

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오.

[가] 이자에서 분비되는 소화효소는 십이지장과 바로 연결되는 이자관을 통해 십이지장으로 이동해 작용한다. 땀과 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 조성과 물리적 구성에 따라 다양한 기능을 한다. 이 중에서도 세포막의 주성분인 지질은 세포 외부로부터의 장벽 역할을 효과적으로 수행하며 유동성을 가져 단백질이 떠다닐 수 있게 한다. 세포막에 있는 단백질은 막을 통과하려는 물질을 이동시키고 세포의 외부로부터 오는 자극신호를 수신하는 역할을 함으로써 세포의 생명현상의 물질대사에서 중요한 기능을 한다.

[라] 사람을 포함한 포유류의 성 결정은 정소나 난소가 형성되는 과정과 생식소 바깥의 표현형인 암수 각각의 생식관이나 외부생식기가 발달하는 과정으로 크게 구분할 수 있다. 정소와 난소의 형성 같은 생식소 결정은 염색체에 따르며 염색체 XX는 암컷이 되고 XY는 수컷이 된다. Y염색체는 정소 결정인자라는 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 8주경에 정소나 난소로 발달하기 시작하는데, Y염색체가 있으면 남성의 생식기인 정소로 발달하고 Y염색체가 없으면 난소로 발달한다. 이처럼 미분화된 생식소가 정소나 난소로 결정되는 과정을 1차 성 결정이라고 한다. Y염색체가 지닌 유전자의 발현에 의해 형성된 정소는 두 종류의 호르몬을 분비한다. 그 중 한 호르몬은 '항월리관 호르몬(AMH)으로 척수동물에서 중배엽성 관으로 수컷에서는 발생이 곧 그치나 암컷에서는 길게 늘어나서 수란관이 되는 월러관을 파괴한다. 다른 한 호르몬인 테스토스테론은 남성의 생식기 형성에 중요한 역할을 하는 볼프관의 발달을 촉진하여 남성화를 촉진해 음경, 수컷 생식관, 음낭을 형성하게 하고 동시에 유선 발달을 억제한다. 만약 태아조직에서 이 두 호르몬이 분비되지 않으면 암컷이 된다. 이런 생식소 외부의 성 특이적 외부 표현형 발달 과정을 2차 성 결정이라고 한다.

● **논제 1** (가)와 (나)에서 소화효소와 인슐린 호르몬의 분비방식이 갖는 차이점을 서로 비교하라.

● **논제 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 혈당조절이 실패하는 이유를 (나)와 (다)를 활용해 설명하라.

● **논제 3** 밑줄 친 ㉠에서 유전적으로 암수가 결정된다는 말의 의미를 설명하고, 비정상적인 수정에 의해 XXY 유전자를 갖는 개체가 발생한다면 이 개체의 성 결정과 외형적 발달은 어떻게 이뤄질지 설명하라.

● **논제 4** 외관상으로는 유방이 발달하고 여성의 외부 생식기를 가지는데, 내부적으로는 정소를 갖는 개체의 핵형을 분석해보니 XY로 판명됐다. 생물학적으로 성결정 메커니즘의 어느 부분이 잘못돼 이런 성의 불일치가 일어났는지 설명하라.

[문제 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.

단계	내 용	
1	내분비샘의 특징을 올바르게 설명하였는가?	5점
2	외분비샘의 특징을 올바르게 설명하였는가?	5점

[문제 2] 인슐린은 이자에서 혈액으로 분비돼 간세포에서 글리코겐 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.

단계	내 용	
1	인슐린 호르몬의 기능을 설명하였는가?	3점
2	당뇨병 종류를 설명하였는가?	3점
3	인슐린 비의존성 당뇨병임을 밝혔는가?	4점

[문제 3] 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. Y염색체는 성을 결정하는 데 중요한 요소로 작용하는 정소 결정유전자를 가집니다. XXY염색체를 가진 개체에서는 이 유전자가 정상적으로 발현돼 미분화된 생식소가 정소로 발달하고 정소에서 분비되는 호르몬으로 인해 개체가 남성 생식기를 갖습니다. 따라서 이 개체는 남성이 됩니다. 또한 XXY염색체 조합을 가진다면 홀수의 염색체를 가지므로 제1감수분열 전기에서 상동염색체끼리 접합을 정상적으로 이루지 못하므로 정자를 만들 수 없기 때문에 생식 능력을 갖지 못합니다.

단계	내 용	
1	성결정은 수컷이 한다는 것을 설명하였는가?	2점
2	XXY를 가진 개체의 성 결정을 설명하였는가?	4점
3	XXY를 가진 개체의 생식세포는 형성할 수 있는가?	4점

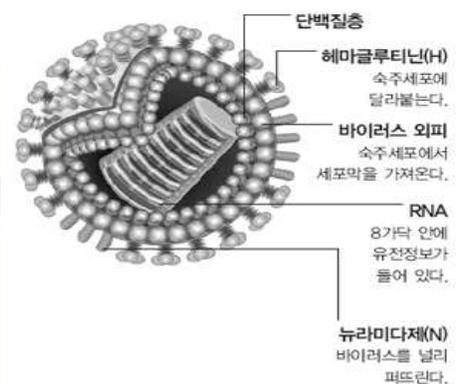
[문제 4] 남성호르몬에 불감증을 가진 경우로 생각할 수 있습니다. 이 개체는 Y염색체를 갖고 태어났으므로 정소가 정상적으로 발달합니다. 하지만 정소에서 분비되는 남성 호르몬에는 정상적으로 반응하지 못해 음경, 수컷 생식관, 음낭 같은 남성의 외부생식기가 형성되지 못하고 대신 유선이 발달하는 등 2차 성 결정 과정에서 문제가 생겼다고 추론할 수 있습니다.

단계	내 용	
1	Y염색체에 의한 정상적인 발현을 설명하였는가?	5점
2	2차 성결정의 문제가 있음을 설명하였는가?	5점

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오.

[가] 바이러스는 생물적 특성과 무생물적 특성을 둘 다 지닌 중간적인 존재로 살아있는 생물체 내에서만 물질 대사를 수행하고 증식할 수 있다. 바이러스는 핵산과 단백질로 구성되어 있고 핵이나 세포 내 소기관은 없으며 살아 있는 세포에 기생하여 물질을 합성하고 증식한다. 숙주세포 밖에서는 물질 대사를 수행하지 못하고, 생물체 밖에서는 번식하지 못하며, 단백질의 결정체로 존재한다. 사람이나 가금류에 독감을 일으키는 독감 바이러스(인플루엔자)는 동물성 바이러스로 오소믹소바이러스(Orthomyxoviriodae)에 속한다. 독감바이러스는 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.

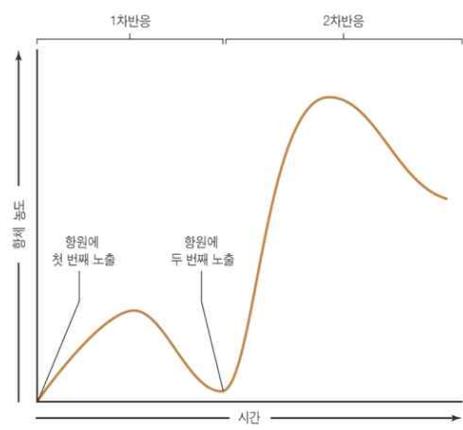
[나] 대부분 조류독감은 사람에게서 유행하는 독감 바이러스의 유전자를 동시 보유한다. 조류독감 바이러스는 단백질에 따라 H형과 N형으로 구분할 수 있는데 H형은 H1~H15가 있고 헤마글루티닌에 의해 생기는 혈청으로 구분한다. N형은 N1~N9가 있는데 뉴라미다제에 의한 혈청으로 구분하여 두 단백질 조합으로 135종류의 혈청이 가능하다. 몇 년 전 유행하던 조류독감은 H5N1으로 변이가 빠르고 고병원성으로 다른 동물에게 전이가 쉬웠다.



[독감바이러스의 구조]

[다] 광우병은 정식 명칭이 소의 해면양 뇌병증 (Bovine Spongiform Encephalopathy)으로 해면 모양으로 뇌에 구멍이 뚫려 소가 잘 걸지 못하고 비틀거리다가 온 몸의 근육이 굳어서 죽는 병이다. 이런 종류의 병을 스크래피 질환이라고 하는데 200년 전 양에게서 나타났다. 그러나 전염속도가 느리고 병에 걸려죽은 양의 고기를 먹은 사람에게도 전염되지 않아 큰 문제가 되지 않았다. 그러나 1987년 영국에서 소에게서 비슷한 병이 나타났고 우리나라에서는 2000년 보고되었다. 광우병이 나타난 시기는 영국에서 소에게 살을 찌우기 위해 양과 소의 사체를 갈아서 사료에 섞어 먹이기 시작한 시기와 일치하여 이들을 폐기하기 시작하였으나 문제는 인간에게도 광우병이 나타났다는 것이다. 광우병 이전에도 인간에게 크로이펠츠 야콥병 (CJD)과 쿠루병이 있었다. 쿠루병은 파푸아 뉴기니 포어족에게 나타나는 병으로 이들은 가족이 죽으면 시체를 나누어 먹는 관습이 있었는데, 그 중 뇌와 눈은 여성과 아이의 몫이었고 쿠루병은 여성과 아이에게 주로 나타나는 병이었다. 광우병 파동 후에 노인들에게 보이는 CJD가 이전과 다른 양상을 보이는 vCJD(variant CJD)로 나타났고 환자들은 광우병에 걸린 소를 포함한 소를 기르는 젊은 농부들이었다. 1982년 스탠리 푸르시너는 단백질(protein)과 바이러스 입자(viroid)의 합성어로 prion이라고 명명하여 광우병 원인 물질을 밝혀냈다. 그 후 1997년 노벨상을 받았다.

[라] 세균, 바이러스 등 외부에서 침입하는 이물질에 대하여 스스로 방어하는 작용을 면역이라고 한다. 체내에 항원이 들어오면 이에 대한 항체가 만들어지는데 이를 1차 면역 반응이라고 한다. 면역반응이 끝나면 증식된 림프구는 대부분 사라지지만 일부는 기억 세포로 남아 있다가 동일한 항원을 만나면 신속하게 다량의 항체를 만드는데, 이를 2차 면역 반응이라고 한다. (아래 그림 참고)

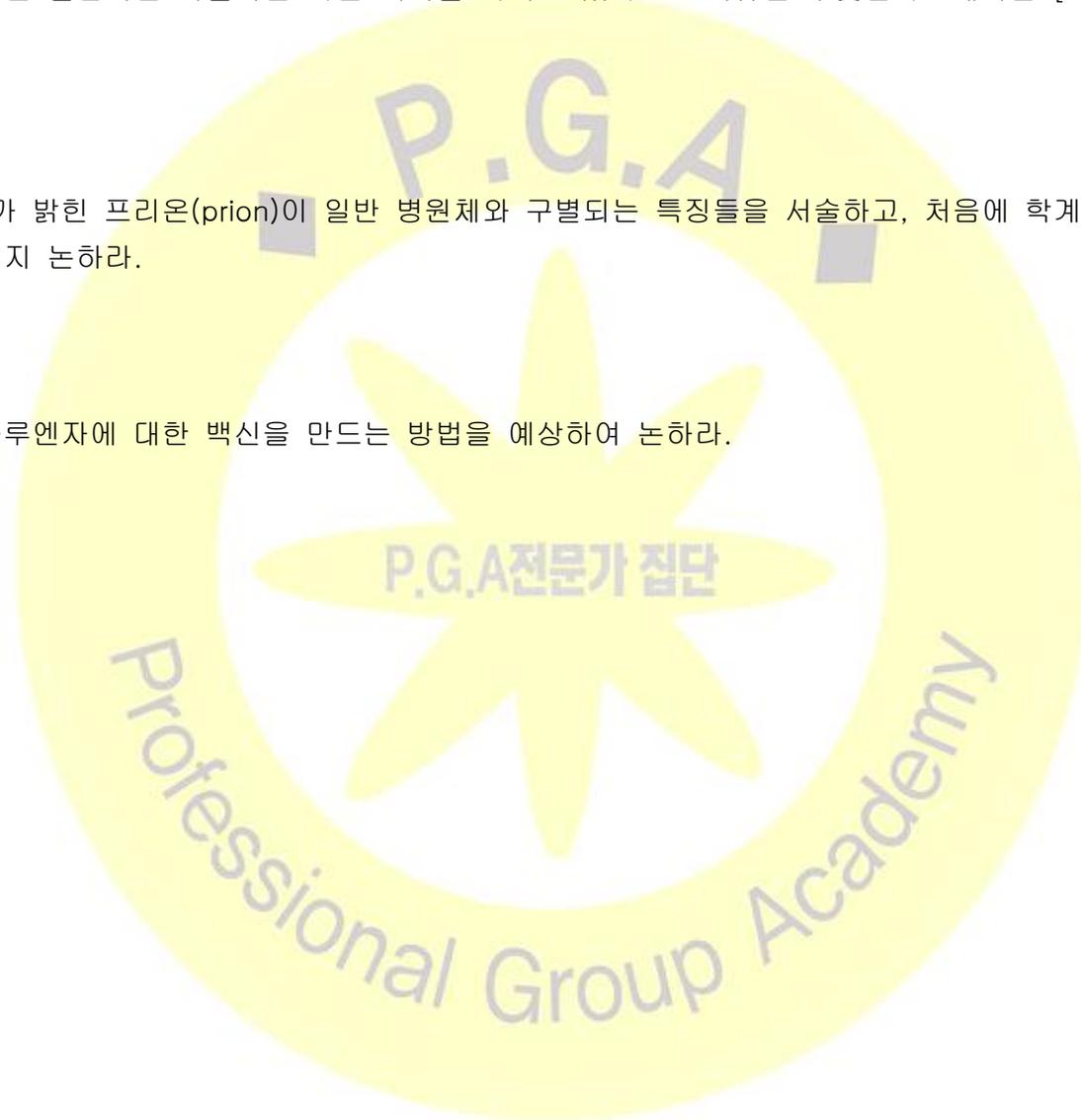


● **문제 1** 제시문 [가]와 [나]에서 설명한 조류 인플루엔자의 특성을 참고해 바이러스를 분류하는데 사용되는 기준에는 어떤 것이 있는지 설명하고, 조류 인플루엔자가 인간에게 발생하는 원인을 예상하여 논하시오.

● **문제 2** 여러 가지 바이러스 치료제들이 개발되었지만, 바이러스에 대항하는 가장 강력한 무기는 백신이다. 그러나 백신은 항생제와 같은 일반적인 약물과는 다른 목적을 가지고 있다. 그 이유는 무엇인가? 제시문 [라]를 근거로 설명하시오.

● **문제 3** 푸르시너가 밝힌 프리온(prion)이 일반 병원체와 구별되는 특징들을 서술하고, 처음에 학계에 받아들여지지 않은 까닭이 무엇인지 논하라.

● **문제 4** 조류 인플루엔자에 대한 백신을 만드는 방법을 예상하여 논하라.



[문제 1] 바이러스는 일반적으로 그들이 가지는 유전물질이 DNA인지 RNA인지에 따라 분류하고 핵산이 단일 사슬로 돼 있는지, 이중 사슬로 돼 있는지에 따라 분류한다. 또한, 하나 이상의 단백질로 구성된 캡시드와 캡시드 안의 핵산을 함께 둘러싸고 있는 막성 외피의 존재 여부도 바이러스를 분류하는 기준이 된다. 이 밖에도 숙주의 유형에 따라 바이러스를 세균성, 동물성, 식물성으로 분류하기도 한다.

조류독감이 인간에게 발생하려면 변종이 만들어져야 한다. 그 하나로 철새가 조류독감에 걸리고 돼지에게 독감이 전염되면 돼지 목의 호흡기 세포 중 조류독감과 사람독감 바이러스를 받아들이는 수용체에서 두 바이러스가 유전자를 교환해 재조합하여 인간에게 조류독감 감염이 가능해지게 된다. 이렇게 인간에게 조류독감이 감염되면 자체 유전자 변이로 새로운 독성 바이러스가 탄생할 수 있다. 그리고 인체에 조류독감과 인간 독감이 감염되어 인체 내에서 재조합이 일어나는 경우 조류독감이 인간에게도 위험한 영향을 미칠 수 있다.

단계	내 용	
1	핵산과 숙주로 바이러스를 분류를 했는가?	4점
2	조류 독감이 생성되는 원인을 설명하였는가?	6점

[문제 2] 항생제는 즉각적 대응을 치료목적으로 사용할 수 있지만 백신은 예방을 목적으로 하기 때문에 시간적 차이가 생길 수 있다. 백신을 접종하면 1차면역반응에 의해 항체가 생성되어야 한다. 그런데 1차 반응은 제시문 (라)에서 설명한 것처럼 느리게 일어나기 때문에 즉각적인 치료효과를 기대할 수 없다.

단계	내 용	
1	항생제와 백신의 차이를 설명하였는가?	5점
2	백신을 투여하면 진행되는 메커니즘을 설명하였는가?	5점

[문제 3] 각종 병원체를 포함한 보통의 생물체는 세포의 핵산(DNA, RNA)에서 단백질을 합성하고 자가 증식을 통해 번식해 나간다. 그러나 프리오니체는 프리온이 DNA나 RNA와 같은 핵산이 없이 단백질로만 구성된 입자임에도 불구하고 그 자체가 전염성을 가지고 스스로 복제를 하여 수를 증가시킬 수 있다고 주장하였다. 이는 DNA에서 RNA로 유전정보가 전사되고, RNA에서 단백질로 유전정보가 번역되어 흐른다는 중심원리에 위반되는 주장으로 유전정보가 단백질에서 단백질로 흐른다는 논리이기 때문에 기존 학계에서는 받아들이기 힘든 주장이었다.

단계	내 용	
1	중심설(central dogma)을 설명하였는가?	3점
2	프리온 단백질을 설명하였는가?	3점
3	중심설의 의미와 프리온 단백질과의 차이를 설명하였는가?	4점

[문제 4] 독성이 없는 바이러스와 독감바이러스를 함께 감염시키면 유전자 재조합이 일어나게 된다. 그 중에서 독성이 없는 바이러스 조각 6개와 독성이 있는 바이러스 조각 2개(항원으로 작용하는 H, N)가 재조합된 새로운 바이러스를 찾는다. 그러면 독성은 없으나 바이러스와 유사한 항원을 생성할 수 있다. 코에 스프레이를 뿌리는 생백신으로 사용이 가능하고, 항원만을 분리하여 주사하는 사백신으로 가능하다. H와 N 스파이크 단백질에 대한 2가지 유전자를 DNA로 바꾸고 세포에 침투시켜 백신 바이러스를 제조하여 백신균주 생산이 바로 가능하다.

단계	내 용	
1	백신의 종류를 이용하여 설명하였는가?	5점
2	바이러스의 구조를 이용하여 설명하였는가?	5점