구조를 가져야 하고, 이것은 아미노산의 서열에 의해 결정됩니다.

단백질을 연구하는 실험방법 중 분자생물학에서 쓰는 가장 일반적인 형태의 전기영동은 겔(gel)을 이용하는 것입니다. 겔은 분자들이 복잡한 그물 형태를 이루고 있어서, 거대분자들이 그 사이의 좁은 통로를 비집고 이동하게 됩니다. 그러면서 양전하를 띤 단백질은 음극으로, 음전하를 띤 단백질은 반대방향으로 움직일 것입니다. 문제에서 두 헤모글로빈 사슬은 6번째 아미노산만 서로 다르고 나머지 아미노산 조성은 모두 같으며, 글루탐산은 음전하를 띤기 때문에 글루탐산을 가진 정상 헤모글로빈이 전기영동 겔 상에서 양(+)극으로 더 많이 이동하게 됩니다. 이 문제를 통해 단백질의 구조와 성질에 관해, 그리고 유전자상의 변이가 실질적으로 어떤 영향을 미치게 되는지에 대해 이해하기 바랍니다.

▶ 예시답안

1) 아미노산들은 연속적으로 펩티드결합을 형성해 폴리펩티드 사슬을 만듭니다. 이렇게 길게 연결된 폴리펩티드를 단백질이라고 하는데, 단백질 중에는 다수의 폴리펩티드 사슬들이 집합돼 있는 것도 있습니다. 각각의 폴리펩티드가 특정 유전자에 의해서 지정되며, 유전자에 들어 있는 염기서열의 정보에 따라 아미노산의 서열이 결정돼 각 단백질의 특징을 지니게 합니다.

2) 비공유성 상호작용의 효과는 폴리펩티드 사슬 내에서 멀리 떨어져 있는 서로 다른 두 부위들을 모이게 해 선상의 사슬이 서로 접히도록 하는 것으로, 비공유성 상호작용에는 수소결합, 소수성 상호작용, 이온결합, 반데르발스 상호작용 등이 있습니다. 단백질에서 가닥 내의 수소결합은 한 펩티드결합 부위의 질소에 결합돼 있는 수소원자와 다른 펩티드결합 부위의 산소원자 간에 이뤄집니다. 소수성 상호작용은 물에 잘 녹지 않는 성질을 가진 2개의 분자 사이에서 나타나는 상호작용으로, 많은 아미노산 결사슬은 물에 잘 녹지 않으며 한 사슬 내에서 멀리 떨어진 소수성 부분을 모이게 하려는 경향이 있습니다.

이온결합은 서로 다른 전하들 사이에 작용하는 인력의 결과입니다. 몇몇 아미노산 결사슬들은 이온화돼 있는데, 음전하를 띤 기와 양전하를 띤 기는 이온결합을 할 수 있고 사슬 내에서 멀리 떨어진 부분들이 서로 모이게 합니다. 또한 같은 전하를 띤 이온끼리 가까이 있을 때는 서로 반발하려는 상호작용이 있습니다. 이런 이온결합들은 기의 전하를 바꿀 수 있는 pH 변화나 이온들을 가진 고농도의 염에 의해 파괴될 수 있습니다.

3) 글루탐산 대신 발린으로 대체된 헤모글로빈은 용해도가 급격히 감소하는데, 이것은 헤모글로빈의 여섯번째 아미노산인 발린이 비극성을 띠며 단백질의 표면에 존재하므로 이웃하는 헤모글로빈 분자의 소수성 부분과 결합하기 때문입니다. 글루탐산이 발린으로 바뀜으로써 헤모글로빈의 입체적인 구조의 변화가 물에 잘 녹지 않는 긴 중합체의 형성을 초래해 겸형 적혈구가 생기는 것입니다.

2005년 03월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

생물 과목도 여러 대학과 학과에서 다양한 문제들이 출제되고 있습니다. 문제의 형식은 많이 다를지라도 기본원리와 개념은 변함이 없습니다. 수험생활은 단거리 달리기보다 마라톤과 같습니다. 차근차근 기본부터 닦아 나간다면 어떤 문제에도 흔들림 없을 것입니다. 이번 호에서는 비교적 자주 출제되는 바이러스 관련 문제 중에서 SARS 바이러스 문제와 혈액과 혈액형, 세포에 관한 여러가지 문제를 준비했습니다.

<세포>

▶ 예상 및 기출문제

세포는 생물의 구멍? 기능적 단위이며 생물의 필요한 기능은 모두 세포에서 일어난다. 세포에 관한 다음 질문에 답하라.

- 1) 세포 형태가 구형이고, 첫번째 세포의 반지름이 두번째 세포의 반지름의 두배라면 이들 두 세포 유형 중 어느 것이 물질교환을 필요로 하는 세포생리활성의 조절이 용이한가? 그 이유는? (단, 구의 반지름이 r 일 때 표면적은 $4\pi r^2$ 이고 체적은 $4\pi r^3/3$ 이다.)
- 2) 세포의 크기와 모양은 기능과 관계가 있다. 가장 작은 세포는 '마이코플라스마'라는 박테리아이고 가장 큰 세포는 새의 알이며 가장 긴 세포는 근육세포와 신경세포다. 새의 알이 크며 근육세포와 신경세포가 긴 이유는 무엇인가?
- 3) 어떤 분자나 이온들이 세포 내외에 적절한 양으로 유지될 때만 세포활성이 가능하고 이런 조절은 세포막이 물질의 선택적 투과를 조절함으로써 유지된다. 세포막을 통한 물질교환의 과정인 능동수송과 확산의 차이점을 설명하시오.
- 4) 혈액에서 분리한 적혈구를 9%, 0.9%, 0.09% 소금용액에 각각 넣었을 때 적혈구의 상태가 어떻게 변화하는지를 말하고, 그 이유를 설명하시오. (2003년 단국대)
- 5) 세포가 발견된 이후 과학자들이 세포 연구를 위한 많은 방법들을 고안했으며, 현미경을 비롯해 세포분획법, 자기방사법, 조직배양법 등이 연구 목적에 따라 사용되고 있다. 세포 연구 방법들에 대해 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

세포의 크기, 세포막, 세포연구 방법에 관한 문제입니다. 세포의 모양과 크기는 생물의 종류에 따라 다양하고, 한 개체 내에서도 세포의 기능에 따라 달라집니다. 대부분의 세포는 직경이 $10\sim 100\mu\text{m}$ 사이로 개체의 크기와 상관없이 거의 비슷합니다. 개체의 크기에 관계없이 일반적으로 세포의 크기가 작은 이유를 대략 세 가지 정도로 설명할 수 있습니다. 먼저 표면-부피가 설이 있습니다. 세포는 물질의 능동적인 교환을 위해 충분한 표면적이 필요한데 세포의 부피가 증가하면 영양물질, 기체, 노폐물이 비례적으로 증가합니다. 그러나 세포의 표면적은 부피의 증가에 비례하지 못하고, 단위 부피 당 표면적의 비로 볼 때 작은 세포가 큰 세포보다 더 큰 표면/부피 비를 갖게 됩니다.

또 한 가지는 확산의 제한성을 들 수 있습니다. 세포막을 통해 영양물질들과 산소가 세포 안으로 유입됐다고 하더라도 이들이 반응 장소까지 가기 위해서는 확산에 의해서 이동해야 하고 거리가 멀어질수록 그 효율성은 떨어지게 됩니다. 즉 정상보다 커다란 세포가 있다고 한다면

세포막을 통해 유입되는 영양물질이나 산소가 필요량에 미치지 못할 뿐만 아니라 세포막에서 멀리 떨어진 중심부까지 확산되는 것도 쉽지 않은 것입니다.

마지막으로 세포가 분열해서 크기를 줄이지 않으면 안되는 이유는 핵의 중요성에 있습니다. 세포가 자꾸 커진다고 했을 때 세포질의 양이 계속 증가하면 핵의 명령이 도달하지 못하는 부분이 생기게 되고, 핵이 세포 전체를 장악해 통제하지 못하게 되면 세포의 생명활동이 제대로 이뤄질 수 없으므로 핵이 둘로 갈라져 나뉘어서 지배하는 것이 효율적입니다. 결국 보통의 세포는 핵을 하나만 가져야 하므로, 세포질도 둘로 갈라져 세포분열이 이뤄짐으로써 세포의 크기를 줄이게 됩니다.

근육세포나 신경세포의 경우는 이 세포들이 맡은 기능을 수행하기 위해서 어쩔 수 없이 어느 정도의 표면/부피 비를 희생한 경우이며, 최대한 모양을 가늘게 함으로써 긴 길이에서 오는 표면/부피 비의 감소를 상쇄시킵니다. 타조알의 경우는 대부분의 난세포가 그러하듯 활발히 성장하는 세포가 아니라 단순히 영양분을 저장하고 있는 세포이기 때문에 표면/부피 비의 문제에 크게 영향을 받지 않아도 되는 것입니다. 참고로 생물의 표면적과 체적과의 관계는 항온동물의 경우에도 나타나는데, 추운 곳으로 갈수록 항온동물의 덩치는 커집니다(베르그만의 법칙). 몸이 커질수록 상대적으로 단위 체적에 대한 표면적의 비율이 감소하므로, 체열을 방출하는 부분이 적어지고 체온 유지에 적합한 결과가 됩니다.

세포 내부와 외부를 구분하고 세포 내외의 물질교환을 제어해주는 경계막이 세포막이며, 세포막은 지질과 단백질 성분으로 구성돼 있습니다. 세포막은 단순히 경계 역할을 할 뿐만 아니라 주위 환경으로부터 필요한 분자를 흡수하고, 중요한 화학반응이 일어나는 장소이며, 노폐물을 밖으로 내보내는 역할을 합니다. 이런 역할을 통해 세포 내부에 외부 환경과는 다른 꼭 필요한 물질들이 모여있을 수 있는 것입니다.

용매는 자유로이 투과시키지만 용질은 투과시키지 않는 성질의 막을 반투과성막이라고 하는데, 세포막도 반투과성입니다. 이런 반투과성막을 통해 용매가 확산하는 현상을 특히 '삼투'라고 합니다. 여러가지 기체나 수용액을 함께 넣으면 두 물질은 점차 섞여서 균일한 기체나 용액으로 되는데, 이와 같이 농도가 진한 쪽에서 묽은 쪽으로 물질이 이동하는 현상을 '확산'이라고 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 구의 반지름이 두 배 증가하면 표면적은 네 배 증가하고 체적은 여덟 배 증가합니다. 따라서 반지름이 두 배 증가할 때 체적은 더 증가하지만, 체적 대 표면적의 비율은 줄어듭니다. 즉 체적 자체는 첫 번째 세포가 크지만 체적 대 표면적의 비는 두 번째 세포가 더 크므로 두 번째 세포가 세포생리활성이 더 유리합니다. 이것은 체적 대 표면적 비가 클수록 영양물질을 들여오고 노폐물을 세포 밖으로 내보내는 등 물질교환의 효율성이 더 높아지기 때문입니다.
- 2) 새의 알이 큰 이유는 발생에 필요한 영양물질을 갖고 있기 때문이고, 근육세포는 신체의 다른 부분을 함께 끌어당기는데 효율적이며, 신경세포는 신체에서 멀리 떨어져 있는 부분까지 신호를 전달할 수 있도록 길게 돼있습니다.
- 3) 확산은 어떤 물질이 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동해 전체적으로 농도가 균일하게 되는 현상입니다. 어떤 물질들은 세포막인 인지질 이중층을 자유로이 통과하지만, 많은 경우 막에 존재하는 특별한 운반체 단백질 통로를 통해서 확산됩니다. 이에 반해 농도 경사를 거슬러서, 즉 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물질을 이동시키는 것을 능동수송이라고 하는데, 이때 운반체 단백질과 에너지의 도움으로 농도 경사에 대항해 물질이 이동하며 많은 경우 ATP에 저장된 에너지를 이용합니다.

- 4) 세포막은 크기가 작은 용매인 물은 통과할 수 있지만 크기가 큰 용질은 통과할 수 없는 반 투과성막이므로 저장액인 0.09% 소금용액에서는 물이 세포내부로 들어와서 적혈구가 부풀어 오르다가 결국 터지게 됩니다. 고장액인 9% 소금용액에서는 물이 세포 밖으로 빠져나와 적혈구가 수축하게 됩니다. 등장액인 0.9% 소금용액에서는 세포 내부와 소금 농도가 같으므로 아무런 변화가 없습니다.
- 5) 현미경을 이용한 연구방법은 실체현미경을 동물을 해부할 때 사용하거나, 광학현미경 또는 전자현미경을 이용해 세포의 미세구조 단면이나 입체구조를 관찰하는 것입니다. 특히 전자현미경으로 세포의 미세한 부분까지 관찰할 수 있게 됐는데, 투사전자현미경과 주사전자현미경이 있습니다. 세포분획법은 먼저 세포를 파괴한 다음 원심분리기의 회전 속도와 시간을 다르게 함으로써 크기와 무게가 다른 세포 소기관들을 분리해내는 방법입니다. 세포분획법으로 미토콘드리아나 핵, 소포체 등 각종 세포 소기관에 대한 연구를 할 수 있게 됐습니다. 자기방사법은 방사성 동위원소가 포함된 화합물을 세포에 주입한 후 그 동위원소의 행방을 추적함으로써 물질의 변화를 확인하는 방법으로 광합성과 호흡 등 많은 과정은 이 방법을 통해 밝혀졌습니다. 조직배양법은 동물이나 식물의 조직을 배지에서 배양하는 방법으로 세포의 성분 연구나 화학물질이 세포에 미치는 영향 등을 연구하기에 적합합니다.

<SARS 바이러스>

▶ 기본개념

바이러스 : 핵산과 단백질로만 이뤄진 입자. 생물과 무생물의 특성을 모두 지님.

▶ 기출문제

SARS를 유발하는 바이러스를 중심으로 다음을 설명하시오. (2004년 단국대 수시)

- 1) SARS에 대해 설명하시오(주요 발생지, 감염경로, 증상 등 일반 상식적인 내용).
- 2) 바이러스와 사람의 공통점 및 상이점을 아는대로 설명하시오.
- 3) 현재 다른 전염병보다 SARS를 예방하거나 치료하기가 어려운 이유를 면역의 측면에서 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

바이러스의 생물로서의 특징과 무생물로서의 특징을 묻는 문제는 자주 출제됩니다. 생명의 여러가지 특징과 함께 꼭 짚고 넘어가시기 바랍니다. 바이러스는 핵산과 단백질로 이뤄져 있으며 입자 안에 들어있는 핵산에 따라서 DNA 바이러스와 RNA 바이러스로 나뉘고, 단백질이 주성분인 겉껍질의 크기나 모양도 중요한 분류 기준이 됩니다. 사스와 관련이 있는 바이러스를 '코로나 바이러스'라고 부르는 것도 그 모양이 개기일식 때 태양의 둘레에 보이는 빛살인 코로나를 닮았기 때문입니다. 또한 바이러스는 혼자서는 스스로 증식이나 어떤 생명활동도 할 수 없지만, 살아있는 세포 내로 들어가면 그 세포 구성물을 교묘하게 이용해 증식하는 기생체로, 숙주에 따라 동물, 식물, 세균에 기생하는 것으로 나눌 수 있습니다.

흔한 감기에서 무서운 에이즈까지 모두 바이러스가 발병시키는 것인데, 치료가 어려운 이유 중 하나는 무엇보다 그때그때 곧바로 변종이 생겨버리기 때문입니다. 여기서 변종이란 돌연변이를 말하는 것으로 핵산이 바뀐다거나 바이러스끼리 핵산을 서로 교환해 어느새 다른 바이러스가 돼버립니다. 또 동물에 기생하던 것들이 갑자기 사람에게 옮겨붙는 것도 문제가 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) SARS는 '중증 급성 호흡기 증후군'(Severe Acute Respiratory Syndrome)을 말하며, 2002년 11월부터 중국 광둥지역을 중심으로 발생해 홍콩, 싱가포르, 캐나다 등 전세계적으로 확산된 신종 전염병으로 바이러스 감염에 의해 발열과 기침, 호흡곤란, 폐렴 등을 보이는 증후군입니다. 사스를 일으킨 바이러스는 코로나 바이러스의 신종 변형 중 하나이며, 개·돼지·쥐·새 같은 동물에서 맨처음 발생한 뒤 인간에게 전염된 것으로 추정하고 있습니다. 사스는 주로 작은 침방울을 통해 감염되는 것으로 알려져 있는데 사스 환자가 재채기나 말을 할 때 전파되거나 환자의 체액에 오염된 물건을 통해서도 전파될 수 있습니다. 감염되지 않기 위해서는 손을 자주 씻는 등 위생을 철저히 해야 합니다. 일반적으로 5일 정도의 잠복기를 거치며 효과적인 치료방법은 아직까지 충분히 알려지지 않았습니다.
- 2) 바이러스는 핵산과 단백질로 이뤄져 있고, 유전물질로서 핵산을 가지며 증식을 할 수 있다는 점에서는 사람과 공통점을 가집니다. 그러나 바이러스는 사람이 갖고 있는 기본적인 세포 구조를 갖고 있지 않고, 물질대사를 하지 못하며, 사람과는 달리 숙주 세포 없이는 스스로 증식하지 못하는 차이점이 있습니다.
- 3) 사스 바이러스는 매우 불안정하고 유전적으로 돌연변이를 통해 변형을 잘 일으켜 결과적으로는 인간의 면역기능을 교묘하게 피해가는 적응력이 높습니다. 따라서 백신을 만들어 예방하기도 힘들고 치료하기도 어렵습니다.

<혈액과 혈액형>

▶ 기본개념

혈액의 성분 : 혈장과 혈구. 혈장은 90%가 물이며 나머지는 혈장 단백질, 영양물질, 산소와 이산화탄소, 무기염류 등. 혈구는 백혈구, 적혈구, 혈소판으로 구성됨.

혈액의 기능 : 운반, 방어, 조절.

혈액형 : 적혈구 표면의 응집원 종류에 따라 ABO식과 Rh식 혈액형이 있음.

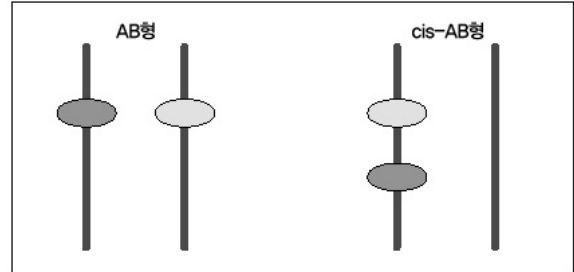
▶ 예상 및 기출문제

혈액형과 성격을 연관짓는 이야기가 화제다. 'B형 남자'라는 가요가 나온데 이어 'B형 남자친구'라는 영화도 있다. 노랫말을 보면 B형 남자는 '여자를 잘 알고 표현을 잘 하지만 예민하며 욕하는 성격에 황당한 사고방식을 가진' 것으로 묘사된다. 혈액형에 따라 성격이 결정된다는 '혈액형 성격학'은 이제 심심풀이로 보는 사주팔자 수준을 넘어서고 있다. 서점에는 혈액형과 성격을 연관짓는 수십가지의 책이 나와 있다.

- 1) ABO식 혈액형을 결정하는 기준은 무엇인가?
- 2) A형 피를 B형 사람에게 수혈했을 때 위험한 이유는 무엇인가?
- 3) ABO식과 Rh식에서 우성유전자는 각각 무엇인가?
- 4) AB형인 어머니와 O형인 아버지 사이에 나올 수 있는 혈액형은 무엇인가? 드물게 O형이 나오는 경우가 있는데 이것을 설명하라.
- 5) 혈액은 무엇으로 구성되는가? 혈액의 조성과 관련해 우리 몸에서 혈액의 주요 역할을 설명하라. (2003년 서울대 수시)

▶ 전문가 클리닉

혈액과 관련해 혈액의 순환과 기능, 면역계, 혈액형 등은 자주 출제되며 특히 조성과 기능에 관해서는 꼭 알고 넘어가시기 바랍니다. 적혈구의 혈액형은 수십 종류의 분류 방법이 있습니다. ABO식 혈액형은 3가지 대립유전자의 조합으로 결정되며, 그 차이는 각 유전자가 만드는 적혈구 표면 구조의 근소한 차이입니다. 예를 들어 상동염색체의 한쪽에 A유전자, 다른 한쪽 염색체의 같은 위치에 O유전자가 있으면 A유전자는 O유전자에 대해 우성이고 혈액형의 형질은 A형이 됩니다. AB형 중에는 희귀한 혈액형 중 하나인 cis-AB형이 있는데 교차에 의해 A형 유전자와 B형 유전자가 한쪽 염색체에 같이 있게 되는 경우입니다. cis-AB/O형과 O/O형 부부 사이에 자손은 cis-AB/O 또는 O/O형이 나올 수 있는 것입니다. 이런 혈액형 때문에 가족 간의 오해가 생길 여지가 있기도 합니다. 이 외에도 항원분자의 수가 적은 weak A, weak B형도 있습니다.



▶ 예시답안

- 1) 혈액 속에는 산소를 운반하는 역할을 하는 적혈구가 있고, 적혈구의 표면에는 당분물질이 사슬처럼 붙어 있는데 이것의 종류에 따라 혈액형이 결정됩니다. A유전자를 가지면 A형 항원이 만들어지며 B유전자는 B형 항원분자를 만들어냅니다. O형은 당의 끝부분이 비어있으며 AB형은 둘 다 갖고 있습니다.
- 2) B형인 사람은 항A(anti-A) 항체를 갖고 있으므로 A형의 피를 수혈하면 A형 적혈구의 A 항원과 항A 항체가 서로 결합해 면역보체가 활성화되기 때문에 그 결과로 적혈구가 파괴돼 급성 용혈성 수혈부작용이 일어납니다.
- 3) O에 관해서 A, B는 우성이며 A와 B는 우열이 없이 공동우성입니다. Rh식에서는 D가 우성입니다.
- 4) AB형과 O형 부모 사이에 나올 수 있는 혈액형은 A(AO)형과 B(BO)형입니다. 원래는 A형과 B형 유전자가 상동염색체에 각각 존재하지만, 교차에 의해 두 유전자가 한 염색체 상에 존재할 수 있는데 이를 cis-AB라고 합니다. 이런 경우 A형과 B형이 같은 염색체 상에 있으므로 자손이 AB형이나 O형이 나올 수 있습니다.

2005년 04월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

이번 호는 꾸준히 출제되고 있는 광합성 문제와 유전 문제, 그리고 생명공학에 관한 기출문제를 준비했습니다.

1. 흥분상태의 전자는 어디로? - 광합성

▶ 기본개념

광합성 : 녹색식물 또는 광합성세균이 빛에너지를 이용해 이산화탄소와 물로 유기물을 합성하는 일련의 과정이며, 매우 복잡한 과정을 거쳐서 일어난다.

암반응과 명반응 : 명반응은 빛에너지를 이용해 ATP와 NADPH를 만들어내는 과정이며, 암반응은 이것들을 이용해 직접 포도당을 만들어내는 과정이다.

▶ 예상 문제

'광합성'이란 용어에서 '광'은 빛을, '합성'은 당의 합성을 의미한다. 어두운 곳에서는 CO₂가 있더라도 광합성에 이용되지 않지만, 햇빛을 쬐어 준 다음에 CO₂를 공급하면 순간적으로 많이 소모됨을 알 수 있다. 즉 명반응에서 빛에 의한 어떤 변화가 암반응에 계속 영향을 주고 있으며, 암반응에서는 CO₂가 필요하다는 것을 의미한다. 한편 형광이란 들뜬상태(높은 에너지 상태) 물질이 바닥상태(낮은 에너지 상태)로 되돌아갈 때 전자 전이에 의해 방출되는 빛이라고 말할 수 있다.

- 1) 광합성에 영향을 주는 외부 요인 중 빛의 영향과 '보상점'을 설명하라.
- 2) 녹색 종이는 녹색 빛은 반사하고 다른 빛은 흡수하기 때문에 녹색이다. 식물의 잎은 왜 녹색인가? 흡수된 빛에너지는 종이의 경우와 잎의 경우 어떻게 되는가?
- 3) 용액 속에 녹아있는 순수한 엽록소에 빛을 쬐면 형광이 나오는 이유를 설명하라. 엽록체 내에 들어있는 엽록소는 용액 속에 있는 분리된 순수 엽록소보다 발생하는 열이나 형광량이 적은데, 그 이유는 무엇일까?
- 4) 이산화탄소를 고정하는데 사용되는 전자는 결국 어디에서 나온 것인지 거꾸로 추적하라.

▶ 전문가 클리닉

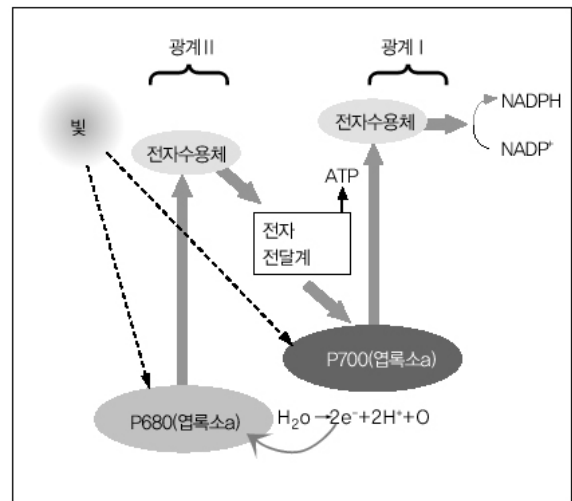
광합성의 명반응과 암반응의 의미, 빛에너지의 역할과 전자의 흐름을 정확하게 이해하고 있는지 묻는 문제입니다. 복잡해 보이는 광합성 과정도 포도당을 만드는 암반응과 거기에 들어가는 에너지를 비축하는 명반응으로 나뉘어서 전체적으로 이해해야 할 것입니다. 빛은 파동성 외에도 광자라는 에너지입자로 행동하는 특징이 있는데, 파장이 짧을수록 에너지는 커집니다. 엽록체 속의 색소 분자가 광자를 흡수하면 전자는 에너지를 얻어서 흥분상태로 전이가 됩니다. 엽록소가 흥분한 전자를 인접해 있는 1차 전자수용체로 넘겨주면서 명반응이 시작됩니다.

색소집합체인 반응중심과 1차 전자수용체, 광자를 흡수해서 에너지를 전달하는 안테나 분자들의 집합체를 광계라고 하는데, 지금까지 두 종류의 광계가 발견됐습니다. 결국 유기물을 합성하기 위해 공급해야 하는 ATP나 NADPH를 만들기 위해 필요한 고에너지 전자를 빛에너지가 만들어주는 것입니다. 이 고에너지 전자가 전자전달계를 따라 내려가며 에너지를 유용한 형태로 전환합니다. 아래 그림에서 NADPH로부터 화살표를 역으로 올라가다 보면 포도당에 들어가는 전자가 결국 어디에서 온 것인지 알 수 있습니다. 광합성과 호흡과정에 관해 전체적이고

체계적으로 이해하고 있는 사람만이 손쉽게 대답할 수 있을 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 광합성에는 빛이 필요하며 엽록소의 종류에 따라 흡수하는 빛의 파장이 다른데, 일반적으로 적색광과 청색광을 많이 흡수합니다. 빛의 세기가 강해질수록 광합성 양은 증가합니다. 그러나 빛의 세기가 어느 한계에 이르면 광합성 양은 최대치가 되고 그 이상은 증가하지 않습니다. 빛이 없는 상태에서는 호흡만 하므로 산소를 흡수하고 이산화탄소를 방출합니다. 빛이 있으면 광합성이 일어나면서 이산화탄소를 소비하므로 빛의 세기가 일정한 수준에 도달하면 호흡으로 방출된 이산화탄소량과 광합성에 이용된 이산화탄소량이 같아지는데, 이때의 빛의 세기를 보상점이라고 합니다.



- 2) 식물에서 녹색으로 보이는 부분에는 엽록체가 있는데, 엽록체 내에 존재하는 색소인 엽록소 때문에 녹색으로 보입니다. 엽록소에는 여러 종류가 있고 각기 다른 파장의 빛을 흡수합니다. 명반응에 직접 참여하는 엽록소a는 주로 청자색과 적색 빛을 흡수해 광합성에 이용하고 녹색 빛을 반사하기 때문에 잎이 녹색으로 보입니다. 분자가 빛을 흡수하면 안정한 상태에서 들뜬 상태로 되고 다시 안정한 상태로 돌아갈 때 빛 또는 열을 냅니다.

종이에 흡수된 빛은 흡수되는 분자를 들뜨게 하는데 필요한 만큼의 에너지에 해당하는 파장의 빛입니다. 들뜬 상태는 다시 안정한 상태로 돌아오며 이때 흡수된 에너지는 방출되는데, 주로 열로 소실됩니다. 잎의 엽록소 분자는 빛을 흡수한 후 안정한 상태로 돌아갈 때 열을 방출하는 것이 아니라 주위에 있는 다른 분자에게 전자를 전해줍니다.

- 3) 색소분자가 빛에너지를 흡수하면 전자가 에너지를 얻어서 흥분상태로 됩니다. 흥분상태의 전자는 매우 불안정해 즉각적으로 바닥상태로 되돌아가는데, 이때 여분의 에너지가 열로 방출되기도 하고 특수한 파장의 빛으로 방출되기도 합니다. 즉 빛을 받아서 흥분된 엽록소의 전자가 바닥상태로 다시 떨어지면서 빛을 내게 되는데, 이것이 바로 형광입니다. 용액 속의 순수 엽록소가 형광을 내는 것과 달리 엽록체 속에 있는 엽록소는 빛을 받아서 흥분된 전자를 인접해 있는 전자전달수용체로 넘겨주므로 에너지를 열이나 빛으로 방출하지 않습니다. 따라서 발생하는 열이나 형광량이 적은 것입니다.

- 4) 이산화탄소를 고정하는데 사용되는 전자는 NADPH로부터 나옵니다. NADPH는 NADP⁺가 빛에너지를 흡수한 제 1광계 반응중심의 엽록소(P700)로부터 방출된 고에너지 전자를 받아서 생성됩니다. 전자를 잃은 P700은 제 2광계의 반응중심의 엽록소(P680)에서 전자전달계를 거친 전자를 받으며, 또 P680은 물의 광분해 과정에서 방출된 전자를 받게 됩니다. 결국은 물의 광분해에서 방출된 전자가 사용됩니다.

2. 유전자와 유전형상

▶ 기본개념

유전자 : 개체의 형질을 표현해주는 내적인 요인. 유전형질을 나타내는 원인이 되는 인자로 염

색체 속에 일정한 순서로 배열돼 있으며 생식세포를 통해 전달된다. 전체 DNA 중에서 일부를 차지하며 하나의 폴리펩티드에 대한 정보를 가진 기본단위다.

염색체 : DNA 가닥은 단백질과 결합해 염색질을 형성하고 이 염색질들이 다발처럼 묶여서 염색체가 만들어진다. 한 가지 생물은 모두 같은 수의 염색체를 갖고 있고, 사람은 22쌍의 상염색체와 1쌍의 성염색체를 가진다.

우성, 열성 : 쌍을 이룬 유전자에서 하나의 대립유전자는 완전히 표현되는데 반해 다른 대립유전자는 개체의 외형에 영향을 미치지 못한다. 이를 각각 우성대립인자, 열성대립인자라고 한다.

▶ 예상 및 기출문제

사람의 유전병 중에는 부분적으로 멜라닌 색소가 만들어지지 않아 피부에 얼룩이 지는 병이 있다. 다음은 이 유전병에 대해 밝혀진 내용을 정리한 것이다.

가. 아버지가 이 유전병을 갖고 있으면 딸은 반드시 이 유전병을 갖는다.

나. 어머니가 이 유전병을 갖고 있으면 아들과 딸은 이 유전병이 나타날 수도 있고 나타나지 않을 수도 있다.

1) 유전자, DNA, 염색체 간의 상호관계를 간단히 설명하라.

2) 사람의 체세포에는 몇 개의 염색체가 있는가?

3) 이 유전병을 나타내는 유전자는 상염색체, X염색체, Y염색체 중에서 어떤 염색체에 위치하며, 정상에 대해 우성인가, 열성인가? 그 이유는?

4) 사람의 경우, 유전현상을 연구하기 어려운 이유를 설명하라. 사람을 대상으로 한 유전연구에는 어떤 방법들이 이용되고 있는가? (서울대)

▶ 전문가 클리닉

의외로 유전자와 DNA, 염색체의 개념을 헷갈려하는 학생이 많습니다. 사실 잘 알고 있다 하더라도 조리 있게 대답하기는 결코 쉬운 일이 아닙니다. DNA의 구조와 염색체의 구조, 유전자의 의미를 확실히 이해하고 있어야 비슷한 문제가 나왔을 때 당황하지 않게 됩니다. DNA는 염기, 당, 인산으로 구성된 뉴클레오티드들이 길게 연결된 중합체의 물질이고, 네 가지 종류의 염기들 순서가 단백질의 아미노산 순서를 결정해 유전물질로서의 기능을 하는 것입니다. DNA의 염기서열 중에서 하나의 폴리펩티드를 만드는 하나의 단위를 유전자라고 할 수 있습니다. 한 세포가 갖는 전체 DNA 중에서 일부분만이 유전자이므로 염색체의 특정 부분이 유전자라고도 할 수 있으며, 하나의 염색체에는 수천 내지 수만 개의 유전자가 들어있는 것입니다.

▶ 예시답안

1) 염색체는 DNA와 히스톤 같은 여러 단백질들이 결합한 물질이며, 유전자는 그 염색체 중에서 일부를 차지하는 유전정보의 단위로서 DNA로 이뤄져 있습니다. 즉 전체 DNA 중 특정한 한 부위가 유전자가 되는 것입니다.

2) 모두 23쌍의 상동염색체가 있습니다. 즉 44개(22쌍)의 상염색체와 2개의 성염색체가 있는데 남자는 XY, 여자는 XX염색체를 가집니다.

3) 아버지의 염색체 중에서 딸에게만 유전되는 것은 X염색체이므로 이 병에 대한 유전자는 X염색체 위에 존재하는 것을 알 수 있습니다. 또 그 유전병이 딸(XX)에게서 반드시 나타나는 것으로 보아 이 유전자는 우성입니다.

4) 사람은 직접 교배실험을 할 수가 없으며 세대가 길고 자손의 수가 적습니다. 또한 형질이 복잡하고 유전자의 수가 많아 분석이 어렵습니다. 따라서 사람을 대상으로 할 때는 한 가계 구성원들의 유전형질을 조사하는 가계도 조사나 다수인을 상대로 유전형질을 조사하는 통계분석을 이용합니다. 또는 유전자 구성이 같은 일란성 쌍생아나, 유전자 차이와 환경의 차이가 모두 나타나는 이란성 쌍생아를 비교연구 하는 등 간접적인 방법으로 유전현상을 연구합니다. 이밖에도 염색체나 DNA제한효소 절편 분석 등 분자 수준에서의 연구도 가능합니다.

3. 두 얼굴을 가진 생명공학

▶ 기본개념

생명공학 : 생물체의 기능을 이용하거나 유전적 구조를 변형해 어떤 특성을 나타내도록 하는 기술을 연구하는 학문이다. 질병, 식량, 환경, 에너지 문제 해결책을 제시할 수 있지만 인간복제나 생태계 파괴 등의 위험을 안고 있다.

▶ 기출문제

세계적인 미래학자 엘빈 토플러는 21세기에 가장 각광을 받을 최첨단 과학 분야로서 생명공학을 지목할 정도로 생명공학은 세계적인 주목 속에 발전하고 있다. 1980년대로 접어들면서 생명공학 기술개발의 뜨거운 열기와 발전에 의해 인슐린, 간염백신, 독감 예방백신, 인터페론과 같은 의약품과 포마토, 가지감자, 무추와 같은 식물체가 생명공학 기술에 의한 산물로 알려져 있다. 또한 인공장기, 인공효소, 환경친화적 생물농약, 바이오매스 이용 기술개발 등에 의해 생명공학은 인류가 직면하고 있는 여러가지 문제를 해결해 줄 미래 지향적 첨단산업으로 21세기의 산업기술을 주도해나갈 것으로 전망되고 있다. 그러나 2000년대에 들어와 주목을 받고 있는 동물 복제기술의 발전에 의해 결국 인간복제가 가능하게 돼 생명윤리에 대한 사회적인 문제가 제기되고 있다. (2004년 동아대 수시)

- 1) 생명공학 기술에 대한 현재의 상황을 고려해볼 때 앞으로 생명공학 기술은 어떤 방향으로 발전해야 바람직하다고 생각하는가?
- 2) 생명공학 기술의 발전은 인류에게 유익한 점이 많지만 여러가지 문제들이 발생할 것으로 우려하고 있다. 예상되는 문제들은 무엇인가?
- 3) 생명공학 기술의 원리에 대해 설명해보시오.

▶ 전문가 클리닉

생명공학 관련 문제 역시 자주 질문되기 때문에 간과할 수 없습니다. 우선 유전자와 유전자재조합 등에 관한 개념이나 세포에 관한 기본 지식이 토대가 돼야 한다는 것은 말할 필요도 없겠죠? 생명공학 기술의 원리에는 어떤 것들이 있는지 먼저 숙지한 후 그 기술 발달이 인류에게 어떤 치명적인 문제들을 일으킬 수 있는지, 그것을 피하기 위해서는 어떤 방향으로 발전해야 하는지 생각해보기 바랍니다. 생명공학에 이용되는 대표적인 기술로는 핵치환, 세포융합, 유전자재조합 등이 있습니다. 생명공학의 발전은 인류가 당면한 질병, 식량 부족, 환경오염 같은 문제에 대한 해결책을 줄 수 있는 장점이 있지만 인간복제 등으로 오용되거나 생태계 파괴, 유전자에 의한 인간 차별 등의 커다란 재앙을 낳을 수도 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 생명공학 기술이 발전함에 따라 질병의 정복이나 삶의 질 향상 같은 긍정적인 측면이 있음에도 불구하고, 생태계 파괴의 가능성과 생명 경시의 풍조가 만연될 가능성이 있습니다. 따라서 생명공학 기술은 생명에 대한 고귀함이나 인간에 대한 존엄성이 사라지지 않으며 생태계에 무서운 결과를 초래하지 않도록 발전돼야 합니다. 다시 말하면 과학기술의 발전은 시대적 요청에 따라 윤리나 도덕, 생명의 존엄성까지 포함해야만 인류의 미래에 도움을 줄 수 있는 효과적인 수단이 될 것이므로 인류 생존을 위한 의료, 환경 문제, 식량과 에너지 등의 문제를 해결할 수 있는 방향으로 이뤄져야 합니다.
- 2) 우선 새로운 생명체의 출현이나 이로 인한 새로운 질병의 발생, 생태계 파괴의 문제점이 생길 수 있습니다. 예를 들면 제초제 저항성 농작물에는 농약 잔류량이 오히려 더 많아지고, 해충 저항성 식물은 유용한 생물까지 죽일 수도 있으며 자연교배로 인해 슈퍼잡초가 생기면 생태계를 파괴시킬 수 있는 문제가 있습니다. 이처럼 인간을 위해 만들어진 유전자조작물이 인체에 해를 입히거나, 환경과 생물다양성에 부정적 영향을 미칠 수 있는 것입니다. 또한 인간복제나 생물복제는 인간을 부품처럼 취급할 가능성과 생명의 존엄성에 대한 가치관의 혼란을 야기하며, 가족제도의 붕괴와 여러가지 종교적, 윤리적인 문제뿐만 아니라 의학적, 생태적 문제를 안고 있습니다. 마찬가지로 게놈프로젝트와 유전자 검사의 발달 역시 유전자에 의한 인간차별이나 유전자 정보의 남용으로 이어질 위험성을 가집니다.
- 3) 생명공학 기술에는 크게 유전자재조합, 핵치환, 세포융합 등이 있습니다. 유전자재조합이란 한 생물의 유용한 유전자를 다른 생물의 DNA에 이식해 유전자를 이식받은 개체의 형질이 달라지게 하는 기술입니다. 유용한 DNA를 선정한 후에 플라스미드를 제한효소로 절단하고 유용한 DNA와 잘려진 플라스미드를 리가아제라는 효소를 이용해 결합합니다. 원하는 유전자를 생물체로 운반할 때는 플라스미드나 바이러스 등의 벡터(유전자 운반체)를 이용합니다. 재조합된 DNA를 숙주세포 내로 삽입하면 숙주세포가 증식함에 따라 재조합된 DNA도 복제와 단백질 발현이 되면서 원하는 유전자로부터 단백질을 얻을 수 있습니다. 유전자재조합은 수많은 유전자 중에서 특정한 유전자를 분리해서 그 유전자가 만들어내는 단백질을 대량으로 얻을 수 있다는 점에서 중요하며, 유전공학의 핵심 기술입니다.

2005년 05월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

몸이 건강해야 공부도 할 수 있습니다. 맑은 공기는 건강한 몸을 유지하는데 도움이 될 것입니다. 크게 공기를 들이마시면서 산소가 내 몸에서 무슨 일을 하는지 한번 생각해 보시기 바랍니다. 이번 호에서는 이렇듯 생명유지에도 중요하고 시험문제에서도 중요한 호흡문제를 준비했습니다. 생명현상에서 또 빠져서는 안 되는 효소의 특징에 관한 문제에도 도전해 보시기 바랍니다. 독일의 사상가 엥겔스는 '생명이란 단백질의 존재양식이다'라고 말했는데 단백질 중에서 효소야말로 가장 중요한 요소이며 생명이란 바로 효소의 작용 자체라고 해도 과언이 아닐 것입니다. 소화, 심장과 혈액, 호르몬, 뇌, 심장, 면역 같은 인체과학에 대한 질문도 결코 소홀히 할 수 없는 부분인데, 그 중에서 혈액순환에 관한 문제를 준비했습니다.

1. 그때그때 다른 전자의 운명 - 유기호흡과 발효

▶ 기본개념

세포호흡 : 당을 단계적으로 분해하면서 전자가 갖고 있던 에너지를 얻는 과정. 포도당의 전자가 NADH를 거쳐서 전자전달계를 지나 최종적으로 산소에게 전달되는 과정에서 ATP가 합성된다.

발효 : 유기(산소)호흡에 대한 대안으로 이용되는 무기호흡 과정. NADH의 전자는 포도당 분해의 중간대사산물에게 전달돼 알코올이나 젖산 등이 생성된다.

▶ 예상 및 기출문제

'대체로 세포들은 탄수화물, 즉 당(포도당, 과당)을 분해하면서 당에 들어있던 에너지를 ATP로 이동시키는데, 이 과정은 몇 단계로 나눌 수 있다. 세포질에서 일어나는 해당과정과 미토콘드리아에서 일어나는 TCA회로(크렙스회로)와 전자전달계다.'

생물의 생활에 필요한 ATP가 만들어지는 유기호흡과 무기호흡과정에 대해 다음 질문에 답하라.

- 1) 하나의 포도당 분자가 해당과정을 통과한 후 생성되는 것은 무엇인가?
- 2) 포도당 한 분자로부터 위 세 단계의 과정에서 생성되는 ATP는 각각 얼마인가?
- 3) 전자전달계에서 ATP가 생성되는 과정을 설명하라.
- 4) 심한 운동을 계속하면 근육에 젖산이 쌓이는 이유를 말하라. 근육세포의 무기호흡과 유기호흡 과정에서 NADH의 전자를 최종적으로 받는 물질과 그 결과 생성되는 물질은 각각 무엇인가?
- 5) 근육세포가 포도당을 에너지원으로 사용할 때 유기호흡과 무기호흡 과정에서 생성되는 ATP양과 에너지효율에 대해 비교설명하라(단, 포도당 1분자의 에너지는 688kcal, ATP 1분자의 에너지는 7.3kcal로 계산한다). (서울대 2003년 수시)
- 6) 만약 대장균에서라면 위의 제시문에서 고쳐야 할 사항은 무엇일까?

▶ 전문가 클리닉

세포호흡은 포도당을 화학적으로 분해하면서 방출되는 에너지를 세포가 일을 하는데 사용할 수 있는 에너지 형태로 저장하는 것이라고 할 수 있습니다. 세포호흡은 여러 단계를 거쳐 에너지를 방출하며 방출되는 에너지의 일부는 열로 빠져나가고 대부분은 ATP라는 분자 속에 화학에너지로 전환되는 것입니다.

세포에서 유기호흡을 통한 포도당의 산화는 해당과정, TCA회로, 전자전달계 등 세 단계를 거

쳐 일어납니다. 해당과정은 산소가 필요 없는 과정이고, 세포질에서 일어나며 포도당이 피루브산으로 분해되면서 약간의 ATP가 생성됩니다. TCA회로는 진핵생물의 경우 미토콘드리아에서 여러 효소들의 작용으로 일어나며, 피루브산에서 이산화탄소와 수소가 떨어집니다. 또한 미토콘드리아의 내막에 있는 전자전달계에서는 전자의 이동에 의해 생긴 에너지를 이용해 많은 양의 ATP가 생성됩니다. 세포 내 호흡은 상당히 복잡한 과정이지만 일일이 대사산물을 외우기 보다는 전체적인 전자의 흐름을 파악하고, 산소가 있을 때와 없을 때 전자가 어떻게 흐르는지를 이해하는 것이 더 중요합니다. 산소가 없을 때는 산소 대신 다른 물질이 전자를 최종적으로 수용해야 하는데, 대사과정 중의 유기산물이 전자를 받으면 발효라고 합니다. 참고로 대장균 같은 원핵생물은 미토콘드리아가 없으므로 전자전달계는 세포막에 존재하며 진핵생물은 피루브산을 미토콘드리아로 이동시킬 때 2개의 ATP를 소모합니다.

▶ 예시답안

- 1) 2개의 피루브산과 2개의 ATP 그리고 2개의 NADH입니다.
- 2) 해당과정에서 2개의 ATP가 생성되고 TCA회로에서 2개의 ATP가 생성됩니다. 그리고 전자전달계에서 가장 많은 양인 34개의 ATP가 생성됩니다.
- 3) 진핵생물의 미토콘드리아 속에는 NADH 탈수소효소, 시토크롬 산화환원효소 등 고정된 전자운반체들과 이동성의 전자운반체들이 모여서 전자전달계를 형성하고 있습니다. 전자전달계에서는 고에너지의 전자가 NADH나 $FADH_2$ 로부터 나와 전자전달계를 따라 이동하면서 자신이 갖고 있던 에너지를 천천히 방출합니다.

NADH, $FADH_2$ 에서 방출된 고에너지 전자는 전자운반체들을 차례로 거쳐 최종적으로 산소까지 전달되는데, 운반체를 거칠 때마다 에너지를 방출하고 이 에너지는 ATP를 생성하는데 사용됩니다. 즉 미토콘드리아 내막에 있는 막 단백질들은 이 에너지를 이용해 수소이온을 밖으로 펴내고, 내막은 수소이온에 대한 투과력이 없기 때문에 결과적으로 내막을 경계로 한 수소이온의 농도 차(농도구배)가 생깁니다. 이렇게 기질 바깥에 높은 농도로 존재하는 수소이온은 다시 기질로 돌아오려는 힘이 생기고 ATP 합성효소가 제공하는 통로를 통해 기질로 들어가게 되는데, 이때 ATP 합성효소가 ADP와 무기인산을 결합시켜 ATP를 합성합니다.

- 4) 해당과정에서 포도당은 두 개의 피루브산으로 변하면서 NAD^+ 를 NADH로 환원시키고 NADH는 전자전달계에 전자를 주고 자신은 다시 NAD^+ 로 돌아옵니다. 전자전달계의 전자는 최종적으로 산소에 전달되며, 해당과정이 지속돼 ATP를 얻으려면 해당과정에서 NADH를 만드는데 필요한 NAD^+ 의 공급이 계속돼야 합니다. 심한 운동을 계속해 산소의 공급이 충분하지 않으면 NAD^+ 의 지속적인 공급을 위해서 NADH의 전자는 피루브산에게 전달됩니다. 이렇게 NADH는 NAD^+ 로 산화돼 해당과정에 다시 이용되고 피루브산은 환원이 되면서 젖산이 생기는 것입니다. 즉 유기호흡을 할 때는 NADH의 전자는 산소에게 전달돼 물이 생성되지만 무기호흡 과정에서는 피루브산이 전자를 받아서 그 결과로 젖산이 생성됩니다.
- 5) 유기호흡을 할 때는 포도당 한 분자에서 38 ATP가 생성되므로 $38 \times 7.3\text{kcal} = 277\text{kcal}$ 의 에너지가 발생합니다. 포도당 한 분자의 에너지는 688kcal이므로 이것은 약 40%($277/688 \times 100 = 40.3$)의 에너지 효율이 됩니다. 무기호흡을 할 때는 포도당 한 분자에서 해당과정을 통해 2개의 ATP만 만들어지므로 이것은 유기호흡 때보다 19배 줄어든 것이고 에너지 효율은 약 2%에 불과합니다.
- 6) 대장균은 원핵생물이므로 미토콘드리아를 갖고 있지 않습니다. 즉 대장균에서 전자전달계

는 세포막에 존재합니다.

2. 효소가 없으면 생명도 없다 - 효소

▶ 기본개념

효소 : 생물체 내에서 반응을 촉진시켜주는 생체 촉매. 활성화에너지를 낮춰 반응속도를 빠르게 한다. 주성분은 단백질이며 온도와 pH에 따라서 입체구조가 변하고 활성이 다르게 나타난다.

▶ 예상 및 기출문제

개구리나 뱀과 같은 변온동물들은 기온이 낮은 겨울에 체온이 낮아지면 효소의 활성이 떨어져서 물질대사 속도가 느려지기 때문에 겨울잠을 잔다. 또한 사람이 잠을 잘 때 배를 따뜻하게 하지 않으면 효소의 활성이 저하돼 배탈이 나기도 한다. 빨래에 필요한 세제나 먹는 약의 성분에도 효소가 들어있는 경우가 많다. 효소는 주효소와 보조인자로 구성되며, 효소의 주성분인 단백질은 pH와 온도에 민감하기 때문에 효소는 최적pH와 최적온도를 가진다.

- 1) 효소의 성분과 구성에 관해 설명하시오.
- 2) 효소의 특이성에 관해 설명하시오.
- 3) 효소의 반응속도에 영향을 미치는 요인들에 대해 말하시오.
- 4) 일상생활에서 널리 활용되고 있는 효소의 예를 몇 가지 말하시오.
- 5) 효소의 작용은 반응억제제에 의해 저해되기도 하는데 주변에서 볼 수 있는 예를 들어보시오.

▶ 전문가 클리닉

생물을 무생물로부터 구별하는 가장 특징적인 성질을 말하라면 자기복제 능력과 에너지·물질대사를 들 수 있을 것입니다. 이 모든 것들을 가능하게 하는 것이 바로 효소의 작용입니다. 효소는 주로 단백질로 구성되며 그것을 구성하는 아미노산의 서열은 유전자의 염기서열 속에 저장돼 있다는 사실도 중요하며 그런 효소의 여러 가지 특징을 아는 것도 중요합니다.

▶ 예시답안

- 1) 효소의 주성분은 단백질이며 단백질로만 돼있는 것도 있고 단백질에 저분자화합물이나 금속이온과 같은 보조인자(cofactor)가 결합돼야만 작용을 나타내는 것도 있습니다. 단백질 부분만을 주효소(apoenzyme)라고 하고 주효소와 결합하는 비단백질 부분을 조효소라고 하며 이들이 결합해 완전한 촉매활성을 나타내는 효소를 완전효소(holoenzyme)라고 합니다.
- 2) 효소가 작용하는 물질인 반응물을 효소의 기질이라고 하는데, 효소는 각각의 특정한 기질만을 인식하며 이것을 기질특이성이라고 합니다. 각각의 효소는 각각의 특정한 기질만을 인식하므로 세포 내의 모든 반응을 촉매하려면 많은 종류의 효소가 필요합니다. 효소의 이런 특이성은 단백질 특유의 3차원 구조에 의해서 결정되며 효소에서 기질과 실제로 결합하는 부위는 활성부위라고 불리는 일부분으로 이 활성부위가 특이한 기질분자와만 결합하게 됩니다.
- 3) 효소는 주성분이 단백질이므로 온도와 pH, 염의 농도에 따라 활성이 달라져서 반응속도가 달라집니다. 효소의 활성은 온도가 상승함에 따라 증가하지만 일정 수준 이상의 온도에서는 단백질의 열변성이 일어나서 효소의 활성이 감소하므로 반응속도는 낮아지게 됩니다. 일반적으로 온도가 45℃를 넘으면 열변성이 시작되고 55℃ 이상이 되면 신속하게 변성을 일으켜 효소는 촉매로서의 기능을 잃게 됩니다. 대부분의 효소는 35~40℃에서 그 작용이 가장 활발하며 이

온도를 최적온도라고 합니다. 염의 농도와 pH 또한 효소의 활성화에 영향을 미칩니다. 염 이온은 단백질의 화학결합을 방해해 염의 농도가 높아지면 효소의 활성이 없어지므로 반응속도가 느려 집니다. 대부분의 효소는 한정된 범위의 pH에서만 활성이 있으며 이 범위 내에서 효소의 안정 성이 나타나고 반응속도가 최대로 되는 최적 pH를 가집니다. pH에 따라서 아미노산의 이온화 상태가 달라지고 효소의 구조적인 변화가 일어나므로 최적 pH에서 반응속도가 최대로 됩니다. 효소의 종류에 따라서 활성도가 최대로 되게 하는 pH값이 다릅니다.

- 4) 일상생활 속에서 효소를 이용하는 예는 식품이나 세제 등에서 찾을 수 있습니다. 옛기름 속의 아밀라아제를 이용해 밥알 속의 탄수화물을 분해해 식혜의 단맛을 내며 불고기 양념 을 할 때 배를 갈아 넣으면 배가 갖고 있는 단백질 분해 효소가 단단하고 질긴 고기를 연 하게 해줍니다. 지방을 분해하는 효소인 리파아제는 끓는 물 속에서도 지방을 분해하므로 이 효소로 만든 세제는 옷감에 묻은 기름때를 효과적으로 제거할 수 있습니다. 또한 양모의 보푸라기를 제거하기 위해 프로테아제를 첨가하거나 청바지를 연하게 하기 위해 셀룰라아 제를 세제에 첨가하는 것들이 모두 효소를 이용하는 예입니다.
- 5) 살충제 중에는 효소를 비가역적으로 억제하는 성분이 이용되기도 하는데 살충제인 말라티온은 곤충의 신경계효소 작용을 방해해 신경세포가 신호를 보내는 것을 막음으로써 곤충을 죽게 합 니다. 또한 항생제 중에서 페니실린은 박테리아의 세포벽을 만드는 효소의 반응을 억제합니다. 또다른 예로 화장품 중에는 피부의 멜라닌 세포에서 멜라닌을 형성하는 과정에서 중요한 작용 을 하는 타이로시나제라는 효소의 활성을 억제하는 성분을 포함한 것도 있습니다.

3. 혈압을 올리는 혈압문제 - 순환계

▶ 예상 및 기출문제

우리 몸에 산소와 영양소를 공급하기 위해 심장은 끊임없이 수축과 이완을 반복하면서 혈액 을 온몸에 골고루 보내준다. 생활하는 동안 혈압은 항상 일정하지 않고 변하는데, 운동을 할 때나 흥분한 상태에서는 심장 박동수가 빨라지면서 혈압이 오르고 수면 중이거나 마음이 편 안한 상태에서는 내려간다. 국내에서 2003년 한 해에만 5만2000여명이 심혈관계 질환으로 목숨을 잃었다. 심근경색, 뇌중풍(뇌졸중), 협심증, 말초혈관질환을 통틀어 심혈관계 질환이 라고 한다. 이 병의 직접적인 원인은 혈전(피떡)이다. 혈전이 쌓여 혈관을 좁힘으로써 심장 이나 뇌로 혈액이 공급되지 않아 발생한다.

- 1) 동맥에서 모세혈관으로 갈수록 혈압, 혈류속도, 혈관 총단면적은 어떻게 변할까?(강원대 2004년)
- 2) 평소 건강했던 사람이 오랫동안 부동자세로 서 있다 보면 졸도해 쓰러지는 경우가 있다. 그 이유를 혈액순환과 관련해 설명해보라.
- 3) 운동을 하면 숨이 차고 심장박동수가 증가한다. 그 이유와 과정에 대해 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

혈액의 기능과 더불어 심장과 혈액순환에 관한 문제는 간간이 출제되고 있습니다. 우리 몸에 혈액순환은 심장이라는 펌프에 의해 이뤄지고 혈류이동이 시작되는 동맥은 심장으로부터 온몸 의 각 기관으로 혈액을 운반하고, 정맥은 혈액을 다시 심장으로 보내며, 모세혈관은 각 기관 내에서 정맥과 동맥 사이에 혈액을 운반하며 조직세포와 물질교환을 합니다. 혈관의 부위에 따 른 구조, 그에 따른 혈압이나 속도 등은 꼭 알아두시기 바랍니다. 또한 네 발 짐승과는 달리 직립보행을 하는 인간의 경우 척추질환이나 치질, 하지정맥류와 같은 직립보행에 따른 질병이 뒤따르는데, 혈액의 역류를 방지하기 위한 판막이 존재해 혈액이 심장 쪽으로만 흐르도록 돕는

다는 사실을 이해하시고 호흡의 조절에 관해서도 짚고 넘어가시기 바랍니다.

▶ 예시답안

1) 심장박동에 의해 형성된 혈압은 혈관벽에 가해지는 혈액의 힘인데, 혈압은 심장 박동량과 혈관의 저항력에 의해 영향을 받습니다. 혈압은 심장에서 가까운 부분에서 가장 높게 나타나는데 동맥이 가장 높고 모세혈관, 정맥의 순으로 낮습니다. 혈관의 총단면적은 모세혈관이 제일 넓고 정맥, 동맥 순으로 줄어듭니다. 혈류속도는 혈관의 총단면적과 반비례 관계인데, 이것은 일정 시간 동안 동맥이나 전체 모세혈관을 통해 흐르는 혈액의 양이 같기 때문입니다. 즉 동맥은 총단면적이 작으므로 혈액이 빨리 흐르고 모세혈관은 총단면적이 크므로 혈액이 느리게 흐릅니다.

2) 혈액이 정맥에 도달할 때 혈압은 0에 가깝거나 심지어는 음압을 나타내는 경우도 있는데, 그 이유는 일단 부위가 심실로부터 상당히 멀리 떨어져 있어서 심장의 힘이 잘 미치지 못하는 곳이기도 하고 혈액이 수백만개의 가느다란 소동맥과 모세혈관을 지나면서 많은 저항과 마찰을 받기 때문입니다.

또한 우리 몸의 심장이 비교적 위쪽에 위치하고 있어서 몸통이나 팔다리의 정맥에서 혈액은 중력을 거슬러 위로 올라가야 하는데 정맥의 혈액은 중력방향으로 움직이려는 경향이 더 강하기 때문입니다. 그럼에도 불구하고 혈액순환이 가능한 이유는 사람의 정맥에는 고무처럼 탄력성이 있어서 위쪽으로 가하는 힘이 더 셀 때 열리고 아래로 가는 힘이 가해지면 닫혀 역류를 막아주는 판막이 있기 때문입니다.

판막은 혈액이 한 방향으로 흐르도록 도와주는 기능을 담당하지만 주변 근육들이 수축, 이완을 하지 않고 이완된 채로 오랜 시간 존재할 때는 기능을 제대로 발휘하지 못하는 경우가 종종 있습니다. 판막이 느슨하게 벌어져 있어서 혈액이 제대로 위로 올라가지 못해 몸 아래쪽에 모여 있게 되면 뇌로 가는 혈액이 부족해집니다. 이때 졸도는 뇌와 몸을 낮춰 뇌로 혈액이 잘 공급되도록 하는 일종의 응급반응입니다. 즉 졸도는 일시적인 혈액순환 장애로 발생하는 것입니다.

2005년 06월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

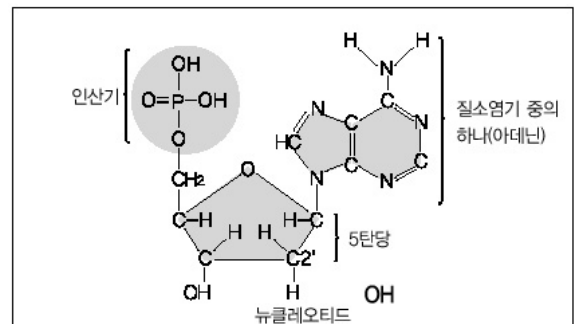
▶ 출제 경향 및 과목 대비 방안

심층면접에서 유전자의 구조와 발현, 조절에 대한 문제는 질문의 절반을 차지할 정도로 중요합니다. 이번 호에서는 DNA 구조와 복제, 오페론에 대한 문제만 준비했습니다. DNA의 특성과 발현 조절은 반드시 이해해야 하므로 기출문제와 다양한 예상문제를 통해 실력을 쌓기 바랍니다.

1. 유전물질로서의 DNA - DNA 구조

▶ 기본개념

1) 핵산(DNA, RNA) : 핵산은 뉴클레오티드(nucleotide)라는 기본 단위가 길게 결합된 구조인데 뉴클레오티드 하나는 우측 그림에서처럼 당, 인산, 염기로 이뤄졌다.



2) DNA의 이중나선 구조 : DNA는 기다란 두 가닥의 뉴클레오티드 사슬이 새끼줄처럼 꼬여 2중나선(double helix) 구조를 이룬다. DNA의 구조에서

염기 A와 T, 그리고 G와 C는 서로 짝을 이루고 있는데 이 두 염기는 수소결합으로 연결된다.

▶ 기출 및 예상문제

1920년대 그리피스에서부터 1950년대 허시와 체이스에 이르는 여러 과학자의 실험 결과로 DNA가 유전물질이라는 사실이 밝혀졌다. 이후에 생물학자들은 DNA 구조가 어떻게 유전에 관여하는지 알아내려 했다. 생물학, 화학, 생화학, 결정학 등 과학 전반에서 DNA 구조를 밝히려는 시도가 계속됐다.

DNA 구조를 밝히는 작업은 20세기 후반 현대 과학의 가장 큰 성과다. DNA 구조가 밝혀진 이후 분자 생물학은 비약적으로 발전할 수 있었다.

- 1) 유전물질의 역할을 수행하는데는 어떤 조건이 필요할까?
- 2) 어떤 구조적 특징 때문에 DNA가 유전물질일 수 있는지 설명하라.
- 3) DNA가 유전물질이라는 것을 증명한 실험 중 방사성 동위원소를 이용한 실험에 대해 설명하라.
- 4) 사람의 생식세포는 반수체로서, 전체 DNA 크기는 30억 염기쌍이고 염기와 이웃한 염기 사이의 거리는 3.4 \AA (100억 분의 1m)다. 사람의 정자 하나에 들어 있는 전체 DNA를 한 줄로 연결하면 길이가 어떻게 될까? 사람의 간세포 하나에 있는 전체 DNA를 같은 방법으로 연결하면 어떻게 될까?

▶ 전문가 클리닉

생명체의 특성 중 가장 중요하며 구술 및 심층면접에서 출제빈도가 가장 높은 분야가 바로 유전 파트입니다. 'DNA와 RNA가 무엇의 약자인가?' 'DNA와 RNA의 구조적인 차이점은 무엇인가?' 'DNA와 RNA가 하는 역할은 어떻게 다른가?'하는 단도직입적 질문이 자주 등장했습니다.

유전물질의 근본인 DNA와 RNA의 구조와 기능에 대한 이해가 현대생물학의 핵심입니다. 단순히 몇 가지 사실을 암기하는데 그칠 것이 아니라, 유전물질로서 갖는 구조적 특성을 이해하시

기 바랍니다.

구조를 제대로 이해하면 심오해 보이는 계산문제도 단순한 산수로 풀 수 있습니다.

▶ 예시답안

1) 유전물질은 생물이 나타내는 수많은 형질에 대한 정보를 담아야 하며 그 정보를 잃지 않고 안전하게 유지할 수 있도록 물리·화학적으로 안정적이어야 합니다. 또 정보를 정확하게 복제하고 형질로 표현할 수 있어야 합니다.

2) DNA는 뉴클레오티드가 사슬처럼 연결된 중합체입니다. 뉴클레오티드는 당, 염기, 인산으로 구성됐고 염기에는 A, C, G, T 네 가지가 있습니다. DNA는 이 염기를 유전정보의 기본단위로 갖고 있습니다. 세 개의 염기가 하나의 아미노산을 지정함으로써 단백질의 아미노산 서열에 대한 정보를 저장하고, 각 단백질 합성의 시작과 중지 그리고 조절 신호에 대한 정보를 담고 있습니다. 또한 DNA는 2중나선 구조를 통해 정보를 안정하게 보관해 다음 세대에 전달합니다. 한 뉴클레오티드에 있는 당과 다음 뉴클레오티드에 있는 인산이 공유결합에 의해 연결돼 견고한 뉴클레오티드 가닥을 이룹니다. 각 뉴클레오티드의 염기들은 반대편 가닥의 상보적 염기와 수소결합을 이뤄 안정적인 나선 구조를 이룹니다.

DNA를 복제하거나 단백질을 합성할 때는 두 가닥이 효율적으로 분리되며, 네 개의 염기가 이루는 세 단위 조합(64개)이 아미노산 20여개로 해독돼 다음 세대까지 발현됩니다.

3) 허시와 체이스는 핵산은 인을, 단백질은 황을 포함하고 있다는데 착안해 DNA가 유전물질임을 증명했습니다. 실험은 방사성 동위원소 ^{32}P 와 ^{35}S , 파지(박테리오파지)를 이용해 이뤄졌습니다.

한 그룹의 바이러스는 방사성 동위원소인 ^{35}S 를 포함한 배지에서 배양해 단백질을 표지했고 다른 그룹은 ^{32}P 를 포함한 배지에서 배양해 인을 표지했습니다. 그리고 이 두 그룹의 바이러스로 박테리아를 감염시켰습니다.

감염된 박테리아를 원심분리해 박테리아 안에 들어가지 못하고 남은 파지를 박테리아에서 분리했습니다. 원심분리 후 가라앉은 박테리아와 액체 중 남은 파지의 방사성을 측정해보니 거의 모든 ^{35}S 는 파지가 있는 액체 부분에서 발견됐고 ^{32}P 는 대부분 감염된 박테리아에서 발견됐습니다.

DNA는 박테리아 안으로 들어갔지만 단백질 껍질은 박테리아 세포 안에 들어가지 않았음을 의미하는 결과입니다. 즉 감염되기 전의 파지와 같은 형질의 자손 파지를 증식시키는 정보 전달 역할을 DNA가 한다는 것을 알 수 있습니다.

4) $3.4 \times 10^9 \times 30 \times 10^9 \text{m}$ 를 계산하면 정자 하나의 DNA 총길이는 1m가 됩니다. 체세포인 간세포는 상동염색체를 가지므로 DNA 총길이가 정자의 두 배인 2m입니다.

▶ 추가 문제

- 1) 샤가프의 법칙이란 무엇인가?
- 2) 에이즈 바이러스의 유전물질은 무엇인가?
- 3) DNA가 유전물질임을 말해주는 간접적인 증거에는 어떤 것이 있는가?

2. 반은 원래, 반은 새로 - DNA 복제

▶ 기본개념

자신의 DNA와 같은 또 하나의 DNA를 만드는 기능을 DNA복제라 한다. 새 DNA를 만들 때

원래 DNA의 2중나선이 풀려 외가닥 나선 2개가 되고, 각 나선 위에 뉴클레오티드가 붙어서 한 개의 2중나선이 두 개의 2중나선이 된다. 이때 외가닥 나선의 염기 A가 있는 곳에 반드시 염기 T가 붙고 G가 있는 곳에는 C가 온다.

▶ 기출 및 예상문제

생물은 생식을 통해 종족을 유지한다. 세균처럼 단순한 복제를 할 수도 있고 고등생물처럼 복잡한 유성생식의 방식을 취할 수도 있다. 모든 경우에 생식은 부모의 유전정보를 정확히 자손에 전달한다.

유전정보는 DNA에 저장돼 있기 때문에 DNA 복제는 생물의 종족 유지에 중심 역할을 한다.

- 1) DNA 복제에 대해 간단히 설명하라(숙명여대).
- 2) DNA가 반보존적(semi conservative) 복제를 한다는 사실을 증명할 수 있는 실험을 설계하고 그 내용을 설명하시오(2003년 한양대 수시).
- 3) 대장균은 플라스미드를 제외하면 하나의 원형 DNA를 갖고 있으며 염기쌍의 수는 4.7×10^7 개다. 대장균에 있는 DNA 중합효소가 1000개의 뉴클레오티드를 합성할 수 있고 DNA의 복제가 일어나는 복제원점이 하나라고 할 때 대장균 DNA 전체가 복제되는데 얼마의 시간이 걸리는가?

▶ 전문가 클리닉

DNA의 구조를 이해하면 복제는 저절로 이해할 수 있습니다. DNA 복제는 자기와 똑같은 DNA를 만들어 두 개가 된다는 것을 의미합니다. DNA 이중나선을 구성하는 두 가닥 중 한 가닥은 원래의 가닥이고 남은 가닥이 새로 합성되는 가닥입니다. DNA의 구조와 복제과정에 대해 설명할 수 있도록 준비하고 증명 실험들도 반드시 짚고 넘어가야 합니다.

참고로 진핵생물과 원핵생물의 DNA 복제는 약간 다른데, 대부분의 원핵생물은 하나의 복제원점을 갖고 있어 양쪽 방향으로 복제합니다. 이때 복제분기점은 두 개가 됩니다. 진핵생물의 DNA는 원핵생물의 DNA보다 훨씬 크고 복제속도가 느립니다. 따라서 원핵생물인 박테리아의 경우 1초에 수천 개의 뉴클레오티드를 합성할 수 있지만 진핵생물은 1초에 수십 개의 뉴클레오티드를 합성할 수 있을 뿐입니다. 그러나 진핵생물에는 양쪽 방향으로 진행되는 다수의 복제원점이 존재하기 때문에 실제로는 수 시간 내에 복제를 끝낼 수 있습니다. 예를 들어 초파리의 새로 수정된 알은 약 5만개의 복제원점을 형성해 3분 만에 네 쌍의 염색체를 복제합니다.

▶ 예시답안

- 1) 자신과 똑같은 새 DNA를 만드는 것을 DNA 복제라고 합니다. 이때 원래 DNA의 이중나선이 복제 원점에서부터 풀려서 분리된 각 DNA 외가닥은 상보적인 DNA 가닥을 만들 주형이 됩니다. 다음으로 염기결합법칙에 맞는 뉴클레오티드가 주형가닥을 따라 하나씩 연결돼 새로운 가닥이 만들어집니다. DNA중합효소(DNA polymerase)에 의해 각 외가닥 나선 위에 뉴클레오티드가 와서 붙는데, 외가닥 나선의 염기 A가 있는 곳에 반드시 염기 T가 붙고 G가 있는 곳에는 C가 붙습니다. 이 과정을 통해 새로운 DNA 가닥이 만들어지고 이중나선 하나에서 두 개의 이중나선이 생깁니다.
- 2) 복제로 만들어진 DNA에서 한 가닥은 본래 존재했던 가닥이고 나머지 하나는 새로 합성된 가닥입니다. 이것을 증명하기 위해 우선 대장균을 ^{15}N 가 포함된 배지에서 여러 세대에 걸쳐 계속 배양해 모든 DNA 가닥이 ^{15}N 를 갖도록 합니다. 대장균 DNA 염기를 구성하는 질소를 무거운 질소동위원소로 표지하고 이때의 대장균 세포를 제0세대로 지정합니다. 이 대장균을 가

벼운 질소동위원소인 ^{14}N 를 함유한 배지로 옮겨서 배양하며 각 세대마다 세포를 수확하는데 한 번 분열한 세포는 제1세대가, 두 번 분열한 세포는 제2세대가 됩니다. 매 세대마다 수확한 대장균의 DNA를 추출해 초원심분리하면 무거운 DNA와 가벼운 DNA를 분리할 수 있습니다.

원심분리하면, 제0세대는 모든 DNA 가닥이 무거운 ^{15}N 를 갖고 있기 때문에 제일 아래 부분에 DNA 밴드를 형성하고, 제1세대 DNA는 본래의 한 가닥은 ^{15}N 을, 새로 합성된 가닥은 ^{14}N 을 함유하므로 밴드가 중간에 나타날 것입니다. 제2세대는 ^{15}N 과 ^{14}N 를 하나씩 가진 DNA와 ^{14}N 만으로 이뤄진 가벼운 DNA 두 종류가 존재하므로 원심분리 결과, 중간에 나타나는 DNA 밴드와 더불어 위쪽에 또 다른 DNA 밴드가 나타납니다.

이런 식으로 DNA 복제가 한 가닥은 본래의 가닥이고 새로운 원소로 상보가닥이 형성되는 반보존적 복제라는 것을 증명할 수 있습니다.

- 3) 1초에 1000개의 뉴클레오티드를 합성하므로 4.7×10^6 개를 합성하는 데는 4.7×10^3 초가 걸립니다. 그런데 DNA 복제는 하나의 복제원점에서 시작해 양쪽으로 진행되기 때문에(복제분기점이 두 개이므로) 대장균 DNA 전체를 합성하는데 걸리는 시간은 2.35×10^3 초, 즉 39.2분입니다.

▶ 추가 문제

- 1) PCR(중합효소연쇄반응)의 원리는 무엇인가?
- 2) DNA를 복제할 때 나타나는 작은 DNA 조각을 '오카자키단편'(Okazaki fragment)이라 한다. 이것이 나타나는 이유는 무엇인가?

3. 오페론 - 유전자 발현 조절

▶ 기본개념

오페론 : 작동유전자(오퍼레이터)와 그 통제 아래 서로 연관된 기능을 수행하는 구조유전자들의 부위를 통틀어 오페론이라 한다. 오페론은 원핵생물에만 존재하며 유전자들의 발현을 동시에 조절할 수 있다.

▶ 기출 및 예상문제

빵을 먹던 보람이는 장 속 대장균이 주로 포도당과 과당으로 이뤄진 소화물에 둘러싸여 있을 것이라고 생각한다. 또 우유를 마시면서 대장균이 젖당을 이용할 것이라 생각하며 다음의 사실을 알게 된다.

'대장균은 자신이 처한 환경에 적응하기 위해 스스로 유전자 발현을 조절한다. 대장균은 젖당 대사를 위해 세 종류의 효소를 이용하는데 이 효소들을 만드는 각 유전자의 발현은 한 번에 조절된다. 자랍과 모노는 젖당분해효소의 합성이 조절유전자, 작동유전자, 구조유전자에 의해 조절된다고 했다. 조절유전자는 억제자단백질을 합성하고 작동유전자(오퍼레이터)는 억제자가 결합하는 부위가 되며 구조유전자는 젖당을 분해해 이용할 때 필요한 효소를 합성한다.'

- 1) 포도당과 젖당이 같이 존재할 때 대장균은 어떤 것을 먼저 이용하는 것이 이로운지를 밝히고 이유를 설명하라.
- 2) 대장균에서 젖당분해효소의 합성이 어떻게 조절되는지 개략적으로 설명하라.
- 3) 만약 어떤 대장균에 돌연변이가 일어나 억제자단백질이 기능을 못하게 되면 어떤 결과가 발생할까?

▶ 전문가 클리닉

오페론을 이해한다는 것은 유전자의 발현 조절에 대해 많은 것을 알고 있는 것입니다. '유전자가 발현됐다'는 말의 의미는 DNA에 있는 유전정보가 RNA로 전사(transcript)되고 이 RNA가 특정 단백질로 해독(translate)됐다는 뜻입니다. 유전자가 단백질로 발현되려면 mRNA가 합성돼야 하고 이때 RNA중합효소(RNA polymerase)가 필요한데, RNA중합효소는 DNA에서 '유전자' 부위보다 약간 앞에 위치하는 '프로모터' 자리에 결합해야 합니다. 유전자가 작동하느냐 마느냐는 유전자 앞에 위치하는 조절부위와 여기에 붙는 각종 단백질의 결합 여부에 따라 결정되는 것입니다.

젖당을 대사하도록 하는 효소들의 합성에도 각 효소를 만드는 유전자의 앞부분에 발현을 조절하는 조절부위가 있고 이것이 젖당에 의해 스위치처럼 꺼지고 켜진다고 생각하면 됩니다. 젖당 오페론은 포도당에 의해서도 조절되지만 젖당에 의한 조절만 언급해도 무난하다고 봅니다.

참고로 우리 몸 모든 부위의 세포들이 같은 DNA를 갖고 있으면서 각각 다른 일을 수행할 수 있는 이유는 세포마다 유전자가 발현되는 시기와 방법이 모두 다르기 때문입니다. 유전자 조절에 대한 이해는 대장균에서 처음 시작됐고 젖당 오페론 모델은 그 조절을 이해하는 기본입니다. 조금 어려운 문제지만 환경에 따라 유전자 발현이 어떻게 조절되는지 반드시 이해하고 넘어가기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 포도당은 일탄당이며 젖당은 포도당과 갈락토오스가 결합된 이탄당입니다. 젖당을 이용하려면 젖당을 일탄당으로 분해해야 하고, 분해하는데 필요한 효소를 만들어야 합니다. 포도당이 있을 때는 굳이 젖당을 분해하는 효소를 생산할 필요 없이 포도당을 바로 이용합니다. 효소를 합성하는데 드는 에너지를 소비하지 않는 것이 유리하기 때문입니다.
- 2) 젖당이 없을 때는 조절유전자가 합성하는 억제자단백질이 작동유전자와 결합해 RNA중합효소에 의한 전사를 막기 때문에 젖당분해효소가 합성되지 않습니다. 젖당이 있을 때는 젖당이 억제자와 결합해 억제자가 작동유전자에 붙지 못하게 되고, 결국 구조유전자의 mRNA가 만들어져 젖당을 분해하는 효소들이 합성됩니다.
- 3) 억제자가 기능을 못하므로 젖당이 있든 없든 항상 젖당을 이용하는데 필요한 효소들이 만들어질 것입니다. 따라서 젖당이 없는데도 필요 없는 효소들을 계속 만들어내면서 세포의 에너지를 낭비하게 될 것입니다.

▶ 추가 문제

아미노산의 하나인 트립토판을 합성하는 효소들은 대장균에서 어떻게 조절될까?

2005년 07월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

이번 호는 난자와 관련된 문제와 함께 삼투압 조절, 에이즈 바이러스, 유전성 질환을 통한 유전자 빈도 문제를 준비했습니다. 밤늦게까지 공부하면서 가끔씩 라면 먹는 것 하나에도 얼마나 많은 생명현상이 연관되어 있을지, 짠 국물을 마신 뒤 물을 찾는 것처럼 열심히 탐구해 나가기 바랍니다.

1. 너무 짜거나 싱겁지 않게 - 삼투압 조절

▶ 기본개념

삼투압 조절 : 수분의 재흡수에 관여하는 항이뇨호르몬과 무기염류 재흡수에 관여하는 무기질 코르티코이드에 의해 조절된다.

▶ 기출 및 예상문제

다음 기사를 보고 질문에 답하라.

'라면은 소금덩어리-국내에서 판매되는 상당수의 라면에서 국제기준을 초과하는 나트륨이 검출됐다. 서울환경연합은 식품의약품안전청 공인기관에 의뢰해 11개의 라면제품을 조사한 결과 나트륨 함유량이 평균 2075mg이었으며 이 중 8개 제품은 세계보건기구(WHO) 기준을 넘어섰다고 밝혔다. 학계에서는 나트륨을 과다하게 섭취하면 고혈압에 걸릴 확률이 높아지고 심장병, 혈관질환, 위염, 골격계 질환에 걸릴 가능성도 큰 것으로 보고 있다.'

- 1) 혈액에서 분리한 적혈구를 9%, 0.9%, 0.09% 소금용액에 각각 넣었을 때 적혈구의 상태가 어떻게 변화하는지를 말하고, 그 이유를 설명하라. (2003 단국대)
- 2) 라면을 먹고 잠을 자면 아침에 얼굴이 붓는 현상을 세포와 모세혈관 내의 삼투압현상으로 설명해보라.
- 3) 우리 몸에서 소금농도가 높아졌을 때 삼투압을 조절하는 기작을 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

생명의 특징 중 하나가 항상성 유지라는 것은 이미 알고 있을 것입니다. 삼투압 조절도 혈당량이나 체온의 조절처럼 항상성 조절의 일부라는 것을 놓치지 않기 바랍니다. 라면을 먹고 자면 얼굴이 붓는 이유를 삼투압 현상으로 설명할 수 있는지, 그 삼투압의 조절이 어떻게 이루어지는지 묻는 문제입니다. 몸속의 수분량 조절과 무기염류 조절에 관여하는 호르몬의 종류와 기작 정도는 알아두길 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 세포막은 크기가 작은 용매인 물은 통과할 수 있지만 크기가 큰 용질은 통과할 수 없는 반투과성 막입니다. 용매가 반투과성막을 경계로 용질의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 이동하는 현상을 삼투라고 하며 반투과성막이 받는 압력을 삼투압이라고 합니다. 삼투압이 같은 용액을 등장액이라고 하고 삼투압이 높은 용액을 고장액, 삼투압이 낮은 용액을 저장액이라고 합니다. 저장액인 0.09% 소금용액에서는 물이 세포 내부로 들어와서 적혈구가 부풀어 오르다가 결국 터지게 됩니다. 고장액인 9% 소금용액에서는 물이 세포 밖으로 빠져나와 적혈구가 수축하게 됩니다. 등장액인 0.9% 소금용액에서는 세포 내부와 소금 농도가 같으므로 아무런 변화가 없습니다.
- 2) 얼굴이 붓는 주원인은 얼굴의 모세혈관에서 혈장이 배어나오기 때문입니다. 혈액을 구성하는 액체 성분인 혈장은 모세혈관을 지나면서 피부 속으로 들어갑니다. 그런데 라면을 먹으

면 다량의 나트륨을 함께 섭취하게 됩니다. 나트륨 때문에 모세혈관과 조직 사이에 삼투압 현상이 발생하면서 세포로 수분이 많이 들어가고, 따라서 조직 세포들이 팽창해 얼굴이 부어오르는 것입니다. 특히 취침 중에는 소변 배출량이 줄어들기 때문에 더 많은 혈장이 신체 조직에 스며들어 얼굴이 더 붓게 됩니다.

- 3) 삼투압의 크기(즉 체액의 농도)를 나타내는 요소에는 수분량과 무기염류의 양이 있는데 삼투압이 높을 때는 수분량은 늘이고 무기염류의 농도는 낮춰야 합니다. 삼투압이 높으면 뇌하수체 후엽에서 분비되는 바소프레신(항이뇨호르몬)의 분비량이 늘어나 세뇨관에서 수분의 재흡수가 촉진됩니다. 또 뇌하수체 전엽에서는 부신피질자극 호르몬의 분비량이 감소해 부신피질에서 무기질 코르티코이드의 양이 줄어듭니다. 결국 나트륨의 재흡수가 억제돼 무기염류의 농도를 낮추는 것입니다. 이런 식으로 몸 밖으로 배출되는 물의 양은 줄이고 나트륨의 양은 늘림으로써 삼투압을 조절합니다.

2. 페닐케톤뇨증 - 유전성 질환과 유전자 빈도

▶ 기본개념

아미노산 : 펩티드 결합을 통해 길게 연결돼 단백질을 구성한다. 20가지 종류가 있으며 체내에서 합성되는 것과 합성되지 않아 섭취해야만 하는 것(필수 아미노산)이 있다.

하디-바인베르크의 법칙 : 무작위로 교배가 일어나고 돌연변이가 없으며 개체의 이동이 없는 크기가 큰 이상적인 집단에서는 유전자의 발생 빈도가 유지된다.

▶ 기출 및 예상문제

페닐케톤뇨증(Phenylketonuria : PKU)이란 선천성 아미노산 대사이상으로, 페닐알라닌을 티로신으로 전환시키는 효소인 페닐알라닌수산화효소가 선천적으로 적게 생산되기 때문에 나타나는 유전질환이다. PKU의 증상인 구토, 흰 피부색 등이 영아기 때 나타나며 자라나면서 자폐아나 지능박약아가 된다. 페닐알라닌수산화효소의 유전자는 12번 염색체에 위치하고 있으며 이 유전자의 돌연변이에 의해 페닐알라닌수산화효소의 결손이 일어난다. 이 질병을 일으키는 유전자는 열성이므로 동형조합으로 존재할 경우에만 증세가 나타난다.

- 1) 우리가 섭취한 단백질은 어떻게 소화되는가?
- 2) PKU는 무슨 물질이 축적되어 나타나는 질병인가?
- 3) 이 질병의 환자는 식이요법을 통해 거의 정상적으로 살아갈 수 있다. 어떤 식으로 가능할까?
- 4) 하디-바인베르크의 법칙을 따르는 어느 평형집단에서 1만명 중의 1명이 PKU 환자라고 가정한다면 보인자의 비율은 얼마일겠는가?(정상 유전자의 빈도를 p, 질병 유전자의 빈도를 q라고 정하고 계산하라)

▶ 전문가 클리닉

페닐케톤뇨증이라는 질병을 통해 단순한 지식과 사고력, 유전자빈도까지 포괄한 문제입니다. 3)번 문항까지는 PKU 질병과 관련된 질문이고 4)번 문항은 하디-바인베르크 법칙에서 유전자 빈도수를 직접 계산하는 문제입니다. PKU는 페닐알라닌을 전환시키는 효소가 결손돼 나타나는 질병이라고 했으므로 페닐알라닌의 축적이 원인이라는 것을 알 수 있습니다. 페닐알라닌은 아미노산의 하나로 우리가 섭취하는 단백질 속에 포함되어 있으므로 식이요법에 관한 문제도 단백질과 관련해 생각하면 될 것입니다. 4)번 문항은 질병의 원인이나 대사와는 전혀 관계

없는 질문이지만 유전자 빈도수를 계산하는 방법이므로 꼭 알아두고, 더불어 하디-바인베르크 법칙이 성립하는 조건이나 그 평형을 깨뜨리는 요인에 관해서도 알아두기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 음식물은 입에서 기계적인 소화가 일어나 잘게 부서집니다. 그리고 음식물이 위벽을 자극하면 가스트린(호르몬)이 분비되고 이것이 위샘을 자극하면 위액을 분비하게 됩니다. 위액에는 염산과 펩신이 섞여있고 펩신이 단백질을 폴리펩티드로 분해합니다. 산성 음식물이 십이지장 벽을 자극하면 세크레틴(호르몬)이 분비되고 이자를 자극해 이자액의 분비를 촉진합니다. 이자액에는 트립신이 있어 위에서 분해된 폴리펩티드나 분해되지 않은 단백질을 더 작은 폴리펩티드로 분해합니다. 소장에서 펩티다제는 폴리펩티드를 최종적으로 아미노산으로 분해합니다. 아미노산은 소장에서 흡수돼 혈관으로 들어가고 문맥을 거쳐 간에 이릅니다. 소장에서 완전히 소화·흡수되지 못한 단백질들은 대장에서 대장균에 의해 분해됩니다.
- 2) 페닐알라닌을 티로신으로 전환하지 못하므로 페닐알라닌이 축적돼 나타나는 질병입니다.
- 3) 페닐알라닌이 축적돼 지능장애 같은 증세가 나타나므로 페닐알라닌 섭취를 제한해 페닐알라닌과 그 대사물질이 체내에 축적되지 않도록 해야 합니다. 우리가 섭취하는 동·식물성 단백질 식품은 페닐알라닌을 포함하고 있으므로 야채나 과일, 사탕처럼 단백질이 거의 없거나 적은 식품을 주로 섭취해야 합니다. 이때 성장에 필요한 단백질이 부족할 수 있으므로 페닐알라닌을 제거한 단백질을 보충해 영양의 균형을 맞춰야 합니다.
- 4) 정상 유전자를 A, 질병 유전자를 a라고 한다면 유전자형이 AA이면 정상, Aa는 보인자, aa는 환자일 것입니다. 하디-바인베르크의 방정식으로 나타내면 $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ 이고 여기서 p^2 은 정상, $2pq$ 는 보인자, q^2 는 환자의 빈도입니다. 환자의 발생빈도가 1만분의 1이므로 환자(aa)의 유전자빈도는 $q^2 = 0.0001$ 이 될 것이며 따라서 질병유전자(a)빈도 $q = 0.01$ 입니다. $p + q = 1$ 이므로 $p = 0.99$ 이며 보인자의 빈도는 $2pq = 2 \times 0.99 \times 0.01 = 0.0198$ 이 됩니다. 결국 약 2% 정도가 보인자라는 것을 알 수 있습니다.

3. 에이즈 바이러스

▶ 기출 및 예상문제

지난해 국내의 에이즈 감염자는 하루 1.7명꼴로 늘어나 총 감염자가 3000명을 넘어섰다. 현재도 수천만 명이 에이즈 바이러스(HIV)에 감염돼 있어 대책 마련이 시급하지만 아직 완벽한 치료제가 개발되지 못했다. 무엇보다 HIV가 재빠르게 변신해 기존에 개발된 약에 내성을 갖춰가기 때문이다. 또 항체검사를 했더니 '정상'이었으나 유전자 검사를 했더니 말기 에이즈 환자로 밝혀져 에이즈 검사의 신뢰성에 대한 의문이 제기되기도 한다.

- 1) 바이러스의 유전물질은 무엇인가?
- 2) 에이즈 바이러스는 유전물질이 RNA인 RNA 바이러스이다. 숙주 세포 내에서 자신을 대량 증식하는데 어떠한 효소 활성들이 필요한지를 답해 보라(2003 수시 포스텍).
- 3) 수혈에 의한 감염사고를 막기 위해 혈액 제공자의 피가 에이즈 바이러스에 감염되었는지 안 되었는지를 조사한다. 어떻게 조사하며, 그 원리가 무엇인지를 간단히 설명해 보라(2003 수시 포스텍).

▶ 전문가 클리닉

바이러스 문제는 생명의 특성과 함께 자주 출제됩니다. 바이러스의 생물과 무생물로서의 특징은 기본적으로 알아야 하고, 바이러스의 분류와 생활사도 덧붙여 알아두면 도움이 될 것입니다. 바이러스는 핵산과 단백질로 구성되며 핵산으로는 DNA 또는 RNA를 가집니다. 바이러스는 자기 자신만으로는 증식을 할 수 없기 때문에 숙주세포의 효소를 가지고 복제와 단백질을 합성해 증식합니다.

에이즈 바이러스는 RNA에서 DNA를 만들고 이 DNA를 복제하는데, 이것은 원래 유전정보의 흐름이 DNA에서 RNA로 가는 것과는 반대 방향이 되는 것으로 이때문에 레트로바이러스라고 합니다. 백혈병과 관계가 있는 HLTV-1과 HLTV-2 바이러스, 후천성 면역 결핍증을 일으키는 에이즈 바이러스 등이 레트로바이러스에 속합니다.

항원-항체반응은 아주 특이적인 반응이기 때문에 어떤 단백질을 검출할 때 많이 이용합니다. 에이즈바이러스의 검출도 바이러스 감염으로 항체가 생성되었는지를 항원-항체 반응으로 알아볼 수 있습니다. 물론 감염초기와 말기에는 항체가 생성돼 있지 않을 수도 있기 때문에 보다 정확히 에이즈 바이러스의 유전자를 검사하는 방법이 필요합니다. 어쨌거나 중요한 것은 RNA에서 DNA를 만드는 '역전사효소'의 기능을 아는 것과 특정 단백질의 존재여부를 알아내기 위해 이용하는 항원-항체 반응을 이해하는 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) DNA 또는 RNA입니다.
- 2) 에이즈 바이러스는 레트로바이러스의 일종으로 유전물질로 RNA를 가집니다. 에이즈 바이러스는 자신의 RNA를 주형으로 상보적인 DNA를 만들고 이 DNA는 숙주세포의 염색체에 삽입돼 숙주세포 DNA의 일부가 됩니다. 이후 다시 숙주 세포의 RNA중합효소로 RNA를 만듭니다. 즉 이 바이러스는 증식할 때 중간대사물질로 이중사슬 DNA를 가지는데 이 때 'RNA 의존성 DNA 중합 효소'(역전사 효소, reverse transcriptase)의 활성이 필요합니다. 또한 이 DNA가 숙주세포 염색체의 DNA로 끼워 들어갈 때는 인테그라제(integrase)가 필요합니다.
- 3) 우리 몸은 바이러스와 같은 외부 침입자에 감염되면 항체를 만들게 되는데 에이즈 바이러스의 경우도 마찬가지로 항체를 형성하게 됩니다. 따라서 혈액에서 그 항체를 검출하는 방법으로 에이즈 감염 여부를 판단합니다. 항체는 인위적으로 첨가한 항원(에이즈 바이러스의 단백질)과 특이적인 항원-항체 반응(예를 들어 효소를 이용해 색깔을 나타나게 하는 것)을 나타내므로 이를 이용해 검출할 수 있습니다. 이 검사는 항체를 검출하는 것이기 때문에 항체미형성기간(window period) 동안 현혈한 경우에는 감염여부를 판단할 수 없으므로 피해자가 생길 수도 있습니다. 그 기간은 감염된 후 보통 6주 내지 14주 정도이며 확률은 낮지만 개인에 따라서는 6개월 내지 2년까지 소요되는 경우도 있습니다. 에이즈 말기 환자의 경우에는 면역세포가 완전히 파괴돼 항체가 형성되지 않아 검출되지 않는 경우도 있습니다. 두 경우 모두 항체 검사에서는 음성이지만 유전자 검사를 통해 에이즈 환자로 판명될 수 있습니다.

4. 난자의 힘 - 수정과 난할

▶ 기본개념

배아 : 일반적으로 임신 2개월까지의 초기 생명체를 일컫는 말. 좁게는 정자와 난자가 만나 수정란이 된 뒤 14일까지 수백 개의 세포로 분열한 상태를 의미한다.

▶ 기출 및 예상문제

국내 연구팀이 난치병 환자의 체세포를 복제하는 방식으로 치료용 배아줄기세포를 만드는 데 성공했다. 총 185개의 난자에서 11개의 복제배아줄기세포를 만들어 지난해 242개에서 한 개의 줄기세포를 확립한 것과 비교하면 괄목할 만한 과학적 쾌거로 인정받고 있다. 여성의 난자가 난치병환자를 치료하는 만능세포인 줄기세포의 제조공장으로 새롭게 떠오르고 있는 것이다. 하지만 여성에게 호르몬제를 투여해 과배란을 유도함으로써 난자를 얻었기 때문에 여성에게 후유증이 우려되는 등 부작용이 따를 수 있다. 황 교수는 이런 부담을 없애기 위해 인공난자를 만들겠다고 밝혔으며 미국의 한스 웰러 박사팀은 쥐의 배아에서 추출한 줄기세포를 난자로 분화시키는데 성공한 바 있다.

- 1) 인간의 수정과 착상과정을 간략히 설명하라.
- 2) 난자와 정자의 공통점과 차이점을 설명하라.
- 3) 수정란의 세포분열(난할)이 진행됨에 따라 하나의 세포가 가진 DNA의 양과 세포질의 양은 어떻게 변하는가?
- 4) 인간복제배아란 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

배아란 정자와 난자가 만난 수정란이 세포분열을 시작한 지 14일이 지나지 않은 세포덩어리 상태를 말하며 시간이 지나면 기능과 형태를 갖는 세포로 분화해 기관을 형성합니다. 지금 수준에서 배아복제를 위해서는 난자가 필요한데 이 난자에서 핵을 빼내는 기술이 한국에서 인간 배아를 복제할 수 있게 한 하나의 요인입니다. 위 문항들은 논술적인 성격보다는 기본적인 개념과 지식을 묻는 문제이며 기본지식이 튼튼해야만 심층적으로 접근할 수 있을 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 먼저 생식 기관인 정소와 난소에서 반수체(n)의 생식 세포인 정자와 난자가 만들어지고 정자가 난자의 젤리층에 접근하면 정자는 효소를 분비해 이 젤리층을 분해합니다. 정자의 앞부분에서 돌기가 나와 난자의 표면에 붙고, 난자의 표면에서는 수정돌기가 형성됩니다. 수정돌기가 수축하면 정자의 머리부분만 난자 속으로 들어가고 꼬리는 떨어지게 되며 난자 표면에 수정막이 형성돼 다른 정자들이 침입하지 못하게 합니다. 난자에 침입한 정자의 핵과 난자의 핵이 융합해 이배체(2n)의 핵을 가지는 수정란이 만들어지고, 수정란은 세포분열을 계속하며 수란관을 따라 자궁으로 이동합니다. 수정 뒤 1주일 정도 지나 포배기에 이르면 자궁벽에 착상하게 됩니다.
- 2) 정자와 난자는 유전물질(DNA)의 양을 체세포(2n)의 절반만 가진 생식세포(n)라는 점에서 공통점을 가집니다. 그러나 세포의 크기, 생성, 운동성 등에서는 차이점을 가집니다. 즉 정자는 편모를 가지고 있어 운동성이 있으며 크기가 작습니다. 난자는 운동성이 없고 수정란이 자궁벽에 착상하기까지 필요한 양분을 많이 가지고 있으므로 크기가 큼니다. 또한 정자는 사춘기가 지나면서 수억 마리가 만들어지며 하나의 정모세포에서는 4개의 정자가 만들어집니다. 그러나 난자는 하나의 난모세포에서 하나만 만들어지며 태아시기부터 난소에 제 1난모세포상태로 존재하고 있습니다.
- 3) 난할이 진행돼도 세포 당 DNA의 양은 변하지 않지만 세포질의 양은 반으로 줄어듭니다.
- 4) 인간의 정자와 난자의 수정을 통하지 않고 인공적으로 수정란을 분할하거나 체세포의 핵을 이용해 복제한 배아를 말합니다. 즉 수정란 분할이나 체세포의 핵이식 기술 등에 의해 탄생한 배아로, 핵을 제거한 난자에 체세포의 핵을 이식해 체세포 제공자와 닮은 개체를 만들어낼 수 있습니다.

2005년 08월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물] 일상으로 초대han 게놈 프로젝트

벌써 수시모집 기간입니다. 광범위한 기본 지식을 정리하는 것도 중요하고 다양한 지식들을 종합적으로 파악하는 것도 중요합니다. 이번에는 게놈 프로젝트에 대한 기출 문제와 세포주기, 돌연변이, 광합성 및 호흡 문제를 준비했습니다. 자신에게 어렵다고 느껴지는 것은 다른 수험생들에게도 마찬가지입니다. 당황하지 말고 자신감 있는 모습을 유지하면서 시험 전에는 '자신 있게 말하는 자신의 모습과 끝난 뒤 당당하게 나오는 자신의 모습'을 상상하십시오.

1. 세포도 브레이크가 필요하다 - 세포주기와 암

▶ 기출 및 예상문제

정상적인 포유동물 세포를 배양하면 50세대를 거듭해 세포분열을 하지만 암세포는 필요한 영양분만 공급되면 끝없이 분열한다. 암은 정상세포에서 일어나는 정교한 세포분열 조절 기작이 파괴돼 생긴다. 암(cancer)은 원래 희랍어 'karkinos', 후에는 라틴어 'cancrum'에서 유래한 단어로 모두 '게'(crab)라는 의미다. 즉 암은 게처럼 신체의 어느 부위에서나 발생해 그 부위를 꼭 붙잡고 늘어진다는 의미다.

- 1) 하나의 세포가 두 개의 딸세포로 분열하는 세포주기를 설명하라.
- 2) 세포주기를 조절하는 세포 외부의 자극물질에는 어떤 것들이 있는가?
- 3) 암은 어떤 기능을 하는 유전자에 돌연변이가 생겨서 발생하겠는가? 암의 원인에 대해 설명하라.
- 4) 암이 발생한 조직만 제거해서는 암을 완치할 수 없다. 그 이유는 무엇인가?
- 5) 암세포의 생물학적인 특징에는 어떤 것들이 있는가?

▶ 전문가 클리닉

현대 생활에서 가장 위험하면서도 중요한 암의 원인과 특징 등 전반적인 것을 알아보는 문제입니다. 세포주기는 간기(interphase)와 체세포분열(mitosis)로 구성되며 간기는 G1기, S기, G2기로 구분됩니다. 기본적으로 세포들은 G1기에 머물러 있는데(분열이 정지된 상태) 여기서 어떤 신호를 받느냐에 따라 계속 정지 상태에 있거나 분열을 위한 준비과정으로 넘어가거나 또는 사멸하게 됩니다. 세포주기의 조절이 매우 중요하다는 것과 이것이 잘못되면 암이 되는 것을 이해하고 세포주기의 각 과정에서 어떤 일이 벌어지는지도 살펴보기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 세포주기는 크게 간기와 분열기로 나뉘며 간기는 G1기, S기, G2기로 구분됩니다. G1기는 DNA 합성이 일어나기 전 단계로 단백질과 함께 세포 내의 여러 소기관이나 구성물질들이 합성되고 S기에는 DNA의 복제가 일어나 세포 내의 DNA량이 두 배가 됩니다. G2기에는 세포가 완전히 성숙돼 분열 능력을 갖게 됩니다. 분열기는 핵분열과 세포질 분열로 구분되며 핵분열은 염색체의 움직임에 따라 전기, 중기, 후기, 말기로 구분할 수 있습니다.
- 2) 외부 물질로는 호르몬과 성장인자를 들 수 있습니다. 어떤 동물세포는 자주 분열할 때도 있고 그렇지 않을 때도 있는데 이 차이는 호르몬 같은 생화학 분자들의 조절로 인해 생깁니다.

니다. 동물의 호르몬은 내분비선에서 생성된 후 혈류를 타고 이동해 신체의 다른 부분에서 작용합니다. 예를 들어 에스트로젠은 자궁내벽을 구성하는 세포들의 증식을 유도합니다. 상처를 입었을 때 그 부위를 치유하기 위한 세포분열의 증가는 성장인자라고 불리는 단백질에 의해 중재됩니다. 성장인자는 호르몬과 달리 합성된 장소에만 국부적으로 작용하는데 상처부위의 세포분열을 증가시켜 새로운 조직을 형성하게 합니다.

- 3) 암은 세포분열을 조절하는 유전자에 돌연변이가 일어나 생깁니다. 인체 내의 모든 세포 속에는 암유전자(oncogene)가 존재하는데 암유전자는 세포가 분화하고 증식할 때만 정교하게 발현되고 보통 때는 발현이 억제됩니다. 그러나 정상 세포라도 발암물질에 지속적으로 노출되면 억제돼 있던 암유전자가 비정상적으로 활성화돼 암세포로 변합니다. 또한 우리 몸에는 암 억제 유전자가 있어 암으로의 발전을 막아주는데 이 유전자에 결함이 생기면 무절제한 세포분열이 일어나 암이 생깁니다.

암 발생에는 크게 환경적 요인과 유전적 요인이 있는데 부모 중 한 명이 유전성 암일 경우 이들의 자녀도 암에 걸릴 확률이 매우 높습니다. 현재까지 명확히 알려진 발암물질은 대부분 염색체 돌연변이를 일으키는 물질들이며 이런 물질에 의해 돌연변이가 축적되면 암이 발생한다고 알려져 있습니다. 이런 물질에는 벤젠, 담배연기, 술, 환경오염물질 등의 화학물질도 있지만 전리방사선, 자외선, 바이러스 등도 있습니다. 늘 우리 주변에는 수많은 돌연변이 유발 물질들이 있고 실제로 우리는 이들에 매일 노출돼 있습니다.

- 4) 특정 장기의 정상 세포는 그 장기에만 존재하지만 암세포는 원래의 장기에서 다른 장기로 옮겨갈 수 있다는 특징을 갖고 있기 때문입니다(즉 전이(metastasis)를 일으킬 수 있습니다). 예컨대 폐암은 원래 폐에서 발생하지만 그 외에 뼈, 간, 뇌 등 다른 장기를 침범하기도 합니다. 암으로 인한 사망에 가장 큰 영향을 주는 것이 이 '전이'라고 할 수 있습니다.
- 5) 암은 정상적인 세포나 조직과는 생물학적으로 매우 다른 특성을 갖는데 그 중 첫째는 클론성(clonality)으로 암은 한 가지 세포에서 기원한다는 뜻입니다. 클론이란 하나의 세포가 분열해서 만들어진 그와 유전적 특성이 동일한 세포들로 구성된 것을 말합니다. 정상 조직은 유전적으로 다양한 여러 모세포로부터 분열된 세포들로 이루어지지만 암 조직은 단일 세포에서 유래된 암세포가 분열 증식해 악성 클론을 형성합니다. 둘째는 자율성(autonomy)입니다. 정상 세포는 인체에서 분비되는 여러 조절인자가 분열과 증식을 조절하므로 일정한 크기가 되면 더 이상 성장하지 않습니다. 그러나 암세포는 이런 조절인자에 대한 의존도가 거의 없어 스스로 무제한으로 분열 증식해 커다란 암 덩어리를 형성합니다. 셋째는 역형성(anaplasia)으로 정상 세포들은 분화과정을 거쳐 원래 계획된 세포가 되지만 암세포는 이런 과정 없이 미분화 상태로 존재한다는 것입니다. 넷째는 전이(metastasis)입니다. 또한 암세포는 종양조직 내에서 살아남기 위해 작은 혈관의 생성을 자극해서 새로운 혈관생성을 유도하기도 합니다.

2. 돌고 도는 탄소 - 광합성과 호흡

▶ 기본개념

광합성 : 태양에너지를 당분자의 화학에너지로 전환하는 과정

세포호흡 : 당의 화학에너지를 ATP 형태의 화학에너지로 전환하는 과정

▶ 기출 및 예상문제

채식주의자인 팬더는 대나무 잎과 줄기를 먹고 필요한 영양과 에너지를 얻는다. 팬더의 소화 기관은 식물을 연료로 분해한 후 세포호흡을 통해 에너지를 얻는다. 지구상에 존재하는 생물 대부분의 에너지원은 태양이다. 식물이 광합성을 통해 빛에너지가 축적된 유기물을 만들면 동물이나 미생물들이 이를 섭취해 분해함으로써 생명현상에 필요한 에너지를 얻는다.

- 1) 동물과 식물에서 에너지를 생성하는 세포내 소기관에 대해 설명하라.
- 2) '지구상에 존재하는 생물 대부분의 에너지원은 태양이다'라는 말을 설명하라.
- 3) 광합성과 세포호흡의 관계에 대해 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

광합성과 세포호흡의 의의에 관한 문제입니다. 광합성 과정과 세포호흡의 대사 과정을 단계별로 이해하는 문제도 자주 출제되지만 이 두 과정을 생태계의 흐름 속에서 전체적으로 파악하는 문제도 중요합니다. 식물이 광합성 과정을 통해 빛에너지를 포도당의 화학에너지로 저장하면 세포호흡에서 포도당 같은 유기물의 화학에너지를 이용합니다.

다른 세포 소기관들과 마찬가지로 엽록체나 미토콘드리아도 기능에 적합한 구조를 갖는데 각 소기관의 내막과 그라나에 무엇이 있어야 할지 생각해보기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 동물세포에서 에너지를 생성하는 소기관은 미토콘드리아입니다. 미토콘드리아는 타원 또는 막대모양으로 외막과 내막의 이중막으로 돼 있으며 내막의 일부는 안으로 주름을 형성해 크리스타라고 하는 구조를 이룹니다. 미토콘드리아 내막에는 ATP를 만드는 효소가 있어 생명활동에 필요한 에너지를 생산합니다. 식물의 엽록체도 외막과 내막의 두 겹의 막으로 돼 있고 태양에너지를 흡수해 이를 당분자인 화학에너지로 바꾸는 광합성을 합니다. 엽록체 내막으로 둘러싸인 기질을 스트로마라고 하고 원반 모양의 틸라코이드가 여러 개 쌓여서 그라나를 이룹니다. 틸라코이드에서는 엽록소가 태양 에너지를 흡수해 명반응을 진행하며 스트로마에서는 암반응이 진행됩니다.
- 2) 지구상에 존재하는 생물 대부분의 에너지원은 궁극적으로 태양의 빛에너지입니다. 즉 녹색 식물이나 광합성 세균 등이 빛에너지를 화학에너지인 유기물의 형태로 저장하면 광합성을 하지 못하는 동물이나 미생물이 이를 이용하는 것입니다. 대부분의 생물이라고 말한 이유는 모든 생물이 궁극적으로 빛에너지를 이용하는 것은 아니기 때문입니다. 화학합성 독립영양 미생물에 속하는 아질산균, 질산균, 황세균 등은 빛에너지 대신 무기물의 산화로 방출되는 에너지를 갖고 물과 이산화탄소로부터 스스로 탄수화물을 합성합니다.
- 3) 광합성을 통해 식물은 무기물인 이산화탄소와 물, 태양의 빛에너지를 고정시켜 유기물을 합성합니다. 명반응 과정에서 빛에너지가 화학에너지로 전환돼 ATP와 NADPH₂를 생성하지만 여기에 저장된 화학에너지는 암반응 과정에서 이산화탄소를 환원시켜 포도당을 합성하는데 사용됩니다. 반면 식물이나 동물의 호흡은 광합성의 역과정으로 식물이 합성한 포도당과 같은 유기물을 분해해 이산화탄소로 다시 방출하고 ATP를 생성합니다. 이 ATP를 다시 분해해 생명활동에 필요한 물질을 합성하고 이동시키며 근육운동 등에 필요한 생활에너지를 생성합니다.

3. 유전자, 네가 한 일을 알고 있다 - 게놈 프로젝트

▶ 기본개념

게놈 : 한 개체가 지닌 유전자들의 총 집합체

인간게놈 프로젝트(human genome project) : 사람의 유전자를 해명하고 30억 쌍에 이르는 염기서열을 완전히 밝혀 인간의 유전체를 지도화하기 위해 시작된 국제적인 연구 프로그램

▶ 기출 및 예상문제

최근 완성된 인간게놈 프로젝트(human genome project)를 통해 30억 쌍에 달하는 인간 DNA의 염기서열이 밝혀졌다. 앞으로 이 유전체 정보로 인해 우리 인류가 누리게 될 이익과 파생될 부작용에 대해 말해보라(2005년 가톨릭대 의대).

▶ 전문가 클리닉

최근 생물학의 주요 이슈인 인간게놈 프로젝트의 영향을 이해하고 있는가를 측정하는 문제입니다. 먼저 유전자의 개념과 DNA의 구조는 기본적으로 꼭 알아야 합니다. 또한 인간의 게놈이 체세포에 있는 상동염색체의 한 조인 $n=23$ 개의 염색체를 의미함을 알아야 합니다. 인간의 모든 DNA 염기서열을 알면 생명현상의 모든 과정을 밝히는데 더욱 접근하게 되고 유전자의 잘못으로 인한 여러 질병의 치료에도 이용할 수 있습니다. 한편으로는 유전자의 무분별한 변형이나 개인 유전정보 악용 등의 문제점이 야기될 수 있을 것입니다. 게놈 프로젝트는 자주 출제되는 문제이니만큼 게놈 프로젝트 이후의 연구에 대해서도 생각해볼길 바랍니다.

▶ 예시답안

인간 DNA 염기서열이 밝혀지면 먼저 각각의 유전자 위치와 역할을 알 수 있는 근거가 밝혀집니다. 또한 이 유전자들이 각 개인마다 어떻게 다른지를 비교할 수 있으며 어떤 유전자들의 염기서열 일부가 바뀌거나 없어지거나 중복됐는지도 알 수 있습니다. 따라서 인류가 누리게 될 이익은 배발생이나 진화와 같은 기본적인 의문점을 이해하는데 도움이 될 수 있다는 것과 당뇨병, 알츠하이머병, 암 등과 같은 각종 질병의 진단, 치료 그리고 예방이 가능하다는 것입니다. 즉 DNA칩 등으로 수천에서 수만 개의 유전자 정보를 고속으로 처리하는 기술이 실용화됨에 따라 예전의 의학 진단법보다 훨씬 예민한 유전자 진단법이 가능해져 현재로서는 판단하기 힘든 질병의 초기진단도 가능해진다는 것입니다. 유전질환의 경우 유전자검색으로 이상 유전자의 보유 여부를 미리 알아내 자손에게 나타날 수 있는 유전병 발생빈도를 줄이거나 인간의 표준염기서열 결과를 바탕으로 질병발병, 의약품에 대한 개개인의 차이를 규명하는 것이 가능해질 것입니다. 이처럼 인간 유전체 정보는 제약 산업과 의학 분야의 발전을 가져올 수 있습니다.

그러나 윤리문제를 비롯한 여러 사회적인 문제들을 불러올 수도 있습니다. 우선 경제적 부를 축적하기 위해 인간게놈프로젝트를 이용한 치료약품을 개발한 후 이를 독점하는 현상이 나타나리라는 것을 예상할 수 있습니다. 사회적 측면의 대표적인 부작용으로 개인 유전정보 노출로 인한 인권유린과 불평등, 사생활 침해나 차별의 가능성을 들 수 있습니다.

예를 들면 결혼이나 입양, 취직 또는 보험회사 가입시 우수한 인간을 선택하는데 유전자 정보가

악용될 수 있습니다. 또한 수정란 단계에서 유전자 조작을 가해 우수한 유전자를 가진 '맞춤 아기'를 탄생시킬 가능성도 존재하며 이런 경우 생태학적 다양성이 파괴될 뿐만 아니라 인간이 물질화, 도구화되고 대체 가능한 존재로 생각됨으로써 우리가 인간의 삶에 부여해온 가치와 존엄성이 훼손될 수 있을 것입니다.

4. 바뀐 게 좋을 수도 있다 - 돌연변이

▶ 기본개념

돌연변이 : 생물의 형질 중 돌발적으로 다른 형질의 것이 생기고 이것이 유전되는 일

▶ 기출 및 예상문제

다음 기사를 보고 질문에 답하십시오.

'본격화되는 종자시대에 대비, 제주산 감귤의 경쟁력 확보를 위해 돌연변이 육종 개발이 추진된다. 현재 교배를 통한 감귤 육종 개발, 연구가 추진되고 있으나 돌연변이를 통한 육종 개발은 이번이 처음이다. 특히 감귤 관련 연구기관에서도 제주에서 감귤이 재배된지 30년이 넘는 점을 감안할 때 인위적인 돌연변이에 의한 우량 품종 개발 가능성이 높은 것으로 보고 있다.'

- 1) 염색체의 일부가 결손된 돌연변이와 특정 유전자 하나가 완전히 결손된 돌연변이체가 있다면 어느 돌연변이가 더 심각한 효과를 낼 것으로 예상되는가? 그 이유는 무엇인가? (2002년 서울대 특기자 전형)
- 2) 돌연변이 중 유전자의 DNA를 구성하는 염기 1개 또는 2개가 결손된 것이 3개가 결손된 것보다 더욱 심각한 이유는 무엇인가? (2002년 서울대)
- 3) 인위적으로 돌연변이를 일으킬 수 있는 요인을 말해보시오.

▶ 전문가 클리닉

DNA 염기서열의 변화로 인해 돌연변이가 생기는데 이는 유전자 수준에서 일어날 수도 있고 좀 더 큰 염색체 수준에서 발생할 수도 있습니다. 염색체는 DNA와 단백질이 결합한 구조로 염색체 속에는 무수히 많은 유전자가 존재한다는 사실을 알면 1)번 질문에 대답하기 쉬울 것입니다.

또 염기가 3개씩 조를 이뤄 아미노산 하나를 지정하기 때문에 만약 유전자의 염기 하나가 빠지면 그 뒤부터는 3개의 묶음이 완전히 원래와는 달라져 버립니다. 마치 답안지에 번호를 쓸 때 한 칸씩 밀리면 낭패 보는 것과 마찬가지입니다. 돌연변이의 확률은 낮지만 자연적으로 일어날 수도 있고 인위적으로 만들 수도 있습니다. DNA 복제가 잘못되면 다른 염기서열을 갖게 된다는 사실과 돌연변이를 유발하는 물질에 대해 알아두면 좋을 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 염색체 일부가 결손된다면 그 속에 있는 여러 유전자가 모두 결손되는 것이므로 특정 유전자 하나가 결손된 것보다 더 심각한 결과를 낼 것입니다.
- 2) 염기 3개가 하나의 아미노산을 지정하므로 염기 3개가 결손될 경우에는 정상인 경우와 비교했을 때 아미노산 하나가 결손되거나 또는 두 개가 원래와 달라지는 결과를 가져오게 됩니다.

니다. 그러나 염기 1개 또는 2개가 결손될 때는 그 뒤의 염기서열 틀이 완전히 바뀌기 때문에 이후의 아미노산 서열이 완전히 달라집니다. 따라서 염기 1개 또는 2개가 결손된 것이 더 심각합니다.

- 3) 인위적으로 돌연변이를 일으킬 수 있는 요인에는 여러 가지가 있는데 크게 물리적 요인과 화학적 요인으로 나눌 수 있습니다. 물리적 요인으로는 첫 번째로 자외선(UV)이 있는데, 자외선 에너지가 DNA에 흡수돼 여러 가지 광화학반응을 일으키면 피리미딘 2량체가 만들어지거나 탈아미노화 현상이 일어납니다. 이로 인해 염기쌍치환이 생기면 돌연변이가 발생하는 것입니다. 둘째로 방사선이 있는데 X선, γ 열선 등은 DNA사슬의 절단, 염기파괴 등을 초래합니다.

화학적 요인으로는 염기유사물질이 있는데, 이것이 DNA 복제시 염기쌍 형성에 끼어들면 염기가 비정상적으로 쌍을 이뤄 돌연변이를 형성합니다. 또한 과산화물, 활성산소, 퓨린유도체, 콜히친 등은 직접적인 작용 외에도 생체내의 생화학적 과정을 통해 돌연변이를 유발하는 일이 많습니다.

2005년 09월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물] 유전자 변형 작물과 환경호르몬

1학기 수시모집이 마무리되고 2학기가 시작됩니다. 구술 심층면접문제에 대비하는 가장 기본적인 방법 중의 하나는 기출 문제를 정리하는 것입니다. 이번 호에서는 GMO, 유전, 환경문제에 관한 문제를 기출문제 위주로 준비했습니다. 심층면접의 경우, 한번 출제됐던 문제도 언제든지 다시 출제될 수 있기 때문에 스스로 말하는 연습을 하면서 자신의 부족한 부분을 찾아나가길 바랍니다.

1. 겉만 보서는 모른다-GMO

▶ 기출 및 예상문제

GMO에 대해 다음을 설명하시오(2004년 단국대 수시).

- 1) GMO의 의미를 설명하시오.
- 2) 현재 가장 많이 이용되는 GMO 농작물 2~3 종류를 말하시오.
- 3) GMO 조작의 기본물질인 유전자(DNA)에 대해 설명하시오.
- 4) GMO를 만드는 유전자 조작기술에서 많이 사용하는 용어를 5가지 정도 말하시오.

▶ 전문가 클리닉

GMO에 관한 일반적인 수준의 문제입니다. 기본적으로 GMO의 의미와 유전자의 개념은 물론 DNA의 구조와 개념도 확실히 알아둬야 합니다.

마지막 문제는 다소 생소하겠지만 제한효소와 연결효소 정도는 알고 있어야 합니다. 게다가 유전자 운반체인 벡터의 개념과 유전자 재조합의 원리까지 정리해두면 이 문제뿐만 아니라 유전자 치료나 유전자 재조합, 생명공학과 관련된 문제도 자신 있게 대답할 수 있을 것입니다. 덧붙여 유전자 조작식품의 장점과 단점에 대한 자신의 입장을 분명히 해두기를 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) GMO는 Genetically Modified Organism의 약자로 유전자변형 생물체를 뜻합니다. 즉 인위적으로 유전자를 재조합하거나 다른 유전자를 넣어서 새로운 유전물질을 갖게 된 생물체입니다.
- 2) 콩, 옥수수, 감자 등이 주로 GMO로 이용되고 있습니다.
- 3) DNA는 디옥시리보 핵산(DeoxyriboNucleic Acid)의 약자로 여러 뉴클레오티드가 연결된 중합체입니다. 뉴클레오티드는 핵산을 구성하는 기본 단위로 염기, 당, 인산으로 구성되어 있습니다. 염기는 질소와 탄소 고리로 구성되어 있으며 DNA를 이루는 것은 아데닌, 구아닌, 티민, 시토신의 네 가지 종류의 염기입니다. DNA의 당은 5개의 탄소로 구성된 5탄당 고리 구조인 디옥시리보스(deoxyribose)입니다.

유전자는 유전형질을 규정하는 인자로 유전자의 본체는 DNA며 DNA의 염기서열이 단백질의 아미노산 서열을 결정짓습니다. 즉 DNA 상에서 하나의 폴리펩티드를 암호화하는 한 단

위를 유전자라고 하며 DNA의 염기 3개가 한 조를 이뤄 하나의 아미노산을 지정함으로써 단백질의 아미노산 서열 정보를 가집니다.

- 4) 첫 번째는 'DNA공여체'로서 공여체란 우리가 발현시키고자 하는 DNA 부분을 말합니다. 이는 원하는 DNA 부분의 염기서열을 밝힌 후 세포내 DNA로부터 직접 얻을 수 있으며 만약 얻고자 하는 것이 인간과 같은 진핵생물의 DNA라면 역전사효소를 이용해 RNA로부터 원하는 서열의 DNA를 얻을 수도 있습니다.

두 번째는 '숙주' 또는 '숙주세포'입니다. 이는 DNA의 수용체를 말하며 재조합 DNA를 받아들이는 세포로 대장균이 널리 쓰이지만 동물세포나 식물세포로도 가능합니다.

세 번째는 벡터라고 불리는 'DNA운반체'로서 유용한 DNA 조각을 숙주세포에 삽입할 때 운반체로 사용되는 DNA를 말하는 것입니다. 세균의 플라스미드나 바이러스가 주로 사용됩니다. DNA운반체는 제한효소로 잘릴 수 있어야 하고 숙주세포에서 발현될 수 있는 프로모터(RNA를 만드는 효소가 붙는 자리)를 가져야 합니다. 또는 재조합DNA를 가진 숙주세포만 선택적으로 키울 수 있도록 항생제 저항성 유전자를 갖기도 합니다.

네 번째는 공여체에서 필요한 유전자를 절단하는 'DNA제한효소'입니다. 각각의 제한효소는 DNA의 특정 염기서열을 인식해 DNA를 자릅니다. 제한효소의 종류는 수백 가지나 되는데, 각 효소마다 자르는 염기서열이 다르므로 벡터와 공여체 유전자는 서로 같은 제한 효소로 잘라야 상보적으로 연결될 수 있습니다.

다섯 번째는 리가아제라고 불리는 'DNA연결효소'입니다. 발현시키려는 유전자 조각을 DNA운반체인 플라스미드와 연결(재조합)해야 하는데 이때 필요한 것이 리가아제입니다. 즉 리가아제는 제한효소가 끊은 부분을 연결하는 역할을 합니다.

▶ 추가문제

유전자 변형 식품이 건강에 미치는 영향에 대한 자신의 견해를 밝히시오(2004년 서울여대).

2. 발가락이 닮았다-멘델의 법칙

▶ 기출 및 예상문제

생물의 형질은 유전자에 의해 결정됩니다. 다음 물음에 답하시오(2004년 강원대).

- 1) 멘델에 대해 아는 바를 말해 보시오.
- 2) 멘델의 '우열의 법칙'이란 무엇입니까?
- 3) 정상인 부모 사이에서 색맹인 자녀가 태어난다는 것은 무엇을 의미합니까? 또 여자보다 남자에게 색맹 형질이 자주 나타나는 것은 무엇을 의미합니까?

▶ 전문가 클리닉

멘델의 유전법칙에 관한 기본적인 문제입니다. 첫 번째 문항은 좀 특이하지만 치밀한 계획과 명쾌한 실험으로 유전학을 창시한 멘델의 업적을 아는지 묻는 것입니다. 세 번째 문제는 반성 유전을 묻는 것으로 우성, 열성에 대한 이해를 기본으로 유전법칙을 정리해보기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 유전법칙을 처음으로 발견한 과학자는 멘델이었습니다. 멘델은 서로 다른 완두 품종을 교배한 결과를 관찰한 후 통계학적으로 분석했습니다. 완두는 쉽게 구할 수 있는데다 재배가 쉬워 멘델은 34종류의 순종을 구할 수 있었습니다. 그는 일곱 개의 형질을 갖고 연구를 시작했는데 그 형질들은 모두 변이를 두 가지씩 갖고 있었습니다.

하나의 짝지에 들어 있는 완두는 각각 자신의 유전자형과 표현형을 갖는 하나의 새로운 개체입니다. 한 개체의 유전자형(genotype)은 유전자의 조합이고 표현형(phenotype)은 관찰이 가능한 형질의 조합입니다. 따라서 단순히 완두를 조사 하는 것만으로도 자손의 표현형을 쉽게 알 수 있었습니다. 멘델은 하나의 특징만 다른 두 종류의 순종 완두를 교배했습니다.

이러한 멘델의 실험이 성공적일 수 있었던 이유는 표현형의 비율이 완벽하게 3 : 1 또는 9 : 3 : 3 : 1로 나타나는 유전인자만을 연구 대상으로 삼았기 때문입니다. 그러나 가시적으로 나타나는 유전적 변이는 수정란의 발달과 유전자 발현의 복잡성 때문에 표현형 수준에서는 그렇게 간단하게 파악되지 않습니다.

멘델의 유전법칙은 그 당시 학계의 주목을 끌지 못했지만 사후에 염색체를 연구하던 '서턴'이란 과학자가 멘델이 이야기한 유전자의 특징과 자신이 관찰하는 염색체가 여러 가지로 닮았다는 것을 발견하고 유전자는 염색체에 자리잡고 있음을 주장하면서 알려졌습니다. 그 후로도 계속 많은 과학자들이 멘델의 유전법칙에 대해 연구할 정도로 멘델은 유전학의 아버지로 칭송받고 있습니다.

- 2) 멘델은 한 형질에 관여하는 유전자는 항상 쌍으로 존재하며 유전자는 우성유전자와 열성유전자 두 가지가 있다고 했습니다. '우열의 법칙'의 핵심은 쌍으로 존재하는 두 개의 유전자가 '우성유전자/우성유전자'이면 우성형질을 나타내고 '열성유전자/열성유전자'이면 열성형질이 드러나는데 '우성유전자/열성유전자'가 함께 있으면 우성유전자가 열성유전자의 발현을 가로막아 결국 우성형질만 표현된다는 것입니다.

예를 들어 유전자형이 RR이면 둥근 콩이 되고 rr이 되면 주름진 콩이 된다고 할 때, 유전자형이 Rr이면 열성유전자인 r의 형질은 드러나지 않고 우성유전자인 R의 형질만 드러나 둥근 콩이 된다는 것입니다. 그러나 우성과 열성이 우월과 열등이라는 뜻은 아닙니다. 우월과 열등은 문화적 가치기준이 개입된 것으로 생물학적으로 우성과 열성과는 별개의 문제입니다.

- 3) 결론부터 말한다면 같은 형질을 가진 부모에서 다른 형질의 자손이 나올 경우 부모는 우성헤테로(Rr)이고 자손은 열성호모(rr)입니다. 이것은 멘델의 '우열의 법칙'과 '분리의 법칙'에 따르는 것입니다.

우성호모인 개체(RR)와 열성호모인 개체(rr)를 교배하면 생식세포의 염색체는 체세포의 절반(n)이므로 RR은 R을 가진 한 종류의 생식세포만 만들고 rr은 r의 생식세포만 만듭니다. 결국 R의 생식세포와 r의 생식세포가 수정되면 다음 세대인 F1에서는 우성헤테로인 Rr이 나옵니다. 따라서 자손의 유전자형이 부모와 달라도 부모와 같은 우성형질을 가질 수 있습니다.

그러나 우성헤테로인 Rr끼리 교배하면 자손의 유전자형은 $RR : Rr : rr = 1 : 2 : 1$ 이 되고 우열의 법칙에 따라 Rr은 우성형질을 가지므로 표현형은 $R : r = 3 : 1$ 로 나타납니다. 그러므로 자녀가 부모와 다른 형질을 가진다면 자녀의 유전자형은 열성호모라는 뜻이고 부모는 우성헤테로라는 것을 의미합니다.

반성유전의 대표적인 예인 색맹은 열성형질이며 그 유전자는 X염색체 상에 있습니다. 여자의

경우에는 X염색체를 두개 갖고 있기 때문에 색맹유전자를 갖더라도 한 X염색체가 우성유전자(정상)를 갖는다면 열성(색맹)유전자의 발현을 막을 수 있어 정상입니다. 그러나 유전자형으로는 보인자입니다. 색맹인 여자는 XX에 색맹유전자가 모두 존재하는 열성호모입니다.

그러나 남자의 경우에는 X염색체가 하나밖에 없으므로 색맹유전자를 가지면 무조건 색맹이 됩니다. 그래서 색맹은 여자보다 남자에게 더 자주 나타나는 것입니다. 색맹유전자가 나타날 확률을 이라 했을 때 여자가 색맹이 되려면 색맹을 나타내는 열성 유전자 2개를 동시에 가져야 하므로 \times 으로 의 확률인데 반해 남자가 색맹이 되려면 색맹유전자가 하나만 있으면 되므로 그 확률은 입니다. 즉 이론상으로 남녀 색맹 비율은 제곱배의 차이로 남자의 비율이 더 높습니다.

3. 지구를 지켜라 - 환경오염

▶ 기출 및 예상문제

우리가 살고 있는 지구는 도시화와 공업화로 인해 환경오염의 심각성이 날로 더해지고 있다. 중금속이나 농약성분은 생물의 몸속에서 오랫동안 농축돼 유전자를 변형시키고 생식능력을 떨어뜨리며 암을 유발하는 등 치명적인 피해를 준다.

- 1) 환경오염의 종류와 정의를 말하라(2002년 부산대).
- 2) 환경호르몬의 기형아 출산 가능성이 제기되고 있는 가운데 최근 모유에서 환경호르몬이 검출됐다는 보도가 있었다. 뿐만 아니라 환경호르몬이 동물의 체내에서 배설되지 않고 축적될 경우 먹이사슬에 영향을 미쳐 결국 생태계 파괴를 초래할 수 있다는 보고도 있었다. 환경호르몬이 무엇인지 설명하고 환경호르몬이 야기하는 문제에 대한 해결책을 제시하시오(2004년 건국대 수의대 정시).
- 3) 생물 농축에 대해 말해보라(2000년 서울대).
- 4) 생물 농축 과정의 부메랑 효과에 대해 설명하라.
- 5) DDT는 살충제로서 탁월한 효과를 갖지만 환경과 건강에 악영향을 미친다. DDT는 물에 잘 녹지 않고 지질에 잘 녹는 특징을 갖는데 이 특징으로 인해 어떤 현상이 발생하는가?

▶ 전문가 클리닉

환경보전이 점점 더 중요해지는 상황에서 환경오염 문제에 대한 여러 전반적인 지식과 함께 자신의 의견을 묻는 문제입니다. 어떤 문제든지 잘 알고 있어야 제대로 말할 수 있습니다. 무엇인가를 정의하려고 할 때 머리로는 이해하면서도 직접 말로 하려고 하면 정확하게 말하기 힘들다는 것을 대부분이 경험할 것입니다. 마찬가지로 환경오염에 대한 정의도 대략 무엇인지는 알지만 그것을 말로 설명하기는 쉬운 일이 아닐 것입니다.

생물과목은 계산문제처럼 하나의 답으로 딱 맞아 떨어지는 경우가 많지 않습니다. 그러므로 스스로 여러 번 연습하면서 좀더 정확한 정의에 얼마나 가까이 갔는지를 스스로 판단해보기 바랍니다. 환경호르몬은 축적될 가능성이 높은 주제입니다. 더불어 유기농업이나 제초제 등에 관해서도 알아둡시다.

▶ 예시답안

- 1) 환경오염은 인간 활동으로 발생하는 부산물이나 폐기물, 소음, 진동 등으로 환경이 손상 받

고 생태계가 파괴돼 궁극적으로는 인간의 생활과 건강에 나쁜 영향을 미치는 현상입니다. 생태계를 구성하는 무기 환경인 물, 공기, 토양은 원래 생물이 살아가기에 알맞도록 조성돼 있었으나 산업혁명 이후 인간의 인위적인 환경 조작과 파괴로 그 조성이 흐트러졌습니다. 환경오염은 인간의 행동이 환경의 고유한 자정능력을 벗어날 경우에 발생합니다.

환경오염은 대기오염, 수질오염, 토양오염으로 나눌 수 있으며 대기오염에는 산업화로 인한 교통량 및 산업시설의 증가, 화석연료의 사용증가가 가져온 스모그, 산성비, 온실효과, 오존층 파괴 등을 들 수 있습니다. 수질오염으로는 수질오염원에 따라 유기물, 세제, 화학비료, 농약, 중금속 등에 의한 오염과 공장, 발전소의 냉각수에 의한 수온의 상승으로 생기는 용존산소량 감소 등이 있습니다. 토양은 대기오염물이 땅으로 내려오는 경우나 농약, 비료의 살포, 산업폐기물 등에 의해 오염되는데 이는 수질오염으로 이어질 수 있습니다.

- 2) 환경호르몬은 화학물질이 환경으로 방출돼 호르몬처럼 작용한다고 해서 붙여진 이름이며 '외인성 내분비계 교란물질'(endocrine disrupters) 혹은 '내분비계 장애물질'이라고 합니다. 생물체 내에서 정상적으로 생성되는 물질이 아니라 인간의 산업 활동으로 생긴 화학물질로 생물체에 흡수되면 내분비계의 정상적인 기능을 방해합니다.

환경호르몬의 종류에는 변압기 절연유(絶緣油)로 주요 사용되는 PCB, 살충제로 사용되는 DDT, 플라스틱 원료인 비스페놀A, 소각장에서 발생하는 다이옥신, 컵라면 용기의 스티렌 이성체 등이 있습니다. 주로 체내에 잔류성이 강하므로 인체의 내분비계에 작용해 정자 수를 감소시키거나 생식 이상, 성장억제, 기형을 유발하며 극단적인 경우에는 암수를 변화시키기도 합니다.

해결책으로는 우선 환경호르몬인 화학물질의 제조를 규제해야 하므로 유해화학물질 제조업체의 환경을 재조사해야 합니다. 또한 화학비료와 유기합성 농약을 사용하지 않는 유기농업이나 무공해 농약의 개발이 해결책이 될 수 있으며 인체에는 해가 없지만 해충에는 유독한 단백질을 발현시키는 유전자를 식물의 유전자에 재조합 할 수도 있습니다. 1회용 용기의 사용을 제한하는 것도 하나의 방법입니다.

- 3) 소량의 중금속이나 유독성 화학물질은 물에 희석되므로 그 농도가 아주 낮은 경우에는 거의 해가 없습니다. 그러나 이런 오염물질 중에는 먹이사슬을 따라 상위 영양단계로 갈수록 그 농도가 점점 증가하는 물질이 있습니다.

이때 하위 영양 단계의 생물체에서는 그 농도가 적어 해가 없을지라도 상위 영양 단계에서는 그 물질이 쌓여서 여러 가지 생리적인 장애를 가져오게 됩니다. 이런 현상을 생물 농축이라고 하며 생물 농축이 잘 일어나는 물질은 몸속에서 잘 분해가 되지 않을뿐더러 쉽게 배출되지 않는 경향이 있습니다. 생물 농축을 일으키는 물질로는 카드뮴이나 수은 같은 중금속과 DDT, PCB, 다이옥신 같은 유기화합물이 있습니다.

- 4) 부메랑 효과란 인간이 버린 환경오염 물질을 생태계가 마치 부메랑처럼 다시 인간에게 되돌려주는 것을 말합니다. 인간의 이익을 위해 사용된 오염물질이 먹이 연쇄의 가장 상위 단계에 있는 인간에게 큰 피해로 되돌아오는 것입니다.

토양 속에 흡수된 오염물질은 식물, 초식동물, 육식동물을 거쳐 점차 농축돼 결국 인간의 몸속에 가장 높은 농도로 쌓이며 이와 마찬가지로 물속의 오염물질도 식물성 플랑크톤, 동물성 플랑크톤, 어류를 거치면서 농축돼 최종적으로 인간이 가장 큰 피해를 입습니다.

- 5) 세포막은 대부분 지질로 돼 있기 때문에 지질에 잘 녹는 DDT는 세포막을 쉽게 통과해 세포막에 영향을 줍니다. 따라서 세포의 신호전달에 중요한 나트륨이온이나 칼륨이온이 세포

막으로 새어나가 신경세포에 문제가 생기고 그 결과 신경 마비가 올 수 있습니다.

DDT는 물에 안 녹기 때문에 외부환경에서도 잘 씻겨 내려가지 않고 동물의 체내에 들어 오면 지질과 섞여 계속 몸속에 남게 됩니다. DDT가 포함된 음식을 계속 섭취하면 계속 축적돼 그 농도가 계속 증가합니다.

▶ 추가문제

- 1) 농약을 살포한 과일이나 채소를 먹으면 우리 몸에 해롭다. 그렇다고 농약을 쓰지 않을 수도 없다. 어떤 방법이 있을까?(2001년 서울대)
- 2) 유기농법이란 무엇인가?
- 3) 수질오염의 지표에 대해 설명하라.

2005년 10월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물] 바이러스의 변신은 유죄?

결실의 계절 가을이 왔습니다. 수험생 여러분들도 머지않아 노력의 결실을 맺을 것으로 생각합니다. 곳곳의 가을 단풍을 보며 자연의 신비로움에 취하는 것은 잠시로 만족하고 함께 단풍의 원리에 대해 생각해 봅시다. 이번 달에는 광합성 색소에 관한 문제와 바이러스에 대한 제시문이 포함된 2006년도 기출문제를 준비했습니다.

1. 바이러스의 변신은 유죄? - 바이러스의 특징

▶ 기본개념

바이러스 : 단백질 껍질과 핵산으로 구성돼 동물, 식물, 세균 등 숙주세포에서만 자신을 복제할 수 있다.

샤가프의 법칙 : 모든 생물체에서 아데닌과 티민의 양은 같고, 구아닌과 시토신의 양도 같다.

항생제 : 미생물의 성장을 억제하거나 사멸시키는 물질.

▶ 기출문제

다음 두 글을 읽고 물음에 답하시오. (2006년 건국대 수시 1학기)

(가) 특정 질병에 대한 치료약의 발견은 그간 의학 분야에서 이뤄진 가장 중요한 진전이라 할 수 있다. 페니실린이라고 불리는 항생제는 1928년에 발견됐는데 이것은 세균성 질병의 치료에 사용돼 지금까지 수많은 생명을 구했다. 항생제는 세균의 성장을 느리게 하거나 인체 세포를 죽이지 않으면서 세균만 선택적으로 죽이는 일을 수행한다. 그러나 안타깝게도 항생제는 바이러스성 질병에는 효과적이지 않다. 바이러스는 세포를 감염시켜서 공격하기 때문에, 감염된 세포는 죽이지 않으면서 그 안의 바이러스만 죽일 수 있는 약을 개발하는 게 매우 어려운 것이다. 바이러스는 인체에 침입해 감기, 독감 그리고 에이즈를 비롯한 많은 감염성 질환을 일으킨다.

(나) 바이러스는 구조가 간단하고 물질대사 과정을 거치지 않는다. 세포 밖에서는 생명활동이 전혀 없는 단백질의 결정체 형태로 존재하고 살아 있는 세포 속에서만 복제할 수 있는 특징이 있다. 세균과 달리 바이러스에 의해 생긴 질병은 항생제로 치료하기 어려우며 예방과 치료를 위해 개체의 면역력을 증강시키는 방법을 주로 사용한다.

- 1) 바이러스 감염이 세균 감염과 달리 항생제 등의 약으로 치유되기 힘든 이유를 지문 (가)에서 찾아 말해 보시오.
- 2) 유전자 돌연변이가 쉽게 일어나는 바이러스의 특성에는 어떤 장점이 있는지 말해 보시오. 또한 이 바이러스가 이중나선으로 이뤄져 있다면 아데닌의 함유율이 20%일 때 시토신의 함유율은 얼마인지 답해 보시오.

▶ 전문가 클리닉

바이러스의 구조나 생활사에 관한 기본적인 지식만 있으면 그리 당황스러운 문제는 아닌 듯

합니다. 바이러스에 관한 문제는 끊임없이 출제되고 있는데 이것은 바이러스가 생물과 무생물의 특징을 모두 가졌기 때문에 생명의 정의에 관한 질문에 유용하게 응용될 수 있으며, 또한 사스나 조류독감처럼 시사적인 문제와도 관련이 있기 때문입니다.

제시문에도 있듯이 바이러스는 유전정보를 담은 핵산(DNA 또는 RNA)과 이것을 둘러싼 단백질로만 이뤄져 있습니다. 혼자서는 물질대사를 할 수 없으므로 자신을 복제해 증식하기 위해서는 숙주세포에 침입해서 그 세포의 도구들을 이용해야만 합니다.

그렇기에 바이러스의 숙주가 되는 인체에는 해를 주지 않으면서 바이러스만을 선택적으로 죽이는 치료제를 개발하기가 어려운 것입니다. 기존의 항바이러스제는 대부분 바이러스의 증식을 억제하는 효과가 있을 뿐 잠복해 있는 바이러스를 완전히 없애지는 못합니다. 더욱이 에이즈 등 일부 바이러스는 환경에 적응해 돌연변이가 일어나는 속도가 빨라서 항바이러스제의 효과를 무력화시키고 쉽게 내성을 획득합니다.

시토신 함유량을 묻는 문항은 DNA 이중나선의 구조와 샤가프의 법칙을 이해하고 있는지 알아보는 것입니다. DNA를 이루는 염기 중 아데닌과 티민, 구아닌과 시토신은 수소결합을 통해 짝지어져 상보적인 이중나선을 구성합니다. 따라서 이중나선 DNA를 가진 모든 생물체에서 아데닌과 티민의 함유량은 같고 구아닌과 시토신의 함유량도 같아야 합니다. 그렇다면 이중나선 DNA를 가지지 않는 것도 있을 수 있다는 말인데 실제로 단일가닥 DNA를 가진 바이러스도 존재합니다. 물론 이 때는 샤가프의 법칙이 성립하지 않겠지요. 이 문제는 제시문을 파악하는 능력과 바이러스와 DNA에 관한 약간의 지식만으로 해결되는 문제입니다.

▶ 예시답안

- 1) 항생제는 우리 몸의 세포는 죽이지 않으면서 세균이 자라는 것을 억제하거나 세균을 죽일 수 있습니다. 그러나 바이러스를 없애는데는 항생제가 도움이 되지 않습니다. 바이러스는 세포 안으로 침투해 세포를 감염시키기 때문에 그 세포를 죽이지 않고 바이러스만을 없앨 수 있는 약을 개발하기가 어렵습니다.
- 2) 돌연변이가 쉽게 일어나면 그만큼 환경에 빠르게 적응할 수 있습니다. 즉 바이러스 표면 단백질의 유전자가 바뀌면 숙주 안에서 생겨난 항체의 공격을 피할 수 있고 백신의 효과를 무력화시킬 수 있는 것입니다. 또한 감염시킬 숙주세포의 종류 자체를 바꿀 수도 있게 되므로 환경의 변화에 쉽게 대처해 자신을 증식시킬 수 있는 장점이 있습니다.

아데닌의 함유율이 20%이면 티민의 함유율도 20%가 되고 따라서 시토신과 구아닌의 합이 60%가 됩니다. 시토신과 구아닌의 비율은 같으므로 결국 시토신의 함유율은 30%입니다.

▶ 관련문제

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1) 현재 다른 전염병보다 사스(SARS)를 예방하거나 치료하기가 어려운 이유를 면역의 측면에서 설명하시오(2004년 단국대 수시).2) 박테리오파지 $\Phi\times 174$는 단일가닥 DNA로 이루어진 바이러스다. 이 DNA에서 아데닌의 함유율이 30%라면 다른 염기의 농도를 계산할 수 있는가? |
|---|

2. 빛과 색소의 합작품 - 광합성

▶ 기본개념

광합성색소 : 광합성을 하는 생물에서 광합성의 에너지원인 햇빛을 흡수하는 여러 가지 색소로 동화색소라고도 한다. 광합성 생물에는 녹색식물, 녹조류, 갈조류, 홍조류, 차축조류, 광합성세균이 있다. 고등녹색식물과 조류는 엽록소a가, 광합성세균은 세균엽록소a가 중요한 광합성색소이며 이 밖에도 엽록소b, c, d, e와 세균엽록소b, c, d가 있다. 광합성색소는 광합성 생물과 함께 진화했으며 광합성 생물의 유연관계와 계통에 따라 색소의 비율도 다르다. 엽록소 외의 광합성색소로는 노란색과 붉은색을 띠는 카로티노이드와 조류에 들어있는 피코빌린 등이 있다.

▶ 기출 및 예상문제

광합성에 필요한 빛에너지를 흡수하는 모든 색소는 엽록체에 존재한다. 모든 광합성 생물은 기본적으로 엽록소 또는 박테리오클로로필을 갖고 있으며 그 외에 다른 보조 색소들을 갖고 있다. 고등식물의 엽록소는 지구상에 도달하는 태양 광선의 가시광선 영역에서 적색광과 청색광을 잘 흡수하며 엽록소가 잘 흡수하지 못하는 영역은 카로티노이드와 같은 보조 색소들이 흡수한다. 카로티노이드는 400~550nm 근처의 빛을 흡수하며 오렌지색이나 노란색을 띤다.

- 1) 식물의 잎이 봄과 여름에는 초록색으로 보이고 가을에는 누렇게 보이는 이유를 설명해 보시오(2001년 서울대).
- 2) 만약 녹색파장을 흡수하는 색소가 하나 더 있다면 나뭇잎은 무슨 색으로 보일까?
- 3) 버섯은 광합성을 하지 못하고 파래는 광합성을 하는 이유는 무엇일까?
- 4) 파래, 미역, 김은 모두 광합성을 한다. 그런데 해양생태계에서 이들이 수면으로부터 수직적 분포를 보이는 이유는 무엇일까?
- 5) 광합성에서 빛이 하는 역할을 설명해 보시오.

▶ 전문가 클리닉

이번 문제는 광합성 과정에 관해 구체적으로 묻는 것이라기보다는 빛과 그 에너지를 흡수하는 색소에 관한 문제입니다. 흔히 간과하기 쉬운 식물과 조류 분류에 관한 지식도 필요합니다. 이미 '식물의 잎은 왜 녹색인가', '단풍이 드는 원리에 대해 설명하라'와 같은 문제들이 출제된 바 있습니다. 생물이 에너지를 내는 방식과 관련해 광합성, 호흡 문제는 빈번히 출제되므로 반드시 정리하고 넘어갑시다. 특별히 광합성은 대부분의 생명체들이 살아가는데 필요한 에너지를 얻는 첫 단계로 생물공부의 기초입니다. 광합성의 명반응·암반응 과정, 광합성에 영향을 주는 요인을 호흡과 연관시켜 상호 비교하는 심층적인 문제가 자주 출제되고 있습니다.



▶ 예시답안

- 1) 우리의 눈은 가시광선만을 볼 수 있습니다. 그런데 햇빛이 어떤 물체를 만나면 그 물체는

햇빛 중에서 어느 파장에 해당하는 부분을 흡수하게 됩니다. 그리고 흡수되지 않고 남은 부분이 반사돼 우리 눈에 들어와서 그 물체의 색을 나타내는 것입니다.

식물에서 녹색으로 보이는 부분에는 엽록체가 있는데 엽록체 내에 존재하는 색소인 엽록소 때문에 녹색으로 보입니다. 엽록소에는 여러 종류가 있고 각기 다른 파장의 빛을 흡수합니다. 명반응에 직접 참여하는 엽록소a는 주로 청자색과 적색 빛을 흡수해 광합성에 이용하고 녹색 빛을 반사시키기 때문에 잎이 녹색으로 보입니다.

한편, 가을이 되면 온도가 내려가고 수분과 영양분이 줄어들어 잎 속에 있던 엽록소가 조금씩 파괴됩니다. 잎 속에는 카로티노이드 계통의 노란색 색소가 같이 함유돼 있으나 엽록소의 색에 가려져 나타나지 않다가 엽록소a, b의 양이 줄어드는 가을이 되면 그 색을 나타내 잎이 누렇게 됩니다.

- 2) 나뭇잎이 반사하는 초록색을 흡수하는 엽록소가 있다면 거의 모든 빛이 흡수되고 아무 빛도 반사되지 않기 때문에 나뭇잎은 검은색으로 보일 것입니다.
- 3) 버섯은 광합성에 필요한 엽록소와 같은 광합성색소를 갖고 있지 않기 때문에 빛에너지를 이용할 수 없고 파래는 엽록소를 갖기 때문에 광합성을 할 수 있습니다.
- 4) 빛은 파장별로 바닷물 속에 도달하는 깊이가 다릅니다. 또한 각각의 광합성 생물은 다른 종류의 색소를 갖고 있고 광합성에 이용하는 빛의 파장도 다르므로 다른 깊이의 바닷물에서 삽니다. 즉 얕은 수심의 파래는 녹조류로 적색 파장을 주로 이용하고, 갈조류인 미역은 갈색 색소를 함유해 약간 깊은 바다에 살며, 홍조류인 김은 적색 색소를 함유해 청색 파장을 주로 이용하기 때문에 이들은 수직적 분포를 보입니다.
- 5) 빛은 파동성 외에도 광자라는 에너지입자로 행동하는 특징이 있는데, 파장이 짧을수록 에너지는 커집니다. 엽록체 속의 색소 분자가 광자를 흡수하면 전자는 에너지를 얻어서 흥분상태로 전이됩니다. 엽록소가 흥분된 전자를 인접해 있는 1차 전자수용체로 넘겨주면서 명반응이 시작됩니다. 이 고에너지 전자가 전자전달계를 따라 내려가며 에너지를 유용한 형태로 전환합니다.

색소집합체인 반응중심과 1차 전자수용체, 광자를 흡수해 에너지를 전달하게 하는 안테나 분자들의 집합체를 광계라고 하는데, 두 종류의 광계가 알려져 있습니다. 결론적으로 유기물 합성에 필요한 ATP나 NADPH를 빛에너지에 의해 생겨난 고에너지 전자가 만들어주는 것입니다.

▶ 관련문제

- 1) 광합성 종류에 따라 식물을 분류해 보시오(2001년 서울대).
- 2) 엽록체에 대해 설명해 보시오(2005년 명지대).
- 3) 광합성에서 빛이 하는 역할을 이산화탄소가 어떻게 고정되는지와 연관지어 설명하시오(2003년 경북대).

2005년 11월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물] 풀만 먹고 살 수는 없나요?

날씨가 제법 쌀쌀해졌습니다. 수험생 여러분들 모두 건강에 유의하면서 마지막까지 최선을 다하길 바랍니다. 이번 달에는 여러 기출문제를 참고해 신경계, 소화, 집단유전학에 관한 문제를 준비했습니다. 에너지 대사와 DNA, 그리고 유전자를 비롯해 다른 내용들도 잘 알아두시기 바랍니다.

1. 급하면 돌아가라 - 무조건반사와 신경계

▶ 기본개념

생물의 행동 : 선천적 행동에는 주성, 무조건반사, 본능이 있고 후천적 행동에는 각인, 조건반사, 학습, 지능에 의한 행동이 있다.

무조건반사 : 자극에 대해 무의식적으로 일어나는 선천적 반응. 대뇌와 관계없이 반사 중추인 척수와 연수에서 직접 운동신경에 명령을 내려서 반응이 빠르게 일어나는 반사경로다.

▶ 기출 및 예상문제

우리는 주위의 환경변화에 대응해서 적절한 행동을 취한다. 다음의 행동을 읽고 물음에 답하시오(2002년 서울대·2004년 호서대 응용).

- A. 고운이는 뜨거운 주전자를 만졌을 때 곧바로 손을 뗐다.
 - B. 보라는 그림책에서 포도 그림을 보자 저절로 입안에 침이 고였다.
 - C. 하늘이는 여러 번 넘어지는 실패를 거듭한 후 마침내 자전거를 잘 탈 수 있게 됐다.
- 1) 신경계는 크게 중추신경계와 말초신경계로 나눌 수 있다. 중추신경계에 대해 간략히 설명해 보시오.
- 2) A, B, C와 같은 행동을 각각 무엇이라 하며 이들 행동 사이에는 어떤 차이점이 있는가?
- 3) A와 같은 행동을 할 때 우리 몸에서 일어나는 작용에 대해 설명해 보시오.

▶ 전문가 클리닉

생물의 특성 중 하나는 외부 환경의 변화에 적절히 반응한다는 점입니다. 선천적 행동과 후천적 행동의 차이, 신경계의 구분 그리고 특정 반응이 일어나는 장소를 잘 알아두도록 합시다.

선천적으로 형성되는 무조건반사에 반해 조건반사는 후천적인 경험을 통해 형성됩니다. 음식을 입에 넣었을 때 침이 나오는 것은 무조건반사이고, 종소리와 함께 먹이를 먹다보면 나중에는 종소리만 들어도 침이 나오는 것은 조건반사입니다. 조건반사는 대뇌피질에서 일어난다고 알려져 있으며 무조건반사는 연수와 척수에서 일어납니다. 뜨거운 것이 닿았을 때 몸을 재빨리 피하는 것이나 발끝에 뾰족한 물체가 닿으면 다리가 저절로 올라가는 것, 무릎반사처럼 무의식적으로 하는 행동들은 모두 무조건반사의 예입니다. 뉴런의 구조라든지 자극의 전달과정도 잘 설명할 수 있도록 연습하시기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 중추신경계는 뇌와 척수로 구성됩니다. 뇌는 감각과 운동, 정신작용, 조건반사의 중추인 대뇌, 몸의 균형을 유지하는 중추인 소뇌, 체온조절을 하는 간뇌, 안구 운동을 조절하는 중뇌, 심장 박동, 호흡 운동, 소화 운동의 중추인 연수로 구성됩니다. 척추 속에 있는 원기둥 모양의 척수는 운동신경과 감각신경이 지나가는 통로이며 연수와 연결됩니다.
- 2) A는 무조건반사입니다. 태어날 때부터 유전적으로 갖고 있는 선천적 행동으로 자극에 대한 무의식적 반응이며 대뇌를 거치지 않고 척수를 통합니다. B는 조건반사로 대뇌에 기억된 과거의 경험에 의해 일어나는 후천적인 반사입니다. C는 시행착오학습인데 이것은 학습과정에서 많은 시행착오를 되풀이하면서 올바른 행동을 할 수 있게 되는 것입니다.
- 3) 외부 자극에 반응하기 위해서는 정보를 신체의 한 부분에서 다른 부분으로 보내야 하는데 이런 기능을 수행하는 전 체계를 신경계라고 합니다. 감각기관에서 정보를 받아들이면 감각신경을 통해 중추신경계에 도달해 감각이 성립하고 이것을 분석해 적절한 명령을 보내면 운동신경을 거쳐 명령이 작용기에 도달해 반응이 일어납니다. 뜨거운 주전자를 만졌을 때 얼른 손을 떼는 반응은 무조건반사의 전형적인 예입니다. 무조건반사를 척수반사라고도 하는데 이유는 감각신경을 따라 이동하는 신호가 일반적인 반응처럼 대뇌를 거치지 않고 척수에서 U턴해 운동신경으로 전달되기 때문입니다. 즉 외부 자극이 뇌까지 전달되기 전에 척수에서 반응해 명령이 내려지는 것으로 이 반사의 중추는 대뇌가 아닌 척수라 할 수 있습니다. 뇌를 거치는 반사보다 빠르기 때문에 몸을 보호하는 중요한 메커니즘이 됩니다.

관련문제

뉴런에서 자극이 전달되는 과정을 설명하시오(2001년 서울대).

2. 풀만 먹고 살 수는 없나요? - 탄수화물의 소화

▶ 기본개념

소화 : 음식물 속의 영양소를 흡수할 수 있는 형태로 분해하는 과정이다. 소화에는 기계적 소화와 화학적 소화가 있는데 기계적 소화는 음식물을 이와 혀, 턱으로 잘게 부셔서 소화액과 접촉할 표면적을 넓히는 과정을 말한다. 화학적 소화는 소화기관의 각 부위에서 분비되는 소화액이 음식물을 분해하는 과정이다. 소화액에는 소화효소가 포함되어 있어서 고분자의 영양소를 저분자의 물질로 가수분해한다.

탄수화물 : 일반식은 $C_n(H_2O)_m$ 이고 단당류, 이당류, 다당류로 분류할 수 있다. 주에너지원으로 쓰인다.

▶ 기출 및 예상문제

우리가 먹는 음식물 속의 영양소는 크게 탄수화물, 지방, 단백질로 나눌 수 있다. 그 중 탄수화물은 에너지원으로 쓰이는 포도당처럼 간단한 것에서부터 녹말이나 셀룰로오스처럼 복잡한 분자까지 그 구조가 매우 다양하다.

- 1) 동물에게는 셀룰로오스(섬유소)를 분해하는 소화효소가 없다. 사람은 셀룰로오스를 섭취하지

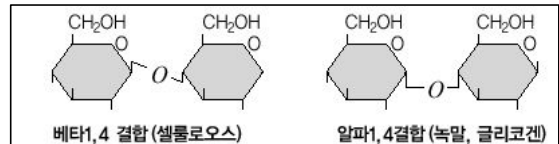
만 분해하지 못해 그대로 배설시킨다. 그런데도 소, 말, 염소, 토끼 등 많은 초식동물은 식물의 셀룰로오스를 소화해서 영양분을 얻는다. 이것이 어떻게 가능할까? 또한 이런 동물의 체 내에서 셀룰로오스가 가수분해되면 어떤 분자가 생길까? (2003년 가톨릭대 수시)

2) 우리가 먹는 쌀밥 속의 녹말은 어떻게 소화되는지 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

몸 속에 들어온 음식물이 궁극적인 에너지원으로 쓰이기 위해 거치는 과정을 알아두는 것은 매우 중요합니다. 이를 위해 각 고분자들의 구조와 그것의 분해에 관여하는 효소, 그리고 효소들이 작용하는 장소에 대해 먼저 알아야 합니다.

탄수화물은 우리 몸에서 에너지를 내는데 가장 많이 이용되는 영양소이며 탄소, 수소, 산소로 이뤄져 있습니다. 탄수화물은 크기에 따라 단당류, 이당류, 다당류로 나뉩니다. 이 중 녹말과 글리코젠, 셀룰로오스는 다당류에 속합니다.



다당류는 수천 개의 단당류들이 모여 만든 분자로 종류마다 포도당의 연결방향이나 연결방법 등이 조금씩 다릅니다. 위 문제의 셀룰로오스는 식물세포벽의 주성분인데 사람은 셀룰로오스를 분해하는 효소를 갖고 있지 않아 이를 이용하지 못합니다.

▶ 예시답안

1) 초식동물의 소화관 안에는 미생물과 원생생물들이 자라는 특별한 방이 있습니다. 비록 초식동물은 셀룰로오스를 소화시킬 수 없지만 박테리아와 원생생물들이 셀룰로오스를 당과 영양분으로 바꾸기 때문에 초식동물은 이것을 흡수하거나 또는 미생물을 통째로 소화함으로써 셀룰로오스로부터 영양분을 얻을 수 있는 것입니다.

또한 초식동물의 소화관은 매우 길어서 영양분과 오랫동안 접촉하기 때문에 소화과정이 그만큼 더 효율적입니다. 특히 소나 염소 같은 되새김동물은 먹은 것을 되뱉어 다시 씹기 때문에 이 과정에서 섬유소가 연해져서 쉽게 분해되고 박테리아에 의한 소화도 잘 일어납니다. 그리고 셀룰로오스는 포도당이 탈수결합을 통해 연결된 축합중합체이므로 가수분해되면 단당류인 포도당이 될 것입니다.

2) 우리가 먹은 쌀밥은 먼저 입 안에서 씹혀서 부서집니다. 이 과정에서 쌀밥을 이루고 있는 녹말이 아밀라아제에 의해 이당류인 엿당으로 분해됩니다. 잘게 부서진 채로 침과 섞인 음식물은 식도의 연동운동에 의해 위를 지나 소장에 도달합니다. 소장에서 다시 아밀라아제가 나와 아직 남아있는 녹말을 엿당으로 분해하며 말타아제는 엿당을 단당류인 포도당으로 분해합니다. 마지막으로 포도당은 소장의 상피세포에 난 융털을 통해 모세혈관으로 들어갑니다.

관련문제

밥을 오래 씹어 먹으면 어떤 이점이 있는지 설명하시오.

3. '열성'이라고 해서 사라지는 것은 아니다 - 집단유전학

▶ 기본개념

유전자 풀(pool) : 연구의 대상이 되는 한 집단 내의 유전자의 총합. 집단을 이루는 모든 개체들이 가진 대립인자 전부를 말함.

하디-바인베르크 평형 : 이상적인 집단에서는 유전자의 발생 빈도가 여러 세대를 지나도 일정하게 유지된다는 것.

▶ 기출 및 예상문제

진화가 일어나지 않는 가상의 이구아나 집단이 있다고 하자. 이 집단은 물갈퀴가 있는 이구아나와 물갈퀴가 없는 이구아나로 이뤄져 있다. 이구아나의 물갈퀴는 하나의 유전자에 의해 발현되는 형질이라고 가정하고 물갈퀴가 없는 발의 대립인자(W)는 물갈퀴가 있는 대립인자(w)에 대해 완전 우성이라고 하자. 1000마리의 이구아나로 구성된 이 집단에서 물갈퀴가 없는 이구아나가 960마리, 물갈퀴가 있는 이구아나가 40마리라고 할 때 다음 질문에 답하시오.

- 1) 물갈퀴가 없는 이구아나의 유전자형은 무엇인가?
- 2) 각 대립인자의 유전자빈도를 구하시오.
- 3) 생물의 진화는 하디-바인베르크의 평형이 깨져 집단의 유전자풀이 변하는 것이다. 하디-바인베르크의 평형을 깨뜨리는 요인들을 설명하시오(2005년 서울대).

▶ 전문가 클리닉

최근의 출제 경향을 보면 진화에 관한 부분도 잘 알아둬야 함을 알 수 있습니다. 가장 기본이 되는 멘델의 유전법칙과 함께 하디-바인베르크의 평형을 꼭 정리해두기 바랍니다.

1900년대 초 하디와 바인베르크는 어떤 생물집단에서 유전자형의 빈도를 알아내고 그 빈도가 세대에 따라 변화하는 양상을 추적할 수 있는 방정식을 만들었는데 이것을 하디-바인베르크 방정식이라고 합니다. 어떤 형질이 한 쌍의 대립유전자 A와 a에 의해서 조절될 때 이 중 우성 대립유전자의 빈도를 p, 열성 대립유전자의 빈도를 q라 하면 $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ 이 됩니다. 대립유전자는 두 개이므로 한 유전자의 빈도에 다른 유전자의 빈도를 더하면 100%가 돼야 합니다. 따라서 $p + q = 1$ 입니다.

▶ 예시답안

- 1) WW 또는 Ww입니다.
- 2) 물갈퀴가 있는 발의 유전자형은 ww이며 w의 빈도를 q라고 하면 ww는 1000마리 중 40마리이므로 $q^2 = 40/1000 = 0.04$, 따라서 $q = 0.2$ 입니다. w의 빈도가 0.2이므로 W의 빈도 q는 0.8입니다. ($\because p + q = 1$)
- 3) 하디-바인베르크의 법칙이 성립하기 위해서는 여러 조건들이 필요합니다. 먼저 집단의 크기가 충분히 커야 하고, 교배는 임의로 일어나야 하며, 돌연변이가 일어나지 않아야 하고, 또한 다른 개체가 집단 내로 유입되거나 집단 내의 개체가 밖으로 이동하는 경우가 없어야 하며, 자연선택이 일어나지 않아야 합니다. 자연 상태의 모든 집단은 하디-바인베르크의 평형을 유지하지 못하고 대립인자의 빈도가 조금씩 변합니다.

하디-바인베르크의 평형을 깨뜨리는 요인 중 첫째는 '유전적 부동'입니다. 이것은 작은 개체군 내에서 우연히 발생하는 유전자 풀의 변화를 말합니다. 소수의 개체들이 고립된 지역

에서 새로운 집단을 형성하는 경우나 재해 등으로 개체수가 급격히 줄어든 후 소수의 생존자들에 의해 새로운 집단이 형성되는 경우에 이전의 집단과는 유전자 빈도가 크게 달라질 수 있다는 것입니다.

또한 가정과 달리 실제 자연에서는 임의적 교배가 아닌 선택적 교배가 이뤄지고 있으며 개체의 생식력이나 신체 특성의 차이에 따라 자연선택이 일어나 유전자풀이 환경에 적응하기 유리한 방향으로 변하게 됩니다. 마지막으로 자연에서는 많은 요인에 의해 돌연변이가 일어나서 새로운 대립인자가 생길 수 있습니다.

2005년 12월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]세포호흡, 생명공학 기술

기다렸던 수능시험도 끝나고 이제 본격적으로 심층면접에 대비해야 하는 시점입니다. 마지막까지 최선을 다하는 모습을 보여주기 바랍니다. 이번 호에서는 에너지 대사와 생명체의 특성에 관한 기출문제, 그리고 유전자 발현에 관한 문제를 살펴봤습니다. 출제 가능성이 높은 것들을 중심으로 정리했으니 잘 알아두시기 바랍니다.

1. 산소가 없다면? - 호흡 (2005년 경희대 수시 1학기)

우리의 폐는 산소(O_2)와 이산화탄소(CO_2)가 교환되는 곳으로 생명을 유지하기 위해 필수적인 기관이다. 산소의 지속적인 공급 및 이산화탄소의 방출 없이는 생명을 유지할 수 없기 때문이다. 그렇다면 생명을 유지하기 위해서 산소가 하는 주된 역할은 무엇이며 그 결과로 왜 이산화탄소가 생성되는지 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

사람은 단 몇 분이라도 숨을 쉬지 못하면 생명을 유지하지 못합니다. 이렇게 산소가 생존에 필수적인 이유는 전자를 강하게 끌어당기는 산소의 성질이 에너지 대사에서 중요한 역할을 담당하기 때문입니다. 사람 뿐 아니라 다른 생물체들도 전자의 흐름을 통해 필요한 에너지를 얻는데 이 과정을 잘 알아둘 필요가 있습니다.

▶ 예시답안

생명체는 효소의 도움으로 에너지가 풍부한 유기물 분자를 에너지가 낮은 작은 분자로 체계적으로 분해하는데 이 과정에서 방출되는 에너지의 일부는 세포가 이용할 수 있는 화학에너지의 형태로 보존됩니다. 세포는 이런 이화작용에 의해서 방출되는 에너지를 ATP로 저장한 후 다시 ATP를 분해하면서 에너지를 얻습니다. 이런 과정을 세포호흡이라고 합니다.

세포호흡이란 쉽게 말해 포도당과 같은 유기물질을 분해해 에너지로 만드는 과정입니다. 이 과정은 포도당이 갖고 있던 전자를 NADH로 전달하면서 시작됩니다. 그러면 NADH는 이 전자를 전자전달자에게 전달하고 이런 전자전달반응이 계단식으로 연이어 일어납니다.

첫번째 전자전달자가 산화되면서 두번째 전자전달자가 환원되고 다시 두번째 전자전달자가 산화되면서 세번째 전자전달자가 환원되는 식으로 전자가 전달되다가 최종으로 산소가 전자를 받습니다.

즉 세포호흡에서 산소의 역할은 최종으로 포도당의 전자를 받음으로써 전자전달계가 계속 작동하게 해서 에너지가 꾸준히 생성되도록 하는 것입니다. 또한 이 과정에서 이산화탄소가 생성되는 까닭은 에너지원으로 쓰이는 탄수화물, 지방, 단백질에 탄소와 수소가 들어있어 이들이 산화됐기 때문입니다.

2. 암호를 해독하기까지! - 유전자 발현

다음 제시문을 읽고 질문에 답하시오(2002년 서울대·2005년 명지대 응용).

(가) 모건은 초파리의 여러 표현형과 염색체를 연구해 유전자설을 주장했다. 왓슨과 크릭은 DNA의 구조가 이중나선임을 밝혔다. 오초아 등은 유전암호(genetic code)를 풀어냈다. 이런 연구의 결과, DNA 상의 유전자가 RNA로 전사되고 그 다음 단백질로 만들어진다는 사실을 알게 됐으며, 이는 센트럴도그마라고도 불린다.

(나) DNA칩(DNA microarray)은 유전체학과 생물정보학, 컴퓨터공학, 그리고 기계공학이 접목된 21세기 생명공학기술의 대표적 산물이다. 현재 이 기술은 미지의 유전자가 가진 기능을 대량으로 밝히는 기능유전체학 연구의 필수적인 도구로 자리매김하고 있다.

1) DNA와 RNA의 차이를 설명하시오.

2) 유전자와 DNA의 차이점을 설명하시오.

3) 유전자 발현의 정의와 과정 그리고 그 산물은 무엇인지 설명하시오.

4) 생물정보학에 대해 설명하시오.

5) 벼 유전자칩에 대해 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

DNA와 RNA의 구조, 유전자의 개념과 단백질 발현과정은 매우 중요합니다. 이 분야는 어떤 형태로든 출제될 가능성이 높기 때문에 기본적인 지식은 물론이고 DNA칩과 같은 응용기술에 대해서까지 알아두는 것이 필요합니다. 또한 유전자 특허나 유전자 조작과 같은 생명공학 기술의 윤리적인 측면도 빼놓지 말고 공부해두기 바랍니다.

생물정보학이란 생물체의 유전정보 등 다양한 생명현상에 관한 방대한 정보를 컴퓨터를 사용해 정리·분석·해석하는 최신 분야입니다. 이와 같은 학문이 등장하게 된 이유는 생명현상 연구의 결과로 너무나 많은 양의 정보들이 쏟아져 나오고 있기 때문입니다.

이와 함께 포스트 게놈 시대에 바이오 강국을 만들기 위한 기반 기술로는 DNA칩, 생물정보학, 질환동물 모델, 프로테오믹스, 단일염기다양성 (SNP) 등이 꼽히고 있습니다. 이런 최신 기술의 동향에 대해서도 어느 정도는 알아두는 것이 좋습니다.

DNA칩은 엄지손톱만한 크기의 실리콘 판 위에 수천·수만 개의 DNA를 올려놓은 것으로 대량의 유전자에 대해서 그 발현의 변화를 신속하게 분석할 수 있는 기술입니다. 이때 유전자 발현의 변화를 보기 위해서는 RNA의 양을 측정합니다. 우리가 알고 있는 유전자의 DNA 염기서열과 검색하고자 하는 시료의 RNA 염기서열이 상보적일 때 둘은 결합하게 되므로 그 결합 정도로서 시료 속 유전자의 발현 양을 판별할 수 있는 것이죠. 벼 유전자칩 문제는 명지대 기술문제인데 아마도 해당 대학에서 연구하고 있는 분야와 주제와 관련지어 출제된 것으로 보입니다.

▶ 예시답안

1) DNA와 RNA는 우선 뉴클레오타이드를 구성하는 5탄당의 종류에서 차이가 납니다. RNA의 5탄당은 2번 탄소에 -OH기가 결합해있는 리보오스인 반면에 DNA의 5탄당은 -OH기 대신 -H가 결합한 형태의 디옥시리보스입니다. 염기의 구성에 있어서는 DNA와 RNA가 모두 아데닌, 구아닌, 시토신을 갖고 있으며 그 외에 DNA는 티민을, RNA는 우라실을 갖고 있습니다. 또한 DNA 분자는 두 가닥의 뉴클레오타이드 사슬이 나선형으로 꼬인 형태이지만 RNA는 외가닥의 분자로 존재하고 부분적으로만 다른 가닥과 결합할 수 있습니다.

한편 DNA는 일반적으로 RNA보다 더 안정하며 길어도 수만 배 정도 더 깁니다. 또한 자

연적인 분해나 효소에 의한 분해에 더 잘 견디며 혹 손상되더라도 반대 가닥이 상보적인 정보를 갖고 있기 때문에 원래의 서열이 쉽게 회복됩니다. 반면 RNA는 -OH기가 있기 때문에 DNA보다 반응성이 크고 한 가닥이기 때문에 서열이 변할 가능성도 크다고 할 수 있습니다.

- 2) DNA는 염기, 당, 인산으로 구성된 뉴클레오티드가 길게 연결된 중합체입니다. 반면 유전자는 유전형질을 나타내주는 인자로서 연속된 전체 DNA 염기서열 중에서 일부 부위만을 가리키는 용어입니다. 즉 유전자는 하나의 폴리펩티드에 대한 정보를 지닌 염기서열상의 단위라고 할 수 있으며 그 본체는 DNA입니다.

- 3) 유전정보가 단백질로 만들어지는 일련의 과정을 유전자 발현이라고 합니다. DNA 상의 유전정보가 RNA로 전사되고 그 RNA가 특정 단백질로 해독됐을 때 그 유전자가 발현됐다고 말하는 것이죠. 이것은 유전자형이 표현형으로 나타나는 과정이기도 합니다.

해독과정은 개시, 신장 그리고 정지의 3단계로 진행됩니다. 먼저 리보솜이 mRNA와 결합하고 여기에 메티오닌을 가진 개시 tRNA가 결합하면서 폴리펩티드 합성이 시작됩니다. 그러면 mRNA의 코돈과 결합할 수 있는 안티코돈을 가진 tRNA가 자신의 아미노산과 결합한 채로 개시코돈 다음에 위치한 코돈에 결합하죠. 다음으로 메티오닌과 tRNA의 결합이 끊어지면서 tRNA가 떨어져 나가고 대신 메티오닌과 그 다음 아미노산이 연결됩니다. 이후 같은 과정이 연속적으로 일어나면서 폴리펩티드가 점점 길어집니다. 정지코돈에 이르면 리보솜이 mRNA로부터 떨어져 나가면서 폴리펩티드의 신장이 정지되고 단백질 합성이 완성됩니다.

- 4) 생물정보학은 생물학(Biology)과 정보학(Informatics)의 합성어입니다. 넓은 의미로는 컴퓨터를 이용해 생명과학을 연구하는 모든 분야를 포괄해 지칭하며 좁은 의미로는 DNA와 단백질의 서열과 구조에 관한 정보를 저장하고 관리, 이용하고자 하는 학문분야를 가리킵니다.

생물정보학은 컴퓨터와 소프트웨어를 활용해 유전자의 염기서열 데이터를 분석하고 이렇게 밝혀낸 유전자의 기능을 재구성해 생명공학에 다양하게 응용하도록 해줍니다. 생물정보학이 등장한 것은 분자생물학, 유전공학의 급격한 발전과 게놈 프로젝트의 결과로 축적된 엄청난 양의 정보를 체계적으로 데이터베이스화하고 효율적으로 분석, 이용하기 위해서입니다. 즉 생물정보학은 생명현상에 관한 데이터를 표현, 저장하고 배분해서 예측도구를 만들어 과학자로 하여금 서열정보에 기반해 생물체의 기능과 형태를 해석하고 모델링하도록 하는 것입니다.

생물정보학은 앞으로 의학, 농업, 환경, 화학분야 등에 막대한 파급효과를 가져올 것으로 예상되며 인류가 당면한 문제인 질병과 식량, 환경문제를 해결하는데도 유용하게 사용될 것으로 보입니다. 예를 들면 질병의 원인으로 의심되는 유전자 정보를 지닌 집단과 정상 집단 사이의 비교 분석을 통해 질병의 원인유전자를 찾아내고 연관 관계를 밝힘으로써 질병의 원인을 규명하는 데 활용할 수 있는 것입니다. 또한 신약개발에도 유용한 도구가 될 수 있습니다.

- 5) DNA칩은 1000~3만개의 서로 다른 유전자 단편을 집적한 것입니다. 벼 유전자칩은 3×8cm 크기의 유리판에 수많은 벼 유전자들을 붙여놓은 것인데, 분석하고자 하는 세포에서 RNA를 추출한 후 유전자칩과 반응시키면 유전자의 발현 정도에 따라 색깔이 다르게 나타납니다. 즉 유전자의 활동이 왕성한 것과 그렇지 않은 것을 색깔로 구분해 컴퓨터 시스템이 이를 감지하고 분석함으로써 대량의 유전자를 탐색하게 하는 것입니다.

한편 벼는 유전체 염기서열 분석이 완료된 생명체 중 하나입니다. 이로 인해 벼 유전자칩이 가능하게 됐으며 궁극적인 목표는 벼에 존재하는 각 유전자의 기능을 밝히고 그 중 유용한 유전자를 선택적으로 발현시켜서 신기능, 고부가가치의 식물을 창출하는 것입니다.

▶ 관련문제

1. 생물정보학(Bioinformatics)이 무엇인지 정의하고 그 활용 분야에 대해 설명하시오(2004년 서울여대 수시).
2. 유전물질이 단백질이 아닌 DNA라는 사실을 증명하기 위해 방사성 동위원소를 어떻게 사용했는지 설명하시오.

3. 살아있다는 것은? - 생명체의 특성 (2003년 경북대 수시)

“생명이란 무엇인가?”를 정확하게 정의하기는 어렵다. 생물학자들이 공통적으로 인식하는 생명체의 특성과 생명과학을 공부하는 이유를 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

생명을 정의한다는 것은 쉬운 일이 아니지만 생명체가 가진 기본적인 특성을 나열해 보는 것만으로도 생명의 기본개념에 가까이 갔다고 할 수 있습니다. '무생물과 생물간의 차이를 말하라', '바이러스를 생명체로 생각하는가'와 같은 문제는 많이 출제됐습니다.

▶ 예시답안

생명체는 다음과 같은 공통적인 특징을 지닙니다. 첫번째는 구조가 복잡하게 조직돼 있으며 그 기본 단위는 세포라는 것입니다. 두번째는 다양하게 변하는 외부환경에 대해 내부환경을 유지시키는 조절기작, 즉 항상성을 지니고 있다는 것입니다. 세번째로 생명체는 성장과 발생과정을 거치며 자신의 유전물질을 복제해 자손을 만들어내는 생식을 합니다. 네번째는 물질대사를 통해 에너지를 획득해 생명활동에 이용한다는 것이며 다섯번째는 외부의 자극에 대해 반응한다는 것입니다. 마지막으로 생식을 통해 진화한다는 것도 생명체의 특성입니다.

생명과학을 공부하는 이유는 생명과학이 일상생활과 직접 관련돼 있으며 인류를 위협하는 환경오염과 질병 등의 문제를 해결하는데 도움을 주기 때문입니다. 생명과학 분야의 기초지식이 의학이나 농학 등에 응용될 경우 신약 개발, 질병 치료 및 작물의 생산성 향상 등에 기여할 수 있습니다. 마지막으로 생명과학은 생명체를 연구의 대상으로 삼기 때문에 우리 자신에 대한 이해를 넓히고 지적 호기심을 충족시키는 데 도움이 됩니다.

▶ 관련문제

1. 생명과학부에서는 어떤 학문을 다루는가(2002년 부산대)?
2. 생물이란 무엇인지 말해보시오(2002년 부산대).

2006년 01월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물] 몸속의 쓰레기는 어디로? - 흡수와 배설

- 1) 체내에서 소화된 양분의 흡수는 어떻게 일어나고 흡수된 양분은 어떤 경로로 몸의 각 부분에 이동되는지 설명하시오.
- 2) 사람의 몸 안에서 노폐물은 어떻게 만들어지고 어떤 방법에 의해 몸 밖으로 배설되는지 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

영양분의 흡수과정과 노폐물의 배설에 관한 단순한 지식을 묻는 문제입니다. 소장에서 양분의 흡수가 일어난 후 물에 잘 녹는 것들과 그렇지 않은 것들이 서로 다른 경로를 거친다는 것을 기억하시면 됩니다. 각 영양분의 구조와 분해과정, 분해의 결과로 생기는 노폐물의 배설경로도 자세히 알아두시기 바랍니다. 실제로 신장의 기능은 자주 출제되는 문제 중 하나입니다.

▶ 예시답안

- 1) 소화효소에 의해 작은 단위로 분해된 양분은 소장의 안쪽 벽에 있는 융털에서 흡수됩니다. 당당류나 아미노산 같은 수용성 양분은 소장의 상피세포를 거쳐 모세혈관으로 흡수됩니다. 이 중 일부의 포도당은 간에서 글리코젠 형태로 저장되고 나머지는 간장맥을 거쳐 하대정맥을 통해 심장으로 들어간 후 온몸의 조직세포로 이동합니다. 지용성인 지방산과 글리세롤은 융털의 상피세포에서 작은 지방 입자로 합성돼 암죽관으로 흡수된 후 림프관을 따라 심장으로 들어가고 피부 밑이나 간 등에 저장됩니다.
- 2) 우선 탄수화물과 지질은 주된 에너지원인데 이 물질들은 탄소, 수소, 산소로 이뤄져 있고 체내에서 분해된 후 이산화탄소와 물이 됩니다. 이산화탄소는 외호흡과정에서 폐를 통해 몸 밖으로 나가고 물은 땀이나 오줌을 통해 배출됩니다. 그리고 단백질과 핵산은 질소도 포함하므로 여러 가지 질소함유 노폐물을 만드는데, 대표적인 것이 독성이 강한 암모니아입니다. 조직세포에서 생성된 암모니아는 혈관을 통해서 간으로 운반된 후 간에서 요소로 바뀝니다. 요소는 다시 혈관을 돌다가 신장에 도달하면 다른 노폐물들과 같이 오줌으로 배설됩니다. 즉 신장 사구체의 모세혈관으로 들어간 혈액은 여과 과정을 거쳐 원뇨가 됩니다. 원뇨가 세뇨관을 흐르는 동안 필요한 물질과 대부분의 물은 모세혈관으로 다시 흡수되고 여과되지 못하고 혈액에 남아 있던 요소, 요산, 크레아틴 등의 노폐물은 세뇨관으로 분리됩니다. 이렇게 노폐물은 농축되면서 오줌이 돼 결국 몸 밖으로 배설됩니다. 또한 땀샘에서도 약간의 요소와 물, 염분이 땀으로 배설됩니다.

[생물] 유전자가 망가지면? - 유전정보

다음은 붉은빵곰팡이를 이용해 DNA의 역할을 알아본 실험이다. 다음 물음에 답하시오.
비들과 테이텀은 1941년 야생종 붉은빵곰팡이의 포자낭에 X선을 쬌어 돌연변이를 일으킨 후 이 포자를 포도당, 무기염류, 비타민만을 포함한 최소 배지에서 배양했다. 야생종 붉은빵곰팡이는 필요한 물질을 스스로 합성할 수 있기 때문에 최소 배지에서도 잘 자란다. 그러나 X선을 쬌인 붉은빵곰팡이는 필요한 물질들을 합성할 수 없어 필요한 물질들을 넣어줘야만 최소

배지에서 살 수 있다. 이런 개체를 영양 요구주라고 한다. 다음은 3가지 종류의 아르기닌 영양 요구주를 가지고 실험한 것이다.

I형 - 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린, 아르기닌 중 한 가지만 넣어주면 산다.

II형 - 최소 배지에 오르니틴을 넣어주면 살지 못하지만 시트룰린이나 아르기닌 중 한 가지를 넣어주면 산다.

III형 - 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린을 넣어주면 살지 못하지만 아르기닌을 넣어주면 산다.

- 1) X선을 쬔 이유의 무엇인가? X선을 쬔 균주들은 왜 최소배지에서 살지 못하는가?
- 2) 이 실험결과를 바탕으로 이 세 물질의 대사과정을 말해보라.
- 3) 이 실험을 통해 비들과 테이텀이 하나의 유전자의 산물이라고 생각한 것은 무엇이며 그것이 타당한지에 대해 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

위 글은 비들과 테이텀의 실험내용으로 유전자의 산물이 무엇인지 정확히 이해하는지 묻는 문제입니다. 생체는 살아가기 위해 여러 경로의 물질대사 과정을 가지며 각각의 과정은 효소에 의해 매개됩니다. 효소의 주성분은 단백질이며 단백질의 아미노산 서열에 대한 정보는 각각의 유전자에 들어있습니다. 효소를 구성하는 아미노산 서열에 관한 정보는 유전자에 담겨있지만 유전자가 효소에 대한 정보만을 담고 있는 것은 아니라는 것을 이해하시기 바랍니다. 길게 이어진 아미노산이 만드는 폴리펩티드 하나의 사슬에 대한 정보의 단위를 유전자라고 생각하면 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 붉은빵곰팡이의 DNA에 돌연변이를 일으키기 위해서입니다. 돌연변이가 일어난 균주들은 대사과정에서 필요한 효소들을 만들어내지 못하기 때문에 필요한 물질을 합성하지 못하게 되고 따라서 최소배지에서는 살지 못합니다.
- 2) II형을 보면 이 세 물질의 대사과정 중 오르니틴이 가장 앞 단계의 물질이라는 것을 알 수 있습니다. 오르니틴 다음단계에 필요한 효소를 합성하는 유전자에만 돌연변이가 생겼기 때문에 시트룰린이나 아르기닌을 넣어줄 때는 살 수 있습니다. 이와 같이 생각하면 다음 III형에서는 아르기닌이 이 대사과정의 마지막 물질이라는 것을 추측할 수 있습니다. 아르기닌이 중간이나 첫 단계에 올 경우 아르기닌만 넣어줬을 때 살 수 있다는 것을 설명할 수 없기 때문입니다. 그러므로 이는 오르니틴이 시트룰린이 되고 시트룰린이 아르기닌으로 바뀌는 대사과정입니다.
- 3) 이 실험의 결과만 본다면 각각의 돌연변이 균주들은 하나의 특정 유전자에 돌연변이가 일어났고, 그 결과로 특정 유전자의 산물인 효소가 작동하지 못했으므로 하나의 유전자 산물은 하나의 효소라고 할 수 있습니다. 실제로 비들과 테이텀은 돌연변이가 일어난 영양 요구주에서 살아가는데 필요한 효소가 결핍돼 있다는 것과 특정 효소를 만드는 유전자에 결함이 있다는 것을 밝힘으로써 하나의 유전자가 하나의 효소합성에 관여한다는 '1유전자-1효소설'을 주장했습니다. 그러나 인슐린이나 헤모글로빈 같은 다른 단백질들도 유전자의 산물이지만 효소는 아닌 것이 밝혀지면서 '1유전자-1단백질설'이 제기됐습니다. 또한 그 이후에 헤모글로빈 같은 단백질은 여러 개의 폴리펩티드 사슬로 형성되며 각각의 폴리펩티

드가 특정 유전자에 의해 지정된다는 사실이 알려졌으므로 '1유전자-1폴리펩티드'가 더 정확합니다.

[생물] ATP를 만들때까지 - 세포호흡

세포호흡과 전자전달계에 관한 다음 글을 읽고 질문에 답하시오.

가) 세포호흡은 세 단계의 연속적인 반응으로 나눌 수 있다. 첫 두 단계는 해당과정과 크렘스 회로이며 세 번째 단계는 전자전달계다. 해당과정과 크렘스 회로를 통해 세포는 하나의 포도당에서 4개의 ATP, 10개의 NADH, 2개의 FADH_2 분자를 얻고 이들 분자에 저장된 에너지를 사용하기 위해서는 모든 에너지가 ATP 형태로 바뀌어야 한다.

나) 미토콘드리아의 외막은 편평하지만 내막은 주름이 많은 크리스타 구조를 하고 있다. 크리스타에는 전자전달계의 전자 운반체들이 들어 있다. 내막은 H^+ 에 대한 투과력이 없기 때문에 기질의 H^+ 농도는 외막과 내막 사이의 공간인 간극보다 낮아지게 돼 내막을 경계로 기질과 간극 사이에 H^+ 의 농도 경사가 형성된다.

다) 미토콘드리아를 분리해서 pH8.0의 약한 알칼리 용액에 넣어 완전히 적응시킨 다음 ADP와 인산이 들어 있는 pH4.0의 비교적 강한 산성 용액으로 옮기면 ATP 합성이 일어난다.

라) 디니트로페놀(dinitrophenol : DNP)이라고 불리는 짝풀림제(uncoupler)는 미토콘드리아 내막에 작용해 수소 이온이 내부로 흘러 들어오게 해서 H^+ 농도 기울기를 형성하는 것을 방해한다.

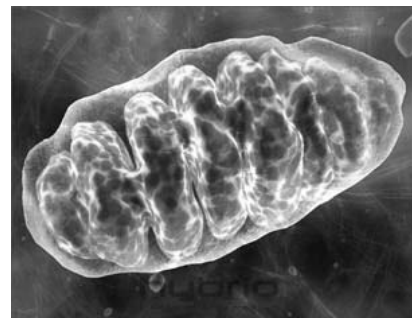
- 1) 해당과정에 필요한 초기 물질들은 무엇인지 설명하라.
- 2) 나)에서 크리스타 구조가 주름 형태인 것은 어떤 장점이 있겠는가?
- 3) 나)와 다)의 결과로부터 ATP 합성에 중요한 역할은 하는 것은 무엇이라고 할 수 있는가?
- 4) 라)의 글을 참조해 DNP가 존재하는 경우와 그렇지 않은 경우 하나의 포도당 분자에서 만들어지는 ATP는 각각 몇 개가 되겠는지 설명하라.
- 5) 이렇게 만들어진 ATP는 우리 몸에서 어떻게 쓰이는지 개략적으로 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

세포호흡에 관한 전반적인 지식과 사고력을 측정하는 문제입니다. 세포호흡시의 단계별 생성물과 ATP 합성과정을 전체적으로 이해해야 하며 구체적인 과정도 짚어보시길 바랍니다. 모든 생물은 ATP에서 나오는 에너지에 의존하는데 ATP는 기질적 인산화와 산화적 인산화라는 두 가지 방법으로 만들어집니다.

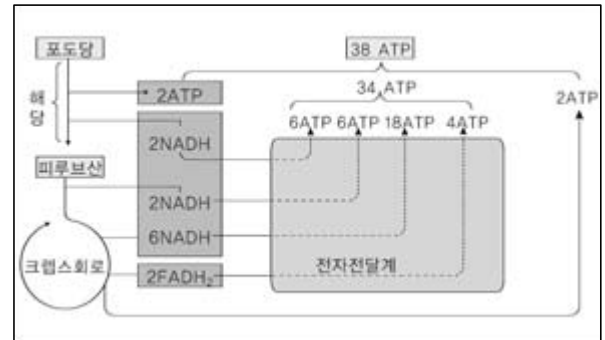
1978년에 미첼은 화학 삼투설로 노벨상을 받았는데 전자전달과정에서 형성된 H^+ 의 농도 경사가 ATP 합성의 직접적인 에너지가 된다는 것이 화학 삼투설이며, 이것은 산화적 인산화를 설명하는 이론입니다. DNP같은 화합물이 있을 경우 H^+ 의 농도 경사는 만들어지지 않지만 전자전달은 일어나므로 열은 발생하지만 ATP 합성은 일어나지 않을 겁니다. 즉 이때는 해당과정과 크렘스 회로에서 생성되는 ATP가 전부겠죠.

대사과정과 더불어 ATP 합성기관의 구조를 이해하는 것도 중요합니다. 호흡 활동이 활발한 심장이나 근육세포의 미토콘드리아에 크리스타가 더욱 발달돼 있는 것은 크리스타 속에 전자전달과 ATP 합성에 필요한 효소들이 있다는 것을 의미합니다.



▶ 예시답안

- 1) 해당과정은 포도당이 분해되는 과정이므로 우선 포도당이 필요합니다. 해당과정을 시작하기 위해서는 약간의 에너지가 필요하므로 ATP가 있어야 하며 각 화학반응 단계를 촉매할 효소가 있어야 합니다. 또한 ADP와 무기 인산, 그리고 포도당 분자를 산화시키는 전자전달자인 NAD^+ 가 필요합니다.



- 2) 주름 형태는 표면적을 넓혀주는 역할을 합니다. 따라서 더 많은 전자전달계와 ATP합성효소가 미토콘드리아의 내막에 자리 잡을 수 있게 되며 결과적으로 한번에 많은 ATP를 생산할 수 있는 장점이 있습니다.
- 3) 이것은 화학 삼투설을 입증해 주는 실험인데 미토콘드리아 내막을 사이에 두고 형성된 H^+ 농도 기울기가 ATP 합성에 중요한 역할을 한다고 할 수 있습니다. 즉 내막의 바깥에 높은 농도로 존재하는 H^+ 이온은 다시 안쪽으로 돌아오려는 힘이 생기고, 이때 ATP 합성효소가 ADP와 무기 인산을 결합시켜서 ATP를 합성합니다.
- 4) NADH 분자에서 나오는 전자가 전자전달계를 거치면서 최대 3개의 ATP가 만들어지고 FADH_2 분자는 2개의 ATP를 만들 수 있으므로 하나의 포도당에서는 총 38개의 ATP가 만들어집니다. 만약 DNP가 존재한다면 H^+ 농도 기울기가 형성되지 못하므로 전자전달계에서 ATP를 만들지 못할 것입니다. 따라서 해당과정과 크렙스 회로에서 나오는 ATP가 전부이므로 ATP 4개만이 만들어질 것입니다.
- 5) ATP는 포도당이 재흡수될 때나 소장에서 양분이 능동수송될 때 물질이 농도 경사를 거슬러서 이동할 수 있는 힘을 제공합니다. 또한 ATP는 근육 수축의 에너지원이며, 체온을 유지하고 단백질이나 녹말 등의 고분자물질을 합성하는데 이용됩니다.

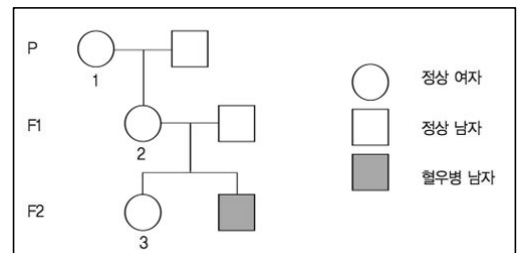
2006년 02월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]흐르는 피를 멈추게 하라

이번 호에서는 2006년도 서울대 특기자전형 기출문제를 비롯해 호르몬과 혈우병 등 주요 주제에 관한 문제들을 살펴봤습니다. 출제경향을 살펴보면 단편적인 지식보다는 사고력 측정에 중점을 두고 있으며, 기본 개념에 대한 이해를 바탕으로 종합적인 문제해결을 할 수 있는지에 평가의 초점이 맞춰져 있다는 것을 알 수 있습니다. 평소 교과서 수준의 개념을 충분히 이해한 후 이를 종합적으로 응용해 문제를 해결해보는 훈련을 하시기 바랍니다.

3. 흐르는 피를 멈추게 하라 - 혈우병

출혈이 시작되면 멈추지 않는 병인 혈우병은 반성유전의 대표적인 예다. 다음 혈우병 유전자계도를 보고 물음에 답하시오.



- 1) 혈액 응고 기작에 대해 개략적으로 설명하시오.
- 2) 1, 2, 3에 대해 혈우병 유전자의 잠재성(보인자) 여부를 설명하시오(혈우병 유전자는 열성이다).
- 3) 혈우병은 어떤 방법으로 치료할 수 있겠는가?

▶ 전문가 클리닉

반성유전에 대한 이해와 혈액 응고 과정에 관한 기본 지식이 요구되는 문제입니다. 혈우병은 선천성·유전성 질환으로 혈액응고인자가 결핍된 것이 그 원인입니다. 혈우병의 원인은 여러가지 혈액응고인자 중에서 제8인자, 제9인자가 전혀 없거나 혹은 매우 부족하기 때문인데 결핍된 인자의 종류에 따라서 혈우병A, 혈우병B로 분류합니다. 혈우병의 치료방법과 함께 다른 잘 알려진 질병들의 치료방법에 관해서도 한번쯤 생각해보는 기회를 갖기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 상처가 나서 혈액이 밖으로 나오면 혈소판이 파괴됩니다. 그러면 트롬보키나아제가 칼슘(Ca^{2+})과 함께 프로트롬빈을 트롬빈으로 활성화시킵니다. 이 과정에는 혈장이나 혈소판에 있는 많은 인자가 관여합니다. 트롬빈은 피브리노겐을 실 모양의 단백질인 피브린으로 활성화시키고 피브린이 혈구와 엉키면서 혈액이 응고됩니다.
- 2) F2의 혈우병 남자는 혈우병 유전자 X'을 갖고 있습니다. 이것은 어머니로부터 물려받은 것이므로 2의 유전자형은 X'X, 즉 보인자(잠재성)입니다. 2가 가진 X' 역시 그 어머니로부터 전해진 것이므로 1도 보인자(잠재성)입니다. 보인자인 2와 정상인 남자(XY)사이에서 태어난 3은 정상(XX)이거나 잠재성(X'X)이 되며 그 확률은 각각 50%입니다.
- 3) 혈우병은 혈액응고인자의 이상으로 생긴 병이므로 혈액응고인자를 직접 투입하거나 그 유전자를 세포 내로 주입시키는 유전자치료법으로 치료할 수 있을 것입니다.

▶ 추가문제

상처가 발생했을 때 피브린을 합성하는 대신에 혈액 내에 피브리노겐을 저장하고 있는 것은 어떤 장점이 있을까?

▶ 예시답안

피브리린을 새로 합성하는 것보다는 피브리노겐이 피브리린으로 활성화되는데 걸리는 시간이 더 짧을 것입니다. 즉 혈액 내에 피브리노겐을 저장하고 있을 경우 상처가 났을 때 더욱 빨리 출혈을 막을 수 있다는 장점이 있습니다.

[생물]인슐린의 기능과 생산

2. 당뇨병 환자의 구원 - 인슐린의 기능과 생산 (2004년 강원대)

인슐린을 비롯한 여러 호르몬은 우리 몸의 항상성을 유지하는데 중요한 역할을 한다.

- 1) 인슐린을 분비하는 곳은 어디인가?
- 2) 인슐린이 정상적으로 분비되지 않을 때 일어나는 체내의 변화에 대해 설명하시오.
- 3) 유전자 재조합 방법으로 인슐린을 제조하려고 한다. 제조 과정을 간단히 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

혈당량 조절과 인슐린에 관한 내용은 꾸준히 출제되는 주제 중 하나입니다. 인슐린 외의 다른 호르몬에 대해서도 그 기작을 알아둬야 하며 항상성의 개념에 대해서도 알아야 합니다. 또한 생명공학 분야와 관련해 유전자 재조합 방법도 소홀히 할 수 없는 내용입니다. 제한효소, 리가아제, 벡터가 각각 어떤 기능을 하는지 정확히 이해하기 바랍니다. 유전자의 개념과 그 발현에 대한 전체적인 이해도 매우 중요합니다.

▶ 예시답안

- 1) 인슐린은 이자의 랑게르한스섬의 베타 세포에서 분비됩니다.
- 2) 인슐린은 혈액 속에 포도당 농도가 높을 때 분비됩니다. 인슐린이 분비되면 체세포는 더 많은 포도당을 흡수하기 시작하고 간과 근육세포는 포도당을 글리코젠으로 만들어 저장하므로 결국 혈당량이 낮아지게 됩니다.

만약 인슐린이 정상적으로 분비되지 않는다면 세포는 혈액으로부터 충분한 양의 포도당을 취하지 못해 포도당 대신 체내의 지방이나 단백질을 에너지원으로 사용하게 됩니다. 또한 음식을 분해해서 얻은 포도당이 혈액에 그대로 남아있게 돼 혈당량이 극도로 높아지고 여분의 포도당이 소변으로 배출됩니다.

- 3) 인슐린 유전자와 플라스미드를 제한효소로 자른 후 절단된 DNA와 플라스미드를 리가아제(ligase)로 결합시킵니다. 그 다음 재조합된 DNA를 형질전환을 통해 대장균 세포 내에 주입합니다. 대장균의 세포가 증식하면서 인슐린 DNA를 포함하고 있는 플라스미드도 함께 복제되고 그 안의 인슐린 유전자가 발현돼 인슐린 생산이 대량으로 이뤄집니다.

그런데 진핵생물의 유전자에는 원핵생물과 달리 '인트론(intron)'이란 부위가 존재합니다. 이 부분은 아미노산을 암호화하지 않기 때문에 진핵생물에서는 유전자 발현과정 중 인트론 부위가 제거됩니다. 그러나 대장균은 원핵생물이라서 인트론을 없애는 메커니즘을 갖고 있지 않습니다. 따라서 사람의 인슐린 유전자를 대장균에 그대로 넣을 경우 인트론이 제거되지 않아 유전자 발현과정에 문제가 생길 수 있습니다. 이를 해결하려면 사람의 인슐린 유

전자에서 만들어진 초기의 mRNA에서 인트론 서열을 제거한 후 역전사 효소를 사용해 상보 DNA(cDNA)를 만들어야 합니다. 이것을 대장균에 주입시키면 인슐린 유전자가 정상적으로 발현돼 인슐린을 얻을 수 있습니다.

▶ 관련문제

인슐린 부족으로 발병한 당뇨병 환자의 경우 인슐린을 공급받아야 한다. 그러나 정상인에서 조차 인슐린의 절대량은 매우 적어서 지금까지는 소나 돼지 같은 가축의 인슐린을 추출해서 사용해왔다. 만약 사람의 인슐린 유전자를 대장균에 넣어 사람의 인슐린을 생산한다면 어떤 좋은 점이 있을까? (2003년 카톨릭대 수시)

▶ 예시답안

소나 돼지의 이자에 들어있는 인슐린 함유량은 매우 적어 당뇨병 환자를 치료하기에 턱없이 부족하며 그런 까닭에 가격도 매우 비쌉니다. 또한 가축의 인슐린은 사람의 인슐린과 아미노산 1, 2개 정도의 서열이 다르기 때문에 부작용이나 거부반응이 일어날 가능성이 있습니다. 이와 달리 사람의 인슐린 유전자를 대장균에 삽입할 경우 적은 비용으로 많은 양을 생산할 수 있으며 거부반응이 없다는 장점이 있습니다.

[생물]게놈의 구조와 정보

1. 염색체의 정체는? - 게놈의 구조와 정보 (2006년 서울대 특기자전형)

지난 2001년 인간 게놈의 염기서열 1차 분석이 발표됐다. 이에 따르면 게놈의 크기는 30억 염기쌍이며 약 4만개의 단백질 정보를 갖고 있다고 한다. DNA 염기쌍 하나의 평균분자량이 660이고 아미노산 하나의 평균분자량이 110이라 할 때 아래 물음에 답하시오.

- 1) 사람의 세포에서 발견되는 단백질의 평균 분자량은 3만 3000 정도다. 인간 게놈에 들어있는 전체 정보량 중 단백질에 대한 정보가 차지하는 비율은 얼마일까?
 - 2) 인간 게놈 중 단백질에 대한 정보를 제외한 나머지 부위에는 어떤 정보가 들어있을까?
 - 3) 염색체 1개의 평균 무게는 얼마일까? (염색체는 DNA와 단백질로 이뤄져있으며 그 무게 비는 대략 1 : 1 이다.)
 - 4) 사람의 몸을 구성하는 전체 세포 수가 60조라면 사람의 체중에서 염색체가 차지하는 무게는 얼마일까?
 - 5) 인간 게놈의 정확한 염기서열은 사람마다 조금씩 다르다. 연구에 의하면 염기쌍 1000개 당 1개꼴로 개인차가 발생한다고 한다. 아래 A,B,C의 상황에서 게놈의 유전정보는 '자신'과 비교해 어떠할지 설명하시오.
- A. 자신의 일란성 쌍둥이 자매가 가진 세포 B. 자신의 난자로부터 유도된 이배체 세포
C. 자신의 뱃속에서 자라는 여아

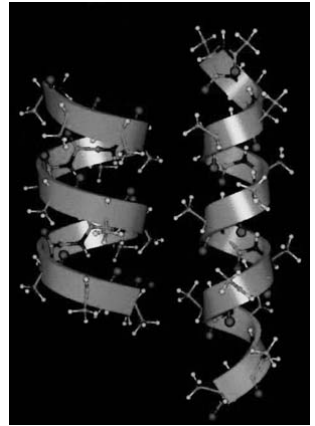
▶ 전문가 클리닉

간단한 기초 지식을 활용해 보다 깊은 사고를 할 수 있는지를 측정하는 문제입니다. DNA 염기 3개가 아미노산 하나를 지정한다는 사실과 수백개의 아미노산들이 연결돼 단백질을 이룬다

는 것은 잘 알고 있겠지요? 그 밖에도 분자량의 정확한 정의를 알아두는 것과 '게놈 크기'의 기준이 무엇인지에 대한 상식도 필요합니다. 분자량이란 어떤 분자 1몰($=6.02 \times 10^{23}$ 개)의 질량을 말하는 것이고 30억쌍의 게놈 크기란 반수체(n)를 기준으로 하는 것이지요.

▶ 예시답안

- 1) 단백질의 평균분자량이 3만3000이고 아미노산의 평균분자량은 110이므로 하나의 단백질은 평균 300개의 아미노산으로 구성된 셈입니다. 또한 하나의 아미노산은 염기 3개에 대응하므로 300개의 아미노산, 즉 단백질 하나를 만들기 위해서는 900개의 염기가 필요합니다. 게놈에 포함된 약 4만개의 단백질에 해당하는 염기의 수를 게놈을 이루는 총 염기의 수로 나누면 전체 정보량 중 단백질에 대한 정보가 차지하는 비율을 구할 수 있습니다. $40000 \times 900 / 3 \times 10^9 = 0.012$, 즉 단백질에 대한 정보가 전체 게놈에서 차지하는 비율은 약 1.2%입니다.
- 2) 인간의 게놈 서열 중에서 단백질에 관계된 정보를 담고 있는 부분은 극히 일부에 불과합니다. 단백질을 합성하지 않는 나머지 부위에는 rRNA나 tRNA를 만드는 유전자가 포함되어있으며 RNA중합효소나 전사인자가 결합하는 부위 등도 있습니다. 여기에 RNA중합효소나 전사인자가 붙어 단백질의 발현을 조절하게 되는 것이죠. 그 외에 아미노산을 암호화하는 서열들 사이사이에 삽입된 서열도 있습니다. 이 서열을 인트론(intron)이라고 하는데 이 부분은 아미노산을 암호화하지 않습니다.
- 3) DNA 게놈 전체의 무게는 $660 \times 3 \times 10^9$ g입니다. 이것을 6×10^{23} 으로 나누고 다시 염색체 개수인 23으로 나눕니다. 그렇다면 단백질의 무게를 고려해 2를 곱하면 약 2.87×10^{-13} g이 됩니다.
- 4) 체세포에는 46개의 염색체가 들어있으므로 체세포 1개에 들어있는 염색체 무게는 $46 \times 2.87 \times 10^{-13}$ g입니다. 우리 몸을 이루는 60조개의 세포가 모두 체세포라고 가정하면 $46 \times 2.87 \times 10^{-13} \times 60 \times 10^{12} = 792.1$, 즉 염색체의 무게는 약 792g입니다.
- 5) A는 자신과 완벽하게 일치합니다. B는 반수체(n)인 자신의 난자로부터 유도된 이배체(2n) 세포이므로 염색체 한 세트는 완전히 일치하고 나머지 절반은 약간 다를 것입니다. C는 전체 염색체 중 한 세트인 절반(n)은 자신과 일치하고 나머지 절반(n)은 자신과 다른 개인차를 보일 것입니다.



▶ 관련문제

DNA 이중나선을 이루는 1개의 염기쌍(base pair, bp)의 분자량은 660g/mol이며 1몰의 DNA에는 6.022×10^{23} 개의 copy가 들어있다. 1kilo bp 길이의 DNA 1g 속에는 몇 개의 DNA 분자가 포함돼 있겠는가? (2005년 성균관대 수시)

▶ 예시답안

1kilo bp 길이의 DNA 6.022×10^{23} 개의 질량이 1000×660 g이므로 1g 속에는 $6.022 \times 10^{23} / 6.6 \times 10^5 = 9.124 \times 10^{17}$, 즉 9.124×10^{17} 개의 DNA 분자가 포함돼 있습니다.

2006년 03월호 - 생물 면접 구술고사 완벽가이드

[생물]식물의 광합성

하늘이는 대관령에서 채소를 재배하는 삼촌 댁에 가보려고 한다. 대관령같이 고도가 높은 곳에서 배추 등의 작물이 효과적으로 재배된다는 말을 듣고 눈으로 확인해보기로 한 것이다. 하늘이는 며칠 집을 비울 것을 대비해 집에서 키우는 화분을 물 속에 담궈두고 집을 나섰다.

- 1) 고지대에서는 기온이 낮음에도 불구하고 효과적인 작물 재배가 이뤄질 수 있다. 그 이유는 무엇인가?
- 2) 하늘이가 키우는 식물은 어떻게 되었겠는지 예상하고 그 이유를 설명하시오. 또한 화분에 물을 주는 이유를 설명하시오(2003년 서울대 정시 응용).
- 3) 파래, 미역, 김도 광합성을 하지만 이들은 색깔이 다 다르고 수면에서부터 수직적으로 분포하고 있다. 그 이유는 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

광합성에 관한 총체적인 질문입니다. 우선 광합성의 의의와 과정에 관해 자세하게 알아야 하고 그 외에 식물의 호흡, 광합성 색소 등에 대한 지식도 필요합니다.

식물은 낮에 광합성의 결과로 얻은 양분 중 호흡과 생장에 쓰고 남은 양을 잎이나 뿌리, 줄기, 열매, 씨앗에 저장합니다. 고지대에서 작물 재배가 효과적인 이유는 광합성과 호흡에 미치는 온도와 관련이 있습니다. 즉 낮의 온도가 높으면 광합성이 잘 되지만 밤에 더우면 호흡량이 늘어난다는 사실과 관계가 있는 것이죠.

화분에 물을 주는 이유를 설명하라는 2)번 문항은 서울대 기출문제인데 너무나 당연한 것을 묻는 것이라고 생각될지도 모르지만 당연한 것을 설명하는 것이 바로 과학이라는 것을 잊지 말고 논리적인 답변을 내놓을 수 있도록 연습하시기 바랍니다. 광합성에 물이 필요하다는 기초 지식과 함께 생물체 내에서 물이 용매로 작용한다는 사실을 떠올린다면 답하기 어렵지 않은 문제입니다.

▶ 예시답안

- 1) 광합성에 영향을 미치는 요인에는 빛의 세기, 빛의 파장, 이산화탄소 농도, 온도 등이 있습니다. 그리고 식물의 성장 정도는 총광합성량에서 호흡량을 뺀 값인 순광합성량에 의해 정해집니다.

고랭지 채소는 평지에 비해 빛의 세기는 큰 차이가 없으면서 평균온도가 낮은 환경에서 재배되므로 총광합성량에 비해 호흡량이 적다는 특징을 보입니다. 고지대는 온도가 낮아서 광합성이 효과적으로 일어나기 어려운 측면이 있지만 또한 낮은 온도 때문에 식물의 호흡량이 줄어들어 전체적으로는 평지보다 광합성 효율이 높아질 수 있는 것입니다. 즉 온도가 낮아서 총광합성량이 줄어든 정도보다 호흡이 더 큰 정도로 줄어들 수 있고 이 경우 순광합성량이 평지보다 높아져서 효율적인 작물 재배가 가능해집니다.

- 2) 화분에 물을 지나치게 많이 주면 산소가 모자라게 됩니다. 따라서 산소호흡을 통해 에너지를 만들어내야 할 뿌리가 호흡을 원활히 하지 못하게 돼 잘 자라지 못하다가 결국 죽게 됩니다.

화분에 물을 주는 이유는 식물이 살아가기 위해서 물이 꼭 필요하기 때문입니다. 물은 높은 비열과 표면장력을 가지며 극성물질을 녹일 수 있어 좋은 용매가 될 수 있습니다. 지구상의 모든 생명체는 상당부분 물로 구성되어있고 식물도 마찬가지입니다. 식물의 뿌리는 흙 속의 물

과 함께 양분을 흡수합니다. 또한 식물은 빛에서 에너지를 흡수해 탄소동화작용인 광합성을 하고 이 때 이산화탄소를 환원시켜 탄수화물을 만드는데, 이 환원력은 물의 광분해를 통해 생긴 전자로부터 얻어집니다. 즉 물은 광합성을 수행하기 위한 필수 원료입니다.

- 3) 빛은 여러 가지 파장으로 이뤄져있고 각 파장별로 바닷물 속에 도달하는 깊이가 다릅니다. 각각의 광합성 생물은 다른 종류의 색소를 가지고 있어서 광합성에 이용하는 빛의 파장이 다르기 때문에, 각 파장의 빛이 가장 잘 도달하는 깊이의 바닷물에서 살게 됩니다. 즉 녹조류인 파래는 적색 파장을 주로 이용하므로 얕은 수심에 살고, 갈조류인 미역은 갈색 색소를 함유하므로 약간 깊은 바다에 살며, 홍조류인 김은 적색 색소를 갖고 있어 청색파장을 주로 이용하므로 더 깊은 바다에 삽니다. 이런 이유로 이들은 바닷속에서 수직적 분포를 보이는 것입니다.

[생물]세포의 구조

세포의 구조와 광합성, 유전적 다양성을 증가시키는 교차에 대해 알아보시다.

철수는 과학캠프에 참가해서 사람의 근육세포, 콩잎세포, 대장균세포에 대한 전자현미경 사진을 각각 2장씩 찍었다. 하지만 사진에 표시를 하지 않아서 어떤 사진이 어떤 세포를 찍은 것인지 구분할 수 없었다. 게다가 전자현미경 사진에 나타난 상은 크게 확대돼 있어서 전체적인 세포 모양은 보이지 않고 다음과 같이 세포내 구조물만이 보일 뿐이었다.

사진1 : 세포벽, 세포막

사진2 : 핵, 엽록체, 리보솜

사진3 : 세포막, 리보솜

사진4 : 골지체, 세포막, 중심립

사진5 : 핵, 조면소포체

사진6 : 미토콘드리아, 세포막, 세포벽



- 1) 어떤 사진이 어떤 세포를 찍은 것인지 구분하고 그 방법을 설명하시오.
- 2) 세균의 세포와 다세포생물의 세포는 내부구조(미세구조)가 어떻게 다른지 설명하시오 (2002년 서울대 정시 특기자 전형).
- 3) 세포내 소기관인 엽록체와 미토콘드리아의 기능을 설명하시오.
- 4) 사람의 근육세포 대신 피부세포를 관찰했다면 미토콘드리아의 개수는 어떻게 달랐을지 설명하고 근거를 제시하시오.

▶ 전문가 클리닉

진핵세포와 원핵세포의 차이점에 대한 기초적인 지식을 갖고 있는지, 그리고 에너지 대사에 관여하는 세포 소기관에 관해 알고 있는지 묻는 문제입니다. 원핵세포는 진핵세포와 달리 핵을 갖고 있지 않으며 이중막으로 구성된 여러 세포소기관들도 갖고 있지 않다는 사실을 잘 알아두기 바랍니다. 아울러 동물세포와 식물세포의 차이점도 정리해둬야 합니다. 참고로 대장균은 원핵생물이고 미토콘드리아도 갖고 있지 않으므로 전자전달계가 세포막에 위치하고 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 사진2는 콩잎세포를 찍은 것입니다. 엽록체는 식물세포에만 있으며 또한 핵이 있는 것으로 보아 진핵생물의 세포임을 알 수 있습니다. 세포벽과 미토콘드리아를 동시에 가진 사진6도 마찬가지로 콩잎세포를 찍은 것입니다. 중심립과 골지체가 보이는 사진4는 근육세포 사진이라고 생각할 수 있습니다. 중심립은 동물에만 있기 때문입니다. 나머지 사진 중 사진5는 핵이 있으므로 대장균이 아닌 근육세포를 찍은 것이고 세포벽이 보이는 사진1과 남아있는 사진3은 대장균 세포를 찍은 것입니다.
- 2) 세균의 세포는 원핵세포이고 다세포생물의 세포는 진핵세포입니다. 원핵세포의 세포질은 세포막에 싸여있고 세포막은 대개 세포벽으로 감싸여 있습니다. 원핵세포의 세포질에는 진핵세포 세포질에서 관찰되는 다양한 구조물들이 존재하지 않습니다. 즉 진핵세포만이 세포질 속에 막으로 둘러싸인 여러 세포소기관들을 가지는데 이런 막성 소기관들에는 핵, 소포체, 골지체, 미토콘드리아, 리소좀 등이 있습니다.
- 3) 모두 세포 내 에너지 대사에 관계하는 기관입니다. 미토콘드리아는 세포 내 호흡을 담당하는 기관으로 당과 같은 유기물을 산화시켜 세포의 활동에 필요한 에너지(ATP)를 생산합니다. 식물세포에만 있는 엽록체는 광합성을 담당하는 기관으로 빛에너지를 흡수해 무기물인 이산화탄소와 물로부터 유기물인 탄수화물을 합성합니다.
- 4) 피부세포는 근육세포에 비해 에너지 소모가 적어서 에너지를 생산하는 세포소기관인 미토콘드리아의 숫자가 더 적을 것입니다.

2006년 04월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물] 고산 지대에서 호흡이 곤란한 이유는

우리 몸은 영양소를 산화시켜 필요한 에너지를 얻고, 이 과정에서 생성된 이산화탄소를 몸 밖으로 배출한다. 또한 가스 교환이 일어나려면 호흡 운동에 의해 공기가 연속적으로 드나들어야 한다.

- 1) 호흡을 통해 몸 안으로 들어온 산소는 어떤 과정을 거치게 되는지 설명하시오(2004년 호서대).
- 2) 가스 교환이 원활히 일어나기 위해 폐는 어떤 구조를 갖추고 있는가? 호흡 운동은 어떻게 일어나고 조절되는가(2002년 서울대 정시)?
- 3) 고산 지대에 사는 사람이 평지에 내려오면 호흡에 곤란을 겪지 않으나, 평지에 사는 사람이 고산 지대에 가면 호흡에 곤란을 겪는 이유를 설명하시오(2003년 한양대 수시 2학기).
- 4) 흡연은 부분적인 호흡 장애를 일으킬 수 있다. 이를 혈액의 산소 운반과 관련지어 설명하시오(2002년 서울대 정시).

▶ 전문가 클리닉

호흡에 관한 문제를 정리해 봤습니다. 공기 중의 산소가 적혈구와 결합하기까지의 과정, 에너지 대사에서 산소의 역할, 호흡 운동이 일어나는 과정을 알아두기 바랍니다. 이산화탄소 농도에 의해 호흡 운동이 어떻게 조절되는가 하는 것은 특히 중요합니다. 3)번 문항의 경우, 단순히 고산 지대에는 산소가 부족하므로 호흡에 곤란을 겪는다 보다는 호흡의 원리와 관련된 답변을 해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 코로 공기 중의 산소를 들이마시면 산소는 인두와 후두를 지나서 기관으로 들어갑니다. 기관을 지난 산소는 기관지를 따라 폐에 도달하고 분압 차에 의해 폐포를 둘러싸고 있는 모세혈관으로 들어가게 됩니다.

혈관 내에서 대부분의 산소는 적혈구 속의 헤모글로빈과 결합해 온 몸으로 퍼지고 다시 분압 차에 의해 조직세포로 이동합니다. 조직세포 내에서 산소는 세포 호흡에 사용됩니다. 미토콘드리아의 전자전달계에서 전달돼 온 전자를 최종적으로 받아 물이 됩니다.

- 2) 폐는 약 3~4억 개의 폐포(허파파리)로 구성되어 있습니다. 폐포 주위를 모세혈관이 감싸고 있으며 폐포의 총 표면적은 체표면적의 40배나 될 정도로 넓어서 가스 교환의 효율성을 높여줍니다.

호흡은 폐를 둘러싸고 있는 늑골과 횡격막의 상하운동에 의해 일어납니다. 늑골이 위로, 횡격막이 아래로 내려가면 흉강의 부피가 커지면서 흉강 내부압력이 대기압보다 낮아져서 공기가 폐로 들어옵니다. 반대로 늑골이 아래로, 횡격막이 위로 움직이면 흉강의 부피가 줄어들면서 내부압력이 높아져 공기가 밖으로 빠져나갑니다.

호흡은 의식적으로도 조절할 수 있지만 연수에 있는 호흡조절중추에 의해서 무의식적으로 조절되고 여기에는 혈액 내의 이산화탄소 농도가 큰 영향을 미칩니다. 혈액 내의 이산화탄



소 농도가 증가하면 연수에서 교감 신경을 자극해 호흡이 빨라지게 하고 반대의 경우는 부교감 신경을 자극해 호흡이 느려지게 합니다.

- 3) 폐포에서 일어나는 가스 교환의 원리는 분압 차에 의한 확산입니다. 폐포의 산소 분압이 폐포를 싸고 있는 모세혈관의 산소 분압보다 높아서 모세혈관으로 산소가 확산되는 것입니다.

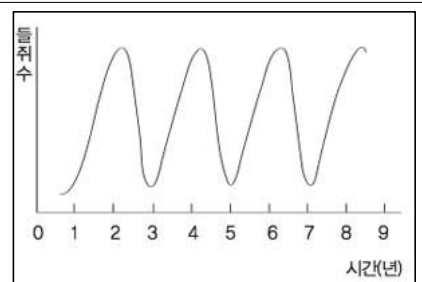
평지에 사는 사람이 공기가 희박한 고지대에 가면 고지대의 산소 분압, 즉 대기의 산소 분압이 낮기 때문에 폐포와 모세혈관 사이에 분압 차이가 줄어들어 산소가 잘 확산되지 않으므로 호흡에 곤란을 느끼게 됩니다.

그러나 고지대에 사는 사람은 환경에 대한 적응 결과로 적혈구 수가 많기 때문에 고지대에 서든 평지에서든 호흡에 어려움을 겪지 않습니다.

- 4) 담배 연기에는 일산화탄소가 들어있고 이것은 적혈구 속의 헤모글로빈과 결합합니다. 즉 헤모글로빈과 결합하기 위해 산소와 일산화탄소가 경쟁하게 되는데 일산화탄소와 헤모글로빈의 결합력이 산소와 헤모글로빈의 결합력보다 200배 이상 강해서 산소는 헤모글로빈과 결합하기 어려워집니다. 그러면 신체 각 부분으로 산소 운반이 잘 되지 않게 돼 호흡 장애가 나타납니다.

[생물] 올빼미와 들쥐의 관계

어느 지역에 초본류와 여러 종류의 나무들과 더불어 몇몇 동물 종이 살고 있다. 이 지역에서는 올빼미의 먹이가 되는 작은 들쥐(초식성 포유동물)를 비교적 많이 볼 수 있고 이 들쥐들은 우측 그림과 같은 개체군 크기 변화를 보인다.



- 1) 들쥐 개체군의 변화를 토양 속의 무기 염류량, 초본류의 생물량과 관련해 설명하시오.
- 2) '올빼미가 새끼를 많이 낳으면 풍년이 든다'라는 속담을 과학적으로 설명하시오.
- 3) 들쥐 개체군 밀도의 변화 주기를 말하고 이 지역이 북극 지방이었다면 밀도의 변화 주기가 어떻게 변할지 예상해보시오.

▶ 전문가 클리닉

개체군이란 생태계 내에서 환경을 구성하는 여러 종의 생물 중 같은 종의 개체가 모인 집단을 말합니다.

제시문을 살펴보면 초본류는 들쥐의 먹이가 되고 들쥐는 올빼미의 먹이가 된다는 사실을 알 수 있습니다. 이와 함께 먹을 것이 많아질 때 개체수가 늘어난다는 사실을 기억한다면 어렵지 않게 풀 수 있는 문제입니다.

▶ 예시답안

- 1) 토양 속에 유기물이나 생물의 사체가 늘어나면 그것이 분해되면서 무기염류 양이 늘어납니다. 그러면 초본류가 많아지고 초본류를 먹이로 삼는 들쥐의 개체군 밀도도 증가합니다.

반대로 식물이 많아져서 식물이 흡수하는 무기염류량이 많아지거나 무기염류가 빗물에 의해 씻겨 내려간다면 토양 속의 무기염류량이 줄어듭니다. 그러면 초본류가 잘 성장하지 못하고, 양이 줄어들어 들쥐의 개체군 밀도가 감소할 것입니다.

- 2) 올빼미는 새끼를 기를 때 들쥐를 잡아서 먹이므로 올빼미가 새끼를 많이 낳을수록 들쥐가 많이 사라집니다. 들쥐의 수가 줄어들면 들쥐의 먹이로 사라지는 곡식의 양도 줄어들기 때문에 수확량이 증가해 풍년이 들 것입니다.
- 3) 들쥐 개체군 밀도의 변화주기는 2년입니다. 기온이 낮은 북극지방에서는 화학반응의 속도가 느려지므로 전체적인 물질 순환 속도가 느려져서 변화주기가 더 길어질 것입니다.

[생물] DNA의 평균 길이를 구하시오

핵산은 염기, 당, 인산으로 구성된 뉴클레오티드라는 물질이 길게 연결된 것이며 크게 DNA와 RNA로 구분된다. DNA에서 인접한 염기쌍 사이의 거리는 $3.4 \times 10^{-10} \text{m}$ 이다. 또한 DNA는 핵 속에 존재하며 이 DNA의 유전정보에 따라 세포질에서 단백질이 합성된다. 한편 RNA는 DNA를 주형으로 해서 만들어지는 외가닥의 물질로서 이로부터 특정한 단백질이 합성된다.

- 1) 인간 게놈은 30억 개의 염기쌍으로 이뤄져 있다. 인간 세포의 염색체 하나에 들어있는 DNA의 평균 길이를 계산하시오.
- 2) 성숙한 mRNA의 염기서열이 주어져 있을 때 이에 해당하는 아미노산의 서열을 알아낼 수 있는가? 반대로 아미노산의 서열이 주어져 있을 때 이에 대응하는 mRNA의 염기서열을 알 수 있는가? 이유를 들어 설명하시오.
- 3) 염기가 치환될 때보다 염기가 결실되거나 삽입될 때 더 심각한 돌연변이가 나타난다. 그 이유를 설명하시오.
- 4) mRNA로부터 단백질이 만들어지는 과정을 조절하면 특정 단백질의 양을 조절할 수 있다. 이와 관련된 방법들을 추정해보시오.
- 5) 유전정보가 같음에도 불구하고 신경세포와 피부세포의 모양은 무척 다르다. 왜 그런지 유전자 발현의 관점에서 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

다소 어렵게 느껴질지도 모르지만 DNA로부터 단백질이 발현되는 과정은 매우 중요합니다.

먼저 DNA의 염기 서열이 단백질의 아미노산 서열을 결정한다는 것, 그리고 염기 세 개가 하나의 코돈을 이뤄 아미노산 하나를 결정한다는 것을 알아야 합니다.

또한 게놈은 한 개체가 가지는 유전 정보의 총합으로, 23개(n)의 염색체에 들어있는 DNA의 모든 염기서열이라고 생각하면 됩니다. 염기 세 개가 만들 수 있는 조합은 64가지인 반면 아미노산의 수는 20개에 불과하다는 사실을 기억한다면 2)번 문항에 답할 수 있을 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) 30억 개의 염기쌍은 염색체 23개(n)의 DNA를 기준으로 하므로 염기쌍 사이의 거리에 30억을 곱한 후 23으로 나누면 됩니다. 계산결과 답은 약 4.4cm입니다.
- 2) 모든 생물체는 같은 종류의 코돈을 사용하고 있고 그 코돈에 대응하는 아미노산이 밝혀져 있기 때문에 mRNA의 염기서열을 안다면 그에 해당하는 아미노산의 서열을 알아낼 수 있습니다. 하지만 64개나 되는 코돈이 20개의 아미노산과 정지 코돈을 지정하고 있기 때문에 하나의 아미노산에 대응하는 코돈의 개수는 여러 개가 됩니다. 따라서 아미노산의 서열로부터 정확한 mRNA의 염기서열을 밝혀낼 수는 없습니다.

- 3) 염기 세 개가 한 조를 이뤄 하나의 아미노산을 지정하므로 염기 하나가 치환되면 코돈에 해당하는 하나의 아미노산만 바뀌거나 혹은 바뀌지 않을 수도 있습니다(바뀐 코돈이 원래의 코돈과 동일한 아미노산을 지정할 경우).

그러나 염기가 결실되거나 삽입되면 그 지점 이후로부터 해독의 틀이 달라져서 그 아래의 모든 아미노산에 영향을 주게 됩니다. 완전히 다른 단백질이 만들어질 수도 있습니다.

- 4) 세포 내에서 mRNA가 분해되는 속도를 조절하거나 단백질의 합성 개시와 활성을 조절함으로써 최종적으로 만들어지는 단백질의 양을 조절할 수 있습니다.
- 5) 각 세포가 가지고 있는 유전자는 같지만 그 중 발현되는 유전자가 서로 다르기 때문입니다. 즉 똑같은 유전자들을 가지고 있더라도 어떤 유전자들이 어느 시점에, 얼마나 많이 발현되는지에 따라 각 조직세포의 모양이 다를 수 있습니다.

2006년 05월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]간 속의 효소가 과산화수소 분해에 미치는 영향

간 속에 들어있는 효소는 과산화수소를 분해시킨다. 복현이는 온도에 따라서 간 속에 들어있는 효소가 과산화수소 분해에 어떤 영향을 미치는지 궁금했다. 다음의 준비물을 이용해 복현이의 의문을 확인하기 위한 실험 과정을 설계하시오(2006년 경북대 수시).

준비물

- | | | | | | |
|---------|---------|-------|--------|------|------------|
| • 간 조각 | • 과산화수소 | • 시험관 | • 증류수 | • 얼음 | • 비커 |
| • 알코올램프 | • 온도계 | • 삼발이 | • 쇠그물망 | • 성냥 | • 스탠드 • 핀셋 |

▶ 전문가 클리닉

생명체는 효소 없이는 존재할 수 없습니다. 효소는 주성분이 단백질이며, 온도와 pH 등 주위의 환경에 따라 그 기능을 잘 발휘할 수도 있고 못 할 수도 있습니다. 이번 문제는 구술 심층 면접에서도 간혹 등장하는 실험설계로 효소의 특성을 제대로 이해하고 있다면 준비물을 잘 읽어보고 실험을 설계할 수 있을 것입니다.

▶ 예시답안

시험관에 1번부터 3번까지 번호를 표시한다. 세 개의 삼발이 위에 각각 쇠그물망을 올리고 그 위에 각각 비커를 올린다. 각 비커에 물을 넣고 스탠드에 시험관을 고정시킨 후 시험관이 비커의 물에 잠기도록 높이를 맞춘다. 각 비커에 온도계를 넣는다. 1번 시험관이 있는 비커에는 얼음을 넣고 2번 비커는 그대로 두고 3번 비커에는 삼발이 밑에 불을 붙인 알코올 램프를 둔다. 각 시험관에 증류수를 넣고 핀셋으로 간 조각을 넣는다. 5분이 지난 후 각 시험관에 증류수로 희석한 과산화수소를 넣고 과산화수소가 분해돼 발생하는 거품(산소)의 정도를 일정시간 동안 관찰한다. 각 시험관의 온도와 거품의 발생을 기록한다.

[생물]눈의 원근과 명암은 어떻게 조절되나?

인간의 눈은 외부에서 들어오는 정보의 80% 이상을 받아들인다. 또 여러 가지 색을 감지하고 먼 거리의 물체를 볼 수도 있으며 적은 양의 빛도 감지할 수 있다. 눈은 지름 2.5cm 정도의 공 모양으로 약 100만개의 시신경이 연결돼 있는 정밀한 감각기관이다.

- 1) 눈의 원근과 명암은 어떻게 조절되는가?
- 2) 화창한 봄날 밝은 곳에 있다가 극장 같은 어두운 곳에 들어가면 처음에는 물체가 전혀 보이지 않다가 시간이 지나면 서서히 잘 보이게 되는 이유를 설명하시오(2003년 덕성여대 수시).
- 3) 사람의 눈과 카메라를 비교해 보시오.
- 4) 어두운 곳에서 사물이 흑백으로 보이는 이유를 설명하시오

▶ 전문가 클리닉

자극과 반응 중 시신경에 관한 문제입니다. 빛이라는 자극이 대뇌의 시각중추로까지 전해지는 경로와 눈의 구조 및 기능에 대해서 잘 알아둡시다.

▶ 예시답안

1) 원근 조절은 수정체와 모양체가 담당합니다. 먼 곳의 물체를 볼 때는 모양체가 이완해 수정체가 얇아지고 가까운 곳의 물체를 볼 때는 모양체가 수축해 수정체가 두꺼워집니다. 명암 조절은 홍채가 수축과 이완을 하며 빛의 양을 달리함으로써 이뤄지는데 밝은 곳에서는 홍채를 이완해 빛이 적게 들어오게 하고 어두운 곳에서는 홍채를 수축해 빛이 많이 들어오게 합니다.



2) 망막의 시세포에는 빛을 수용해 광화학 반응을 일으키는 색소 단백질이 있습니다. 간상세포에서 일어나는 광화학 반응은 옵신과 레티넨으로 구성된 로돕신에 의해 일어납니다. 즉 로돕신은 빛을 받으면 옵신과 레티넨으로 분해돼 에너지를 방출하고 이 에너지는 시신경을 흥분시켜 이 흥분을 대뇌에 전달해 시각을 성립합니다.

그런데 밝은 곳에서 분해됐던 로돕신이 어두운 곳에서 다시 합성되기까지는 얼마동안의 시간이 필요합니다. 따라서 밝은 곳에서 어두운 곳으로 가면 시간이 조금 지나서야 잘 보이게 됩니다.

3) 사람의 눈에서 수정체는 볼록 렌즈 모양으로 카메라의 렌즈와 같이 빛을 굴절시켜 상이 맺히도록 합니다. 수정체의 두께를 변화시켜 원근 조절이 가능합니다.

사람의 눈에서 홍채는 카메라의 조리개와 같은 역할을 하는데 빛의 양을 조절해 명암반응에 관여합니다. 망막은 눈 안쪽에 있고 빛 자극을 수용하는 카메라의 필름과 같은 역할을 합니다. 사람의 눈꺼풀은 카메라의 셔터에 해당합니다.

4) 간상세포는 원추세포보다 빛에 대해서 더 민감합니다. 따라서 어두운 곳에서는 원추세포보다 간상세포가 더 잘 반응하고 간상세포는 색깔을 구분하지 못하고 명암만을 구분해 사물을 흑백으로 보이게 합니다.

[생물]유전자 검사의 윤리문제를 논하라

생명공학 기술의 발달로 인간유전자의 기능이 밝혀지고 있으며 유전자 검사의 발달로 개인의 유전정보를 각 분야에서 사용할 수 있는지 또는 이를 공개해야 하는지 대한 문제가 제기되고 있다. 예를 들어 고용주나 보험회사는 개인의 유전정보에 접근해 고용과 보험가입에 있어 차별을 두려고 한다. 이에 대한 자신의 생각을 말해보시오.

▶ 전문가 클리닉

유전정보의 공개에 대한 자신의 의견을 묻는 문제입니다. 먼저 생명공학 기술에는 어떤 것이 있는지 알아야 합니다. 그리고 생명공학의 발달로 인해 우리가 누리게 된 이득과 무분별하게 이 기술을 이용했을 때 발생하는 문제점도 함께 생각해봐야 합니다.

▶ 예시답안

유전자 검사의 발달로 긍정적인 효과는 다음과 같습니다. 미래에 발병할 지도 모를 각종 질병(예를 들어 알츠하이머병, 유방암, 간암, 위암 등의 질환)뿐 아니라 키가 클 것인지 비만이 될 것인지도 추정할 수 있습니다.

또한 일부 과학자들은 알코올 중독, 범죄성향, 천재성향 등 환경에 의한 결과라고 여기지는 사

회행동까지도 유전자 검사를 통해서 밝혀낼 수 있다고 주장하고 있습니다.

반면 부정적 효과도 만만치 않습니다. DNA에 담겨진 정보는 개인의 아주 사적인 내용이므로 이것이 자신의 이외의 누군가에 노출된다면 한 개인의 인권과 사생활이 심각하게 침해당하게 됩니다. 게다가 이것은 사회적 차별에 직접적인 요소로 이용된다는 점에서 대단히 심각한 상황이라 할 수 있습니다.



예를 들어 이런 상황은 보험과 고용분야에서 적극적으로 도입하려고 하고 있습니다. 보험회사들은 회사의 높은 이윤을 위해 피보험자들에게 유전자 검사를 요구하고 유전자 검사를 거부할 경우 도리어 회사가 보험 가입을 거부하게 됩니다. 또한 검사결과로 치명적인 질병과 관련된 유전자(혹은 이상(異常))가 있을 경우는 보험료를 올려 받으려는 시도를 하고 있습니다.

보험회사는 '잘못된 유전자'에 의해 질병이 발생되므로 유전자 검사결과에 따라 보험료를 올려 받는 것은 당연하다는 주장을 하고 있습니다. 또한 노동자가 발병을 함으로써 기업에 주는 손실을 초기에 배제하기 위해 사업주는 고용시 질병과 관련된 유전자(혹은 이상(異常))를 검사해 이를 이용하려고 합니다.

하지만 특정한 유전자의 존재(혹은 이상(異常))의 여부가 곧바로 질병을 유발하는 것이 아니라는 점에 주목해야 합니다. 예를 들면 어떤 사람이 폐암 관련 유전자를 가지고 있다고 해서 반드시 그 사람이 폐암에 걸리지는 않습니다. 폐암의 발병은 환경적인 요인과 결합된 결과입니다. 따라서 아직 발현되지도 않은, 더 나아가 발현되지 않을 수도 있는 요인을 보고 보험이나 고용에서 사회적 차별을 가한다는 것은 타당하지 못한 주장입니다. 사회보장의 성격을 지닌 보험이 시장원리에 의해 역으로 사회적 차별을 조장하는 것은 대단히 불합리한 일입니다.

[생물]세포호흡 과정을 논하라

세포호흡은 포도당이 화학적으로 분해되면서 방출된 에너지를 세포가 일을 하는데 사용할 수 있는 에너지로 바꿔 저장하는 것입니다. 세포호흡은 여러 단계를 거쳐 에너지를 방출하며 방출되는 에너지의 일부는 열로 빠져나가고 대부분은 ATP라는 분자의 화학에너지로 전환됩니다. 세포에서 유기호흡을 통한 포도당의 산화는 해당 과정, TCA 회로, 전자 전달계의 세 단계를 거쳐 일어납니다.

- 1) 포도당 한 분자가 완전히 분해될 때 해당과정과 TCA회로에서의 최종산물은 각각 무엇인가?
- 2) 한 분자의 NADH_2 에서는 3개의 ATP가 한 분자의 FADH_2 에서는 2개의 ATP가 만들어진다면 최종적으로 대장균 세포에서 한 분자의 포도당으로부터 만들어지는 ATP수는 얼마가 되는지 설명하라. 사람의 근육세포에서는 이보다 적은 수의 ATP가 만들어진다고 하는데 이유는 무엇인가?
- 3) 순간적으로 격렬한 운동을 할 때 우리 몸의 근육세포가 포도당으로부터 ATP를 얻는 과정을 설명하시오. 여기서 해당과정과 달리 최종산물이 피루브산이 아닌 이유는 무엇인가? 이 과정과 알코올 발효의 차이점은 무엇인지 설명하시오.

▶ 전문가 클리닉

세포호흡 시에 일어나는 해당과정과 전자전달계에 대한 기초적인 지식을 바탕으로 좀 더 심층

적인 지식을 갖고 있는지 측정하는 문제입니다.

우리 몸의 근육에서 일어나는 젖산발효에 대한 단순암기보다는 발효가 일어나야만 하는 이유를 잘 알아야 문제를 풀 수 있습니다.

▶ 예시답안

1) 해당과정의 최종산물은 2NADH_2 , 2ATP , 2 피루브산입니다. TCA회로에서 최종산물은 8NADH_2 , 2ATP , 2FADH_2 , 6CO_2 입니다.

2) 해당과정과 TCA회로에서 기질수준의 인산화를 통해 4분자의 ATP가 만들어지고 산화적 인산화를 통해 10분자의 NADH_2 로부터 30개의 ATP, 2분자의 FADH_2 로부터 4분자의 ATP가 만들어지므로 총 38개의 ATP가 만들어집니다.

하지만 사람의 근육세포와 같은 진핵생물은 해당과정에서 만들어진 피루브산을 미토콘드리아 내로 이동시킬 때 한 분자씩의 ATP를 사용하므로 결과적으로 총 36분자의 ATP가 합성됩니다.

3) 우리 몸의 근육세포는 수축을 위해 ATP를 사용합니다. 천천히 운동할 때는 충분한 양의 산소가 공급되므로 포도당을 완전히 산화시켜 ATP를 얻지만 갑자기 격렬한 운동을 하면 산소가 부족해져 젖산발효를 합니다.

즉 한 분자의 포도당으로부터 해당과정을 통해 2ATP , 2 피루브산, 2NADH_2 를 얻습니다. 여기서 얻어진 2분자의 ATP는 근육수축 에너지로 사용됩니다.

한편 얻어진 NADH_2 는 산소가 부족해 전자전달계를 거쳐 완전히 산화되지 않습니다. 따라서 NADH_2 는 피루브산에 전자를 주어 젖산으로 환원시킨 후 자신은 NAD로 산화돼 다른 포도당의 해당과정에서 다시 사용됩니다.

젖산발효와 에탄올 발효는 산소가 부족한 상황에서 해당과정을 통해 2분자의 ATP를 생산합니다. 차이점은 에탄올 발효가 3탄당인 각각의 피루브산에서 한 분자씩의 이산화탄소를 발생시켜 최종적으로 2탄당인 에탄올을 생성합니다.

그러나 젖산발효는 이산화탄소를 발생시키지 않고 최종산물로 3탄당인 젖산을 생성합니다.

2006년 06월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

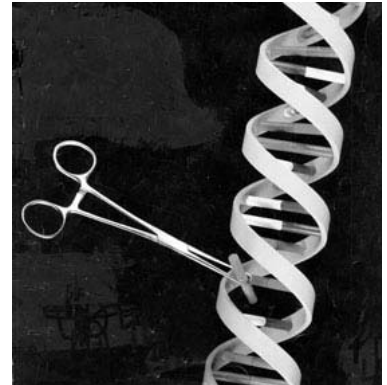
[생물]유전자 지문법, 환경호르몬의 영향

01_유전자 지문법

유전자는 우리 삶에 결정적인 영향을 미친다. 지금까지 생물의 유전자는 부모로부터 물려받는 것이 상식이었지만 유전공학의 발달로 유전자에 대한 간섭이 가능해졌다. 최근 우리 주변에서 유전자 지문법(DNA fingerprint)을 이용한 여러 가지 방법들이 실용화됐다. DNA 지문이란 무엇인지 설명하고 이것이 이용되는 분야에 대해 말해 보시오(2005년 건국대 수의대 정시).

▶ 전문가 클리닉

생명공학 분야는 자주 출제되는 분야며 가장 중요한 것은 DNA의 구조와 유전자발현 과정의 이해입니다. DNA지문 확인 과정의 전체적인 실험과정을 자세히 외울 필요는 없겠지만 DNA구조를 기초로 해 제한효소나 PCR(중합효소 연쇄반응)등의 원리들은 꼭 파악해야 합니다.



▶ 예시답안

사람의 유전자는 일란성 쌍둥이를 제외하고는 모두 서로 다르기 때문에 각기 다른 DNA 염기서열을 가지고 있습니다. 이러한 특징을 이용해 DNA 염기서열을 분석하면 각 개인의 유전적 차이를 식별할 수 있습니다. 즉 DNA지문은 DNA를 제한효소로 처리했을 때 나타나는 DNA절편이 사람마다 서로 다르다는 것을 기초로 합니다.

이런 개인차는 대개 DNA 전체 염기서열 중 단백질을 암호화하고 있지 않은 부위에서 나타납니다. 특히 미세 부수체(minisatellite)라고 불리는 짧은 염기서열이 반복되는 수가 사람마다 다르기 때문에 이를 지표(marker)로 이용합니다. 즉 염색체 상의 어느 특정 DNA 단편 부위에 존재하는 수십 개의 염기쌍이 반복된 형태로 배열돼 있고 개인에 따라 손의 지문처럼 그 염기서열이 모두 다르기 때문에 이를 DNA 지문 또는 유전자 지문이라고 합니다.

DNA 지문분석은 생물 종간의 유연 관계 연구나 복제동물 확인 같은 연구에 이용합니다. 또한 이방법은 친자확인이나 범인색출 같이 법적분쟁을 과학적으로 해결하는데 널리 쓰이고 있습니다. 예를 들면 범행현장에서 발견되는 혈흔이나 머리카락 등으로부터 DNA를 추출하고 용의자로부터도 DNA를 추출해 DNA를 제한효소로 처리합니다. 그런 후에 전기영동으로 DNA 띠가 동일한 패턴을 형성하는지 확인해 동일한 여부를 판명할 수 있습니다.

02_환경호르몬의 영향

최근 시중에 판매되는 병 음료의 병뚜껑에서 사람 몸에 해로울 가능성이 있는 환경호르몬 물질이 검출됐다. 환경호르몬은 극히 적은 양으로 생태계 및 인간의 생식기능 저하 및 성장장애, 기형, 암 등을 유발하는 중대한 영향을 끼치기 때문에 심각한 문제가 되고 있다. 1970년대에 나타난 사례로 불임여성의 증가, 음경발달 부진, 1980년대는 플로리다 악어의 부화율 감소, 1990년대에는 남성의 정자수 감소, 수컷 잉어의 정소 축소, 바다 고등어류의 자웅동체 발생 등이 있다.

1) 환경호르몬을 정의하고 생체 내에서 작용기작에 대해 아는 대로 설명하라.

2) 일상생활 중에서 환경호르몬을 줄이는 방법을 얘기해보라.

▶ 전문가 클리닉

'환경호르몬'은 1997년 일본 학자들이 방송에 출연해 '화학물질이 환경으로 방출돼 마치 호르몬처럼 작용한다'고 해서 그렇게 명명한 이래로 보편화됐다. 영어로는 '내분비 교란 물질' 혹은 '내분비계 장애물질'이라는 말로 주로 번역됩니다.

환경문제와 생태계에 관한 문제도 종종 출제되므로 미리 대비해야 합니다. 특히 환경호르몬에 관해 답변하기 위해서는 호르몬의 정의와 작용기작에 관한 이해가 필요합니다.

▶ 예시답안

1) 환경호르몬이란 생물체에서 정상적으로 생성돼 분비되는 물질이 아니라 인간의 산업 활동을 통해 생성되고 방출된 화학물질입니다. 이것은 생물체에 흡수돼 내분비계의 정상적인 기능을 방해하거나 혼란케 합니다. 이들의 생체 내 작용기작은 다음 세 경우로 구분해 설명할 수 있습니다.

첫 번째는 모방 이론으로 자연 호르몬을 흉내내 자연 호르몬과 같은 세포반응을 유발합니다. 세포반응의 강도는 자연 호르몬보다 훨씬 약한 경우가 대부분이지만 더 강할 수도 있습니다.

두 번째는 봉쇄 이론으로 자연 호르몬과 결합해야 할 수용체를 막아버림으로써 자연 호르몬의 기능을 마비시키는 것입니다. 이는 생명체의 기능유지에 필요한 자연 호르몬의 작용이 감소하게 되는 것이므로 심각한 피해를 줍니다.

세 번째는 방아쇠 이론으로 단백질 수용체와 결합해 비정상적인 세포반응을 유발하는 것입니다. 이는 원래 생명체 내에서 일어나지 않아야 할 반응, 예를 들면 예정되지 않은 세포 분열이나 물질합성의 변화를 유발시킵니다. 다이옥신이나 다이옥신의 유사물질 등은 그 자신이 마치 호르몬처럼 작용해 단백질 수용체와 결합해 완전히 새로운 일련의 세포반응 과정을 유발시킵니다.

2) 환경호르몬을 생활 속에서 억제하는 방법은 그 유발원을 차단하는 것입니다.

다이옥신은 소각장에서 피복전선이나 페인트 성분이 들어 있는 화합물을 태울 때 발생하는 대표적인 환경호르몬입니다. 그러므로 다이옥신을 억제하는 방법은 불법소각을 자제하고 쓰레기 소각장 근처에 가지 않는 것입니다.

컵라면 용기의 주성분인 스티렌이성체 등도 환경호르몬으로 의심받고 있는데 이를 억제하기 위해선 컵라면 용기를 전자레인지에 끓여먹지 않고 플라스틱 컵병이나 음료 캔의 사용을 자제하는 것입니다.

또한 집에서 페인트칠이나 도배를 한 경우 환기를 충분히 시키고 유해화학물질로 오염된 생선의 섭취를 피해야 하며 합성화학물질의 불필요한 사용과 이에 대한 노출을 피해야 합니다.

03_광합성 자기영양생물

식물은 스스로 필요한 식량을 생산해 다른 개체나 유기물질을 먹지 않고도 살아갈 수 있다는 점에서 자가 영양생물이다. 광합성이란 식물세포 내의 엽록체라는 세포 소기관에서 일어나며 빛에너지를 이용해 이산화탄소를 포도당으로 고정하는 일을 말한다. 또한 식물이 성공적으로 살아남을 수 있었던 이유 중 하나는 광합성을 하는 동안 이산화탄소를 고정하고 수분을 보존하는 다양한 적응 방법이 발달됐기 때문이다.

- 1) 광합성 자가영양생물이 유기식량을 만들기 위해 주위 환경으로부터 필요한 것은 무엇인지 말해보라.
- 2) 식물의 광합성이 일어나지 않으면 어떤 문제점이 발생할까?
- 3) 캘빈회로에서 포도당 한 분자를 만드는데 어떤 물질들이 몇 분자씩 필요한가?
- 4) C3식물과 C4식물의 차이를 말해 보시오.
- 5) 덥고 건조한 지방의 식물은 수분을 보존하는 독특한 전략이 있다. 사탕수수 같은 열대성 식물과 선인장과 같이 사막에 서식하는 식물이 환경에 적응하는 방법의 차이를 말해 보시오.
- 6) 기공의 개폐기작을 간단히 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

유전분야와 더불어 가장 많이 출제되는 분야는 생물의 에너지 대사입니다. 문제는 광합성의 전체적인 의미와 과정, 그 중에서도 특히 이산화탄소 고정과 수분의 이용에 관한 심층적인 지식을 묻는 것입니다.

광합성 과정에 꼭 필요한 물은 뿌리에서 흡수돼 잎의 기공을 통해 나간다는 사실을 기억해야 합니다. 그리고 건조하고 더운 지방에서 식물이 어떻게 적응해 이산화탄소를 고정하는지도 알아두기 바랍니다.

▶ 예시답안

1) 빛과 이산화탄소와 물 그리고 토양 속에 녹아 있는 무기물이 필요합니다.

2) 광합성은 명반응을 통해서 산소를 발생시키고 암반응을 통해서 이산화탄소를 동화시킵니다. 이렇게 동화된 이산화탄소는 여러 경로를 거쳐 다른 생물권에 에너지와 더불어 생체 구성 물질로 전환됩니다.

따라서 식물은 생물권의 식량 공급원입니다. 식물과 조류, 광합성세균은 모두 이산화탄소와 물에서 유기물질을 합성하는데 광합성 세균의 광합성량은 식물의 광합성량보다 절대적으로 작습니다. 그러므로 식물의 광합성이 배제된다면 현재 지구상에 존재하는 혐기성 세균을 제외한 대부분의 생명체는 산소와 식량문제로 급속히 멸종해 갈 것입니다.



수분을 체내에 보존하기 위해 늘어져 있는 사막에 사는 식물.

3) 공기 중의 이산화탄소 6분자와 명반응에서 만들어진 18분자의 ATP, 12분자의 NADPH가 필요합니다.

4) C3식물은 이산화탄소를 공기에서 얻어 캘빈회로를 통해 최초로 합성하는 유기물이 3-PGA라는 3탄소 화합물입니다. C3식물은 널리 분포돼 있습니다. 이것은 날씨가 건조한 경우 기공을 닫아 수분손실을 줄이므로 광합성율이 감소하며 광포화점도 낮아서 강한 빛에서도 광합성량이 억제됩니다.

C4식물은 광포화점이 높으며 이산화탄소와 친화력이 큰 효소를 가지고 있어 이산화탄소의 이용 효율성을 극대화시킵니다. C4식물의 잎은 유관속초세포와 엽육세포의 구조로 이뤄져 있습니다.

이들 두 세포간의 대사물질의 교환으로 탄소동화를 이루는 C4회로는 대기 중의 이산화탄소가 엽육세포의 엽록체에서 C4화합물로 동화돼 관속초세포로 수송되고 여기서 다시 C3화합물과 이산화탄소로 분해됩니다.

이곳 유관속초세포에서 운반된 이산화탄소가 캘빈회로를 거쳐 탄수화물로 동화됩니다.

- 5) 날씨가 덥고 건조하면 C4식물은 기공을 닫아 수분을 보존하는 동시에 특수한 내부구조와 대사경로로 당을 합성하는데 대기 중의 이산화탄소가 엽육세포에서 C4화합물로 동화된 후 인접세포인 유관속초세포로 수송됩니다. 여기서 C4화합물은 다시 C3화합물과 이산화탄소로 분해돼 이용되기 때문에 기공이 닫혔더라도 당 합성을 할 수 있습니다.

이처럼 사막과 같이 특수한 환경에서 서식하는 선인장은 구조적으로 수분의 효율성을 극대화하기 위해 비교적 체적에 비해 표면적이 적고 낮은 증산율을 갖는 두터운 잎을 갖고 있습니다.

사막이라는 건조한 환경에 잘 적응된 선인장은 밤에 기공을 엽니다. 그 때 이산화탄소를 C4화합물로 고정시켜 액포에 저장한 후 낮이 되면 이산화탄소와 C3화합물로 다시 분해한 뒤 캘빈회로를 통해 명반응으로부터 얻은 에너지를 이용해 탄수화물로 동화시킵니다. 사막식물이 고온 건조한 낮 시간에 광합성 반응에 필요한 이산화탄소를 얻기 위해 기공을 열면 많은 양의 수분이 손실되므로 이산화탄소 고정 시기와 명반응 그리고 캘빈 회로의 작동시기를 분리시킴으로써 수분을 보존하는 것입니다.

- 6) 잎의 뒷면에는 공변세포가 있고 그 사이에는 산소와 이산화탄소가 들어오고 나가는 기공이 있습니다. 기공의 개폐는 물의 유입과 당의 농도에 의한 삼투압 현상으로 설명됩니다. ㄱ 공변세포가 수분을 흡수해 부풀면 공변세포의 바깥쪽이 안쪽에 비해 얇아 바깥쪽으로 구부러지기 때문에 기공이 열립니다. 공변세포 내에 수분이 부족해져 세포가 원래의 모양으로 되돌아가면 기공은 다시 닫히게 됩니다.

2006년 07월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]체온 조절 메커니즘, 염색체, 바이러스

01_체온 조절의 메커니즘

각 동물마다 적정체온 범위를 갖고 있는데 사람의 적정체온은 36.5℃다. 체온이 너무 높아 지거나 낮아질 때 몸에 치명적인 영향을 끼칠 수 있으므로 우리 몸은 이것을 매우 엄격하게 조절하는 메커니즘을 갖고 있다. 체온을 조절하는 방법은 체내에서 발생하는 열량을 조절하거나 외부로 방출되는 열의 양을 조절하는 것이다.

체온이 낮을 경우 정상체온으로 회복하려고 하는 신체의 메커니즘을 신경계와 호르몬의 작용을 바탕으로 설명하시오(2006년 건국대 수의예 정시).

▶ 전문가 클리닉

항상성의 조절원리 중에서 체온조절에 관한 문제입니다. 동물의 활동을 조절하기 위해서는 신경계와 호르몬을 분비하는 내분비계가 필요합니다. 신경은 호르몬보다 더 빨리 신호를 전달하며 호르몬은 일반적으로 멀리 떨어진 세포를 대상으로 합니다.

▶ 예시답안

체온조절의 최고 중추는 간뇌의 시상하부로서 체온이 낮을 경우, 교감 신경이 작용해 입모근을 수축시키고 모세혈관을 수축해 혈관을 지나는 혈액의 양을 줄여 피부를 통해 열이 손실되는 것을 억제합니다. 또한 혈당량을 증가시키거나 물질대사를 촉진하는 호르몬을 증가시켜서 체온을 높입니다. 교감신경은 부신수질을 자극해 아드레날린이 분비되면 세포의 포도당 분해가 촉진돼 열이 발생하도록 합니다. 또 간뇌는 뇌하수체를 자극해 갑상선에서 티록신이 분비되도록 하며 부신피질을 자극해 코티솔 분비를 촉진시켜 혈당량을 증가시키고 세포의 대사를 증가시켜 결과적으로 열의 발생량을 증가시킵니다.

02_염색체와 게놈

생물체의 유전을 가능하게 하는 세포의 게놈은 염색이 된다. 그래서 게놈은 염색체 형태로 있다고 언급되기도 한다. 게놈은 세균의 경우 대개 한 개의 염색체로 돼있고 다세포생물은 여러 개의 염색체로 돼있다(2002년 서울대 정시 응용).

- 1) 염색체는 무엇으로 구성돼 있는가? 기본구조에 대해 설명하라.
- 2) 게놈(Genome)의 의미에 대해 설명해 보라.
- 3) 유전병의 치료에 유전자 치료법이 많은 기대를 받고 있다. 유전공학을 이용한 유전자 치료 방법이란 무엇인지 설명해 보라.

▶ 전문가 클리닉

DNA, 유전자, 염색체, 게놈의 의미는 면접 준비의 기본이라고 할 만큼 중요합니다. 유전자 치료는 유전자를 치료제로 사용하는 것으로 현재 유전병뿐 아니라 종양이나 당뇨병, 심장병과 같은 난치병에도 새로운 치료법으로 주목받고 있습니다.

▶ 예시답안

1) 염색체는 DNA와 단백질의 결합입니다. 히스톤이라는 단백질을 DNA가 감아 실에 펜 구슬처럼 보이는데 이것을 뉴클레오솜이라고 부릅니다. 이 뉴클레오솜들이 나선형으로 감겨 연결된 것을 염색사라고 부르고 세포가 분열할 때는 염색사가 더 꼬여서 염색체의 형태로 보입니다.



2) 게놈(genome)이란 유전자(Gene)와 염색체(Chromosome)의 합성어로 한 개체가 지닌 유전자 세트를 말하며 이는 생명현상의 유지 및 모든 형질발현에 필요한 하나의 단위로 '생명현상을 결정짓는 유전자들의 총 집합체'입니다. 인간의 염색체는 23쌍 즉 46개의 서로 다른 염색체로 이뤄져 있습니다. 이때 23개의 염색체 세트를 '게놈'이라 하고 n으로 표시합니다.

3) 유전자 치료란 유전자에 문제가 있어 질병을 앓거나 앓게 될 환자의 특정세포에 새로운 기능을 부여해 치료하는 기술입니다. 이는 질병 유전자의 기능을 조절하는 방법을 사용하며 유전자 수정, 유전자 교환, 유전자 보강의 세 가지 방법이 있습니다.

먼저 유전자 수정은 주위의 다른 유전자에는 영향을 주지않고 결함이 발생된 유전자만을 수정하는 방법이며, 유전자 교환은 결함유전자를 제거하고 정상적인 유전자로 교환하는 것입니다. 유전자 보강은 결함이 있는 유전자를 수정하거나 제거하지 않은 상태에서 정상적으로 기능하는 유전자를 삽입하는 방법입니다.

이 중 실현 가능성이 가장 높은 것은 유전자 보강입니다. 환자에게서 분리한 세포에 치료 유전자를 전달체를 통해 외부에서 전달한 후 다시 환자의 체내에 전달하는 방법과 치료유전자를 전달체에 실어서 직접 환자의 체내에 주입하는 방법이 있습니다. 유전자의 전달체로는 바이러스, 특수화합물, DNA 등이 있습니다.

03_난자의 생성

난자는 난소 내에 있는 난원세포가 호르몬의 자극으로 성숙되고 배란되는 것이다. 출생할 때 난소에는 한 층의 여포세포로 둘러싸인 수백만 개의 난원세포가 있으나 계속 퇴화해 사춘기가 되면 20여만 개 정도로 줄어든다. 난자는 시험관아기 기술을 위해 채취되기도 하며 난자 제공의 윤리적 문제로 사회적 관심을 일으키기도 했다.

1) 난자의 형성과정을 설명하라.

2) 여성의 생식 주기에 대해 설명하라.

3) 2)번의 설명에 의한다면 여성용 피임약 안의 호르몬 성분은 무엇이겠는가?

4) 수정부터 분만까지의 과정에 대해 설명해 보라.

5) '시험관 아기'는 정확한 표현인지 아닌지 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

난자와 수정과정에 대해 이해하고 난자 형성과정과 각종 호르몬의 작용에 대해 정리해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 난자는 난소에서 만들어집니다. 난자는 태아가 태어나기 전에 시작돼 15주가 될 때 모든 난원세포가 만들어져 생산됩니다.

난자의 형성은 난원세포가 성장하고 제 1난모세포가 되면서 시작됩니다. 제 1난모세포는 감수 제 1분열을 통해 제 2난모세포와 제 1극체가 됩니다. 감수 제 2분열을 통해서 제 1극체는 두 개의 제 2극체가 되고 제 2난모세포의 분열로 생긴 두 개의 딸세포 중 하나는 제 2극체가 되고 하나는 온전한 난자가 됩니다.

- 2) 여성은 평균 28일을 주기로 난자를 하나씩 배란하는데 이를 생식주기라고 합니다. 먼저 난자의 성숙 단계로 뇌하수체 전엽에서 분비되는 여포자극호르몬(FSH)에 의해 여포와 난자가 성숙하며 여포에서 에스트로겐이 분비됩니다.

에스트로겐은 FSH의 분비를 억제하고 자궁벽을 두텁게 하며 황체형성호르몬(LH)의 분비를 촉진합니다. LH에 의해 여포가 파열돼 여포 안에 들어있던 난자가 나팔관으로 배출되는 배란이 일어납니다.

터진 여포는 LH에 의해 황체가 되고 황체는 프로게스테론을 분비해 자궁벽을 계속 두텁게 유지시키면서 임신에 적합한 상태를 유지합니다.

그리고 프로게스테론은 LH와 FSH의 분비를 억제하는 역할을 합니다. 임신이 되면 황체가 계속 유지되고 그렇지 않으면 황체가 퇴화하는데 이때 프로게스테론의 분비량이 격감해 자궁 내벽이 헐게 돼 월경이 일어납니다. 그리고 FSH가 다시 분비돼 새로운 주기가 시작됩니다.

- 3) 피임약의 주성분은 FSH나 LH의 분비를 억제할 수 있는 프로게스테론이고 약간의 에스트로겐이 섞여 있습니다.

- 4) 난자가 수정소*를 분비하면 정자가 양성 주화성*으로 접근합니다. 그러면 난막을 뚫는 침체 반응이 일어나고 수정돌기가 형성됩니다. 정자의 머리가 난자 속으로 삽입되고 난핵과 정핵의 결합이 일어나 수정란이 형성됩니다.

수정란은 바로 난할(세포분열)을 시작하고 5-6일 후 포배상태로 자궁 점막에 착상됩니다. 이후 태반과 탯줄이 형성되고 태반 호르몬이 분비돼 황체가 퇴화하는 것을 방지하고 임신 상태를 유지합니다. 수정 후 약 270일이 되면 자궁수축 호르몬(옥시토신)에 의해 태아가 분만됩니다.

- 5) 시험관 아기는 여성의 난소로부터 난자를 채취하고 남성의 정자를 준비한 다음 체외 배양 접시에서 수정시키고 며칠 정도 지나 자궁에 착상시켜 태어난 아기입니다. 즉 시험관 아기는 10달 동안 시험관에서 아기를 키우는 것이 아니라 수정 초기에 4~5일간만 시험관에서 키워 여성의 자궁 내로 이식하는 것입니다.

따라서 시험관아기의 원래 이름은 체외수정 또는 배아이식입니다. 엄격히 따지면 시험관 아기는 정확하지 않은 표현입니다.

04_조류 인플루엔자

조류 인플루엔자(AI), 에이즈(AIDS), 간염, 홍역, 소아마비 등은 모두 바이러스가 일으키는 질병이다. 유전자와 단백질 껍질뿐인 바이러스에는 자신을 복제하는데 필요한 효소가 없지만 사람 같은 숙주 세포 안으로 뚫고 들어가 증식하는 능력을 가지고 있다.

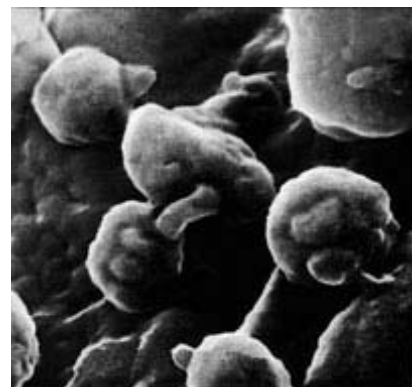
- 1) 바이러스를 일반 세균처럼 실험실에서 단순히 배양하지 못하는 이유는 무엇인가? 또한 바이러스의 구조를 세균과 비교해 보라.
- 2) 바이러스는 일반적인 생명의 특성인 물질대사를 하지 못한다. 그럼에도 불구하고 생명체로 볼 수도 있는 이유를 설명하라.
- 3) 바이러스를 인간에게 이롭게 사용하는 경우를 아는 대로 말하라.

▶ 전문가 클리닉

생명체로서 바이러스의 특성과 유전자를 원하는 세포에서 기능하게 만들어주는 유전자 운반체인 '벡터'의 개념을 이해하기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 바이러스는 숙주세포에 기생해서만 증식할 수 있으므로 동물 세포의 같은 숙주에 감염시켜 배양할 수 있습니다. 바이러스는 세균보다 크기가 작고 세균처럼 세포막이나 세포벽이 없으며 단백질과 핵산으로만 이뤄져 있습니다.
- 2) 바이러스는 DNA 혹은 RNA로 이뤄진 핵산과 이를 둘러싸고 있는 단백질로만 이뤄져 있어 각종 효소의 작용으로 이뤄지는 물질대사를 하지 못하고 혼자서는 핵산을 복제하거나 증식을 하지 못합니다. 그러나 자신의 유전자를 가지고 있고 숙주세포 속으로 들어가서 숙주가 가진 단백질을 이용해 자신의 핵산과 단백질을 복제하고 증식할 수 있으므로 생명체로 볼 수도 있습니다.
- 3) 대개 바이러스는 유전자를 몸 안으로 실어 나르는 운반체로 이용합니다. DNA나 짧은 RNA 조각 같은 유전물질을 몸 안으로 집어넣어 신체 기능이상을 고치거나 병을 치료하는 기술을 '유전자 치료'라고 합니다. 이때 유전자를 몸 안으로 운반하는 역할을 하는 것이 바로 바이러스입니다. 면역 자극 물질을 만들어 내거나 암세포만 죽이는 바이러스도 발견돼 바이러스와 그 특정 단백질로도 직접 질병을 치료할 수 있습니다.



2006년 08월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]소화와 혈당조절의 이해

탄수화물의 소화 및 혈당조절에 대해 다음 질문에 답하시오.

- 1) 탄수화물, 단백질 등과 같은 고분자 영양소가 단위체로 분해(소화)되는 이유는 무엇인가?
- 2) 녹말이 소화돼 최종적으로 생성되는 당은 무엇이며(①), 어느 기관에서 분비되는 어떤 소화 효소에 의해 분해되는가(②)?
- 3) 소화된 당이 혈액에 흡수되면 혈당의 농도가 급격히 증가한다. 이때 혈당을 적절한 농도로 유지하기 위한 조절 기작이 작동한다. 혈당의 증가를 인지하는 단계부터 농도가 조절되는 과정까지 설명하라.
- 4) 당뇨병의 유전적 요인으로 가능한 예(경우)를 두 가지 들어라(2005년 원광대 의학계열 수시 2학기).

▶ 전문가 클리닉

당의 소화와 혈당 농도 조절 등에 관해 포괄적으로 물어보는 문제입니다. 각 소화기관에서 분비되는 소화효소의 종류와 작용에 대해서는 확실하게 알아둬야 합니다. 특히 혈당량 조절과 항상성 유지에 관한 문제는 자주 출제되기 때문에 그냥 넘어가서는 안 됩니다.

최근 많은 연구로 당뇨병의 원인이 밝혀지고 있습니다. 예시답안에 제시한 것 외에도 인슐린 분비세포에서 인슐린 분비에 관여하는 효소인 글루코키나제 유전자에 돌연변이가 생기거나, 혹은 면역 기능에서 중요한 조직적합성 항원 유전자가 잘못돼 당뇨병이 생겼다는 연구결과가 보고됐습니다.

원인이 무엇이든 면역반응에 이상이 생기면 이자의 베타(β)세포가 망가져서 인슐린이 아예 만들어지지 않거나 제대로 만들어지지 않습니다. 이렇게 되면 당뇨병이 생깁니다.

또한 인슐린이 정상적으로 만들어지더라도 인슐린을 인식하지 못하면 당뇨병이 생깁니다. 인슐린은 세포에서 기질에 직접 작용하는 호르몬이 아닙니다. 인슐린은 세포막에 있는 인슐린 수용체에 자극을 전달해 세포내 작용을 유도하는 호르몬입니다. 그러므로 각 세포의 세포막에 있는 인슐린 수용체에 이상이 생기면 인슐린의 자극을 감지하지 못해 당뇨병이 생깁니다.

▶ 예시답안

- 1) 종속영양생물체가 식품에서 섭취한 영양소는 세포 구성물질이나 에너지 공급원으로 이용됩니다. 섭취된 영양소가 필요한 곳에 쓰으려면 소장의 융털에서 혈관과 림프관으로 흡수돼 우리 몸 곳곳으로 이동해야 합니다.

그러나 고분자 영양소는 너무 커서 소장 융털에서 곧바로 흡수되지 못합니다. 고분자 영양소가 흡수되기 위해선 저분자 영양소로 분해돼야 합니다. 섭취한 식품 속에 들어있는 영양소가 최종 분해되면 포도당이나 아미노산처럼 세포에서 직접 이용할 수 있는 단위체가 됩니다.

- 2) ① 최종 생성되는 당은 대표적 단당류인 포도당입니다.

② 녹말은 입 안의 침샘에서 분비되는 아밀라아제에 의해 엷당과 텍스트린으로 분해됩니다. 녹말은 이자에서 십이지장으로 방출되는 아밀라이제에 의해서 분해되기도 합니다. 엷당은 당분자 두 개가 결합한 이당류로서, 소장에서 분비되는 말타아제에 의해 포도당 두 분자로 분해된 뒤에 흡수됩니다.

- 3) 소화된 당이 소장 혈관으로 흡수되면 혈당 농도가 급격히 증가합니다. 이것은 간뇌의 시상하부에서 감지됩니다. 시상하부에서 부교감 신경을 통해 이자에 자극을 전달하면 이자의 베타세포는 인슐린을 분비합니다. 분비된 인슐린은 간에서 포도당이 글리코겐으로 합성되도록 촉진합니다. 또한 각 조직세포에서 포도당이 산화되는 것도 촉진하므로 결과적으로 혈당량은 낮아집니다.
- 4) 이자에서 분비되는 인슐린이 부족하거나 탄수화물 대사에 정상적으로 이용되지 못하면 당뇨병이 됩니다. 그 결과 혈당량이 정상인보다 높게 유지되고 포도당이 소변에 섞여 나옵니다. 당뇨병이 발병하는 유전적인 원인에는 크게 두 가지가 있습니다.

그중 한가지는 인슐린 유전자에 돌연변이가 생기면 인슐린 구조가 변형되는 것입니다. 이 경우 인슐린이 분비되는 데에는 문제가 없어도 혈당을 낮추는 효과가 매우 작아서 당뇨병이 생깁니다. 다음으로 근육세포나 지방세포 등에서 인슐린과 결합하는 구조물(인슐린 수용체) 유전자에 돌연변이가 생기면 인슐린에 대한 반응이 저하돼 당뇨병이 생깁니다.

유전물질인 DNA를 구성하는 염기조성은 생물체마다 다르다. 특히 아데닌(A), 구아닌(G), 시토닌(C), 티민(T)의 상대적인 양과 비율은 생물체마다 다르다. 샤가프는 DNA에서 염기 A와 T, 염기 G와 C의 수가 서로 같다는 것을 발견했다. 1953년에 왓슨과 크릭은 DNA가 이중나선 구조로 돼 있다고 발표했다.

- 1) DNA를 이루는 단위체가 무엇인지 말하고 그 구조를 간단히 설명하라.
- 2) 다음 세대에 자신의 정보를 전달하는 유전물질로서 기능하기 위해 갖춰야 할 요건을 설명하라.
- 3) 2)에서 말한 요건이 DNA 구조에서 충족되는지 설명하라.
- 4) 어떤 바이러스와 어떤 동물의 세포에서 DNA를 채취해 염기조성을 분석한 결과 각 시료의 염기조성은 다음과 같았다.

(가) A=24.6%, T=32.7%, G=24.1%, C=18.6%

(나) A=20.8%, T=20.7%, G=29.3%, C=29.2%

이때 어떤 것이 바이러스에서 채취한 것이고 어떤 것이 동물세포에서 채취한 것인지 말하고 그 이유를 설명하라.

- 5) 세포가 분열하기 위해서는 DNA가 복제돼야 한다. DNA의 반보존적 복제에 관해 간단히 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

이 문제는 DNA가 유전물질로서 가져야 할 성질, 샤가프의 법칙, DNA 복제에 관해 묻고 있습니다. DNA 구조를 확실히 이해해야 정확히 답할 수 있습니다. 핵산은 단일가닥이거나 이중가닥일 수 있습니다. 또 핵산은 DNA이거나 RNA일 수 있습니다. 단일가닥의 DNA를 가진다면 염기간에 상보적인 결합이 없으므로 샤가프의 법칙이 성립하지 않을 것입니다.

▶ 예시답안

- 1) DNA는 뉴클레오티드라는 단위체가 사슬처럼 연결된 중합체입니다. 이때 뉴클레오티드는 질소염기(DNA를 구성하므로 A, T, G, C 중 하나), 5탄당(디옥시리보오스), 인산으로 구성됩니다.

- 2) 유전물질은 생물이 나타내는 수많은 형질에 관한 정보를 가지고 있어야 합니다. 그 정보는 쉽게 변하지 않고 안전하게 유지돼야 합니다. 또한 그 정보를 자손에게 전달하기 위해 정확하게 복제돼야 하며 특정한 형질로 표현될 수 있어야 합니다.
- 3) DNA는 견고한 이중나선 구조를 이루고 있어서 비교적 안정적으로 정보를 저장할 수 있습니다. 상보적인 염기쌍은 수소결합을 하므로 DNA 복제시에 쉽게 풀릴 수 있습니다. 또한 특정한 염기배열은 특정한 단백질을 지정함으로써 고유한 형질을 발현시킵니다.
- 4) (가)변이 바이러스이고 (나)변이 동물세포입니다. (나)변은 샤가프의 법칙대로 염기 A와 T, 염기 G와 C의 양이 같습니다. 이는 염기가 상보적으로 결합해 이중나선 구조를 이루기 때문입니다. (가)변은 샤가프의 법칙을 따르지 않으므로 단일가닥의 DNA라는 것을 알 수 있습니다. 바이러스는 단일가닥의 DNA를 가질 수 있으므로 (가)변이 바이러스입니다.
- 5) DNA가 복제될 때는 이중나선의 수소결합이 풀어집니다. 새로운 뉴클레오타이드의 염기는 각 단일가닥 DNA를 주형으로 삼아 상보적으로 수소결합을 이뤄 새로운 DNA를 만들게 됩니다. 복제를 마친 DNA의 이중나선 하나는 주형의 DNA 한 가닥과 새로운 DNA 한 가닥으로 구성되므로 이를 반보존적 복제라고 합니다.

인간의 장기를 대체할 수 있는 여러 방법 중에는 다른 종(이종)간의 장기이식이 있다. 그 동안 여러 동물이 이종장기의 공급원으로 시도돼왔다. 인간과 계통학적으로 가장 가까운 영장류가 적합한 공급원이 될 것이라 생각할 수도 있으나, 원숭이를 포함한 영장류는 새끼를 많이 얻을 수 없고, 어린아이에게나 맞는 장기 크기를 가져 최적의 공급원이 될 수 없다. 여러 동물 중에서는 돼지가 이종장기의 공급원으로 가장 적절하다고 각광받고 있다.

- 1) 이종장기 이식의 장점을 서술하라.
- 2) 돼지가 이종장기 공급원으로 적합한 이유를 설명하라.
- 3) 이종장기 공급원으로 돼지를 이용할 수 있지만 실제로 적용하기 위해서는 극복해야 할 문제가 있다. 이를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

인체에 이식했을 때 거부반응을 일으키는 유전자를 제거한 복제돼지가 탄생한 것은 오래전의 일입니다. 장기이식용 복제돼지 연구는 생물학적 관점에서 생각해볼 점이 많습니다.

최근 생명공학의 동향을 살펴보면 면역반응을 정확히 이해해야 합니다. 또한 과학기술과 사회 윤리적인 문제도 생각해보기 바랍니다.

이를 위해서는 우선 장기이식의 원리와 복제돼지를 만드는 이유를 생물학적 측면에서 이해해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 다른 종이 장기이식의 공급원이 될 경우 이식할 수 있는 장기가 풍부하므로 이식에 실패하더라도 재시도를 할 수 있습니다.

또한 이식 전에 장기에 면역학적 조작을 할 수 있고 형질전환 장기를 생산할 수 있습니다. 이외에도 간염바이러스나 에이즈와 같은 인체에 감염되는 바이러스를 피할 수 있다는 장점이 있습니다.

- 2) 돼지가 공급원으로 적합한 이유는 돼지 장기의 크기와 생리학적 구조가 사람의 장기와 유사하기 때문입니다.

돼지는 아주 오랫동안 사람과 함께 살아서 인체에 해가 되는 감염원을 가질 기회가 적었습니다. 또한 돼지는 쉽게 사육할 수 있고 임신기간이 짧아 많은 새끼를 낳을 수 있으며 무균 사육이 가능해 장기 공급원으로 적합합니다.

- 3) 사람과 다른 종의 장기를 이용할 때 극복해야 할 가장 심각한 문제는 면역거부반응입니다. 면역거부반응은 우리 몸의 방어체계인 면역계가 이식된 장기를 침입자로 간주해서 공격하는 현상입니다.

현재 돼지의 장기를 이용할 때 면역거부반응을 일으키는 유전자가 발현되지 않도록 형질전환 방법이 시도되고 있습니다.

그러나 실제로 이종간 장기이식을 하기 위해서는 해결해야 할 과제들이 많습니다. 현재로서는 면역 작용을 우회하거나 억제제로 면역반응을 약화시키는 것이 장기적으로 어떤 결과를 가져올지 예측하기 힘든 상황입니다. 또한 이종간 장기이식으로 인해 신종 질병이 발생할 가능성도 염두에 두어야 합니다.

2006년 09월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]유전자 발현과 생태계의 구조

유전자에 관한 다음 질문에 답하라(2003년 포스텍 수시 응용).

- 1) DNA와 RNA를 합성하는 효소를 말하고, 각 합성과정에 대해 간단히 설명하라.
- 2) DNA는 뉴클레오티드로 이뤄진 긴 사슬이다. 그 중에서 어떤 부분들이 유전자에 해당하는가?
- 3) 사람의 유전정보를 대장균에 넣더라도 동일한 유전 산물을 생산해내는 원리는 무엇인가 (2002년 서울대 수시)?
- 4) 사람의 인슐린유전자를 박테리아의 염색체에 삽입해 인슐린을 생산하려고 했는데 인슐린이 만들어지지 않았다. 실패한 이유를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

유전자는 진핵생물과 원핵생물에서 구조 차이를 보입니다. 사람의 유전자를 박테리아에서 발현시키고자 할 때는 사람의 세포핵에 존재하는 DNA 대신 cDNA(complementary DNA)를 이용합니다. 원래 진핵생물의 세포핵에 존재하는 DNA와 달리 cDNA는 인트론 부위를 없앤 DNA를 말합니다. 사람의 세포에서 RNA를 뽑아 역전사 효소를 이용해 RNA를 DNA로 거꾸로 전사하면 cDNA가 만들어집니다.

▶ 예시답안

- 1) DNA가 합성될 때는 이중나선의 수소결합이 끊어지고, 각각의 외가닥 DNA는 새로운 DNA 합성의 주형으로 사용됩니다. 새로운 뉴클레오티드의 염기는 각 외가닥 DNA 주형에 있는 염기와 상보적으로 수소결합을 이뤄 새로운 DNA를 만듭니다.

DNA 중합효소는 DNA를 합성하는 효소입니다. 이 효소는 기존에 있는 DNA 사슬의 프로모터부위에 새로운 DNA 뉴클레오티드-5'인산기를 붙이는 역할을 합니다. RNA 사슬에서 새로운 DNA를 합성할 때도 DNA 중합효소가 참여합니다.

RNA는 RNA 중합효소로 합성됩니다. 이 효소는 한 가닥의 DNA를 주형으로 삼아 5'→3' 방향으로 상보적인 염기를 붙임으로써 RNA를 합성합니다.

- 2) 유전자는 DNA의 전체 뉴클레오티드 사슬에서 일부분에 해당합니다. 유전자는 전체 염기 배열에서 mRNA(전령 RNA; messenger RNA)로 만들어지며 단백질 생산에 관여하는 부분을 말합니다.

이들 유전자는 프로모터라는 조절 부위 다음에 위치하며, 아미노산을 암호화합니다. 즉 RNA로 전사될 때 개시 코돈부터 종결 코돈까지에 대응하는 DNA의 염기서열 한 단위를 하나의 유전자로 볼 수 있습니다.

- 3) 모든 생물체는 동일한 유전암호를 사용하기 때문에 사람의 유전정보를 대장균에 넣더라도 동일한 유전 산물을 생산해낼 수 있습니다.

생물체에서는 DNA의 염기 3개(트리플렛 코드)가 한 조를 이뤄 RNA의 코돈으로 전사되고, 각각의 코돈은 다시 특정한 아미노산으로 번역됩니다. 이때 사람과 대장균에서 하나의 코돈이 지정하는 아미노산은 동일하므로 같은 유전자에서 같은 유전자 산물, 즉 동일한 단백질을 생산합니다.

- 4) 사람은 진핵세포이며 박테리아는 원핵세포입니다. 진핵세포와 원핵세포에서 유전자의 발현 과정은 차이가 있는데, 이는 원핵세포와 달리 진핵세포의 유전자가 엑손과 인트론으로 이

뤄져있기 때문입니다.

엑손은 아미노산을 암호화한 부위입니다. 엑손은 인트론이라는 서열에 의해 분리돼 있습니다. 진핵세포에서는 mRNA가 만들어질 때, DNA의 인트론 부위를 전사했던 부분이 초기에 전사됐던 RNA로부터 제거됩니다. 그러나 원핵세포는 이러한 작용을 하지 못합니다. 따라서 사람의 인슐린유전자를 그대로 박테리아에 넣을 경우 인트론을 제거하는 과정이 이뤄지지 않아서 정상적인 인슐린이 만들어지지 않습니다.

인트론이 제거되고 아미노산을 제대로 암호화하고 있는 유전자라 하더라도 그 유전자 앞에는 RNA중합효소가 붙을 수 있는 프로모터 서열이 있어야 합니다. 즉 박테리아가 이용할 수 있는 프로모터 서열을 가진 유전자 운반체(벡터)에 원하는 유전자를 재조합한 뒤 그것을 박테리아의 염색체에 끼워 넣어야 합니다.

'환경'이란 개념에는 인간을 중심으로 한 자연관이 담겨있고 '생태계'란 개념에는 인간을 자연의 일부로 보는 관점이 담겨있다. 생태계에 관해 다음을 설명하라(2004년 단국대 수시 응용).

- 1) 생태계를 구성하는 요소를 설명하라.
- 2) 생태계를 구성하는 생물들 사이의 관계에 대해 설명하라.
- 3) 생태계의 평형과 파괴를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

생태계의 구성요소, 환경이 생물에 미치는 작용, 생물 상호 간의 작용은 자주 출제되는 내용입니다. 생태계 평형이나 환경오염의 기본 개념을 잘 살펴보기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 생태계란 특정한 단위 공간 내에 있는 모든 생물체와 물리적 환경, 그들 사이의 상호관계를 모두 포함하는 총체적인 개념입니다. 하나의 생태계는 광물·토양·기후·햇빛 등 모든 무생물 요소를 포함한 비생물 요소와, 모든 생물 구성원으로 이뤄진 생물 요소로 나뉩니다.

생물 요소와 비생물 요소는 생태계 전반에 걸친 에너지 흐름과 생태계 내에서의 영양분 순환이라는 2개의 중요한 작용으로 밀접하게 연결돼 있습니다. 생물 요소가 균형을 유지하기 위해서는 비생물 요소의 역할이 매우 중요합니다.

- 2) 생태계를 구성하는 생물들은 에너지 흐름과 영양분 순환으로 볼 때 여러 유형으로 분류할 수 있습니다.

독립영양생물은 광합성을 할 수 있는 생물입니다. 녹색식물 대부분이 독립영양생물입니다. 독립영양생물은 이산화탄소와 물을 재료로 태양에너지를 단순하지만 풍부한 에너지를 담고 있는 유기물로 전환시킬 수 있습니다. 생태계에서 독립영양생물은 보통 생산자 단계에 해당합니다.

종속영양생물은 독립영양생물이 생산해낸 유기화합물을 먹고 삽니다. 종속영양생물은 생태계에서 소비자로서 독립영양생물들이 만든 복잡한 유기화합물을 이용하고 재배열하며 최종적으로 이들을 분해합니다. 대부분의 세균이나 여러 다른 미생물처럼 모든 동물과 균류는 종속영양생물입니다.

독립영양생물과 종속영양생물은 생태계에서 다양한 영양단계를 형성합니다. 생산자는 자신의 먹이를 스스로 만들 수 있는 생물들로 구성돼있고, 1차 소비자는 생산자를 먹고 사는

생물로 이뤄지며, 2차 소비자는 1차 소비자를 먹고 사는 생물들로 이뤄집니다.

생산자로부터 여러 소비자를 거치면서 유기화합물과 에너지가 이동하는 먹이연쇄가 나타납니다. 예를 들어 초원에서 전형적인 먹이연쇄는 풀(생산자)→쥐(1차 소비자)→뱀(2차 소비자)→매(3차 소비자)입니다. 실제로 생태계에서는 먹이연쇄가 겹치거나 서로 연결돼 있어서 먹이그물을 형성하는 경우가 많습니다.

모든 먹이연쇄의 마지막 단계는 죽은 생물체와 유기성 노폐물을 분해하는 종속영양생물인 분해자가 차지합니다. 에너지가 생태계를 거쳐 이동하면서 각 영양단계에서 많은 에너지가 소실됩니다. 생태계 안으로 들어와 계속 소실되는 에너지와 달리 영양물은 생태계의 생물 요소와 비생물 요소 사이를 오갑니다. 대부분의 순환에서 분해자는 생태계의 생물 요소를 다시 사용할 수 있도록 영양물질을 토양·물·대기로 되돌려주는 중요한 역할을 합니다.

- 3) 생물 요소와 비생물 요소가 균형을 이뤄 안정된 상태에 있을 때 생태계가 평형을 이루고 있다고 말합니다. 즉 생태계는 변화를 겪더라도 생물의 종류, 개체수, 물질의 양 등을 항상 일정한 수준으로 유지하는데, 이와 같은 안정한 상태를 생태계의 평형이라고 합니다.

생태계는 인간의 활동이나 자연재해로 변화를 겪고, 다시 평형을 되찾는 과정을 끊임없이 되풀이 합니다. 생태계는 지진이나 홍수 같은 자연재해로 파괴되더라도 자기조절 능력으로 일정 수준까지 회복이 가능합니다.

오늘날 생태계를 변화시키는 주원인은 인간의 활동입니다. 인구증가와 산업화를 거치는 동안 생물의 서식지가 파괴되고 생물 종이 감소해 생태계 평형 유지에 중요한 역할을 하는 먹이연쇄가 끊어지고 있습니다.

또 베스, 블루길과 같이 외국에서 유입된 귀화생물은 기존 생태계의 먹이사슬을 교란시키는데, 이로 인한 생물군의 변화가 생태계 파괴를 불러오기도 합니다. 파괴된 생태계는 시간이 지나면 대부분 다시 평형 상태로 돌아오지만, 어느 한계를 벗어나면 되돌리기 어려운 상황에 이릅니다.

우리 몸에는 환경의 변화에 적절하게 대응해 내부 환경을 거의 일정하게 유지하는 항상성 조절 기구가 있다. 정상 체온에서 0.1℃ 정도만 벗어나도 체온 조절 기구가 작동하며, 혈액 속의 포도당 양도 거의 일정하게 유지된다. 이러한 항상성 유지의 주역은 신경계와 호르몬이라고 할 수 있다. 이를 참고해 다음에 답하라.

- 1) 날씨가 더워졌을 때 체온을 낮추기 위한 우리 몸의 조절작용을 설명하라.
- 2) 혈당량이 정상보다 높거나 낮을 때, 혈당량은 어떻게 조절되는가?
- 3) 호르몬의 특징을 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

항상성 유지 기작과 항상성 유지에서 중요한 역할을 담당하는 호르몬의 특징에 관해 구체적인 내용을 묻는 문제입니다. 혈당량조절과 체온조절, 삼투압 조절, 신장의 역할 역시 자주 출제되므로 정확히 알고 있어야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 체온을 낮추려면 우선 체내 열 생산량을 줄여야 합니다. 각 세포에서 물질대사가 활발할 경우 호흡이 활발해지고 체내 발열이 촉진됩니다. 만약 체내 발열량을 줄이려면 물질대사

를 억제해야 합니다. 이를 위해 우리 몸은 인슐린의 분비량을 늘리고, 물질대사를 촉진해주는 티록신의 분비량을 줄입니다.

체내 발열량을 줄이는 것 외에도, 땀을 통해 열을 몸 밖으로 발산시키는 방법도 이용됩니다. 이 때에는 피부의 모세혈관이 확장돼 외부로 발산되는 열의 양을 증가시킵니다.

- 2) 혈당량이 높을 때는 부교감 신경이 작용해 이자의 랑게르한스 섬 베타 세포에서 인슐린 분비가 촉진됩니다. 이때 분비된 인슐린은 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하거나, 조직 세포에서 포도당을 산화시키는 반응을 촉진해 혈당량을 낮춥니다.

혈당량이 낮을 때는 교감 신경이 작용해 부신 수질에서는 아드레날린이, 이자의 랑게르한스 섬알파 세포에서는 글루카곤 분비가 촉진돼 간의 글리코젠이 포도당으로 분해됩니다. 또 뇌하수체에 의해 부신피질호르몬의 분비가 촉진돼 부신 피질에서 당질 코르티코이드가 분비되면 단백질과 지방이 분해돼 포도당이 만들어집니다.

- 3) 호르몬은 체내에서 합성돼 혈액이나 림프 같은 체액에 직접 분비돼 이동합니다. 각각의 호르몬은 체액을 타고 몸속을 돌아다니다가 자신의 표적 기관에서만 작용합니다. 호르몬은 적은 양으로도 생리작용을 조절하며, 척추동물 내에서는 종 특이성이 없어서 서로 다른 종의 체내에서 같은 작용을 합니다. 따라서 다른 척추동물에서 얻은 호르몬을 사람에게 사용할 수 있습니다.

2006년 10월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]유전자조작 식품은 안전한가

작물의 유전자를 조작하면 수확량을 늘릴 수 있고 식품으로서의 영양가와 보존성도 높일 수 있다. 이 때문에 유전자조작식품(GMO, Genetically Modified Organism) 시장은 점점 넓어질 전망이다. 앞으로 다양한 유전자조작식품이 식탁에 오를 것이다. 이런 유전자조작식품을 상품화하는 데 안정성을 확보하는 일은 매우 중요하다.

- 1) '유전자조작'과 '유전자조작식품'이란 무엇인지 설명하라.
- 2) 유전자조작식품을 생산하는 일이 바람직한지, 그렇지 않은지에 대한 자신의 생각을 말하라.
- 3) 겉으로 봐서는 유전자조작식품인지 아닌지를 확인하기가 힘들다. 이를 확인하는 방법을 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

아직까지도 안정성 문제로 논란이 되는 유전자조작식품에 대해 질문함으로써 유전공학에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 측정하는 문제입니다. 유전자조작식품이 만들어지는 과정을 충분히 이해한 뒤 자신의 생각을 정리해 답하기 바랍니다.

유전자조작식품은 보통 유용한 기능을 발현하는 외부유전자를 삽입해 만듭니다. 삽입된 외부유전자는 DNA를 검사하거나 그 유전자로부터 발현돼 나온 단백질을 조사해 확인할 수 있습니다.

이 과정에서 분자생물학의 여러 실험방법이 이용되므로 그 원리를 알아두면 좋습니다.

▶ 예시답안

- 1) 유전자조작은 한종으로부터 유전자를 얻어 이를 다른 종에 삽입하는 기술입니다. DNA 구조가 밝혀지고, 1970년대 이후 DNA를 자르고 이어붙이는 기술이 개발되면서 유전자조작이 가능해졌습니다.

유전자 조작 기술을 이용하면 수많은 유전자 중에서 특정한 유전자를 분리해 그 유전자에서 만들어지는 단백질을 대량으로 얻거나 유전자를 이식받은 개체의 형질을 달라지게 할 수 있습니다.

유전자조작식품은 동물, 식물, 미생물에서 추출한 특정한 유전자를 작물에 삽입하거나 작물이 원래 가지고 있던 유전자를 없애는 유전자 재조합 기술을 활용해 만듭니다. 유전자조작식품은 이런 과정을 거쳐 새로운 형질을 갖게 된 농작물과 이를 가공한 식품을 말합니다.

- 2) <찬성하는 경우>

지금도 지구상에는 먹을 것이 부족해 굶어 죽어가는 사람들이 있습니다. 이와 같은 식량 위기를 극복하기 위해서는 식량증산이 꼭 필요합니다.

유전자조작식품을 허용할 경우, 병충해에 강한품종을 개발해 수확량을 늘릴 수 있으며 영양이 풍부한 품종으로 식생활을 개선할 수 있습니다. 뿐만 아니라 제초제를 적게 사용할 수 있으므로 환경오염을 방지할 수 있고 노동량을 줄일 수 있습니다.

흔히 항생제 내성 농산물을 섭취할 경우 인체에도 동일한 항생제 내성이 생길 것이라고 걱정합니다. 그러나 이를 뒷받침하는 충분한 근거는 아직 없으며 유전자조작식품이 인체에 유해하다는 확실한 증거도 없습니다. 외부유전자나 그로부터 발현된 단백질을 섭취하더라도 우리 몸에 흡수되기 전에 먼저 소화과정을 거치므로 여러 가지의 안정성 검사를 충분히 거친다면 유전자조작식품은 인간 생활을 이롭게 할 것입니다.

<반대하는 경우>

전 세계의 기아문제는 단순히 식량이 지구촌 인구에 비해 모자라기 때문이 아닙니다. 식량이 부족하다기보다는 식량이 적절히 분배되지 못하기 때문에 기아문제가 발생한다고 볼 수 있습니다.

그러므로 식량 부족과 기아문제를 해결할 수 있는 유일한 대안으로 유전자조작식품을 제시해서는 안 됩니다. 유전자조작식품이 알레르기 반응을 일으킨 사례도 그냥 지나쳐서는 안 됩니다. 삽입한 항생제 내성 유전자로부터 만들어지는 단백질이 인체에 미치는 영향을 제대로 알 수 없다는 사실도 눈여겨보아야 합니다.

제조제에 내성을 가진 강력한 잡초가 생길 가능성도 여전히 남아 있습니다. 또한 유전자조작식품에 대해 더욱 강력한 생존력을 가진 해충이 등장할 수도 있습니다. 이런 해충은 생물의 다양성을 해치고 생태계의 안정성 자체를 무너뜨릴 수도 있으므로 생태계에 미치는 영향을 반드시 고려해야 합니다.

환경에 미치는 영향은 짧은 시간 동안 검증할 수 없으며 한두 차례의 임상 실험으로는 인체에 안전한지 정확히 알 수 없으므로 유전자조작식품은 일단 금지해야 합니다.

- 3) 유전자조작식품을 판별하는 방법에는 DNA수준에서 확인하는 방법과 단백질의 발현으로 확인하는 방법이 있습니다.

우선 특정 유전자가 식품에 삽입됐는지는 PCR(중합효소연쇄반응)을 이용한 DNA 검사법으로 알아낼 수 있습니다. 대개 식품의 유전자를 조작할 때는 원하는 유전자가 제대로 변형됐는지 알 수 있도록 항생제 내성 유전자 같은 표시유전자를 붙이게 됩니다. 따라서 검사할 식품에서 DNA를 추출해 PCR로 원하는 DNA 부위를 증폭시킨 뒤, 유전자 변형에 사용되는 표시유전자와 대조해 유전자 변형 여부를 판단합니다.

특정 유전자로부터 발현되는 단백질은 항원-항체반응을 이용한 ELISA(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) 검사법을 통해서 검출합니다. 이를 위해서 먼저 변형 유전자가 만들어낸 단백질을 분리한 뒤, 이를 동물에 주사해 항체를 만듭니다. 이때 생성된 항체와 검사대상 식품의 단백질을 반응시켜 유전자 변형 여부를 판별할 수 있습니다.

ELISA를 이용한 단백질 검사법은 DNA 검사법에 비해 빠른 시간에 적은 비용으로 확인이 가능합니다. 하지만 변형 유전자가 단백질을 만들지않거나 식품 제조과정에서 단백질이 파괴된 경우, 또는 유전자조작식품 함유량이 적은 경우에는 검사가 불가능하다는 단점이 있습니다.

표면적-부피 비는 생명현상과 관련해 아주 중요한 의미를 갖는다(2002년 경희대 수시).

- 1) 반지름이 각각 $1\mu\text{m}$, $10\mu\text{m}$ 인 구형 세포가 있다. 이 세포들의 표면적과 부피를 각각 구한 뒤 각 세포의 표면적-부피 비를 구하라.
- 2) 1)의 두 세포가 활발한 생명활동을 하고 있다면 어떤 세포가 더 효율적일지 설명하라.
- 3) 우리 몸의 구조 가운데 표면적을 넓힘으로써 효율을 높이는 경우를 예로 들어 설명하라.
- 4) 표면적과 부피의 관계를 이용해 다음 그림에 대해 설명하라.



▶ 전문가 클리닉

세포에서 표면적 대 부피비의 중요성에 관한 전형적인 문제입니다. 세포의 모양과 크기는 생물체의 종류에 따라 다양하며, 한 개체에서도 세포의 기능에 따라 다양합니다.

세포는 물질을 능동적으로 교환해야 하는데, 이 때 부피에 비해 표면적이 충분히 커야 효율이 높아집니다. 세포의 표면적은 부피에 비해 더디게 증가하므로 세포가 작을수록 표면적이 커집니다.

▶ 예시답안

- 1) 반지름이 $1\mu\text{m}$ 인 세포는 표면적이 $4\pi\mu\text{m}^2$ 이 고체적이 $4/3\pi\mu\text{m}^3$ 이므로 표면적-부피 비는 $3\mu\text{m}^{-1}$ 입니다.

반지름이 $10\mu\text{m}$ 인 세포는 표면적이 $400\pi\mu\text{m}^2$ 이고, 체적이 $4000/3\pi\mu\text{m}^3$ 이므로 표면적-부피 비는 $0.3\mu\text{m}^{-1}$ 입니다.

- 2) 세포는 생명체의 구조적, 기능적 단위로 생물체에서 일어나는 모든 생명현상의 기본입니다.

세포가 활발하게 생명활동을 한다는 사실은 주위환경과 물질을 능동적으로 교환한다는 의미입니다. 이는 각종 영양분과 산소를 받아들이고 노폐물과 이산화탄소는 내보내는 과정을 말합니다. 이를 위해서는 세포를 둘러싸는 세포 원형질막의 표면적이 충분히 커야 합니다.

세포의 부피가 증가하면 영양물질, 기체, 노폐물이 부피에 비례해 증가하지만, 세포의 표면적은 그에 비례해 커지지 않습니다. 크기가 큰 세포는 작은 세포보다 큰 표면적을 갖고 있지만, 단위부피 당 표면적의 비로 볼 때 작은 세포가 큰 세포보다 더 큰 표면적-부피 비를 가지므로 반지름이 작은 세포가 생명활동에 있어서 더욱 효율적입니다.

- 3) 첫째, 작은창자는 융털 구조를 이뤄 인체 표면적의 100배가 넘는 표면적을 가집니다. 이런 구조로 표면적을 넓힘으로써 소화된 양분과 접촉할 기회가 많아져더많은 양분을 흡수할 수 있습니다.

둘째, 허파는 폐포 구조를 통해 폐와 모세혈관의 접촉 면적을 넓힘으로써 공기와 혈액 사이의 기체교환을 원활하게 합니다.

셋째, 모세혈관은 실처럼 가늘게 분화돼 표면적을 넓힘으로써 조직과 혈액 사이의 물질교환을 더 쉽게 합니다.

- 4) 북극여우, 붉은여우, 사막여우는 서로 다른위도에서 서식합니다. 북극여우는 얼굴이 크고 귀가 작으며, 사막여우는 얼굴이 작고 귀가 큼니다.

붉은여우는 이 둘의 중간 형태를 취합니다. 몸집이 커질수록 부피에 대한 표면적의 비가 작아지므로 상대적으로 열 손실이 적습니다. 돌출부는 작을수록 열 손실이 적습니다.

이는 정온동물이 서식지의 온도에 적응하는 예를 나타냅니다. 추운 지방의 동물일수록 몸집을 크게 유지하고(베르그만의 법칙), 말단 돌출부는 작게 유지함(알렌의 법칙)으로써 효율적으로 체온을 유지합니다.

혈액에 응고방지제를 첨가하고 원심분리한 뒤에 혈장 층, 백혈구, 혈소판 층, 적혈구 층으로 나누었다.

- 1) 정상인과 비교해 빈혈환자를 알아보려면 세 가지 분획층 중에서 어느 것을 비교해야 할까?
- 2) 유전자 지문 감식을 하려고 한다. 어느 분획층을 이용해야 할까?
- 3) 혈장에는 어떤 성분이 있으며 기능은 무엇인지 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

혈액의 성분과 기능에 관한 질문입니다. 만족할 만한 답변을 하기 위해서는 혈액 세포에 관한 지식이 필요합니다. 각 혈액 세포의 종류, 기능, 특징을 잘 알아두기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 빈혈이란 혈액 가운데 적혈구 수나 헤모글로빈의 농도가 감소해 세포의 산소운반 능력이 떨어진 상태입니다. 빈혈환자를 알아보기 위해서는 적혈구 층을 비교해봐야 합니다.
- 2) 유전자지문을 감식하려면 우선 세포에서 DNA를 추출해야 합니다. 성숙한 적혈구의 경우엔 핵이 없으므로 DNA를 추출할 수 없습니다. 혈액을 구성하는 성분들 중 백혈구가 핵을 갖고 있으므로 이로부터 DNA를 추출할 수 있습니다.

따라서 백혈구 층을 이용하면 됩니다.

- 3) 혈장은 90% 가량이 물이고 나머지 부분에는 단백질, 지질, 당, 무기염류가 용해돼 있습니다.

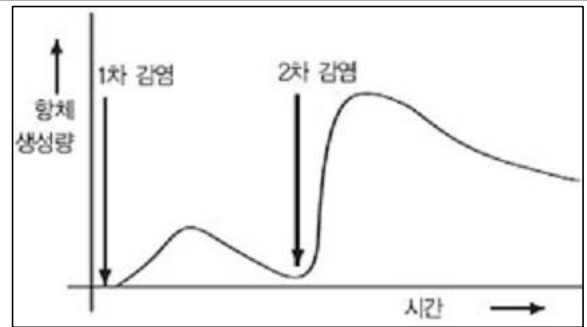
혈장 속에 존재하는 단백질은 알부민, 혈액응고에 관여하는 각종 혈액응고인자, 항체의 성분인 면역 글로불린 등입니다.

혈장은 영양분과 호르몬, 항체를 신체의 각 조직으로 나르고 노폐물을 몸 밖으로 내보내며, 삼투압을 일정하게 유지하고 pH의 변화를 줄이는 완충작용을 합니다.

2006년 11월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]세균의 침투

그림은 동일한 종류의 세균에 두 차례 감염됐을 때 체내 항체 농도를 조사한 결과다.



- 1) 2차 감염 시에 일어나는 항체 생성반응은 1차 감염 때와 어떻게 다른지 지적하고 그 이유를 설명하라.
- 2) 항체가 생성된 뒤 세균을 없애는 메커니즘을 한 가지 이상 아는 대로 설명하라.
- 3) 만약 항체 한 개가 아미노산 1500개로 이뤄졌다면 한 항체를 생산하는 데 필요한 최소한의 DNA 크기는 몇 염기쌍인가? (단 아미노산을 지정하는 코돈의 숫자만 고려한다)
- 4) 사람의 면역세포는 10^6 (=100만) 종류의 서로 다른 항체를 만들어낼 수 있고, 하나의 ldb전자는 하나의 항체를 만들어낸다고 한다. 그렇다면 2)번 문항을 참고할 때 모든 종류의 항체를 만들어내기 위해 DNA는 얼마나 커야겠는가? 또한 사람의 세포 내에 있는 전체 DNA의 크기가 30억 염기쌍이라고 할 때 항체 유전자는 전체 DNA의 몇 %에 해당하는지 계산하라.
- 5) 사람을 구성하는 모든 세포는 하나의 수정란에서 유래했기 때문에 같은 유전정보를 갖고 있다. 그렇다면 항체를 생산하는 세포는 어떻게 각기 다른 종류의 항체를 생산할 수 있는지 그 이유를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

하나의 유전자에서 하나의 단백질만 만들어진다면, 모든 유전자가 항체만 만들어도 생성되는 항체에 비해 유전자 개수가 모자란다는 결론이 나옵니다. 그렇다면 B세포는 어떻게 매년 다른 종류의 항체(단일 클론 항체)를 만드는 것일까요?

분화되기 전의 B세포는 같은 유전정보(DNA)를 갖고 있습니다. 그러나 분화되는 과정에서 항체를 만드는 부위의 유전자가 제각기 달라져 같은 B세포에서 서로 다른 항체를 만드는 것입니다.

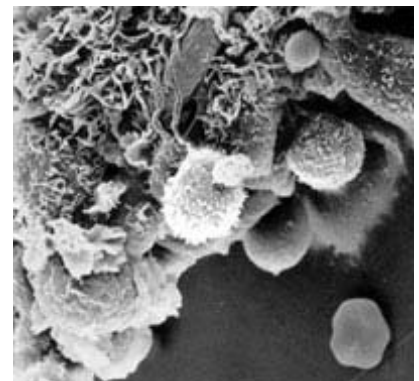
▶ 예시답안

- 1) 2차 감염이 일어나면 1차 감염 때에 비해 훨씬 많은 항체가 더 빠르게 생성됩니다. 그 이유는 항체를 만드는 세포인 B림프구 가운데 일부가 1차 감염 이후에 기억세포의 형태로 남아있기 때문입니다.

기억세포는 같은 종류의 항원을 다시 만났을 때 훨씬 더 빠르고 강력한 항체를 만들 수 있게 해줍니다.

- 2) 체액성 면역 반응에서 혈장세포로부터 방출된 항체는 세균이나 바이러스의 감염이 일어난 곳에서 침입자와 결합한 뒤 이들을 파괴하거나 중화시킵니다. 이때 대상 세균을 공격하는 방법에는 세 가지가 있습니다.

첫째, 질병의 원인이 되는 세균으로부터 유래된 독소와 결합해 이를 중화시키거나 세균을 물리적으로 방해합니다.



체내 면역 체계에서 핵심기능을 하는 면역세포인 '킬러세포'

둘째, 세균 표면의 단백질과 결합해 응집을 유도하거나 침전시켜 식세포에게 쉽게 먹히게 합니다.
셋째, 세균 표면의 항원-항체 복합체에 보체라고 부르는 일련의 단백질 인자가 차례대로 붙으면 세포막을 관통하는 구멍이 만들어져 침입한 세균을 파괴합니다.

- 3) 하나의 아미노산은 염기 세 개에 의해 지정됩니다. 만약 1500개의 아미노산으로 이뤄진 항체가 있다면, 이 항체를 지정하는 데 필요한 최소한의 DNA 크기는 $1500 \times 3 = 4500$ 염기쌍입니다.
- 4) 3)번 문제처럼 4500개의 염기쌍이 항체 하나를 지정한다고 할 때, 106 종류의 서로 다른 항체를 생산하려면 DNA의 전체 크기는 $4500 \times 106 = 4.5 \times 10^9$ (45억) 염기쌍이 돼야 합니다. 이는 전체 30억 (3×10^9) 염기쌍의 150%에 해당합니다.
- 5) 항체를 생산하는 면역세포인 B림프구는 분화하는 과정에서 전체 항체 유전자조합 가운데 한 가지 종류의 항체를 생산하는 유전자조합만 선택합니다.

분화 초기에는 같은 유전정보를 갖더라도 분화가 일어난 뒤에는 각 B림프구 클론마다 다른 종류의 항체를 만드는 유전자를 갖게 됩니다. 이렇게 만들어진 유전자는 서로 다른 종류의 항체를 생산합니다.

제시문의 내용을 토대로 생태계에서 일어나는 에너지 흐름과 탄소의 순환을 각각 설명하라 (2007년 동국대 논술 응용).

생태계는 일정한 공간에 존재하는 생물체와 물, 공기, 흙, 영양소, 기후의 비생물적 환경으로 구성된다. 생태계를 구성하는 요소는 물질의 순환과 에너지 흐름이라는 두 과정을 통해 상호작용한다.

생태계에서 일어나는 에너지 흐름은 태양에너지에서 시작된다. 태양에너지는 광합성 생물에 의해 화학에너지로 전환된다. 광합성 생물은 식물을 비롯해 녹조류와 광합성 세균을 포함한다. 광합성 생물에 저장된 에너지는 생태계 먹이사슬(먹이연쇄)을 통해 먹히는 생물로부터 먹는 생물로 전달된다. 유기화합물의 구성성분은 생산자, 소비자, 분해자로 이동되면서 생물체의 삶을 지탱해주고, 결국 생태계의 비생물적 환경으로 되돌아가 순환한다.

▶ 전문가 클리닉

생태계에서 일어나는 두 가지 큰 이동, 즉 에너지 흐름과 물질의 순환에 대해 묻는 문제입니다. 왜 에너지는 흐른다고 표현하고 물질은 순환한다고 표현하는지 이해하고 있어야 합니다.

대부분의 생명체가 얻는 에너지는 태양으로부터 나오는 반면에 물질은 끊임없이 순환합니다. 생물이 살아가기 위해서는 세포를 구성하는 물질과 에너지가 필요하다는 사실을 알아야 합니다. 또한 물질과 에너지를 얻는 방식에 따라 생물을 몇 가지 부류로 나눌 수 있다는 사실도 알아야 합니다.

▶ 예시답안

대부분의 생물은 호흡을 통해 탄수화물과 같은 영양분에 저장된 화학에너지로부터 세포가 사용할 수 있는 에너지 형태인 ATP를 생산합니다. 이 과정에서 만들어지는 이산화탄소는 대기로 방출되는데, 광합성 생물이 그 일부를 사용합니다.

생태계에 빛에너지 형태로 유입되는 에너지는 광합성 생물을 비롯한 독립영양생물에 의해 화학에너지로 전환됩니다. 종속영양생물은 독립영양생물을 먹어 독립영양생물체에 유기화합물의 형태로 저장된 화학에너지의 일부를 얻습니다.

중속영양생물 중에서도 세균이나 곰팡이는 특별히 분해자라 불리는데, 동·식물의 사체를 분해해 에너지를 얻습니다.

여러 생물을 거쳐 전달되는 에너지는 각 생물의 대사활동 과정에서 조금씩 열에너지의 형태로 주변으로 빠져나갑니다. 이렇게 빠져나가는 에너지는 생물이 이용할 수 없기 때문에 손실되는 에너지라고 표현합니다. 한번 손실된 에너지는 쓸 수 있는 형태로 순환하지 못합니다.

생태계 내에서의 물질 이동은 에너지 흐름과 달리 화학적 순환으로 설명할 수 있습니다. 탄소나 질소 같은 화학원소는 물, 공기, 토양 같은 무생물과 생물 사이를 순환합니다.

식물은 탄소와 질소(일부 식물의 경우)를 무기물 형태에서 유기물로 고정시킵니다. 동물은 그 일부를 소비합니다.

광합성 생물은 대기 중의 이산화탄소를 유기화합물로 합성하고(광합성), 합성된 유기화합물은 생물의 호흡을 통해 에너지를 방출하며 분해됩니다(호흡). 이 과정에서 이산화탄소가 배출되는데, 이는 다시 광합성에 이용됩니다.

생물체를 구성하는 유기화합물은 분해자에 의해 분해돼 화석연료(무기물)가 되기도 합니다. 분해자가 토양과 대기로 환원시킨 화석연료의 연소 과정에선 이산화탄소가 배출되고, 이것 역시 광합성에 이용됩니다.

이렇게 탄소 같은 물질이 생태계 내에서 순환하는 과정을 '화학적 순환'이라고 합니다.

요즘 우리나라의 전통음식인 김치의 생산이 느는 추세다. 해외에서도 김치는 인기가 높아 김치 소비는 꾸준히 증가하고 있다(2004년 동아대 수시 응용).

- 1) 전통식품인 김치의 장단점에 대해 설명하라.
- 2) 김치를 담글 때 배추를 소금으로 절이는데, 이때 일어나는 현상을 설명하라.
- 3) 김치는 높은 온도에서는 빠르게 시어지는데 그 이유를 설명하고, 김치 이외의 발효식품에는 어떤 것이 있는지 몇 가지 예를 들어라.

▶ 전문가 클리닉

김치 제조에 관해서 다양한 과학지식을 묻는 문제입니다. 시사 문제뿐만 아니라 생활 속에서 지나치기 쉬운 현상에 대해 주의 깊게 생각하고 대비하는 자세가 필요합니다.

유기물을 분해해 에너지를 저장하는 호흡과정에서 산소가 없을 때는 발효과정을 거친다는 사실을 잊지 말아야 합니다.

또한 식혜나 맥주 같은 발효 식품의 제조 과정도 알아두기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 김치의 장점은 김치 재료 속에 각종 무기질의 영양성분이 풍부하고, 김치 재료인 마늘의 알리신 성분이 살균·항암작용을 하며, 비만예방의 효과를 가진다는 점을 들 수 있습니다.

김치유산균은 장염과 대장암을 예방하는 효과를 갖고 있습니다. 또한 김치유산균의 항생물질은 비브리오균이나 병원성대장균의 생육을 억제하는 효과가 있다고 알려져 있으며, 사스(SARS, 중증급성호흡기 증후군) 예방에도 탁월한 효능을 갖는다는 사실이 보고됐습니다.

그러나 김치에는 소금이 많이 들어가 짭 뿐만 아니라 맵기도 하므로 위를 자극할 수 있다

는 단점이 있습니다.

- 2) 배추를 소금물에 절이는 것은 배추를 구성하는 세포 안쪽보다 바깥쪽의 소금농도를 높인다는 의미입니다. 이때 삼투현상이 일어나 배추 세포 안의 물은 세포막을 통과해 밖으로 빠져나옵니다.

결국 세포들은 활성이 없어지는데, 이 과정이 바로 배추의 '숨을 죽인다'고 표현하는 과정입니다. 배추의 숨이 죽으면 여러 가지 양념 성분이 배추 조직세포 내부로 들어가기 쉬워져 간이 배게 됩니다.

- 3) 김치를 담근 뒤 어느 정도 시간이 지나면 유산균이 많아집니다. 온도가 올라가면 유산균이 잘 자라고 유산균의 작용으로 젖산이나 초산 같은 산이 만들어지기 때문에 김치가 시어지게 됩니다. 김치 이외의 발효식품에는 간장, 된장, 고추장, 청국장, 맥주, 막걸리, 식초, 요구르트, 치즈 등이 있습니다.

2006년 12월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]헤모글로빈 유전자 변이

현재 줄기세포를 연구하는 방법은 크게 성체줄기세포 연구와 배아줄기세포 연구로 나뉜다. 배아줄기세포 연구로 기대할 수 있는 경제적, 의학적 효과는 크지만 인간배아의 도덕적 지위에 대한 견해 차이 때문에 배아줄기세포 연구에 대한 찬반 입장은 날카롭게 대립하고 있다.

- 1) 성체줄기세포의 장단점은 무엇인지 설명하라.
- 2) 인간배아 복제 허용에 대해 자신의 견해를 밝혀라.

▶ 전문가 클리닉

인간배아 연구에 관한 문제는 꾸준히 출제되고 있으며 앞으로도 출제 가능성이 높은 주제입니다. 배아연구를 진행하는 목적과 연구방법에 대한 기술적인 문제들을 정리하고 쟁점이 되는 인간배아의 지위에 관해 고민한뒤자신의 의견을 펼칠 수 있길 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 성체줄기세포는 자신의 세포를 이용하기 때문에 면역거부반응을 피할 수 있다는 장점이 있습니다. 또한 복제된 배아줄기세포를 이용할 때 발생할 수 있는 여러 가지 윤리적인 문제를 해결할 수도 있습니다. 그러나 성체줄기세포는 배아줄기세포만큼 기능분화가 다양하지 못하며 세포덩어리를 많이 얻을 수 없다는 단점이 있습니다.

2) <찬성하는 경우>

인간배아 연구는 불임환자의 치료, 유전병의 진단과 제거를 목적으로 시작됐습니다. 최근에 줄기세포가 체외에서 인위적으로 그 특성을 유지하면서 대량 생산돼, 원하는 조직이나 기관으로 발달을 유도할 수 있다는 가능성을 보여주는 연구결과가 보고됐습니다. 이러한 인간배아 연구는 난치병을 치료하거나 환자에게 의학적으로 큰 효과를 가져올 것입니다.

또한 인간배아 연구는 초기 배아의 발생과 발달과정 그리고 이 단계에서 유전자의 발현을 이해하는 데 많은 도움이 될 것입니다.

인간을 질병으로부터 해방시켜 건강한 삶을 오래도록 누리게 하는 것이 의학의 목적이라면 의학 본연의 목적에 충실하게 연구를 수행하고 이를 격려하며 원래의 목적에서 벗어나지 않도록 감시하는 것이 올바른 일일 것입니다.

우리는 인간배아 복제 연구를 허용하는 대신, 이 연구가 복제인간을 탄생시키는 방향으로 나아가지 않도록 관련 제재를 마련하면 됩니다. 생명의 신비를 풀어 질병 치료에 유용하게 이용될 수 있다는 판단이 서는 이 시점에서 인간배아 복제 연구는 허용돼야 합니다.

<반대하는 경우>
















인간배아 복제는 인간개체 복제로 이어질 가능성이 있습니다. 이 경우 사회, 문화, 종교 분야에서 전체 인류에 미치는 영향이 너무 큼니다. 연구나 치료 목적으로라도 인간배아 복제가 허용된다면 과학기술의 실천적 측면으로 볼 때 인간배아 복제는 인간 복제로 이어질 개연성이 있습니다.

또한 앞으로 이 기술을 장악하는 사람은 과학자가 아닌 기업가가 될 가능성이 높기 때문에 인간유전자를 복제해 만든 배아가 시장에서 매매될 수 있습니다. 이것은 인간의 존엄성을 파괴하는 결과를 가져올 것입니다.

우수한 유전자를 가진 '맞춤인간'이 태어날 수도 있는데, 이는 인간을 생명체로 바라보는 것이 아니라, 인간의 기능과 능력만 중시하는 사회를 만들 수도 있습니다. 따라서 인간배아 복제연구를 허용해서는 안 됩니다.

겸형 적혈구 빈혈증은 헤모글로빈을 구성하는 2개의 폴리펩티드 중 하나가 바뀐 아미노산을 갖고 있기 때문에 발병한다. 이 병을 가진 사람은 헤모글로빈 유전자에 변이를 가지고 있다 (2005학년도 서울대 수시 응용).

<표1> 겸형 적혈구 빈혈증의 표현형

표현형 \ 유전자형	정상 AA	보인자 AS	발병 SS
β-사슬 글로빈(폴리펩티드)			
고지대에서 적혈구 모양	정상 	일부 겸형 적혈구 	대부분 겸형 적혈구 
고지대에서 적혈구 농도	정상 	낮음 	매우 낮음. 빈혈 
해수면에서 적혈구 모양	정상 	정상 	일부 겸형 적혈구 
해수면에서 적혈구 농도	정상 	정상 	낮음 
말라리아 병에 대한 저항성	저항성 없음	저항성 있음	저항성 있음

1) <표1>은 정상과 겸형 적혈구 빈혈증에 대해 각각의 유전자형(genotype)에 대한 여러 단계의 표현형(phenotype)을 나타낸 결과다. 다음 표현형에 대해 A와 S의 유전자가 우성인지 열성인지 설명하라.

- ① β-사슬 폴리펩티드
- ② 해수면과 고지대에서 적혈구의 모양과 농도
- ③ 말라리아 병에 대한 저항성

2) <표1>에 의하면 적혈구의 모양이 고도에 따라 다르게 나타난다. 즉 유전자형이 SS형인 경우와 AS인 경우 고지대에 비해 산소의 농도가 높은 해수면에서는 겸형 적혈구가 적거나 나타나지 않는다. 이 경우 같은 유전자형이라도 환경에 따라 표현형이 다르게 나타난 것이다. 왜 이런 현상이 일어날 수 있는지를 설명하라.

3) <표2>는 정상 β-사슬 아미노산과 빈혈증을 나타내는 여러 종류의 변화된 β-사슬 아미노산을 표시한 결과이다. HbS와 HbC의 경우 아미노산 6번이 글루탐산에서 각각 발린과 리신으로 바뀌었다(63번 아미노산도 서로 다른 두 개의 아미노산으로 바뀜). 실제로 어떻게 정상 아미노산이 2가지 이상의 서로다른 아미노산으로 변할 수 있는지 그 이유를 설명하라(돌연변이가 일어나는 원인을 묻는 것이 아님)

<표2> 정상 β-사슬 아미노산과 빈혈증을 나타내는 β-사슬 아미노산

변이 종류	1	2	3	6	7	25	63	67	125	145
정상(HbA)	발린	히스티딘	류신	글루탐산	글루탐산	글루탐산	히스티딘	발린	글루탐산	히스티딘
HbS	발린	히스티딘	류신	발린	글루탐산	글루탐산	히스티딘	발린	글루탐산	히스티딘
HbC	발린	히스티딘	류신	리신	글루탐산	글루탐산	히스티딘	발린	글루탐산	히스티딘
HbG산호새	발린	히스티딘	류신	글루탐산	글리신	글루탐산	히스티딘	발린	글루탐산	히스티딘
HbB	발린	히스티딘	류신	글루탐산	글루탐산	리신	히스티딘	발린	글루탐산	히스티딘
HbM사스카툰	발린	히스티딘	류신	글루탐산	글루탐산	글루탐산	티로신	발린	글루탐산	히스티딘
Hb취리히	발린	히스티딘	류신	글루탐산	글루탐산	글루탐산	아르기닌	발린	글루탐산	히스티딘
HbM밀워키1	발린	히스티딘	류신	글루탐산	글루탐산	글루탐산	히스티딘	글루탐산	글루탐산	히스티딘
HbDd편잡	발린	히스티딘	류신	글루탐산	글루탐산	글루탐산	히스티딘	발린	글루타민	히스티딘

- 4) <표3>은 아미노산을 성질별로 분류한 결과이다. <표2>에서 나타난 아미노산의 변이를 <표3>과 연관지어 어떤 결론을 유추할 수 있는가? 또 그 이유는 무엇인가?

<표3> 아미노산 분류

아미노산	결사슬	비극성 아미노산	결사슬
아스파르트산	음전하	알라닌	비극성
글루탐산	음전하	글리신	비극성
아르기닌	양전하	발린	비극성
리신	양전하	류신	비극성
히스티딘	양전하	이소류신	비극성
아스라파긴	극성	프롤린	비극성
글루타민	극성	페닐알라닌	비극성
세린	극성	메티오닌	비극성
트레오닌	극성	트립토판	비극성
티로신	극성	시스테인	비극성

▶ 전문가 클리닉

서울대 특기자 전형 문제답게 기본 대입 심층구술면접 대비책 개념과 사고력을 측정하는 심도 있는 문제라고 할 수 있습니다. 이 문제에 답하기 위해서는 먼저 아미노산의 중합체가 단백질이며 그 정보는 DNA의 염기서열에 저장돼 염기 세 개가 하나의 아미노산을 지정하는 코돈으로 작용한다는 사실을 알고, 염기서열에 변화가 일어나면 아미노산에도 변화가 일어날 수 있다는 사실을 이해하고 있어야 합니다.

▶ 예시답안

- ① AS 유전자형을 가진 개체의 β -사슬 글로빈 표현형을 보면, 정상인 모양과 병을 유발하는 모양의 폴리펩티드가 모두 생성된 것을 알 수 있습니다. 이로써 β -사슬 폴리펩티드는 각각의 대립인자 유전자로부터 만들어지므로 공동우성입니다.
 - ② 적혈구의 모양과 농도는 환경에 따라 우성과 열성이 결정됩니다. 해수면에서 적혈구 모양과 농도는 AS의 표현형이 AA의 표현형을 따르므로 A가 우성입니다. 반면 고지대에서는 한쪽의 형질을 완전히 따르지 못하므로 불완전 우성이라고 할 수 있습니다.
 - ③ 말라리아에 대한 저항성은 AA형엔 없으나, AS형과 SS형에선 발견됩니다. AS유전자형과 SS유전자형은 S형 대립인자 유전자를 공통으로 가집니다. S형 유전자를 하나라도 가질 경우 말라리아에 대한 저항성이 생기므로, S대립인자가 우성임을 알 수 있습니다.
- 헤모글로빈은 네 개의 폴리펩티드 사슬로 구성되어 있고 산소가 붙으면 구조적인 변화가 일어나서 더욱더 산소가 잘 결합한다는 특징을 가집니다.

특히 S유전자의 폴리펩티드 사슬은 글루탐산이 발린으로 바뀐 것입니다. 비극성을 띠는 발린으로 인해 산소가 결합하지 않은 상태에서는 헤모글로빈 단백질이 서로 결합해 긴 사슬 형태의 중합체를 형성합니다.

이처럼 산소가 부족할 때 헤모글로빈 단백질이 중합체를 형성하므로 산소의 분압에 따라 적혈구 모양이 결정됩니다. 즉 산소가 충분한 환경이나 그렇지 못한 환경이나에 따라 표현형이 결정됩니다.
- 염기는 네 종류가 있으며, 염기 세 개가 트리플렛 코드를 형성해 하나의 아미노산을 지정합니다. 트리플렛 코드를 이루는 세 개의 염기 중 어느 한자리의 염기만 다른 염기로 바뀌어도 지정하는 아미노산이 변할 가능성이 생깁니다. 또한 그 염기가 다른 세 가지 염기 중 어느 하나로도 바뀔

수 있으므로, 기존의 아미노산 대신 여러 가지 다른 아미노산을 지정할 수 있습니다.

- 4) 아미노산이 하나 바뀔으로써 전체 단백질의 구조와 기능에 영향을 미칠 수 있다는 사실을 유추할 수 있습니다.

<표 2>에서 각각의 바뀐 아미노산을 분석해 보면 6번 글루탐산(음전하)이 발린(비극성)이나 리신(양전하)으로, 7번· 25번· 125번 글루탐산(음전하)이 글리신(비극성)· 리신(양전하)·글루타민(극성)으로, 67번 발린(비극성)이 글루탐산(음전하)으로 각각 바뀌었음을 알 수 있습니다.

여기서의 변화는 주로 아미노산의 전하(음과 양)를 바꾸거나 극성과 비극성의 성질 변화를 동반합니다. 이와 같은 아미노산의 전하변화와 극성·비극성의 성질 변화는 단백질의 구조에 큰 영향을 미칠 수 있습니다.

그러나 63번 히스티딘(양전하)에서 티로신(극성)·아르기닌(양전하)으로 바뀐 것을 보면 여전히 극성을 띤 것으로 바뀌거나 같은 양전하의 성질을 가진 것으로 변했음에도 불구하고, 여전히 비정상 헤모글로빈을 만듭니다.

따라서 이러한 상황을 종합해 볼 때, 아미노산의 성질과 모양이 단백질의 구조와 기능에 영향을 미친다는 결론을 이끌어 낼 수 있습니다.

2007년 01월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]포유류의 성 결정

다음의 두 제시문은 독감 바이러스의 특성과 독감 바이러스에 의한 전염병 대책을 바라보는 사회적 관점에 관한 내용이다(2006년 건국대 수의학과 정시 응용).

[제시문 가] 사람이나 가금류에 독감을 일으키는 독감 바이러스(인플루엔자)는 동물성 바이러스로 오소믹소바이러스(Orthomyxo virus)에 속한다. 독감 바이러스는 단일 RNA 핵산과 핵산을 싸고 있는 나선형의 캡시드, 그리고 이들을 감싸고 있는 외피로 구성돼 있다.

외피에는 헤마글루티닌(H)과 뉴라미다제(N)라는 2가지 스파이크가 존재해 숙주세포의 수용체와 결합하는데, 이것은 숙주에 침투하거나 복제된 뒤 바이러스가 숙주로부터 배출되는 메커니즘에 관여한다. 외피 단백질 H와 N에는 여러 종류가 있는데, 그 유형들의 조합에 따라 바이러스를 분류하기도 한다. 지난 2003년에는 가금류의 독감을 촉발하고 감염된 조류에 노출된 사람들의 인체 감염을 발생시킨 조류 인플루엔자 사태로 전 세계가 떠들썩했다. 이 사태를 초래한 바이러스는 H5N1형이었다. H5N1 바이러스는 조류를 감염시키는 인플루엔자 바이러스이지만 사람 간 전파가 가능한 바이러스로 변이될 가능성이 있기 때문에 관심의 대상이 되고 있다. - 독감 바이러스의 구조, 생명과학 7판(2006) 334쪽 인용

[제시문 나] 2006년 11월 발생한 조류 인플루엔자(AI)가 고병원성 H5N1 바이러스로 판명됐다. 아직 우리나라에서 임체에 감염된 사례는 발생하지 않았으나, 사회적으로는 AI에 대한 우려가 확산되고 있다. 이런 가운데 한 제약회사의 '오셀타미비르'(제품명은 타미플루)라는 항바이러스제가 관심의 대상이 되고 있다.

세계 각국에서 만일을 대비해 이 항바이러스제를 비축하고 있으며 우리나라도 전체 인구수에 대해 일정비율로 약품을 비축하고 있다. 일부에서는 우리나라의 항바이러스제 비축량이 다른 선진국가와 비교해 매우 부족하므로 비축량을 늘려야 한다고 주장하는 반면, 또 다른 편에서는 그 실효성에 의구심을 제기하면서 비축에 회의적 반응을 보이고 있다. 오셀타미비르는 바이러스 증식과정에서 바이러스가 숙주세포 밖으로 배출되는 데 관여하는 뉴라민분해효소(NA)의 기능을 억제해 독감을 치료하고 예방하는 효과를 가진다. 많은 전문가들은 새로운 대유행 독감이 발생할 경우 H5N1형 바이러스 항원의 대변이에서 발생할 가능성이 높은 것으로 보고, 변종에 대한 백신이 개발되기 전까지 이 항바이러스제가 방어수단이 될 수 있을 것으로 예측하고 있다. 세계보건기구(WHO)는 오셀타미비르가 조류독감 바이러스를 증식하는 억제 효과가 있다고 보고, H5N1 바이러스에 의한 인간 독감 대유행에 대비해 이 약물의 사전비축을 권고하고 있다.

그러나 이런 현상에 대해 회의적인 입장을 가진 사람들은 이 약을 초기에 사용하지 않으면 효과를 보기 어렵기 때문에 막상 독감이 유행했을 때 과연 얼마나 효과가 있을지 확신할 수 없다는 점을 강조한다. 또한 이 약을 엄청나게 많이 비축해 놓고 있더라도 비상상황이 닥쳤을 때 정작 아무 소용이 없을지도 모른다고 주장한다. 이는 고병원성 조류 인플루엔자인 H5N1이 변이를 일으켜 이미 제품화된 항바이러스제에 대해 내성을 나타낸다면 약의 효과가 없을 수 있기 때문이다. 이렇게 치료 효과에 한계가 있는 이 약을 비축하는 데 엄청난 규모의 국가 예산을 투입해야 할 것인지에 대해 엄밀한 평가와 국민적 합의가 이뤄져야 한다.

- 1) [제시문 가]에서 설명한 조류 인플루엔자의 특성을 참고 해 바이러스를 분류하는 데 사용되는 기준에는 어떤것이 있는지 설명하라.
- 2) 독감 바이러스의 변종 발생이 어떤 의미인지 설명하고 이런 변이 발생이 질병 관리에 어떤 영향을 미칠지 추론하라.

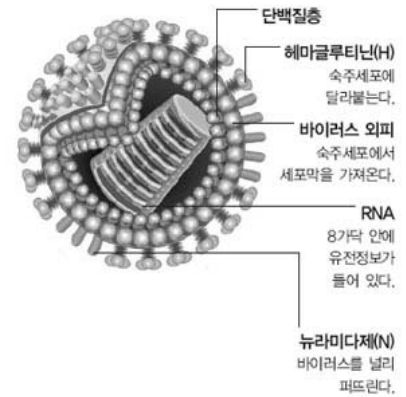
3) [제시문 나]에서 밑줄 친 부분의 두 견해를 살펴보고 AI에 대한 항바이러스제의 비축 문제 해결장안을 논하라.

▶ 전문가 클리닉

관련 분야의 배경지식을 바탕으로 합리적인 전염병 예방 대책에 대해 생각해 보는 문제입니다.

▶ 예시답안

1) 독감바이러스의 구조 : 바이러스A는 RNA를 단백질 껍질이 둘러싸고 있는 구형이다. 바이러스A는 'A/처음 분리된 지역/분리된 순번/분리된 연도(단백질 조합)'의 형식으로 이름을 붙인다. 예를 들면 A/California/7/2004(H3N2).1) 바이러스는 일반적으로 그들이 가지는 유전물질이 DNA인지 RNA인지에 따라 분류하고 핵산이 단일 사슬로 돼 있는지, 이중 사슬로 돼 있는지에 따라 분류합니다. 또한 하나 이상의 단백질로 구성된 캡시드와 캡시드 안의 핵산을 함께 둘러싸고 있는 막성 외피의 존재 여부도 바이러스를 분류하는 기준이 됩니다. 이 밖에도 숙주의 유형에 따라 바이러스를 세균성, 동물성, 식물성으로 분류하기도 합니다.



2) 독감 바이러스는 RNA 바이러스입니다. DNA에 비해 RNA는 똑같이 복제되지 않고 '실수'가 일어나 변이가 나타날 가능성이 높습니다. RNA가 복제될 때 염기서열이 치환돼 복제되는 실수가 일어날 확률은 3만분의 1 정도이며, DNA는 10억~100억분의 1의 확률로 복제 실수가 일어납니다. 이런 변이 때문에 RNA 바이러스는 새로 개발된 치료제에 의해 완전 소멸되지 않고 일부 생존합니다. 이는 바이러스성 질병에 대한 치료제를 개발하고 적용하는 일을 어렵게 합니다. 변이가 발생할 확률은 바이러스가 숙주를 옮겨감에 따라 높아지므로, 감염 자체를 예방하는 일과 감염 초기에 신속하게 조치할 수 있는 시스템을 갖추는 것이 중요합니다.

3) 현재 개발된 항바이러스제는 H5N1 바이러스에 대한 효과가 입증됐으므로 만일을 대비해 정부가 나서서 충분한 양을 비축해둬야 합니다. 물론 항바이러스제의 가격이 비싸 적정량을 비축하는 데 많은 예산이 든다는 점과, 항바이러스제가 신종 바이러스에는 효과가 적을 수 있다는 점을 고려해야 합니다. 그러나 아직까지는 변이체보다 H5N1형 바이러스가 더 우세하며, 또한 바이러스의 변이를 예방하기 위한 신속한 초기 조치가 중요하므로 선진국 수준으로 항바이러스제를 비축해둬야 합니다. 전 세계적으로는 생산 기술력이 있는 나라에서 항바이러스제를 단시간에 대량 생산할 수 있는 체제를 갖추는 일이 필요합니다. 조류 인플루엔자 같은 대유행 질병은 인류 전체의 건강을 위협하는 문제입니다. 따라서 국가 간의 협약을 통해 특정 약품에 대한 독점 피해를 줄여가는 일도 병행돼야 합니다.

다음은 포유류에서 성이 어떻게 결정되는지에 대해 설명한 자료다.

사람을 포함한 포유류의 성 결정은 정소나 난소가 형성되는 과정과 생식소 바깥의 표현형인 암수 생식관이나 외부생식기가 발달하는 과정으로 크게 구분할 수 있다. 정소와 난소의 형성같은 생식소 결정은 염색체에 따르며 염색체 XX는 암컷이 되고 XY는 수컷이 된다. Y염색체는 정소 결정 인자라는 유전자를 갖고 있으며 이 유전자는 생식소가 정소로 발달되게 한다.

㉠ 유전적으로는 수정 과정에서 이미 암수가 정해졌지만 태아 초기의 생식소는 정소와 난소가

모두 될 수 있다. 사람의 경우 태아의 생식소는 임신 8주 경에 정소나 난소로 발달되기 시작하는데, Y염색체가 있으면 남성의 생식기인 정소로 발달하고 Y염색체가 없으면 난소로 발달한다. 이처럼 미분화된 생식소가 정소나 난소로 결정되는 과정을 1차 성결정이라고 한다.

Y염색체가 지닌 유전자의 발현에 의해 형성된 정소는 두 종류의 호르몬을 분비한다. 그 중 한 호르몬은 '황뿔리관 호르몬'(AMH)으로 뿔리관을 파괴한다. 다른 한 호르몬은 테스토스테론으로 남성화를 촉진해 음경, 수컷 생식관, 음낭을 형성하게 하고 동시에 유선 발달을 억제한다. 만약 태아조직에서 이 두 호르몬이 분비되지 않으면 암컷이 된다. 이런 생식소 외부의 성특이적 외부 표현형 발달 과정을 2차 성결정이라고 한다.

- 1) 밑줄 친 ㉠에서 유전적으로 암수가 결정된다는 말의 의미를 설명하라.
- 2) 비정상적인 수정에 의해 XXY 유전자를 갖는 개체가 발생한다면 이 개체의 성 결정과 외형적 발달은 어떻게 이뤄질지 설명하라.
- 3) 외관상으로는 유방이 발달하고 여성의 외부 생식기를 가지는데, 내부적으로는 정소를 갖는 개체의 핵형을 분석해보니 XY로 판명됐다. 생물학적으로 성 결정 매커니즘의 어느 부분이 잘못돼 이런 성의 불일치가 일어났는지 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

이 문제는 인간을 비롯한 포유류에서 성 결정은 염색체의 유전자 발현뿐만 아니라 생식소에서 분비되는 호르몬의 작용에 의한 발생 과정임을 이해하는 문제입니다. 흔히 XX 염색체를 가지는 개체는 여성이 되고, XY 염색체 조합을 가지는 개체는 남성으로 발달한다고 단순히 생각하기 쉽습니다. 하지만 이제는 성 결정을 생식세포의 단순 조합 결과로 이해하는 차원에서 더 나아가, 성 결정이 유전자 발현과 호르몬 조절이 적절하게 이뤄져야 하는 복잡한 메커니즘이라는 사실을 이해해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 감수분열에 의해 생성된 난자는 X염색체만 가지지만, 정자는 X염색체나 Y염색체를 가질 수 있습니다. 따라서 난자가 X염색체를 가진 정자와 수정하면 배아는 XX염색체 조합을 가져 난소를 형성하는 암컷이 됩니다. 이와 달리 난자가 Y염색체를 가진 정자와 수정하면 배아는 XY염색체 조합을 가져 정소를 형성하고 수컷이 됩니다. 즉 수정 단계에서 난자가 어떤 종류의 정자와 결합하는가에 따라 유전적으로 성이 결정됩니다.
- 2) Y염색체는 성을 결정하는 데 중요한 요소로 작용하는 정소 결정유전자를 가집니다. XY염색체를 가진 개체에서는 이 유전자가 정상적으로 발현돼 미분화된 생식소가 정소로 발달하고 정소에서 분비되는 호르몬으로 인해 개체가 남성 생식기를 갖습니다. 따라서 이 개체는 남성이 됩니다. 하지만 XXY염색체 조합을 가진다면 2개의 X염색체가 정자를 만드는 일을 방해하므로 정자가 만들어지지 않습니다.
- 3) 남성호르몬에 불감증을 가진 경우로 생각할 수 있습니다. 이 개체는 Y염색체를 갖고 태어났으므로 정소가 정상적으로 발달합니다. 하지만 정소에서 분비되는 남성 호르몬에는 정상적으로 반응하지 못해 음경, 수컷 생식관, 음낭 같은 남성의 외부생식기가 형성되지 못하고 대신 유선이 발달하는 등 2차 성 결정 과정에서 문제가 생겼다고 추론할 수 있습니다.

2007년 02월호 - 생물 면접 구술고사 완벽가이드

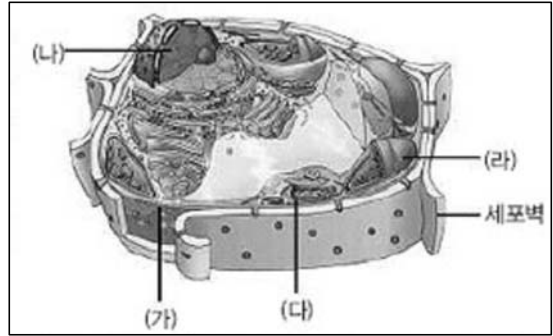
[생물]티록신 분비 원리

"모든 개물은 세포로 구성돼 있으며, 모든 세포는 이미 존재하고 있는 세포에서 나온다."

이는 독일의 과학자 마티아스 슈라이텐과 테오도르 슈반의 연구결과에 의해 발표된 세포설이다. 세포설은 두 가지의 중요한 학문적 의미를 내포하고 있다. 첫째는 세포가 생물의 구조적, 기능적 기본단위이기 때문에 생명을 이해하기 위해서는 세포에서 일어나는 현상과 원리를 이해해야 한다는 점이다.

둘째는 세포분열을 통한 세포의 연속성을 이해함으로써 생명의 연속성을 이해할 수 있다는 점이다.

<그림1>은 어떤 생물의 세포를 모식적으로 나타낸 것이다.



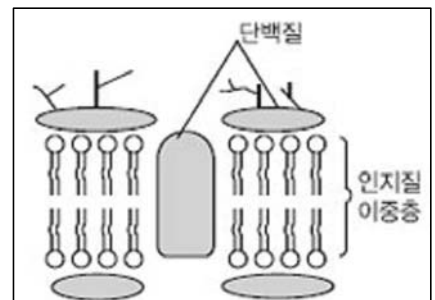
<그림1> 세포 모식도

1) <그림1>에서 (가)를 통한 물질의 출입 방법에 대해 설명하라.

2) <그림1>에서 (다)와 (라)는 아주 오래 전 생명이 출현한 초창기에는 독립된 생명체였는데 세포 내에서 공생관계를 지니게 됐을 것으로 추정된다. 이 가설에 대해 타당한 논거를 들어 500자 내외로 설명하라.

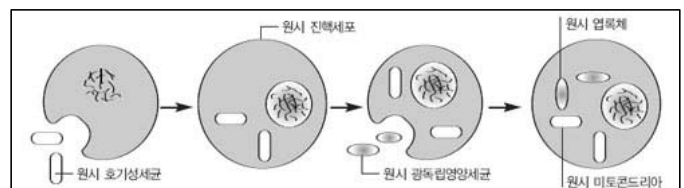
▶ 전문가 클리닉

이 문제는 세포에 대한 기본적인 원리를 이해하기 위한 문제입니다. 문제를 해결하기 위해서는 세포막의 구조를 이해해야 합니다. 세포막은 <그림2>처럼 인지질 이중층에 단백질이 불규칙하게 분포한 유동 모자이크막입니다. 세포막은 물과 수용성 물질, 이온, 지용성 물질을 다양하게 선택적으로 출입시킵니다. 단 이들이 이동하는 방법은 물질의 특성에 따라 다릅니다.



<그림2> 유동 모자이크막

<그림1>의 (가)는 DNA가 위치하는 곳인 핵입니다. 2)번 문제에서는 공통적으로 이중막 구조를 지니지만 기능적으로 반대되는 역할을 하는 (다)의 미토콘드리아와 (라)의 엽록체의 존재를 <그림3>처럼 세포내 공생설로 설명하고 있습니다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 근거를 들어 세포내 공생설의 타당성을 논리적으로 논증할 줄 알아야 합니다.



<그림3> 세포내 공생설을 설명하는 모식도

▶ 예시답안

1) 세포막은 반투과성과 선택적 투과성을 지닙니다. 세포막은 단순 확산, 촉진 확산, 삼투, 능동수송에 의해 물질을 출입시킵니다.

단순 확산은 물질 이동시 에너지를 필요로 하지 않는데, 물질은 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동합니다. 이때 확산 속도는 막을 경계로 한 두 지역 사이의 농도경사가 클수록, 수용성보다는 지용성 물질일 경우, 또 분자량이 작을수록 더욱 빠릅니다.

촉진 확산은 물질 이동시 에너지를 필요로 하지 않고 농도경사를 따른다는 점에서 단순 확산

산과 같습니다. 그러나 분자량이 상대적으로 큰 물질이나 이온물질을 이동시키기 위해 특별한 통로인 운반단백질 또는 이온채널을 이용하기 때문에 단순 확산에 비해 속도가 더 빠르다는 특징이 있습니다.

삼투현상은 잠재적 압력인 삼투압 또는 수분 전위 차이에 의해 용매인 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물이 이동하는 현상입니다. 이는 결국 단위 부피당 물의 양이 많은 쪽에서 적은 쪽으로 이동하는 현상으로, 물의 확산이라고도 할 수 있습니다.

능동수송은 호흡과정에서 생성된 ATP를 산화시켜 방출된 에너지를 이용해 막 단백질의 구조를 변화시키고, 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물질을 수송하는 방법입니다. 주로 Na^+ 나 K^+ 같은 이온이나 분자량이 큰 물질이 능동수송을 통해 이동합니다.

이밖에도 세포막을 통한 물질의 이동 방법으로, 세포막의 더 넓은 범위를 변화시켜 물질을 이동시키는 외포운동과 내포운동이 있습니다.

- 2) 아직도 과학자들 사이에는 미토콘드리아와 엽록체가 세포내에서 공생하며 진화해 왔다는 가설에 대해 많은 논란이 있습니다. 하지만 독립된 생활을 하던 생물체가 우연한 기회에 더 큰 세포내로 유입돼 합성과 분해, 발열과 흡열이라는 상호의존적 관계를 갖게 됐다는 세포내 공생설이 더 설득력을 얻고 있습니다. 이 가설을 뒷받침하는 근거에는 여러 가지가 있습니다.

먼저 미토콘드리아와 엽록체는 적은 양의 DNA와 RNA, 리보솜을 갖고 있어 진핵생물보다 원핵생물에 가깝습니다. 이뿐만 아니라 이들이 가지는 DNA는 세균의 DNA와 염기서열이 비슷하며 전체적인 모양도 세균처럼 원형입니다. 미토콘드리아와 엽록체는 이런 자신의 DNA를 이용해 전사와 번역 과정을 거쳐 자신만의 고유한 효소 같은 단백질을 만듭니다.

또한 미토콘드리아와 엽록체는 원핵생물과 비슷하게 이분법으로 증식합니다. 세포내 공생설을 뒷받침하는 또 다른 증거는 이들 세포 소기관이 모두 이중막 구조를 지닌다는 데 있습니다.

즉 미토콘드리아와 엽록체에서 나타나는 이중막 구조는 숙주세포에 유입되는 과정에서 획득돼 현재에 이르고 있는 것으로 생각됩니다. 미토콘드리아와 엽록체는 초기 원생생명체 진화단계에서 세포내 공생을 통해 급격한 산소농도 증가에 대한 스트레스를 피하는 이득을 얻었을 것입니다.

어느 날 영희는 갑상선에서 분비되는 티록신이 생물이 정상적으로 발육하는 데 필요하며, 물질대사를 촉진시키는 물질이라는 사실을 알았다. 영희는 티록신의 분비에 관해 알아보기 위해 다음과 같이 실험했다.

쥐	처리	처리 결과
A	갑상선 반쯤 제거	심한 대사 장애를 일으켰으나 얼마 뒤 갑상선이 커지면서 정상으로 되돌아옴
B	갑상선을 반쯤 제거하고 티록신을 일정량 계속 주사	갑상선이 커지지 않음
C	뇌하수체 전엽 제거	갑상선 기능이 차츰 저하되고 티록신의 혈중 농도는 감소

영희는 이 실험결과를 토대로 해 다음과 같은 결론을 내렸다.

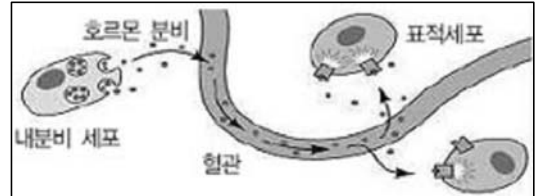
- 갑상선에서 분비되는 티록신은 혈액으로 직접 분비되며, 티록신의 혈중농도는 뇌하수체 전엽에 영향을 준다.
 - 크기가 작아진 갑상선은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 물질에 의해 정상적으로 회복될 수 있다.
- 그러나 영희의 이런 결론에 대해 동료들은 다음과 같이 반론을 제기했다.

- ① 위 실험결과만으로는 뇌하수체 전엽과 갑상선 사이의 관계를 잘 알 수 없다.

② 갑상선에서 분비되는 티록신이 혈액으로 직접 분비되는지 단정할 수 없다.

영희는 이런 동료들의 지적을 받아들이고 자신의 결론을 확고히 하기 위한 추가 실험을 하려고 한다. 동료의 지적 사항 ①과 ②에 대해 실험 개선사항을 각각 제시하고 다음 자료를 참고해 논리적으로 설명하라(2007학년도 성균관대 수시2학기 논술 응용).

[자료 1] 간뇌의 시상하부에서는 TRH(갑상선 자극 호르몬 분비 호르몬)을 분비해 뇌하수체 전엽을 자극한다. 자극을 받은 뇌하수체 전엽은 갑상선을 자극하는 TSH(갑상선 자극 호르몬)를 분비한다. TSH에 의해 자극 받은 갑상선은 활성화돼 요오드를 주성분으로 하는 티록신을 분비해 표적기관에 영향을 미친다. 혈중 티록신 농도는 피드백을 통해 다시 시상하부를 자극하고 TRH와 TSH의 분비량을 변화시켜 티록신의 혈중농도를 적절한 수준으로 유지한다.



[자료 2] 호르몬 분비 과정-Life : The science of Biology 7판

▶ 전문가 클리닉

영희의 결론은 이론적으로 옳습니다. 그러나 영희의 실험 내용은 동료들을 설득하기에 미흡합니다. 영희는 자신의 실험에 대한 단점을 보완해 적절한 탐구를 설계하고 수행해야 합니다. 이 문제는 과학자로서 필요한 탐구력과 논리력, 창의력을 측정하는 문제로 고정된 사고보다 자신만의 독특한 생각을 표현해 문제를 해결하는 능력이 필요합니다.

▶ 예시답안

영희는 실험 결론을 낼 때 실험결과를 해석하기보다는 이미 배운 지식에 의존하고 있습니다. 이는 현재 우리들이 종종 범하기 쉬운 오류입니다. 이런 관점에서 동료들의 지적과 이를 받아들인 영희의 태도는 적절하다고 할 수 있습니다.

먼저 동료들이 지적한대로 뇌하수체 전엽과 갑상선 사이의 관계성을 확실하게 알기 위해서는 대조군으로 시상하부와 뇌하수체 전엽, 갑상선이 모두 정상인 개체가 필요합니다. 이 실험은 실험결과에 대한 기준으로 매우 중요하다고 할 수 있습니다. 그리고 갑상선을 반쯤 제거한 다음 뇌하수체 전엽과 갑상선의 기능을 탐색하는 실험이 필요합니다. 또한 이 개체에게 시상하부에서 분비될 것으로 생각되는 TRH를 분비해 갑상선이 회복되는지 여부를 관찰해야 합니다.

이뿐만 아니라 지적 사항 ①을 해결하기 위해서는 뇌하수체 전엽을 제거하고 갑상선을 반쯤 제거한 개체가 필요합니다. 즉 개체의 뇌하수체 전엽을 제거하고 갑상선을 반쯤 제거한 뒤 갑상선의 회복 여부를 확인하고, 얼마 뒤 뇌하수체 전엽에서 추출한 TSH를 주사해 주었을 때 갑상선의 상태를 확인하면 지적 사항 ①에 대한 반론을 잠재울 수 있습니다.

다음으로 지적 사항 ②의 핵심은 티록신이 혈액으로 직접 분비되는지와 티록신의 혈중농도가 뇌하수체 전엽에 영향을 주고 있는가에 대한 것입니다. 이를 증명하기 위해서는 티록신의 주성분인 요오드를 방사성 동위원소로 표지하고 갑상선에서부터 그 경로를 추적하는 방법을 제안해야 합니다. 이렇게 하면 갑상선에서 분비되는 티록신이 혈액으로 직접 분비되는지의 여부를 확인할 수 있습니다. 그리고 혈액속의 티록신 양을 변화시키면서 동시에 뇌하수체 전엽에서 분비되는 TSH의 혈중 농도를 측정하면 티록신의 양과 뇌하수체 전엽 사이의 관계를 확실히 알 수 있습니다.

2007년 03월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]위험한 트랜스지방

다음 제시문은 인체 내 지방 대사와 관련된 내용을 담고 있다. 글을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 지질은 화학적으로 다양한 탄화수소의 무리이자 생명체에서 여러 가지 역할을 한다. 지질은 에너지를 저장해 우리 몸의 주요 공급원으로 작용하고 세포막을 구성한다. 지질의 한 종류인 콜리스테롤은 세포막을 구성하는 일뿐만 아니라 성호르몬의 원료로 쓰인다. 또한 콜리스테롤은 비타민 A, D, E 같은 지용성비타민을 흡수하는데 쓰이고 신경을 둘러싸 전기적 절연체 역할도 한다. 콜리스테롤은 사람 머리카락의 윤기에서도 발견할 수 있는 왁스층을 이뤄 방수 기능을 한다.
- (나) 실온(20℃)에서 고체 상태인 지질은 '지방'이라 하고 액체 상태인 지질은 '기름'이라고 한다. 둘 다 구조적으로는 유사하지만 탄소를 골격으로 하고 수소의 첨가 정도가 다른 지질 분자(지방산)로 돼 있으며 포화지방산과 불포화지방산으로 구분할 수 있다. 포화지방산은 탄소 간의 모든 결합이 단일결합으로 이뤄져 탄소에 수소가 포화돼 있으며 동물성지방에 많다. 포화지방산은 우리 몸의 콜리스테롤 합성을 증가시킨다. 그 중에서도 육류와 야자유에 많이 함유된 포화지방산이 몸 속의 콜리스테롤 합성량 증가와 연관이 깊다.
- 불포화지방산은 탄소 사이에 이중결합이 있으며 주로 식물성지방에 많다. 불포화된 탄소들이 이루는 이중결합은 대부분 시스형(수소결합이 같은 방향)이며 탄소 사이에 시스형의 이중결합이 많을수록 녹는점이 낮아진다.
- 우리 몸을 구성하는 조직들은 건강한 상태일지라도 각 조직은 녹는점이 서로 다르며, 각각 다른 특성을 지니는 지질로 구성돼 있다. 인체부위 중 상대적으로 추위에 많이 노출되는 팔다리는 몸의 중심보다 덜 포화된 지질로 구성되고 더 낮은 녹는점을 가져 환경에 적응하고 있다.
- (다) 트랜스지방이 심혈관계 질환을 일으키고 각종 성임병의 원인이 될 수 있다고 밝혀지면서 트랜스지방의 사용에 관한 논란이 일고 있다. 트랜스지방은 시스형이 아닌 트랜스형의 이중결합이 한 군데 이상 있는 지방산이다. 트랜스지방의 일부는 유제품지방이나 반추동물의 고기에서 유래하지만, 대부분 액체상태의 식물성기름을 고체화하는 과정에서 수소를 첨가할 때와 식품을 기름에 튀기거나 고온으로 처리할 때 생성된다. 트랜스지방은 흔히 '나쁜 콜리스테롤'이라고 부르는 혈액의 LDL 농도를 높이고, '좋은 콜리스테롤'이라고 하는 HDL 농도를 낮추는 기능이 있다고 보고되고 있다. 트랜스지방이 많은 식품으로는 마가린, 쇼트닝, 피자, 감자튀김, 케이크, 쿠키, 팝콘 같은 가공식품과 인스턴트식품, 패스트푸드를 들 수 있다. 이와 같이 트랜스지방에 대한 위험성이 지적되면서 국내 식품업체와 제과업체는 '트랜스 제로'를 선언하고 트랜스지방이 많이 함유된 원료식품을 대체하는 움직임을 보이고 있다.

- 1) 지방 섭취와 관련해 우리는 흔히 동물성지방은 인체에 나쁘고 식물성지방은 좋다는 생각을 지니고 있다. 이런 통념에서 잘못된 점이 무엇인지 분석하라.
- 2) (다)의 밑줄 친 문장에서 언급된 LDL과 HDL에 대한 기능을 비교하고 혈액의 LDL/HDL 비율이 높다는 사실이 무엇을 의미하는지 설명하라.

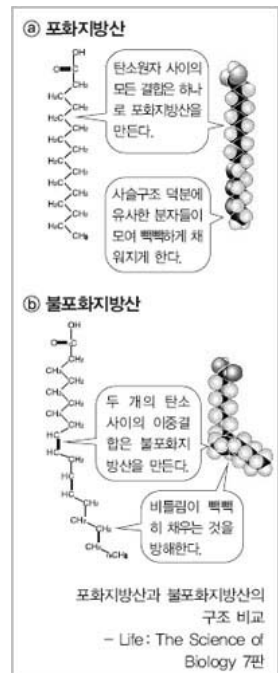
▶ 전문가 클리닉

고등학교 생물 I의 '영양과소화'단원과 생물 II의 '세포의구조와기능'단원에 있는 지질의 구조와 특성, 영양과 건강에 관련된 문제입니다. 지방은 탄수화물, 단백질과 함께 3대 영양소로서 우리 몸의 주요 에너지원이며 세포내 여러가지 물질대사에 관여합니다. 그러나 지방은 다른 영양소에 비해 열량이 높아서 지방을 많이 섭취하면 체중이 증가합니다. 특히 콜레스테롤은 혈액에 남아 혈액순

환에 장애를 초래하며 트랜스지방은 혈관계 질환의 원인으로 밝혀져 사람들의 많은 관심을 받고 있습니다. 우리 몸에 꼭 필요한 영양소이면서도 각종 성인병의 원인 물질인 지방에 대해 잘 알아두기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 일반적으로 동물성지방은 인체에 해롭다고 알려져 있습니다. 왜냐하면 동물성지방에 포함된 포화지방산을 많이 섭취하면 체중이 늘고 혈중콜레스테롤이 증가해 심장병이나 동맥경화증이 유발될 뿐만 아니라 대장암이나 유방암 같은 암의 발병율이 높아지기 때문입니다. 반면 식물성지방에는 불포화지방산이 많이 함유돼 심장마비와 뇌졸중을 줄일 수 있어 식물성지방은 인체에 유익하다고 알려져 있습니다. 하지만 우리가 일반적으로 알고 있는 바와는 달리 식물성지방이 동물성지방보다 포화지방산을 많이 함유한 예도 있습니다. 대표적인 예로 야자나 코코넛에서 추출한 기름을 들 수 있는데, 여기에는 불포화지방산이 적거나 없습니다. 이와는 반대로 생선에 있는 동물성지방은 혈관계에 유익한 지방산입니다. 또한 포화지방산의 함량이 적더라도 식물성지방이 동물성지방보다 인체에 더 나쁠 수도 있습니다. 액체 상태인 식물성지방(기름)을 고형화하기 위해 수소를 첨가하는 과정에서 생성되는 트랜스지방은 포화지방산과 마찬가지로 체중과 혈중콜레스테롤 농도를 증가시키기 때문입니다.



한편 지질은 에너지 저장소로서 세포의 구성성분입니다. 그러므로 성장기 청소년이라면 충분히 지방을 섭취해야 합니다. 단 지질에는 이로운 지방산과 해로운 지방산이 존재한다는 점을 염두에 두어야 합니다. 지방을 너무 많이 섭취하면 체내에 쌓여 각종 질병을 유발하므로 적정량을 섭취하는 일이 중요합니다. 따라서 단순히 동물성지방과 식물성지방으로만 구분해 판단하기보다 지방산의 종류, 가공방법과 보관상태, 섭취량을 모두 고려해 지방을 섭취해야 합니다.

- 2) 음식물로 섭취되거나 간과 같은 장기에서 합성된 지질과 콜레스테롤은 혈관을 타고 우리 몸의 구석구석까지 전달됩니다. 이런 지질의 순환은 지질단백질(지방단백질)의 형태로 이뤄집니다. 지방단백질은 지방과 단백질의 상대적인 비율에 따라 밀도가 달라지는데, 그에 따라 저밀도 지방단백질(LDL)과 고밀도 지방단백질(HDL)로 구분됩니다.

LDL은 콜레스테롤을 많이 함유하고 있는데, 간이나 부신으로 이동해 콜레스테롤을 지방세포에 전달하면서 분해됩니다. 콜레스테롤을 너무 많이 섭취하면 혈중콜레스테롤 농도가 증가해 LDL이 분해되지 못하고 그대로 쌓여 동맥 혈관벽을 좁아지게 하므로 각종 성인병을 유발합니다. HDL은 콜레스테롤을 적게 함유하고 있으며 혈관을 타고 돌아다니면서 콜레스테롤을 흡수해 간으로 회수시켜 혈중콜레스테롤 농도를 낮추는 기능을 합니다. 이 때문에 LDL을 '나쁜 콜레스테롤'이라 하고 HDL을 '좋은 콜레스테롤'이라고 부릅니다.

LDL과 HDL의 비율은 성인병을 진단하는 척도가 됩니다. 트랜스지방의 과다 섭취로 LDL/HDL비율이 높아지면 혈관계 질병을 일으키는 동물성지방의 포화지방산을 과다하게 섭취했을 때와 비슷한 결과가 나타납니다.

다음은 이자의 주 가지 분비 기능과 메커니즘을 비교한 글이다. 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 이자에서 분비되는 소화효소는 십이지장과 바로 연결되는 이자관을 통해 십이지장으로 이동해 작용한다. 땀과 눈물의 분비과정도 이와 비슷한 방식으로 일어난다. 이런 분비조직을 외분비샘이라고 한다. 외분비샘은 수송관을 통해 분비물질을 작용 부위로 직접 보낸다.

(나) 이자는 소화효소 외에 인슐린이라는 호르몬을 분비하는데, 인슐린은 수송관을 이용하지 않고 혈류로 방출된다. 분비된 인슐린은 혈액이 순환함에 따라 온몸을 이동하며, 호르몬이 작용하는 조직이나 기관에 도달하면 그 기관에만 특이적으로 작용한다. 이와 같은 분비샘을 내분비샘이라고 한다.

(다) 세포를 외부와 격리시키는 세포막은 지질, 단백질, 탄수화물로 이뤄져 있다. 세포막은 화학적 조성 및 물리적 구성에 따라 다양한 기능을 한다. 이 중에서도 세포막의 주성분인 지질은 세포 외부로부터의 장벽 역할을 효과적으로 수행하여 유동성을 가져 단백질이 떠다닐 수 있게 한다. 세포막에 있는 단백질은 막을 통과하려는 물질을 이동시키고 세포의 외부로부터 오는 자극신호를 수신하는 역할을 함으로써 세포의 생명현상인 물질대사에서 중요한 기능을 한다.

- 1) (가)와 (나)에서 소화효소와 인슐린 호르몬의 분비방식이 갖는 장단점을 서로 비교하라.
- 2) 당뇨병은 인슐린 분비가 적게 일어나 혈당이 조절되지 않는 질병이다. 그러나 당뇨병 환자 중에는 인슐린은 정상적으로 분비되지만 여전히 혈당이 조절되지 않아 인슐린 주사가 별 효과가 없는 사례도 있다. 이 경우 인슐린에 의한 혈당 조절이 실패하는 이유를 (나)와 (다)를 활용해 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

혈액으로 방출되는 호르몬은 혈액을 따라 운반됩니다. 따라서 호르몬은 온몸의 어느 조직으로라도 이동할 수 있으며, 표적 조직에 특이적으로 작용할 수 있습니다. 호르몬이 작용하려는 세포에 들어가려면 세포막에 있는 특수 단백질(수용체 단백질)이 호르몬을 인식해 상호작용을 해야 합니다. 세포막의 이런 특성에 의해 우리 몸의 각 세포는 영양분이나 호르몬을 받아들여 세포 내 물질대사를 원활히 수행할 수 있습니다. 따라서 정상적인 혈당조절 같은 물질대사가 일어나려면 호르몬이 정상적으로 분비돼야 하고 그 호르몬을 인식해 작용하는 수용체 단백질도 정상적으로 생성돼야 합니다.

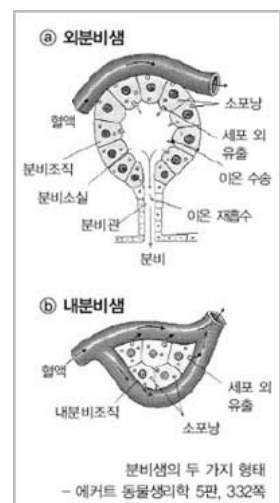
▶ 예시답안

1) 소화효소 같은 외분비계 물질은 관을 통해 몸의 상피세포로 분비되므로 반응이 즉각적으로 일어나 분비 여부를 쉽게 확인할 수 있습니다.

반면 인슐린처럼 혈액을 통해 분비되는 내분비계 물질은 혈액을 따라 이동하므로 온몸에 걸쳐 분포할 수 있습니다. 내분비계 물질은 필요한 조직세포에만 작용해 물질대사를 조절합니다. 하지만 혈액으로 분비돼 표적세포까지 이동한 뒤 작용하므로 분비에서 작용이 일어나기까지 시간이 다소 걸려 즉각적으로 반응하지 못합니다.

2) 인슐린은 이자에서 혈액으로 분비돼 간세포에서 글리코젠 합성을 촉진하고 체내의 거의 모든 세포에 작용해 포도당을 세포 안으로 유입시키는 현상을 촉진함으로써 혈당량을 감소시키는 역할을 합니다.

이를 위해서는 간세포의 세포막에서 인슐린이, 인슐린을 인식해 결합하는 수용체 단백질과 상호작용해야 합니다. 따라서 인슐린을 투여해도 혈당이 조절되지 않는 현상은 표적기관의 세포막에 있는 인슐린 수용체 단백질의 이상으로 설명할 수 있습니다.



2007년 04월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]노화의 메커니즘

문제1 다음 제시문을 읽고 논제에 답하라.

(가) 지난 반세기 동안 전 세계 의학 연구실에서는 실험용 쥐가 수백만에 또 수백만을 거둬 늙어 죽었지만, 5년 이상 산 쥐는 단 한 마리도 없었다. 인간과 비교했을 때 가장 혹독한 환경에서 사는 인간의 수명에도 미치지 못한 셈이다. 우리는 종종 장수마을에 대한 이야기를 듣는다. 장수마을에 사는 사람들에게 장수의 비결을 물어보면 하루 세끼 정량의 밥을 먹는 것 외에 다른 비법은 없다.(중략)

서구의 주요 노화질환인 아테롬성 동맥경화증*에 특정 유전자가 영향을 미친다는 사실을 뒷받침하는 증거는 수없이 많다. 이 유전자 가운데 하나인 아폴리포프로테인 E(ApoE)는 식물성지방을 생성하는 데 관여한다. 그 유전자의 한 형태인 $\epsilon 4$ 를 가진 사람은 다른 형태를 보유한 사람에 비해 LDL(저밀도 지질 단백질)뿐만 아니라 혈중 콜레스테롤 수치가 높게 나타난다. 핀란드인은 세계에서 동맥경화증 인구비가 가장 높으며 $\epsilon 4$ 의 빈도도 높다. 일본인은 세계에서 동맥경화증 인구비가 가장 낮는데, $\epsilon 4$ 빈도도 역시 낮게 나타난다.(중략)

세계에서 $\epsilon 4$ 의 수치가 가장 높은 파푸아뉴기니에서 최근까지 동맥경화증에 걸린 사람은 없다. 파푸아뉴기니의 숲에 사는 사람들은 저지방 식사를 한다. 또한 그들은 일상 속에서 강도 높은 운동을 하는데, 만약 미국인이 이렇게 운동을 한다면 대부분 죽을지도 모른다.

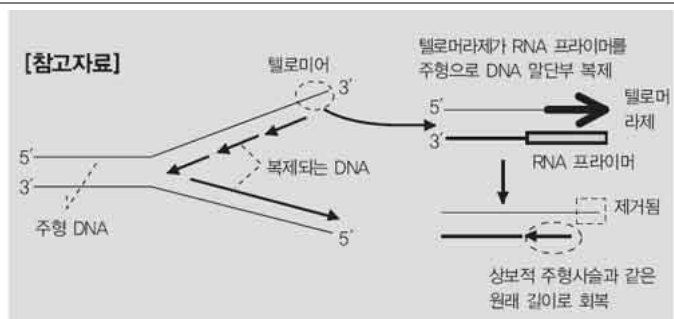
- '인간은 왜 늙는가', 스티븐 어스태드 지음

(나) 최초의 원시세포로부터 인간이 탄생할 때까지 40억 번 정도의 복제를 거치면서 당신이 물려받은 유전자에는 오류가 생기지 않았다. 그 이유 중 일부는 14번 염색체에 있는 TEP1이라는 유전자 때문이다. TEP1의 산물은 텔로머라제인데, 이는 아주 이상하고 작은 생화학적 기구의 일부를 구성하는 단백질이다. 단적으로 말해 텔로머라제가 없으면 노화가 일어난다. 그러나 텔로머라제를 첨가하면 어떤 세포의 경우에는 영원히 살 수 있다.

- '계놈', 매트 리들리 지음

1) (가)와 (나)를 참고 해 노화가 유전된다는 의견에 대한 자신의 견해를 논증하시오.(떡어쓰기 포함 400(±50)자 내외)

2) (가)와 (나), 그리고 [참고자료]를 이용해 노화의 원인을 구체적으로 설명하고, 텔로머라제가 암세포에 존재할 경우 발생하는 결과와 치료법 한 가지를 예로 들어 논술하시오.(800자(±100자) 내외)



아테롬성 동맥경화증(atherosclerosis)

동맥 내에 지방, 콜레스테롤, 칼슘이 축적돼 발생하는 질병으로 심혈관질환의 주원인이다.

▶ 전문가 클리닉

제시문 (가)에서는 노화와 수명에 여러 유전자가 관여하고 있음을 설명하고 있습니다. 그러나 노화나 수명은 유전자에 의해서만 전적으로 결정되는 것이 아니라 환경적 영향도 받고 있음을 마지막 단락에서 지적하고 있습니다. 따라서 1)은 제시문 (나)에서 언급한 '14번 염색체에 있는 TEP1 유전자에 의한 텔로머라제의 노화 억제작용'이나 제시문 (가)에서 언급했듯 'ApoE, ε4 유전자가 심혈관질환에 영향을 줘 노화가 촉진되고 수명이 짧아지는 현상으로 유전됨'을 논술하고 결론에서 환경적 영향을 서술하면 좋습니다.

2)의 서론은 제시문 (가)와 제시문 (나)를 참고 해 ApoE, ε4 같은 노화 관련 유전자가 존재하면 노화를 촉진하고, 텔로미어에 작용하는 텔로머라제가 활성화되면 노화를 억제해 수명을 연장시킨다는 내용으로 구성합니다.

또한 [참고자료]에서 제시한 DNA 복제과정에서 지연사슬(lagging strand)의 텔로미어에 작용하는 텔로머라제가 존재하지 않으면 텔로미어는 점점 짧아지기 때문에 세포의 수명을 단축시키고 이것이 노화로 이어진다는 점을 설명합니다.

정상세포에서 텔로머라제는 세포의 세대가 반복됨에 따라 텔로미어가 짧아지는 현상을 억제해 세포의 수명을 비교적 길게 하지만, 암세포에서 텔로머라제가 활성화되면 지속적으로 암세포가 증식돼 오히려 수명이 단축될 수 있음을 설명합니다. 또 이러한 암세포의 증식을 차단할 수 있는 방법 한 가지를 서술해야 합니다.

참고로 제시문에 소개된 '인간은 왜 늙는가'와 '게놈'은 자연계 학생이라면 누구나 한번쯤 읽어볼 만한 책입니다.

▶ 예시답안

1) 사람 몸에 대한 정보는 DNA에 축적돼 있다. 노화에 관여하는 유전자도 DNA에 존재한다.

제시문 (가)에서 언급했듯 14번 염색체에 존재하는 TEP1 유전자는 세포의 노화를 억제시키는데 관여하는 텔로머라제를 만든다. 만약 한 개체에서 텔로머라제를 정상적으로 만들어내는 TEP1 유전자가 활발히 발현되고, 이것이 그 자손에게 유전돼 마찬가지로 활발히 발현된다면 그 집안은 젊음을 유지하며 대대로 장수하는 집안이 될 것이다.

반대로 14번 염색체의 TEP1 유전자가 정상적으로 발현되지 못하고 이런 현상이 유전된다면 그 집안은 노화가 촉진되고 대대로 단명하게 될 것이다. 그러나 노화는 유전자에 의해서만 결정되는 것은 아니다. 노화에 관련된 여러 가지 유전자를 가지고 있다고 하더라도 식이요법이나 운동요법을 비롯한 여러 환경요인에 의해 얼마든지 노화를 억제할 수 있다.

2) 노화는 유전자의 영향을 매우 크게 받는다. 노화는 질병을 일으키는 ApoE나 ε4 같은 유전자의 영향을 받는다. 텔로머라제를 발현시키는 TEP1 유전자도 노화와 밀접한 관계가 있는데, 텔로머라제는 DNA 복제 과정에서 텔로미어의 길이를 복원하는 데 관여한다.

유전적으로 ApoE 유전자나 이 유전자의 한 형태인 ε4 유전자는 체내에서 콜레스테롤을 감싸고 있는 LDL의 수치와 혈중 콜레스테롤 농도를 증가시킨다. 이렇게 되면 ε4 유전자가 비활성화된 사람에 비해 고콜레스테롤혈증을 일으킬 확률이 높아지며 노화속도가 빨라져 수명이 단축된다.

한편 14번 염색체에 있는 TEP1 유전자가 비활성화돼 텔로미어의 복원을 돕는 텔로머라제

를 만드는 일이 억제된다면 세포분열이 진행되고 DNA 복제가 반복되면서 염색체의 DNA 길이는 점점 짧아져 결국 세포는 죽게 된다. 따라서 정상세포에서 TEP1 유전자가 활성화되면 텔로머라제가 정상적으로 생겨 노화가 지연된다.

그러나 암세포에서 이런 일이 일어난다면 우리 몸은 점점 파국으로 치닫게 된다. 암세포에서 텔로머라제는 암세포가 지속적으로 증식하는 현상을 돕기 때문이다. 결과적으로 이런 비정상 세포는 개체의 수명을 단축시킨다.

1951년에 한 흑인 암환자에게 채취해 지금까지 수많은 실험실에서 배양되고 있는 '헬라'(HeLa)세포는 지금도 계속해서 분열하고 있다. 헬라세포는 매우 뛰어난 텔로머라제를 가지고 있다. 만약 헬라세포에 텔로머라제 정보를 가지고 있는 RNA에 대해 상보적으로 결합하는 RNA가닥을 주입하면 텔로머라제의 발현이 억제돼 헬라세포는 더 이상 살지 못하게 된다. 결국 이 암세포는 노화해 죽는다.

문제2 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오.

(가) '봄의 불청객'황사는 실리콘, 구리, 카드뮴, 납 같은 중금속이 들어 있는 흙먼지여서 눈병, 호흡기질환을 일으킬 수 있다. 특히 날씨가 건조하면 코와 기관지 점막이 말라 황사에 들어 있는 바이러스가 쉽게 침투할 수 있어 감기에도 걸리기 쉽다. 결막염 같은 눈병과 피부병도 쉽게 생긴다. 이런 질병을 예방하려면 노약자는 황사 경보가 내려진 날은 외출을 삼가는 게 최선이다. 부득이 외출할 때는 마스크와 선글라스를 착용해야 하며 콘택트렌즈를 끼는 사람은 렌즈 대신 안경을 쓰는 게 좋다. 귀가하면 세수와 양치질을 꼼꼼히 해야 한다. 몸의 저항력을 높이려면 물을 자주 마셔 먼지를 몸 밖으로 배출하는 역할을 하는 기도와 기관지의 섬모가 마르지 않게 해야 한다. - 동아일보 2007년 2월 23일자

(나) 흡기 시 공기는 코를 거치면서 털과 점액에 의해 먼지가 여과되고, 습기를 가진 따뜻한 공기로 변한다. 이렇게 변한 공기는 인두, 후두를 거쳐 기관으로 들어가고 기관지와 세기관지를 거쳐 폐포로 들어간다. 기관지에는 많은 섬모를 가진 상피세포가 있으며, 이 세포들은 점액으로 덮여 있다. 공기에 남아 있는 먼지와 오염물질은 여기에서 다시 점액에 걸리게 되고, 상피세포의 섬모운동에 의해 밖으로 배출된다. 기관지의 상피세포는 이런 운동을 통해 기관을 항상 깨끗하게 유지해 준다. - 고등학교'생물 I'교과서

(다) 하등한 수중 무척추동물도 리소자임(Lysozyme)을 포함한 식균 물질과 식세포를 갖고 있으며 복잡한 동물일수록 분화된 방어체계를 지니고 있다. 효율적인 체액순환에 의해 혈장단백질뿐만 아니라 식세포는 공격받는 조직 부위로 신속하게 이동한다. 식세포는 혈관을 따라 흐르면서 병원균을 차단할 수 있는 신체 방어수단이 된다.

척추동물은 일련의 혈장단백질을 갖도록 진화했는데, 이들 중 어떤 단백질은 조직이 손상된 뒤 신속하게 혈병 형성을 촉진시키며 다른 단백질은 침입한 병원균을 파괴하거나 식세포 작용을 돕는다. 우리 몸은 조직 손상이 일어나기 전부터 매우 다양한 병원균에 대해 내부 방어를 갖추고 있다. 특수화된 혈장단백질과 백혈구가 이런 방어책의 역할을 한다. 이들은 일반적으로 하나의 병원균에만 대항해 싸우는 것이 아니라, 조직 손상의 비특이적 방어반응에 관여한다. 일부 백혈구는 특이적 병원균에서 특정 부위의 분자적 형태만 인식해 면역반응에 관여한다. - '생명과학'4판, 스타 지음

- 1) (나)와 (다)를 참고 해 (가)에서 제시한 황사 대비책에 대한 자신의 견해를 논증하시오.
(떡어쓰기 포함 700(±50)자 내외)
- 2) (가)와 (다)를 활용해 황사에 포함된 성분이 체내에 들어왔을 경우 체내의 면역체계가 어떻게 반응하는지 구체적으로 설명하시오.(떡어쓰기 포함 500(±50)자 내외)

▶ 전문가 클리닉

봄철이면 어김없이 찾아오는 불청객 '황사'를 주제로 황사가 우리 몸에 미치는 영향을 올바르게 이해하고 면역기능을 함께 이해하기 위해 제시문과 논제를 선택했습니다. 황사먼지에 포함되어 있는 이물질들을 분석하고 이런 물질이 체내에 들어왔을 때 면역과 관련해 어떤 반응이 일어날 것인지 서술해 비특이적 방어와 특이적 방어, 체액성 면역과 세포성 면역 원리를 이해할 수 있을 것입니다.

제시문 (가)는 황사의 성분과 그 결과에 대해 서술하고 있으며 황사 대비책을 제시하고 있습니다. 보건당국에서는 황사에 의한 각종 질병을 사전에 예방하기 위해 오염원을 격리하거나 차단할 것을 권하고 있으며 비특이적 방어에 의한 면역을 이용해 1차적으로 몸을 방어할 것을 권유하고 있습니다. 따라서 1)에서는 비특이적 방어방법에 어떤 것이 있는지 먼저 알아야 합니다.

비특이적 방어와 특이적 방어의 종류

구분	방어기구	기능
비특이적 방어	피부와 점막	병원체와 외부 물질이 체내로 들어오는 것을 방지함
	점액 분비	소화관과 호흡기관 벽에서 병원체를 잡아둠
	섬모	외부에서 들어온 물질을 점액과 함께 기관지로부터 배출시킴
	코 속의 털	코로 들어오는 먼지나 세균을 걸러냄
	위액	강산인 염산(HCl)과 단백질 분해효소로 위 속의 병원체를 파괴시킴
	눈물과 침	리소자임이 들어 있어 세균을 파괴시킴
	노말포라	피부에서 병원체와 경쟁하고 병원체에 독성이 있는 물질 분비
	열	체온을 올려서 미생물의 번식을 억제함
	염증 반응	순차적 반응을 통해 병원체를 제거함
	기침과 재채기	호흡기에 들어온 병원체를 밖으로 밀어냄
	식세포	식세포작용을 통해 병원체를 세포내로 끌어들여 분해함
	자연살상세포	바이러스 감염세포와 암세포를 공격해 분해시킴
	인터페론	식세포에서 분비돼 특이적 방어를 촉진시킴
	보체	염증이 반응할 때 세균에 붙어 세포를 터트림
특이적 방어	체액성 면역	보조 T세포의 도움으로 B세포에서 분비된 항체가 항원을 제거함.
	세포성 면역	세포독성 T세포가 감염된 세포와 결합해 용혈시킴

2)는 제시문 (나)와 (다)에서 설명한 면역을 위한 방어기구를 참고 해 황사에 포함된 성분이 체내에 들어왔을 때 면역반응에 대해 묻고 있으므로 체내에서의 비특이적 방어와 특이적 방어 방법을 예로 들어 설명해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 매년 봄마다 우리를 괴롭히는 황사에는 실리콘, 구리, 카드뮴, 납 같은 중금속과 흙먼지가 포함되어 있으며, 바이러스와 같은 병원체도 들어 있다. 중금속 물질은 한번 체내에 들어오면 잘 분해되거나 배설되지 않기 때문에 체내에 축적돼 생물농축현상을 유발하거나 호흡기관

의 기능을 비정상적으로 만든다. 그리고 황사에 포함된 바이러스는 체내에 침투해 호흡기관에 염증을 유발해 장기적인 질병에 시달리도록 만든다. 따라서 황사에 의한 피해를 막으려면 이런 항원으로부터 우리 몸을 차단해 보호해야 한다.

제시문 (가)에서는 황사경보가 발령될 때 외출을 삼갈 것을 권유하고 있다. 이는 항원인 황사로부터 원천적으로 우리 몸을 보호하는 근본적인 방법이다. 부득이 외출을 해야 한다면 마스크나 선글라스, 안경을 착용하는 것이 좋다. 이런 방법은 황사와의 접촉을 최소화해 1차 방어선인 피부나 점막에 항원이 달라붙어 침투할지도 모른다는 우려를 덜어준다. 또한 세수나 양치질은 호흡기 염증을 방지하기 위한 좋은 방법이며, 물을 자주 마시는 이유는 기도 내부 점막의 기능을 활성화해 비특이적 방어를 극대화할 수 있기 때문이다.

우리 몸은 여러 방법을 통해 외부에서 들어오는 이물질을 비특이적으로 차단하고 방어한다. 그러나 이런 방어벽이 무너지면 체내에서는 염증반응과 열을 동반한 고통이 따르게 된다. 따라서 병원성 물질이 체내로 들어오지 못하도록 조치하는 것이 최선의 방법이다.

2) 황사물질이 체내에 유입되면 체내에서는 비특이적 방어메커니즘 중 하나인 염증반응이 일어난다. 황사에 포함된 세균에 의해 손상된 조직에서 비만세포나 호염기성 백혈구는 히스타민을 분비한다. 그 결과 모세혈관이 부풀어 오르고 보체와 식세포가 빠져나온다. 보체는 세균에 달라붙어 세균을 파괴한다. 파괴돼 죽은 세균은 식세포가 삼켜서 분해시킨다. 이때 식세포는 시토카인을 분비하는데, 이 물질은 뇌에 신호를 보내 열을 발생시키므로 체온이 증가하고 침입한 미생물의 증식이 억제된다.

황사에 포함된 특정 항원에 대해서는 특이적 방어가 일어난다. 항원의 외부에 노출된 항원결정원에 특이적으로 결합하는 항체에 의해 세균이나 바이러스가 제거되고, 세포 독성 T세포에서 분비되는 퍼포린은 감염된 세포를 용혈시켜 파괴한다. 이렇게 황사물질이 체내에 들어오면 체내의 모든 면역시스템은 협동적으로 대응한다. 그러나 일단 오염물질이 체내에 들어오면 이를 방어하는 과정에서 인체는 통증을 겪게 되므로, 애초에 황사물질이 체내로 들어오지 못하도록 예방하는 방법이 가장 좋다.

2007년 05월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]복제기술의 미래

다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 1962년 영국의 존 거든은 처음으로 핵치환을 성공해 복제개구리를 탄생시켰다. 자외선에 의해 핵이 제거된 난자에 올챙이의 소장상피세포의 핵을 이식해 발생시킴으로써 다수의 복제개구리를 만들어낸 것이다. 체세포 핵을 이용한 포유류의 복제는 이로부터 30여 년의 시간이 흐른 뒤인 1997년 복제양 돌리가 탄생함으로써 이뤄졌다. 영국 로슬린 연구소의 이언 월머트 박사는 성장이 끝난 암양의 젖샘에서 채취한 체세포에서 핵을 추출해 핵이 제거된 난자에 이식한 뒤 이를 대리모에 착상시켜 양을 탄생시켰다.

복제양 돌리의 탄생은 인간을 포함한 모든 동물의 복제 가능성을 시사하는 사건으로 생명윤리를 포함해 다양한 사회적 논란을 불러일으켰다. - 고등학교 생물Ⅱ, 중앙교육진흥연구소

(나) 국가생명윤리심의위원회에서는 지난 3월 23일 2007년도 제1타 회의를 열고 체세포 복제배아 연구의 '제한적 허용안'과 '한시적 금지안'을 놓고 표결한 결과 참석자 13명 가운데 12명 찬성으로 제한적 허용안을 의결했다. 이에 따라 줄기세포 연구에 사용하는 난자가 △체외수정할 때 수정되지 않아 폐기할 예정이거나 △적출 난소(질병 등으로 떼어낸 난소)에서 채취한 '잔여 난자'일 경우에 한해 복제배아 연구에 사용할 수 있게 됐다.

현재 세계 각국은 복제배아에서 추출하는 배아줄기세포를 난치병 치료나 신약 개발에 이용하기 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 이 때문에 국내 줄기세포 연구자들은 이번 조치가 제한적이긴 하지만 연구를 허용한다는 점에서 결과를 반기고 있다.

그러나 종교계의 반발도 만만치 않다. 가톨릭 주교회의는 3월 15일 성명을 통해 '배아를 이용한 어떠한 실험이나 연구도 인간 생명의 존엄성과 신성함을 침해하는 행위'라며 '체세포 복제배아 연구를 합법화하려는 움직임은 중단되어야 한다'라는 반대 의견을 공식적으로 표명했다. 한편 정부는 이날 과학기술부가 주관한 생명공학종합정책심의회에서 과학기술부, 보건복지부, 산업자원부 등 5개 부처 및 정부출연기관이 배아줄기세포 연구에 60억 원, 성체 줄기세포 연구에 257억 원 등 줄기세포 연구에 총 342억 원을 투자하기로 결정했다.

- 동아일보 2007년 3월 24일자

(다) "기술은 있지만 과학적 사고가 없습니다. 우리는 과학을 너무 급하게 받아들인 대표적인 나라입니다. 기술이 먼저 들어오고 과학이 그 뒤를 미처 따르지 못했죠. 사회에서 벌어지는 여러 가지 비합리성이나 비리 등은 과학적 사고가 결여된 상태에서 문제를 기술적으로 해결하려고 했기 때문에 생겨난 것이라고 봅니다. 저는 늘 '과학적인 사고를 하자'라고 떠들고 다닙니다. (중략) 우리가 원하는 것은 국민 모두가 과학적으로 사고하는 날이 오는 것이죠. 대중을 과학화시키는 겁니다. 어렵더라도." - 도정일·최재천 '대담'

- 1) 제시문 (가)의 핵치환 기술에 의해 탄생한 개체에 붙는 수식어 '복제'의 의미를 설명하고 동물 복제기술의 발전이 사회에 미치는 영향이 일반적인 동식물 품종 개량과는 어떻게 다른지 분석하라.
- 2) 제시문 (나)의 복제배아 연구에 대한 정부,과학계,종교계를 포함해 다양한 사회 집단의 견해를 분석하라. 또한 제시문 (다)의 '과학적 사고를 하는 대중'이 이 논쟁을 해결하는데 기여할 수 있는지 그 가능성에 대해 논하라.

▶ 전문가 클리닉

복제배아와 줄기세포 연구는 과학계 뿐만 아니라 사회 전반에서 논의대상이 되고 있습니다. 이를 논하려면 우선 동물의 복제원리를 이해하고 복제기술이 실현될 때 발생하는 문제점이 무엇인지 파악해야 합니다. 또한 인간 배아복제나 줄기세포 연구와 관련해 제기되는 여러 문제점의 기본 전제를 분석하고 문제를 바라보는 시각차를 이해해야 합니다.

▶ 예시답안

1) 핵치환 기술이란 분화된 체세포나 수정란에서 핵을 분리해 핵을 제거한 다른 세포(난자)에 이식함으로써 이식받은 난자의 세포질과 이식된 핵으로 새로운 세포를 만드는 기술이다. 핵치환 기술로 탄생한 개체의 유전자는 핵을 제공한 개체와 유전적 조성이 동일하다는 점에서 '복제동물'이라고 부른다. 발생 과정에서 두 개체의 유전자조합이 일어나는 유성생식과 달리 복제기술은 체세포만으로 동일한 개체를 발생시키므로 인위적 접종에 의한 품종개량 방식보다 종의 다양성이 무시되는 결과를 낳고 있다. 또한 복제기술은 특정 품종을 선택해 단일 종을 다량 생산하는 일을 가능하게 해 생명을 상품화한다는 윤리문제가 제기되고 있다. 특히 핵치환 기술이 포유류의 세포를 복제하는 수준까지 이르러 인간 복제의 가능성이 한층 더 가까워짐에 따라 윤리적, 사회적으로 큰 논란을 불러일으키고 있다.

2) 인간복제에 대한 우려가 높아지는 가운데 배아복제는 인간의 존엄성을 훼손하는 일이라고 보는 종교계와 인권단체의 주장과 인간의 질병을 퇴치하기 위해 연구가 활성화돼야 한다는 과학계의 주장이 대립되고 있다. 반대 측은 배아세포가 장차 태아로 자랄 수 있으므로 엄연한 생명체이며 연구에 이용되면 생명으로서 발달 가능성을 잃게 되므로 연구 활동은 곧 생명을 빼앗는 행위라고 본다.

찬성 측은 인간 배아세포가 각종 질병치료의 가능성을 열 수 있다는 점에서 인류 발전에 기여할 수 있으므로 국가적 차원의 지원을 통해 연구를 활성화시켜야 한다고 주장한다.

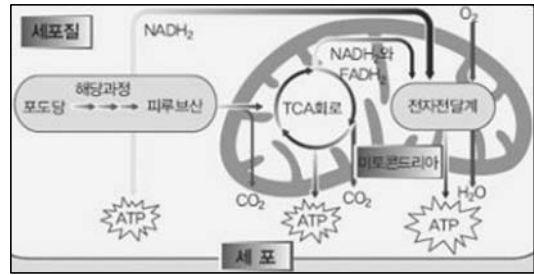
다른 동물의 복제에서도 생명존중의 문제가 대두됐지만 인간 배아복제 연구가 사회적으로 논란이 되는 이유는 국가나 집단의 이익과도 연관 되기 때문이다. 또한 배아를 생명체라고 볼 것인지에 대한 논란은 생명에 관한 사회적 가치관을 새로 정립해야 한다는 문제를 제기했으며 난자 채취는 여성의 인권을 침해한다는 우려를 낳고 있다.

이 문제에 대해 책임 있는 해답을 제시해야 할 주체는 이 시대를 살고 있는 모든 사회 구성원이며 이들이 의사결정을 하는데 과학적 사고가 반드시 필요하다. 이들은 제시된 해결방안이 국가나 어느 한 집단의 이익만을 대변하고 있는 것은 아닌지, 또 과학기술의 진보가 아니라 오히려 인류 문명의 파괴 요인으로 작용하는 것은 아닌지 분석하고 판단해야 하기 때문이다. 문제해결과정의 오류를 짚어내고 정책의 타당성을 검토할 수 있는 합리성을 지닌 대중은 사회의 정책결정과정에 긍정적인 영향을 주며, 과학기술의 진보가 올바른 방향으로 가고 있는지 감시자 역할을 충분히 해낼 것이다.

다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 생물은 살아가는데 필요한 에너지를 세포호흡을 통해 얻는다. 세포호흡이란 유기물을 산화시켜 방출하는 반응으로, 생물은 이렇게 방출된 에너지를 세포에너지 형태로 저장해 생명활동에 필요한 에너지로 사용한다. 이런 세포호흡의 과정에서 대부분의 생물은 산소를 필요로 한다. 그러나 일부 미생물은 산소가 없는 상태에서도 포도당 같은 유기영양소를 분해해 에너지를 포획하는데, 이퍼럼 산소 없이 유기물을 산화시켜 에너지를 얻는 과정을 '발효'라 한다. - 고등학교 생물 II, 중앙교육진흥연구소

(나) 원핵생물인 세균들의 오랜 진화의 역사와 새로운 환경에 대한 탐험은 대사적으로 놀랄 만큼 다양한 '생활방식'을 낳았다. 예를 들어 어떤 세균은 산소가 독성을 나타내므로 혐기성 개사만 할 수 있지만 다른 생물은 혐기성 또는 호기성 방식을 바꿀 수 있어 조건에 따라 혐기성 물질 대사와 세포 호흡을 번갈아 행한다. 또 어떤 부류의 세균은 절대 호기성 생물로 산소 없이 장기간 동안 살 수 없다. - '생명 : 생물의 과학 6판', 윌리엄 퍼브스 지음



세포호흡 과정에서 산소의 역할은 무엇인지 산소 없이 대사 에너지를 얻는 발효과정에서 산소의 역할을 대신하는 것이 무엇인지 설명하라.

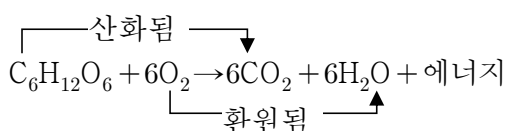
▶ 전문가 클리닉

세포호흡의 기본 메커니즘은 산화 환원반응입니다. 음식으로 섭취한 포도당은 세포에 들어가 해당과정, TCA회로, 전자전달계의 3가지 대사 경로를 거치면서 물과 이산화탄소로 완전히 산화돼 분해됩니다. 이 과정에서 세포는 방출된 에너지를 세포의 에너지 화폐 단위인 ATP로 합성합니다.

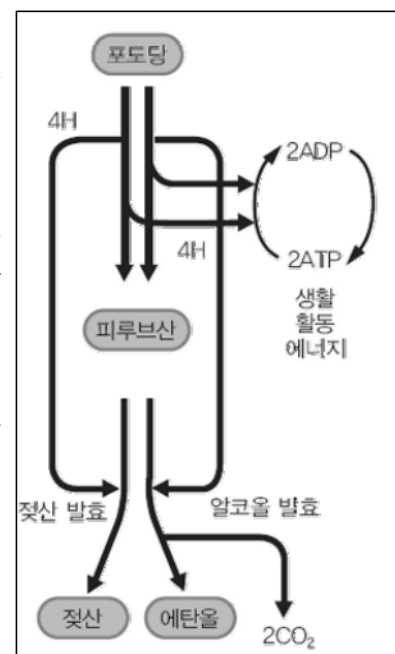
▶ 예시답안

세포호흡 단계 중에서 해당과정에서는 산소 없이 포도당이 일부 분해되며 에너지가 방출된다. 그러나 TCA 회로와 전자전달계는 산소가 있어야 진행되며, 이런 일련의 과정에서 해당과정의 산출물인 피루브산은 완전히 산화돼 ATP를 만든다.

포도당 같은 연료물질은 수소와 연관된 전자 저장소다. 이렇게 저장된 전자는 이를 수용하는 산화제에 단계적으로 전달돼 에너지를 방출하고 이를 이용해 ATP가 합성된다. 산소는 전자를 전달하는 과정에서 최종적으로 전자를 수용하는 역할을 해 포도당을 완전히 산화시킨다.



한편 산소가 없거나 산소의 독성을 견디지 못하는 일부 세균은 산소를 이용해 포도당의 높은 에너지를 충분히 뽑아내지 못한다. 이 세균들은 산소 없이 일어나는 해당과정을 통해 ATP를 만든다. NAD⁺는 해당과정중포도당을 산화시키는 물질이다. NAD⁺가 포도당을 산화시키면서 이탈된 수소 수용체로 작용해 NADH로 환원되고 그 뒤 해당과정 산물인 피루브산을 환원시켜 다시 NAD⁺로 돌아가 또 다른 포도당이 계속 산화 되도록 한다. 피루브산이 환원돼 생성된 물질에 따라 알코올 발효, 젖산 발효 등으로 발효 과정을 구분한다.



2007년 06월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

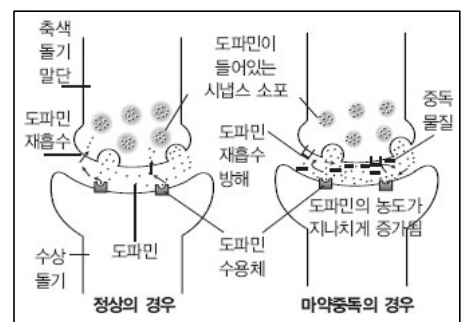
항상성을 유지시키는 배설

- (가) 한 뉴런의 축색돌기 말단과 다음 뉴런의 수상돌기 말단 사이에는 약 20nm의 틈이 있다. 흥분이 한 뉴런의 축색돌기 말단에 이르면 시냅스 소포에서 화학전달물질이 시냅스 틈으로 확산돼 다음 뉴런을 흥분시킨다. 이를 '자극의 전달'이라 한다. 자극을 받은 뉴런은 자신의 축색돌기 말단에서 다음 뉴런을 흥분시킨다. 자극은 축색돌기 말단에서 다음 뉴런의 신경 세포체나 수상돌기 쪽으로만 전달된다. - 고등학교 생물 I, 중앙교육진흥연구소
- (나) 마약이란 의학적 목적 외에 쾌락을 얻기 위해 오?남용되는 약물이다. 모르핀과 코카인은 미량 사용했을 때 강력한 진통 작용과 마취 작용을 하므로 의학적 목적으로 사용되지만 계속 사용하면 의존성과 내성이 생긴다. 약물을 반복적으로 사용한다면 우리 몸은 약물분자에 적응하며, 정상적인 신체 기능을 하는 데 약물분자가 우리 몸에 꼭 필요한 물질이 된다. 일단 약물을 사용하기 시작하면 우리 몸은 당뇨병 환자가 인슐린을 갈망하는 것처럼 약물을 갈망하게 된다. 약물을 반복 사용한다면 체내에는 약물을 원하는 신진대사 경로가 만들어진다. 이때 약물은 신진대사의 필수 물질이 되며, 대사경로를 안정시키는 안정제로 작용한다. 약물 남용자는 몸이 계속 약물을 갈망하기 때문에 약물 사용을 중단하기가 매우 어렵다. 약물 중독자가 약물을 중단하면 극심한 고통에 시달리는데 이를 금단 현상이라고 한다. - 고등학교 생물 I, 중앙교육진흥연구소
- (다) 신경전달물질은 신경계에서 각각의 전달망을 가지고 있다. 그 중 세로토닌은 감정, 수면, 식욕에 관여하고, 도파민은 정신기능, 중독, 의욕, 운동기능에 영향을 미치며, 노르아드레날린은 불안한 감정과 관련이 있다고 알려져 있다.
- 신경전달물질에 이상이 생기면 그와 관련된 기능에 이상 증상이 나타난다. 예를 들어 정신분열증은 도파민 기능의 이상이 원인이고 우울증은 세로토닌이나 노르아드레날린의 기능 저하가 주된 원인이다. 항우울제인 프로작은 시냅스에서 이용될 수 있는 세로토닌의 양을 증가시켜 우울 증상을 호전시킨다. 즉 약물의 도움을 받아 농도가 증가된 세로토닌 덕분에 기분이 좋아진다. - 과학동아 2005년 3월호 '약물로 마음을 성형한다'

문제 1 제시문 (가)~(다)를 참고 해 약물 복용에 대한 자신의 견해를 과학적 논거를 들어 논술하라.

▶ 전문가 클리닉

이 논제는 약물 복용에 대한 인식을 환기시키고 과학적 원리를 통해 약물 오, 남용의 폐해를 방지하기 위해 출제했습니다. 우리의 삶에 깊숙이 들어와 있는 약품은 질병을 치료하고 우울증을 완화시키는 긍정적 효과를 주기도 하지만, 지나치게 약품을 탐닉하거나 오남용하면 자기도 모르는 사이에 약물 의존성이 생길 수 있습니다. 이 문제에서는 이런 과정을 신경의 자극전달 원리를 이용해 논술해야 합니다. 시냅스에서 자극전달 메커니즘과 약물중독 물질의 기능은 그림에서 보는 바와 같습니다. 마약이나 필로폰 같은 중독성 약품은 신경계에 영향을 주기 때문에 '향정신성 물질'이라고 불립니다. 이 중 중추신경 흥분제로는 니코틴이나 카페인, 코카인, 필로폰이 있으며, 중추신경 억제제에는 알코올, 아편, 헤로인, 신경 안정제, 본드나 가스 같은 흡입제가 있습니다. 또 환각제로는 대마초, LSD, 메스칼린, 진해 거담제가 있습니다.



술, 담배, 마약은 뇌의 앞쪽에 있는 신경세포에서 도파민의 분비를 촉진시키는데, 도파민은 행복감이나 만족감 같은 쾌감을 전달하는 물질입니다. 그러나 도파민이 과잉 분비되면 환각을 일으키고, 이것

이 지속되면 우리 몸은 도파민에 의한 환각증상을 점차 정상으로 인식하게 됩니다. 이 때문에 만약 약품이 중단돼 도파민의 분비가 줄어들면 인체는 이를 견디지 못하고 약품을 간절히 원하게 됩니다.

▶ 예시답안

우리 몸에 존재하는 신경은 주어진 자극을 전달하는 세포 모임이다. 신경은 '뉴런'(신경세포)으로 구성되며 뉴런과 뉴런 사이를 '시냅스'라고 한다. 시냅스 전 뉴런에서는 특정 자극에 대해 여러 가지 화학전달물질이 분비돼 시냅스 후 뉴런에 존재하는 수용체에 결합해 자극을 전달한다.

우리는 살아가면서 여러 가지 약품에 노출된다. 약품에는 병을 치유하기 위한 약품과 진통제, 안정제처럼 의학적으로 필요한 약품이 있다. 또 단순한 쾌락을 위한 향정신성 의약품으로 삶에 부정적인 기능을 미치는 마약이 있다. 대부분의 약품은 긍정적인 효과를 가져온다. 예를 들면 신경과민증상으로 정상적인 생활이 불가능할 때 신경안정제는 시냅스에서 화학전달물질의 과도한 분비를 억제시켜 흥분성 뉴런의 기능을 차단하고 정상화를 돕는다. 또 우울증으로 시달리는 사람은 시냅스에서 세로토닌이 부족해 생활의 활력을 잃는데, 이런 사람에게 SSRI(선택적 세로토닌 재흡수 억제제)는 세로토닌이 시냅스 전 뉴런으로 재흡수되는 것을 억제해 우울증이 치유되도록 돕는다. 이뿐만 아니라 버드나무에서 추출한 인류 최고의 약품이라고 할 수 있는 아스피린은 신경계를 차단해 통증을 완화시키는 모르핀 같은 마약성 진통제와는 달리, 국소적 염증을 가라앉혀 통증을 해소하고 해열작용을 일으켜 비교적 안전하다. 물론 약품에는 저마다 부작용이 있으므로 복용 시 주의가 필요하다. 그러나 약품은 우리 몸의 돌발적이고 병적인 증상을 완화시키고 몸을 정상으로 회복시키는 데 없어서는 안 될 물질이라고 할 수 있다.



(가) 인간의 배설기관인 신장은 주먹만 한 크기로 등 쪽에 좌우 한 쌍이 있으며, 피질과 수질, 신우로 이뤄져 있다. 신장은 몸속에서 생성된 노폐물을 걸러 오줌을 형성하는 기능을 하는데, 이것은 신장의 피질부에 있는 네프론에서 일어난다. (중략)

신장에서 사구체의 혈액이 보먼주머니로 확산되는 과정을 여과라 하는데, 이때 여과된 용액을 원노라고 한다. 원노가 세뇨관을 따라 흐르는 동안 원노에 녹아있던 물질 중 우리 몸에 필요한 물질은 세뇨관을 둘러싸고 있는 모세혈관으로 재흡수된다. 이와는 반대로 배출돼야 하지만 아직 여과되지 못하고 혈액에 남아있던 여분의 요소와 요산, 크레아틴 같은 노폐물은 세뇨관으로 분비된다. 오줌의 양과 농도는 수분과 염류의 양에 의해 결정되는데, 이것은 신장에서 여과량과 선택적 재흡수를 조절하는 호르몬의 영향을 받는다. 신장의 기능을 조절하는 호르몬에는 항이뇨 호르몬(ADH), 무기질코르티코이드(알도스테론), 안지오텐신이 있다. - 고등학교 생물 I, 중앙교육진흥연구소

(나) 신장은 혈액을 공급하고 혈압을 유지시키는 역할을 한다. 예를 들어 신장은 자가조절 메커니즘을 통해 심장에서 혈액 방출량이 감소하거나 혈압이 저하됐을 때 이를 보충해 사구체에서 여과 속도를 일정하게 유지하도록 만드는 역할을 한다. 즉 혈압이 떨어졌을 때 신동맥에서 사구체에 이르는 혈관을 확장시켜 혈관의 저항을 줄이고, 사구체 모세혈관 내 혈압을 유지하도록 돕는다.

(다) 인간의 생리적 기능 중에서 배뇨기능은 인간의 삼투압을 유지하고 노폐물을 제거하기 위해 매우 중요하다. 인간이 음식을 섭취한 뒤 정상적으로 물질대사를 하고 체내의 상태를 일정하게 유지시키기 위해 배변과 배뇨작용이 자연스럽게 일어나야 한다. 그러나 사람마다 배뇨의 양과 빈도는 다르다. 하루에도 몇 번씩 화장실을 가는 사람이 있는가 하면 그렇지 않은 사람도 있다.

문제2 제시문 (가)와 (나)를 참고해 배설을 통한 인간의 항상성 조절 메커니즘을 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

제시문 (가)와 (나)를 참고 해 인간의 배설을 통한 항상성 조절 메커니즘을 서술해야 합니다. 즉 배설을 통한 삼투압과 혈류량, pH의 조절을 설명해야 합니다.

▶ 예시답안

인간은 배설을 통해 체내의 삼투압과 pH, 혈압, 혈류량을 조절한다. 인간의 체액은 0.9% NaCl 용액과 등장액이다. 만약 이 농도에 해당하는 용액보다 삼투압이 높아지면, 시상하부에서 만들어지고 뇌하수체 후엽에서 분비되는 ADH에 의해 근위 세뇨관과 집합관에서 수분의 재흡수가 촉진된다. 이에 따라 혈관 속 혈류량이 증가하고 혈압이 상승되며, 체내의 삼투압은 낮아진다. 또 알도스테론은 세뇨관에서 Na^+ 의 재흡수를 촉진시켜 혈류량과 혈압을 상승시킨다.

다음으로 pH조절 메커니즘에는 세뇨관을 감싸는 모세혈관 속 혈액의 완충작용이 이용된다. 혈액에서는 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ 같은 반응이 일어난다. 만약 혈액에 H^+ 농도가 높아지면 H^+ 를 낮추기 위해 이것의 역반응(왼쪽 방향으로 진행)이 일어나고, H^+ 가 적절한 수준보다 낮아지면 정반응이 우세하게 진행돼 H^+ 농도가 증가된다. 신장에서도 마찬가지로 혈액 속 H^+ 와 HCO_3^- 이온의 농도를 변화시켜 pH를 일정하게 유지한다.

▶ 추가문제

제시문 (다)에서 지적했듯 배뇨의 양과 빈도가 왜 사람마다 다른지 예를 들어 설명하라.

첫째, 사람마다 방광의 용적이 다르기 때문이다. 예를 들어 어떤 사람의 방광 용적이 보통 사람보다 작다면 배뇨량은 적고 배뇨의 빈도는 상대적으로 빈번하다.

둘째, 사람마다 식습관이 다르기 때문이다. 사람마다 체액의 삼투농도는 같은 수준으로 유지된다. 짠 음식을 섭취한 뒤 체액 삼투농도는 높아질 것이다. 이때 안지오텐신이 작용해 갈증을 느끼며, ADH에 의해 세뇨관에서 수분 재흡수가 촉진돼 오줌의 양과 배뇨 빈도가 모두 줄어든다.

셋째, 평소 수분 섭취량이 사람마다 다르기 때문이다. 만약 어떤 사람이 상대적으로 많은 수분을 섭취한다면 체내 삼투압은 낮아진다. 이때 체내의 삼투농도를 높이기 위해 알도스테론 분비가 증가해 Na^+ 재흡수량이 증가하고 ADH 분비가 감소돼 오줌의 양이 늘어난다.

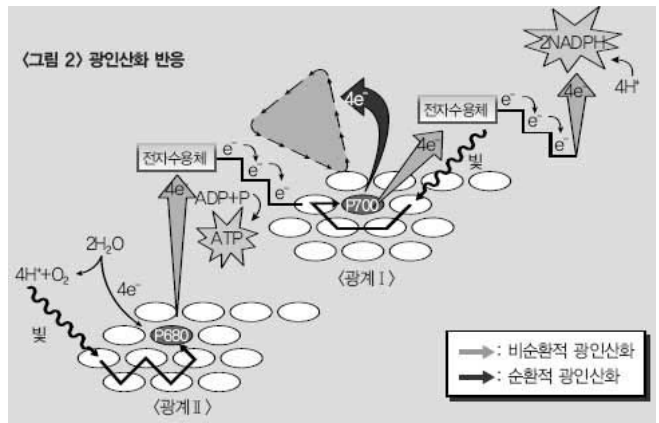
넷째, 사람마다 건강상태에 따라 배뇨의 양과 빈도가 달라질 수 있다. 정상인은 혈압의 변화와 무관하게 사구체에서 여과속도를 일정하게 유지하는 자가조절 메커니즘을 가진다. 그러나 신장병을 앓는 사람은 사구체 여과속도가 느려져 오줌이 잘 만들어지지 않으며, 요붕증을 앓는 사람은 항이뇨 호르몬이 잘 분비되지 않아 배뇨의 양과 빈도가 증가한다.

2007년 07월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]X염색체 차이 보정하는 방법

문제 1. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 식물세포에 존재하는 엽록체에 빛을 비추면 광자가 반사, 통과, 또는 물질에 흡수되는 현상이 일어난다. 반사되거나 통과하는 빛의 파장은 사람에게 빛을 비춘 물질의 색을 보여준다. 만약 엽록체 속의 색소에 흡수되는 경우라면 빛의 파장에 해당하는 에너지를 얻는다.
- (나) 광합성이 일어나는 엽록체의 가장 뚜렷한 특징은 틸라코이드라고 하는 내막 구조다. 틸라코이드 막에는 여러 종류의 색소가 단백질과 함께 단위체를 이루며 분포한다. 각 단위체를 구성하는 색소들은 흡수한 빛에너지를 일부는 열로 방출하고 일부는 주변 색소로 전달하는 일종의 안테나 역할을 한다. 안테나 색소가 전달하는 에너지는 반응중심이라고 하는 색소에 최종으로 도달하며, 반응중심에서는 흡수한 에너지를 사용해 ATP나 NADPH를 합성하는 반응을 시작한다. 색소들이 군집을 이뤄 빛에너지를 전달하는 일과 ATP나 NADPH를 합성하는 일을 분업화해 빛을 이용한 광합성 효율을 높인다.
- (다) 생물체 내에서 일어나는 화학반응은 대부분 효소에 의해 일어난다. 효소는 반응물질에 작용해 반응물질의 활성화에너지를 감소시킴으로써 잘 일어나지 않는 화학반응이 쉽게 일어나도록 반응을 촉진하는 생체촉매다. 이런 효소는 온도나 PH 변화에 민감하며 반응 최적범위가 있는데, 그 이유는 효소의 주요 성분이 단백질이기 때문이다. 단백질은 열이나 PH 같은 환경변인에 따라 구조가 쉽게 변하고 활성화에 영향을 받는다. 단백질의 구조적인 변화는 효소의 기능에 영향을 미친다.



- 제시문 (나)의 엽록체 내막 구조와 막에서 일어나는 전자 흐름을 인용해 제시문 (가)의 엽록소 추출액에서 방출되는 적색형광이 실제 식물의 잎에서는 나타나지 않는 이유를 설명하라.
- 빛에너지를 이용해 유기물을 합성하는 식물에게 빛은 중요한 환경요소다. 그러나 너무 많은 양의 빛을 식물에게 비추면 오히려 광합성 속도가 떨어지기도 하는데, 그 이유는 과도한 열에너지 방출로 설명된다. 제시문 (나)와 (다)를 참조해 식물에게 주어진 과도한 양의 빛에너지가 열에너지로 방출될 수 있는 단계가 어디인지 추론하고, 강한 빛이 광합성 효율을 떨어뜨릴 수 있는 이유를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

광합성은 빛에너지를 화학에너지로 전환하는 명반응과 이산화탄소를 유기물로 고정하는 암반응으로 구성됩니다. 명반응은 엽록체의 틸라코이드라는 막에서 일어납니다. 막에는 엽록소를 포함해 여러 색소분자가 단백질과 결합해 광계라고 하는 단위체를 구성합니다. 광계는 빛에너지를 전달하는 안테나 시스템과 에너지 흡수로 들뜬 전자 흐름으로 ATP와 NADPH라는 고에너지 화학물을 생성하는 두 가지 역할을 분담해 실행합니다. 이 과정을 명반응이라고 하며 명반응의 산물인 ATP와

NADPH는 암반응에서 포도당을 합성하는데 필요한 에너지를 제공합니다.

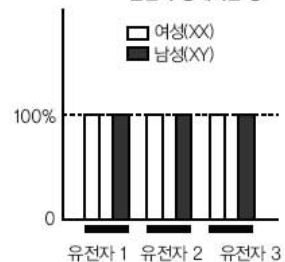
▶ 예시답안

- 1) 식물의 잎이 녹색으로 보이는 이유는 세포 내 엽록체에 들어있는 색소가 초록 파장대의 빛은 반사하거나 통과시키지만 푸른빛과 붉은빛은 흡수하기 때문이다. 제시문 (가)의 실험처럼 막과 분리돼 추출된 색소는 흡수한 에너지만큼 전자가 들떴다가 바로 바닥상태로 돌아오면서 열을 방출하고 남은 에너지가 형광빛으로 방출된다. 그러나 세포 안에서는 틸라코이드라는 막에 색소분자가 있으므로 이들이 흡수한 빛에너지는 더 낮은 에너지의 빛을 흡수한 주변 색소로 차례로 전달되며 최종으로 반응중심에 있는 색소에 전달된다. 반응중심에 있는 색소는 흡수한 빛에너지로 들뜬 전자를 막에 흐르게 하고 이를 통해 흡수된 빛에너지는 ATP나 NADPH의 화학에너지로 전환된다. 따라서 살아있는 식물세포의 잎은 빛을 받아도 형광으로 에너지를 방출하는 대신 ATP나 NADPH의 화학에너지로 전환된다.
- 2) 안테나 시스템을 이루는 색소가 빛에너지를 흡수해 전자가 들뜨면 자신의 과잉 에너지를 열로 방출하면서 원래의 바닥상태로 돌아오거나 자신보다 낮은 에너지를 흡수한 다른 분자에 에너지를 전달한다. 만약 많은 양의 빛이 식물에게 주어지면 틸라코이드 막의 광합성 장치를 보호하기 위해 안테나 시스템 색소는 열을 방출한다. 광합성 장치를 보호하기 위한 열방출은 흡수한 빛에너지에 대한 광합성 효율을 떨어뜨린다. 한편 식물이 아주 강한 빛에너지를 지속적으로 받으면 과도하게 들뜬 전자가 그 에너지를 반응중심에 전달해 반응중심을 구성하는 단백질 구조가 달라진다. 반응중심의 단백질 구조가 변하면 광합성 기능이 손실돼 광합성 효율이 떨어진다.

문제 2. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라. (2007학년도 서울대 정시 자연계 면접구술 응용)

(가) 성염색체인 X염색체를 살펴보면 암컷은 XX로서 동형접합자이나 수컷은 한 개의 X만을 가지는 반접합자다. X염색체에 존재하는 유전자에 대해, 수컷은 암컷에 비해 절반의 대립 유전자를 가진다. 그러나 실제 X-연관 유전자가 발현된 전사체량을 비교하면 암수 간 차이가 없음이 밝혀졌다<그림3>.

〈그림 3〉 X염색체 상의 유전자 발현의 상대적인 양



(나) 올림픽에서는 경기 전에 모든 선수의 성별을 확인한다. 성별이란 염색체 속 유전자에 의해 결정되므로 그 사람의 세포를 채취해 염색체를 관찰하면 알 수 있다. 그러나 46개의 염색체를 일일이 찾아 성염색체를 분석하는 방법보다 더 간단한 방법이 있다. 여자는 구강의 상피세포를 염색하면 '바소체'라는 응축된 검은 물체가 핵 안에서 발견되지만 남자는 바소체가 없다는 점을 이용하는 방법이다.

(다) 초파리에게서 발견된 MSL은 수컷의 X염색체에 붙어있는 복합단백질이며 X염색체 유전자가 활동하도록 중재한다. 이 단백질을 암호화하는 유전자는 최소 5개 이상인데, 이 중 일부 유전자에 돌연변이가 일어나면 암컷은 아무런 영향을 받지 않는 것처럼 보이지만 수컷은 치명적인 손상을 입는다.

- 1) 제시문을 참고 해 X-연관 유전자의 발현이 암(XX), 수(XY) 간 차이가 없도록 하는 유전자량 보정 메커니즘을 설명하라.
- 2) 두 개의 단백질 단위체로 구성된 이량체 효소인 E를 암호화하는 유전자에는 A와 B라는 2개의 대립 유전자가 있다. 이 대립 유전자 효소는 기능면에서는 동일하지만 아미노산 1개가 다르다. 이 차이로 두 대립 유전자 효소는 전기장에서 이동속도가 달라져 <그림4>처럼 전기영동 젤 상에서 분리되지 못한다. 효소 E를 암호화하는 유전자가 X염색체에 있는 유전자라면 AB 이형접합자의 암컷이 어떻게 유전자량을 보정하는지 확인할 수 있는 실험을 설계하라.

<그림 4> 효소 E의 분리를 보여주는 전기영동 젤의 패턴



▶ 전문가 클리닉

포유류 암컷이 가지는 2개의 X염색체는 배 발생 초기에 무작위로 바소체를 만들며 불활성화시켜 수컷과의 유전자량 차이를 보정합니다. 배아기 때 일어나는 X염색체의 불활성화는 모계와 부계로부터 받은 X염색체 중에서 무작위로 선택돼 독립적으로 일어나기 때문에 포유류의 암컷은 X염색체를 기준으로 할 때 두 종류의 세포로 이뤄진 모자이크라고 볼 수 있습니다. 그러나 같은 XX, XY의 성염색체를 갖는 초파리는 암컷에서 바소체가 발견되지 않아 수컷에 있는 X염색체 1개의 발현수준을 높이는 방식으로 유전자량을 보정합니다. 그 결과 수컷이 가지는 1개의 X염색체 활성이 암컷의 두 X염색체 발현량을 합한 결과와 비슷하게 나타날 수 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) X가 2개인 암컷과 1개를 가지는 수컷 간 유전자량은 두 가지 방식으로 보정된다. 한 가지 방법은 X염색체 2개 중 1개를 응축시켜 불활성화시키는 방법이다. 이 경우에는 전사 자체가 억제돼 세포마다 X염색체 1개를 가진 유전자를 전사시켜 단백질을 합성하므로 X염색체를 1개 가지는 수컷과 동일한 효과를 나타낸다.

또 다른 방법은 제시문 (다)의 초파리처럼 X염색체의 활성도에 차이를 두는 방식이다. 초파리수컷에서만 발현되는 단백질이 X염색체의 활성을 중재하는 역할을 하게 되면 수컷세포의 X-연관 유전자 발현이 암컷의 X염색체 발현 정도보다 2배 이상이라 수컷의 X-연관 유전자가 발현된 전사체량은 암컷의 X염색체 전사체량과 비슷해진다.

- 2) AB 이형접합자인 암컷에서 채취한 시료를 전기영동을 걸어 분리 패턴을 분석한다. 만약 이 개체가 인간처럼 X염색체 하나를 불활성화시키는 방식으로 유전자량을 보정한다면 세포마다 X염색체는 하나만 발현되므로 AA나 BB형태의 이량체 효소가 생성된다.

이 때문에 전기영동을 하게 되면 3번열과 같이 AA효소와 BB효소가 분리돼 나타난다. 또 세포를 하나씩 분쇄시켜 시료로 사용하면 시료마다 1번열이나 2번열 가운데 하나의 패턴만을 보인다.

반면에 이 개체가 초파리와 같은 방식으로 유전자량을 보정한다면 한 세포 안에 단백질 A와 B가 모두 발현되므로 AB로 구성된 이량체 단백질도 생성될 수 있다. 따라서 단백질 패턴이 4번열과 같은 결과를 보인다.

2007년 08월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

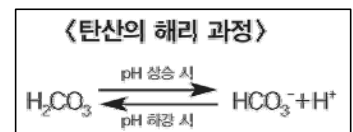
[생물]운동과 피로회복 과정

문제1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 근육 속에 저장된 ATP의 양은 한정돼 있다. 심한 운동을 하면 ATP가 많이 소모되고, 산소를 빨리 공급할 수 없게 돼 세포호흡을 정상적으로 진행하는 데 무리가 온다. 근육은 이런 경우에 두 가지 전달물질을 이용해 ATP를 공급한다. 그 중 하나가 근육에 풍부하게 저장돼 있는 크레아틴 인산이다. 크레아틴 인산은 근수축에 필요한 에너지를 직접 공급하진 못하지만 ADP를 ATP로 재생할 수 있다. 운동이 계속돼 근육세포에 저장된 크레아틴 인산마저 모두 소모되면 근육세포는 젖산이 생성되는 무산소 호흡으로 ATP를 합성한다. 이는 산소가 없는 상태에서 ATP를 합성하는 방법이다. 이 경로의 최종 산물인 젖산이 근육에 축적되면 우리는 피로를 느낀다. 근육 속에 축적된 젖산은 혈액을 따라 간으로 운반된다. 젖산의 1/5정도는 미토콘드리아의 TCA회로를 거치는 동안 완전히 산화돼 ATP를 만들고, 이 에너지를 이용해 나머지 4/5정도의 젖산이 글리코겐으로 재합성된다. - 고등학교 생물II, 교학사

(나) 콜레스테롤은 '야누스의 얼굴'을 하고 있다. 콜레스테롤이 지나치게 많으면 뇌중풍(뇌졸중), 협심증, 심근경색의 원인이 된다. 반면 부족해지면 호르몬 합성에 이상이 생겨 우울증이 나타날 수도 있다. 고혈압과 마찬가지로 혈중 콜레스테롤 수치가 높더라도 별 증상은 나타나지 않는다. 그래서 고(高) 콜레스테롤을 '고요한 악마'라 부른다. 콜레스테롤은 간에서 합성되거나 장에서 음식으로부터 흡수된다. 몸에 좋은 콜레스테롤이라 불리는 'HDL'은 찌꺼기를 내다 버리는 역할을 하지만 몸에 나쁜 콜레스테롤 'LDL'은 찌꺼기가 돼 혈관에 쌓인다. 콜레스테롤 정상치에 대해서는 나라마다 또는 의사마다 견해가 다르다. 국내에서는 대체로 혈중 수치가 dL당 180~200mg이면 정상치로 본다. 혈중 콜레스테롤 수치가 dL당 260mg을 넘어서면 심혈관계 질환으로 인한 사망률이 2배, 300mg 이상이면 4배 늘어난다. - 동아일보 2005년 11월 22일자

(다) 대부분 살아있는 세포의 pH는 7 근방이다. pH가 약간만 변해도 아주 위험할 수 있는데, 왜냐하면 세포 내 화학반응이 수소이온(H^+)과 수산화이온(OH^-)의 농도에 아주 민감하기 때문이다. 완충용액은 용액 내에서 H^+ 와 OH^- 의 농도 변화를 최소화해 pH를 비교적 일정하게 유지해주는 역할을 한다. 사람의 혈액도 완충용액이라서 혈액의 pH는 약한 염기성인 7.4 정도로 유지된다. 혈액의 pH가 7 정도로 떨어지거나 7.8 정도로 올라가면 사람은 불과 몇 분밖에 견디지 못한다. 정상적인 상황에서는 혈액이 완충작용을 해 pH가 급격히 변하지 않는다. 완충용액은 H^+ 가 지나치게 많으면 이를 받아들이고, H^+ 농도가 낮아지면 H^+ 를 방출해 H^+ 농도를 일정하게 유지한다. 대부분의 완충용액에는 약한 산과 그에 상응하는 짝염기가 포함돼 있어 수소이온을 가역적으로 받아들이거나 내놓을 수 있다. 사람의 혈액에서 완충작용을 하는 물질에는 여러 가지가 있는데, 탄산(H_2CO_3)도 그 중 하나다. 탄산은 해리되면 중탄산이온(HCO_3^-)과 H^+ 를 만든다. 이 화학반응식처럼 pH가 높아지면 오른쪽 방향의 반응이 우세하게 진행되고, pH가 낮아지면 왼쪽 방향으로 반응이 진행돼 H^+ 농도가 조절된다. - 생명과학 7판, 조지 캠벨 지음



- 1) 제시문 (가)와 (다)를 활용해 인간이 심한 운동을 할 때 피로를 느끼는 원인에 대해 설명하고, 피로회복은 어떤 과정을 통해 일어나는지 구체적으로 논술하라.
- 2) 운동에 대한 자신의 견해를 제시문 (가)와 (나)의 입장 중 한 가지를 선택해 논술하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 급격하고 격렬한 운동은 피로를 유발시키기 때문에 몸에 부정적인 영향을 끼칠 수 있습니다. 피로현상은 젖산이 근육에 쌓이고 간으로 이동하는 과정에서 혈액의 pH가 낮아져 물질대사가 원활하게 일어나지 못하기 때문에 나타납니다. 따라서 젖산에 의한 근육의 피로현상을 자세하게 설명하고, 간에서 젖산이 분해되거나 글리코겐으로 전환됨으로써 피로가 회복되는 원리를 지적해야 합니다.

제시문 (가)는 근육에서 생성된 젖산이 간으로 이동해 그 중 1/5은 TCA회로에 의해 산화돼 ATP를 생성하고, 이 에너지로 4/5의 젖산을 글리코겐으로 합성해 젖산을 점차적으로 없앤다고 설명하고 있습니다. 이 과정에서 피로가 점점 회복됩니다. 제시문 (다)에서는 혈액의 완충작용을 통해 혈액의 산성화가 억제되고 몸의 항상성이 유지됨을 설명하고 있습니다. 이런 제시문을 바탕으로 피로회복의 원리를 논리적이고 자세하게 작성하기 바랍니다.
- 2) 제시문 (가)는 급격한 운동이 피로를 유발해 우리 몸에 부정적 영향을 끼칠 수 있음을 제시하고 있습니다. 따라서 왜 급격한 운동이 몸에 부정적 영향을 미칠 수 있는지 서술해야 합니다. 반면 제시문 (나)는 LDL이 몸에 쌓이면 콜레스테롤 혈증과 동맥경화가 일어날 수 있음을 제시하고 있습니다. 이 입장을 따른다면 운동을 통해 LDL 수치를 줄이고 HDL 수치를 늘리는 것이 건강을 지키는 길임을 서술해야 합니다.

<1번 답변>

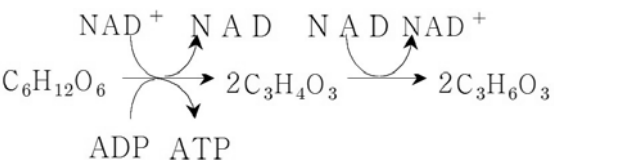
- 1) 격렬한 운동을 하면 ATP 요구량은 증가하고 산소 공급률은 줄어든다. 이 때문에 산소가 없는 상태에서 호흡기질이 분해되는 해당과정과, 피루브산이 젖산으로 전환되는 젖산발효가 근육에서 일어난다. 발생한 젖산은 간으로 이동해 다시 세포호흡 주기로 들어가거나 글리코겐으로 합성돼야 하는데, 피로는 바로 젖산이 간으로 이동하는 과정에서 느껴지는 현상이다.

젖산은 산성을 띠므로 근육에 통증을 유발하고 이동과정에서 혈액의 pH를 떨어뜨려 효소 활성도를 낮춘다. 따라서 물질대사 과정이 원활히 일어나지 않고 몸에 피로가 온다. 물론 혈액은 완충능력을 가져 어느 정도의 범위에서 pH 변화폭이 완충되지만 근육에 쌓인 젖산이 간으로 이동하는 과정에서 나타나는 pH 저하는 피할 수 없다. 피로는 충분한 휴식과 산소 공급을 통해 회복할 수 있다. 휴식 과정에서 근육의 부하량과 ATP 요구량의 감소는 피로회복 속도를 증가시켜 항상성을 더 빨리 찾도록 돕는다. 산소가 충분히 공급되면 근육에서 간으로 이동한 젖산은 호흡기질로 사용돼 세포호흡 속도를 향상시켜 피로회복 속도가 빨라진다.
- 2) (가)의 입장 : 격렬한 운동은 피로를 증가시키는 부정적인 결과를 낳는다. 왜냐하면 격렬한 운동은 근육의 산소요구량을 증가시키며, 실제로 산소소비량도 증가하기 때문이다. 그러나 실제 산소소비량에 비해 근육의 산소요구량이 더 많다. 따라서 산소가 부족한 상태에서 젖산발효가 일어나 근육에 젖산이 축적된다. 젖산은 근육과 혈액의 pH를 떨어뜨려 근육의 통증을 유발하고 피로를 증가시킨다. 피로를 회복하려면 충분한 휴식과 산소 공급이 필요한데, 완전히 회복될 때까지 생활 리듬이 깨지고 정상적인 생활을 하지 못할 수도 있다. 따라서 격렬한 운동은 피하고 산소 공급에 무리를 주지 않는 유산소 운동을 꾸준히 하는 것이 바람직하다.

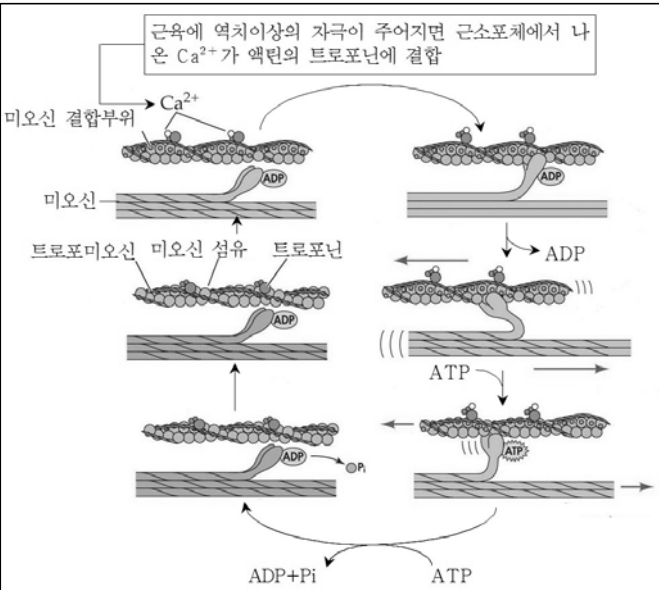
(나)의 입장 : 운동은 혈액 내 나쁜 콜레스테롤인 LDL의 농도를 낮추고, 좋은 콜레스테롤인 HDL의 농도를 높인다. LDL은 저밀도 지질단백질로, 약 50~60%가 콜레스테롤로 구성되어 있고 생합성과 저장을 위해 몸 전체의 조직에 보내지는 물질이다. 반면에 HDL은 고밀도 지질단백질로, 약 25%가 콜레스테롤로 구성되어 있고 콜레스테롤의 수용체로 작용한다. 이들은 조직으로부터 콜레스테롤을 제거하며 이를 간으로 가져와 쓸개즙을 합성하는 데 사용한다. 혈액 내에서 LDL대 HDL 비가 높으면 동맥경화증에 의한 심장병에 걸릴 확률이 높다. 그러나 규칙적인 운동은 HDL의 농도를 높여 LDL대 HDL 비를 낮추고 순환계 질환을 예방한다. 이 때문에 운동은 비만과 순환계질환을 예방하는 데 필수적이다.

<참고 1> 골격근의 수축과 산소와의 관계

산소가 충분히 공급되는 상태에서 근육세포의 미토콘드리아는 세포호흡을 통해 충분한 양의 ATP를 생산하고, 이 ATP는 다음과 같이 근육이 수축하고 이완될 때 액틴과 미오신의 상호작용에 이용된다. 산소가 공급되지 않는 상태에서는 우선 크레아틴 인산의 분해에 의해 ATP를 생산하고, 크레아틴 인산도 고갈되면 다음과 같은 젖산발효 과정이 근육에서 일어난다.

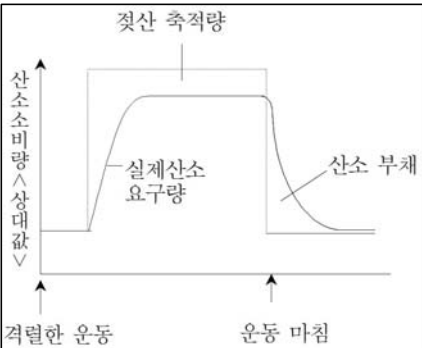


젖산발효에 의해 발생하는 ATP 양은 산소가 있을 때의 ATP 양보다 훨씬 적어 근육 운동에 무리를 준다. 이때 발생한 젖산은 간으로 이동하는 과정에서 혈액의 pH를 떨어뜨리고 효소의 활성을 저해해 물질대사가 방해되므로 피로 현상이 오게 된다.



<참고 2> 격렬한 근육운동 시 산소요구량과 산소소비량의 변화

격렬한 운동을 하면 실제 산소 소비량이 증가하고, 근육의 산소 요구량이 급격히 증가해 부족한 산소 때문에 젖산의 축적이 일어납니다. 그리고 축적된 젖산을 분해하기 위해 많은 양의 산소부채가 발생합니다.

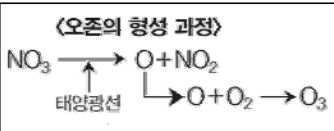


<2번 질문>

<참고 3> 오존의 이중적 작용

① 성층권의 구성 물질로서 자외선 차단막 형성

오존층은 지상 20~30km의 성층권에 밀집되어 있으며, 열을 흡수해 성층권 상부의 온도를 높이는 역할을 할 뿐만 아니라 생물에게 치명적인 자외선(UV-C와 UV-B)을 차단해 백내장, 피부암으로부터 지상

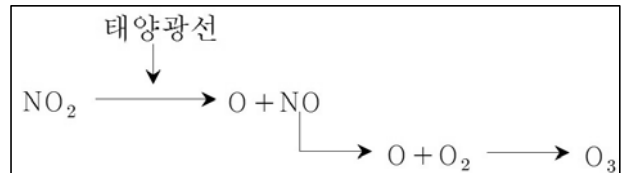


의 생물을 보호한다. 오존의 양은 돕슨(Dobson)으로 나타내는데, 1돕슨 단위(DU)는 0.01mm의 두께를 나타낸다. 일반적으로 지구의 오존전량은 0℃, 1기압에서 300DU 정도다.

오존은 산소로부터 발생하는데 강한 자외선에 의해 $O_2 \rightarrow O + O$, $O + O_2 \rightarrow O_3$ 와 같이 생성되고, 마찬가지로 자외선에 의해 $O_3 \rightarrow O + O_2$ 와 같이 분해된다.

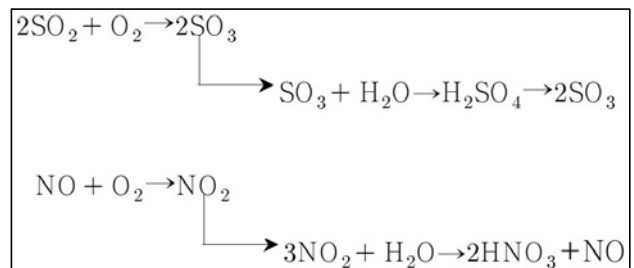
② 대기권에서 강한 산화제와 살균제로 작용

대부분 대기권에서 오존은 일사량이 매우 강한 여름철에 발생한다. 오존 생성은 자동차 배기가스나 공장 배출가스에 함유된 질소산화물(NO_x), 탄화수소류(HC)가 강한 태양광선(자외선)에 의해 광화학반응을 일으켜 이뤄진다. 공기보다는 약간 무겁고 물에는 잘 녹지 않는 성질을 가지며 음료수, 하수의 살균 또는 탈취제로 이용된다. 대기권에서 형성된 오존은 강력한 산화제로서 식물의 잎을 괴사시키고, 사람과 동물의 호흡기관을 상하게 해 가슴의 통증, 기침, 메스꺼움을 일으키며 기관지염, 심장질환, 폐기종을 악화시킨다. 따라서 일사량이 강한 한낮에 오존경보를 발령해 나들이를 자제하도록 권고하고 있으며, 부득이한 외출 시에도 호흡기를 보호할 수 있는 조치를 세워야 한다.



<참고 4> 산성비의 생성 원리

깨끗한 빗물은 공기 중 이산화탄소가 포함되어 pH5.6을 유지한다. 그런데 공장이나 자동차 배기가스 속에 들어있는 질소산화물(NO_x)이나 이산화황(SO_2)이 대기에 방출되면 다음과 같은 과정이 일어나 빗물의 pH는 더욱 낮아져 산성비가 내리게 된다.



문제 2 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 고대 이집트에서는 나일강이 범람해 이집트의 곳곳으로 넘쳐흘렀다. 그 결과 비옥한 침전물이 주변 토양에 계속적으로 쌓였다. 그러나 침전물의 양은 때로 너무 적게 또는 너무 많이 범람했다. 1960년대에 이집트 정부는 홍수를 조절하기 위해 나일강에 아스완댐을 건설했고, 이를 이용해 전기를 생산하고 관개사업으로 토지를 넓혀갔다. 저장된 물은 지하로 스며들고, 나일강 유역에는 해충이 들끓기 시작했다. 나일강의 하류에서는 토사가 더 이상 내려오지 않아 토양이 척박하고 영양 물질이 줄어드는 현상이 나타났다. 그 결과 물고기의 먹이인 플랑크톤이 자라지 못해 어획량도 감소했다. -고등학교 생물 I, 천재교육
- (나) 인간은 지구상에 출현하는 순간부터 지구 환경에 크고 작은 영향을 끼치며 살아왔다. 특히 인간은 농경생활을 시작한 뒤부터 생태계에 큰 영향을 끼치는 존재로 변했다. 단순한 농경생활에서 시작해 물의 흐름을 바꾸고, 길을 닦으며, 공장을 세우는 활동으로 자연환경을 변화시켜 왔다. 산업사회의 발달과 폭발적인 인구 증가는 더 폭넓고 치명적인 환경오염을 발생시켰으며, 공업의 발달은 인구의 도시 집중을 가속화했다. 또 생산성 증대와 이동수단의 발달은 원자재와 에너지 수요를 크게 증가시켜 환경오염이 심해졌다. -고등학교 생물 I, 천재교육

(다) 차량에서 배출된 매연의 구성물인 질소산화물이 햇빛을 받으면 오존이 생성된다. 오존주의 보는 오존농도가 0.12ppm을 넘을 때 발령하며, 오존농도가 0.3ppm을 넘으면 경보, 0.5ppm 이상이면 중대 경보를 발령한다. 적당한 양의 오존은 살균력을 지니며 공기를 상쾌하게 만든다. 또한 오존은 성층권에서 자외선을 차단해 지구의 생명을 보호하는 역할을 한다. 그러나 지표 근처의 과도한 오존은 폐세포를 파괴하고 면역체계를 약화시킨다. 호흡기 질환자와 어린이, 노약자가 오존을 지나치게 많이 흡입하면 위험하며, 건강한 사람도 0.12ppm의 오존농도에서 폐기능 저하를 보인다. -고등학교 생물 I, 대한교과서

각 제시문의 결과를 유발한 원인에 대해 과학적 논거를 들어 비판하고 자연환경을 보존하기 위한 대안을 논술하라.

▶ 전문가 클리닉

이 질문은 지구과학, 화학, 생물의 통합논술로 출제빈도가 매우 높은 주제입니다. 인류는 편리한 삶을 위해 때로는 자연환경을 변화시키고, 때로는 생산성 향상이라는 목적을 위해 산업활동을 가속화해 왔습니다. 이제 환경오염물질은 마치 부메랑처럼 인류에게 되돌아와 삶을 위협하고 있습니다.

제시문 (가)에서는 인간의 선부른 개입이 환경조건을 더욱 악화시킬 수 있음을 지적했습니다. 따라서 과학적 행동은 치밀한 계획에 따라 신중하게 실행해야 함을 언급해야 합니다.

제시문 (나)에서는 인간의 삶을 편리하게 하기 위한 산업활동과 인구 증가로 환경이 오염되거나 파괴되는 결과를 담고 있습니다. 따라서 이에 대한 해결책을 적절히 제시해야 합니다.

제시문 (다)에서는 요즈음 부쩍 늘어난 여름철 오존경보 발령에 대한 원인을 생각해보고자 했습니다. 오존경보의 발령이 빈번해진 이유는 자동차가 늘고 그에 따른 배기가스 속 오염물질의 양이 증가했기 때문입니다. 이에 대한 대안으로는 친환경 교통수단의 사용을 제시할 수 있습니다.

▶ 예시답안

제시문 (가)에 나온 나일강의 범람은 인간생활에 불편함을 안겨주긴 해도 치명적인 결과를 가져오지는 않았다. 그러나 이를 극복하기 위해 건설된 아스완댐은 인간에게 이익에 비해 큰 손실과 대가를 지불하게 했다. 댐 건설로 홍수를 조절하는 일은 가능해졌지만 물이 정체돼 오염 정도가 심해지고 오염 속도는 빨라졌다. 또 더 이상 토사가 밀려 내려오지 않게 돼 비옥한 농경지를 잃게 됐다. 따라서 댐 건설보다는 농경지의 관개사업을 통해 생산량을 증대시키고 나일강의 범람을 조절하는 통제 시스템을 마련하는 일이 더 바람직했을 것이다.

제시문 (나)에서는 인간 편의를 위해 자연환경을 변화시키고 환경오염을 고려하지 않는 산업활동은 재앙을 가져올 수 있음을 지적하고 있다. 인류는 오랜 세월 자연의 일부가 아니라 지배자라는 착각 속에 살아왔다. 이제 우리는 산업 활동의 결과물이 자연을 오염시키지 않도록 오염방지시설을 마련하고, 지나친 개발을 자제해야 한다. 또 폭발적 인구증가를 억제할 수 있는 정책적 대안을 마련해야 한다.

제시문 (다)는 화석연료의 무절제한 사용으로 대기오염물질이 증가하는 문제점을 지적했다. 오존은 성층권에서 생물체에 유해한 자외선을 차단하는 안전장치이다. 그러나 이동수단이 발달함에 산화질소류의 배출이 증가했고, 여름철 강력한 태양광선에 의한 광화학반응을 통해 지표 근처에서도 오존이 생성되는 결과를 가져왔다. 오존은 강력한 산화제로서 식물의 조직을 괴사시키고 각종 호흡기 질환을 유발하고 있다. 따라서 여름철에는 자동차 사용을 줄이고 자전거를 이용하거나 가까운 거리는 도보로 이동하는 생활습관이 필요하다. 물론 이를 위해서는 자전거 전용도로 마련과 같은 제도적 장치가 뒷받침돼야 한다.

2007년 09월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]관점의 생물학적 차이

문제1. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 발에 밟히거나 뽀족한 물체에 찔릴 때 우리는 아프다는 통증을 자각함과 동시에 무의식적으로 자신의 발을 급히 빼는 반응을 보인다. 이렇게 일상생활에서 우리가 느끼고, 반응하고, 행동하는 것은 외부의 자극을 감각하고 전달하는 감각 신경계가 있기에 가능하다. 감각 신경계는 신경계의 일부로, 특수한 자극을 받아들이는 감각기와 감각기가 받아들인 신호를 뇌로 전달하는 신경통로, 신호를 받아들이는 뇌 영역으로 구성된다.

뇌가 감각기로부터 신호를 받아들여 자극의 종류를 파악하고, 자극의 강도를 평가할 때 어떤 신경통로에서 신호가 전달됐는지, 신호의 빈도는 얼마나 되는지, 그리고 얼마나 많은 신경통로가 뇌에 신호를 전달했는지와 같은 조건이 영향을 미친다.

(나) 뇌는 감각기가 받아들인 외부 자극을 이해하고 해석하는 역할을 한다. 뇌의 이런 작용을 지각 또는 자각이라고 하는데, 이는 감각과 구분되는 개념이다. 자각에 핵심 역할을 담당하는 대뇌 피질은 중요한 특징을 추려 이해하려는 특성을 갖고 있다. 예를 들어 우리는 학교 휴게실처럼 시끌벅적한 곳에서도 친구의 말을 추려 듣는다. 이 과정에서 종종 대뇌는 자극을 논리적인 인식을 적용한 정보로 이해하거나 왜곡한다. <그림1>의 왼쪽 그림을 보자. 그림에는 4개의 부채꼴이 있을 뿐이지만 우리는 흰색 사각형을 보기도 한다. 또 우리는 <그림2>의 두번째 그림을 마주본 사람의 얼굴로 보기도 하고 와인 잔으로 보기도 한다. 이처럼 우리는 똑같은 시각 신호를 하나 이상으로 동시에 번갈아가며 인식할 수 있다. 이처럼 우리의 인식은 실재를 그대로 복제하는 것이 아니다.



<그림 1>



<그림 2>

(다) 이 글은 오늘날과 같은 패러다임 전환기에, 대안적인 사회를 만들고자 하는 '진보적' 여성의 입장에서 쓴 글이다. 종교적 신념의 영역이 아닌 한, 절대적으로 객관적인 진리는 없다. 과학적 진리란 그것을 의심해 볼 수 있기에 진리이다. 그것은 늘 잠정적 진리라는 말이다. (중략) 나는 이 글에서 '여성을 보는 눈'이 어떤 시대적 맥락에서 변화해왔으며 또한 어떻게 '남성을 보는 눈'을 변화시키기에 이르렀는지를 이야기하려 한다. '본다'는 것을 이야기하려면 가장 먼저 '누가 보는가' 하는 질문을 던져야 한다.

- '여자를 보는 눈, 남자를 보는 눈', 조한혜정 지음

1) 머리 부위를 무언가에 강하게 부딪칠 때 흔히 '눈에서 별이 보인다'는 표현을 쓴다. 이런 표현의 의미를 제시문 (가)의 감각 신경계 경로에 맞춰 설명하라.

2) 정치나 경제, 교육, 문화, 종교와 관련해 집단 간의 이견으로 갈등을 빚는 우리 사회의 상황을 제시문 (나)의 생물학적 입장에서 진단하고, 이런 갈등과 대립을 해결할 대안을 제시문 (다)를 참조해 제안하라.

▶ 전문가 클리닉

대부분의 감각 수용기는 제한된 자극만 인지합니다. 예를 들어 인간은 보통 자신의 감각 수용기를 통해 소리, 색, 냄새, 맛 같은 자극을 인지하지만 자기력 같은 자극은 인지하지 못합니다. 또 자극을 전달하는 신경통로는 뇌의 특정 지역으로 자극 신호를 보내기 때문에 뇌의 부위에 따라 받아들이는 자극이 구분됩니다. 1)번 문항은 실제로 가한 자극을 다른 자극으로 해석하

는 일이 왜 가능한지를 감각 신경계의 신호 전달 과정으로 해결합니다. 2)번 문항은 문제 상황을 규정하고 타당한 근거를 바탕으로 해결방안을 제시해야 합니다.

▶ 예시답안

- 어떤 물체에 부딪치면 '통각'이라는 촉감 자극을 받는다. 그러나 우리는 종종 이런 자극을 아픈 통증으로 인식하지 않고 '별이 보이는' 시각으로 이해한다. 이것은 머리에 가한 압력이라는 물리적 자극이 눈의 광수용기라는 감각 수용기를 자극해 신호를 유발하고, 이 자극의 신호가 시신경이라는 신경통로를 통해 뇌에 전달돼 뇌는 자극의 신호를 '빛'으로 해석하기 때문이다.
- 우리 사회에서 일어나는 갈등 상황은 그 문제를 어떻게 바라보는가에 대한 입장 차이에서 원인을 찾을 수 있다. 제시문 (나)에서 알 수 있듯이 우리는 같은 자극에 대해서도 없는 것을 있는 것으로 보기도 하고, 동일한 사물에 대해 어떤 경우에는 얼굴로, 어떤 경우에는 와인 잔으로 볼 수 있으며 동시에 2가지를 모두 보기도 한다. 사람들이 정치, 경제, 사회 분야의 여러 사안에서 관점 차이를 보이는 이유는 우리의 뇌가 실재를 그대로 복제한 것처럼 보지 않기 때문이다. 이처럼 상황을 다르게 인식하고 해석하면 이견이 발생하고 대립과 갈등이 나타난다. 다양한 관점을 가진 구성원 간의 문제를 해결하기 위해서는 집단 간의 합의를 도출해 내는 일이 중요하다. 이를 위해 먼저 그 문제를 바라보는 사람을 규정할 수 있어야 한다. 제시문 (다)에 나타난 것처럼 글쓴이를 포함해 문제와 관련된 사람의 사회적, 역사적 배경이나 지향하는 가치관을 명확히 규정한다면 서로에 대한 이해 폭을 넓힐 수 있다. 서로의 입장 차이를 인정하고 이해하면 대립과 갈등에서 서로를 존중하는 분위기로 전환할 수 있으며, 이를 통해 적절한 합의점을 도출할 수 있다.

문제2. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 수천 년 동안 아메리카 대륙의 피마 종족(사진 ①)은 사냥과 채취로 음식물을 얻는 방식 외에 농경으로도 생계를 보충했다. 이들이 살았던 곳에는 종종 가뭄이 들어 피마 종족은 굶주림을 경험했다. 그러나 오늘날 미국에 사는 피마 종족은 멕시코에 사는 같은 종족에 비해 임상적인 기준에서 비만인 사람이 많고 당뇨병, 고혈압, 그리고 심장병 같은 비만 관련 질병으로 고통을 받고 있다. 현재 미국에 거주하는 피마 종족의 성인에게 당뇨병이 발병하는 빈도는 1965년 45%에서 1999년 80%로 높아졌다. 과학자들은 피마 종족에서 급격한 건강상의 변화가 일어난 원인 중 하나로 식생활과 활동량 같은 생활양식의 변화를 꼽는다.
- (나) 비만은 지방조직에 저장돼 있는 과도한 지방의 양으로 정의된다. 평균적인 기준 몸무게와 비교해 무게가 20% 더 나갈 때 임의적 비만으로 간주한다. 비만의 원인은 다양한데, 그 중 하나가 렙틴이라는 호르몬을 암호화하는 유전자와 관련된 것으로 알려져 있다. 렙틴 단백질은 지방세포에서 생성되는 호르몬으로 식욕을 억제한다. 사진 ②의 왼쪽 쥐는 돌연변이 렙틴 유전자를 동형접합으로 가진 쥐인데, 음식을 엄청나게 많이 먹고 정상 쥐(오른쪽)에 비해 비만이였다. 이처럼 돌연변이 동형접합자로 렙틴을 생성하지 못하는 비만 쥐에 렙틴을 주사했더니 식욕이 억제되며 체지방이 줄었다.
- (다) '비만 치료도 건강보험 대상'이라는 서울행정법원의 판결은 우리 사회의 비만에 대한 인식 전환을 요구하고 있다. 재판부는 의사가 비만 아닌 다른 병명을 기재해 의료급여를



청구한 일은 잘못이라고 했지만 '비만은 장기적 치료가 필요한 질병'이라는 세계보건기구(WHO)의 판단을 받아들였다. 비만은 많은 다른 병을 유발하는 질병이다. 비만한 사람은 고혈압과 당뇨병에 걸릴 가능성이 각각 정상인의 5.6배, 2.9배나 된다. 비만인은 각종 합병증으로 병원에 자주 갈 수밖에 없다. 이는 건강보험의 재정 악화로 이어진다. (중략) 비만은 사회적 비용을 늘리고 결국 국가경쟁력까지 떨어뜨린다. 한국보건사회연구원은 지난해 우리나라에서 비만 치료에 들어간 진료비와 소득 손실은 2조1000억 원이 넘는 것으로 추산했다. 당장 이번 판결로 비만 치료가 급여항목에 포함되면 막대한 재정 부담이 생긴다. - 동아일보 2007년 8월 1일자 사설

- 1) 미국에 거주하는 피마 종족 집단에서 비만과 성인병 발생이 증가한 원인을 멕시코에 거주하는 같은 종족 집단과 비교해 추론하고, 이것이 현재 우리 사회의 비만 문제를 진단하는 데 어떤 시사점을 주는지 논하라.
- 2) 제시문 (다)의 밑줄 친 '우리 사회의 비만에 대한 인식 전환'에 대한 필요성을 논하고, 비만 치료가 건강보험 대상이 되도록 법안을 개정하는 과정에서 사회구성원 간에 논의돼야 할 제반 문제점에는 무엇이 있는지 서술하라.

▶ 전문가 클리닉

비만은 지방조직에 축적된 지방의 과잉으로 칼로리 섭취와 에너지 소모 사이의 불균형으로 정의합니다. 비만은 이런 비정상적인 체지방 증가로 대사장애가 유발된 상태입니다. 비만을 초래하는 요인은 다양한데, 크게 유전적 요인과 생활양식 요인으로 구분합니다.

▶ 예시답안

- 1) 비만은 에너지 섭취와 소모 사이의 불균형으로 과도하게 체지방이 축적된 상태다. 오랜 세월 동안 사냥, 채취, 농경 같은 활동적인 생활을 해왔으며 빈번하게 기아가 발생했던 피마 종족은 몸 안에 효율적으로 에너지를 축적하는 시스템을 진화시켜 왔다. 그러나 오늘날 미국에서 살아가는 피마 종족은 이런 생체 지방축적 시스템을 그대로 갖고 있지만, 예전에 비해 활동은 줄고 식단은 기름진 서구식으로 바뀌었다. 이 때문에 미국의 피마 종족은 멕시코 지역에서 예전의 생활방식을 유지하며 살아가는 같은 종족에 비해 비만이 높은 비율로 나타난다고 추측해볼 수 있다. 우리 사회도 경제가 성장함에 따라 활동량은 줄고 서구화된 식생활로 칼로리가 높은 음식을 먹는 식으로 생활양식이 많이 변화돼 왔다. 현재 비만 인구의 비율이 증가하고 성인병 인구도 같이 증가하는 현상의 한 원인으로 이런 사회·경제적 변화를 들 수 있음을 피마 종족의 사례가 뒷받침하고 있다.
- 2) 제시문 (가)에서 언급한 피마 종족이 각종 성인병의 위험에 노출된 사례에서 알 수 있듯, 비만은 더 이상 개인 문제가 아닌 사회·경제적 구조문제로 봐야 한다. 또 제시문 (나)에서 보듯 과도한 식욕이 유전으로 인한 영양 섭취의 조절 실패 때문에 유발된 것이라면 비만은 질병 차원에서 다뤄져야 한다. 따라서 지금 당장의 건강보험 재정 악화를 이유로 비만 치료를 성형 행위 정도로 취급해서는 안 된다. 다만 법 개정에 앞서 비만의 범위를 어느 선으로 잡아야 할지, 치료 수준은 어디까지 한정해야 할지에 대해 명확한 규정을 합의해 세워야 한다. 현재 우리 사회에는 이미 지나친 외모지상주의가 만연해 몸의 상태를 무시한 무리한 다이어트나 운동, 성형이 사회문제로 대두되고 있다. 따라서 진정한 질병의 차원에서 다뤄야 할 비만을 어느 정도로 잡을 것인가에 대한 과학적 근거를 마련하고, 이를 바탕으로 법 개정을 추진해야 한다. 또 건강보험 재정 마련을 위한 구체적 대책도 함께 논의해야 한다.

2007년 10월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]유전자 발현 과정이 다른 이유

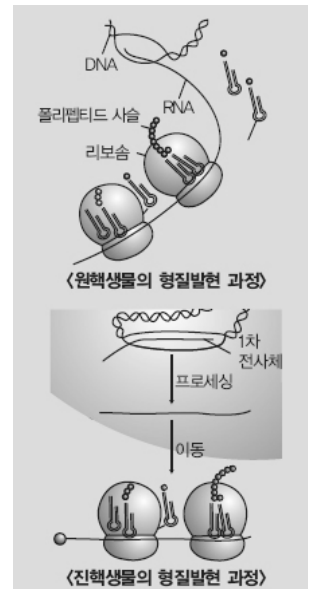
문제1. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 비둘과 테이텀은 붉은 빵 곰팡이에서 변이체가 성장하는 모습을 관찰했다. 관찰 결과, 붉은 빵 곰팡이의 변이체는 아르기닌 대사과정에 결함이 있음을 알 수 있었다. 결함 원인은 각 대사과정에 관여하는 효소가 부족하거나 기능에 이상이 있기 때문으로 밝혀졌다. 두 사람은 이런 현상이 일어나는 궁극적인 이유가 효소를 합성하는 데 필요한 특정 유전자에 결함이 생겼기 때문이라고 주장했다. 그들은 이 결과에 근거해 한 유전자는 한 효소를 만드는 정보만 갖는다는 '1유전자 1효소설'을 제창했다.

이후에 유전자는 효소 단백질뿐 아니라 인슐린 같은 호르몬, 산소를 운반하는 헤모글로빈, 머리카락의 케라틴 등 모든 종류의 단백질을 만든다는 사실이 밝혀졌다. 또한 대부분의 단백질은 2개 이상의 폴리펩티드 사슬로 구성된 복합 단백질이기 때문에, 비둘과 테이텀의 기존 가설은 유전자가 하나의 폴리펩티드 사슬에 대한 정보만 갖는다는 '1유전자 1폴리펩티드설'로 수정됐다. -고등학교 생물Ⅱ, 교학사

(나) 진핵세포에서 유전물질인 DNA는 핵 속에 있고, DNA에 기반해 세포질에서 단백질이 합성된다. 이런 사실을 통해 핵 속의 DNA가 단백질을 직접 합성하지 않음을 추론해 볼 수 있다. 실제로 DNA는 매우 큰 분자이기 때문에 핵막을 통과하지 못하며, 그 결과 세포질에서 단백질을 직접 합성할 수 없다. 진핵생물의 유전자 발현은 핵 속에서 DNA의 유전암호가 mRNA를 만드는 전사 단계와, mRNA가 핵에서 세포질로 빠져나온 뒤 리보솜과 tRNA의 도움을 받아 아미노산으로 펩티드결합을 이뤄 단백질을 합성하는 번역 단계로 구성된다.

(다) 원핵세포와 진핵세포 모두 유전자 발현을 조절하는 효율적인 방법을 갖추고 있다. 대장균 같은 원핵세포가 살아가려면 포도당과 트립토판이 필요하다. 그러나 대장균이 항상 필요한 모든 조건을 갖춘 환경에서만 살아가는 것은 아니다. 따라서 대장균은 조절유전자와 작동유전자, 구조유전자로 구성된 오페론이라는 유전자 집단을 통해 형질발현을 조절한다. 예를 들어 대장균의 세포 내에 포도당이 결핍된 상태에서 젓당이 존재하는 경우를 생각해 보자. 조절유전자에서 발현된 억제자와 젓당이 결합하고, 이로 인해 억제자는 불활성화돼 작동유전자의 결합 부위에 결합하지 못할 것이다. 이제 RNA중합효소는 구조유전자에 상보적인 mRNA를 만들어 젓당을 흡수하고 분해하는 데 필요한 효소를 만들고, 젓당을 포도당으로 변환시켜 이를 이용한다. 반면 젓당이 없고 포도당이 존재한다면 억제자가 활성화돼 구조유전자의 전사를 막을 것이다. 원핵세포와 달리 진핵세포에서는 훨씬 복잡한 방법으로 유전자 발현이 조절된다. -고등학교 생물Ⅱ, 교학사



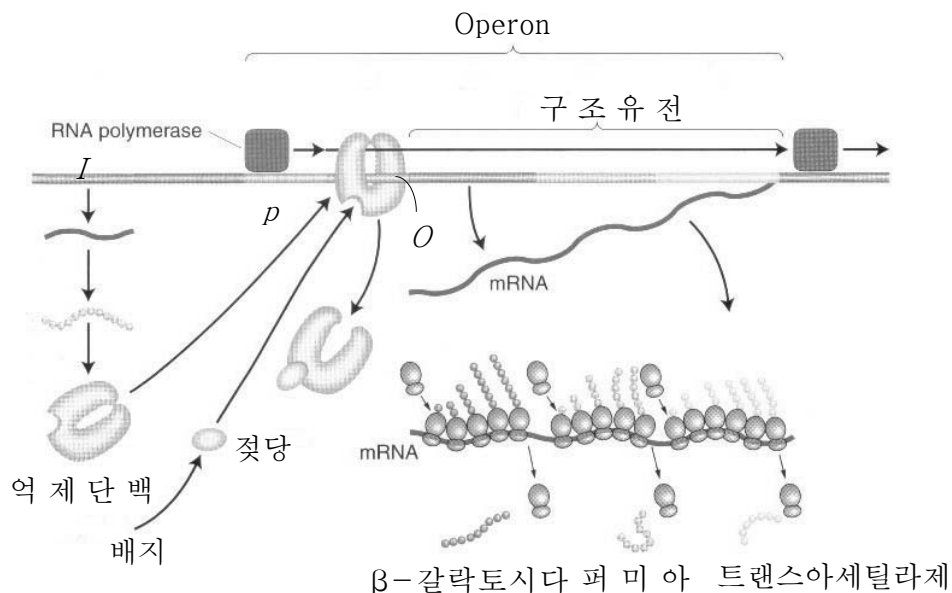
1) 제시문 (가)~(나)를 참고 해 원핵생물과 진핵생물에서 유전자가 발현되는 과정을 비교해 논술하라.

2) 진핵세포는 원핵세포와는 달리 몸의 부위마다 세포의 모양과 기능이 다르다. 예를 한 가지 이상 들고, 그 이유를 제시문 (가)~(다)를 참고 해 논술하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 이 논제를 해결하려면 먼저 원핵생물과 진핵생물에서 나타나는 형질발현 과정을 이해해야 합니다. 원핵생물에는 핵막을 비롯한 막 구조가 없기 때문에 핵과 세포질이 뚜렷이 구별되지 않습니다. 뉴클레오이드(nucleoid)에 존재하는 DNA는 RNA중합효소를 이용해 mRNA를 합성합니다. 어느 정도 합성이 진행되면 DNA로부터 분리된 mRNA에 적절한 안티코돈을 가진 tRNA가 붙고 리보솜에서 단백질이 합성됩니다. 원핵생물의 DNA에는 진핵생물의 DNA에 존재하는 인트론이 없기 때문에 전사과정에서 만들어진 mRNA에 곧바로 리보솜이 붙고, tRNA가 아미노산을 운반해 폴리펩티드가 만들어집니다. 반면 진핵생물에선 1차 전사체가 만들어진 뒤 전사체의 5'말단에 G(구아닌)을 붙이는 G-capping 과정과, 전사체에서 인트론을 제거하고 엑손들을 연결하는 RNA 스플라이싱이 일어납니다. 마지막으로 전사체의 3' 말단 일부가 제거되며 긴 아데닌 염기가 붙음으로서 mRNA가 만들어집니다. 이렇게 만들어진 mRNA는 세포질로 이동해 단백질을 합성합니다.
- 2) 원핵세포는 보통 단세포생물에서 나타나는 형태로, 세포의 형태와 기능이 고정돼 있습니다. 원핵세포에서는 억제자가 작동유전자에 붙는지 여부와 RNA중합효소가 구조유전자를 전사시킬 수 있는지 여부에 따라 형질발현이 조절됩니다. 반면, 다세포성 진핵생물의 세포는 다양한 형태와 기능을 갖도록 분화됩니다. 이는 진핵세포가 핵 속에 갖고 있는 DNA 유전암호는 세포마다 모두 같지만 유전자 발현이 복잡하게 조절되기 때문입니다. 유전자 발현은 DNA를 자극하는 호르몬, 효소, 2차 전달자에 의해 조절됩니다. 이런 물질들은 전사과정과 전사 후 과정, 번역과정과 번역 후 과정에서 유전자 발현을 조절합니다.

[1번 문제 예시답안]



<원핵세포의 형질발현 조절> lac-오페론

- 유전자 분석 개론, 그리피스 지음

- 1) 제시문 (나)에서 지적했듯이 원핵세포와 진핵세포는 구조적으로 다르다. 원핵세포에는 핵과 세포질을 구분하는 핵막이 없으나, 진핵세포는 핵과 세포질이 핵막으로 구분된다. 따라서 두 세포의 형질발현 과정도 다르다. 원핵생물은 원형의 DNA가 뉴클레오이드에 존재하는데, 전사과정에서 DNA 이중나선이 풀리고 DNA 염기에 상보적인 뉴클레오티드가 붙은 뒤

RNA중합효소에 의해 순차적으로 뉴클레오티드가 연결돼 mRNA를 만든다. 형성된 mRNA는 인트론이 없기 때문에 모두 단백질을 만드는 유전자로 구성된다. mRNA가 DNA에서 분리 되면 전사과정이 완료되지 않은 채 mRNA에 리보솜이 붙고, 아미노산이 붙어있는 아미노아실 tRNA가 mRNA에 상보적으로 결합해 폴리펩티드를 만드는 번역과정이 일어난다.

반면 진핵생물의 형질발현 과정은 비교적 복잡하다. 각 단계마다 필요한 효소나 전사 산물을 만들기 위해 우선 핵 속 DNA에 상보적인 1차 전사체를 만든다. 그 뒤 1차 전사체를 mRNA로 만들기 위한 프로세싱 과정이 일어난다. 이 과정은 1차 전사체의 5'에 구아닌을 붙이는 G-capping, 인트론 부위를 제거하고 엑손끼리 이어주는 RNA 스플라이싱, 3'의 말단부를 잘라내고 긴 아데닌 염기를 붙이는 순서로 이뤄진다. 이때 만들어진 mRNA는 핵공을 거쳐 세포질로 빠져나와 원핵생물에서와 같은 번역과정으로 단백질을 만든다. 단백질은 세포질의 특정 부위 또는 핵 속으로 이동해 가공과정을 거치고 세포 안이나 밖에서 특정 반응을 하거나 구조단백질이 돼 체구성 물질을 이룬다.

- 2) 단세포로 이뤄진 원핵생물은 생물체마다 독특한 형태나 기능을 갖는다. 원핵세포는 환경의 영향을 받아 형질발현을 조절한다. 제시문 (나)에서 지적한 것처럼 대장균 같은 원핵세포는 다양한 환경에서 살기 위해 유전자 발현을 통해 특정 물질을 만드는 오페론을 갖고 있다. 오페론은 DNA에 존재하는 프로모터와 작동유전자, 구조유전자로 이뤄진 유전자 발현 단위를 말하는데, 원핵세포는 환경이 달라지면 오페론을 이용해 생활에 필요한 물질을 만들어 살아간다.

진핵세포는 세포마다 형태나 특징이 달라 같은 체제 안에서 형질발현을 조절하는 방법이 다르다. 진핵세포는 형질발현 과정에서 형질발현이 조절된다. 전사 전·중·후, 번역과정과 번역 후 조절과정을 거쳐 세포마다 특징적인 물질을 만들고 형태를 유지한다.

쥐의 간세포는 해당과정의 효소처럼 대사과정에 관련된 효소를 암호화하는 가사유전자를 갖고 있다. 간세포는 전사과정에서 간 특이적인 단백질에 대한 유전자를 전사하고, 뇌세포는 뇌 특이적인 단백질에 대한 유전자를 전사한다. 골수의 미성숙한 적혈구에서는 다량의 β글로빈이 만들어지는데, β글로빈 유전자는 7개의 조절단백질과 6개의 활성화단백질이 조합돼 자극된다. 백혈구에서는 13개 단백질이 만들어지지 않으며 전사과정에서 β글로빈에 인접한 조절자와 증진자 서열에 결합하지 않는다. 그 결과 백혈구에서는 적혈구가 만들어질 때 발현되는 유전자가 전사되지 않는다.

문제2. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 청춘! 이는 듣기만 해도 가슴이 설레는 말이다. 청춘! 너의 두 손을 가슴에 대고, 물방아 같은 심장의 고동을 들어 보라. 청춘의 피는 끓는다. 끓는 피에 뛰노는 심장은 거선의 기관(汽罐)처럼 힘 있다. 이것이다. 인류의 역사를 꾸며 내려온 동력은 바로 이것이다. 이성엔 투명하되 열음과 같으며, 지혜는 날카로우나 갑 속에 든 칼이다. 청춘의 끓는 피가 아니라면, 인간이 얼마나 쓸쓸하라? 열음에 쌓인 만물은 열음이 있을 뿐이다. -청춘예찬, 민태일 지음
- (나) 의식을 잃은 환자가 응급실에 실려오면 의사는 환자의 옷을 걷어 चे치고 가슴에 충격을 가한다. 환자는 온몸이 들썩일 정도로 강한 충격을 받지만 오실로스코프에 나타나는 심장박동은 돌아올 줄 모른다. 다급해진 의사는 충격의 강도를 높여가며 미친 듯이 전기충격을 가하고, 여러 차례 시도 끝에 결국 환자의 맥박은 돌아온다. 간호사의 얼굴엔 미소가 돌고, 의사는 탈진한 채 땀을 닦는다. 이 세상에서 가장 중요한 리듬, 심장박동은 생명의 박자다. 엄마의 뱃속에서부터 태어나 죽는 순간까지 산소가 풍부한 혈액을 온몸에 공급하기 위해 심장은 단 한순간도 쉬지 않고 박동하고 있다. -과학콘서트, 정재승 지음

(다) 심장박동은 심방과 심실의 근육이 주기적으로 수축, 이완해 일어난다. 심장박동은 우심방 벽에 있는 동방결절에서 시작된다. 동방결절에서 주기적으로 일으키는 흥분은 우심방과 우심실 사이의 방실결절에 전달된다. 방실결절에 흥분이 전달되면 좌우 심실 벽에 뻗어 있는 특수한 전달섬유를 통해 심실 근육 전체가 거의 동시에 수축한다. -고등학교 생물 I, 대한교과서

- 1) 제시문 (가)에 밑줄 친 '심장의 고동'은 어떤 과정을 거쳐 일어나는지 설명하라.
- 2) 제시문 (나)의 응급상황에서 충격을 주면 심장이 다시 뛰는 메커니즘을 제시문 (다)를 참고 해 설명하라.

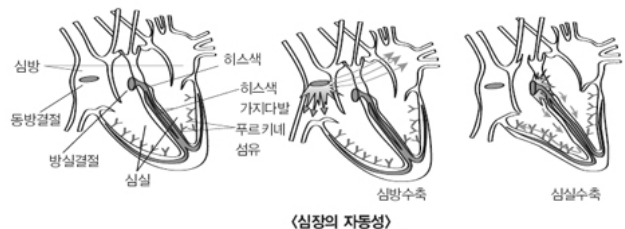
▶ 전문가 클리닉

심장박동의 과정과 원리를 이해하면 쉽게 논술할 수 있는 문제입니다. 심장고동은 심장이 박동할 때 심장에 각 부분에 위치한 판막이 닫히면서 나는 소리입니다. 심장박동은 우리 몸의 중추신경인 연수에서 조절합니다. 연수와 연결된 교감신경과 부교감신경은 인간의 활동 정도에 따라 박동량을 적절한 수준으로 조절하고 있습니다.

안정된 상태일 때는 불필요한 에너지 소비를 줄이고 효과적인 대사과정을 위해 박동속도를 낮춥니다. 반면 운동을 하거나 위험에 처할 때는 급작스런 상황을 극복하도록 폭발적으로 에너지를 생성해 우리 몸을 보호합니다. 응급상황에서 정지한 심장을 살리기 위해 행하는 심폐소생술은 인공호흡과 전기충격을 통해 이뤄집니다. 전기충격을 하면 특정 이온물질이 이동해 탈분극을 유도하고, 박동원인 동방결절이 자극돼 심장의 자동성을 확보하고 심장박동을 지속적으로 유지하게 해줍니다.

▶ 예시답안

- 1) 심장에는 판막이 네 군데 있다. 우심방과 우심실 사이에는 삼첨판이, 좌심방과 좌심실 사이에는 이첨판이 존재한다. 이들 판막은 심실이 수축할 때 심실에서 심방으로 혈액이 역류하는 현상을 막기 위해 닫히는데, 이때 제 1심음이 들린다. 또 폐동맥과 우심실 사이에는 폐동맥판이, 대동맥과 좌심실 사이에는 대동맥판이 존재한다. 심실이 이완할 때 동맥에서 심실로 혈액이 유입되는 현상을 막기 위해 이 판막들이 닫히면서 2심음이 들린다.
- 2) 심장마비는 동방결절이 정지해 심장에 전기화학적 신호가 전달되지 못해 일어난다. 일정량의 아드레날린을 투여하거나 전기충격을 주면 동방결절이 다시 흥분한다. 이 흥분은 심방을 수축시키고, 우심방과 우심실 사이에 있는 히스색이라는 신경다발을 통해 심실벽을 감싸는 푸르키네 섬유까지 전달돼 심실을 수축시킨다. 이런 신경 자극이 지속되면 심장은 다시 뛴다.



〈심장의 자동성〉

2007년 11월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]바이오연료의 효용 가치

문제1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 바이오연료의 대표적인 예로는 바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오가스, 고형연료를 들 수 있다. 바이오연료는 운반이 가능하고 환경에 비교적 적은 피해를 준다. 이 때문에 이들을 수송용 연료로 상업화하려는 시도가 활발히 이뤄지고 있다. 현재 에탄올은 대부분 옥수수, 사탕수수에 들어 있는 녹말을 발효시켜 만들고, 바이오디젤은 주로 콩이나 유채씨에서 추출한다. 이들은 기존 화석연료에 비해 효율이 크게 떨어지지 않으면서도 환경친화적인 특성을 갖고 있으며, 기존 연료시스템을 거의 그대로 사용할 수 있어 이상적인 대체에너지원으로 평가받고 있다. 바이오연료를 사용하면 화석연료를 사용할 때에 비해 미세분진, 황화합물 같은 오염물질 배출을 크게 줄일 수 있다. 바이오연료가 연소되는 과정에서 나오는 이산화탄소는 다시 식물에 흡수, 고정된다. 기존 화석연료에 비해 황화합물이나 탄화수소를 매우 적게 배출하기 때문에 스모그나 오존이 크게 줄어든다.
- (나) 조지 부시 미국 대통령은 지난 1월 국정연설에서 2017년까지 휘발유 소비를 20% 줄이고, 바이오연료 공급을 늘리겠다고 밝힌 바 있다. (중략) 하지만 바이오연료가 대안이 될 수 없다는 주장도 있다. 바이오연료에 대한 수요가 증가하자 오히려 곡물가격이 올랐기 때문이다. 또 곡물이 재배되는 과정에서 필요로 하는 에너지도 만만치 않다. 브라질에서는 에탄올 수요가 늘자 사탕수수 재배 확대로 아마존이 황폐화되고 있다는 목소리가 거세다. 지난 1월 환경단체인 그린피스는 유럽연합에서 바이오연료 수요가 확대되면서 인도네시아의 열대우림이 파괴될 수도 있다고 경고했다.
- (다) 이당류는 한 당의 카르보닐 탄소와 다른 당의 -OH기가 글리코시드 결합을 이뤄 만들어진 다. 당류는 수십에서 수백, 심지어 수천 개의 단당류가 글리코시드 결합으로 연결된 탄수화물이다. 셀룰로오스와 녹말은 대표적인 다당류이다. 특히 셀룰로오스 분자는 다른 셀룰로오스 분자들과 수소결합을 해 거대한 집합구조를 이룬다. 자연계에서 셀룰로오스는 주로 식물체의 구조물질로서 견고성과 강도를 지닌다. 목재나 잎, 풀의 주성분이 바로 셀룰로오스이다. 식물은 에너지를 저장하기 위해 녹말을 이용한다. 녹말은 인간의 입과 위 속에서 글리코시다아제라고 부르는 효소군에 의해 소화된다. 이들 효소는 글리코시드 결합을 가수분해해 녹말을 포도당 분자들로 만든다. 대부분의 효소와 마찬가지로 글리코시다아제는 특정 기질을 선택적으로 분해한다. 글리코시다아제는 녹말의 α -글리코시드 결합을 가수분해하나, 셀룰로오스의 β -글리코시드 결합에는 작용하지 않는다. 따라서 사람은 감자나 곡류는 소화할 수 있으나 풀이나 목질은 소화할 수 없다.
- (라) 생태계는 시간이 흐름에 따라 환경과의 관계 속에서 흥망성쇠를 반복한다. 생태계도 사람처럼 유아기, 청년기, 성년기를 거쳐 노년기를 맞는다. 생태계의 유아기는 환경에 급격한 변화가 일어나 모든 생물이 파괴되면서 시작된다. 유아기 때는 열악한 환경을 견딜 수 있는 몇몇 종만이 살아남는다. 생태계의 환경 조건이 안정화되면 더 많은 종이 살게 되고 개체수도 많아진다. 그 이후로 생태계는 성숙단계로 돌입하고 시간이 더 지나면 생태계도 늙어간다. 유아기와 청년기를 비롯한 생태계의 성장기에는 몇몇 종만이 서식하므로 전체계로 보면 먹여야 할 생물이 많지 않다. 따라서 계 내에서 생산된 대부분의 생산물은 생태계를 성숙시키는 데 쓰인다. 성년기에는 서식하는 생물의 종류가 다양해 이들 간에 먹이연쇄 같은 상호작용이 복잡해지고 대부분의 생산물은 생태계의 복잡한 구조를 유지하는 데 쓰인다. 생태계의 성년기 때는 계의 총 생물량과 생산량이 최대이며 잉여 생산량인 순 생산량도 최대가 된다. 그러나 성년기가 지나면 생산 활동이 왕성치 못해 총 생산량이 줄어들 뿐 아니라, 생산물은 계를 유지하는 데 쓰이기 때문에 생산과 소비 비율이 비슷해진다.

- 1) 바이오연료를 사용하기 때문에 나타나는 긍정적인 측면과 부정적 측면을 구체적으로 설명하라.
- 2) 흔히 생산자가 밀집해 있는 열대우림 생태계를 일컬어 다른 지역에 산소를 공급하는 '지구의 허파'라고 표현한다. 그러나 이는 검증되지 않은 하나의 가설에 불과하다는 주장이 있다. 이에 대한 자신의 생각을 펼쳐라.
- 3) 제시문과 다음 <보기>를 바탕으로 바이오연료 기술의 한계를 극복할 수 있는 새로운 방향에 대한 과학적 방법을 제시하라.

<보기> 신생 기업들은 사탕수수나 기름(전체 작물의 작은 일부분)에서 연료를 얻는 대신 한 작물의 '생물자원'(biomass) 전체를 연료로 전환하는 차세대 바이오연료 공장을 신설하고 있다. 참고로 기존의 발효기술을 이용한 바이오연료는 섬유소를 찌꺼기로 남긴다. (중략) VW사는 빠르게 자라는 버드나무와 포플러 나무, 꽃이 50개 달린 해바라기, 정상보다 세 배 큰 옥수수 변종 연구에 자금을 낸다.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 제시문 (가), (나)에서 설명하는 바이오연료의 장·단점에 대해 요약하는 문제입니다. 바이오연료는 이상적인 대체에너지원으로 꼽힙니다. 긍정적인 점은 환경적인 면과 산업적인 면에 대해 제시문에 나온 내용을 모두 기술해야 합니다. 부정적인 면은 곡물가격 상승 외에 열대우림의 파괴 현상을 서술하고, 이것이 왜 과학적으로 문제가 되는지에 대한 근거를 들어야 합니다.
- 2) 열대우림이 다른 지역에 산소를 공급하는 역할을 한다거나 못한다고 단정지어 서술하는 방식은 바람직하지 않습니다. 그보다는 제시문 (라)의 내용을 토대로 다른 지역에 산소를 공급할 수 있으려면 어떤 조건이 충족돼야 하는지를 논술하는 편이 좋습니다.
- 3) 제시문 (다)에 주어진 셀룰로오스에 대한 설명을 참고 해 현재 열매와 종자에 국한된 바이오연료의 원료를 식물 전체로 확대하는 방안을 파악할 수 있는지 묻고 있습니다. 유전공학 기술과 연결해 다양한 가능성을 논리적으로 제시한다면 좋은 답변이 됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 제시문에 나온 바이오연료의 긍정적 측면은 네 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 효율이 기존 화석연료에 비해 떨어지지 않는다는 점이다. 둘째, 화석연료를 사용할 때보다 황화합물, 포름알데히드 같은 오염물질 배출량이 줄어든다는 점이다. 셋째, 석유화학 생산시설과 주유소 같은 기존 연료시스템을 거의 그대로 활용할 수 있다는 점이다. 넷째, 지구온난화의 주범인 CO₂가 배출되더라도 식물이 CO₂를 재흡수하기 때문에 화석연료를 사용할 때보다 환경친화적이라는 점이다. 하지만 현재의 바이오연료 기술은 여러 부정적 측면도 함께 지니고 있다. 식량이 연료로 사용된다는 점은 곡물가격 상승으로 이어질 수 있으며, 바이오연료가 되는 식물의 경작지를 확보하는 과정에서 열대우림이 파괴되는 아이러니가 발생할 수도 있다. 이는 종 다양성을 파괴할 뿐 아니라 열대우림지역이 건조해지는 기후변화로 이어지므로, 전반적인 지구환경을 고려해 열대우림은 파괴하지 말아야 한다. 바이오연료의 또 다른 단점으로는 집약적인 재배를 위해 에너지와 농약이 많이 사용된다는 점을 꼽을 수 있다.
- 2) 열대우림지역이 다른 지역으로 산소를 계속 공급하려면 열대우림에서의 순 광합성량이 많아야 한다. 순 광합성량이 많다는 점은 CO₂가 열대우림지역으로 계속 공급된다는 뜻이다. 따라서 순 광합성량이 많은 우림지역의 생체량은 이론상 무한히 커져야 한다. 그러나 실제로 열대우림의 생체량은 지속적으로 증가하지 않는다. 열대우림은 충분히 성숙한 생태계이고, 실제로 열대우림

지역에서는 생산자에 의한 광합성량도 크지만 동·식물, 그리고 미생물의 호흡량이 많기 때문에 생체량이 일정하게 유지되기 때문이다. 따라서 열대우림이 다른 지역으로 계속 산소를 공급한다는 주장은 근거가 없다. 다만 동식물의 사체가 쌓이면서 유기물이 완전히 분해되지 않고 토양이나 습지에 축적된다면, 탄소가 생체량을 증가시키지 않으므로 순 광합성량이 증가한다고 볼 수 있다. 이런 조건에서는 열대우림이 산소를 공급한다는 주장이 근거를 가질 수 있다.

- 3) 식물체의 대부분을 차지하는 물질은 셀룰로오스계 탄수화물이다. 현재의 바이오연료 기술은 열매 같은 식물체의 일부만을 사용하기 때문에 섬유소 같은 찌꺼기가 남는다. 아직까지 이런 찌꺼기는 따로 활용되지 못하고 있다. 따라서 식물체의 대부분을 차지하는 셀룰로오스계 탄수화물까지도 연료로 전환할 수 있는 기술을 개발한다면 현재의 바이오연료 기술의 한계를 극복할 수 있다.

셀룰로오스는 단당류인 포도당이 글루코시드 결합으로 연결된 다당류이다. 셀룰로오스를 단당류로 분해할 수 있다면 포도당을 알코올 발효시켜 바이오에탄올로 만들어 연료로 사용할 수 있다. 이를 위해선 먼저 셀룰로오스 분자 간에 강한 결합을 이루는 수소결합을 끊기 위해 pH를 충분히 변화시켜야 한다. 그 다음 녹말과 셀룰로오스의 글루코시드 결합을 모두 끊을 수 있는 새로운 효소를 개발한다면 셀룰로오스계 탄수화물도 단당류로 분해할 수 있다. 이렇게 만들어진 포도당을 알코올 발효시켜 바이오에탄올로 사용할 수 있다. 이런 기술을 이용해 식물 전체를 연료화할 수 있다면 식량자원이 되는 작물보다는 단위면적당 생산물량이 우수한 작물이나 성장속도가 매우 빠른 작물이 연료로써 유리하다. 따라서 식량을 자원으로 사용해 발생하는 식량부족이나 가격상승이라는 문제를 피해갈 수 있을 것이다. 유전자변형기술(GMO)도 함께 발전할 것이라 예상된다. GMO는 주로 안전성 면에서 논란 대상이 되었는데, 자원을 개발하기 위한 작물이라면 GMO의 안전성 논란을 어느 정도 피해갈 수 있다. 또 종이나 펄프류, 목재찌꺼기도 대부분 셀룰로오스계 탄수화물로 이뤄져 있으므로 주변에 흔하게 존재하는 유기질 폐기물이 자원으로 활용될 수 있다. 따라서 이런 차세대 바이오연료 기술은 현재보다 훨씬 환경친화적인 기술이 될 것이다.

문제2 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) DNA는 이중나선구조로, 뉴클레오티드의 기다란 사슬 두 가닥이 새끼줄처럼 꼬여있는 분자 구조를 갖고 있다. DNA는 여러 개의 당과 인산기로 구성된 두 개의 긴 분자가닥이 4가지 종류의 염기에 의해 연결된, 비틀린 사다리 모양이다. 두 개의 DNA가닥은 각각의 가닥에 있는 염기들(염기쌍) 사이의 약한 결합에 의해 연결돼 있다. 계놈의 크기는 이러한 염기쌍 수로 결정되는데 인간계놈은 대략 30억 염기쌍으로 이뤄져 있다.

DNA의 이중나선을 이루는 각각의 가닥은 당, 인산, 그리고 질소염기로 구성된 뉴클레오티드라는 동일한 단위가 반복되는 구조이다. 인산기는 산성을 띠고 있으며 질소가 포함된 염기는 문자 그대로 염기성을 띤다. DNA를 구성하는 뉴클레오티드에 포함되는 당은 디옥시리보오스이고, 염기에는 A, T, G, C 4종류가 있다.

DNA의 유전정보는 염기부분에 의해 결정된다. DNA를 구성하는 염기를 특별히 핵산 염기라고 부르기도 한다. 이 4종류의 염기는 두 개가 한 쌍을 이뤄 수소결합을 함으로써 서로 다른 두 나선 사이를 잇는 역할을 한다. 이때 A는 반드시 T하고만 짝을 짓고, G는 반드시 C와 짝을 짓는다. A와 T는 두 개의 수소결합을, G와 C는 세 개의 수소결합을 이룬다. 이런 A-T, G-C의 짝짓기는 DNA가 유전자로서 기능하는 데 매우 중요한 역할을 한다. 바로 이들 염기배열이 유전암호이기 때문이다.

(나) 표면장력은 액체의 표면적을 최대한 줄이려는 힘이다. 물은 극성 물질이고 수소결합이라는 특수한 결합을 하기 때문에 분자 간의 힘이 매우 커 표면장력이 크다. 이런 특성 때문에 물은 많은 물질을 녹일 수 있는 훌륭한 용매로 작용한다. 특정한 화학물질을 물에 첨가하면 표면장력이 눈에 띄게 줄어드는데, 이런 물질을 계면활성제라고 한다. 계면활성제는 친수성(親水性) 부분과 소수성(疏水性) 부분으로 이뤄진 화합물이기 때문에 서로 반대 성질을 가진 물과 기름 모두에 대해 친화성을 가진다(양친용매성).

비누는 대표적인 계면활성제이다. 계면활성제는 물에 녹아서 물분자 사이에 존재한다. 계면활성제의 소수성 부분은 물분자와 상호 반발한다. 이 때문에 수용액에서 계면활성제의 농도가 어느 정도로 높아지면, 단순 분산 상태였던 계면활성제는 집합체(미셀)를 형성한다. 이것은 계면활성제의 소수성 부분 농도가 상대적으로 높아지면서, 소수성인 부분끼리 결합해 안정화되려 하기 때문에 나타나는 현상이다. 계면활성제 분자들이 <그림4>처럼 구 모양을 이루면서 계면활성제의 친수성 부분이 바깥쪽에 존재하고, 소수성인 부분이 내부에 모이는 형태를 이룬다.

- 1) DNA는 거대 고분자이지만 물에 잘 녹는다. 이렇게 DNA가 물에 잘 녹는 이유는 무엇인가?
- 2) 제시문을 바탕으로 DNA 구조를 각종 결합과 연관해 서술하라. 또 염기서열이 DNA의 이중나선 안쪽을 구성하는 구조를 미셀 구조와 비교하고, 이런 DNA 구조의 장점에 대해 서술하라.

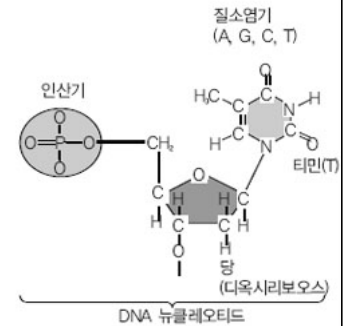
▶ 전문가 클리닉

- 1) 대부분의 학생이 뉴클레오타이드가 물에 녹는 현상과 DNA가 물에 녹는 현상을 혼동합니다. 특히 수소결합과 관련해 뉴클레오타이드의 수소결합 가능 부위 때문에 물과 수소결합을 할 수 있어 물에 잘 녹을 것이라고 답안을 작성하곤 합니다.

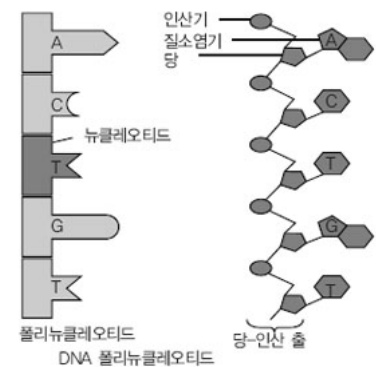
그러나 DNA가 물에 녹는 이유는 DNA 분자 자체가 설탕처럼 물분자와 친화력을 갖기 때문입니다. 답안을 작성할 때는 특히 DNA 분자의 전체적인 구조를 통찰해야 합니다.

제시문을 살펴보면 DNA는 염기 간 상보적인 결합이 수소결합을 통해 이뤄진다고 나와 있습니다. 이러한 사실로부터 수소결합을 할 수 있는 염기가 물분자와 만날 가능성은 오히려 줄어든다는 점을 알 수 있습니다. 따라서 바깥 부분이라 할 수 있는 당이나 인산기의 극성 부분이 물분자와 친화력을 갖는다고 설명해야 합니다.

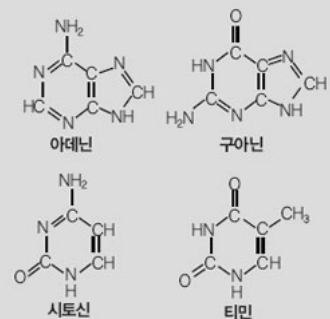
- 2) 이 문제에서는 크게 세 가지를 묻고 있습니다. 우선 DNA 분자와 관련된 각종 결합을 설명하고 이를 통해 거꾸로 DNA 구조를 예측하는 것이 첫 번째 문제입니다. 두 번째는 이중나선구조와 미셀



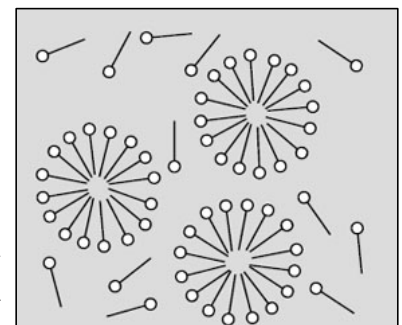
<그림 1> 뉴클레오타이드의 분자 구조



<그림 2> 폴리뉴클레오타이드 모식도



<그림 3> 염기의 구조식



<그림4> 미셀의 모식도

구조를 비교하고, 세 번째는 염기가 이중나선 안쪽에 들어와 있는 구조의 장점을 설명해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) DNA를 구성하는 뉴클레오티드는 당과 인산기로 이뤄진 뼈대가 바깥쪽에 있고, 안쪽은 염기 간 상보적인 결합으로 이뤄진 구조이다. 하나의 DNA 구조에 들어있는 염기쌍 수는 매우 많아서 DNA는 거대한 분자를 이룬다.

뉴클레오티드의 5탄당에서 세 번째 탄소의 히드록시기와 인산기의 히드록시기가 에테르 결합을 통해 연결되면서, DNA의 바깥쪽 부분은 대부분 산소원자 때문에 음(-)전하를 띤다. 이러한 음전하는 극성인 물 분자를 잡아당기기 때문에 물에 잘 녹는다.

- 2) DNA는 인산-당-염기를 기본 구조로 하는 뉴클레오티드가 연속적으로 결합해 사슬 두 가닥이 서로 마주보는 이중나선 형태이다. 각각의 뉴클레오티드 중 당과 인산기는 에테르결합을 이루며 서로 연결돼 DNA가닥을 만든다. 에테르결합은 공유결합이기 때문에 DNA가닥을 구성하는 뉴클레오티드는 매우 튼튼하게 결합해있는 셈이다.

인산기의 반대편에 있는 염기들은 마주보는 가닥의 염기들과 수소결합을 한다. 따라서 DNA는 사다리모양의 구조를 이룬다. 5탄당은 평면구조가 아니고, 각각의 중심탄소와 결합하는 원소들도 모두 같지 않기 때문에 한쪽으로는 공유결합이 한쪽으로는 수소결합이 반복된다. 따라서 DNA가닥은 조금씩 회전해 나선구조를 이룬다.

미셀 구조와 DNA는 모양이 비슷하다. 안쪽과 바깥쪽으로 구조가 나뉜다는 점과, 안쪽은 물과 결합하지 않고 바깥쪽은 물과 결합하는 친수성과 소수성 부분으로 나뉘지기 때문이다. 물론 염기 자체는 친수성이다. 하지만 염기끼리 수소결합을 이뤄 쌍을 이루면 염기가 물분자와 결합할 가능성은 낮아진다. 따라서 전체적으로 안쪽으로 결합하는 염기쌍은 소수성인 것처럼 행동한다. 이렇게 염기쌍이 DNA 분자의 안쪽에 존재하는 점은 DNA가 유전정보를 담고 있다는 점에서 매우 중요하다. 왜냐하면 DNA에서 유전정보를 암호화하는 역할을 하는 것은 염기서열이기 때문이다. 따라서 염기쌍은 일반적으로 외부 환경으로부터 보호돼야 한다.

안쪽의 염기를 보호하기 위해 DNA 분자의 바깥쪽에 있는 인산기는 pH 변화에 대해 일정정도 완충역할을 한다. 전체적인 DNA 면에서는 구조적으로 복잡하게 꼬인 DNA 사슬이 열이나 그 밖의 세포내 환경 변화로부터 염기서열을 보호하는 역할을 한다. DNA는 생명체의 가장 중요한 특성이므로 눈술이나 심층면접에서 출제될 가능성이 높다는 점을 기억하기 바란다.

2008년 02월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]슈퍼박테리아 탄생 과정

문제 01 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 일명 '슈퍼버그'로 불리는 항생제 내성 박테리아 때문에 미국 전역이 공포에 떨고 있다. (중략) 미국 국립질병통제예방센터(CDC)는 전날 미국의학협회(AMA) 저널에 게재한 보고서를 통해 "슈퍼박테리아가 후천성면역결핍증(AIDS)보다 미국인을 더 많이 죽이고 있다"는 통계를 제시해 '슈퍼버그 공포'가 이미 현실이 됐음을 보여줬다. (중략) 현재 슈퍼박테리아에 대해 반코마이신을 포함해 일부 고가의 항생제는 효력을 보이는 것으로 알려졌으나, 전문가들은 박테리아의 돌연변이 능력이 신약 개발 능력을 앞지르고 있다고 우려하고 있다.

(나) 플라스미드는 박테리아의 세포 내 염색체와는 별개로 존재하면서 독자적으로 증식할 수 있는 원형 DNA이다. 플라스미드는 스스로 복제하는 능력을 갖고 있기 때문에 인위적으로 플라스미드에 특정 유전자를 담아 유전자 증폭과 발현에 이용하기도 한다. 박테리아가 살아가는데 플라스미드가 반드시 필요한 것은 아니며, 플라스미드는 다른 종의 세포 안으로도 전달된다. 지금까지 알려진 플라스미드의 종류에는 약물에 저항성을 가진 내성인자(R 인자)와 박테리아의 자웅을 결정하는 성 결정인자(F 인자) 등이 있다.

박테리아 사이의 접합은 F 플라스미드를 지니고 있는 박테리아와 이를 지니고 있지 않은 박테리아 사이에서만 일어난다. F 플라스미드를 갖고 있는 박테리아(공여자)가 F 플라스미드를 지니고 있지 않은 박테리아(수용자)를 만나면 두 세포 사이에 세포질 통로가 형성된다. 공여자에서 복제된 F 플라스미드는 세포질 통로를 통해 수용자에게 전달된다. 그 후 세포질 통로가 끊어지면 두 박테리아는 모두 F 플라스미드를 가지는 공여자가 된다. 이런 플라스미드의 전이는 박테리아의 유력한 유전자 재조합 메커니즘이다.

(다) 세포막에 존재하는 단백질은 채널이나 펌프로 작용해 이온 같은 수용성 물질의 수송을 담당한다. 이들의 작용으로 막은 선택적 투과성을 띠기 때문에 특정 이온과 분자에 대한 농도구배를 갖는다. 막 단백질 중에는 호르몬 같은 물질에 특이적으로 결합할 수 있는 종류가 있는데, 이들은 외부 자극에 대한 수용체로 작용한다. (중략)

세포는 세포막을 통해 생활에 필요한 물질을 흡수하고 노폐물을 배출한다. 세포막이 에너지를 이용해 농도 경사를 거슬러서 낮은 농도에서 높은 농도로 물질을 이동시키는 현상을 능동 수송이라 한다. 다시마가 요오드를 많이 농축하고 있는 것처럼 세포는 생명 활동을 수행하기 위해 능동 수송으로 필요한 물질은 끌어들이고 필요없는 물질은 내보낸다. 이러한 능동 수송은 물질에 따라 선택적으로 일어나며 이 과정에서 에너지가 소비된다. 능동 수송의 대표적인 예로 나트륨 펌프가 있다. 세포 밖의 나트륨이온(Na^+) 농도는 세포 내부보다 높은데도 나트륨이온은 세포 밖으로 이동한다. 이것은 나트륨 펌프가 나트륨이온을 세포 밖으로 능동 수송하기 때문이다. 신장의 세뇨관에서 포도당, 아미노산 등이 재흡수되는 과정이나 요소가 분비되는 과정, 소화관의 융털돌기에서 영양분이 흡수되는 과정, 식물의 뿌리털에서 무기염류가 흡수되는 과정도 능동 수송에 의해 일어난다.

- 1) 여러 종류의 항생제에 대해 동시에 내성을 갖는 슈퍼박테리아가 만들어지는 메커니즘을 제시문 (가)~(나)를 참고 해 설명하라.
- 2) 박테리아는 어떤 방법으로 항생제에 내성을 갖는지 제시문 (다)를 참고 해 메커니즘을 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 박테리아 사이에 유전자가 전달될 수 있는 방법에는 크게 세 가지가 있습니다. 박테리아에 기생하는 바이러스가 옮기는 방법(형질도입, transduction), 박테리아 사이에 대롱(pili)으로 연결되어 이 안으로 유전자가 전달되는 방법(접합, conjugation), 유전자 자체가 직접 다른 박테리아 내부로 들어가는 방법(형질전환, transformation) 등이 그것입니다. 그 중 내성 유전자의 전달은 주로 접합과 형질전환을 통해 이뤄집니다.
- 2) 세균이 항생제에 내성을 나타내는 방법에는 여러 가지가 있습니다. 우선 세균이 항생제를 불활성화시키는 효소를 만들거나 항생제가 작용하기 위해 결합하는 표적물질을 변화시켜 항생제가 결합하지 못하게 할 수 있습니다. 이 외에도 세포막의 항생제 투과성을 변화시키거나 세포 안으로 들어온 항생제를 적극적으로 세포 밖으로 퍼내는 방법이 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 항생제를 남용하면 슈퍼박테리아가 만들어질 수 있다. 예를 들어 A라는 항생제를 사용한 결과 박테리아 1억 마리 중 9999만9999마리가 죽고 유일하게 1마리가 살아남았다고 하자. 살아남은 박테리아는 항생제에 내성을 띠는 유전자를 갖고 있을 것이다. 마찬가지로 여러 가지 항생제를 남용하면 각종 항생제에 내성을 갖는 유전자를 지닌 박테리아만 살아남을 것이다. 그 결과 항생제 내성 박테리아는 경쟁상대가 없어진 환경에서 더 활발히 증식할 수 있을 것이다.

이렇게 살아남은 항생제 내성 유전자는 다양한 방법을 통해 다른 박테리아로 전해진다. F 플라스미드 때문에 속이 빈 가는 대롱이 만들어지고 이 대롱이 F 플라스미드가 없는 박테리아(F-)에 붙으면 대롱을 통해 유전자가 전달된다. 만약 내성 유전자가 F 플라스미드에 발생하거나 발생한 내성 유전자와 플라스미드 사이에 자연적 유전자 재조합이 일어나면 접합에 의해 유전자가 다른 박테리아로 전달된다. 접합은 유전자를 외부 환경에 노출시키지 않고 전달하므로 박테리아 입장에서 전달 효율이 매우 높은, 외부 유전자를 받아들일 수 있는 방법이 된다. 이런 방식으로 접합을 통해 다양한 항생제에 대한 내성 유전자가 박테리아에 전달된다면 각각의 박테리아는 항생제에 대해 내성을 띤다. 그 결과 항생제를 써도 전혀 효과가 없는 슈퍼박테리아가 탄생한다.

- 2) 슈퍼박테리아가 항생제에 내성을 갖는 메커니즘은 다양하게 생각해 볼 수 있다. 첫째, 항생제가 작용하기 위해 결합하는 표적물질을 변화시키는 방법이 있다. 항생제는 박테리아 세포벽의 수용체와 결합해야 작용할 수 있으므로 항생제가 수용체와 결합하는 현상을 방해한다면 항생제에 내성을 가질 수 있다. 이를 위해서는 수용체의 구조를 바꾸거나 수용체에 항생제가 결합하지 못하도록 다른 물질을 경쟁적으로 결합시키면 된다.

세포막의 항생제 투과성을 변화시키는 방법도 있다. 세균의 세포외막에는 영양물질을 받아들이고 대사산물을 내보내는 통로 즉 채널이 있다. 채널을 이용해 항생제가 세포 안으로 들어가는데 이 채널을 변화시켜 항생제가 들어오지 못하게 막아 내성을 나타낼 수도 있다.

능동 수송의 방법도 가능하다. 능동 수송이란 세포막이 에너지를 이용해 농도 경사를 거슬러서 낮은 농도에서 높은 농도로 물질을 이동시키는 방식이다. 박테리아가 직접 ATP 에너지를 이용해 박테리아 내부로 들어온 항생제를 외부로 퍼낼 수도 있다. 이 경우 박테리아는

항생제에 내성을 나타낼 수 있다.

문제 02 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 모든 화학반응은 반응물질 외에 미량의 촉매가 존재함으로써 반응속도가 눈에 띄게 커지는데, 생물체 내에서도 모든 화학반응의 속도가 촉매에 의해 빨라진다. 다만 무기반응의 촉매와는 달리 생물체 내 촉매는 거의 모두 단백질이다. 따라서 생물체 내 촉매를 특별히 효소라고 부른다. 효소는 아무 반응이나 가리지 않고 촉매하지 않는다. 이처럼 한 가지 효소가 한 가지 반응만을, 또는 극히 유사한 몇 가지 반응만을 선택적으로 촉매하는 특성을 기질 특이성이라 한다. 기질이란 효소에 의해 반응속도가 커지는 물질, 즉 효소에 의해 촉매 작용을 받는 물질을 말한다. 효소에 기질 특이성이 있는 이유는 효소와 기질이 마치 손과 장갑처럼 공간적 입체 구조가 들어맞는 것끼리 결합해 기질이 화학반응을 일으키기 때문이라고 해석하는 이론이 있다.

(나) 단백질은 수많은 아미노산이 펩티드 결합으로 이어진 것인데, 이들 아미노산의 배열 순서에 따라 단백질의 종류가 달라진다. 아미노산의 배열 순서에 의해 이뤄지는 구조를 단백질의 1차 구조라고 한다.

단백질을 구성하는 폴리펩티드 사슬들은 아미노산이 일정한 각도를 갖고 결합해 접히거나 나선형 구조를 띤다. 이러한 구조를 단백질의 2차 구조라고 한다. 이 구조에서 나선 모양으로 감긴 형태를 α -나선 구조, 병풍처럼 접혀진 구조를 β -병풍 구조라고 한다.

단백질 중에는 2차 구조로만 이뤄진 것도 있지만, 많은 종류의 단백질에서는 2차 구조의 폴리펩티드 사슬이 부분적으로 꺾이고 접혀 구형을 이루고 있다. 이러한 구조를 단백질의 3차 구조라고 한다. 단백질의 3차 구조가 가장 처음 밝혀진 것은 미오글로빈이다. 미오글로빈은 척추동물의 근육 속에서 산소와 결합하는 붉은색의 단백질인데, 이것은 153개의 아미노산으로 구성된 폴리펩티드 사슬로 돼 있고 이것이 여러 번 접혀 구형을 이루고 있다. 그리고 접힌 폴리펩티드 사슬에 하나의 헴 분자가 결합하고 있다.

단백질 중에는 3차 구조를 이루는 폴리펩티드 사슬이 몇 개 모여야 비로소 하나의 생물학적 기능을 나타내는 경우가 있다. 이 때 그 전체를 단백질의 4차 구조라고 하고 4차 구조를 이루는 하나하나의 폴리펩티드를 단체(subunit)라고 한다. 헤모글로빈의 경우 4개의 폴리펩티드 단체로 구성돼 있으며 폴리펩티드 사슬 사이에 결합을 형성해 4차 구조를 만든다.

효소와 촉매는 활성화 에너지를 낮춰 반응속도를 빠르게 하는 역할을 한다. 하지만 일반적인 촉매와는 달리 효소는 최적온도나 최적 pH처럼 특정 범위에서 화학반응이 잘 일어나게 한다. 이 이유를 제시문을 읽고 단백질의 구조와 연관시켜 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

효소는 주성분이 단백질이고 활성 부위에서 기질과 결합해 반응을 촉매합니다. 단백질의 입체 구조는 수소결합, 소수성기 상호작용, 이온간 상호작용, 반데르발스 힘 같은 비공유결합과 공유결합인 황결합으로 이뤄집니다. 일반적으로 비공유결합은 열과 산, 충격에 약해 잘 깨지는 성질이 있습니다. 활성 부위의 단백질이 열이나 산에 의해 변성돼 효소-기질 복합체가 제대로 형성되지 못하는 과정에 초점을 맞춰 답안을 작성하기 바랍니다.

▶ 예시답안

효소는 주성분이 단백질로 이뤄진 생체 내 촉매로 반응의 활성화 에너지를 낮춰 반응속도를 빠르게 하도록 돕는다. 기질은 효소의 활성 부위에 열쇠, 자물쇠처럼 모양이 딱 맞아 떨어지는 것만 결합해 반응할 수 있으므로 이를 효소-기질 특이성이라 한다.

단백질의 입체 구조는 2차 구조의 폴리펩티드 사슬이 부분적으로 꺾이고 접혀 구형을 이루며 이렇게 만들어진 3차 구조를 이루는 폴리펩티드 사슬이 몇 개 모여야 비로소 하나의 생물학적 기능을 나타내는 것도 있다. 이러한 입체 구조를 이루는 데는 수소결합, 소수성기 상호작용, 이온간 상호작용, 반데르발스 힘 같은 비공유 결합과 황결합 등의 공유결합이 관여한다. 이중 가장 중요한 결합으로는 수소결합을 들 수 있다.

수소결합은 열, 산, 알칼리에 매우 약한 특징이 있으므로 이들을 가할 때 수소결합이 끊어지며 꺾이고 접혀 이뤄져 있던 활성 부위의 입체구조가 변한다. 활성 부위는 기질과 특이적으로 결합하므로 활성 부위의 구조가 변하면 효소-기질 복합체가 제대로 형성되지 못한다. 따라서 효소는 단백질의 구조가 변성되지 않는 범위의 온도와 pH 하에서만 활성도가 높게 나타난다.

2008년 03월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]유전자 변이로 생기는 빈혈

문제01 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 염색체의 모양이나 수는 정상인과 같으나 DNA 염기서열에 변화가 생겨 새로운 형질이 나타나는 현상을 유전자 돌연변이라 한다. 잘 알려진 유전자 돌연변이의 예로는 겸형 적혈구 빈혈증, 알비노증, 페닐케톤뇨증이 있다. 만약 개체가 어떤 돌연변이 유전자를 가졌는데도 이것이 생존에 치명적이지 않다면 이 돌연변이 유전자의 비율은 높아지기도 한다. 돌연변이는 개체의 형질이 다양하게 나타나도록 함으로써 자연선택에 의한 생물 진화의 기초가 되기도 한다. 겸형 적혈구 빈혈증은 돌연변이 헤모글로빈 유전자 때문에 적혈구가 낫 모양으로 변형돼 악성 빈혈증을 일으키는 병이다. 이 유전병에 걸린 환자의 적혈구는 혈액 내 산소 농도가 낮을 때 낫 모양이 된다. 낫 모양의 적혈구는 산소를 정상적으로 운반하지 못해 심한 빈혈증을 일으키거나 서로 엉겨 모세혈관을 막아 조직을 손상시킨다. 겸형 적혈구는 헤모글로빈의 β 사슬을 구성하는 146개의 아미노산 가운데 여섯 번째 아미노산이 글루탐산에서 발린으로 바뀌었을 때 형성된다. 이것은 11번 염색체의 DNA 염기서열에 이상이 생겼기 때문이다. 일반적으로 겸형 적혈구 빈혈증을 앓고 있는 사람들은 정상인에 비해 살아가기가 어렵기 때문에 이 돌연변이 유전자는 흔치 않다. 그러나 말라리아 기생충이 번성해 사망률이 높은 지역에서는 다른 곳보다 높은 빈도로 이 돌연변이 유전자가 나타난다. 이는 겸형 적혈구 빈혈증 유전자를 가진 사람이 말라리아에 내성을 나타내기 때문이다.

(나) 유전자를 구성하는 DNA 염기서열에 변화가 생기면 mRNA의 코돈이 변한다. 그 결과 리보솜에서 지정하는 아미노산이 달라져서 다른 단백질이 합성된다. 이처럼 정상 단백질이 아닌 변이 단백질이 합성되면 개체의 형질 발현에도 이상이 생기는데 이를 돌연변이라 한다. 단백질은 리보솜에서 합성된다. 세포질로 나온 mRNA는 세포질이나 소포체에 있는 리보솜에 붙는다. mRNA가 붙는 리보솜에는 2개의 tRNA와 결합할 수 있는 자리가 있다. 한편 세포질 내에 있는 아미노산은 아미노산 활성화 효소의 도움을 받아 자신에게 맞는 tRNA와 결합한다. 이 tRNA는 자신의 안티코돈에 상보적인 mRNA의 코돈이 있는 자리에 결합한다.

mRNA에 붙어있는 리보솜에는 2개의 아미노산이 들어올 수 있고 이 아미노산 사이에서는 효소의 작용으로 펩티드 결합이 일어난다. 펩티드 결합이 일어나면 리보솜에 들어온 두 tRNA 중 앞에는 tRNA는 아미노산과의 결합이 풀리면서 세포질로 유리돼 나온다. 뒤에 있는 tRNA는 펩티드를 연결한 채로 리보솜의 앞자리로 옮겨간다. 리보솜 또한 mRNA의 다음 코돈 자리로 이동하기 때문에 리보솜의 뒷자리는 비게 된다. 이어서 뒷자리의 코돈에 상보적인 tRNA가 자신에게 맞는 아미노산을 운반해오고 앞자리의 아미노산 사이에 효소가 작용해 펩티드 결합이 일어난다. 이와 같은 과정이 반복되면서 mRNA의 코돈에 맞는 아미노산이 순서대로 결합해 폴리펩티드가 만들어진다. 이처럼 mRNA의 코돈에 의해 단백질이 합성되는 과정을 번역이라 한다.

(다) 단백질 중에는 케라틴처럼 2차 구조로만 된 것도 있지만, 많은 종류의 단백질에선 2차 구조의 폴리펩티드 사슬이 부분적으로 꺾이고 접혀 구형을 이루고 있다. 이러한 구조를 단백질의 3차 구조라 한다. 맨 처음 3차 구조가 밝혀진 단백질은 미오글로빈이다. 미오글로빈은 척추동물의 근육 속에서 산소와 결합하는 붉은색 단백질인데, 이것은 153개의 아미노산으로 구성된 폴리펩티드 사슬이고 이것이 여러 번 접혀 구형을 하고 있다. 이렇게 접힌 폴리펩티드 사슬엔 하나의 헴 분자가 결합하고 있다. 단백질 중에는 3차 구조를 이루는 폴리펩티드 사슬 몇 개가 모여야 비로소 하나의 생물학적 기능을 나타내는 것이 있다. 이때 전체를 단백질의 4차 구조라 하고 4차 구조를 이루는 하나하나의 폴리펩티드를 소단위(subunit)라 한다. 헤모글로빈은 4개의 폴리펩

티드 소단위로 구성돼 있으며 폴리펩티드 사슬 사이에 결합이 형성돼 4차 구조가 만들어진다. 사람의 혈액에서 산소를 운반하는 헤모글로빈은 모두 4개의 폴리펩티드 사슬이 모여 4차 구조를 이루는 단백질이다. 이 4개의 폴리펩티드 사슬은 α사슬 2개와 β사슬 2개인데, α 사슬은 각각 141개의 아미노산으로, β사슬은 146개의 아미노산으로 구성돼 있다. 또 이들 각각에는 헴 1분자가 결합돼 있다. 따라서 한 분자의 헤모글로빈은 산소를 4분자까지 운반할 수 있다. - '생화학'(Biochemistry), 러버트 스트라이어 지음

(라) 아미노산은 크게 극성과 비극성으로 나뉘며 전하를 띠고 있는 경우도 있다. 20개의 아미노산을 분류해 보면 표와 같다. 극성 아미노산이 10개이고 비극성 아미노산이 10개이다.

극성 아미노산		비극성 아미노산	
종류	성질	종류	성질
아스파르트산	음전하	알라닌	비극성
글루탐산	음전하	글리신	비극성
아르기닌	양전하	발린	비극성
리신	양전하	류신	비극성
히스티딘	양전하	이소류신	비극성
아스파라긴	극성	프롤린	비극성
글루타민	극성	페닐알라닌	비극성
세린	극성	메티오닌	비극성
트레오닌	극성	트립토판	비극성
티로신	극성	시스테인	비극성

유전자 변이에 의해 겸형 적혈구 빈혈증이 생기는 이유를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

고등학교 생물 II에서 가장 중요한 부분 중 하나인 유전정보의 흐름에 관한 내용입니다. 겉으로 보이는 특성과 같은 형질을 갖고 태어나는 원리가 제시문에 있는 것처럼 유전정보의 흐름에 의한 결과이며, 이 과정에서 특정 아미노산이 바뀌어 헤모글로빈의 모양이 달라짐을 이해해야 합니다. 전사, 번역, 코돈, 아미노산 등의 핵심 단어를 적절히 사용해 논리적으로 서술해야 합니다.

▶ 예시답안

유전정보가 전달되는 과정은 크게 전사와 번역으로 나뉜다. DNA 염기서열에 상보적으로 mRNA가 전사되면 mRNA는 핵공을 통해 세포질로 나가 리보솜과 결합하고, mRNA의 코돈이 지정하는 대로 tRNA가 아미노산을 계속 붙여나가는 번역 과정이 실행된다.

유전자를 구성하는 DNA 염기서열에 변화가 생기면 DNA 염기서열은 상보적으로 mRNA로 전달되므로 mRNA의 코돈도 역시 변한다. mRNA의 염기서열을 순서대로 3개씩 끊은 단위를 코돈이라고 하며 코돈은 각각 하나의 아미노산을 지정한다. 코돈이 변하면 다른 아미노산을 지정하는 경우가 많고 다른 아미노산이 지정되면 단백질의 구조에 큰 영향을 주는 경우가 있다. 이런 경우 개체의 형질발현에 이상이 생기고 이를 돌연변이라 부른다. 아미노산이 비슷한 성질의 다른 것으로 변한다면 단백질의 구조에 큰 이상이 생기지 않을 수도 있다. 겸형 적혈구 빈혈증은 11번째 염색체의 DNA 염기서열에 변화가 생겨 mRNA의 코돈이 변해 헤모글로빈의 β사슬을 구성하는 146개의 아미노산 가운데 여섯 번째 아미노산이 글루탐산에서 발린으로 바뀐 것이다.

글루탐산은 음전하를 띤 극성 아미노산인데 비해 발린은 비극성 아미노산이므로 헤모글로빈의 β사슬 형태가 크게 달라진다. 그 결과 겸형 적혈구 빈혈증의 경우 헤모글로빈의 α사슬과 β사슬이 결합된 단백질이 제대로 된 단위체를 이루지 못하고 긴 중합체가 돼 겸형 적혈구가 형성된다. 겸형 적혈구는 산소를 제대로 운반하지 못해 악성 빈혈을 일으킨다.

문제02 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 2003년 6월 아사히신문에 따르면 일본 가와이 유산균 연구소 가와이 야스오 사장이 최근 1만5000여종에 달하는 유산균 균주 중에서 혈당치를 낮추는 데 효과가 있는 균 2종류를 찾아냈다고 한다. 우선 가와이 사장은 1만5000여종의 균주 중에서 유망 균주를 골라 당뇨병에 걸리도록 한 실험용 쥐에게 죽은 유산균을 하루 3차례씩 80일간 먹이에 섞어 투여했다. 그 결과 유망 균주 중 2종류의 유산균이 80일 뒤 보통의 먹이만 먹인

쥐에 비해 혈당치를 37.4% 낮추는 효과가 있는 것으로 확인됐다. 이 유산균의 경우 원래 사람의 장에서 발견된 균이기 때문에 부작용의 우려가 없을 것으로 보인다. 배양이 쉬운 점도 큰 장점이다. 만약 당뇨와 관련 있는 소비자균을 기능성 요구르트 시장에 유인하는데 성공해서 국민 건강을 향상시키는데 기여한다면 이는 시장규모를 확대시키는 획기적인 계기가 될 것으로 보인다.

(나) 과학에서 탐구는 과학자가 자연에서 일어나는 현상에 대해 강한 호기심을 보이는 것에서 시작된다. 과학자들은 남들이 대수롭지 않게 보고 넘어가는 현상들도 날카로운 관찰과 비판의 시선으로 탐구한다. 과학 지식은 과학자들의 이러한 탐구 활동을 통해 하나씩 얻어지고 체계적으로 정리된다. 자연 탐구를 위한 활동에는 여러 가지가 있지만 우리가 할 수 있는 것으로는 조사, 실험, 토의, 견학, 과제 연구가 있다. 조사는 자연 현상 사이의 상관관계나 인과관계를 밝히기 위해 과학자가 탐구 대상을 능동적이고 의도적으로 살펴보는 활동이다. 이러한 조사는 탐구 대상을 통제하지 않은 상태에서 이뤄진다. 자연 탐구를 위한 과학 활동 중에서 실험은 현상을 관찰하고 적당한 변인을 통제해 정밀한 측정을 하는 활동이다. 실험 결과에 영향을 미칠 수 있는 조건들을 변인이라고 한다. 실험에서는 여러 가지 변인 중에서 확인하려는 변인을 제외한 나머지 변인을 일정하게 유지해야 하는데 이것을 변인 통제라 한다.

제시문 (가)에 실린 혈당치를 떨어뜨리는 유산균의 발견 과정을 제시문 (나)를 토대로 해 순서대로 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

과학의 탐구방법은 언제라도 과학 논술에 등장할 수 있는 주제입니다. 이 문제는 학생들의 탐구 설계 능력을 묻고 있습니다. 1) 문제 인식 2) 가설 설정 3) 탐구 설계 및 수행 4) 자료 해석 5) 결과 6) 결론 도출 과정을 순서대로 독립 변인, 종속 변인, 변인 통제, 실험군, 대조군 등의 정확한 용어를 써서 설명할 수 있어야 합니다.

▶ 예시답안

- ① 가설 설정 : 1만5000여종의 유산균 균주 중에는 혈당치를 낮추는 효과가 있는 균주가 있을 것이다.
- ② 탐구 설계 및 수행 : 1만5000여종 균주 중에서 100종의 유망 균주를 골라낸다. 품종, 크기, 연령, 병의 유무가 동일한 쥐를 505마리 구해 모두 당뇨병에 걸리게 유도한 뒤 5마리씩 101개의 군으로 나눈다. 1개의 군은 대조군으로 설정해 정상적으로 먹이를 하루 3차례씩 80일간 투여하고 나머지 100개의 군은 실험군으로 설정해 유망 균주 100종의 죽은 유산균을 하루 3차례씩 80일간 먹이에 섞어 투여한다. 이때 먹이의 종류와 양, 습한 정도, 온도, 습도, 쥐의 운동량, 쥐가 살고 있는 우리의 넓이, 일조량 등 먹이에 섞는 유산균의 종류를 제외한 모든 변인은 동일하게 통제를 해 주어야 한다. 이 경우 독립 변인은 먹이에 섞어 주는 죽은 유산균의 종류이며 종속 변인은 쥐의 혈당치이다.
- ③ 자료 해석 : 죽은 유산균을 투여한 쥐 가운데 2종류의 실험군에서 혈당치가 37.4% 낮아지는 효과가 발견됐다.
- ④ 결과 : 두 종류의 유산균은 쥐의 혈당치를 낮추는 효과가 있다.
- ⑤ 결론 : 임상 실험을 거쳐 사람에게도 동일한 효과가 있다면 이 유산균을 이용한 기능성 발효유를 만들어 당뇨와 관련 있는 소비자균을 요구르트 시장으로 유인할 수 있을 것이다.

2008년 04월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]노화의 원인

문제 01 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 개미가 자신의 크기에 비해 얼마나 힘이 센지 생각해 본 적이 있는가? 조그마한 개미는 여러 마리의 동료 개미에 해당하는 엄청난 무게를 등 위에 지고 나를 수 있다. 반면에 집채만 한 코끼리는 한 마리의 코끼리조차 자신의 등에 지고 나를 수 없다. 만일 개미가 코끼리만큼 커진다면 엄청나게 힘이 세질까? 즉 코끼리보다 수십 배나 힘이 센 슈퍼개미가 될까? 놀랍게도 대답은 '아니다'이다. 코끼리만큼 커진 개미는 자신의 무게조차 지탱할 수 없게 될 것이다. 개미의 다리는 너무 얇아 큰 무게를 지탱할 수 없어 아마도 다리가 부러져 버릴 것이 틀림없다. 이처럼 물체의 크기와 무게, 힘, 표면적 사이의 관계를 연구하는 것을 부피-표면적 관계(scaling)라 한다.
- (나) 물질의 특성을 유지하는 기본 단위인 분자 간에는 인력이 작용한다. 분자 간 인력은 크게 3가지 종류로 나눌 수 있다. 극성 분자 사이에 작용하는 이중극자-이중극자 간 인력, 극성 분자와 무극성 분자 사이에 작용하는 이중극자-유발이중극자 간 인력, 무극성 분자 사이에 작용하는 분산력이 이에 해당한다. 원자의 중심에는 양성자와 중성자로 구성된 핵이 있고 그 주변엔 전자가 존재한다. 현대에는 원자를 구성하는 전자를 전자구름 모형 또는 오비탈 모형으로 표현한다. 전자가 일정 궤도를 돌고 있거나 정해진 위치에 있다고 보지 않고, 전자의 위치를 정확히 나타낼 수 없으며 단지 확률적으로만 표현할 수 있다고 보는 것이다. 전자가 위치할 확률은 점의 밀도로 표현한다. 분산력은 무극성 분자 사이에서 전자들이 움직이다가 어느 순간 특정 방향으로 쏠림이 일어나 순간순간 부분 전하를 띠는 때 분자들 사이에 작용하는 인력이다.

- 1) 생물은 체세포 분열에 의해 세포 수가 증가하면서 성장한다. 성장이란 몸이 자라는 현상 이외에 복잡하게 분화해 구조적으로나 기능적으로 완전한 개체가 되는 과정을 뜻한다. 그렇다면 왜 세포는 크기가 커지는 성장 대신 개수가 증가하는 성장을 하는 것일까? 부피와 표면적의 관계를 들어 그 이유를 설명하라.
- 2) 거미는 자유자재로 천장에 붙어 기어다닐 수 있는 반면에 스파이더맨은 천장에 매달려 자유자재로 기어다닐 수 없는 이유를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 물체의 크기와 무게, 힘, 표면적 사이의 관계를 연구하는 분야를 부피-표면적 관계라 하고 이 개념은 실생활에 다양하게 적용할 수 있습니다. 이 문제는 부피-표면적 관계의 개념을 세포분열에 적용해 물질 교환의 효율성 문제와 관련해 세포가 분열하며 성장하는 이유를 묻고 있습니다.
- 2) 거미가 천장에 붙어 기어다닐 수 있는 이유는 거미 다리에 있는 털과 천장 사이에 분산력이 작용하기 때문입니다. 분산력은 무극성 분자 사이에 작용하는 인력인데 이중극자-이중극자 인력이나 이중극자-유발이중극자 인력에 비해 크기가 매우 작습니다. 거미가 스파이더맨만큼 커질 때 천장에 매달려 기어다닐 수 없다는 이유를 부피-표면적의 개념을 이용해 증명해 봅시다.

▶ 예시답안

- 1) 하나의 세포를 정육면체라 가정해보자. 세포 한 변의 길이를 a 라 할 때 세포의 부피와 표면적의 비

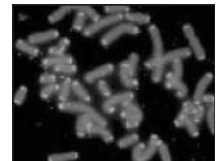
는 $\frac{\text{표면적}}{\text{부피}} = \frac{6a^2}{a^3} = \frac{6}{a}$ 이다. 세포 크기가 증가해 a 가 커지면 커질수록 표면적과 부피의 비는 점점

작아진다. 이를 다시 표현하면 표면적 증가는 부피 증가를 따라가지 못한다는 이야기가 된다. 세포는 세포막을 통해 물질을 교환한다. 만약 세포 크기가 커질수록 세포막의 총면적이 세포의 부피 증가를 따라오지 못하면 세포의 물질교환 효율이 떨어진다. 따라서 세포는 물질교환의 효율성을 높이기 위해 체세포 분열에 의해 세포수를 증가시키면서 성장한다. 즉 물질교환의 효율성 측면에서라도 단세포 상태에서 크기만 커지는 성장보다 세포 수가 증가하는 다세포성 성장이 유리하다.

- 2) 거미는 매우 가벼워서 거미의 다리털과 천장이나 건물벽 사이의 분산력 정도의 크기로도 충분히 자신의 무게를 지탱해서 벽에 붙어있을 수 있다. 하지만 거미의 크기가 더 커지는 경우에는 상황이 달라진다. 거미가 스파이더맨처럼 몸의 부피가 커지면 몸무게는 세제곱으로 늘어나는 반면 천장과 접촉면적은 제곱으로 늘어나기 때문에 무거운 몸무게를 감당하지 못한다. 밀도가 일정하다면 부피는 세제곱에 비례해 늘어나고 질량 또한 세제곱에 비례해 증가하므로 무게도 세제곱에 비례해 늘어난다(밀도=질량/부피 이고 무게=mg이므로). 그러나 이에 비해 분산력은 접촉면적에 비례하므로 세제곱에 비례해 증가하는 무게 증가를 따라가지 못한다. 따라서 스파이더맨은 천장에 매달려 자유자재로 기어다닐 수 없다.

문제 02 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 텔로미어설 : 텔로미어는 DNA 말단에 TTAGGG 염기서열이 여러 번 반복되는 부위로 세포분열 때마다 텔로미어가 50개의 염기쌍만큼 짧아지는 현상이 관찰돼 세포시계라고도 불린다. 이 텔로미어가 더 이상 짧아질 수 없으면 세포분열이 중지되거나 죽게 된다. 암세포에는 텔로머라제라는 효소가 작용해 짧아진 텔로미어를 연장하므로 죽지 않는 세포가 된다. 텔로미어는 인간의 수명을 제한하는 유전자 프로그램으로 작용한다고 볼 수 있다.
- (나) 유해산소설 : 비프로그램설에서 노화를 가져오는 여러 요인 중 미국과 일본에서 최근 가장 주목받는 학설이 유해산소설이다. 우리는 호흡을 통해 얻은 산소로 음식을 태우고 에너지를 얻는다. 산소는 최종적으로 환원돼 물이 되는데 이 중 10% 가량의 산소는 완전하게 환원되지 않고 과산화수소, 슈퍼옥사이드, 하이드록시 래디컬 같은 활성산소가 된다. 이런 활성산소는 반응성이 강해 생체에 해를 미치며 성인병과 각종 암의 발생 원인이 되고 있다. 이 때문에 활성산소는 유해산소라고도 불린다. 유해산소는 인체 내부뿐 아니라 외적 요인 즉 각종 약물, 화합물, 방사선, 환경 오염물질에 의해서도 발생해 유전자의 손상을 가져온다. 젊을 때엔 자유기에 대항하는 노화 방지 물질이 많지만 이런 물질들은 나이가 들수록 눈에 띄게 줄어든다는 점이 발견됐다. 이 이론은 이미 1950년대 중반 미국의 던햄 하먼이 '산소 자유기 <그림>텔로미어 (free radical)' 가설로 제안했다. 오랜 세월 무시당하던 이 가설은 최근 이를 뒷받침하는 다양한 연구결과가 나오면서 유력한 노화의 원인으로 떠오르고 있다.
- (다) 교차 결합설 : 콜라겐 같은 단백질 분자 간 결합이 노화를 가져온다는 '교차 결합설'도 상당한 지지를 얻고 있다. 콜라겐은 장기의 강도나 탄탄함, 탄력성을 정하는 결합조직의 주성분이다. 결합조직은 나이가 들수록 굳어져 탄력성을 잃어간다. 이는 콜라겐을 이루는 분자와 분자 사이에 결합이 생기기 때문이라고 여겨지고 있다. 이런 결합이 개개 단백질 분자의 활동을 억제시켜 노화를 일으키는 것이다. 일본 도후쿠대 오노 교수팀은 세포 밖에 있는 콜라겐의 노화가 세포 내부에 영향을 미치는 것으로 보고 있다. 동맥경화, 골다공증, 관절염 같은 주요한 노인병에는 콜라겐이 관계하고 있다는 것. 오랜 시간이 지나면 금속이 녹이 스는 현상과 비슷하다. 또 교차결합은 단백질 분자 사이뿐 아니라 DNA와 단백질, DNA와 DNA 사이에서도 발생할 가능성이 있는데, 이런 교차결합을 막는 효소만 발견하면 수명 연장이 가능하다고 보는 학자들도 있다.



- 1) 제시문을 읽고 자기가 지지하는 가설 중 하나 또는 그 이상을 선택해 노화의 원인을 설명하는 글을 작성하라.
- 2) 돌리는 1996년 7월 로슬린 연구소에서 역사상 첫 체세포 복제동물로 태어나 세계적으로 큰 화제를 불러일으켰다. 다른 양의 젖샘세포를 이용해 복제된 돌리는 1999년부터 조로 현상이 나타났으며 6여년 간 살다가 진행성 폐질환을 앓아 안락사됐다. 돌리가 자신의 수명을 다하지 못한 이유를, 노화의 원인에 대한 여러 가설을 이용해 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 노화의 원인을 설명하는 데는 여러 가설이 있습니다. 그 중 많이 알려진 가설은 제시문에 나와 있는 텔로미어설, 유해산소설, 교차 결합설입니다. 제시문을 읽고 그 중 하나 또는 그 이상의 이론을 골라 논리에 맞게 글을 작성하면 됩니다.
- 2) 노화의 원인에 관한 텔로미어설, 유해산소설, 교차 결합설 중 하나 또는 그 이상을 선택해 돌리가 자신의 수명을 다하지 못한 이유를 설명하는 문제입니다. 여러 답안이 나올 수 있으나 연구 결과에 의해 밝혀진 현상은 텔로미어설과 관련된 내용이니 되도록 텔로미어설을 이용해 돌리의 조로 현상을 설명해 봅시다.

▶ 예시답안

- 1) 노화의 원인에는 여러 가지 가설이 존재한다. 확실한 근거가 밝혀졌다면 여러 가설이 혼재해 있지는 않을 것이다. 이는 노화의 원인이 그만큼 복잡하다고 볼 수 있다. 평소 유전학에 관심이 많았던 나는 여러 가설 중 텔로미어설을 근거로 노화에 대해 설명하려 한다.
 텔로미어는 염색체 말단에 TTAGGG라는 염기서열이 여러 번 반복되는 부위로 세포가 분열할 때마다 조금씩 짧아진다. 즉 세포의 나이를 표시해 주는 세포시계가 텔로미어다. 텔로미어의 길이는 한정돼 있으므로 결국 노화는 세포분열이 일정 횟수 이상 일어나서 텔로미어가 더 이상 짧아질 수 없어 세포분열이 중지돼 유발된다고 볼 수 있다.
 이 이론을 근거로 할 때 어떻게 노화를 예방할 수 있을까? 세포가 분열할 때마다 텔로미어가 짧아져 나중에 더 이상 분열을 못하는 것이라면 텔로미어의 길이를 계속 늘려주는 방법을 생각해 볼 수 있다. 생체 내에서 이런 작용을 하는 효소로 텔로머라제가 있다. 텔로머라제를 인체 내 각각의 세포에서 발현시킬 수 있다면 텔로미어의 길이가 계속 늘어나 세포는 끝없이 분열하게 된다. 즉 텔로미어 가설이 맞다면 노화를 예방하고 영원히 살 수 있게 해주는, 진시황이 찾던 불로초가 바로 텔로머라제라고 볼 수도 있다.
- 2) 돌리는 왜 평균 수명을 절반 정도밖에 못 채우고 죽은 것일까. 돌리는 다른 양의 젖샘세포의 체세포를 이용해 복제됐으므로 유전자가 체세포를 제공한 양의 것과 일치하는데 이를 핵치환 기술이라 한다. 만일 체세포를 제공한 양의 나이가 6살이었다면 그 양의 텔로미어는 이미 6년 동안 세포분열을 통해 짧아졌을 것이고 돌리는 똑같은 길이의 텔로미어를 가진 채 태어났을 것이다. 돌리의 염색체 나이는 이미 태어날 때부터 6살이었던 셈이니 6년밖에 더 못살고 죽은 것이다.

2008년 05월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물] 남녀 목소리의 차이

문제 01 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 일반적으로 소리를 내려면 공기의 움직임이 있어야 한다. 이처럼 공기가 움직이게 하는 곳을 발동부(發動部)라 하는데 가장 중요한 발동부는 폐이며, 후두·입의 안쪽도 발동부로서 작용한다. 발성부는 이렇게 나온 공기를 진동시켜 소리를 내는 부분이다. 후두 내벽의 갑상연골의 높이에서 볼 수 있는 상하 2쌍의 주름 중 아래쪽 주름이 성대이고, 좌우 성대 사이에 있는 빈자리를 성문열(聲門裂)이라고 한다. 성대와 성문열을 합쳐 성문(聲門)이라고 한다. 후두 속에 있는 성문의 작용으로 소리가 난다.

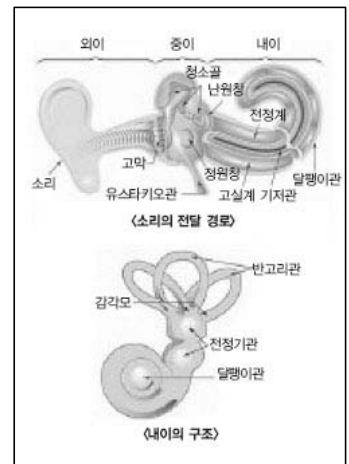
소리는 성대의 진동 여부에 따라 유성음, 무성음 등으로 갈라진다. 성대의 긴장으로 공기 압력이 변화되고 성대와 그 사이의 공기가 진동해서 다양한 소리가 만들어진다. 이때 소리의 진동수가 목소리의 높낮이를 결정하며 이러한 과정을 통해 사람마다 각기 다른 목소리를 갖는다. 평균 성인의 목소리는 남자의 경우 130Hz, 여자의 경우 205Hz 정도의 진동수를 갖는다. 소리의 세기는 성대의 진동 폭이 클수록 세게 난다.

- '의학 생리학', 아서 기튼 지음

(나) 소리의 중요한 물리적 양은 주파수(진동수)와 세기이다. 사람은 주파수와 세기의 차이로 소리를 구별해 낼 수 있다. 주파수의 차이는 어떤 종류의 유모세포로부터 진동이 감지되는가를 통해 알아낼 수 있는데, 인간의 청각기관은 이러한 주파수의 차이를 소리의 높낮이로 인지한다. 소리의 세기는 유모세포에 의해 감지되는 신호의 크기로 알아낼 수 있는데, 소리의 세기는 진폭에 따라 달라진다.

(다) 인간은 외이, 중이, 내이로 구분되는 귀로 소리를 듣는다. 외이를 통과한 소리(음파)가 고막을 진동시키면 이 진동은 청소골(또는 이소골)에 의해 증폭돼 내이에 속하는 달팽이관(또는 와우관)으로 전달된다. 달팽이관은 림프액으로 가득 차 있기 때문에 전달된 진동은 액체의 파동으로 바뀌어 기저막을 진동시킨다. 기저막의 진동은 청각 수용기인 여러 길이의 유모세포(hair cell; 털세포)에 의해 감지되고 여기에 연결돼 있는 청신경에 의해 뇌에 전달된다. 이때 소리의 높낮이(주파수)에 따라 반응하는 유모세포가 서로 다르다.

- 2008 서울대 자연계논술 예시문항 중



(라) 광고기법이 나날이 진화하면서 이제는 예상되는 주 관객층에게만 물리적 자극을 주는 영화광고가 개발됐다. 이러한 최근의 예가 바로 할리우드 공포영화 '메신저'의 영화광고다. 뉴욕타임즈는 미국에서 지난 2월초 개봉한 영화 '메신저'가 17KHz의 고주파음이 녹음된 TV용 영화광고로 마케팅 효과를 톡톡히 봤다고 보도했다. '메신저'는 공포영화 '디 아이'로 미국에서 흥행에 성공한 홍콩 출신 대니 팡과 옥사이드 팡 형제가 만든 영화로, 개봉 첫 주 미국 박스오피스 1위를 차지했다. '메신저'의 TV용 영화광고는 소니픽처스 산하 제작사인 스크린웍스가 제작했다. 스크린웍스는 일반적으로 공포영화 광고에 빠지지 않고 나오는 으스스한 배경음악, 음산한 저음의 내레이션에 17KHz의 고주파음을 살짝 흘려 내보냈다. 대부분의 성인은 8KHz 이상의 소리를 잘 듣지 못하는 반면 어린이들에게는 17KHz의 고주파음이 들리기도 한다.

이번에 스크린웍스가 '메신저' 영화광고에 삽입한 고주파음은 화제를 모으고 있는 '틴벨'과 원리는 같다. 스크린웍스의 마크 웨인스톡 마케팅 부문 부사장은 "영화의 주 관객층인 10대를 겨냥한 고주파음 영화광고 효과가 매우 컸다"고 자체 분석결과를 밝혔다. 제작비 1600만 달러(약 150억원)를 들인 '메신저'는 개봉한지 한 달도 안돼 3500만달러(약 330억원)의 수익을 냈다. - 헤럴드경제 2월 20일자

(마) 국내 최초로 10대만 들을 수 있고 어른들에게는 들리지 않는 벨소리인 '틴벨'이 등장했다. 영국을 비롯한 유럽, 미국 등 해외 10대들로부터 선풍적인 인기를 모으고 있는 틴벨 서비스는 인체의 연령대별 청각 능력을 과학적으로 분석해 17KHz 주파수 대역을 사용했다. 이는 20대 후반의 성인들부터는 청력이 떨어져 8KHz대 이상의 고음대 소리는 들을 수 없다는 점에 착안한 재미있는 서비스다. 국내에서도 최근 10대 휴대전화 사용자들을 중심으로 틴벨 서비스에 대한 폭발적 관심이 늘어나고 있지만 국내 대부분 휴대전화 단말기의 경우 음원칩에서 고주파음의 재생을 지원하지 않아 틴벨 서비스 제공이 불가능했다. 이에 이동통신 업체들은 고주파음을 재생하고 지원할 수 있는 음원칩을 가공하고 개발하는데 성공해 성인의 귀에는 들리지 않는 특이한 고주파 음역으로 만들어진 틴벨 서비스를 본격 제공할 예정이다.

- 1) 성인 남성과 여성의 목소리 차이를 소리의 특성에 따라 설명하고, 변성기를 거치면서 발생하는 성대의 변화를 추론하라.
- 2) 17~18세기에 널리 퍼진 카스트라토(변성기 이전 남성을 거세해 소년의 목소리를 지닌 성년 남자 소리를 내는 남자가수)와 카운터테너(남성이지만 여성처럼 높은 음역을 내는 가수)의 성대 구조와 목소리의 차이를 추론하라.
- 3) 어른들에게는 잘 들리지 않는 벨소리가 있는 이유는 무엇인가?

▶ 전문가 클리닉

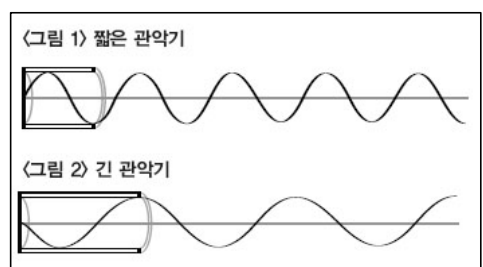
- 1) 성인 남성과 여성의 목소리 차이를 소리의 파장, 주파수 등의 요소를 들어 비교해야 합니다. 음의 파장, 주파수, 속도 간 관계를 밝히고 소리의 높낮이와 진동수(또는 파장)의 관계를 서술해야 합니다. 남녀 목소리의 높낮이를 예측하기 위해 공명관의 예를 들고, 변성기를 거치는 남녀 성대의 길이와 굵기를 올바르게 예측했는지의 여부가 체크 포인트입니다.
- 2) 카스트라토는 변성기 이전 남성을 거세해 여성과 같이 성대가 크게 발달하지 않아 길이가 짧고 고음을 낼 수 있습니다. 반면에 카운터테너는 성대가 변성기를 거쳐 완전히 발달했으므로 가성(假聲)을 사용하며 남성의 목소리가 난다는 점을 추론해야 합니다.
- 3) 내이의 바깥쪽에 있는 유모세포는 높은 주파수의 소리를, 안쪽에 있는 유모세포는 낮은 주파수의 소리를 주로 감지합니다. 사람은 나이가 들어가면서 유모세포가 점차 감소하는데 이는 잘 재생되지 않습니다. 결국 '틴벨'은 이런 점을 이용한 벨소리임을 파악해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 음의 파장, 주파수, 속도의 사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$\lambda = \frac{v}{f} (\lambda : \text{파장}, v : \text{음속}, f : \text{주파수})$$

진동수가 높으면 높은 소리, 진동수가 낮으면 낮은 소리가 난다. 소리의 속도가 일정하다고 가정할 때 파장은



진동수에 반비례한다.

짧은 관악기와 긴 관악기에서 나오는 음파를 성대에서 나오는 목소리와 비교해보자. 두 악기 모두 관 안에서 2개 마디를 가진다면 온도가 일정할 때 음속은 일정하므로 짧은 관은 파장이 짧아져 높은 주파수를 가진다. 반면 긴 관악기는 파장이 길어지므로 낮은 음이 나온다.

남녀의 음역대가 차이 나는 가장 큰 원인 중 하나는 성대의 길이에 있다. 변성기 전 성대의 길이는 8mm 정도로 상대적으로 길이가 짧아 고음을 낸다. 변성기를 거치면 남성은 평균 성대 길이가 18~24mm에 달하고 여성은 13~17mm까지 성장한다. 사춘기가 되면 성호르몬인 테스토스테론이 후두(성대)를 자극해 후두가 두껍고 길어지기 때문에 남성이 여성보다 성대(성대주름)가 굵어지고 길어진다. 그 결과 남성의 성대가 더 낮은 음색을 낸다. 여성의 연골은 상하로 서서히 발육해 성대 길이가 많이 변하지 않으므로 남성과는 달리 소리의 변화가 거의 없다. 성대의 길이가 짧으면 고음역을 소화하기 쉬워 성대가 짧은 여성이 남성보다 고음과 가성을 구사하는 데 유리하다.

- 2) 카스트라토란 라틴어 동사 castrare(거세하다)에서 나온 말로 남성 호르몬을 억제시켜 변성기 전의 소리를 계속 내도록 거세된 가수를 뜻한다. '카스트라토'는 남성 호르몬의 분비가 감소돼 후두와 성대가 자라는 현상이 억제된다. 이렇게 하면 성대는 소년의 크기인데, 폐와 인두(목구멍)는 성인과 같은 기형적인 발성구조를 가져 여성과 남성의 음역을 모두 가질 수 있다.

카스트라토는 성대가 작아 여성만이 낼 수 있는 높은 음역의 목소리를 내면서도 발성의 에너지 원인 폐가 크고 소리의 공명을 좌우하는 인두와 구강이 넓기 때문에 힘이 있으면서도 청아한 목소리를 낼 수 있었다. 따라서 카스트라토는 여성 소프라노보다도 더 깊은 음색과 넓은 음역의 소유자였다. 카운터테너는 일반적으로 높은 음의 가성을 내는 남자 가수라고 알려져 있지만, 원래 카운터테너라는 용어는 르네상스 시대 다성 음악(polyphony)에서 테너 음역의 바로 윗 성부에 해당하는 '콘트라테노르(contratenor)'를 가리킨다. 변성기 이전에 거세해 여성의 목소리를 냈던 카스트라토와 달리 카운터테너는 가성을 사용한다. 카운터테너를 들어보면 굵은 여성 알토 같으면서도 약간의 남성의 색깔을 느끼게 한다.

- 3) 소리의 순환은 귀에서 뇌로 가기까지 긴 여행을 한다. 소리는 우선 공기의 진동으로 고막에 전달돼 이소골에서 증폭되고 내이의 달팽이관(와우)에 도달한다. 발음된 각 단어는 일련의 주파수다. 즉 소리의 주파수에 따라 반응하는 청각세포가 다르다.

달팽이관 안쪽의 각 유모세포는 주파수 정보를 갖고 각 분절마다 별개의 신경섬유가 와 있어 특정 장소의 진동은 그곳에 와 있는 신경섬유만 흥분시키고 반응하게 한다. 바깥쪽 유모세포는 안쪽 유모세포의 기능을 도와준다. 이들 일련의 섬세한 털은 진동과 감각세포 사이에 중간자 역할을 하는 기저막에 의해 지탱된다. 진동을 감지하면 신경섬유는 흥분하고 정보를 청각세포에 전하면 뇌간을 지나 피질로 전달되고 이 대뇌 피질은 정보를 해독하게 된다.

사람의 달팽이관 내부 구조를 보면 고음에 반응하는 유모세포가 있는 위치와 저음에 반응하는 유모세포의 위치가 확연히 구별된다. 귀의 바깥쪽에 있는 유모세포는 높은 주파수의 소리를, 안쪽에 있는 유모세포는 낮은 주파수의 소리를 주로 감지한다. 주파수의 차이는 기저막의 진동을 다르게 유발시킨다. 이때 기저막의 진동 정도에 따라 자극받는 유모세포가 달라지기 때문에 소리의 높낮이 여부를 인지할 수 있다. 사람은 태어날 때 약 5만 개의 유모세포를 갖지만 시간이 흐르면서 부상이나 질병, 자연감소 등으로 유모세포가 점차 감소한다. 이는 보통 재생되지 않기 때문에 세포가 많이 없어지면 청각 기능이 떨어져 회복되지 않는다. 이런 내용을 토대로 본다면 결국 '틴벨'은 나이가 들어가면서 고주파수의 소리를 감지하는 귀 바깥쪽의 유모세포가 감소하며 재생되지 않기 때문에 듣지 못하는 주파수 영역대가 생기는 사실을 이용한 특별한 벨소리라 할 수 있다.

2008년 06월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]자외선 차단제의 원리 - 자외선과 자외선 차단제의 원리를 알아보고 실험을 설계해 봅시다.

문제_01 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 자외선(UV, Ultraviolet ray)은 가시광선의 보라색보다 파장이 짧은 광선이다. 자외선은 파장이 긴 자외선 A(320~400nm), 파장이 중간인 자외선 B(280~320nm), 파장이 짧은 자외선 C(200~280nm)로 구분된다. 자외선 B 중 파장이 짧은 영역(280~290nm)과 자외선 C는 대기 중의 오존층, 수증기, 먼지 등의 영향으로 흡수, 산란되기 때문에 지표 상에는 자외선 A와 자외선 B의 일부만 도달한다. 이렇게 지표에 도달한 자외선은 피부에 영향을 준다. 자외선이 피부에 미치는 영향은 자외선의 종류에 따라 다르다. 자외선 B는 고에너지로 단시간에 피부 표면의 표피와 그 내부의 진피 상부에 도달해 피부가 붉어지는 현상, 화끈거림을 일으키고 심한 경우 물집이 생기는 화상 상태를 만든다.

반면 자외선 A의 경우 에너지는 비교적 약하지만 진피 최하층까지 침투해 옅은 색의 멜라닌 색소를 진한 색으로 변화시켜 피부를 검게 만들고, 피부에 탄력과 신축성을 주는 콜라겐과 엘라스틴을 변형시켜 피부 노화를 유발한다. 근래에는 자외선 A의 유해성에 관한 관심이 점점 더 확대되고 있다. 자외선 A는 자외선 B와 달리 안개나 유리를 통과하며 구름 낀 흐린 날에도 대부분 지상에 도달하므로 연중 광량에 변화가 거의 없어 만성적인 영향을 줄 수 있다. 이런 현상은 어부나 농부의 피부에서 확인할 수 있다. 자외선에 의한 피부 변화를 자연적인 노화와 구분해 광노화라고 한다. 최근 연구에 따르면 자외선을 쬔면 피부 속에 콜라겐이나 엘라스틴 같은 피부탄력 물질이 비정상적으로 불균일하게 많이 쌓여 피부의 탄력이 줄어들고 굵은 주름이 생긴다고 한다. 이는 탄력섬유가 줄어들어 잔주름이 생기고 피부가 늘어지는 자연적인 노화와는 다른 점이다.

(나) 자외선을 차단하는 효과는 SPF 지수와 PA 등급으로 나타낸다. SPF는 자외선 B의 차단 능력을, PA는 자외선 A의 차단 능력을 나타낸다. 즉 SPF는 얼마 동안이나 피부를 붉게 태우지 않고 햇빛에 노출시킬 수 있는지를 나타내는 수치이고, PA는 얼마 동안이나 피부를 검게 변화시키지 않는지에 대한 분류이다. 동일한 SPF, PA 지수를 가진 자외선 차단제를 사용하더라도 그 효과는 개개인마다 다르다.

PA 표시	PFA 값	의미
PA+	2 이상 4 미만	UV-A 방어효과가 있다.
PA++	4 이상 8 미만	UV-A 방어효과가 크다.
PA+++	8 이상	UV-A 방어효과가 매우 크다.

따라서 자외선으로 쉽게 붉어지고 검어지는 사람은 다른 사람에 비해 SPF, PA 지수가 더 높은 제품을 사용해야 한다. SPF 값을 측정할 땐 사람의 피부에 시료를 바르고 자외선을 조사해 다음 식과 같이 시료를 바른 부위의 최소홍반지수(MED, 홍반을 일으키는 최소 자외선량)를, 시료를 바르지 않은 부위의 MED와 비교해 표시한다.

$$SPF = \text{시료도포부의 MED} / \text{미도포부의 MED}$$

PA 등급은 자외선 A 방어지수인 PFA 값에 의해 결정된다. PA 등급에는 PA+, PA++, PA+++의 세 단계가 있으며 +표시가 많을수록 자외선 A를 효과적으로 차단함을 의미한다.

- 논문 '자외선의 유해성에 대한 인지도와 자외선 차단제품 사용실태에 관한 연구' 인용

(다) 콜라겐 같은 단백질 분자간 결합이 노화를 가져온다는 '교차결합설'은 노화의 원인으로 상당한 지지를 얻고 있다. 콜라겐은 장기의 강도나 탄탄함, 탄력성을 결정하는 결합조직의 주성분이다. 결합조직은 나이가 들수록 굳어져서 탄력성을 잃어간다. 이는 콜라겐을 이루는 분자와 분자 사이에 결합이 생기기 때문이라고 여겨지고 있다. 이러한 결합이 개개 단백질 분자의 활동을 억제시켜 노화를 일으킨다는 의미다.

연구진은 세포 밖에 있는 콜라겐의 노화가 세포 내부에 영향을 미치는 것으로 보고 있다. 동맥경화, 골다공증, 관절염 같은 주요한 노인병에는 콜라겐이 관여하고 있다. 교차결합은 단백질 분자 사이 뿐 아니라 DNA와 단백질, DNA와 DNA 사이에서도 이뤄진다. 이러한 교차결합을 차단하는 효소만 발견하면 수명연장이 가능하다고 보는 학자들도 있다.

1) 광노화와 자연적인 노화의 차이를 설명하라.

2) 신장 162cm, 몸무게 50kg인 여성이 약 4시간 동안 해수욕을 즐기려 한다. 모스텔러의

공식에 의하면 $BSA(\text{Body Surface Area}) = \sqrt{\frac{\text{weight(Kg)} \times \text{height(cm)}}{3600}}$ 이다. 자외선 차단제

는 1cm^2 당 2mg, 2시간에 한 번씩 바르는 것이 권장 사항이라고 한다면 이 여성이 준비해야 할 SPF 60의 자외선 차단제 양은 얼마인가?

3) 자외선 차단 효과가 있는 화장품의 원리를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

1) 자외선을 쬔면 피부 속에 콜라겐이나 엘라스틴 같은 피부탄력 물질이 비정상적으로 불균일하게 많이 쌓여 피부 탄력이 줄어들어 굵은 주름이 생깁니다. 반면 자연적인 노화는 나이가 들어 탄력 섬유가 줄어들어 따라 잔주름이 발생하고 피부가 늘어지는 현상입니다. 이 문제는 탄력 물질의 축적 여부 차이에 초점을 맞추어 서술해야 합니다.

2) 모스텔러의 공식에 의하면 이 여성의 BSA는 $\sqrt{\frac{162 \times 50}{3600}} = 1.5\text{m}^2$ 입니다. 문제에서 주어진 자료를 토대로 자외선 차단제의 양을 계산해 봅시다.

3) 자외선을 차단하는 방법은 크게 두 가지가 있습니다. 하나는 자외선을 반사해 튕겨내도록 하는 방법이고, 다른 하나는 자외선을 피부까지 침투하지 못하게 화장품이 흡수해 버리는 방법입니다. 이러한 관점에 근거해 답을 작성해 봅시다.

▶ 예시답안

1) 광노화와 자연적인 노화 사이에는 큰 차이가 있다. 노화에는 유해산소설, 텔로미어설, 교차결합설 등 여러 가지 가설이 있으며 어느 이론이 맞다고 딱 꼬집어 말하기는 어렵다. 하지만 광노화는 이러한 일반적인 노화 이론과는 원인이 다르다.

광노화와 가장 비슷한 관점으로 노화를 설명하는 교차결합설에 의하면 콜라겐 같은 단백질 분자 간 결합이 노화를 가져오므로 결합조직은 나이가 들수록 굳어져서 탄력성을 잃는다. 이는 콜라겐을 이루는 분자와 분자 사이에 결합이 생기기 때문이라고 여겨지고 있다. 이러한 결합이 개개 단백질 분자의 활동을 억제시켜 노화를 일으킨다는 뜻이다. 탄력 물질이 줄어드는 현상이 자연적인 노화의 원인인데, 광노화는 자외선을 쬔면 피부 속에 콜라겐이나 엘라스틴 같은 피부탄력 물질이 비정상적으로 불균일하게 많이 쌓여 피부탄력이 줄어들고 굵은 주름이 생긴다. 즉 광노화나 자연적인 노화는 탄력 물질의 축적 여부에 차이가 있다.

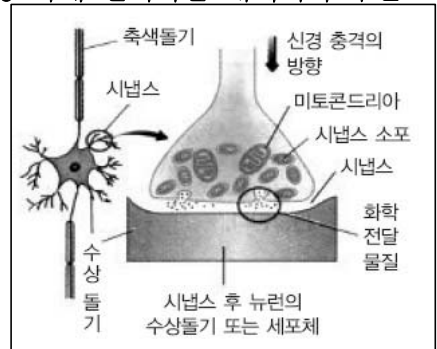
2) 모스텔러의 공식에 의하면 이 여성의 BSA는 $\sqrt{\frac{162 \times 50}{3600}} = 1.5\text{m}^2 = 15000\text{cm}^2$ 이다. 자외선 차단제는 1cm^2 당 2mg, 2시간에 한 번씩 바르는 것이 권장 사항이다. $15000 \times 2 = 30000\text{mg} = 30\text{g}$ 은 자외선 차단제를 한 번 바르는 데 필요한 양이다. 이 여성은 4시간 정도 해수욕을 즐긴다고 했으므로

자외선 차단제 60g이 필요하다.

- 3) 자외선의 해로운 효과를 방어하기 위해 다양한 종류의 소재가 자외선 차단제로 이용되고 있다. 이러한 자외선 차단제에는 자외선을 흡수해 열, 파동, 형광, 라디칼로 에너지를 변환하므로써 피부를 방어하는 유기계 자외선 흡수제가 있다. 또한 자외선을 산란, 흡수하는 무기계 자외선 산란제가 있다. 자외선 흡수제, 자외선 산란제는 각각 장단점을 갖고 있으나 넓은 파장 영역의 자외선을 방어하고 안전성이 높은 자외선 산란제의 중요성이 더 크게 대두되고 있다. 무기계 자외선 산란제 중 가장 많이 사용되는 종류는 이산화티탄(TiO_2 , Titanium Dioxide)과 산화아연(ZnO , Zinc Oxide)이다. 이러한 소재들은 굴절률이 높아 빛을 산란시키는 효과가 우수해야 한다. 이때 자외선 차단 효율은 입자 크기에 따라 최적 영역이 존재하므로 입자 크기의 조절과 응집 방지가 중요한 연구 대상이다. 현재 자외선 산란제의 표면 성질을 변화시키거나 유.무기 분체에 복합화 또는 계면활성제로 분산 안정화시켜 응집을 방지하는 연구가 진행되고 있다.

문제_02 다음 제시문을 읽고 침술의 효과를 입증할 수 있는 간단한 실험을 설계하라.

- (가) '키스 오브 더 드래곤'이라는 영화를 본 적이 있는가? 이 영화에는 주인공 이연걸이 한 방의 침으로 적을 즉사시키는 장면이 나온다. 주로 몸집 좋은 주인공의 힘과 힘이 맞부딪치는 격투 장면을 선호하던 할리우드 영화에서 이연걸 같이 왜소한 몸집의 사내가 사용하는 동양 무술, 그 중에서도 침과 같은 작은 도구를 이용해 적을 즉사시키는 장면이 등장하는 이유는 그들이 동양에 신비감을 느끼기 때문이다. 과학적이지 못하다는 미명 아래 한의학을 대체의학 수준으로 보고 있으면서도 TV 같은 매체를 보면 침술 치료를 받는 서양인이 심심치 않게 등장하곤 한다. 과연 침술은 단순한 신비로움일까? 아니면 과학적 근거를 갖고 있는 것일까?
- (나) 오른쪽 그림은 시냅스에서 신경 자극이 전달되는 과정을 간단히 설명한 것이다. 뉴런 말단에서는 신경전달물질이 들어 있는 소포가 방출돼 터진다. 그 뒤 신경전달물질이 확산하면서 다음 뉴런의 수용체에 결합해 자극이 계속 전달될 수 있게 해 준다.



▶ 전문가 클리닉

가설을 설정하고 실험군, 대조군을 이용해 실험을 설계하는 과학의 탐구 과정을 다룬 문제입니다.

▶ 예시답안

<가설> 침술은 신경 전도를 촉진하는 메커니즘을 거쳐 통증을 완화시키는 역할을 할 것이다.

<실험 설계> 300명의 염좌 환자를 택해 실험을 설계한다. 실험군은 혈자리에 침을 놓는 경우이고 대조군은 적절한 혈자리가 아닌 자리에 침을 놓는 경우와 침을 놓지 않고 살짝 자극을 주고 침을 놓았다고 하는 경우에 대해 설계 한다. 즉 100명의 환자에게는 혈자리에 침을 놓고 100명의 환자에게는 혈자리가 아닌 자리에 침을 놓는다. 또한 나머지 100명에게는 침을 놓지 않고 살짝 자극만 주고 침을 놓았다고 한 뒤 신경 말단에서 신경전달물질의 분비량을 측정한다. 그래서 신경전달물질의 분비량이 다른 두 군에서와 달리 혈자리에 침을 놓은 군에서 통계적으로 유의성 있게 증가했다면 이 가설은 맞다고 볼 수 있다.

2008년 07월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]광우병과 슈퍼독감, 에이즈의 예를 통해 종을 뛰어넘는 병원체 이동에 대해 생각해봅시다.

문제 01 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 호주국립대의 아드리안 킵스 박사팀이 1918년에 발생했던 스페인 독감의 유전적인 원인을 연구한 결과가 과학저널'사이언스'에 실렸다. 그들의 연구에 따르면 스페인 독감 바이러스는 헤마글루티닌이라는 단백질의 유전자가 재조합돼 치명적인 병원성을 갖게된 것이라고 한다. 1918년 스페인 독감이 유행하기 바로 전에 바이러스의 헤마글루티닌이란 단백질 유전자에 재조합이 일어났고 그 결과 생겨난 두 종류의 변종 바이러스 가운데 하나가 치명적인 바이러스가 된 것이다. 20세기 의학계의 화두에서 '슈퍼독감'은 빼놓을 수 없다. 슈퍼독감은 1918년 스페인, 1957년 아시아, 1968년 홍콩에서 각각 발생해 전 세계로 퍼져 엄청난 사망자를 냈다. 특히 1918년에서 1919년 사이에 발생한 스페인 독감은 전 세계적으로 수백만 명의 사상자를 내 중세의 페스트 이후로 인류에게 닥친 최악의 전염병 중 하나로 불린다. 슈퍼독감은 주로 동물 바이러스에서 유전자인 RNA가 재조합돼 인간으로 전염돼 발생한다. 스페인 독감은 돼지의 바이러스가 변형된 뒤 인간에게 전염된 사례다. 슈퍼독감의 문제점은 독감 바이러스의 유전자인 RNA가 변이를 일으켜 면역 체계나 치료제로 대항하기 어려운 변종을 만든다는 데 있다. 이 때문에 슈퍼독감은 파괴력 면에서 일반 독감과 비교가 되지 않는다.

(나) 줄기세포는 근육, 뼈, 뇌, 피부 등 신체의 어떤 기관으로도 분화되는 만능세포를 뜻한다. 줄기세포는 간이나 폐, 심장 같은 구체적 장기를 형성하기 이전 단계의 세포이다. 인간의 경우 줄기세포는 만능 줄기세포, 배아 줄기세포, 다기능 줄기세포 세 가지로 분류된다. 수정란이 처음으로 분열할 때 형성되는 세포가 만능 줄기세포이고, 이 만능 줄기세포가 계속 분열해 만들어지는 세포가 배아 줄기세포이며, 성숙한 조직과 기관 속에 들어 있는 세포가 다기능 줄기세포이다. 만능 줄기세포는 세포 하나하나가 모두 태아의 발생으로 이어질 수 있기 때문에 연구용으로 사용될 경우 심각한 윤리적 논쟁을 불러일으킨다. 다기능 줄기세포는 성체 줄기세포라고도 부르는데 이미 분열이 상당히 진행돼 노화 단계에 들어선 세포이기 때문에 다양한 세포계로 배양시키는 데는 한계가 있다.

과학자들은 배아 줄기세포가 질병 치료에 가장 유용하다고 보고 이를 이용해 알츠하이머, 암, 파킨슨병 같은 각종 난치병을 치료하기 위한 연구를 해왔다. 줄기세포의 궁극적 연구목적은 난치병이나 불치병을 고치기 위함이며 더 나아가 무병장수에 대한 인간의 욕망을 충족시키는 데 있다. 진시황이 그토록 애타게 찾던 불로초는 바로 줄기세포일지도 모른다.

(다) 광우병은 1985년 4월 영국 남부지방의 수의사가 임상적으로 신경 증상을 나타내는 특이한 질병으로 최초 보고했다. 그 뒤 1986년에 16마리의 소에게서 광우병이 발생한 사건을 계기로 광우병은 점차 확산됐다. 1987년 7월 영국 MAFF 중앙수의연구소에서는 이 새로운 질병을 소해면상뇌증(Bovine spongiform encephalopathy, BSE)이라고 공식 발표했다.

BSE가 세계적으로 문제가 된 것은 1988년에 BSE의 병인체가 양의 전염병인 스크래피와 관련 있는 프리온 단백질(PrPsc)로 밝혀지면서부터다. 영국정부는 BSE에 감염된 모든 소를 도살처분하겠다고 발표해 광우병의 심각성에 대한 우려가 증폭됐다. 이 질병이 발생한 지 10년 뒤인 1996년 3월에 영국정부에서는 BSE와 사람의 크로이츠펔트 야콥병(CJD)과의 상관 가능성을 발표했다. 이러한 근거는 광우병 발병 소에게서 추출한 변형 프리온 단백질을 실험동물에 투여한 결과 전염성이 인정됐기 때문이다. 게다가 과학자들이 BSE의 단백질소 내성 프리온이 사람의 변형 CJD(vCJD)와 관련성이 있다고 보고 해 BSE는 인수 공통 전염병 차원에서 다뤄지고 있다.

(라) 미국의 신경학자인 스탠리 프루지너는 프리온 단백질의 변형된 형태가 광우병 같은 치명적인 뇌의 병증을 유발한다고 제안했다. 그의 주장에 따르면 프리온에는 크게 두 종류, 즉 정상적인 형태와 질병을 유발하는 변형된 형태가 있다고 한다. 이 중 변형 프리온은 자신과 접촉하는 정상 프리온의 구조를 변화시켜 변형 프리온으로 만듦으로써 변형 프리온의 수를 계속 늘려나간다. - 2005학년도 성균관대 수시 1학기 제시문 발췌

(마) 지금까지의 추세를 보면 광우병 파동이 일어난 뒤에는 소고기에 대한 소비자들의 두려움이 증폭되면서 소고기를 포함한 육류 소비가 크게 줄었음을 알 수 있다. 반면 참치캔을 생산하는 수산 업체의 경우 광우병 파동 이후 소비가 약간 늘어나면서 주가가 가파르게 상승하는 현상을 보였다. 주가 변화를 반영하는 지표 중 하나가 PER(Price Earning Ratio)이다. PER은 주가가 내재가치에 비해 고평가됐거나 저평가 됐는지의 판단기준으로 이용된다. PER은 주가를 1주당 연간순이익으로 나눈 값으로 주가가 1주당 연간 순이익의 몇 배인지를 나타낸다. 이 때문에 PER을 주가수익비율이라고도 한다. 일반적으로 PER의 비율이 높으면 주가가 높고, PER의 비율이 낮으면 주가가 낮다.

$$PER = \text{주가} / \text{EPS(1주당 연간순이익)}$$

- 1) 슈퍼독감은 동물 바이러스의 유전자인 RNA가 재조합돼 인간으로 전염돼 발생하는 문제로, 그 파괴력이 대단하다. 광우병도 결국 양의 전염병인 스크래피와 관련 있는 프리온 단백질이 원인균이다. 이런 관점에서 동물의 줄기세포를 이용해 분화시킨 장기를 인간에 이식한다고 할 때의 문제점을 논하라.
- 2) 제시문 (라)는 프리온의 증식 과정을 설명하고 있다. 이것이 일반적인 바이러스의 증식 과정과 어떤 차이가 있는지 논하라.
- 3) 제시문 (마)를 보면 광우병 파동 이후 일부 수산주의 주가가 과도하게 폭등했음을 알 수 있다. 이러한 수산주의 주가 폭등을 PER의 지표 관점에서 논하고 투자 전략에 대해 기술하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 종을 뛰어넘는 병원체 이동은 항상 문제가 될 가능성이 있습니다. 동물의 줄기세포를 이용해 분화시킨 장기도 결국은 이종 간의 이동이니 인체에 이식할 때 여러 문제가 생길 수 있음에 주안점을 두고 답안을 작성해야 합니다.
- 2) 프리온과 바이러스의 증식 과정에 어떤 차이가 있는지를 다루는 문제입니다. 프리온은 핵산 없이 단백질만으로 이뤄져 병원성을 나타내며 증식을 할 수 있습니다. 이 차이점이 왜 생기는데 초점을 맞춰 설명합니다.
- 3) 경제적인 원리를 광우병이라는 주제와 연관시킨 통합형 논술 문제입니다. PER의 개념을 이해하고 PER을 이용해 일부 수산주의 가격 폭등을 어떻게 설명할 수 있을지에 대한 견해를 적어봅시다.

▶ 예시답안

- 1) 슈퍼독감은 1918년에 스페인, 1957년에 아시아, 1968년 홍콩에서 각각 발생해 수많은 사망자를 낸 독감이다. 슈퍼독감은 동물 바이러스의 유전자인 RNA가 재조합돼 인간에게까지 전염됨으로써 큰 피해를 냈다.

한편 광우병이 세계적으로 문제가 된 것은 1988년에 광우병의 병원체가 양의 전염병인 스

크래피와 관련된 변형프리온 단백질로 밝혀지면서부터였다. 즉 양에서 소로 변형프리온 단백질이 옮겨지면서 문제가 생긴 것이다.

최근 들어 동물의 줄기세포를 이용해 장기를 분화시켜서 인간에게 이식하는 이중 간 이식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 동물체 내에서 분화된 장기를 인간에게 이식하는 방법은 아직도 알려지지 않은 각종 병원균과 수많은 미세 유기체의 덩어리를 옮기는 것이나 마찬가지다. 이는 AIDS나 광우병처럼 인간에게 치명적인 전염병을 유발할 잠재력을 지니고 있다.

이에 대한 대안 중 하나로 자신의 배아줄기세포를 이용하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 자신의 배아 줄기세포를 미리 채취해 저장해 놓았다가 질병에 걸려 이상이 생기면 문제가 생긴 기존의 장기 대신, 자신의 배아 줄기세포를 분열시켜 장기를 새로 만들어 이식하는 것이다. 이렇게 하면 거부반응 없이 정상적인 몸으로 복구될 수도 있다. 하지만 생명윤리에 관한 문제와 관련해 배아줄기세포 연구에 대한 비판도 만만치 않다. 결국 줄기세포를 이용한 장기이식 문제에도 빛과 그림자가 공존한다. 과연 줄기세포 연구는 빛이 많을까 그림자가 더 많을까. 그 해답은 더 많은 시간이 지나야만 알 수 있을 것으로 보인다.

2) 바이러스는 생물체에 감염하면 핵산 부분이 생물체 안으로 들어가 숙주의 효소를 이용해 복제와 증식을 한다. 생물체에 감염된 바이러스의 핵산은 숙주의 효소를 이용해 복제를 하고 단백질 껍질을 만들어 조립됨으로써 다시 하나의 개체를 완성한다. 그에 비해 프리온은 정상적인 형태와 질병을 유발하는 변형된 형태가 있다. 이 중 변형 프리온이 자신과 접촉하는 다른 정상 프리온의 구조를 변화시켜 변형 프리온으로 만듦으로써 그 수가 계속 늘어나는 것이다. 즉 프리온은 단백질로 이뤄져 있으므로 핵산을 통해 증식하는 바이러스와는 다른 의미의 증식을 할 수 있다.

3) PER은 주가를 1주당 연간 순이익으로 나눈 값이다. PER이 높다는 점은 주당 순이익에 비해 주가가 높음을 나타낸다. 이는 경영성과가 좋지 않으나 주가는 높게 형성된 것으로 기업의 잠재가치가 과대평가됐다고 할 수 있다. 따라서 PER이 높은 주식은 매도하는 투자 전략을 생각할 수 있다. 반대로 PER이 낮다는 점은 주당 순이익에 비해 주가가 낮음을 의미한다. 이것은 경영성과는 좋지만 그만큼 주가가 높게 형성되지 못한 것으로 기업의 잠재가치가 과소평가된 상태라고 볼 수 있다. 따라서 PER이 낮은 주식은 매입하는 투자 전략을 생각할 수 있다.

그러나 이렇게 고 PER은 매도, 저 PER은 매입이라는 이분법적 주장을 할 수만은 없다. 주가는 기업의 경영성과에 앞서 기대심리를 반영하고 수요와 공급의 원칙에 따라 수익에 우선하기 때문에 아직까지 경영성과가 좋지 못한 기업이라도 앞으로의 성과가 좋을 것이라고 기대되면 주가가 높게 형성될 수 있다. 신기술을 개발한 기업이 제품 양산화를 하지 못한 상태에서도 주가가 높게 상승하는 이유도 바로 이 때문이다. 이 경우 고 PER이므로 PER이 높다고 해서 무조건 매도한다는 전략은 올바른 투자 전략이라고 볼 수 없다. 제시문에서 다루는 수산주도 현재 실적은 좋지 않으나 광우병 때문에 소고기 소비가 줄면 반사적으로 성과 개선이 일어날 것이라는 기대감으로 매수세가 몰리며 주가가 폭등한 경우라고 볼 수 있다. 물론 그 뒤의 실적은 특별히 향상된 점이 없어 보인다.

이렇듯 주식은 어느 한 지표만으로 판단할 수 있는 대상이 아니다. 주가에 영향을 미치는 요인은 헤아릴 수 없이 많다. 하나의 지표에 현혹돼 투자 전략을 세운다면 큰 낭패를 볼 수도 있다. 따라서 주가가 영향을 주는 여러 사항을 고려해 적당한 투자 전략을 세워야 한다.

2008년 08월호 - 생물 면접구술고사 완벽가이드

[생물]GMO의 양면성

문제 01 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 생산성과 상품의 질을 높이기 위해 본래 유전자를 변형시켜 생산한 농산물을 GMO 식품이라 한다. GMO 식품은 질병에 강하고 생산량이 높아 식량난을 해소할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 오랜 기간 섭취할 경우에도 인간에게 무해한지가 확실히 검증된 바 없으며 GMO 품종으로 인해 생태계가 교란되는 등 환경 재앙이 발생할 수 있다는 위험성도 있다.

(나) 염색체의 모양이나 수는 정상과 같으나 DNA 염기서열에 변화가 생겨 새로운 형질이 나타나는 현상을 유전자 돌연변이라 한다. 잘 알려진 유전자 돌연변이의 예로는 겸형 적혈구 빈혈증, 알비노증, 페닐케톤뇨증이 있다. 돌연변이 유전자가 나타내는 형질이 개체의 생존에 치명적이지 않다면 이 유전자의 비율은 높아지기도 한다. 돌연변이는 개체의 형질이 다양하게 나타나도록 함으로써 자연선택에 의한 생물 진화의 기초가 되기도 한다. - 고등학교 생물I 교과서

(다) 유전자(DNA)에는 수정란이 세포분열한 뒤 각각 어떤 세포로 발달할지와 각각의 세포가 어떤 역할을 할지에 대한 정보가 기록돼 있다. 집을 지을 때 작성하는 설계도와 마찬가지로 설계도를 바탕으로 건축가(세포)들은 우리 몸을 구성한다. 뼈를 만드는 세포는 유전자에 수록된 정보를 바탕으로 자식과 아버지가 비슷한 체형을 갖도록 골격을 형성하며 피부를 만드는 세포와 머리카락을 만드는 세포에 의해 자식은 부모와 비슷한 외모를 갖춘다.

생명체는 항상 같은 상태를 유지하려는 성질이 있기 때문에 세포가 새로 생겨날 때는 이전 세포가 가진 유전자를 그대로 복제한다. 우리 몸에 있는 모든 세포의 유전자는 최초 세포인 수정란과 같다. 설계도가 잘못되면 부실 공사가 되는 것처럼 세포가 새로 만들어질 때 유전자가 잘못 복제되면 병이 생긴다. 대표적인 예가 암(종양)이다. 암이란 '유전자 복제가 잘못돼 제 기능을 하지 못하는 세포가 모인 것'이다. 몇몇 과학자들은 노화의 이유도 세포가 생겨날 때 유전정보를 온전히 복제하지 못하기 때문으로 생각한다. 사람은 성장하면서 아기 때 가졌던 유전정보를 조금씩 잃어가며 그러다보면 인쇄된 문서를 수십 번 복사를 하면 글씨가 흐릿해져 읽지 못하는 글자가 나오는 현상이 일어난다는 생각이다.

- '유전자 재조합 식품 먹거리의 과학', 오오사와 카즈지 외 지음

(라) 재조합 유전자를 만드는 과정에서는 제한효소 운반체(벡터), 연결효소(리가아제)를 이용한다. DNA 제한효소는 DNA의 특정 부위를 잘라내며 DNA 연결효소는 DNA 제한효소에 의해 잘려진 부위나 특정 염기쌍을 연결한다. 운반체는 재조합 DNA를 숙주세포나 다른 생물세포에 운반하며 유전자 재조합 기술에서는 주로 플라스미드와 박테리오파지가 운반체로 이용된다.

- 고등학교 생물II 교과서

(마) 전남도의회는 유전자재조합농산물(GMO)의 표시내용을 강화할 것을 촉구하는 대정부 건의안을 채택했다. 도의회는 건의안에서 "현재 3%인 '비의도적 유전자변형농산물의 혼입률 표시면제' 대상을 유럽연합(EU) 수준인 0.9%로 하향조정해 GMO 표시대상을 확대해야 한다"고 주장했다. 또 GMO 식품 표시기준 대상을 유전자재조합 DNA 또는 외래 단백질이 잔류된 식품으로 한정하지 말고 GMO를 원료로 하는 모든 제조 가공식품으로 확대해 줄 것을 촉구했다.

- 연합뉴스 2008년 6월 16일자

- 1) GMO를 만들 때는 유전자재조합기술을 사용한다. 유전자재조합기술에서 많이 사용하는 용어를 5가지 정도 설명하라.
- 2) 제시문 (마)를 보면 GMO의 사용을 막으려는 노력이 계속됨을 알 수 있다. GMO가 왜 해로운지 제시문 (가)~(라)를 읽고 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 유전자재조합기술에 사용되는 핵심 용어를 잘 알고 있는지 묻는 문제입니다. 구술시험에서도 출제될 가능성이 높은 유형의 문제입니다. 유전자, 제한효소, 리가아제, 숙주, 플라스미드를 핵심용어로 제시하고 설명해야 합니다.
- 2) 생태계는 스스로 균형을 이루고 있습니다. 병충해에 강하고 생산성이 높은 GMO가 생태계에 들어갔을 때 어떤 일이 일어날지에 초점을 맞춰 서술해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 유전자재조합기술에서 많이 사용되는 용어에는 유전자, 제한효소, 리가아제, 숙주, 플라스미드가 있다. 유전자는 형질을 만들어 내는 유전정보 단위이며 하나하나의 염기서열을 의미하지 않는다. 제한효소는 유전자 재조합에서 가위 같은 역할을 하며 특정 염기서열을 인식해 잘라준다. 리가아제는 풀과 같은 역할로 플라스미드와 우리가 원하는 유전자의 말단이 딱 들어맞게 서로 붙여준다. 숙주는 유전자가 재조합된 플라스미드 같은 운반체를 넣었을 때 자신 안에서 복제가 일어나게 하는 생명체로 대장균이 이에 속한다. 플라스미드는 재조합된 유전자를 운반하는 운반체로 DNA가 원형을 이루며 독립적으로 존재하고 자기복제 능력이 있다.
- 2) GMO는 질병에 강하고 생산성을 높이는 특성을 발현시키는 유전자를 유전자 재조합 방법으로 곡물에 넣어준 것이다. GMO가 생태계에 퍼지면 기존에 있던 옥수수 같은 곡물들이 적자생존의 원칙에 따라 도태되어 생태계에 교란이 일어날 것이다. GMO가 인간에 해를 끼치는가에 대한 장기적인 데이터가 충분하지 않다. GMO가 인체에 무해하다는 연구 결과가 있지만 확신하기는 이르다. GMO를 섭취할 때 지금까지 접하지 못한 유전자가 섭취되고 섭취된 유전자가 자연적인 방법으로 인간 유전자와 재조합을 일으켜 문제를 야기할 가능성이 있다.

문제 02 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 호기성 세균이 유기물질을 산화시키는 데 필요한 산소의 양을 mg/L 또는 ppm으로 나타낸 것을 생물학적 산소요구량이라 한다. 일반적으로 BOD라고 부르며 도시 폐수의 경우 BOD 반응은 20℃에서 약 20일 걸린다. 이와 같이 완전히 반응시켜 얻은 수치를 최종 BOD 농도라고 한다. BOD의 완전반응은 소요 시간이 너무 길기 때문에 현장에서는 5일간 반응시켜 얻은 농도를 이용한다.
- (나) 혐기성 세균은 산소가 없는 환경에서 생활하는 세균으로 산소 존재와 상관없이 생활이 가능한 종류와 산소가 없는 곳에서만 생활이 가능한 종류로 나뉜다. 호기성 세균이 산소를 이용해 에너지를 얻는 과정을 유기 호흡이라고 하며 혐기성 세균의 호흡 방법을 무기 호흡이라고 한다. 무기 호흡 중에서 중간 산물이 이로운 물질인 경우를 발효라고 하고 해로운 물질이 나오는 경우를 부패라 한다. - 미생물학 5판, 클라인 프레스코트 지음

(다) 기체의 용해도는 온도에 반비례하고 압력에 비례한다. 헨리의 법칙에 따르면 일정한 온도에서 액체에 녹아 들어가는 기체의 양은 기체의 부분압에 비례한다. 사이다 뚜껑을 열었을 때 기포가 증가하는 이유는 압력이 낮아지면서 기체의 용해도가 낮아지기 때문이다. 차가운 사이다를 여름날 밖에 잠시만 놓아두어도 이산화탄소 기체가 날아가 톡 쏘는 맛이 사라지는 현상은 기체의 용해도가 온도에 반비례하는 원리와 관련 있다.

- 1) 기체의 용해도는 압력에 비례한다. 하지만 모든 기체의 용해도가 압력에 비례하지는 않는다. 용매가 물이라 가정할 때 어떤 기체의 용해도가 압력에 비례할지 예상해보고 그 이유를 설명하라.
- 2) BOD가 증가하면 호기성 미생물이 유기물을 분해하는 데 산소를 사용하므로 용존산소량(DO)이 줄어든다. BOD는 그대로인데 DO만 감소한 하천은 무슨 일이 일어났던 걸까? 제시문 (다)를 참고 해 설명하라.
- 3) 제시문 (가)~(나)를 읽고 하천이 오염되는 과정을 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 극성 물질은 극성 용매에 녹고 비극성 물질은 비극성 용매에 녹습니다. NH_3 , HCl 같은 극성 물질은 물에 거의 무한대로 녹기 때문에 헨리의 법칙이 적용되기 어렵습니다.
- 2) 기체의 용해도는 온도에 반비례합니다. BOD에는 변화 없이 용존산소량(DO)만 감소한 하천은 수온이 높아져 산소의 용해도가 감소했을 가능성이 있습니다.
- 3) 하천에 유입된 유기물의 양이 호기성 미생물의 분해 한계를 넘어서면 산소가 모두 소모돼 혐기성 미생물이 번식하면서 부패가 일어납니다.

▶ 예시답안

- 1) 용매가 물인 경우 헨리의 법칙은 비극성 물질일 때에만 성립한다. 극성 물질은 극성 용매에 비극성 물질은 비극성 용매에 녹는다. NH_3 , HCl 같은 극성 물질은 물에 거의 무한대로 녹기 때문에 압력을 변화시켜도 용해도가 거의 무한대로 일정하다. 용매가 물일때 극성 기체의 용해도는 압력과 비례 관계를 보이기 힘들다. 비극성 물질은 물에 별로 녹지 않으므로 압력에 비례해 용해도가 증가한다. CH_4 , C_2H_2 같은 비극성 물질은 압력에 비례해 용해도가 증가한다.
- 2) 공장에서 오랜 시간 기계를 작동시키면 마찰로 인해 열이 발생한다. 열이 발생하면 기계 효율이 떨어지므로 물로 기계를 식힌다. 이 과정에서 데워진 물을 하천에 그대로 방류하면 수온이 높아져 기체의 용해도가 감소하고 그 결과 BOD 변화 없이 용존산소량(DO)만 감소한다.
- 3) 하천에 유기물이 유입되면 호기성 미생물이 산소를 소모하면서 유기물을 분해한다. 유기물이 많지 않으면 호기성 미생물에 의해 거의 분해된다. 줄어든 용존산소량은 수중 생물의 광합성이나 물의 유동으로 다시 증가한다. 유기물의 양이 많아져 호기성 미생물이 분해 가능한 한계를 넘어서면 산소가 모두 소모되고 혐기성 미생물이 번식해 부패가 일어난다.

2008년 09월호 - 농구술 완벽 가이드

[생물]생체인식 기술의 특성

| 글 | 남궁원 · ceo1@nksociety.com |

문제1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 칩이나 카드의 형태가 아니라 지문이나 홍채를 이용해 결제하는 시대가 다가오고 있다. 영국 잡지 '카드 인터내셔널'은 최근 "지문이나 홍채를 이용한 생체인식 결제는 가장 진보된 카드 기술 중 하나"라고 소개했다. 고객은 인증번호를 누르고 지문이나 홍채를 이용해 결제하기 때문에 카드나 칩을 가지고 다닐 필요가 없다. 마이크로소프트가 공개한 터치스크린 컴퓨터의 기술력과 생체인식 기술이 결합되면 집에서 컴퓨터 스크린에 손가락을 가져다대는 것만으로 결제가 이뤄지는 마법 같은 세상도 곧 올 듯하다. - 동아일보 2007년 7월 2일자

(나) 1990년대의 영화 '007' 시리즈나 '미션 임파서블' 시리즈를 보면 지문인식, 음성인식을 이용한 보안 장치들이 등장한다. 당시에는 그저 영화 속에서만 가능한 일이라고 여겼던 이러한 기술이 일상생활에서 널리 쓰이고 있다. 2000년대에 들어서서 영화 속의 보안 장치도 발전을 거듭해 홍채 인식, 망막인식, 얼굴인식 장치가 등장하고 있으며, 이 중 홍채인식이나 망막인식 장치가 대세로 자리잡고 있다. 영화 '마이너리티 리포트'를 보면 주인공인 톰 크루즈가 자신의 신원을 숨기기 위해 상대방의 안구 전체를 자기 눈에 이식하는 장면이 나온다. 영화 '미녀 삼총사'에서도 망막을 이용해 신원을 확인하는 장면이 등장한다. 영화 속의 이러한 첨단 장치들은 모두 생체인식 기술과 관련돼 있다. 생체인식 기술은 사람마다 특징이 다른 생체정보를 뽑아내 신원을 판별하는 기술이다. 생체인식 기술에서 기준이 되는 신체 특징으로는 지문, 얼굴, 홍채, 각막, 손 모양, 음성 등이 있다. 생체인식은 지금까지 우리가 사용해오던 신원인증 수단에 비해 장점을 지닌다. 현재 신원인증 수단으로 쓰이는 비밀번호(문자, 숫자와 특수기호의 조합), ID카드, 스마트카드의 경우 공유, 노출, 망각, 분실의 위험성이 항상 존재한다. 이에 비해 생체인식은 공유, 망각, 분실의 가능성이 거의 없다. 다음 표에는 각종 생체인식 방법과 그 장단점이 정리돼 있다.

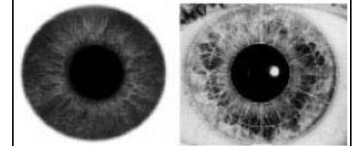
	인식방법	장단점
지문	지문의 특징점(중심점, 끝점, 분기점, 삼각주)을 이용	<ul style="list-style-type: none"> 정확도 높음 인식시스템 소형화, 다양한 제품 응용성, 경제성 요구
눈(홍채, 망막)	<ul style="list-style-type: none"> 홍채의 모양과 색 모세혈관의 모양 적외선 조사 	<ul style="list-style-type: none"> 시야 고정 필요 적외선 조사의 거부감 장비의 고가
얼굴	<ul style="list-style-type: none"> 윤곽과 거리 측정 열선 그래프 	<ul style="list-style-type: none"> 빛, 얼굴 각도에 따른 왜곡 변장에 따른 타인수락 가능 머리 모양, 안경 착용에 따른 이미지 왜곡
서명	입력 방향, 속도, 압력	<ul style="list-style-type: none"> 성장에 따른 변화 가능성 정확도 떨어짐
음성	음소, 음절, 단어의 진동	<ul style="list-style-type: none"> 변성기에 따른 목소리의 변화 건강 상태에 따른 목소리 변화 성대모사 문제, 잡음 문제 인식 속도가 느림
키보드 입력	타이핑, 속도, 압력	<ul style="list-style-type: none"> 키보드에 따라 인식을 차이 존재 컴퓨터에서만 사용 가능

(다) 지문은 손가락의 진피부분이 손상되지 않는 한 평생 변하지 않는다는 특성을 갖기 때문에 오래전부터 인식 수단으로 사용돼 왔다. 지문을 인식할 때 지문의 중심점, 삼각주, 분기점, 끝점 등 특징점을 파악해 비교한다.

홍채는 생후 6개월에서 3년 이내에 특유의 형태로 자리 잡은 뒤 평생 변하지 않으며 형태도 좌우가 서로 다르다. 심지어 쌍둥이조차 홍채의 패턴이 다르다. 또 홍채인식은 살아있는 눈만 가능하기 때문에 과학적인 방법으로 위조가 어렵다. 이런 특성 때문에 홍채는 생체인식의 중요 수단으로 사용되며 인식을 또한 높은 것으로 판명됐다. <그림2>의 왼쪽 그림에서 볼 수 있듯이 홍채는 독특한 모양을 하고 있다. 홍채를 인식할 때 오른쪽 그림처럼 홍채를 수십 개의 영역으로 분리해 영역별로 그 특성을 파악한다. 영역별로 주름, 골, 줄무늬, 색깔을 인식해 신원을 확인하는 것이다.



〈그림 1〉 지문의 특성



〈그림 2〉 홍채 인식 방법

그러나 생체인식 기술이 항상 옳은 결과를 내는 것은 아니다. 생체인식 기술에서 오류가 나타날 확률은 본인 거부율과 타인 수용률로 나타낼 수 있다. 본인 거부율은 생체인식 정보가 일치하지만 시스템이 일치하지 않는다고 판단할 확률이고, 타인 수용률은 정보가 불일치하지만 일치한다고 판단할 확률이다.

- (라) 최근 일본에서 미성년자를 구별해 내는 자판기가 등장해 화제다. 개발사에 따르면 이 자판기는 10~60대까지 500명을 대상으로 한 실험에서 약 90%의 미성년자 판별 정확도를 보였다고 한다. 고객들이 '성인인증' 버튼을 누르면 내장된 카메라가 얼굴을 찍고, 컴퓨터가 주름, 눈, 입 같은 신체 특정 부분을 분석한 다음 성인인지 여부를 판별한다. 판별에 걸리는 시간은 3초 정도다. 이 기술은 미성년자들에게 유해한 담배와 같은 물건을 파는 자판기에 우선 도입될 예정이다.

실제 현장에서는 2D, 3D, 열적외선의 장점을 취합한 얼굴인식 방식이 유력하다. 3D 데이터를 이용해 얼굴 포즈를 교정한 뒤 이를 2D로 변환해 2D 얼굴 인식 알고리즘을 사용한다. 이 방식을 이용하면 다양한 각도의 얼굴을 인식하지 못하는 2D의 단점과 처리시간이 긴 3D의 단점을 보완할 수 있다. 또 열적외선 영상과 가시광선 영상을 조합하면 조명에 취약한 기존 2D 영상의 문제점을 열적외선 영상으로 보완할 수 있다.

9.11테러 이후 미국, 호주, 영국 정부기관은 외국인의 신원확인 및 보안용으로 얼굴인식 기술 도입을 확대하고 있다. 또 금융권에서는 훔친 카드로 ATM에서 출금하는 사건을 막기 위해 얼굴인식 ATM기기를 곧 내놓을 전망이다. 가격이 낮아진다면 이러한 기술은 PC 같은 개인용 보안에까지 확대될 전망이다. 사실 기술의 성패는 사소해 보이는 곳에서 결정되기도 하는 법이다. 대부분의 첨단기술이 그렇듯 소비자의 거부감을 얼마나 줄이느냐에 따라 얼굴인식 기술의 성패도 결정될 것이다. - 한겨레신문 2008년 1월 14일자

- 1) 생체인식 대상으로 잘 알려진 것으로는 지문, 얼굴, 홍채, 각막, 손 모양, 음성 등이 있다. 이외에 생체인식 대상으로 사용할 수 있는 요소엔 어떤 것이 있을지 서술하라.
- 2) 제시문 (다)를 보면 홍채는 생후 6개월에서 3년 이내에 특유의 형태로 자리 잡은 뒤 평생 변하지 않으며 형태도 좌우가 서로 다르고 심지어 쌍둥이조차 홍채의 패턴이 다르다고 한다. 그렇다면 생체인식에 홍채의 어떤 특징을 이용하는 것일까? 그 방법을 고안해 서술하라.
- 3) 왼쪽 상단의 그림과 같이 중심점은 하나밖에 없으므로 지문의 특징점은 분기점, 끝점, 삼각주 세 가지로 볼 수 있다. 왼쪽 하단의 그림과 같이 지문을 9개의 영역으로 나눠 지문 인식을 할 때 문제점은 무엇인지 서술하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 생체인식 대상으로 여러 다른 생체적 특징을 생각해볼 수 있습니다. 예시답안에서는 실제

로 생체인식에 도입된 사례가 있는 부위인 손등의 정맥을 토대로 글을 풀어봅니다.

- 2) 홍채는 생체인식의 다른 대상에 비해 유일성, 변조 불가능 조건이 잘 충족되는 장점이 있습니다. 특히 홍채 무늬는 지문에 비해 훨씬 많은 특징점을 찾아 낼 수 있으며 그 패턴을 파동 함수의 조합으로 재구성하는 방법이 연구되고 있습니다.
- 3) 중심점은 대개 가운데만 존재하므로 중심점을 제외하면 특징점은 3가지로 볼 수 있습니다. 이에 대한 경우의 수를 구한 뒤 문제점이 존재한다면 특징점의 개수를 늘리거나 영역을 늘리는 방법을 고안해야 합니다.

▶ 예시답안

- 1) 사람의 손등에는 개개인마다 고유한 형태의 정맥이 존재하므로 이를 생체인식에 이용할 수 있다. 개인별로 고유한 정맥 패턴의 특징을 분석하고 이를 데이터베이스에 저장해 기존에 등록된 사용자의 정맥 패턴과 비교해 본인임을 판별한다.

정맥 패턴 인식은 전체적인 시스템을 구축하는 데 많은 비용이 든다. 그러나 복제가 거의 불가능하기 때문에 비교적 높은 보안성을 가지며, 홍채인식에 비해 사용자의 거부감을 줄일 수 있다는 장점이 있다.

- 2) '마이내리티 리포트'라는 영화를 보면 주인공 톰 크루즈가 시체에서 눈을 적출해 홍채인식에 이용하는 장면이 나온다. 홍채인식은 살아 있는 사람에게서만 가능하므로 이 장면은 옥의 티라 할 수 있다.

홍채인식시스템은 사람마다 고유한 홍채 패턴을 구별해 신분을 증명하는 장치다. 이것은 신체 일부를 이용하는 생체인식 가운데 가장 우수한 기술로 인정받고 있다.

홍채인식에서는 개인을 구별할 수 있는 특징점이 지문의 경우 분기점, 끝점, 삼각주 등 약 40여개인 반면 홍채 무늬의 경우 사람마다 약 260개의 차이점을 갖고 있다. 이를 이용하면 차이점의 유무만 구별하더라도 각각의 차이점에 대해 경우의 수가 2가지씩 나오므로 총 경우의 수는 2^{260} 이 나와 타인 수용률을 거의 0으로 만들 수 있다.

이 무늬를 몇 가지 파동 함수의 조합으로 재구성할 수도 있다. 파동 함수의 조합으로 재구성되면 사람마다 함수값이 다르고 이 차이를 이용해 본인임을 확인할 수 있다.

- 3) 특징점 유무의 경우의 수는 2가지, 중심점은 대개 가운데만 존재하므로 특징점 3가지(분기점, 끝점, 삼각주)로 판단한다면 9개의 영역이 존재한다. 따라서 경우의 수는 $(2^3)^9 = 2^{27} \approx 1\text{억}3000\text{만개}$ 가 나온다.

세계 인구를 60억 명으로 본다면 지문인식을 할 때 같은 사람으로 인식될 가능성이 존재한다. 이를 방지하려면 어떻게 해야 할까.

첫째, 만약 영역을 12개로 나눈다면 경우의 수는 $(2^3)^{12} = 2^{36} \approx 687\text{억개}$ 가 된다. 이렇게 되면 세계 인구에 비해 10배에 가까운 경우의 수가 나오는 셈이다. 이는 더 많은 특징점을 찾아내 판단에 사용하는 경우에 해당하므로 타인 수용률이 줄어들어 문제를 해결할 수 있다.

둘째, 특징점의 개수가 0인 경우, 하나인 경우, 두 개 이상인 경우로 구분하는 방법이 있다. 이렇게 하면 영역은 여전히 9개라고 하더라도 경우의 수는 $(3^3)^9 = 3^{27} \approx 7\text{조}6000\text{억개}$ 가 된다.

마지막으로 더 많은 수의 특징점을 추가하는 방법도 가능하다. 특징점을 하나만 더 추출한다고 하더라도 경우의 수는 $(2^4)^9 = 2^{36} \approx 687\text{억개}$ 가 된다. 이와 같은 원리를 이용한다면 문제점을 쉽게 해결할 수 있다.

2008년 10월호 - 농구술 완벽 가이드

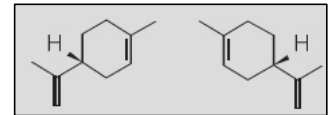
[생물]광학이성질체의 양면성

| 글 | 남궁원 · ceo1@nksociety.com |

문제1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 화학구조식과 밀도, 녹는점, 끓는점이 완벽하게 같지만 편광된 빛을 조사했을 때 서로 반대 방향으로 회전시키는 물질을 광학이성질체라고 부른다. 19세기 말 프랑스 화학자 파스퇴르는 포도주에서 쓴맛을 내는 성분을 조사하다가 타르타르산 결정 중 한쪽 방향으로만 빛을 반사하는 물질을 발견했다. 이를 토대로 파스퇴르는 물질에 광학적으로 다른 성격을 가진 대상이 있다는 사실을 발표했다. 광학이성질체의 존재가 처음으로 확인된 사건이다. 당시만 해도 이 발견은 화학자들의 흥미를 끌지 못했다. 빛을 반대 방향으로 반사시킨다는 것 외에 둘 사이에 뚜렷한 차이가 발견되지 않았기 때문이다.

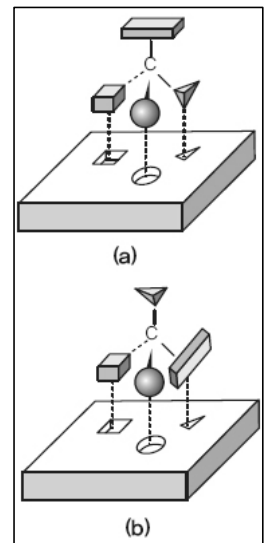
1960년대에 세계를 놀라게 한 사건으로 상황은 역전됐다. 당시 신경안정제로 개발된 '탈리도마이드'는 약효가 탁월해 임산부의 심한 입덧을 완화하는 약으로까지 사용되고 있었다. 그런데 이 약을 장기 복용한 임산부 상당수가 기형아를 출산했다. 연구 결과 탈리도마이드의 부작용으로 기형아 출산율이 높아졌다는 사실이 드러났다. 탈리도마이드에 유용한 성분인 R-탈리도마이드 외에 광학이성질체 S-탈리도마이드가 있다는 점이 확인됐고 이것에 의해 부작용이 일어났음이 밝혀졌다. 이 밖에도 광학이성질체가 전혀 다른 성질을 가지는 사례들이 추가로 보고됐다. 광학이성질체 한쪽은 '약'이 되지만 반대쪽은 '독'이거나 전혀 약효가 없다는 사실이 밝혀지면서 의약계가 발각 뒤집혔고 제약회사들은 앞을 다뒀. 이성질체 중 쓸모없는 물질을 제거하거나 분리하는 방법을 연구하기 시작했다. - 대한화학회지



<그림1> 리모넨의 광학이성질체

(나) 리모넨(Limonene)이라는 분자의 광학이성질체는 <그림1>과 같이 서로 마주보는 형태를 갖는다. 왼쪽 리모넨은 오렌지향이 나고 오른쪽 리모넨은 레몬 향기가 난다.

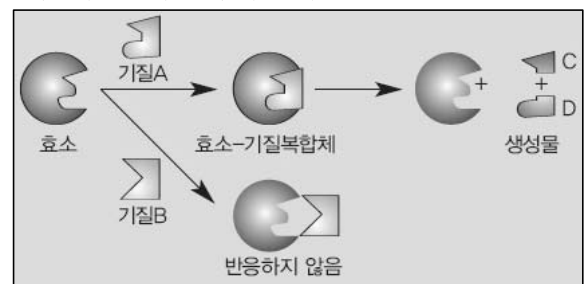
광학이성질체는 약의 섭취에 영향을 준다. 인체에는 외부에서 들어오는 성분과 반응해 내부로 흡수시키는 수용체가 존재한다. 수용체는 구조에 맞는 구조물만 받아들이므로 약품 속에 광학이성질체가 있어도 <그림2>에서 (b)의 경우처럼 받아들이지 못한다.



<그림2> 광학이성질체와 약의 섭취 관계

(다) 효소는 특정 기질에만 결합해 반응을 촉매하는데 이를 기질특이성이라고 한다. 아밀라아제는 녹말을 엿당으로 분해하지만 셀룰로오스는 분해하지 못하고 말타아제는 엿당을 포도당으로 분해하지만 설탕은 분해하지 못한다.

효소에는 기질과 결합하는 활성 부위가 있고 반응하는 기질은 열쇠와 자물쇠처럼 활성 부위가 결합 부위에 딱 맞는다. 효소와 기질이 결합해 효소-기질 복합체가 만들어지고 화학반응이 일어나 기질이 생성물로 변한다.



<그림3> 효소의 기질 특이성

(라) 다양한 생리작용을 나타내는 약들은 각자 특유의 메커니즘으로 작용한다. 현재 알려진 약의 작용메커니즘 중 가장 보편적인 이론은 수용체설이다. 수용체설은 "약이 생체 내에 있는 수용체와 상호작용을 일으켜 생화학적이나 생리적 변화를 유발하고 이것이 신호가 돼 약리작용을 나타내는 것"이다. 약들은 각각 생체 내 여러 수용체 중 치료하고자 하는 질병과 관련 있는 수용체에 결합해 원하는 약리작용을 나타내도록 의도됐다. 일반적으로 수용체는 효소 같은 단백질이나 핵산 등의 거대 분자이며 약은 수용체에 결합하는 작은 분자이다. - 2008학년도 건국대 수시 발췌

- 1) "거울 나라의 엘리스"는 "이상한 나라의 엘리스"의 속편으로 거울 나라로 들어간 엘리스의 이야기다. 우리가 거울 나라로 들어간다면 거울 안 세계에서 몸에 필요한 아미노산을 흡수해 사용할 수 있을까? 제시문을 읽고 논하라.
- 2) 제시문 (가)에 의하면 제약회사에서 광학이성질체 중 '독'이 되는 물질을 제거하거나 분리하는 방법을 연구한다고 한다. 어떤 방법으로 분리할 수 있을지 고안하라.
- 3) 제시문 (다)처럼 효소-기질 반응의 모델로 열쇠-자물쇠 모델이 많이 다뤄진다. 하지만 최근에는 다른 모델도 등장하고 있다. 열쇠-자물쇠 모델이 아닌 다른 효소-기질 반응 모델을 고안하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 광학이성질체는 거울에 비친 모습같다고 해서 거울상이성질체라고도 합니다. 거울 속으로 들어갔을 때 단백질을 분해할 수 있는지와 분해한 뒤 우리가 갖고 있는 수용체로 아미노산을 흡수할 수 있는지에 초점을 맞춰 답안을 작성합니다.
- 2) 탈리도마이드처럼 광학이성질체 중 한쪽은 약이지만 다른 한쪽이 독인 경우가 있기 때문에 이로운 물질만 분리하는 과정은 필수적입니다. 분리하는 방법에 대해 생각을 기술합니다.
- 3) 촉매와 기질이 열쇠와 자물쇠처럼 완벽히 들어맞을 필요가 없다고 주장하는 연구 결과들이 등장하고 있습니다. 열쇠-자물쇠 모델로는 활성화 에너지를 낮추는 문제를 설명하기 어렵기 때문입니다. 그로 인해 촉매의 활성 부위가 어느 정도는 기질에 맞게 모양을 바꿀 수 있다는 유도적합설이 등장했습니다.

▶ 예시답안

- 1) 거울 밖 세상과 거울 안 세상에 있는 화합물은 거울상이성질체이다. 우리가 가지고 있는 단백질 분해효소들은 거울 밖 세계의 폴리펩티드나 디펩티드와 기질특이성을 가지므로 거울상이성질체인 거울 속 세계의 것과 반응하지 못한다. 일차적으로 단백질을 분해하기 힘들며 단백질을 분해한다고 해도 우리가 갖고 있는 수용체와 모양이 맞지 않아 흡수가 어렵다.
- 2) 광학이성질체는 화학구조식뿐 아니라 결합 순서, 녹는점, 끓는점 등 기본적인 성질이 같다. 그래서 분별 증류나 추출 같은 물리적 방법으로 분리하기 어렵다. 그러므로 약품을 합성하는 과정에서 효소를 사용해 한쪽 방향의 물질만 남도록 유도하는 방법을 생각해본다. 효소는 기질특이성이 있으므로 광학이성질체 중 한 방향에만 특이성을 갖기 때문이다.

화학물질을 인공적으로 합성할 때는 왼쪽과 오른쪽 물질이 일대일로 합성되는 것과 달리 자연계에는 광학이성질체 중 한 방향 물질이 압도적으로 존재한다. 이것이 가능한 이유를 밝혀낸다면 이 문제를 쉽게 해결할 것이다.

- 3) 자물쇠에 들어맞는 열쇠는 하나이지만 실제로는 다양한 촉매 반응이 진행된다. 활성 부위에 기질이 접근하면 정전기적 인력, 소수성 작용기의 상호작용, 수소결합, 분산력에 의해 약하게 결합한 뒤 기질과 효소가 상호작용해 효소의 구조가 기질에 맞춰 변형돼 기질이 활성 부위에 알맞게 된다. 이 과정에서 효소는 반응이 쉽게 일어나도록 기질을 잡아줘 활성화 에너지를 낮춘다.

문제 2 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 난할은 생물의 발생 초기에 보이는 수정란의 세포분열로 분할이라고도 한다. 성체의 난할을 보면 처음과 두 번째 난할은 알의 위아래를 잇는 수직면에서 일어나는데 이를 경할이라고 하며 세 번째 난할은 중앙 적도면 근처에서 가로로 일어나며 위할이라고 한다. 네 번째 난할부터는 경할과 위할이 교대로 계속 일어난다.

난할은 난황의 위치와 양에 따라 다양한 방식으로 나타난다. 성계나 사람의 난자처럼 난황이 비교적 고르게 분포돼 있는 등황란은 등할을 하고, 개구리나 물고기처럼 난황이 식물극 쪽에 치우쳐 있는 란을 단황란이라고 하는데 이 중에서 약단황란은 부등할을, 강단황란은 반할을 한다. 그리고 곤충의 란처럼 난황이 난의 중앙에 모여 있는 중황란은 표할을 한다.

난할은 본질적으로 체세포에서 보이는 유사분열과 같다. 그러나 난할은 체세포와 달리 딸세포가 모세포만큼 커지기 전에 다시 분열하므로 진행됨에 따라 하나하나의 세포가 점점 작아진다.

- (나) 세포주기는 한 세포가 성장해 두 세포로 분열되는 전 과정으로 한 세포주기는 G1기, S기, G2기, M기로 구성된다. G1기는 첫 번째 휴지기로 세포가 분열된 뒤 다음 단계를 시작하기 이전에 필요한 세포내 인자를 준비하고 세포가 적절한 크기가 되도록 준비하는 기간이다. G1기 체크포인트에서 세포가 성장과정으로 갈 수 있는 조건이 이뤄졌다고 판단되면 S기로 넘어간다. S기는 핵에 존재하며 유전정보를 포함하는 물질인 DNA의 복제가 이뤄지는 시기로 하나의 염색체가 두 개가 되는 시기이다. 제2휴지기인 G2기에서는 한 세포가 두 세포로 분열되는 데 필요한 인자들이 모두 만들어진다. G2기에서 세포의 분열이 실제로 일어나는 M기로 넘어갈 수 있는지 조사하는 포인트를 G2 체크포인트라 한다. 마지막 M기에서는 세포질 분열이 일어나며 세포막이 생기면서 한 세포가 두 세포로 나누어진다.

제시문 (가), (나)를 읽고 난할과 체세포 분열의 차이점을 들고 그 이유를 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

난할에서는 하나하나의 세포가 점점 줄어드나 체세포 분열은 똑같은 크기의 세포가 계속 생깁니다.

▶ 예시답안

난할은 본질적으로는 체세포 분열과 거의 유사하다. 하지만 난할이 거듭될수록 하나하나의 세포인 할구의 크기가 점점 줄어든다. 반면에 체세포 분열은 딸세포의 크기가 모세포와 비교해 줄어들지 않는다. 난할은 다른 세포분열과 달리 G1기와 G2기가 극히 짧다. G1기와 G2기에서 세포질이나 DNA를 합성할 때 필요한 물질을 합성하는데 두 시기가 짧아 세포질 합성이 잘 안 일어나므로 세포 크기가 점점 작아진다.

2008년 11월호 - 논구술 완벽 가이드

[생물]도파민의 작용 원리

| 글 | 남궁원 · ceo1@nksociety.com |

지배계급 원숭이와 종속계급 원숭이 중 누가 더 마약 중독에 빠지기 쉬울까요?

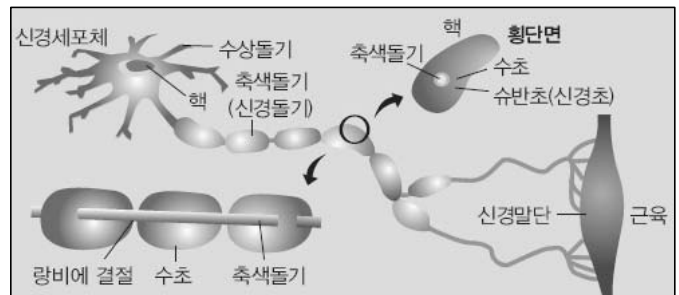
Q1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 도박은 하면 할수록 내성이 생깁니다. 시간이 지나면 도박을 하면서 느끼는 흥분이 점점 줄어들기 때문에 같은 흥분을 유지하기 위해 도박을 하는 돈의 액수를 점점 늘리게 됩니다. 내성이 생긴 사람은 도박을 하지 않으면 안절부절 못하는 금단증상 때문에 다시 도박장을 찾습니다. 결국 자신의 의지와 상관없이 도박에 중독되는 셈입니다. 도박을 하면 뇌에서 도파민이라는 일종의 마약성분이 발생합니다. 우리의 기분을 좋게 만드는 도파민 역시 반복되면 중독현상이 생깁니다. 뇌가 도박중독을 부르는 것입니다. 따라서 중독을 일으키는 뇌의 신경회로를 차단시키는 치료를 해야 합니다. - SBS 2006년 9월 1일자

(나) 마약중독자는 법적 구속에 대한 두려움, 마약에 의해 유발된 정신병적 증상, 가정생활을 포함한 사회적 관계의 훼손, 경제적 곤경 같은 이유로 마음이 편하지 않다. 마약중독자 대부분은 가정이 편안할 때, 일이 있어 바쁠 때, 사회생활이 순조로울 때 마약을 끊을 수 있었다고 이야기한다. 그리고 그 때 경험을 근거로 자신도 마음만 먹으면 마약을 끊을 수 있다고 자신한다. 그들이 마약에 심취할 때와 그렇지 않을 때는 어떤 차이가 있었던 걸까. 최근까지 연구결과로 보면 해답은 도파민 수용체에 있다.

(다) 짧은 꼬리 원숭이 20마리를 대상으로 한 연구가 있다. 먼저 원숭이를 한동안 개별적으로 생활하게 한 뒤 3개월 동안 4마리씩 군을 이뤄 살도록 했다. 그러자 각 군에서 공격적 또는 복종적 행동을 통해 사회 계급이 생겼다. 사회적 계급이 높은 지배군은 안락한 환경을 즐기지만, 낮은 계급인 종속군은 열악한 환경에서 스트레스가 많을 것이라고 짐작됐다. 집단생활을 시작하면서 PET(양전자 방사 단층촬영)로 각 군의 도파민 D2 수용체를 측정한 결과 개별적으로 생활할 때와 큰 차이가 없었다. 하지만 3개월 간의 집단생활을 거친 뒤 지배군의 D2 수용체가 개별적으로 생활할 때에 비해 평균 20%가량 증가했음을 볼 수 있었다. 종속군의 D2 수용체는 이전과 큰 변화가 없었다. 또 원숭이들에게 자유롭게 코카인을 섭취할 수 있도록 하자 지배군의 코카인 사용량이 종속군에 비해 현저히 적었다. 이로써 개인의 과거와 상관없이 생활에서 '새롭고 긍정적인 경험을 하면 마약 사용을 줄일 수 있을 것'이라는 가정을 이끌어 낼 수 있다. - 네이처 뉴로사이언스 2002년 5월 2일자

(라) <그림1>은 신경계의 구조적, 기능적 기본 단위인 뉴런을 나타낸 것이다. 뉴런은 성장과 물질대사에 관여하는 신경세포체와 신경세포체에서 분화해 자극을 수용하는 수상돌기, 그리고 흥분을 다른 뉴런이나 반응기로 전달하는 축삭돌기로 구성된다. 신경세포체는 다시 핵과 세포질로 이뤄진다.

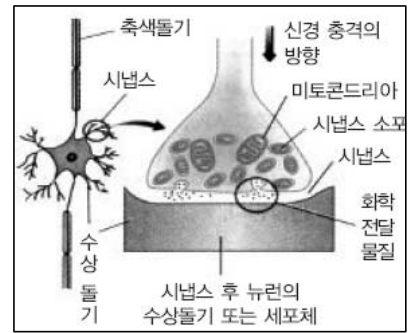


<그림1> 뉴런의 구성

뉴런은 기능에 따라 감각뉴런, 운동뉴런, 연합뉴런으로 나뉜다. 감각뉴런은 감각기의 자극을

중추신경계로 전달하는 역할을 하고, 운동뉴런은 중추신경계의 명령을 반응기로 전달한다. 이때 감각뉴런과 운동뉴런을 연결하는 것이 연합뉴런이다. 구조에 따라서는 유수신경과 무수신경으로 나눈다.

<그림2>는 시냅스에서 신경 자극이 전달되는 과정을 간단히 나타낸 것이다. 뉴런 말단에서 신경전달물질이 들어있는 소포가 방출되고 소포가 터지면서 신경전달물질이 확산된다. 이 물질이 다음 뉴런의 수용체와 결합하면서 자극이 계속 전달된다.



<그림2> 신경자극이 전달되는 과정

- 1) 제시문을 읽고 도박 중독이 생기는 메커니즘을 설명하라.
- 2) 제시문 (다)에서 지배군 원숭이에게서만 도파민 수용체가 늘어난 이유를 설명하고 이를 통해 마약 중독을 끊을 수 있는 방법을 제시하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 도박을 하면 뇌에서 도파민이라는 일종의 마약성분이 나와 기분이 좋아지는데 이것이 반복 되면 중독현상이 생깁니다. 도파민 화학식은 $C_8H_{11}NO_2$ 로 호르몬이나 신경전달물질로서 중요한 노르에피네프린과 에피네프린 합성체가 만들어지기 위한 이전 물질입니다. 도파민 자체가 중추신경계에서 뉴런의 신경전달물질로서 작용한다는 사실이 밝혀져 있으므로 도파민과 신경전달과정을 연결시켜 도박 중독을 설명하면 됩니다.
- 2) 도파민 유전자를 제거한 쥐는 몸을 움직이지 못해 굶어 죽는 반면 도파민이 지나치게 많이 공급된 쥐는 탐구적이며 모험적이라고 합니다. 인간의 경우도 마찬가지로 도파민이 부족하면 결단력이 없어지고 개성이 사라지며 점차 자기 몸조차 움직이기 힘들어집니다. 극단적인 예가 파킨슨병입니다. 하지만 도파민이 과다 공급되면 도파민 항진증(정신분열증)이 일어날 수 있습니다. 도파민이 적당히 분비될 때 긍정적인 감정 반응이 유도된다는 면에서 답안을 작성합니다.

▶ 예시답안

- 1) 도박을 하면 뇌에서 도파민이라는 일종의 마약성분이 분비된다. 도파민은 신경전달물질로 작용하고 아세틸콜린처럼 전기적 신호에 의해 신경세포의 한쪽 끝부분에서 분비된다. 분비된 도파민은 확산에 의해 다음 뉴런의 도파민 수용체에 결합하고, 도파민이 수용체에 결합된 신경세포는 스스로 전기적 신호를 생성한다. 이런 일련의 과정에 의해 도파민이 자극을 전달하면 뇌에서 긍정적인 감정 반응인 쾌감이 생긴다. 인간은 도파민을 더 많이 분비하는 쪽으로 행동하는데 도박 중독도 이와 유사한 메커니즘으로 일어난다.
- 2) 집단생활을 한 3개월 동안 지배군 원숭이는 종속군 원숭이에 비해 안락한 생활을 즐겼으므로 도파민이 더 많이 분비됐을 것이다. 이는 PET 결과 도파민을 수용하는 수용체의 수가 증가한 것으로 알 수 있다. 일반적으로 마약은 쾌감을 증가시키기 위해 복용한다. 도파민도 일종의 자연적인 마약 성분이다. 지배군 원숭이는 생활하면서 자체적으로 종속군 원숭이에 비해 많은 양의 도파민을 생성하므로 마약의 힘을 빌리지 않고도 충분히 쾌감을 느낀다. 이것은 지배군 원숭이의 코카인 섭취량이 종속군에 비해 현저히 적다는 점으로 증명된다. 즉 마약중독자의 생활환경을 긍정적이고 편안하게 만든다면 스스로 많은 양의 도파민을 생성해 마약의 힘을 빌리지 않고도 긍정적인 삶을 유지할 수 있을 것이다.

Q2 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 재조합 유전자를 만드는 과정에는 제한효소, 운반체(벡터), 연결효소(리가아제)가 필요하다. DNA 제한효소는 DNA의 특정 부위를 잘라내고, DNA 연결효소는 DNA 제한효소에 의해 잘린 부위나 특정 염기쌍을 연결한다. 운반체는 재조합 DNA를 숙주세포나 다른 생물의 세포에 운반하는 기능을 한다. 실제로 DNA를 복제하는 과정에서는 운반체로 플라스미드와 박테리오파지를 주로 사용한다. - 고등학교 생물II 교과서
- (나) 폭발적인 인구 증가와 경지면적의 지속적인 감소로 식량의 안정적인 수급을 위한 새로운 방법들이 모색됐다. 게다가 산업혁명 이후 화석에너지의 과다 사용은 지구온난화 같은 환경문제를 초래하고 있다. 이런 시점에서 사람들은 유전자변형생물체(GMO)가 식량부족 문제, 환경 문제 그리고 에너지 문제를 해결하는데 중요한 역할을 할 수 있기를 기대하고 있다. 의료분야에서도 유전자 및 바이오파밍 연구를 통해 난치병을 치료하기 위한 노력이 계속되고 있다.
- (다) 바이오연료 자동차, 천연가스 자동차, 차세대 디젤 자동차는 차량 자체는 기존 화석연료 자동차와 동일하지만 유해가스 배출이 적은 친환경 연료를 사용한다는 점에서 대체연료 자동차로 분류된다. 바이오연료에는 대표적으로 바이오디젤과 바이오에탄올, 메탄올이 있는데 이들은 콩, 유채씨, 옥수수, 사탕수수 같은 식물성 원료로 제조된다. 현재 미국, 브라질을 포함한 여러 나라에서 이를 연료로 사용하는 자동차가 상용화돼 있으며, 휘발유 또는 디젤을 일부 섞어 사용하기도 한다. 바이오연료 자동차는 이산화탄소를 배출하지는 않지만 연료 생산을 위해 새로 심은 식물이 이를 흡수한다는 점에서 무공해 에너지로 보는 시각도 있다. - 서울경제신문 2008년 6월 10일자

유전자변형생물체를 에너지 문제에 어떻게 이용할 것인지 서술하라.

▶ 전문가 클리닉

에너지 문제에 대한 관심이 높아지면서 생명공학 기술을 이용해 이를 해결하려는 노력이 이루어지고 있습니다. 유전자변형 생물체를 이용한 대체에너지 개발도 노력의 일부입니다. 유전자 재조합 기술을 이용해서 바이오에탄올 생산 균주를 만들어 연료로 사용할 수 있습니다. 운반체인 플라스미드에 제한효소와 리가아제를 이용해서 바이오에탄올을 만들어내는 유전자를 재조합합니다. 만들어진 유전자를 대장균 같이 번식력이 강한 균주에 넣어주면 균주는 바이오에탄올을 대량 생산할 수 있어 대체에너지 생산에 큰 도움을 줄 수 있습니다.

▶ 예시답안

급등한 석유가격과 이산화탄소 감축 움직임으로 바이오매스를 이용한 대체에너지 생산 기술이 큰 관심을 받기 시작했다. 최근에는 유전자변형생물체를 이용한 바이오에너지 생산과 전환 기술 개발에도 많은 투자가 이루어지고 있다. 발효를 통해 바이오에탄올을 만들 수 있도록 유전자를 재조합한 플라스미드를 대장균 같은 균주에 넣어 재조합하면 균주는 바이오에탄올을 만들어 낼 수 있다. 대장균의 경우에는 번식력이 좋아서 약 15분에 1회 분열하므로 개체수가 급격히 늘어나 대량 생산이 가능하다.

2008년 12월호 - 논구술 완벽 가이드

[생물]혈액형 유전자

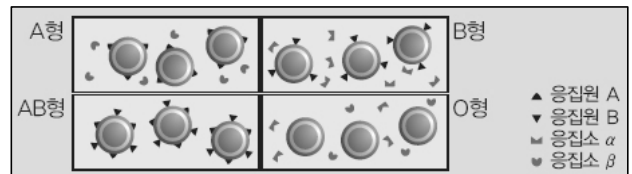
| 글 | 남궁원 · ceo1@nksociety.com |

A형은 소심하고 B형은 자기 주장이 강하다? 혈액형에 따른 성격분석이 과학적인지 따져봅시다.

Q1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 혈액형 성격학은 1927년 일본에서 시작돼 1980년대 노미 도시타카에 의해 자리잡았다. 그는 수십만 건의 데이터를 분석해 혈액형에 따라 성격이 서로 다르다는 과학적인 결과를 얻었다고 주장한다. 혈액형이 질병과 관련 있다는 주장도 있다. 사람에 4가지 혈액형이 골고루 존재하는 이유가 균형 있게 바이러스와 세균을 방어하기 위해서라는 주장이다. O형은 바이러스성 질병에 강하고 A형과 B형은 세균성 질병에 강한데 이것은 두 가지 질병 모두에 대해 방어하기 위해서다.

(나) 사람의 혈액형을 분류하는 방법은 여러 가지다. 학자에 따라 이용하는 혈액형 항원의 종류가 500여 종이 넘는다. 우리가 흔히 사용하는 혈액형 분류는 ABO 혈액형이다. 적혈구 표면에 존재하는 항원 종류에 따라 4종류로 사람의 혈액형을 분류한다. 항원은 주로 당단백질이며 혈액형에 따라 다르게 나타나는 응집 반응은 항원-항체 반응이다. 혈액형에 따라 존재하는 항원과 항체는 오른쪽과 같다. 응집소 α는 응집원 A와 응집반응을 일으키며 응집소 β는 응집원 B와 응집한다.



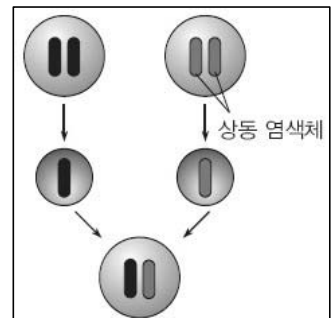
<그림1> 혈액형에 따른 항원과 항체

다. AB형은 응집소가 없어 다른 모든 혈액형에게 수혈받을 수 있다. 그러나 응집원 A, B를 모두 갖기 때문에 다른 혈액형에게 수혈해 주는 일은 불가능하다.

(다) 유전자는 염색체 형태로 생식세포를 통해 자손에게 전해지며 사람은 46개의 염색체를 갖는다. 이 중 23개는 정자를 통해 아버지에게 물려받고 23개는 난자를 통해 어머니에게 물려받는다.

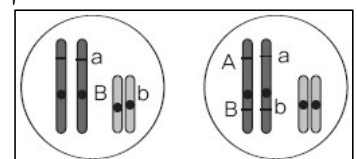
우열관계	A형	B형	AB형	O형
A=B>O	AA, AO	BB, BO	AB	OO

정자나 난자에 들어있는 염색체는 2개씩 쌍을 이루는데 이를 상동염색체라고 한다. 같은 형질(유전학적 특성)을 나타내는 유전자는 상동염색체의 같은 위치에 존재한다. 하나의 형질을 나타낼 때는 항상 한 쌍의 유전자가 관여한다. 혈액형을 결정짓는 유전자는 A, B, O 세 종류다. 이들은 9번 염색체에 쌍으로 존재한다. A, B, O 유전자의 우열관계(우성과 열성의 유전자를 가지면 우성 형질이 표현됨)와 혈액형에 따른 유전자형은 오른쪽과 같다.



<그림2> 상동 염색체의 유전

(라) 사람의 형질은 수없이 많은 데 비해 염색체는 23쌍이다. 따라서 하나의 염색체에는 다른 형질을 나타내는 유전자가 여러 개 존재한다. 하나의 염색체에 여러개의 유전자가 동시에 존재하는 현상을 연관이라고 한다. 교차가 일어나지 않는 한 연관된 두 유전자는 유전적으로 같이 움직인다. <그림3> 오른쪽에서 A와 B, a와 b는 항상 같이 유전돼 함께 형질을 발현한다.



<그림3> 연관유전

- (마) 다인자 유전에서 하나의 형질을 나타내는 다수의 유전자는 여러 염색체에 나눠 존재한다. 한 쌍의 유전자로 형질이 발현되는 단일인자 유전에서는 우성과 열성 형질이 뚜렷하게 표현되지만 다인자 유전은 여러 가지 형질이 나타난다. 단일인자 유전은 Rh혈액형과 같이 Rh+와 Rh- 두 종류로 형질이 뚜렷이 구별되지만 다인자 유전은 키나 피부색처럼 다양한 형질이 나타난다.

- 1) 제시문을 읽고 ABO 혈액형으로 인간의 성격이나 심리 또는 연애운을 예측하는 것이 타당한지 유전과 관련해 타당성을 서술하라.
- 2) 혈액형에 따라 바이러스나 세균에 대한 면역력이 다르다는 주장이 있다. 주장을 뒷받침할 근거를 예상하라.

▶ 전문가 클리닉

- 1) 혈액형으로 성격을 알 수 있다면 혈액형을 나타내는 유전자는 성격을 나타내는 유전자와 연관돼 있어야 합니다. 성격을 나타내는 유전자는 다인자 유전이므로 혈액형 유전자와 연관되기 힘들다는 점에 초점을 맞춰 글을 전개합니다.
- 2) 바이러스나 세균은 세포 표면에 있는 수용체에 대해 특이성을 갖고 수용체는 유전자에 의해 결정됩니다. 바이러스나 세균에 대한 면역력이 혈액형과 관련 있다면 유전자의 연관으로 설명됩니다.

▶ 예시답안

- 1) 혈액형은 9번 염색체에 존재하는 한 쌍의 유전자에 의해 결정된다. 유전자에 의해 적혈구 표면에 존재하는 항원의 종류가 달라진다. 항원-항체 반응을 이용해 항원 종류를 알아낸 다음 인위적으로 4가지 혈액형으로 분류한다.

혈액형 유전자가 9번 염색체에 존재하고 성격을 나타내는 유전자도 9번 염색체에 존재하면 두 유전자는 같이 유전된다. 그러면 같은 혈액형을 가진 사람끼리 비슷한 성격을 갖는다. 하지만 성격과 혈액형은 서로 다른 유전 방식을 따른다. 혈액형은 4종류로 형질이 뚜렷하게 구분되는 단일인자 유전 방식으로 유전되나 성격은 정의하기 힘들 만큼 다양한 형질이 존재한다. 성격은 다인자 유전 방식을 따르므로 성격을 결정짓는 유전자는 여러 쌍 존재한다. 이 중 하나가 9번 염색체에 존재해 혈액형 유전자와 같이 유전된다 해도 나머지 유전자 쌍은 독립적으로 유전되므로 혈액형에 따라 성격이나 심리를 분류하고 결정하는 방식에는 충분한 과학적 근거가 없다.

- 2) 바이러스나 세균이 몸에 들어오면 증식을 위해 조직에 있는 세포로 침투한다. 이때 세포 표면에 존재하는 수용체에 결합하는데 세포 표면에 존재하는 수용체는 적혈구 표면에 있는 당단백질처럼 유전자에 의해 결정된다. 세포 표면에는 수많은 수용체가 존재하며 각 바이러스와 세균에 대해 특이적으로 결합한다.

혈액형을 나타내는 유전자와 바이러스나 세균이 침투할 때 결합하는 수용체의 유전자가 같은 염색체 상에 존재하고 이들이 연관돼 있다면 특정 혈액형에서 바이러스나 세균이 일으키는 질병 종류가 달라진다.

Q2 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

- (가) 혈액은 조직을 순환하며 산소와 양분을 운반하고 이산화탄소와 노폐물을 제거한다. 이 과정에서 자연은 완충계를 이용해 산소를 운반하고 이산화탄소를 제거하기에 효율적인 방법을 제공한다. 혈액의 필수 성분인 혈장은 단백질, 금속이온, 무기인산 등 많은 성분을 함유한다. 적혈구는 헤모글로빈 분자뿐 아니라 탄산(H_2CO_3)의 형성과 분해를 담당하는 효소와 탄산무수물을 포함한다.
- (나) 화학평형은 에너지가 낮은 쪽으로 가려는 에너지 요인과 좀 더 무질서한 상태로 가려는 무질서도에 의해 결정된다. 그로 인해 자연계의 화학반응은 언제나 에너지가 낮아지고 무질서도가 높아지는 방향으로 진행된다. 가역반응에서 화학평형은 온도, 압력, 농도에 영향을 받는다. 반응조건을 변화시켜 화학평형을 조절하는 원리를 르 샤틀리에 원리(평형 이동의 법칙)라고 한다. 이 법칙에 따르면 화학반응에서 반응조건이 변하면 변화를 줄이는 방향으로 반응이 진행된다. 발열반응이라면 온도를 낮출수록 정반응이 유리해지고 반응온도를 높일수록 역반응이 유리해진다. 물질 농도가 증가하면 증가한 물질의 농도를 낮추기 위해 반응이 진행되고 기체인 경우 외부 압력이 높아지면 압력을 줄이기 위해 기체 몰수가 큰 쪽에서 작은 쪽으로 반응이 진행된다.
- (다) 완충 용액은 약한 산이나 약한 염기와 그 산의 염 또는 염기의 염을 혼합해 만든 용액이다. 완충 용액을 사용하면 산이나 염기가 소량 첨가될 때 pH 변화가 억제된다. 인체 혈액의 pH는 7.4이고 위액은 pH 1.5이다. pH는 적절한 효소의 작용과 삼투압 균형 유지에 결정적인 역할을 한다. pH값은 대부분 완충용액에 의해 유지되므로 완충용액은 화학적, 생물학적 계에서 항상성을 유지하는 데 중요하다.
- 공통이온 효과란 반응에 이미 존재하는 이온을 더 첨가했을 때 용액의 이온화 평형이 첨가된 이온의 농도가 감소하는 방향으로 이동해 새로운 평형상태에 도달하는 현상이다. 이 효과는 외부 영향을 감소시키는 방향으로 반응이 진행된다는 르 샤틀리에 원리로 쉽게 설명된다.

1) 혈액이 왜 완충 용액인지 그 원리를 설명하라.

2) 공통이온 효과와 완충 용액을 연관 지어 설명하라.

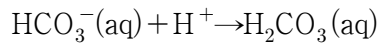
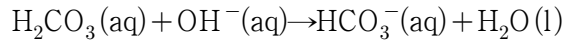
▶ 전문가 클리닉

- 1) 혈액은 완충 용액으로 산이나 염기가 소량 첨가돼도 pH가 변하지 않습니다. 혈액이 어떤 약산과 약산의 염으로 이뤄진 완충 용액이며 어떤 작용으로 pH를 일정하게 유지하는지 설명합니다.
- 2) 공통이온 효과란 반응에 이미 존재하는 이온을 첨가했을 때 첨가된 이온의 농도가 감소하는 방향으로 평형이 이동하는 현상입니다. 완충 용액은 약산과 약산의 염을 혼합하거나 약염기에 약염기의 염을 혼합해 pH 변화가 거의 없는 용액입니다. 두 사실을 연관 지어 설명합니다.

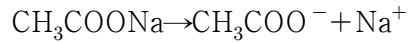
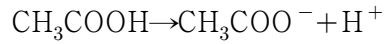
▶ 예시답안

- 1) 혈액은 물과 달리 완충효과가 있어 항상성을 유지한다. 혈액은 이산화탄소(CO_2)가 혈액 속에 녹아 형성된 탄산(H_2CO_3)과 그 짝염기인 탄산수소이온에 의해 pH를 일정하게 유지한

다. 짙산-작염기에 의해 pH가 일정하게 유지되는 용액을 완충 용액이라 한다.



2) CH_3COOH 와 CH_3COONa 를 섞어 만든 완충용액의 예를 살펴보자.



완충 용액에 HCl 을 더하면 용액 내에 H^+ 가 많아진다. 그러면 공통이온 효과에 의해 역반응이 일어나 H^+ 농도를 감소시키는 방향으로 평형이 이동한다. 수산화나트륨(NaOH)를 더하면 OH^- 가 H^+ 와 반응해 H^+ 가 감소하지만 정반응이 일어나 H^+ 를 보충하므로 pH 변화가 거의 없다. 완충 용액은 공통이온 효과와 관련이 있다.

2009년 01월호 - 논구술 완벽 가이드

[생 물]신경전달 과정과 평형

| 글 | 최승규 · genesis3212@hanmail.net |

체내에서 이뤄지는 생명 현상을 물리적·화학적 논리로 보면 어떨까. '전류와 전하량' 개념과 '주기율표'의 경향성을 이용해 신경전달 현상을 이해하고 '화학평형'으로 호흡과정에서 일어나는 평형을 알아보자.

Q1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

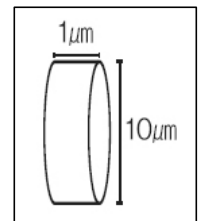
(가) 신경세포 세포막에는 Na^+ 채널과 K^+ 채널, 그리고 Na^+-K^+ 펌프가 있다. Na^+-K^+ 펌프는 나트륨이온(Na^+)과 칼륨이온(K^+)을 교환한다. 칼륨이온이 밀려나가면 Na^+-K^+ 펌프가 작동해 세포 내부에 칼륨이온이 많아지고 외부에 나트륨이온이 많아진다. 뉴런이 자극을 받으면 막 외부에 있는 나트륨이온이 안으로 확산돼 들어가 세포 내부는 양(+)으로 외부는 음(-)으로 바뀌는 탈분극 현상이 일어난다. 이 상태가 흥분이며 탈분극으로 흥분이 일어났을 때 막 안팎의 전위차를 활동 전위라 한다. 유입된 나트륨이온이 옆으로 확산돼 연속적으로 탈분극이 일어난다. 탈분극이 일어난 직후 축삭돌기 내부의 칼륨이온이 밖으로 확산되는데 이때 밖으로 나간 칼륨이온과 내부의 나트륨이온이 교환돼 원래 상태로 돌아가는 현상이 재분극이다. - 고등학교 생물I 교과서

(나) 원소의 화학적 성질은 전자 배치에 의해 결정된다. 주기율표에서 원소의 위치를 알면 원소의 전자 배치와 화학적 성질을 예측할 수 있다. 주기율표의 세로항에 해당하는 족은 원자가전자 수를 알려주고 가로항에 해당하는 주기는 전자껍질 수를 알려준다. 예를 들어 15족 3주기 원소는 원자가전자 수가 5개이고 전자껍질 수가 3개인 원소다. 원자 크기는 원자핵을 둘러싸는 전자 분포에 의해 결정된다. 전자껍질 수가 많아지면 원자 크기가 커진다. - 고등학교 화학II 교과서

1) 탈분극이 일어날 때 Na^+ 채널 하나를 통해 일어나는 평균적인 전류 흐름은 1.6pA ($1.6 \times 10^{-12}\text{A}$)다. 탈분극이 1ms동안 지속된다면 열린 Na^+ 채널 하나를 통해 이동하는 나트륨이온은 몇 개인가?

2) Na^+ 채널은 세포막을 관통하는 단백질이며 중심에 음전하를 띠는 통로가 있다. 나트륨이온은 이곳을 통과하나 칼륨이온은 거의 통과하지 못한다. 원인을 제시문을 참조해 추론하라.

3) 오른쪽 그림과 같이 길이 $1\mu\text{m}$, 직경 $10\mu\text{m}$ 을 갖는 무수신경의 축삭절편이 있다. 절편 세포질 부분의 나트륨 농도는 10^{-2}mol/L 이며 세포막은 $1\mu\text{m}^2$ 당 10개의 Na^+ 채널을 갖는다. 하나의 활동전위가 1ms동안 지속되면서 모든 나트륨 통로가 열린다고 가정한다. 이때 축삭절편에 이미 존재하는 나트륨이온에 대한 하나의 활동전위가 나타날 때 유입되는 나트륨이온의 비율을 구하라.



4) 신경세포는 짧은 시간동안 ATP 소모 없이 활동전위를 수백 또는 수천 번 만든다. 이것이 가능한 이유를 문제 3을 참조해 설명하고 활동전위마다 ATP가 소모된다고 가정하면 생물체에 어떤 영향이 있을지 서술하라.

▶ 전문가 클리닉

고등학교 생물I에 나오는 신경전달 과정을 소재로 한 단계씩 연구 과제를 해결하며 생물학 지식을 추론·생산하는 과정을 경험하게 했습니다. 논제 1에서는 물리I의 '전류와 전하량' 개념을 생물의 신경전달 과정에 적용해 해석합니다. 논제 2는 주기율표의 경향성을 해석하는 능력을 요구합니다. 화학II 내용이지만 제시문에서 전자껍질에 대한 지식을 다뤘으므로 힌트를 얻어 추론합니다. 논제 3에서는 화학에서 다루는 몰의 개념, 몰 농도, 단위 전환을 바탕으로 신경전달 과정을 수량화합니다. 논제 4는 생물 현상의 원인을 미시적인 수준에서 창의적으로 설명할 것을 요구합니다.

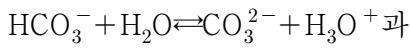
▶ 예시답안

- 1) 1A는 1초 동안 전하 1C이 흐를 때 전류 양이다. 열린 Na⁺채널 하나를 통해 $1.6 \times 10^{-12} \text{A}$ 의 전류가 흐른다. 전자 1개는 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 의 전하를 가지므로 1초 동안 채널을 통해 흐른 전류는 전자 10^7 개가 이동한 양과 같다. 1ms로 환산하면 전자 10^4 개가 흐른 전류 양이다. 나트륨이온 1개가 전자 1개에 대해 이동한다고 가정하면 10^4 개의 나트륨이온이 이동했다.
- 2) 나트륨이온과 칼륨이온은 1족 원소로 모두 채널 통로에 있는 음이온에 끌린다. 나트륨이온은 칼륨이온보다 주기가 하나 작아 전자껍질을 하나 더 적게 갖는다. Na⁺ 채널은 나트륨이온이 통과하기에 알맞은 크기이므로 나트륨이온보다 크기가 큰 칼륨이온이 통과하기 어렵다. 이 같은 방식으로 Na⁺ 채널이 나트륨이온에 대해 선택적 투과성을 보인다.
- 3) 이미 존재하는 나트륨이온의 개수는 '절편 부피×절편 몰농도×1몰 당 분자수'이다. 절편 부피는 $\pi \times (5 \times 10^{-6})^2 \times (1 \times 10^{-6}) = 25 \cdot \pi \cdot 10^{-18} (\text{m}^3)$ 이며 $1 \text{m}^3 = 10^3 \text{L}$ 이므로 $25 \cdot \pi \cdot 10^{-15} \text{L}$ 다. 몰농도 10^{-2} 과 1몰 당 분자수 6.02×10^{23} 을 곱하면 나트륨이온 개수는 $1.51 \cdot \pi \cdot 10^8$ 개다. 축삭 절편의 세포막 면적이 $10 \times \pi \times 1 = 10 \cdot \pi (\mu\text{m}^2)$ 인데 $1 \mu\text{m}^2$ 당 10개의 Na⁺ 채널이 있으므로 세포막에는 $100 \cdot \pi$ 개의 Na⁺ 채널이 있다. 논제 1에서 1ms당 10^4 개의 나트륨이온이 이동한다고 했으므로 유입되는 나트륨이온 수는 $\pi \cdot 10^6$ 개다. 이미 존재하는 나트륨이온에 대한 유입되는 나트륨이온 비율은 $\frac{\pi \times 10^6}{1.51 \times \pi \times 10^8} = 6.62 \times 10^{-3}$ 이다.
- 4) 논제 3에서 매우 미량의 나트륨이온 유입으로도 활동전위가 발생했다. 유입된 나트륨이온은 이미 존재하는 나트륨이온 농도에 거의 영향을 주지 않으므로 세포 안팎으로 유지되는 전위차는 쉽게 회복된다. 활동전위마다 ATP가 소모되면 신호 전달에 많은 ATP가 필요해 생존이 어렵다.

Q2 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

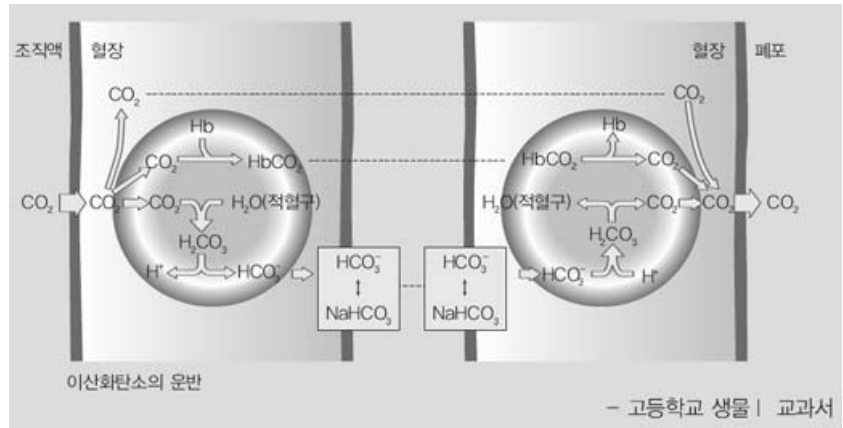
(가) 조직세포에서 호흡으로 발생한 이산화탄소는 적혈구와 혈장에 의해 운반된다. 대부분의 이산화탄소(CO₂)는 적혈구 세포 안으로 들어가 탄산무수화 효소에 의해 탄산(H₂CO₃)이 된다. 탄산은 수소이온(H⁺)과 탄산수소이온(HCO₃⁻)으로 해리되고 해리된 탄산수소이온은 혈장으로 확산돼 그대로 또는 나트륨이온(Na⁺)과 결합한 형태로 폐포까지 운반된다. 이산화탄소는 혈장에 CO₂ 상태로 용해돼 운반되거나 헤모글로빈과 결합해 운반되기도 한다. 운반된 이산화탄소는 폐포에서 반대 방향의 반응이 일어나 폐포의 공기 중으로 확산돼 방출된다.

(나) 혈액에서는 세포에서 일어나는 산화 반응의 결과로 생긴 이산화탄소(CO₂)가 녹아 있다. 몸속에서 생성되는 CO₂의 95%는 탄산수소이온 형태로 녹아 있다. 혈액에 존재하는 HCO₃⁻는



같이 이온화 평형을 이룬다.

심한 운동으로 유기산인 젖산이 생성되면 평형이 왼쪽으로 이동한다. 젖산의 수소이온(H^+)이 혈액 속에 녹아 들어가고 평형 이동 법칙에 의해 H^+ 가 CO_3^{2-} 와 반응하면 약한 산 HCO_3^- 가



생성돼 혈액의 H^+ 농도가 감소한다. 이런 과정을 통해 젖산이 생겨 혈액 속에 녹아 들어가도 혈액 pH는 7.4 정도로 거의 일정하게 유지된다. - 고등학교 화학II 교과서

(다) HA 수용액의 이온화식은 $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$ 이다. HA가 이온화하면 같은 수의 H^+ 와 A^- 가 생성되므로 $[\text{H}^+] = [\text{A}^-]$ 이다. 평형 상태에서 HA의 평형 농도는 처음 농도에서 이온화된 HA 농도를 뺀 값이다. 평형 상태에서 수용액에 들어 있는 HA, H^+ , A^- 의 농도를 이용해 평형상수 K 를 구한다. $K = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 이며 H^+ 의 농도로 식을 정리하면 $[\text{H}^+] = \frac{K[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$ 이다. 양변에 $-\log$ 를 취하면 $-\log[\text{H}^+]$ 가 pH이므로 다음과 같다.

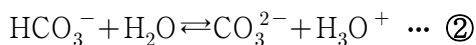
$$\text{pH} = -\log K - \log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = -\log K + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

- 서울대 2006년 수시 2학기 논술고사 기출문항

- 1) 용매화된 이산화탄소에서 생성된 탄산(H_2CO_3)은 수소이온 하나를 내주고 탄산수소이온(HCO_3^-)이 되거나 수소이온 두 개를 내주고 탄산이온(CO_3^{2-})이 된다. 탄산이 이온화할 때는 다음과 같은 두 종류의 평형이 관여한다.



$$K_{a_1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4.3 \times 10^{-7}$$



$$K_{a_2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4.8 \times 10^{-11}$$

제시문 (나)의 밑줄 친 문장 같이 몸속에서 생성되는 이산화탄소 대부분은 HCO_3^- 형태로 혈액에 녹아 있다. 이유를 제시문을 참조해 설명하라. (단 $-\log K_{a_1} = 6.3$, $-\log K_{a_2} = 10.3$)

- 2) 적혈구에서 생성된 수소이온이 적혈구 막을 통과해 혈장으로 나온다면 격한 운동을 할 때 어떤 일이 일어날지 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

논제1은 고등학교 생물 I의 호흡단원에서 배우는 신체현상을 화학적 논리로 설명하는 문항입니다. 수용액에서 CO_2 가 나타내는 형태는 H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} 로 다양합니다. 혈액에 녹아있는 CO_2 대

부분이 HCO_3^- 인 이유는 혈액 pH가 7.4로 유지되기 때문입니다. 문제 2는 체내에서 항상성이 깨질 때 일어나는 현상을 생각해 보는 문항입니다. 항상성의 개념을 창조적으로 해석해 보기 바랍니다.

▶ 예시답안

- 1) 문제에 주어진 반응식 ①의 평형상수인 $K_{a_1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4.3 \times 10^{-7}$ 을 다음과 같이 변형한다.

$$\text{pH} = -\log K_{a_1} - \log \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-]} = -\log K_{a_1} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

인체 pH는 7.4를 유지하고 $-\log K_{a_1} = 6.3$ 이므로 ①에 대입하면 $7.4 = 6.3 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$ 이다.

반응식 ②의 평형상수인 $K_{a_2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4.8 \times 10^{-11}$ 을 앞과 같이 정리하면

$$7.4 = 10.3 + \log \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} \text{이다. } \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{1}{10^{2.9}} \text{이므로 } [\text{HCO}_3^-] = 10^{2.9} \times [\text{CO}_3^{2-}] \text{이다.}$$

pH 7.4로 항상성이 유지되는 혈액에서는 반응식 ①에서 정반응이 일어나 HCO_3^- 가 H_2CO_3 의 $10^{1.1}$ 배만큼 존재한다. 또 반응식 ②에서 역반응이 일어나 HCO_3^- 가 CO_3^{2-} 의 $10^{2.9}$ 배만큼 존재한다.

동시에 주 반응이 관여하므로 혈액에 용매화된 CO_2 는 대부분 HCO_3^- 형태를 갖는다.

- 2) 적혈구에 있는 수소이온이 혈장으로 흘러나오면 혈장 내부 pH가 낮아진다. 격한 운동을 하여 물질 대사 결과 이산화탄소가 많이 만들어지며 그로 인해 혈장 pH가 급격히 낮아진다. 그러면 생체 내부에서 pH를 일정하게 유지하기 위한 여러 가지 반응이 일어난다. 반응에 에너지가 소모돼 쉽게 피로해지고 pH 영향을 받는 효소의 활성이 떨어지면서 물질 대사에 이상이 생긴다.

2009년 02월호 - 논구술 완벽 가이드

[생물]항생제의 공격에 저항하는 세균들

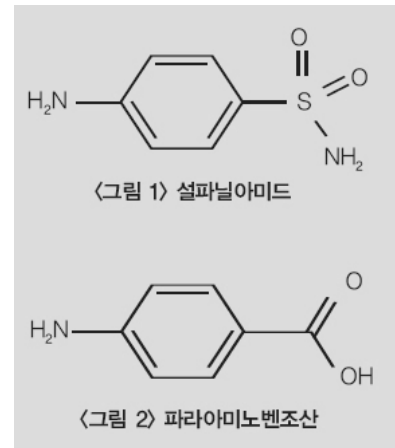
| 글 | 고경률 · only-m1@hanmail.net |

불과 1세기 전만 해도 병원에서 사망한 환자의 80%가 감염에 의한 질병이 원인이었다. 그러나 페니실린을 비롯한 항생제의 발견으로 인류는 감염에 의한 질병에서 자유로워졌다. 항생제가 작용하는 원리와 항생제 내성균이 내성을 보이는 이유를 알아본다.

Q1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 생명체의 조직은 물질이 무작위화되는 또는 무질서화되는 자연적인 경향과 대조를 이룬다. 일정한 형태로 조직되거나 질서를 유지하려면 에너지가 필요하기 때문이다. 생명체가 새로운 구조를 만들고 낡은 구조를 수선하거나 분해하고 재생하려면 에너지를 획득하고 사용해야 한다. 물질대사란 생명체를 유지하는 세포 내 화학반응으로 물질을 합성하는 동화와 분해하는 이화로 구분된다.

(나) 1세기 전만 해도 감염성 질병은 주요 사망원인이었다. 병원에서 사망한 환자의 80%는 감염때문이었다. 그러나 현재는 항균성 의약품을 통해 많은 질병을 통제한다. 첫 번째로 사용된 항균 의약품은 설파계 의약품이었다. 가장 간단한 설파계 의약품인 설파닐아미드는 분자 수준에서 작용이 알려진 첫 번째 의약품이다. 설파닐아미드의 효과는 박테리아가 비슷한 두 물질의 구조를 잘못 인식하면서 나타난다. 박테리아는 정상적인 성장에 필요한 화합물을 만들기 위해 필수적인 염산을 만들 때 파라아미노벤조산(PABA)을 사용한다.



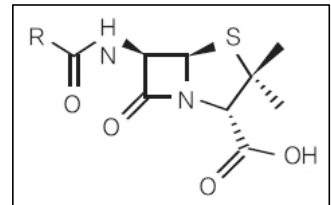
(다) 페니실린은 박테리아가 세포벽을 만들 때 사용하는 효소의 활동을 방해한다. 박테리아의 세포벽은 아미노당이 단백질 분자와 결합된 고분자인 점액단백질로 이뤄진다. 페니실린은 이 분자가 교차결합 하는 현상을 막아 세포벽에 구멍을 만든다. 세포벽에 구멍이 난 박테리아는 부풀어 올라 터진다. 항생제 분야에서 다른 중요한 발견은 테트라사이클린 계열 화합물의 발견이다. 4개의 고리를 가진 화합물인 테트라사이클린은 오레오마이신, 테라마이신과 함께 광범위한 항생제로 쓰인다. 이는 박테리아의 리보솜에 결합해 박테리아의 단백질 합성을 방해하고 성장을 막는다.

(라) 페니실린계 항생제인 메티실린에 내성을 보이는 균을 메티실린 내성 황색 포도상구균(MRSA)이라 한다. MRSA는 메티실린뿐 아니라 항생제 대부분에 강한 내성을 지닌다. 이 때문에 치료과정에서 선택할 수 있는 항생제가 극히 제한되며 감염되면 사망률이 높다. 황색 포도상구균은 사람의 피부나 점막에 군집을 형성하며 사람들 대부분이 보균하고 있어 흔하게 감염을 일으킨다. 1941년 페니실린이 개발돼 황색 포도상구균에 의한 감염증을 효과적으로 치료하는 길이 열렸다. 그러나 페니실린의 과도한 사용으로 1950년대 페니실린에 내성을 갖는 포도상구균이 출현하게 됐다.

(마) 개체의 DNA가 변해 새로운 대립 유전자가 형성되는 현상을 돌연변이라고 한다. 돌연변이 중 유전자 풀을 변화시키는 데 가장 큰 영향을 미치는 요인은 유전자 돌연변이다. 유

전자는 안정된 물질이므로 일반적으로 돌연변이가 일어날 확률이 매우 낮다. 또 돌연변이된 유전자는 생존에 불리한 경우가 많아 자연선택에 의해 점차 유전자 풀에서 제거된다. 그러나 환경이 변하면 어떤 돌연변이 형질은 오히려 생존에 유리해진다. 돌연변이 유전자를 가진 개체가 다른 대립유전자를 가진 개체보다 많은 자손을 남기면 유전자 풀이 변화된다. 돌연변이는 인간 같이 복잡한 종보다 세균이나 바이러스에서 빈번히 일어난다. 또 유해한 환경에 노출될 때 자주 나타난다. 다음은 돌연변이 빈도를 알아보기 위한 실험이다. 세균 A는 하루에 씩 새로운 변종세균 B와 C로 돌연변이가 일어났다. 변종세균 B는 하루마다 씩 변종세균 C로 돌연변이가 일어났다.

- 1) 나폴레옹 시대에 병사가 전쟁에서 감염되면 감염 부위에 정맥을 이용해 설탕물을 주입했다는 기록이 있다. 이런 치료법이 어떤 과학 원리에 의해 효과를 갖는지 설명하라.
- 2) 제시문 (나)에서 설명하는 설파닐아미드와 파라아미노벤조산의 구조적 특징을 비교하고 설파닐아미드가 항균 작용을 나타내는 방식을 설명하라.
- 3) 제시문에서 설명하는 페니실린의 구조식은 <그림3>과 같다. 페니실린과 메탄올을 축합중합한 물질이 생성되는 과정을 구조식을 이용해 설명하라. 페니실린과 달리 페니실린과 메탄올의 축합중합에 의해 생성된 물질이 항생제 역할을 하지 못하는 이유도 설명하라.
- 4) 제시문에 서술된 테트라사이클린 계열 항생제가 박테리아만 선택적으로 공격하는 이유와 원핵세포와 진핵세포 DNA의 차이에 대해 설명하라.
- 5) 항생제 내성균이 발생하는 원인은 세균이 새로운 유전자를 획득했기 때문이다. 어떤 경로를 통해 세균이 새로운 유전자를 획득하는지 유전과 진화 관점에서 설명하라.
- 6) 제시문 (마)의 실험에서 각 세균의 증식 속도가 동일하다면 최소 며칠이 지났을 때 변종세균 B가 원래 세균 A의 3배 이상이 될까? 풀이를 위해 행렬의 일차변환을 이용할 수 있다.



<그림3> 페니실린 구조식

▶ 전문가 클리닉

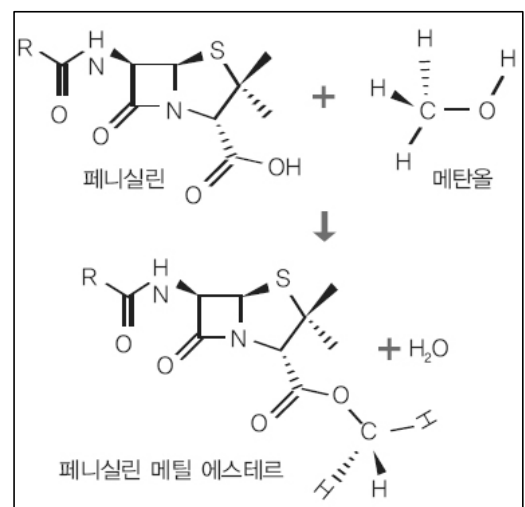
- 1) 설탕물이라는 용액의 특성을 이해하고 용액의 총괄성 중 삼투압을 이용해 문제를 해결합니다.
- 2) 두 물질의 구조적 유사성과 차이점을 서술하고 세균의 엽산을 만드는 효소와 기질의 결합 부위가 어딜지 유추합니다.
- 3) 미세한 차이 때문에 효소가 페니실린 메틸에스테르와 결합하지 못함을 설명합니다. 물질의 어떤 부분이 활성부위일지 유추한다면 좋은 답변입니다. 페니실린과 관련된 문항은 2009 학년도 고려대 수시 2-2학기 논술에 출제됐습니다.
- 4) 테트라사이클린 계열 항생제는 박테리아의 리보솜에 결합합니다. 약품이 박테리아만 선택적으로 공격하는 이유는 약물이 박테리아 리보솜에만 결합하고 사람 리보솜에는 결합하지 않기 때문입니다. 원핵생물과 진핵생물의 리보솜이 갖는 차이점을 중심으로 설명합니다.
- 5) 항생제 내성균이 기존 항생제에 공격받지 않는 새로운 효소를 합성하는 이유는 세균이 새로운 유전자를 획득했기 때문입니다. 돌연변이 외에 유전자를 획득하는 여러 경로를 서술합니다.
- 6) 돌연변이에 의해 세 종류의 세균이 만들어지고 돌연변이율은 각각 다릅니다. 세 개의 요인이 서로 영향을 주면서 변하므로 행렬의 일차변환으로 해석한다면 좋은 답안이 됩니다. 수열의 일반항을 구해 풀 수도 있지만 계산과정이 복잡하므로 행렬식을 이용합니다.

▶ 예시답안

- 1) 설탕물을 통한 감염 치료는 삼투압 원리를 이용한다. 세균이 많은 감염 부위를 설탕물을 이용해 고장액 환경으로 변화시키면 세균의 세포액이 고장액 쪽으로 빠져나가 세균의 물질 대사와 번식이 억제된다. 하지만 사람 세포에도 같은 작용을 해 감염 부위가 악화된다.
- 2) 설패닐아미드와 파라아미노벤조산(PABA)은 모두 방향족 고리를 중심으로 아미노기와 다른 원자단이 para 형태로 결합한 구조다. 설패닐아미드는 아미노기 반대편에 술폰산의 히드록시기 아미노기로 치환된 원자단이 결합하고 PABA는 아미노기 반대편에 카르복시산이 결합한다. 엽산을 만들기 위해 세균 효소와 PABA는 효소기질 복합체를 형성한다. 이때 효소가 PABA를 인식하는 부분은 벤젠고리에 있는 아미노기일 가능성이 높다. 효소의 작용부위는 아미노기와 수소결합을 하고 다른 부위는 무극성 부분에 의해 분산력이 작용해 효소가 정확하게 PABA를 인식한다. 세균이 사는 환경에 설패닐아미드가 존재하면 구조적 유사성에 의해 효소가 설패닐아미드와 결합한다. 하지만 기질이 다르므로 엽산은 만들어지지 않는다. 이런 일이 반복되면 세균은 증식에 어려움을 겪고 결과적으로 감염이 치료된다.
- 3) 페니실린의 오각형 고리 부분에 결합된 카르복시기와 메탄올의 수산기가 탈수축합반응을 하면서 에스테르 구조가 형성된다. 페니실린은 세균의 세포벽 합성효소와 효소기질 복합체를 이뤄 효소 작용을 방해한다. 페니실린은 고리구조와 극성 부위를 함께 가져 효소의 입체 구조와 결합한다. 페니실린 메틸 에스테르는 효소작용을 방해하지 못한다. 페니실린의 카르복시기가 효소와 입체적으로 결합하는데 중요한 역할을 하기 때문이다. 카르복시기에 메틸기가 붙으면서 활성 부위와 수소결합이 불가능해지거나 카르복시기가 결합부위가 아니라해도 수소에 비해 메틸기가 많은 공간을 차지해 결합이 불가능해져 세균 효소에 작용하지 못한다.
- 4) 박테리아(세균)는 원핵생물로 사람의 세포 구조와 차이점이 많다. 사람 세포는 핵막이 존재하며 세포소기관이 잘 분화된 진핵세포이고 세균은 분화된 세포소기관이 없는 원핵세포다. 항생제가 박테리아에만 작용하는 이유는 사람 세포와 박테리아의 리보솜에 차이가 있기 때문이다. 원핵세포와 진핵세포의 리보솜은 침강계수(S)가 다르다. 원핵세포 리보솜은 30S 소단위체와 50S 대단위체로 구성되나 진핵세포는 40S 소단위체와 60S 대단위체로 구성된다.

원핵세포는 핵막이 없어 세포질 전체에 DNA가 존재한다. 또 DNA가 히스톤 단백질 없이 고리형(플라스미드)으로 존재한다. 원핵세포는 진핵세포에 비해 DNA량이 적고 복제원점이 하나다. 진핵세포는 복제원점이 여러 곳에 존재하며 복제복합체가 핵막에 존재한다. 원핵생물은 DNA 전사 조절이 진핵생물보다 간단하고 복제 과정에서 RNA 접합이나 캡핑이 생략된다. RNA가 성숙하지 않아 전사와 동시에 단백질로 발현된다.

- 5) 새로운 유전자는 항생제에 공격받지 않는 새로운 효소 또는 단백질을 만든다. 유전자를 획득하는 경로에는 돌연변이가 있다. 약간의 염기서열 변화로 아미노산



구성과 배열이 달라지며 그로 인해 효소 입체구조가 변한다. 돌연변이 외에 형질전환이나 형질도입, 접합에 의해 유전자를 획득한다. 원핵생물 DNA는 플라스미드 형태로 세포 밖에서도 일정기간 안정적인 형태로 존재해 다른 세균으로 이입과 이출이 빈번하게 일어난다. 이때 내성 유전자를 갖는 플라스미드가 다른 세균으로 이입되는 형질전환이 일어난다. 또 세균 유

전자에 바이러스 유전자가 삽입될 때 새로운 유전자를 획득한다. 바이러스에 의해 유전자가 삽입되는 현상이 형질도입이다. 단세포동물은 주로 이분법으로 증식하나 환경이 열악해지면 접합을 통해 유전자를 섞는다.

6) 증식속도를 r 이라 하고 주어진 각 세균의 $(n+1)$ 일째 세균 수를 다음과 같이 정리한다.

$$\begin{aligned} A_{n+1} &= r \frac{2}{3} A_n \rightarrow A_{n+1} = r \left(\frac{2}{3} A_n + 0 \cdot B_n + 0 \cdot C_n \right) \\ B_{n+1} &= r \left(\frac{1}{6} A_n + \frac{2}{3} B_n \right) \rightarrow B_{n+1} = r \left(\frac{1}{6} A_n + \frac{2}{3} B_n + 0 \cdot C_n \right) \\ C_{n+1} &= r \left(\frac{1}{6} A_n + \frac{1}{3} B_n + C_n \right) \rightarrow C_{n+1} = r \left(\frac{1}{6} A_n + \frac{1}{3} B_n + C_n \right) \end{aligned}$$

앞 식을 행렬식으로 변형하면 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} A_{n+1} \\ B_{n+1} \\ C_{n+1} \end{pmatrix} = r \begin{pmatrix} \frac{2}{3} & 0 & 0 \\ \frac{1}{6} & \frac{2}{3} & 0 \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_n \\ B_n \\ C_n \end{pmatrix}$$

세균 A 와 B 만 고려해 식을 정리한다.

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} A_n \\ B_n \end{pmatrix} &= \frac{2r}{3} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{4} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_{n-1} \\ B_{n-1} \end{pmatrix} \\ &= \left(\frac{2r}{3} \right)^3 \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{2}{4} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{4} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_{n-3} \\ B_{n-3} \end{pmatrix} \\ &\vdots \\ &= \left(\frac{2r}{3} \right)^n \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{n}{4} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_0 \\ B_0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$A_n = \left(\frac{2r}{3} \right)^n A_0, \quad B_n = \left(\frac{2r}{3} \right)^n \left(\frac{n}{4} A_0 + B_0 \right)$$

$B_0 = 0$ 이므로 $B_n = \frac{n}{4} A_n$ 이다.

12일 뒤 세균 B 의 개수는 세균 A 의 3배가 된다.

2009년 03월호 - 논구술 완벽 가이드

[생물]최적의 현미경, 최적의 온도

| 글 | 고경률 · only-m1@hanmail.net |

현미경으로 생물체를 관찰할 때는 대상에 따라 적절한 현미경을 선택해야 한다. 광학현미경과 형광현미경, 전자현미경의 장점을 물리, 화학적인 측면에서 비교한다. 고온에서 단백질이 변성 되는 현상을 물리, 화학적 관점으로 설명한다.

Q1 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 전자는 특정 에너지를 갖는 궤도에서만 원운동을 한다. 전자가 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로 전이할 때에는 두 에너지 준위의 차에 해당하는 만큼의 빛(에너지)을 흡수하고, 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이할 때에는 두 에너지 준위의 차에 해당하는 만큼의 빛(에너지)을 방출한다.

(나) 빛을 수면파의 회절실험과 유사하게 실험하면 수면파와 비슷한 교차하는 무늬가 생긴다. 이는 빛도 파동성을 갖고 있다는 것을 입증한다. 빛의 회절 무늬에서 밝거나 어두운 곳의 위치는 수면파와 마찬가지로 슬릿 폭이나 빛의 파장과 관계있다. 빛의 회절도 슬릿 폭이 작을수록, 파장이 길수록 잘 일어난다. 아인슈타인은 광전효과를 설명하기 위해 빛을 광자라는 에너지 입자의 흐름으로 보았다. 아인슈타인은 진동수가 ν 인 광자 한 개가 갖는 에너지를 $h\nu$ 라고 하였다. (플랑크 상수 h 의 값은 $6.626 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ 이고, 빛의 속도는 $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ 이다.)

<표1> 전자기파의 종류

구분	명칭	파장	진동수
전파	중파(MF)	1Km~100m	300KHz~3MHz
	단파(HF)	100m~10m	3MHz~30MHz
	초단파(VHF)	10m~1m	30MHz~300MHz
	극초단파(UHF)	1m~1mm	300MHz~3GHz
빛	적외선	1mm~700nm	
	가시광선	700nm~380nm	
	자외선	380nm~10nm	
	X선	10nm~0.001nm	
	감마선	0.1nm 이하	

(다) 전자기파는 매질이 없는 진공에서 빛의 속도로 진행한다. 전자기파는 주파수에 따라 전파(중파, 단파, 초단파, 극초단파), 빛(적외선, 가시광선, 자외선), X선, 감마선으로 분류된다.(<표1>)

라) 녹색형광단백질 GFP(green fluorescent protein)는 자외선이나 청색 빛에 노출됐을 때 녹색의 형광 빛을 내는 Aequorea victoria라는 해파리로부터 분리됐다. 세포학이나 분자생물학에서 GFP는효모, 곰팡이 세포, 식물, 초파리, 인간세포 등에서 유전자 발현 여부를 알아보기 위한 바이오센서로 많이 사용된다. 녹색 형광 빛으로 단백질의 움직임과 위치를 확인할 수 있어 특정 세포가 어떻게 움직이고 성장하는가를 쉽게 알 수 있다. 형광현미경에 사용되는 형광물질은 광수득률(quantum yield)이 중요하다. 광수득률은 포획한 광자에 대한 재 방출하는 광자의 비율을 나타낸다. GFP는 최대 0.8의 광수득률을 가지고 있다.

(마) 가까이 있는 두 점이 서로 떨어져 있음을 구별할 수 있는 두 점 사이의 최소한의 거리인 해상력은 광원의 파장과 대물렌즈의 개구수에 의해 결정된다. 대물렌즈의 해상력(d)은 다음의 식으로 표현된다.

$$d = 0.61 \times \frac{\lambda}{NA} \quad (\lambda : \text{현미경에 사용된 빛의 파장}, NA : \text{개구수})$$

개구수는 대물렌즈로 들어가는 빛 중 최대한 많이 벌어진 빛과 광축 사이의 각, 즉 개구각에 의하여 결정되며 모든 대물렌즈는 고유한 개구수를 가지고 있다. 개구수는 프레파라트와 대물렌즈 사이에 빛이 통과하는 공간 매질의 굴절률과 개구각의 sin값을 곱한 값 ($NA = n \cdot \sin\theta$)으로 표시된다. 일반적으로 40배 대물렌즈는 0.65의 개구수를 갖는다.

- 1) 자외선은 눈으로 볼 수 없지만 이것을 흡수한 분자가 내는 형광은 눈으로 볼 수 있다. 그 이유를 제시문을 참조하여 설명하라.
- 2) 전자현미경은 일반적으로 가속전압 200kV에서 0.0025nm파장의 전자선을 사용한다. (이때, 각은 $5 \times 10^{-3} \text{ rad}$ 이며 전자현미경 내부는 진공이다.) 제시문 내용을 바탕으로 광학현미경의 분해능의 한계를 추정하고, 일반광학현미경에 비해 전자현미경이 갖는 장점을 전자기파의 성격에 근거하여 설명하라.

▶ 전문가 클리닉

첫 번째 문제는 형광현미경에 관련된 것으로 자외선을 흡수한 GFP분자가 형광을 내는 원리를 화학적인 지식을 이용해 설명해야 합니다. 두 번째는 생물체의 미세구조를 관찰할때사용하는 전자현미경의 원리를 전자기파에 대한 물리화적인 지식을 이용하여 설명하는 문제입니다.

▶ 예시답안

- 1) 자외선은 380~10nm의 파장을 갖는 빛으로 700nm~380nm의 파장을 갖는 가시광선에 비해 파장이 짧다. 제시문(나)에서 광양자의 에너지는 $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$ 이므로 (c 는 빛의 속도) 파장이 짧은 자외선이 가시광선에 비해 더 큰에너지를 가지고 있다. 자외선을 흡수한 분자의 전자는 에너지를 받아 들뜬 상태가 된다. 이 전자는 바닥상태보다 조금 높은 상태의 궤도로 떨어지면서 가시광선의 파장에 해당하는 에너지를 방출한다. 즉 자외선의 에너지를 받아 들뜬 상태에 해당하는 궤도로 상향 이동한 후 여러번 단계를 거쳐 바닥상태로 떨어지면서 형광 빛을 내는 것이다. 형광으로 전환되지 않는 에너지는 열의 형태로 방출된다.

- 2) 현미경의 분해능은 빛의 회절과 간섭에 의해 결정된다. 제시문(나)에서 알 수 있듯 파장이 길수록 회절이 잘 일어나므로 파장이 짧은 광원을 사용하는 현미경일수록 회절현상이 일어나지 않고 분해능도 증가할 것이다. 광학현미경의 분해능은의 공식을 통해 계산할수있다. 40배 대물렌즈를 기준으로 하면 개구수(NA)는 0.65이다. 지문(다)에서 가시광선은 700nm~380nm 파장대를 가진다고 했으므로 $d = \frac{0.61 \times 380}{0.65}(\text{nm})$ 와 같다. 즉 이상적인 경우 약 360nm의 떨어진 점까지도 구별할 수 있다.

전자현미경은 전자선을 사용하므로 광학현미경에 광원의 파장이 더 짧다. 광원의 파장이 0.0025nm, $\theta = \sin\theta$ (각도가 작은 경우), 진공의 굴절률은 1이므로 $d = 0.61 \times \frac{0.0025}{5 \times 10^{13}}(\text{nm})$ 이다.

다른 조건이 모두 이상적인 경우 최대 약 0.3nm거리의 두 점을 구별할 수 있다. 즉 짧은 파장의 전자선을 사용하는 전자현미경이 가시광선을 이용하는 일반 광학현미경보다 분해능이 훨씬 더좋다.

Q2 다음 제시문을 읽고 물음에 답하라.

(가) 어떤 물질이 가지고 있는 에너지의 양을 그 물질의 열함량 또는 엔탈피라고 하며, 기호 H 로 나타낸다. 일반적으로 물질이 가진 에너지의 절대량은 알 수 없다. 반응이 일어날 때 반응 물질의 엔탈피와 생성 물질의 엔탈피의 차이만을 알 수 있다. 엔탈피의 변화는 ΔH 로 나타낸다.

$$\Delta H = (\text{생성물질의 총 엔탈피}) - (\text{반응물질의 총 엔탈피})$$

발열 반응은 반응 물질의 엔탈피가 생성 물질의 엔탈피보다 크므로 엔탈피 변화 ΔH 는 음의 값을 갖고, 흡열 반응은 반응 물질의 엔탈피가 생성 물질보다 작으므로 ΔH 는 양의 값을 갖는다.

두 원자 사이의 결합을 끊는 데 필요한 에너지를 결합 에너지라고 한다. 다음은 단일 결합이나 다중 결합의 결합에너지 값을 나타낸 예이다. (단위 : kJ/mol).

$$C-C : 346.1 \quad N-H \quad 391.8 \quad C=C : 615.9$$

결합이 강할수록 결합을 끊는 데 에너지가 많이 필요하기 때문에 결합 에너지가 크다. 화학 반응이 일어나면 반응 물질을 구성하는 원자 사이의 결합이 끊어지면서, 생성 물질을 구성하는 원자 사이의 결합이 만들어진다. 결합을 끊는 반응은 흡열 반응이다.

(나) 공기 저항과 마찰을 무시하면 진동하는 추는 영원히 진동 할 것이다. 이와 같이 물체가 외부에 어떠한 영향도 주지 않고 처음의 상태로 되돌아가는 현상을 가역 현상이라고 한다. 하지만 현실적으로 추는 마찰과 공기 저항에 의해 정지하기 때문에 처음의 운동 상태로 되돌아갈 수 없다. 한쪽 방향으로만 저절로 일어나지만 그 반대 방향으로만 저절로 일어나지 않는 현상을 비가역 현상이라고 한다. 폭포에서 물이 떨어지거나 향기가 퍼져 나가는 현상이 대표적인 비가역 현상이다. 자연 현상은 대부분 비가역 현상이다.

(다) 대부분의 자연 현상은 일정한 방향으로만 진행하기 때문에 엔트로피가 증가한다. 이것을 엔트로피 증가의 법칙이라고 한다. 자연 현상은 때로는 부분적으로 엔트로피가 감소하는 방향으로 진행되기도 하지만 그것에 관계되는 물질계 전체로 보면 엔트로피는 항상 증가한다. 따라서 엔트로피는 어떤 현상이 자연적인 방향을 따라 발생하는가를 나타내는 척도가 된다.

$\Delta S > 0$ 자발적 반응

$\Delta S > 0$ 가역적 반응

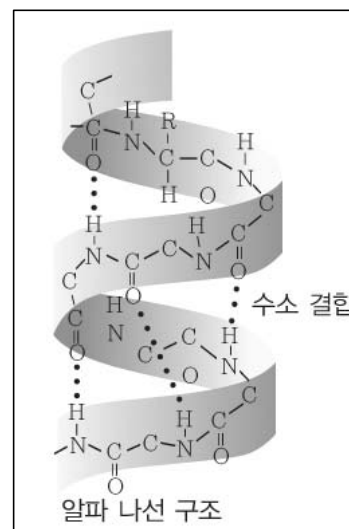
$\Delta S < 0$ 불가능한 반응

반응이 자발적인지 가역적인지 불가능한지는 깁스자유에너지(G)라고 하는 상태함수를 도입하면 복잡한 계산 단계를 거치지 않고도 알 수 있다. 깁스자유에너지 $G = H - TS$, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이다. (H 는 엔탈피이고 T 는 절대온도이다.) 일정 온도(T)와 압력(P)에서 $\Delta H_{\text{계}} = q_p$ 이므로, 주위에 전달된 열은 $-q_p = -\Delta H_{\text{계}}$ 이다. 그러면 주위의 엔

트로피 변화는 $\Delta S_{\text{주위}} = \frac{-\Delta H_{\text{계}}}{T}$ 와 같으므로 전체 엔트로피 변화는 다음과 같다.

$$\Delta S_{\text{전체}} = \Delta S_{\text{계}} + \Delta S_{\text{주위}} = \Delta S_{\text{계}} + \frac{-\Delta H_{\text{계}}}{T} = \frac{-(\Delta H_{\text{계}} - T\Delta S_{\text{계}})}{T} = \frac{-\Delta G_{\text{계}}}{T}$$

절대온도 T 의 값은 항상 양이므로 일정한 온도와 압력에서 $\Delta S_{\text{전체}}$ 와 $\Delta G_{\text{계}}$ 는 반드시 반대

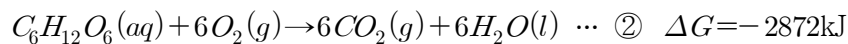
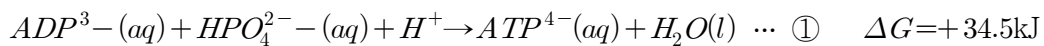


<그림1> 단백질의 나선구조

부호를 갖는다. $\Delta G < 0$ 자발적 반응 $\Delta G = 0$ 가역적 반응 $\Delta G > 0$ 비자발적 반응

(라) 효소는 생물체 내에서 일어나는 여러 가지 화학 반응에서 촉매 역할을 한다. 화학적 소화 과정에 작용하는 소화효소는 <그림1>과 같이 20가지의 아미노산이 결합된 나선모양의 단백질로 이뤄져 있다. 효소 내 단백질이 가장 활발하게 작용할 때의 온도를 최적 온도라고 하는데 일반적으로 체내에서 작용하는 소화효소의 최적 온도는 체온범위이다. 40℃ 이상의 고온에서는 효소의 단백질 구조가 변성되어 그 기능을 상실한다. (서울대 2008학년도 모의 논술고사 기출문항)

- 1) 제시문(라)의 밑줄 친 부분과 같이 체내 단백질들은 40℃ 이상 고열이 지속되면 변성된다. 단백질의 변성과정을 엔탈피, 엔트로피, 깁스자유에너지의 개념을 이용하여 설명하라.
- 2) 살아있는 세포에서 자유에너지를 저장하는 주된 매개체는 아데노신삼인산(ATP)이다. 아데노신이인산(ADP)으로부터 아데노신삼인산(ATP)가 생성 되는 반응과 포도당 한분자가 38개의 ATP 분자를 생성하는 반응이 어떻게 짝지어져서 자발적으로 일어나는지 밝혀라.



▶ 전문가 클리닉

- 1) 단백질로 이루어진 효소가 활성화 되는 최적 조건을 벗어났을 때 그 구조가 변하고 기능을 상실하는 현상을 물리, 화학적 관점으로 설명합니다. 체온이 40℃ 이상으로 올라가면 생명이 위독해지는 현상을 물리 교과서에서 언급되는 엔트로피와, 화학 교과서에서 설명되는 엔탈피, 두 개념을 연결하는 깁스자유에너지의 부등호를 이용해 설명합니다.
- 2) 체내에서 에너지를 저장하는 반응은 비자발적이지만 짝지어진 반응에 의해 포도당 대사는 자발적으로 진행됩니다. 이 과정을 깁스자유에너지와 관계해서 생각해 보는 문항입니다. ΔG 의 부호를 보면 반응을 예측할 수 있습니다.

▶ 예시답안

- 1) 제시문 (다)를 통해 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 임을 알 수 있다. 단백질은 아미노산 간의 수소결합으로 엮여 있기 때문에 체온이 40℃ 이상일 경우 이러한 결합들이 깨진다. 두 원자 사이의 결합을 끊는 반응은 흡열 반응이므로 $\Delta H > 0$ 이다. 한편 40℃ 이상의 높은 체온에 의해 생체의 단백질이 변성되는 과정은 비가역적 자연의 반응이다. 이 경우 엔트로피의 양은 증가한다. 따라서 $\Delta S > 0$ 이다.

정리하면 체온(T)가 40℃ 이상일 경우 $\Delta H > 0$ 이고, $\Delta S > 0$ 이기 때문에 제시문 (다)의 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 식에 대입하면 $\frac{\Delta H}{\Delta S} < T$ 로서 $\Delta G < 0$ 인 자발적 반응만 가능한 상태다. 따라서 고열 상태가 지속될 경우 생체 단백질의 변성이 자발적으로 지속되어 생명이 위독하다.

- 2) 포도당 한 분자는 38ATP를 생성하므로 반응식 ①의 양변에 38을 곱한 후 반응 ②과 짝지어져 하나의 반응식으로 생각해 볼 수 있다. 이때 통합된 반응식에서의 ΔG 는 $\Delta G = (\text{생성된 화합물의 총 깁스자유에너지}) - (\text{반응하는 화합물의 총 깁스자유에너지})$ 로 구할 수 있다.

$$= G(6CO_2 + 6H_2O + 38ATP^{4-} + 38H_2O) - G(C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38ADP^{3-} + 38HPO_4^{2-} + 38H^+)$$

$$=G(6CO_2+6H_2O-C_6H_{12}O_6-6O_2)+G(38(ATP^{4-}+H_2O-ADP^{3-}-HPO_4^{2-}-H^+))$$

$$=-2872kJ+38(34.5kJ)=-1561kJ$$

$\Delta G=-1561kJ < 0$ 이므로 이 반응은 자발적 반응이다. ATP에 저장되는 에너지는 $7.3kcal/mol$ 이므로 38개의 ATP분자에 저장되는 에너지는 $38mol \times 7.3kcal/mol \times 4.2kJ/kcal = 1165kJ$ 이다. 포도당 한 분자의 대사로 발생하는 자유에너지는 $2872kJ$ 이고, 저장되는 에너지는 $1165kJ$ 이므로 그 분율은 $\frac{1165}{2872}$ 이다.