

아주대논술

자연계열(의학과)

목차

2026학년도 자연계열 (의학과)	3
문항 1 (수학)	3
문항 2 (생명과학)	7
2025학년도 자연계열 (의학과)	16
문항 1 (수학)	16
문항 2 (생명과학)	19
2024학년도 자연계열 (의학과)	26
문항 1 (수학)	26
문항 2 (생명과학)	31

2026학년도 자연계열 (의학과)

문항 1 (수학)

[문항 1] [제시문] 을 읽고 물음에 답하시오.

제시문

(가) [그림 1]과 같이 곡선 $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$ 로 이루어진 곡선을 C 라 하자.

$$C_1 : y = -x + 3 \quad (0 \leq x \leq 2)$$

$$C_2 : y = \frac{x^2}{4} - \frac{1}{2} \ln \frac{x}{2} \quad (2 \leq x \leq 4)$$

$$C_3 : y = \frac{16 - \ln 2}{4}(x - 2) - 4 \quad (2 \leq x \leq 4)$$

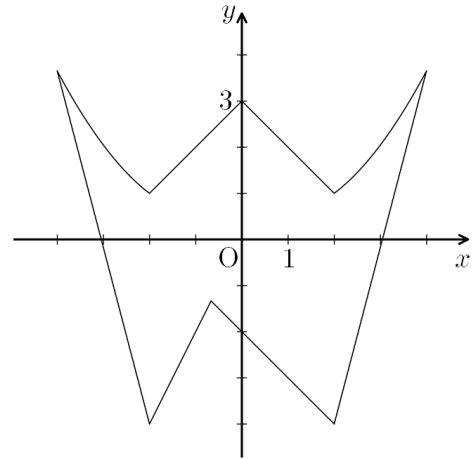
$$C_4 : y = -x - 2 \quad \left(-\frac{2}{3} \leq x \leq 2\right)$$

$$C_5 : y = 2x \quad \left(-2 \leq x \leq -\frac{2}{3}\right)$$

$$C_6 : y = \frac{\ln 2 - 16}{4}(x + 2) - 4 \quad (-4 \leq x \leq -2)$$

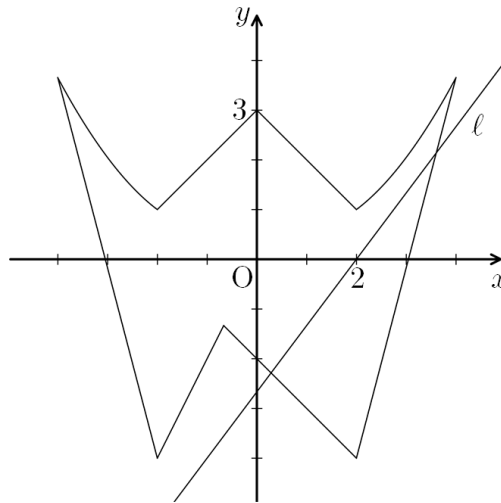
$$C_7 : y = \frac{x^2}{4} - \frac{1}{2} \ln \left(-\frac{x}{2}\right) \quad (-4 \leq x \leq -2)$$

$$C_8 : y = x + 3 \quad (-2 \leq x \leq 0)$$



[그림 1]

(나) 양의 실수 t 에 대하여 기울기가 $\frac{4}{3}$ 이고 x 절편이 t 인 직선을 ℓ 이라 하자. [그림 2]는 $t = 2$ 일 때를 나타내며, 이때 직선 ℓ 은 (가)의 곡선 C 와 두 점에서 만난다.



[그림 2]

[문제 1-1] (26점) 제시문 (가)에 대한 다음 물음에 답하시오.

- (1) (8점) 곡선 C 의 길이를 구하시오.
- (2) (8점) 곡선 C 로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하시오.
- (3) (10점) 직선 $y = -10(x - k)$ 가 곡선 C 로 둘러싸인 도형의 넓이를 이등분할 때, 상수 k 의 값을 구하시오.

[문제 1-2] (10점) 실수 a ($-1 \leq a \leq 1$)에 대하여 직선 $y = ax$ 가 제시문 (가)의 곡선 C 와 만나는 점의 개수를 $g(a)$ 라 하자. 다음 <조건>을 만족시키는 가장 낮은 차수의 다항함수 $p(a)$ 에 대하여 $p(0)$ 의 값을 구하시오.

<조건>

- ① $h(a) = p(a)g(a)$ 로 정의된 함수 $h(a)$ 가 $-1 \leq a \leq 1$ 에서 연속이다.
- ② $p(a)$ 는 일차 이상의 다항함수이다.
- ③ $p(a)$ 의 최고차항의 계수는 1이다.

[문제 1-3] (14점) 제시문 (나)의 직선 ℓ 이 제시문 (가)의 곡선 C 와 만나는 점의 개수를 $f(t)$ 라 할 때, 함수 $f(t)$ 가 불연속인 양의 실수 t 의 값을 모두 구하시오.

※ 대소 비교에 다음 표를 활용하여도 무방함.

x	2	3	5	7
$\ln x$	0.693	1.099	1.609	1.946

■ 예시 답안

[문제 1-1] (1)

각 곡선(선분)의 길이를 구하면

$$(\text{곡선(선분)} C_1 \text{의 길이}) = (\text{곡선(선분)} C_8 \text{의 길이}) = 2\sqrt{2},$$

$$(\text{곡선 } C_2 \text{의 길이}) = (\text{곡선 } C_7 \text{의 길이})$$

$$\begin{aligned} &= \int_2^4 \sqrt{1 + \left(\frac{x}{2} - \frac{1}{2x}\right)^2} dx = \int_2^4 \left(\frac{x}{2} + \frac{1}{2x}\right) dx \\ &= \left[\frac{x^2}{4} + \frac{1}{2} \ln x \right]_2^4 = \frac{1}{2} \ln 2 + 3, \end{aligned}$$

$$(\text{곡선(선분)} C_3 \text{의 길이}) = (\text{곡선(선분)} C_6 \text{의 길이}) = \frac{1}{2} \sqrt{16 + (16 - \ln 2)^2},$$

$$(\text{곡선(선분)} C_4 \text{의 길이}) = \frac{8}{3} \sqrt{2},$$

$$(\text{곡선(선분)} C_5 \text{의 길이}) = \frac{4}{3} \sqrt{5}$$

이다. 따라서 곡선 C 의 길이는 $6 + \frac{20}{3} \sqrt{2} + \frac{4}{3} \sqrt{5} + \sqrt{16 + (16 - \ln 2)^2} + \ln 2$ 이다.

[문제 1-1] (2)

곡선 C 로 둘러싸인 도형의 넓이는

$$\begin{aligned} (\text{넓이}) &= 2 \left(\int_0^2 ((-x+3) - (-x-2)) dx + \int_2^4 \left(\left(\frac{x^2}{4} - \frac{1}{2} \ln \frac{x}{2} \right) - \left(\frac{16 - \ln 2}{4} (x-2) - 4 \right) \right) dx \right) - \frac{4}{3} \\ &= 2 \left(\int_0^2 5 dx + \int_2^4 \left(\frac{x^2}{4} - \frac{16 - \ln 2}{4} x - \frac{1}{2} \ln \frac{x}{2} + 12 - \frac{\ln 2}{2} \right) dx \right) - \frac{4}{3} \\ &= 2 \left(10 + \left[\frac{x^3}{12} - \frac{16 - \ln 2}{8} x^2 - \frac{x}{2} \ln \frac{x}{2} + \frac{25}{2} x - \frac{\ln 2}{2} x \right]_2^4 \right) - \frac{4}{3} \\ &= 2 \left(10 - \frac{3}{2} \ln 2 + \frac{17}{3} \right) - \frac{4}{3} = 30 - 3 \ln 2 \end{aligned}$$

이다.

[문제 1-1] (3)

[문제 1-1]의 (2)로부터 곡선 C 로 둘러싸인 도형의 y 축의 왼쪽 부분의 넓이는 오른쪽 부분의 넓이보다 $\frac{4}{3}$ 만큼 작음을 알 수 있다. 한편 기울기가 -10 이고 원점을 지나는 직선과 기울기가 -10 이고 점 $(0, 3)$ 을 지나는 직선에 의하여 잘리는 삼각형들의 넓이를 고려하면, $0 < k < \frac{3}{10}$ 임을 알 수 있다.

직선 $y = -10(x - k)$ 가 직선 C_8 과 C_4 와 만나는 점의 x 좌표는 각각 $\frac{10k-3}{11}$, $\frac{10k+2}{9}$ 이다. 직선 $y = -10(x - k)$ 가 도형을 같은 넓이로 나누므로

$$\frac{1}{2} \times (10k+2) \times \frac{10k+2}{9} - \frac{1}{2} \times (3-10k) \times \frac{3-10k}{11} = \frac{2}{3}$$

이다. 이를 만족하는 k 는 $\frac{\sqrt{2739}}{20} - \frac{49}{20}$ 이다.

[문제 1-2]

원점과 점 $\left(4, 4 - \frac{1}{2} \ln 2\right)$ 를 지나는 직선의 기울기는 $a_1 = 1 - \frac{1}{8} \ln 2$ 이므로, 직선 $y = ax$ 와 곡선 C 와의 교점의 개수는 $a_1 < |a| \leq 1$ 일 때 2, $|a| = a_1$ 일 때 3, $\frac{1}{2} < |a| < a_1$ 일 때 4, $|a| = \frac{1}{2}$ 일 때 3, $|a| < \frac{1}{2}$ 일 때 2이다. 따라서 $g(a)$ 는 $a = -a_1, -\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, a_1$ 에서 불연속이다. $h(a) = g(a)p(a)$ 가 닫힌구간 $[-1, 1]$ 에서 연속함수이어야

하므로 다항함수 $p(a)$ 는 $\left(a^2 - \frac{1}{4}\right)(a^2 - a_1^2)$ 을 인수로 갖는다. 따라서 <조건>을 만족하는 가장 낮은 차수의 다항함수는 $p(a) = \left(a^2 - \frac{1}{4}\right)(a^2 - a_1^2)$ 이며, $p(0) = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{1}{8} \ln 2\right)^2$ 이다.

[문제 1-3]

양수 t 에 대해 직선 ℓ 이 $\left(-\frac{2}{3}, -\frac{4}{3}\right), (-2, -4), (2, 1), \left(4, 4 - \frac{1}{2} \ln 2\right), (2, -4)$ 를 지날 때와 C_2 에 접하는 경우, 즉 점 $\left(3, \frac{9}{4} - \frac{1}{2} \ln \frac{3}{2}\right)$ 을 지나는 경우만 고려하면 충분하다. 이에 해당하는 t 의 값들을 크기 순으로 나열하여 $t_1 = \frac{1}{3}, t_2 = 1, t_3 = \frac{5}{4}, t_4 = 1 + \frac{3}{8} \ln 2, t_5 = \frac{21 + 6 \ln \frac{3}{2}}{16}, t_6 = 5$ 라 하고, 양의 실수 t 에 대한 교점의 개수 $f(t)$ 를 살펴보면 다음 표와 같다.

t 의 범위	$f(t)$	비고
$0 < t < t_1$	2	
$t = t_1$	3	$\left(-\frac{2}{3}, -\frac{4}{3}\right)$ 를 지날 때
$t_1 < t < t_2$	4	
$t = t_2$	3	$(-2, -4)$ 를 지날 때
$t_2 < t < t_3$	2	
$t = t_3$	2	$(2, 1)$ 을 지날 때 $\lim_{t \rightarrow t_3^-} f(t) = \lim_{t \rightarrow t_3^+} f(t) = f(t_3)$
$t_3 < t < t_4$	2	
$t = t_4$	3	$\left(4, 4 - \frac{1}{2} \ln 2\right)$ 를 지날 때
$t_4 < t < t_5$	4	
$t = t_5$	3	C_2 에 접할 때
$t_5 < t < t_6$	2	
$t = t_6$	1	$(2, -4)$ 를 지날 때
$t > t_6$	0	

따라서 불연속이 되는 t 의 값들은 $\frac{1}{3}, 1, 1 + \frac{3}{8} \ln 2, \frac{21 + 6 \ln \frac{3}{2}}{16}, 5$ 이다.

■ 채점 기준

[문제 1-1] (1)

- (1) 적분을 이용하여 C_2, C_7 의 길이를 올바르게 계산 [6점]
- (2) 선분의 길이를 올바르게 계산 [2점]

[문제 1-1] (2)

- (1) 넓이를 정적분으로 나타냄 [4점]
- (2) 정적분을 올바르게 계산 [4점]

[문제 1-1] (3)

- (1) 넓이를 이등분하는 k 의 범위를 관찰 [3점]
- (2) 직선과 곡선의 교점을 올바르게 계산 [3점]
- (3) 넓이가 같음을 이용하여 정답을 올바르게 구함 [4점]

[문제 1-2]

- (1) 기울기에 따른 교점의 개수를 구함 [3점]
- (2) 불연속점을 관찰 [2점]
- (3) 다항함수 $p(a)$ 을 올바르게 제시하고 $p(0)$ 를 구함 [5점]

[문제 1-3]

- (1) 직선과 곡선이 접하는 경우를 관찰하고 접점을 구함 [4점]
- (2) t 값에 따른 교점의 개수를 구함 [6점]
- (3) 불연속점을 구함 [4점]

문항 2 (생명과학)

[문항 2] (50점) 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

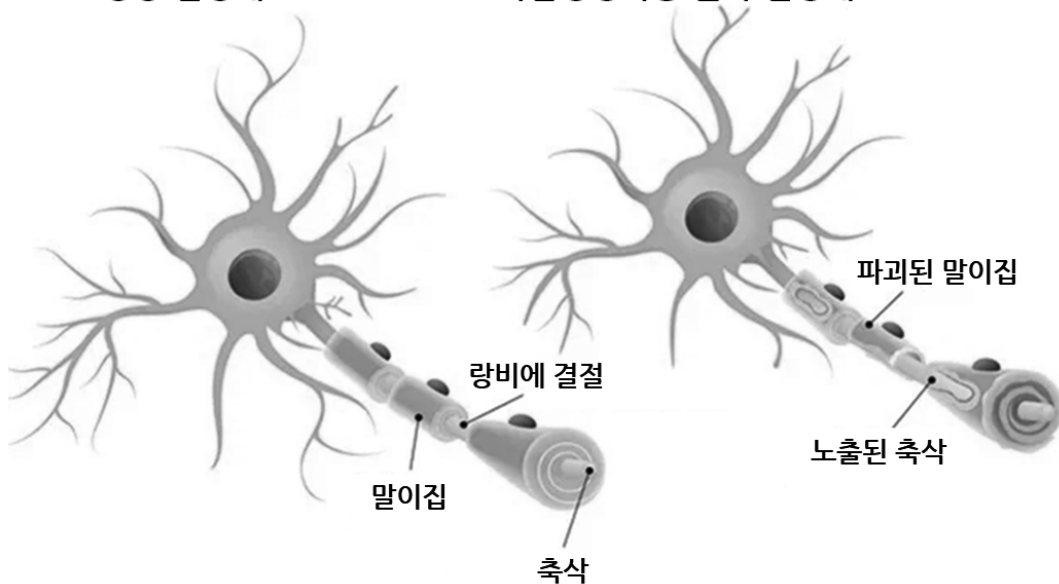
다발성경화증(Multiple Sclerosis, MS)은 전 세계적으로 약 2백만 명 이상이 앓고 있는 대표적인 만성 면역 매개성 중추신경계 질환이다. 이 질환은 신경 세포의 축삭(axon)을 둘러싸고 있는 말이집(myelin)이 면역 반응에 의해 파괴되면서 발생한다(그림 참조). 말이집의 손상 정도에 따라 임상 증상은 매우 다양하게 나타나며, ‘흐려 보임(blurred vision)’, ‘피로감’, ‘균형감각 상실’과 같은 경미한 증상에서부터 ‘인지 기능 저하’나 ‘자율 신경계 기능 상실’ 등 심각한 신경학적 장애에 이르기까지 광범위하다.

MS의 정확한 발병 원인은 아직 완전히 규명되지 않았으나, 현재까지의 연구들은 복합적인 유전적 요인과 환경적 요인의 상호작용이 주요한 병인으로 작용한다고 제시하고 있다. 그중에서도 엡스타인-바 바이러스(Epstein-Barr Virus, EBV) 감염은 가장 중요한 환경적 위험 요인으로 주목받고 있다. 실제로 거의 모든 MS 환자는 발병 이전에 EBV 감염의 병력을 가지고 있는 것으로 보고된다.

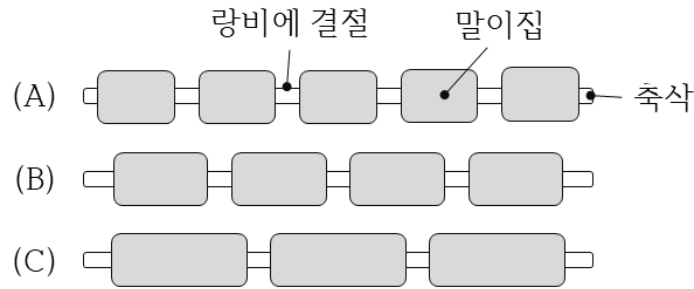
EBV는 인체에 흔히 감염되는 바이러스 중 하나로, 대부분의 건강한 사람에게는 특별한 증상을 일으키지 않는다. 그러나 일부 개인에서는 EBV 감염이 면역계의 비정상적인 반응을 유발하여 MS 발병에 기여하는 것으로 추정된다. 구체적으로, EBV에 감염된 사람은 EBV의 항원인 EBNA1 단백질에 결합하는 항체를 생산하는 B 림프구(EBNA1-specific B cell, ESB)를 생성한다. 문제는 EBNA1 단백질이 말이집 구성 단백질인 글리알캄 단백질과 구조적으로 유사하다는 점이다. 특정한 상황에서 ESB가 중추신경계로 침투한 후 항체를 생산하면, 이 항체가 글리알캄 단백질에도 교차반응(cross-reaction)을 일으켜 면역성 공격을 유도하게 된다. 결국 이러한 면역 교차반응이 말이집의 파괴를 초래하며, 이는 MS의 병리학적 핵심 과정으로 작용한다.

정상 신경세포

다발성경화증 환자 신경세포



[문제 2-1] (15점) 아래는 원숭이, 나무늘보, 치타의 운동 신경 세포의 축삭 부분 구조이다. (단, 랑비에 결절의 길이, 축삭의 길이와 두께는 모두 같다고 가정한다. 말이집에 덮여 있는 축삭 부분에도 이온 통로들과 이온 펌프는 존재한다고 가정한다.)



- (1) (3점) 원숭이, 나무늘보, 치타의 신경 세포 구조를 찾아 순서대로 나열하고, 각 동물의 운동 신경 세포가 서로 다른 축삭 부분 구조를 가지는 이유를 추론하시오.
- (2) (3점) 말이집으로 덮여 있는 축삭 부분에서는 세포막을 통한 이온의 유입과 유출이 거의 일어나지 않는다. 그렇다면 말이집이 있음에도 불구하고 랑비에 결절 사이에서 도약 전도가 일어나는 원리를 설명하시오.
- (3) (3점) 우리가 사물을 볼 수 있는 것은 눈에 들어온 빛이 망막에 존재하는 수많은 시각 세포에서 감지되기 때문이다. 시각 세포는 빛 자극을 전기적 신호로 변환하여 연결된 수많은 시각 신경 세포를 통해 뇌로 전달하며, 뇌는 이 신호를 해석하여 우리가 인식하는 이미지로 재구성한다. 아래는 정상인과 다발성경화증 환자가 인식하는 자동차의 이미지를 비교한 것이다. 다발성경화증 환자가 ‘흐려 보임’ 증상을 보이는 이유를 추론하시오.



- (4) (3점) ‘피로감’은 일반적으로 우리 몸의 에너지가 부족할 때 느끼는 생리적 반응이다. 그러나 다발성경화증 환자는 특별한 활동을 하지 않고 안정 상태에 있을 때에도 정상인보다 쉽게 피로감을 느낀다. 다발성경화증 환자가 쉽게 피로감을 느끼는 이유를 분자 수준에서 추론하시오. (안정 상태에서 뇌는 우리 몸 전체 에너지 소비량의 약 20%를 사용한다.)
- (5) (3점) 등산을 즐기는 A씨는 최근 병원에서 다발성경화증 진단을 받았다. 담당 의사는 A씨에게 고지대에서는 다발성경화증의 증상이 악화될 수 있다며 높은 산을 오르는 것을 피하라고 조언하였다. 이에 A씨는 “걸어서가 아니라 케이블카를 타고 올라가면 괜찮지 않겠느냐”고 물었지만, 의사는 케이블카를 타고 올라가는 것도 위험할 수 있다고 경고하였다. 의사가 경고한 이유를 추론하시오.

[문제 2-2] (5점) 스웨덴의 연구진은 다발성경화증으로 진단받은 환자들의 병력을 조사한 결과, 과거 머리에 심한 물리적 충격을 경험한 환자가 많다는 사실을 발견하였다. 연구진은 또한 머리에 염증을 일으킬 정도의 큰 외상을 입은 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 다발성경화증이 발생할 위험이 30% 정도 높다고 보고하였다. 머리에 발생한 염증이 다발성경화증의 발생 가능성을 높이는 이유를 세포 수준에서 추론하시오.

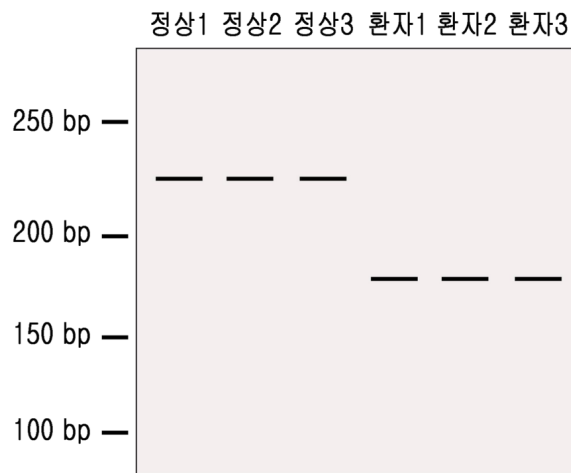
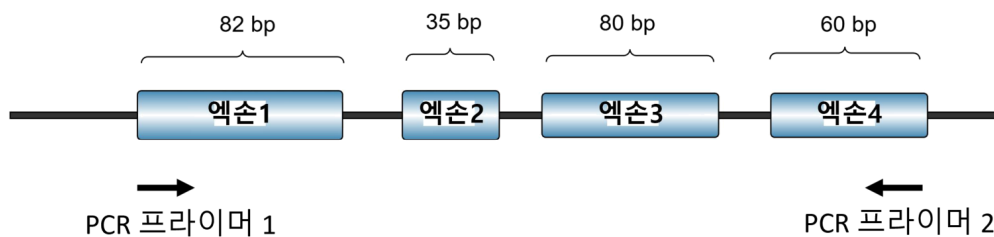
[문제 2-3] (10점) 말초 신경계는 체성 신경계와 자율 신경계로 구분된다. 자율 신경계는 다시 교감 신경과 부교감 신경으로 나뉜다. 자율 신경계의 신경 경로는 신경절 이전 신경 세포와 신경절 이후 신경 세포로 구성되어 있다. 말초 신경계를 이루고 있는 신경 세포들은 아래와 같다.

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| ● 체성 신경계 신경 세포 | ● 교감 신경 신경절 이후 신경 세포 |
| ● 교감 신경 신경절 이전 신경 세포 | ● 부교감 신경 신경절 이후 신경 세포 |
| ● 부교감 신경 신경절 이전 신경 세포 | |

- (1) (4점) 극히 예외적인 경우를 제외하고, 대부분 말미집이 없는 신경 세포를 모두 고르시오.
- (2) (6점) 대부분의 경우, 부교감 신경의 흥분 전도 속도는 교감 신경보다 빠르다. 그 이유를 신경 세포 구조와 관련하여 설명하시오. (단, 뇌에서 각 장기에 도달하는 부교감 신경과 교감 신경의 전체 길이는 같다고 가정한다.)

[문제 2-4] (10점) EBV는 사람에서 급성 감염을 일으킨 후, 세포 안에서 증식하지 않고 장기간 존재하면서 EBNA1 단백질을 지속적으로 발현한다. 따라서 이러한 EBV에 의한 EBNA1의 지속적인 발현은 항체 반응을 계속 자극하여 다발성경화증 발병에 기여할 수 있는 요인으로 생각된다. 이를 확인하기 위해, 과거 EBV 감염력이 있는 다발성경화증 환자 3명과 과거 EBV 감염력이 있는 건강한 대조군 3명의 말초혈액에서 분리한 EBNA1 mRNA를 DNA로 합성한 후 PCR로 증폭하였다. 아래는 EBNA1 유전자의 엑손 구조, PCR 프라이머 위치, 그리고 각 실험군 검체에서 얻은 PCR 산물의 전기영동 결과이다. (단, EBNA1 엑손1, 2, 3, 4 중 일부는 전사 후 가공 과정에서 제거될 수 있다고 가정한다.)

< EBNA 단백질의 유전자 구성 >



- (1) (2점) 환자군과 대조군간의 EBNA1 PCR 산물의 크기가 다른 가능한 이유를 설명하시오.
- (2) (6점) 아래에 제시된 EBNA1 유전자의 엑손1, 2, 3, 4가 전사하는 mRNA 염기 서열과 코돈표를 이용하여 다발성경화증 발병에 관여하는 항원 펩타이드의 아미노산 서열을 추론하시오.

엑손 1 mRNA

1 GAGCUGAUUA AGGAGAACAU GGUGUCUAAG GCGAAAUGC ACAUGAAGCU GUACAUGGAG
61 GGCACCGUGG ACAACCAUCA CU

엑손 2 mRNA

1 UCAAGUGCAC AUCCGAGGGC GAAGGCAAGC CCUAC

엑손 3 mRNA

1 CAGGGCACCC AGACCAUGAG AAUCAAGGUG GUCGAGGGCG GCCCUCUCCC CUUCGCCUUC
61 GACAUCUUGG CUACUAGCUU

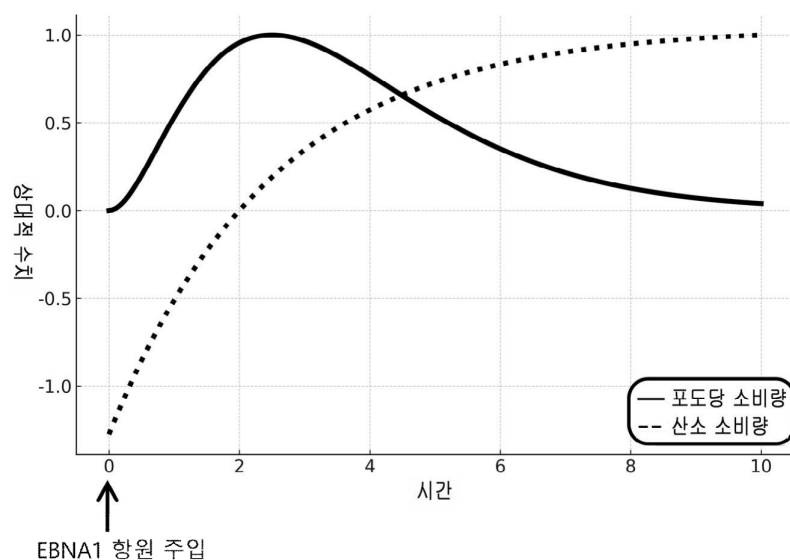
엑손 4 mRNA

1 CAACCACACC CAGGGCAUCC CCGACUUCUU CAAUAACCUC UACGGCAGCA AGACCUUCAU

UUU	페닐알라닌	UCU	세린	UAU	타이로신	UGU	시스테인
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	류신	UCA		UAA	종결 코돈	UGA	종결 코돈
UUG		UCG		UAG	종결 코돈	UGG	트립토판
CUU	류신	CCU	프롤린	CAU	히스티딘	CGU	아르지닌
CUC		CCC		CAC		CGC	
CUA		CCA		CAA	글루타민	CGA	
CUG		CCG		CAG		CGG	
AUU	아이소류신	ACU	트레오닌	AAU	아스파라진	AGU	세린
AUC		ACC		AAC	라이신	AGC	
AUA	메싸이오닌	ACA		AAA		AGA	아르지닌
AUG		ACG		AAG		AGG	
GUU	발린	GCU	알라닌	GAU	아스파르트산	GGU	글리신
GUC		GCC		GAC		GGC	
GUA		GCA		GAA	글루탐산	GGA	
GUG		GCG		GAG		GGG	

- (3) (2점) 추론한 EBNA1 항원 펩타이드에 특이적인 항체가 다발성경화증 환자에게 존재하는지 확인하는 실험 방법을 설명하시오.

[문제 2-5] (10점) 아래는 EBV 감염 후 분화된 EBNA1 특이 기억 세포의 대사 변화를 조사한 결과이다. 그래프는 포도당 소비량과 산소 소비량의 상대적 변화를 나타낸 것이다.



- (1) (5점) 그래프에서 보이는 초기 포도당 소비량 증가와 산소 소비량 변화 양상을 바탕으로, 이 시기 EBNA1 특이 기억 세포가 주로 이용하는 대사 경로와 그 이유를 설명하시오.
- (2) (5점) 시간이 지날수록 산소 소비량이 증가하는 현상이 EBNA1-글리알캠 교차반응 항체 생성과 다발성경화증 병리 진행에 어떤 영향을 줄 수 있는지 설명하시오.

■ 예시 답안

[문제 2-1] (1)

원숭이(B)-나무늘보(A)-치타(C) 또는 [B-A-C].

신경 세포에서는 말미집이 길고 랑비에 결절의 수가 적을수록, 활동 전위가 랑비에 결절 사이를 더 멀리 도약하여 흥분 전도 속도가 빨라진다. 운동 속도가 매우 빠른 치타는 빠른 흥분 전도를 가능하게 하는 축삭 구조를 가지고 있으며, 운동 속도가 매우 느린 나무늘보는 흥분 전도가 느린 구조를 가진다. 운동 속도가 중간 수준인 원숭이는 중간 정도의 흥분 전도 속도를 보이는 신경 구조를 갖는다.

[문제 2-1] (2)

신경세포가 자극을 받으면 Na^+ 통로가 열리면서 세포 밖에 있던 Na^+ 이온이 세포 안으로 급격히 유입되어 막전위가 상승하고, 이때 활동 전위가 발생한다. 활동전위가 생성된 부위에서 세포 안으로 들어온 Na^+ 이온은 인접 부위로 확산되며, 그 결과 축삭을 따라 새로운 활동 전위가 연속적으로 생성되어 흥분이 축삭을 따라 전도된다. 말미집이 존재하는 신경에서는, 랑비에 결절에서 유입된 Na^+ 이 인접한 결절까지 빠르게 확산되어 그 결절을 탈분극시키고, 이곳에서 새로운 활동 전위가 발생한다. 이러한 방식으로 활동전위가 결절 사이를 도약하듯 이동하므로 도약 전도가 이루어진다.

[문제 2-1] (3)

뇌가 선명한 이미지를 형성하기 위해서는, 망막의 수많은 시각세포가 보낸 신호가 수많은 시각 신경 세포를 거쳐 거의 동시에 뇌에 도달해야 한다. 그러나 다발성경화증 환자에서는 일부 시각 신경세포의 말미집이 손상되어 신호 전달 속도가 늦어진다. 이로 인해 신호가 제때 도달하지 못하고, 이미지 형성 과정에서 중요한 시각 정보가 사용되지 못하게 되어 흐려 보이는 ‘흐려 보임’ 증상이 나타난다.

[문제 2-1] (4)

뇌에서 소비되는 에너지의 대부분은 흥분 전도 과정에서 사용된다. 신경 세포가 자극을 받으면 Na^+ 통로가 열리면서 세포 밖에 있던 Na^+ 이 세포 안으로 급격히 유입되어 막전위가 증가하고, 이때 활동 전위가 발생한다. 이어 K^+ 통로가 열려 세포 안의 K^+ 이 세포 밖으로 이동함으로써 막전위가 다시 감소하여 휴지 전위로 되돌아간다. 이후 Na^+-K^+ 펌프가 ATP를 소모하면서 Na^+ 을 세포 밖으로, K^+ 을 세포 안으로 능동적으로 재배치하여, 이온의 분포를 원래의 휴지 전위 상태로 회복시킨다. 또한 활동 전위가 생성된 부위에서 세포 안으로 유입된 Na^+ 은 인접 부위로 확산하며, 이로 인해 축삭을 따라 새로운 활동 전위가 연속적으로 생성되어 흥분이 축삭을 따라 전도된다. 이와 같이 흥분 전도가 이루어지기 위해서는, Na^+-K^+ 펌프가 위치한 곳에서 ATP가 지속적으로 소비되어야 한다.

말미집이 있는 신경에서는 말미집이 절연체 역할을 하기 때문에, 활동전위는 말미집에 덮여 있지 않은 랑비에 결절에서만 발생한다. 이때 Na^+-K^+ 펌프 역시 랑비에 결절에만 위치하여, ATP 소모도 랑비에 결절에서만 이루어진다. 그러나 다발성경화증 환자에서는 말미집이 파괴되어 축삭이 노출된다. 흥분 전도를 유지하기 위해서는 이 노출된 부위들에도 이온 통로들과 Na^+-K^+ 펌프가 활성화되어야 하며, 그 결과 정상 신경보다 훨씬 넓은 영역에서 ATP가 추가로 소비된다. 즉, 다발성경화증 환자는 흥분 전도에 필요한 에너지 소모가 증가하므로 정상인보다 쉽게 피로감을 느끼게 된다.

[문제 2-1] (5)

우리 몸에서 생산되는 ATP의 대부분은 산화적 인산화에서 만들어지므로, 충분한 양의 ATP를 합성하기 위해서는 산소 공급이 필수적이다. 다발성경화증 환자의 신경 세포에서는 말미집이 파괴되어 축삭이 노출된다. 흥분 전도를 유지하기 위해서는 이 노출된 부위에서도 이온 통로들과 Na^+-K^+ 펌프가 활성화되어야 하며, 이로 인해 정상 신경보다 훨씬 넓은 영역에서 추가적인 ATP 소비가 발생한다. 즉, MS 환자의 신경세포는 정상인보다 더 많은 ATP를 필요로 한다. 우리 몸에서 ATP를 생산하기 위해서는 산소가 필수적이다. 그런데, 고지대에서는 공기 중 산소의 농도가 감소하여 우리 몸에서의 ATP 생산이 감소할 수 있다. 따라서 ATP 요구량이 더 많은 다발성경화증 환자는 산소 농도가 낮은 환경에서 충분한 ATP를 확보하기 어려워지고, 그 결과 신경 기능이 악화되며 증상도 심해질 수 있다.

[문제 2-2]

염증이 발생하면 먼저 상처 부위의 비만세포와 대식세포가 화학 신호 물질을 분비한다. 이 신호에 의해 혈관이 확장되고 혈관벽의 투과성이 증가하여, 면역세포들이 혈관 밖으로 이동해 상처 부위에 모여든다. 도착한 백혈구는 식세포 작용을 통해 병원체나 손상된 세포 찌꺼기를 제거함으로써 염증 반응이 진행된다.

한편, EBNA1 단백질에 결합하는 항체를 생산하는 B 림프구(ESB)는 정상 상태에서는 뇌혈관을 통과할 수 없다. 그러나 뇌에 염증이 발생하면 혈관의 투과성이 증가하면서 ESB가 뇌 안으로 침투할 수 있게 된다. ESB가 중추신경계로 침투한 후 항체를 생산하면, 이 항체는 EBNA1 단백질뿐 아니라 글리알캄과도 구조적 유사성 때문에 교차반응을 일으키게 된다. 이러한 교차반응은 면역세포가 글리알캄을 공격하도록 유도하며, 결국 말이집 파괴를 초래한다.

[문제 2-3] (1)

교감 신경 신경절 이후 신경 세포, 부교감 신경 신경절 이후 신경 세포

[문제 2-3] (2)

교감 신경과 부교감 신경 모두 신경절 이전 신경 세포는 말이집이 존재하는 말이집 신경, 신경절 이후 신경 세포는 말이집이 없는 민말이집 신경이다. 그러나 교감신경의 신경절 이후 신경세포는 상대적으로 길이가 더 길기 때문에, 전체 흥분 전도 속도는 교감신경보다 부교감신경이 더 빠르다.

[문제 2-4] (1)

환자군과 정상군에서 나타나는 EBNA1 PCR 산물 크기의 차이는 대체적 스플라이싱(alternative splicing) 때문이다. 정상군에서는 EBNA1 mRNA가 엑손 1-3-4를 포함하는 정상적 스플라이싱 형태를 이루어 222 bp의 PCR 산물이 생성된다. 반면 MS 환자에서는 엑손 3이 제외되고, 대신 엑손 2가 포함된 엑손 1-2-4 형태의 스플라이싱이 일어나 PCR 산물이 177bp로 더 짧게 나타난다. 따라서 두 군 간의 PCR 산물 크기 차이는 EBNA1 전사체가 서로 다른 엑손 조합을 포함하는 스플라이싱 차이 때문이라고 설명할 수 있다.

[문제 2-4] (2)

MS 환자에서 나타나는 EBNA1 전사체는 엑손 1-2-4가 연결된 형태이고, 엑손 1은 19번째에서 시작하는 AUG 개시 코돈부터 번역이 시작된다. 그러므로 MS 환자에서는 19~21번째 염기인 엑손 1과 엑손 2의 접합부에서 생성되는 코돈 UUC(= Phe, F)를 포함하여 엑손 2 부분을 번역한 다음과 같은 새로운 아미노산 서열과 이를 번역한 펩타이드가 추가됩니다.

UUC AAG UGC ACA UCC GAG GGC GAA GGC AAG CCC UAC

Phe-Lys-Cys-Thr-Ser-Glu-Gly-Glu-Gly-Lys-Pro-Tyr

따라서, MS 발병에 관여하는 EBNA1 항원 펩타이드의 아미노산 서열은 FKCTSEGEKGKY (페닐알라닌-라이신-시스테인-트레오닌-세린-글루탐산-글라이신-글루탐산-글라이신-라이신-프롤린-타이로신)이다.

[문제 2-4] (3)

MS 환자의 혈청에 EBNA 펩타이드를 인식하는 항체가 존재하는지 확인하기 위해, 먼저 EBNA 펩타이드를 큰 단백질(carrier protein)에 결합시켜 항원성을 높인 항원을 준비한다. 이렇게 하면 항체가 여러 항원에 동시에 결합할 수 있어 항원-항체 복합체가 형성될 수 있다.

이 항원을 시험관에 넣고 MS 환자의 혈청을 첨가하면, 환자의 혈청 속에 EBNA 펩타이드를 인식하는 항체가 있을 경우 항원-항체 결합으로 침전 또는 응집 반응이 나타날 수 있다.

반면 건강한 대조군의 혈청에서는 이러한 반응이 나타나지 않는다.

따라서, MS 환자 혈청에서만 침전 또는 응집이 발생한다면, EBNA 펩타이드를 인식하는 항체가 환자에게 존재함을 의미한다.

[문제 2-5] (1)

초기에는 포도당 소비량이 급격히 증가하지만 산소 소비량은 크게 증가하지 않으므로, EBNA1 특이 기억 세포가 해당과정(glycolysis)을 우선적으로 활성화한 것으로 볼 수 있다. 해당과정은 짧은 시간에 ATP를 빠르게 공급할 수 있고, 항체 생산에 필요한 핵산·아미노산·지질 합성에 쓰이는 중간 대사산물을 제공한다. 따라

서 EBV 항원에 의해 활성화된 B세포는 신속한 증식과 면역 반응 개시를 위해 해당과정을 집중적으로 사용한다.

[문제 2-5] (2)

시간이 지나면서 산소 소비량이 증가하는 것은 EBNA1 특이 기억 세포가 TCA 회로와 전자전달계(ETC)를 활성화하여 산화적 인산화를 통해 장시간 지속적인 ATP 생산이 필요한 단계에 들어갔음을 의미한다. 항체를 대량으로 생산하려면 막대한 에너지가 필요하므로, 대사적으로 활성화된 EBNA1 특이 기억 세포는 이러한 경로를 통해 충분한 ATP를 공급받으며 교차반응 항체를 지속적으로 많이 생성할 수 있다. 이러한 EBNA1 특이 기억 세포가 중추신경계로 침투하여 EBNA1과 구조적으로 유사한 글리알캠을 인식하면, 교차반응 항체에 의해 말이집이 반복적으로 손상되어 다발성경화증의 병리 진행을 악화시킬 수 있다.

■ 채점 기준

[문제 2-1] (1) (3점)

	점수
원숭이(B)-나무늘보(A)-치타(C), 또는 [B-A-C]	1
말이집이 길수록 흥분 전도 속도가 빨라진다.	1
랑비에 결절의 수가 적을수록 흥분 전도 속도가 빨라진다.	1

[문제 2-1] (2) (3점)

	점수
세포 밖에 있던 Na^+ 이온이 세포 안으로 급격히 유입되어 막전위가 상승	1
세포 안으로 들어온 Na^+ 이온은 인접 부위로 확산되며 흥분 전도	1
랑비에 결절에서 유입된 Na^+ 이 인접한 결절까지 빠르게 확산되어 도약 전도	1

[문제 2-1] (3) (3점)

	점수
뇌가 선명한 이미지를 형성하기 위해서는, 망막의 수많은 시각세포가 보낸 신호가 수많은 시각 신경 세포를 거쳐 거의 동시에 뇌에 도달해야 한다.	1
- 다발성경화증 환자에서는 일부 시각 신경 세포의 말이집이 손상되어 신호 전달 속도가 늦어진다. - 일부 시각 신경 세포, 신호 전달 속도가 늦어짐. 둘 다 언급하지 않으면 0점 처리	2

[문제 2-1] (4) (3점)

	점수
- 활동 전위 발생 시 세포 내부로 Na^+ 유입, 세포 외부로 K^+ 유출, Na^+-K^+ 펌프가 ATP를 소비하며 이온의 분포를 원래의 휴지 전위 상태로 회복 Na^+ 유입, K^+ 유출, Na^+-K^+ 펌프가 ATP를 소비 모두 언급하지 않으면 0점	1
다발성경화증 환자에서는 말이집이 파괴되어 축삭이 노출된다. 흥분 전도를 유지하기 위해서는 이 노출된 부위들에도 이온 통로들과 Na^+-K^+ 펌프가 활성화되어야 하며, 그 결과 정상 신경보다 훨씬 넓은 영역에서 ATP가 추가로 소비되어 정상인보다 피로감을 느낀다.	2

[문제 2-1] (5) (3점)

	점수
- 다발성경화증 환자는 노출된 부위에서 ATP 소비가 발생하여 환자의 신경세포는 정상인보다 더 많은 ATP를 필요로 한다. - ATP 생산에 산소가 필수적이다. - 노출부위 ATP 소비, ATP 생산에 산소 필요, 둘 다 언급하지 않으면 0점	1
고지대에서는 공기 중 산소의 농도가 감소하여 우리 몸에서의 ATP 생산이 감소하여 충분한 ATP를 확보하기 어려워지고, 그 결과 신경 기능이 악화되며 증상도 심해질 수 있다.	2

[문제 2-2] (5점)

	점수
• 염증이 발생하면 먼저 상처 부위의 비만세포와 대식세포가 화학 신호 물질을 분비한다. • 비만세포, 대식세포, 화학 신호 물질을 분비 모두 언급하지 않으면 0점	1
이 신호에 의해 혈관이 확장되고 혈관벽의 투과성이 증가 하여, 면역세포들이 혈관 밖으로 이동해 상처 부위에 모여든다.	1
ESB는 정상 상태에서는 뇌혈관을 통과할 수 없다. 그러나 뇌에 염증이 발생하면 혈관의 투과성이 증가하면서 ESB가 뇌 안으로 침투할 수 있게 된다.	2
ESB가 중추신경계로 침투한 후 항체를 생산하면, 면역세포가 글리알캠을 공격하도록 유도하며, 결국 말이집 파괴를 초래한다.	1

[문제 2-3] (1) (4점)

	점수
교감 신경 신경절 이후 신경 세포	2
부교감 신경 신경절 이후 신경 세포	2
두 세포 기입 후 추가로 세포를 기입하면, 기입한 한 세포당 -2점 감점 (두 세포를 추가 기입하면 -4점, 세 세포를 추가 기입하면 -4점)	

[문제 2-3] (2) (6점)

	점수
교감 신경과 부교감 신경 모두 신경절 이전 신경 세포 는 말이집이 존재 하는 말이집 신경, 신경절 이후 신경 세포 는 말이집이 없는 민말이집 신경	2
교감신경의 신경절 이후 신경 세포 길이가 상대적으로 더 길기 때문에(또는 부교감 신경의 신경절 이후 신경 세포 길이가 상대적으로 더 짧기 때문에), 전체 흥분 전도 속도는 교감 신경이 부교감 신경보다 느리다(교감 신경보다 부교감 신경이 더 빠르다).	4

[문제 2-4] (1) (2점)

	점수
• 정상군은 EBNA1의 엑손 1-3-4를 이용하여 222 염기쌍의 PCR 산물을 생산함 • 엑손 순서를 제대로 기입하지 않은 경우 0점 • 염기쌍 개수를 제대로 기입하지 않은 경우 0점	1
• 환자군은 EBNA1의 엑손 1-2-4를 이용하여 177 염기쌍의 PCR 산물을 생산함 • 엑손 순서를 제대로 기입하지 않은 경우 0점 • 염기쌍 개수를 제대로 기입하지 않은 경우 0점	1

[문제 2-4] (2) (6점)

	점수
환자군의 EBNA1 전사체는 엑손 1-2-4가 연결된 형태이고, 엑손 1은 19번째에서 시작하는 AUG 개시 코돈부터 번역이 시작 됨	1
• 19~21번째 염기인 엑손 1과 엑손 2의 접합부에서 생성되는 코돈 UUC(페닐알라닌)를 포함하여 엑손 2 부분을 번역한 12개 아미노산 펩타이드가 환자군에서만 발현되는 펩타이드임 • 19~21번째 엑손 1과 엑손 2의 접합부 UUC 코돈의 번역에 의한 페닐알라닌이 환자 특이 펩타이드에 추가되지 않은 경우 또는 엑손 2부분을 기술하지 않은 경우 0 점	3
• 페닐알라닌-라이신-시스테인-트레오닌-세린-글루탐산-글라이신-글루탐산-글라이신-라이신-프롤린-타이로신 • 첫 번째 페닐알라닌을 추가하지 않은 경우 0 점 • 펩타이드 서열이 틀린 경우 0 점	2

[문제 2-4] (3) (2점)

	점수
• 환자 특이 EBNA1 펩타이드를 큰 단백질(carrier protein)에 결합시켜 항원성을 높인 항원을 준비함	1
• 항원에 다발성경화증 환자의 혈청을 첨가하면 환자의 혈청 속에 EBNA 펩타이드를 인식하는 항체가 있을 경우 항원-항체 결합 으로 (1) 침전 또는 (2) 응집 반응이 나타날 수 있음	1
• 한 가지만 기술한 경우는 0점	

[문제 2-5] (1) (5점)

	점수
• 초기에는 EBNA1 특이 기억 세포가 해당과정(glycolysis)을 우선적으로 활성화함	2
• 해당과정은 (1) 짧은 시간에 ATP를 빠르게 공급할 수 있고, (2) 항체 생산에 필요한 핵산·아미노산·지질 합성에 쓰이는 중간 대사산물을 제공	3
• 둘 중 한 가지만 기술함 -2	

[문제 2-5] (2) (5점)

	점수
• EBNA1 특이 기억 세포가 TCA 회로(시트르산 회로)와 전자전달계(ETC)를 활성화하여 산화적 인산화를 통해 장시간 지속적인 ATP 생산이 필요한 단계에 들어갔음	2
• 강조한 문구(TCA 회로/전자전달계/산화적 인산화/ATP 생산)가 다 포함되지 않는 경우 0 점	
• 항체를 대량으로 생산하려면 막대한 에너지가 필요하므로 EBNA1 특이 기억 세포는 충분한 ATP를 공급받으며 교차반응 항체를 지속적으로 많이 생성할 수 있음	2
• EBNA1 특이 기억 세포가 중추신경계로 침투하여 EBNA1과 구조적으로 유사한 글리알캡을 인식하는 교차반응 항체를 생산하여 말이집이 반복적으로 손상됨	1

2025학년도 자연계열 (의학과)

문항 1 (수학)

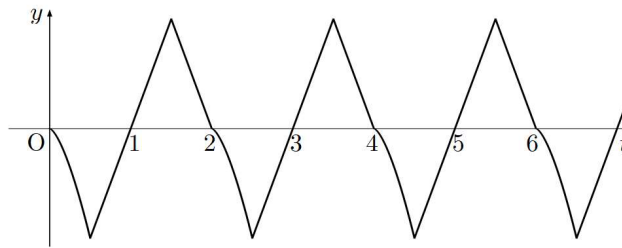
[문항 1] 【제시문】을 읽고 물음에 답하라.

제시문

[가] 함수 $f(t)$ 는 음이 아닌 모든 실수 t 에 대하여 $f(t+2) = f(t)$ 를 만족하고, $0 \leq t < 2$ 일 때 다음과 같이 정의된다. (단, $a > 0$)

$$f(t) = \begin{cases} a(\log_2(2-2t) - 1) & \left(0 \leq t < \frac{1}{2}\right) \\ (a+2)\left(t - \frac{3}{2}\right) + 2 & \left(\frac{1}{2} \leq t < \frac{3}{2}\right) \\ -4t + 8 & \left(\frac{3}{2} \leq t < 2\right) \end{cases}$$

【그림 1】은 $a = 2$ 일 때 함수 $y = f(t)$ 의 그래프를 나타낸다.



【그림 1】

[나] 수직선 위를 움직이는 점 P는 $x = \frac{1}{2}$ 에서 출발하여 시각 t 에서의 위치 x 가 $x = g(t)$ 이고, 시각 t 에서의 속도 $v(t)$ 는 (가)에서 $a = 2$ 일 때의 $f(t)$ 이다. 수직선 위를 움직이는 점 Q는 $x = \frac{1}{2}$ 에서 출발하여 시각 t 일 때 위치가 $h(t) = mt + \frac{1}{2}$ 이다. (단, m 은 양의 상수이다.)

[문제 1-1] (10점) 제시문 (가)에서 음이 아닌 모든 실수 β, γ 에 대하여 $\left| \int_{\beta}^{\gamma} f(t) dt \right| \leq 2025$ 인 a 의 값을 구하라.

[문제 1-2] (20점) 제시문 (나)를 읽고 다음 물음에 답하라. (단, $2 < e < e^2 < 8$)

- (1) (10점) $g(4)$ 의 값을 구하라.
- (2) (10점) 방정식 $g(t) = \frac{1}{2}$ 의 가장 작은 양의 실근을 t_1 이라 할 때, $t_1^2 - 4t_1$ 의 값을 구하라.

[문제 1-3] (20점) 제시문 (나)를 읽고 다음 물음에 답하라. (단, $\frac{1}{\ln 2} = 1.443$ 으로 계산한다.)

- (1) (10점) 방정식 $g(t) = 0$ 의 서로 다른 양의 실근의 개수를 구하라.
- (2) (10점) 집합 $A = \{t \mid g(t) = h(t), t > 0\}$ 의 원소의 개수가 3일 때 집합 A 의 가장 큰 원소를 α 라 하자. α^2 의 값을 구하라.

■ 예시 답안

[문제 1-1]

$f(x+2) = f(x)$ 이므로 음이 아닌 모든 실수 β, γ 에 대하여 $\left| \int_{\beta}^{\gamma} f(t) dt \right| \leq 2025$ 이라면 $\int_0^2 f(t) dt = 0$ 이어야 한다. 각 구간별로 적분을 계산해보면

$$\begin{aligned} a \int_0^{\frac{1}{2}} (\log_2(2-2t) - 1) dt &= \frac{a}{\ln 2} \int_0^{\frac{1}{2}} \ln(1-t) dt \quad (1-t = u \text{라 하면 } \frac{du}{dt} = -1 \text{이므로}) \\ &= \frac{a}{\ln 2} \int_{\frac{1}{2}}^1 \ln u du = \frac{a}{\ln 2} [u \ln u - u]_{\frac{1}{2}}^1 = \frac{a}{2} \left(1 - \frac{1}{\ln 2} \right) \\ \int_{\frac{1}{2}}^{\frac{3}{2}} \left((a+2) \left(t - \frac{3}{2} \right) + 2 \right) dt &= -\frac{1}{2}a + 1 \\ \int_{\frac{3}{2}}^2 (-4t + 8) dt &= \frac{1}{2} \end{aligned}$$

이므로

$$\int_0^2 f(t) dt = \frac{a}{2} \left(1 - \frac{1}{\ln 2} \right) + \left(-\frac{1}{2}a + 1 \right) + \frac{1}{2} \quad \dots\dots \textcircled{1}$$

이다. $\int_0^2 f(t) dt = 0$ 이므로 $\frac{a}{2} \left(1 - \frac{1}{\ln 2} \right) + \left(-\frac{1}{2}a + 1 \right) + \frac{1}{2} = 0$ 이고 $a = 3 \ln 2$ 이다.

[문제 1-2] (1)

$v(t)$ 는 $a = 2$ 일 때의 $f(t)$ 이므로 [문제 1-1]의 ①에 $a = 2$ 를 대입하면 $\int_0^2 v(t) dt = \frac{3}{2} - \frac{1}{\ln 2}$ 이다. 음이 아닌 모든 실수 t 에 대하여 $v(t+2) = v(t)$ 가 성립하므로

$$g(4) = \frac{1}{2} + \int_0^4 v(t) dt = \frac{1}{2} + 2 \int_0^2 v(t) dt = \frac{7}{2} - \frac{2}{\ln 2}$$

이다.

(2)

닫힌구간 $[0, 2]$ 에서 함수 $g(t)$ 의 증가와 감소를 나타낸 표는 다음과 같다.

t	0	...	$\frac{1}{2}$	...	1	...	$\frac{3}{2}$	...	2
$v(t)$		-	-	-	0	+	+	+	0
$g(t)$	$\frac{1}{2}$	$\searrow$	$\frac{3}{2} - \frac{1}{\ln 2}$	$\searrow$	$1 - \frac{1}{\ln 2}$	$\nearrow$	$\frac{3}{2} - \frac{1}{\ln 2}$	$\nearrow$	$2 - \frac{1}{\ln 2}$

$2 < e$ 에 의해 $\frac{1}{\ln 2} > 1$ 이고 $e^2 < 8$ 에 의해 $\frac{1}{\ln 2} < \frac{3}{2}$ 이므로 $0 < g\left(\frac{1}{2}\right) < \frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2} < g(1) < 0$, $\frac{1}{2} < g(2) < 1$ 이다. 사잇값 정리에 의하여 $g(t_1) = \frac{1}{2}$ 이 되는 t_1 은 $\frac{3}{2} < t_1 < 2$ 임을 알 수 있다. 닫힌구간 $\left[\frac{3}{2}, 2\right]$ 에서 $\int_{\frac{3}{2}}^{t_1} v(s) ds =$

$$\int_{\frac{3}{2}}^{t_1} (-4s + 8) ds = -2t_1^2 + 8t_1 - \frac{15}{2} \text{이므로}$$

$$g(t_1) = g\left(\frac{3}{2}\right) + \int_{\frac{3}{2}}^{t_1} v(s) ds = \left(\frac{3}{2} - \frac{1}{\ln 2} \right) + \left(-2t_1^2 + 8t_1 - \frac{15}{2} \right) = -2t_1^2 + 8t_1 - 6 - \frac{1}{\ln 2}$$

이다. 방정식 $g(t_1) = \frac{1}{2}$ 를 이용하면 $t_1^2 - 4t_1 = -\frac{13}{4} - \frac{1}{2 \ln 2}$ 이다.

[문제 1-3] (1)

[문제 1-2]의 함수 $g(t)$ 의 증가와 감소를 나타낸 표에서 $g(t)$ 의 값을 $\frac{1}{\ln 2} = 1.443$ 으로 계산하면, $g(1) - g(0) = \left(1 - \frac{1}{\ln 2} \right) - \frac{1}{2} = -0.943$ 이고 $g(2) - g(0) = \frac{3}{2} - \frac{1}{\ln 2} = 0.057$ 이다. 함수 $v(t)$ 가 주기가 2인 함수이므로 음

이 아닌 정수 n 에 대하여 $g(2n+1) - g(2n) = 1 - \frac{1}{\ln 2} - \frac{1}{2} = -0.943$ 이고, $g(2n+2) - g(2n) = \frac{3}{2} - \frac{1}{\ln 2} = 0.057$ 이다. 따라서 $g(2n) = \frac{1}{2} + 0.057n$ 이고, $0 < g(2n) < 0.943$ 이면 점 P는 $2n < t < 2n+2$ 에서 원점을 두 번 지나고, $g(2n) = 0.943$ 이면 점 P는 $2n < t < 2n+2$ 에서 원점을 한 번 지나고, $g(2n) > 0.943$ 이면 $t > 2n$ 에서 점 P는 원점을 지나지 않는다. $n = 7$ 일 때 $g(2n) = g(14) = 0.899 < 0.943$ 이고, $n = 8$ 일 때 $g(2n) = g(16) = 0.956 > 0.943$ 이므로 점 P는 원점을 16번 지난다.

(2)

함수 $y = g(t)$ 의 그래프와 함수 $y = h(t)$ 의 그래프가 제1사분면에서 3번 만나야 한다. [문제 1-2]의 함수 $g(t)$ 의 증가와 감소를 나타낸 표를 이용하면 함수 $y = g(t)$ 의 그래프와 함수 $y = h(t)$ 의 그래프는 열린구간 $\left(\frac{3}{2}, 2\right)$ 에서 두 번 만나고, 열린구간 $\left(\frac{7}{2}, 4\right)$ 에서 접해야 한다. 두 함수의 그래프가 접할 때 접점의 t 좌표가 α 이므로 $\frac{7}{2} < \alpha < 4$ 이고 접점의 좌표를 $\left(\alpha, m\alpha + \frac{1}{2}\right)$ 이라 하면 $v(\alpha) = m$, $g(\alpha) = m\alpha + \frac{1}{2}$ 이다. $\frac{7}{2} < \alpha < 4$ 이므로 $v(\alpha) = v(\alpha - 2) = -4\alpha + 16$ 이고 $v(\alpha) = m$ 을 이용하여 정리하면 $m = -4\alpha + 16$ 이다. [문제 1-2] (1)에서 $g(4) = \frac{7}{2} - \frac{2}{\ln 2}$ 이므로 다음이 성립한다.

$$g(\alpha) = \frac{1}{2} + \int_0^{\alpha} v(t) dt = \frac{1}{2} + \int_0^4 v(t) dt - \int_{\alpha}^4 v(t) dt = g(4) - \int_{\alpha}^4 v(t) dt = \left(\frac{7}{2} - \frac{2}{\ln 2}\right) - 2\alpha^2 + 16\alpha - 32$$

$$m = -4\alpha + 16 \text{과 } g(\alpha) = m\alpha + \frac{1}{2} \text{을 이용하여 정리하면 } \alpha^2 = \frac{1}{\ln 2} + \frac{29}{2} \text{이다.}$$

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
[1-1]	$\int_0^2 f(t) dt = 0$ 임을 관찰	5점
	$\int_0^2 f(t) dt$ 의 세 구간의 정적분을 올바르게 계산	각 1점
	각 구간에서의 적분값과 $\int_0^2 f(t) dt = 0$ 을 이용하여 정답을 구함	2점
[1-2] (1)	$\int_0^2 v(t) dt$ 의 값을 올바르게 계산	3점
	$g(4) = \frac{1}{2} + \int_0^4 v(t) dt$ 식을 잘 세움	4점
	$v(t+2) = v(t)$ 를 이용(관찰)하여 정답을 구함	3점
[1-2] (2)	$g(t_1) = \frac{1}{2}$ 인 t_1 이 $\frac{3}{2} < t_1 < 2$ 임을 관찰	4점
	$\frac{3}{2} < t_1 < 2$ 일 때 $g(t_1)$ 을 올바르게 계산	3점
	방정식 $g(t_1) = \frac{1}{2}$ 를 이용하여 정답을 구함	3점
[1-3] (1)	매 2초($[2n, 2n+2]$, n 은 음이 아닌 정수)마다 감소와 증가를 반복함을 관찰	3점
	$g(2n)$ 의 값에 따라 매 2초마다 원점을 몇 번 지나는지 관찰	4점
	$g(2n)$ 의 값을 이용하여 정답을 구함	3점
[1-3] (2)	열린구간 $\left(\frac{3}{2}, 2\right)$ 에서 두 번 만나고, 열린구간 $\left(\frac{7}{2}, 4\right)$ 에서 접해야 함을 관찰	3점
	$v(\alpha) = m$ 을 이용하여 m 을 α 에 관한 식으로 표현	2점
	$g(\alpha)$ 를 적분을 이용하여 올바르게 계산	2점
	$m = -4\alpha + 16$ 과 $g(\alpha) = m\alpha + \frac{1}{2}$ 를 이용하여 정답을 구함	3점

문항 2 (생명과학)

[문항 2] (50점) 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

미국 보건당국에 따르면 약 11만 명의 미국인이 장기 이식을 기다리고 있으며, 매년 6,000명 이상이 장기 부족으로 목숨을 잃고 있습니다. 대부분의 장기는 뇌사자로부터 제공되지만, 이러한 장기 공급은 제한적이며 감소하는 추세입니다. 이에 따라 매일 약 17명의 환자들이 필요한 장기를 받지 못해 사망하고 있습니다. 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 동물 장기를 인간에게 이식하는 ‘이종 이식’ 연구가 활발히 진행되고 있습니다.

특히, 인간과 장기 크기 및 기능이 유사한 돼지가 이식용 동물로 주목받고 있으며, 유전자 변형을 통해 생산된 돼지 장기 이식이 유력한 해결책으로 떠오르고 있습니다. 2023-2024년 동안 매사추세츠 종합병원은 중증 환자에게 돼지 콩팥 이식을 성공하였으며, 메릴랜드 대학 메디컬 센터는 두 명의 환자에게 돼지 심장을 이식하여 45일 이상 생존시켰습니다. 이러한 성과는 이종 이식의 가능성과 과제에 대한 중요한 통찰을 제공하였습니다.

그러나 이종 이식이 안전한 장기 이식 방법으로 자리 잡기까지는 여전히 여러 가지 문제가 남아 있습니다. 가장 큰 문제는 면역거부반응입니다. 우리 몸의 면역 시스템은 이식된 장기를 외부 물질로 인식하고 공격하여 장기 기능을 손상시킬 수 있습니다. 사람 간의 장기 이식에서는 면역억제제를 투여하여 면역 시스템을 억제하지만, 다른 종에서 유래한 돼지 장기의 경우 면역억제제의 투여에도 불구하고 면역거부반응이 여전히 강하게 나타날 수 있습니다.

최근에는 유전자 가위 기술을 이용하여 돼지 장기 면역 거부 반응의 주요 원인인 알파갈¹ 생성 단백질을 제거하고, 인간 CD47²과 같은 ‘자기(self)’ 인식 표식을 돼지 세포 표면에 발현시킨 ‘인간화 돼지(humanized pig)’가 개발되었습니다. 인간화 돼지에서 생산된 장기를 활용하면 이종 장기 이식 시 면역 거부 반응을 크게 줄일 수 있는 가능성이 열렸습니다.

또 다른 문제로는 사람과 돼지의 생리적 차이로 인해 돼지 장기가 인간의 신체 내에서 완벽히 작동할 수 있을지에 대한 불확실성이 남아 있습니다. 또한 과학자들은 돼지 장기를 이용한 이종 이식이 에볼라, HIV, 코로나 바이러스 감염과 같은 새로운 감염병을 유발할 가능성을 높여 인류의 생명을 위협할 수 있다고 우려하고 있습니다.

주¹. 알파갈 : 인간에게 없는 비인간 포유류의 세포 표면 당사슬로, 이종 이식 시 면역거부반응을 일으키는 주요 원인임

주². CD47 : 세포 표면에 존재하는 단백질로, 면역 세포가 해당 세포를 ‘자기(self)’로 인식하게 하는 표지자 역할을 함. 이 단백질이 세포 표면에 발현되면, 대식세포와 같은 식세포가 해당 세포를 섭취하지 않도록 도와줌

[문제 2-1] (13점) 이식을 위해 적출한 콩팥을 건강한 상태로 유지하려면 이식 전까지 콩팥의 대사 활동을 지속시키는 것이 필수적이다. 이종 이식을 위해 인간화 돼지의 콩팥을 꺼낸 후 500ml의 저장 용액에 담아 0~4°C에서 24시간 동안 보관하였다. 24시간 보관 후 측정된 저장 용액과 콩팥에 존재하는 방사성 동위 원소로 표시된 대사 산물들의 농도는 아래의 제시문과 같다.

● 저장 용액 :

방사성 동위 원소로 표시된 포도당 10mM을 영양소로 포함하는 등장액

● 24시간 후 측정된 방사성 동위 원소로 표시된 대사물질 농도 :

포도당 5mM, 피루브산 2mM, 시트르산 2mM, 젖산 2mM

- (1) (8점) 24시간 동안 보관된 콩팥이 사용한 총 ATP의 개수를 계산하시오. (참고: 전자전달계에서 NADH 1개는 3개의 ATP를 그리고 FADH₂ 1개는 2개의 ATP를 생산하며, 보관 기간 동안 장치를 통해 충분한 산소가 공급되었다고 가정한다.)
- (2) (5점) 보관된 콩팥이 방사성 동위 원소로 표시된 포도당을 이용하여 ATP를 생산하는 데 소비한 총 산소량을 계산하시오.

[문제 2-2] (6점) 아래는 알파갈 생산 단백질 유전자의 DNA 염기 서열이다. (참고: 네모박스로 표시한 부분은 프로모터를 나타내며, 밑줄 친 A/T 염기쌍은 전사가 시작되는 부위이다.)

5' --- TGGACTGCTATAATAGCAGGGCTGCCGAATGCCCTACCACGCGTCTCAACGGTATTTGG --- 3'
 3' --- ACCTGACGATATTATCGTCCCGACGGCTTACGGGATGGTGCGCAGAGTTGCCATAAACC --- 5'

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

- (1) (3점) 알파갈 생산 단백질 유전자에서 전사되는 mRNA의 첫 10개 리보뉴클레오타이드를 5' → 3' 방향으로 순서대로 쓰시오.
- (2) (3점) 만약 유전자 가위를 사용하여 연속된 두 개의 뉴클레오타이드를 제거할 수 있다면, 알파갈 생산 단백질의 생산을 중단시키기 위해 위쪽에 숫자로 표시된 뉴클레오타이드 중 어느 부위를 삭제해야 하는지 지정하고 그 이유를 설명하시오.

[문제 2-3] (10점) 의료진은 인간화 돼지 콩팥을 이식받은 환자를 관찰하던 중, 환자가 짠 음식을 먹었을 때 소변량은 그대로지만 심한 갈증과 입 마름 증상을 호소하는 것을 발견했다. 의료진은 이런 증상이 이식된 돼지 콩팥 때문이라고 판단하였다.

- (1) (5점) 환자가 보이는 증상의 원인을 추론하시오.
- (2) (5점) 이 환자에게 고혈압 증상이 나타나자, 의료진은 혈압 강하제로 베타차단제를 투여하여 혈압을 낮추었다. 이후 환자가 짠 음식을 섭취할 때 심한 갈증과 입 마름 증상이 더욱 악화되었다. 이러한 증상 악화의 원인을 추론하시오. (참고: 베타차단제는 노르에피네프린의 작용을 억제하는 약물이다.)

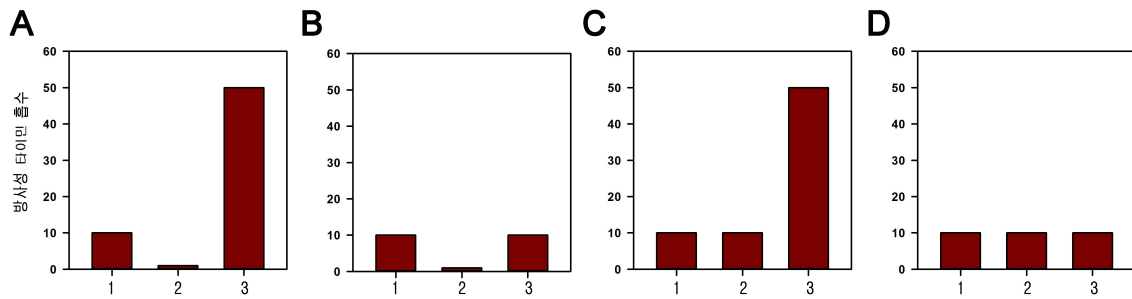
[문제 2-4] (5점) ‘이종 이식’이 에볼라, HIV, 코로나 바이러스 감염과 같은 새로운 감염병을 유발할 가능성이 높다고 과학자들이 생각하는 이유를 진화론의 관점에서 설명하시오.

[문제 2-5] (9점) 콩팥 이식과 같은 중대한 수술을 할 때는, 수술 전에 전신 마취제를 투여하여 환자가 고통을 느끼지 않도록 한다. 또한, 근육 이완제를 함께 사용하여 수술 중 신체의 움직임을 최소화하고 수술 부위를 명확하게 노출시켜 정확하고 안전한 수술을 진행한다.

- (1) (3점) 전신 마취제가 Na⁺ 통로를 차단하는 작용을 한다면, 환자가 고통을 느끼지 않는 이유와 그 작용기작을 설명하시오.
- (2) (3점) 근육 이완제가 아세틸콜린의 작용을 차단한다면, 수술 중 환자가 무조건 반사를 일으킬 가능성 여부와 그 이유를 설명하시오.
- (3) (3점) 의료진은 수술 중에 인공호흡기를 사용하여 환자의 호흡을 돕고, 혈액 내 산소 포화도를 주의 깊게 관찰한다. 이러한 조치를 취하는 이유를 설명하시오.

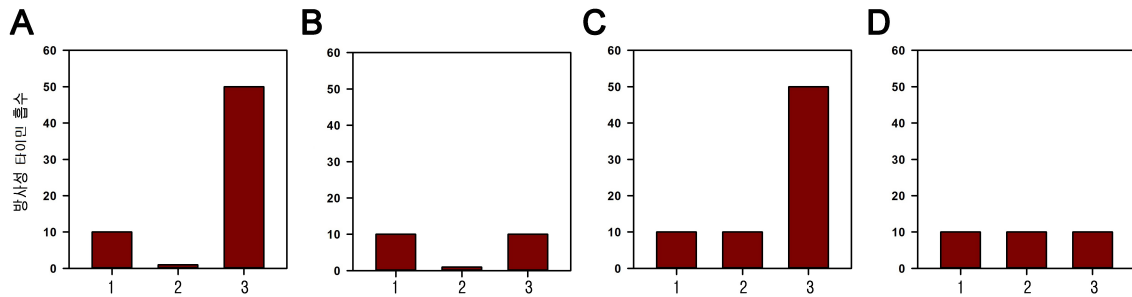
[문제 2-6] (7점) 돼지의 장기를 인체에 이식할 때 일어날 수 있는 거부 반응을 미리 알아내고자 돼지의 혈액과 환자의 혈액을 이용하여 다음과 같은 실험을 수행하였다.

- (1) (5점) 환자의 혈액 단핵 세포(림프구, 대식세포)와 방사선을 조사한 돼지 혈액 단핵 세포를 섞어서 배양하거나 각각 따로 배양하면서 방사성 동위 원소로 표시된 타이민(thymine)을 염기로 가지는 디옥시리보뉴클레오타이드가 세포 안으로 얼마나 흡수되는지 측정하여 세포의 증식 정도를 평가하였다. A, B, C, D 중에서 예상되는 결과를 고르고 그렇게 생각한 까닭을 설명하시오. (참고: 방사선에 노출된 세포들은 모두 죽는다고 가정한다.)



1. 환자 혈액 단핵세포 단독 배양
2. 방사선 조사한 돼지 혈액 단핵세포 단독 배양
3. 환자 혈액 단핵세포와 방사선 조사한 돼지 혈액 단핵세포의 혼합배양

(2) (2점) 사람의 CD47을 세포 표면에 발현하는 돼지 혈액 단핵 세포를 방사선에 노출시킨 후, 환자 혈액 단핵 세포와 섞어서 배양하거나 각각 따로 배양하면서 방사성 동위 원소로 표시된 타이민(thymine)을 염기로 가지는 디옥시리보뉴클레오타이드가 세포 안으로 얼마나 흡수되는지 측정하여 세포의 증식 정도를 평가하였다. A, B, C, D 중에서 예상되는 결과를 고르고 그렇게 생각한 까닭을 설명하시오. (참고: 방사선에 노출된 세포들은 모두 죽는다고 가정한다.)



1. 환자 혈액 단핵세포 단독 배양
2. 방사선 조사한 CD47 발현 돼지 혈액 단핵세포 단독 배양
3. 환자 혈액 단핵세포와 방사선 조사한 CD47 발현 돼지 혈액 단핵세포의 혼합배양

■ 예시 답안

[문제 2-1] (1)

1. 처음의 500 ml의 저장용액에 존재하는 방사성 동위원소 표시 포도당은 5 mmol임
2. 24시간 보관 후 남아있는 포도당은 2.5 mmol이므로 결국 2.5 mmol의 포도당이 ATP 합성에 사용됨
3. 이 가운데 0.5 mmol 포도당은 피루브산 1 mmol을 만드는 데 사용되었으며 1 mmol NADH과 1 mmol ATP를 만들
4. 이 가운데 0.5 mmol 포도당은 시트르산 1 mmol을 만드는 데 사용되었으며 2 mmol NADH과 1 mmol ATP를 만들
5. 이 가운데 0.5 mmol 포도당은 젖산 1 mmol을 만드는 데 사용되었으며 1 mmol ATP를 만들
6. 남은 1 mmol의 포도당은 완전히 대사되어 10 mmol NADH와 2 mmol FADH₂, 그리고 4 mmol ATP를 만들
7. 그러므로 총 생산 에너지는 13 mmol NADH, 2 mmol FADH₂, 그리고 7 mmol ATP이므로 총 ATP 생산량 또는 소모량은 $13 \times 3 + 2 \times 2 + 7 = 50$ mmol임 또는 $50 \times 10^{-3} \times 6.023 \times 10^{23} = 3.0115 \times 10^{22}$ 개

	저장용액내 양 mmol	사용한 포도당 mmol	NADH	FADH ₂	ATP	총 ATP 계산	총 ATP 양 mmol
피루브산	1	0.5	1	0	1	1*3+1	4
시트르산	1	0.5	2	0	1	2*3+1	7
젖산	1	0.5	0	0	1	1	1
포도당	2.5	1	10	2	4	10*3+2*2+4	38
ATP 총량							50 mmol

(2)

1. 1개의 NADH 또는 FADH₂는 1/2 개의 산소분자 (O₂)를 환원하여 1개의 물(H₂O)을 만들
2. 위의 반응에서 13 mmol NADH와 2 mmol FADH₂가 생성되므로 $15 \text{ mmol} \times 1/2 = 7.5 \text{ mmol}$ 의 산소 분자 (O₂)가 사용됨 또는 $7.5 \times 10^{-3} \times 6.023 \times 10^{23} \text{ 개} = 4.51725 \times 10^{21} \text{ 개}$

[문제 2-2] (1)

AGGGCUGCCG

(2)

알파갈 생산 단백질 유전자는 밑줄 친 A/T 염기쌍에서 전사가 시작되어 mRNA가 만들어지고, mRNA의 리보뉴클레오타이드 순서 중 처음 나오는 AUG를 개시 코돈으로 알파갈 생산 단백질의 합성이 시작됩니다. 알파갈 생산 단백질 유전자의 3,4번 뉴클레오타이드를 제거하면, 전사되는 mRNA의 리보뉴클레오타이드의 순서가 AUGCCCUAA---의 순서로 바뀌는데, UAA는 종결 코돈이므로 mRNA에서 번역기구가 분리되고 단백질 합성이 중단되어, 알파갈 생산 단백질의 생산을 중단할 수 있게 됩니다.

[문제 2-3] (1)

사람은 음식과 물을 통해 체내 수분을 섭취하고, 소변과 땀을 통해 배출함으로써 체액의 삼투압을 일정하게 유지합니다. 체액 농도가 변화하면 세포가 수축하거나 팽창하여 구조와 기능에 이상이 생길 수 있기 때문에, 체내에서 물과 무기 염류의 섭취와 배출을 조절합니다. 염분 섭취로 인해 체액 삼투압이 높아지면 시상하부가 자극을 받아 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬(ADH)이 분비되고, 이를 통해 콩팥에서 물의 재흡수가 증가하여 소변량이 줄어들고 삼투압이 정상으로 돌아옵니다. 그러나 항이뇨 호르몬은 뇌하수체에서 생성된 사람의 호르몬이므로 돼지 항이뇨 호르몬과 구조가 달라, 돼지 콩팥에 존재하는 항이뇨 호르몬 수용체에 작용하지 않을 수 있습니다. 사람의 항이뇨 호르몬이 돼지 콩팥에 작용하지 않는다면, 콩팥에서 물의 재흡수가 일어나지 않아 혈액 삼투압이 증가하고 심한 갈증과 입마름 증상이 나타날 수 있습니다.

(2)

노르에피네프린은 교감신경계의 신경전달 물질로, 교감신경계에 속하는 신경절 이후 뉴런에서 분비됩니다. 베타차단제는 노르에피네프린의 작용을 억제하는 약물이기 때문에, 교감신경계의 활성이 억제됩니다. 교감신경계는 심장 박동수를 증가시키는 역할을 하므로, 베타차단제 투여 시 심장 박동수가 감소하고 혈압이 낮아집니다. 그러나 이로 인해 콩팥으로 가는 혈류량이 줄어들게 되며, 혈류량 감소는 콩팥에서 물 재흡수를 감소시켜 체액의 삼투압을 높일 수 있습니다. 이로 인해 갈증과 입마름 증상이 악화될 수 있습니다.

[문제 2-4]

에볼라, HIV, 코로나 바이러스 등은 동물에서 인간으로 전파된 바이러스가 유발하는 감염병으로 알려져 있습니다. 이와 마찬가지로, 돼지 장기를 이식할 경우 돼지 독감처럼 원래 인간에게 감염되지 않던 돼지 바이러스나 병원체가 **돌연변이**를 일으켜 인간에게도 감염될 수 있는 형태로 진화할 가능성이 있습니다. 돼지 장기가 인간의 체내에 항상 존재하면 돌연변이된 병원체가 인간세포와 접촉할 확률이 높아지고, 이로 인하여 돌연변이 중 인간세포에 감염될 수 있는 병원체가 **자연선택**될 가능성이 높아집니다. 인간세포에 감염되는 병원체 중 일부는 인간에게 질병을 일으킬 수 있는 형태로 발전할 가능성이 높습니다.

[문제 2-5] (1)

전신 마취제가 Na^+ 통로를 차단하면 환자가 고통을 느끼지 않는 이유는 흥분의 전달이 억제되기 때문입니다. Na^+ 통로는 신경 세포의 탈분극 과정을 통해 통증 자극을 전달하는 중요한 역할을 합니다. 마취제가 Na^+ 통로를 차단하게 되면, 신경 세포 내로 Na^+ 이온이 유입되지 못해 탈분극이 생성되지 않습니다. 이로 인해 통증 신호가 신경을 따라 전달되지 않고, 뇌까지 도달하지 않으므로 환자는 고통을 느끼지 않게 됩니다. 즉, 전신 마취제는 Na^+ 통로를 차단하여 통증 신호의 발생과 전달을 근본적으로 차단함으로써 수술 중 환자가 고통을 느끼지 않도록 합니다.

(2)

수술 중 환자가 무조건 반사를 일으킬 가능성은 크게 줄어듭니다. 무조건 반사는 자극이 신경을 통해 근육으로 전달되어 일어나는 반사적 반응인데, 이는 운동 신경 말단에서 방출된 아세틸콜린이 근육 세포에 존재하는 아세틸콜린 수용체에 결합하여 근수축을 유도함으로써 발생합니다. 근육 이완제가 아세틸콜린의 작용을 차단하면, 아세틸콜린이 근육 세포에 존재하는 아세틸콜린 수용체에 결합하지 못하게 되어 근수축이 억제됩니다. 따라서, 자극이 들어와도 신경 신호가 근육으로 전달되지 않기 때문에 무조건 반사가 일어나지 않거나 최소화됩니다. 이러한 이유로, 근육 이완제를 투여한 상태에서는 환자가 무조건 반사를 일으킬 가능성이 매우 낮아집니다.

(3)

산소는 세포 호흡을 통해 ATP를 생산하는 데 필수적이며, 산소가 부족하면 세포는 생존에 필요한 충분한 ATP를 생성할 수 없어 생명 유지가 어렵게 됩니다. 수술 전 투여한 마취제는 신경 신호 전달을 차단하여, 산소 부족이라는 자극이 중추 신경계에 전달되지 않게 하고, 이에 따른 호흡 증가 반응도 억제합니다. 또한, 근육 이완제는 아세틸콜린의 작용을 차단하여 근육 수축을 저해하기 때문에, 호흡에 필요한 근육들의 움직임을 막아 산소 공급을 저해하게 됩니다.

[문제 2-6] (1)

정답은 A임

1. 환자 혈액 단핵세포를 단독으로 배양한 경우: 환자의 혈액 단핵 세포는 생존해 있으나 항원 자극은 없으므로 적은 양의 방사성 타이민 디옥시리보뉴클레오타이드를 흡수함
2. 방사선 조사 돼지 혈액 단핵세포는 죽은 세포이므로 방사성 타이민 디옥시리보뉴클레오타이드를 흡수하지 않음
3. 환자 혈액 단핵세포와 방사선 조사 돼지 혈액 단핵세포를 혼합 배양한 경우: 죽은 돼지 혈액세포를 식작용으로 삼아 환자의 대식세포가 돼지 혈액 세포의 항원을 환자의 T 림프구에 전달하여 환자의 T 림프구를 활성화하여 증식을 유도하므로 상대적으로 많은 양의 방사성 타이민 디옥시리보뉴클레오타이드를 흡수함

(2)

정답은 B임

1. 환자 혈액 단핵세포를 단독으로 배양한 경우: 환자의 혈액 단핵 세포는 생존해 있으나 항원 자극은 없으므로 적은 양의 방사성 타이민 디옥시리보뉴클레오타이드를 흡수함
2. 방사선 조사 CD47 발현 돼지 혈액 단핵세포는 죽은 세포이므로 방사성 타이민 디옥시리보뉴클레오타이드를 흡수하지 않음
3. 환자 혈액 단핵세포와 방사선 조사 CD47 발현 돼지 혈액 단핵세포를 혼합 배양한 경우: 죽은 돼지 혈액세포는 환자의 대식세포에 의해 식작용으로 함입될 수 없으므로 대식세포의 항원 전달에 의한 T 세포의 활성화는 일어날 수 없음. 그러므로 혼합배양에서는 활성화되지 않은 환자 혈액 단핵세포만이 적은 양의 방사성 타이민 디옥시리보뉴클레오타이드를 흡수함

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	점수
[2-1] (1)	계산 방식에 상관없이 50 mmol을 쓰거나, 3.0115×10^{22} 개를 쓰면	8
	그 외에는	0
	단위만 틀려도	0
[2-1] (2)	계산 방식에 상관없이 7.5 mmol의 산소분자(O_2)를 쓰거나, 4.51725×10^{21} 개의 산소 분자(O_2)를 쓰면	5
	그 외에는	0
	단위만 틀려도	0
[2-2] (1)	정답만	3
	U를 T로 표기	0
	뉴클레오타이드 하나만 틀려도	0
[2-2] (2)	3,4번 삭제 시 종결 코돈 생성을 씀	3
	3,4번 삭제만 쓰면	0
	종결 코돈 생성만 쓰면	0
[2-3] (1)	뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬(ADH)이 분비되고, 이를 통해 콩팥에서 물의 재흡수가 증가하여 체액 삼투압을 정상으로 돌림	2
	사람의 항이뇨 호르몬이 돼지 항이뇨 호르몬과 구조가 달라, 돼지 콩팥에 존재하는 항이뇨 호르몬 수용체에 작용하지 않을 수 있음	3
[2-3] (2)	베타차단제 투여 시 심장 박동수가 감소하고 혈압이 낮아짐	2
	이로 인해 콩팥으로 가는 혈류량이 줄어들게 되며, 혈류량 감소는 콩팥에서 물 재흡수를 감소시켜 체액의 삼투압을 높일 수 있음	3
[2-4]	동물에서 인간으로 전파된 바이러스가 유발하는 감염병 언급	1
	돌연변이 제시	2
	자연선택 제시	2
[2-5] (1)	신경 세포 내로 Na^+ 이온이 유입되지 못해 탈분극이 생성되지 않는다 언급	2
	신경 신호의 전달이 억제된다 언급	1
[2-5] (2)	아세틸콜린의 작용을 차단하면, 아세틸콜린이 근육 세포에 존재하는 아세틸콜린 수용체에 결합하지 못하게 된다 언급	2
	무조건 반사를 일으킬 가능성이 매우 낮아짐 언급	1
[2-5] (3)	산소가 부족하면 세포는 생존에 필요한 충분한 ATP를 생성할 수 없다 언급	1
	마취제는 신경 신호 전달을 차단하여, 산소 부족이라는 자극이 중추 신경계에 전달되지 않는다 언급	1
	근육 이완제는 아세틸콜린의 작용을 차단하여 근육 수축을 저해한다 언급	1
[2-6] (1)	정답 A 맞춤	2
	죽은 돼지 혈액세포를 식작용으로 함입한 환자의 대식세포가 돼지 혈액 세포의 항원을 환자의 T 림프구에 전달하여 환자의 T 림프구를 활성화하여 증식을 유도한다 언급	3
[2-6] (2)	정답 B 맞춤	2

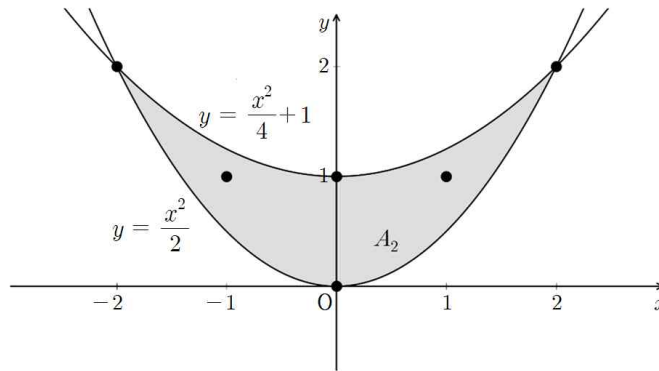
2024학년도 자연계열 (의학과)

문항 1 (수학)

[문항 1] (50점) 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

제시문

[가] 좌표평면 위의 점 P 의 x 좌표와 y 좌표가 모두 정수일 때 점 P 를 ‘정수점’이라 하자. 자연수 n 에 대하여 두 곡선 $y = \frac{x^2}{n}$ 과 $y = \frac{x^2}{2n} + 1$ 로 둘러싸인 도형을 A_n 이라 하자. [그림 1]은 도형 A_2 를 나타낸 것이며 A_2 의 내부 또는 경계 위에 있는 정수점의 개수는 6이다.



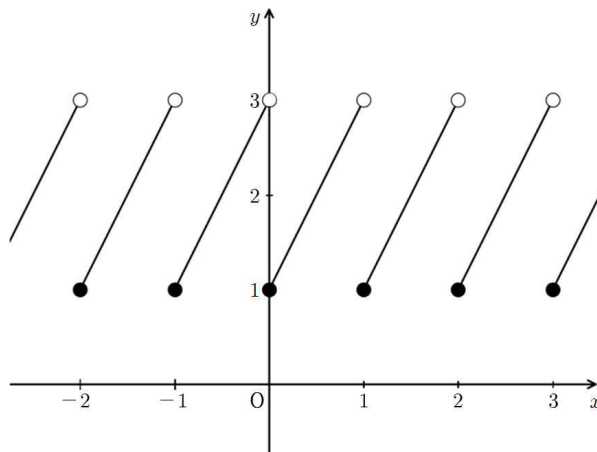
[그림 1]

[나] 함수 f 에 대하여 다음 <조건>을 만족시키는 함수 g 를 f 의 ‘반복함수’라 하자.

<조건>

- ① $0 \leq x < 1$ 이면 $g(x) = f(x)$ 이다.
- ② 모든 실수 x 에 대하여 $g(x) = g(x+1)$ 이다.

예를 들어 $f(x) = 2x + 1$ 일 때 $f(x)$ 의 반복함수 $y = g(x)$ 의 그래프는 [그림 2]와 같다.



[그림 2]

[문제 1-1] (20점) 제시문 (가)를 읽고 물음에 답하시오.

- (1) (8점) A_n 의 넓이가 100 이하이도록 하는 자연수 n 의 최댓값을 구하시오.
- (2) (12점) A_n 의 내부 또는 경계 위에 있는 정수점의 개수가 12이도록 하는 자연수 n 의 값을 모두 구하시오.

[문제 1-2] (30점) 제시문 (가)와 (나)를 읽고 물음에 답하시오.

- (1) (8점) 함수 $f(x) = \log_2(x + p)$ 의 반복함수의 그래프 위의 정수점 중 y 좌표의 절댓값이 20 이하인 것이 무수히 많이 존재하도록 하는 모든 양수 p 의 값의 합을 구하시오.
- (2) (10점) 최고차항의 계수가 1인 삼차함수 $f(x)$ 의 반복함수를 $g(x)$ 라 하자. 함수 $g(x)$ 가 모든 실수 x 에서 미분가능하고 $g(3) = \sqrt{3}$ 일 때, $g(x)$ 의 최댓값을 구하시오.
- (3) (12점) 함수 $f(x) = \cos \pi x$ 의 반복함수를 $g(x)$ 라 하자. $-\frac{1}{2023} < a \leq -\frac{1}{2024}$ 일 때, 직선 $y = ax$ 와 함수 $y = g(x)$ 의 그래프의 교점의 개수로 가능한 수를 모두 구하시오.

■ 예시 답안

[문제 1-1] (1)

A_n 의 넓이를 S_n 이라 하자. $\frac{x^2}{n} = \frac{x^2}{2n} + 1$ 에서 $x = \pm\sqrt{2n}$ 이므로

$$S_n = \int_{-\sqrt{2n}}^{\sqrt{2n}} \left(\frac{x^2}{2n} + 1 - \frac{x^2}{n} \right) dx = \left[-\frac{x^3}{6n} + x \right]_{-\sqrt{2n}}^{\sqrt{2n}} = \frac{4\sqrt{2n}}{3}$$

이다. 따라서 $S_n = \frac{4\sqrt{2n}}{3} \leq 100$ 에서 $n \leq \frac{90000}{32} = 2812.5$ 이므로 구하는 자연수 n 의 최댓값은 2812이다.

[문제 1-1] (2)

두 점 $(0,0)$ 과 $(0,1)$ 은 항상 A_n 의 내부 또는 경계 위에 있는 y 축 위의 정수점이다. 두 곡선 $y = \frac{x^2}{n}$ 과 $y = \frac{x^2}{2n} + 1$ 이 y 축에 대하여 대칭이고, A_n 의 내부 또는 경계 위에 있는 정수점의 개수가 12이므로, 제1사분면 위의 정수점의 개수는 5이다. 두 곡선 $y = \frac{x^2}{n}$ 과 $y = \frac{x^2}{2n} + 1$ 의 교점의 좌표는 $(\pm\sqrt{2n}, 2)$ 이다. 따라서 점 (p,q) 가 A_n 의 내부 또는 경계 위에 있는 제1사분면 위의 정수점일 때 p 는 자연수이고, $q = 1$ 또는 $q = 2$ 이다.

(i) $\sqrt{2n}$ 이 정수인 경우

두 곡선의 교점 $(\sqrt{2n}, 2)$ 는 A_n 의 경계 위에 있는 제1사분면의 정수점이므로 $(p, 1)$ 꼴의 정수점의 개수가 4이다. $y = 1$ 일 때 제1사분면의 A_n 의 경계 위에 있는 점의 x 좌표는 $x^2 = n$ 을 만족한다. 따라서 $(p, 1)$ 꼴의 정수점의 개수가 4가 되려면 $16 \leq n < 25$ 를 만족해야 한다. 또한 $\sqrt{2n}$ 이 정수이므로 $n = 18$ 이다.

(ii) $\sqrt{2n}$ 이 정수가 아닌 경우

$(p, 2)$ 꼴의 정수점은 존재하지 않으므로 $(p, 1)$ 꼴의 정수점의 개수가 5이다. (i)과 마찬가지로 이 경우에는 $25 \leq n < 36$ 을 만족해야 한다. 또한 $\sqrt{2n}$ 이 정수가 아니므로 $25 \leq n < 36$ 이고 $n \neq 32$ 이다.

(i), (ii)에 의하여 구하는 모든 자연수 n 의 값은 18, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35이다.

[문제 1-2] (1)

함수 $f(x) = \log_2(x+p)$ 의 반복함수의 그래프 위에 정수점이 존재하려면 $f(0)$ 의 값이 정수이어야 하고 이때 정수점은 무수히 많다. 따라서 $|f(0)| = |\log_2 p|$ 의 값은 20 이하의 정수이므로 $p = 2^{-20}, 2^{-19}, 2^{-18}, \dots, 2^{19}, 2^{20}$ 이다. 따라서 구하는 모든 양수 p 의 값의 합은 등비수열의 합에 의하여

$$\frac{2^{-20}(2^{41} - 1)}{2 - 1} = 2^{21} - 2^{-20}$$

이다.

[문제 1-2] (2)

$g(x)$ 가 모든 실수 x 에서 미분가능하므로 $f'(0) = f'(1)$, $f(0) = f(1)$ 이다. 또한 $\sqrt{3} = g(3) = g(0) = f(0) = f(1)$ 이므로 상수 a 에 대하여 $f(x) = x(x-1)(x-a) + \sqrt{3}$ 이다. $f'(0) = a$, $f'(1) = 1 - a$ 이므로 $a = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서

$$f(x) = x\left(x - \frac{1}{2}\right)(x-1) + \sqrt{3} = x^3 - \frac{3}{2}x^2 + \frac{1}{2}x + \sqrt{3}$$

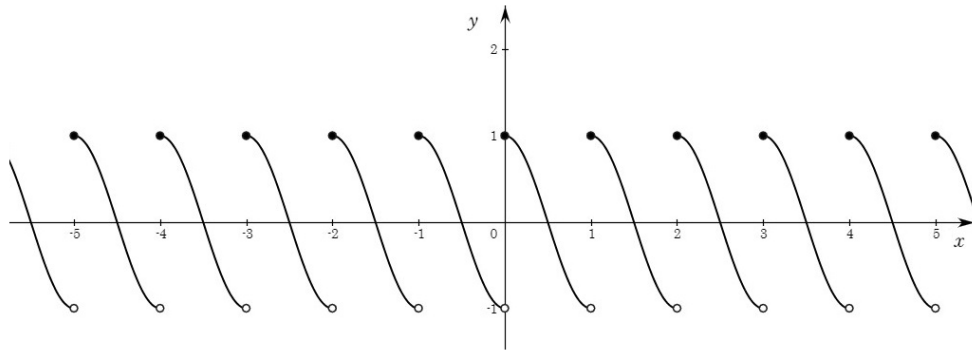
이므로 $0 \leq x < 1$ 에서 함수 $y = f(x)$ 의 그래프의 개형을 살펴보면 함수 $g(x)$ 의 최댓값은 함수 $f(x)$ 의 극댓값임을 알 수 있다. $f'(x) = 3x^2 - 3x + \frac{1}{2} = 0$ 에서 $x = \frac{3 \pm \sqrt{3}}{6}$ 이므로 $f(x)$ 는 $x = \frac{3 - \sqrt{3}}{6}$ 에서 극대이다. 따라서 구하는 $g(x)$ 의 최댓값은

$$f\left(\frac{3 - \sqrt{3}}{6}\right) = \frac{37\sqrt{3}}{36}$$

이다.

[문제 1-2] (3)

함수 $y = g(x)$ 의 그래프는 그림과 같다.



함수 $y = g(x)$ 의 그래프와 직선 $y = ax$ 의 교점의 개수를 p 라 하자.

(i) $a = -\frac{1}{2024}$ 인 경우

제2사분면에 2025개의 교점이 있고, 제4사분면에 2024개의 교점이 있다. 즉, $p = 4049$ 이다.

(ii) $-\frac{1}{2023} < a < -\frac{1}{2024}$ 인 경우

- $-2024 < x < -2023$ 에서 함수 $y = g(x)$ 의 그래프와 직선 $y = ax$ 가 만나지 않는 경우 제2사분면에 2023개의 교점이 있고 제4사분면에 2023개의 교점이 있다. 즉, $p = 4046$ 이다.
- $-2024 < x < -2023$ 인 한 점에서 함수 $y = g(x)$ 의 그래프와 직선 $y = ax$ 가 접하는 경우 제2사분면에 2024개의 교점이 있고 제4사분면에 2024개의 교점이 있다. 즉, $p = 4048$ 이다.
- $-2024 < x < -2023$ 에서 함수 $y = g(x)$ 의 그래프와 직선 $y = ax$ 가 두 점에서 만나는 경우 제2사분면에 2025개의 교점이 있고 제4사분면에 2025개의 교점이 있다. 즉, $p = 4050$ 이다.

(i)~(ii)에 의하여 구하는 교점의 개수로 가능한 수는 4046, 4048, 4049, 4050이다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
[1-1] (1)	교점의 x 좌표를 구함	2점
	구하고자 하는 적분의 식을 적음	2점
	정적분을 올바르게 계산함	2점
	문제에서 제시한 성질을 만족하는 자연수 n 의 최댓값을 구함	2점
[1-1] (2)	y 좌표가 1인 경우와 2인 경우 정수점이 만족하는 성질을 이해함	4점
	$n = 18$ 을 구함	2점
	$n \neq 32$ 를 관찰함	2점
	문제에서 제시한 성질을 만족하는 자연수 n 을 모두 구함	4점

하위 문항	채점 기준	배점
[1-2] (1)	정수점이 존재하려면 $f(0)$ 이 정수여야 한다는 사실을 관찰	3점
	$f(0) = \log_2 p$ 는 절댓값이 20 이하인 정수임을 관찰	2점
	등비수열임을 이해하고 합을 올바르게 구함	3점
[1-2] (2)	$f(x)$ 를 올바르게 구함	4점
	$y = g(x)$ 의 최댓값은 $y = f(x)$ 의 극댓값임을 관찰함	3점
	$y = f(x)$ 의 극댓값을 올바르게 구함	3점
[1-2] (3)	$a = -\frac{1}{2024}$ 일 때, 직선 $y = ax$ 와 함수 $y = g(x)$ 의 그래프의 관계를 이해하여 교점의 수를 구함	3점
	$-\frac{1}{2023} < a < -\frac{1}{2024}$ 일 때, $-2024 < x < -2023$ 에서 함수 $y = g(x)$ 의 그래프와 직선 $y = ax$ 가 만나지 않는 경우를 이해하여 교점의 수를 구함	3점
	$-\frac{1}{2023} < a < -\frac{1}{2024}$ 일 때, $-2024 < x < -2023$ 에서 함수 $y = g(x)$ 의 그래프와 직선 $y = ax$ 가 접하는 경우를 이해하여 교점의 수를 구함	3점
	$-\frac{1}{2023} < a < -\frac{1}{2024}$ 일 때, $-2024 < x < -2023$ 에서 함수 $y = g(x)$ 의 그래프와 직선 $y = ax$ 가 두 점에서 만나는 경우를 이해하여 교점의 수를 구함	3점

문항 2 (생명과학)

[문항 2] (50점) 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

과체중과 비만은 건강에 위험을 초래하는 비정상적이거나 또는 과도한 지방 축적으로 정의됩니다. 체질량지수¹가 25 이상이면 과체중으로 간주하고 30 이상이면 비만으로 간주합니다. 비만은 제2형 당뇨병, 지방간, 고혈압, 심근경색, 뇌졸중, 치매 및 종양과 같은 질병의 위험을 크게 증가시켜 삶의 질 저하와 기대수명 감소를 초래하기 때문에 주요한 건강 문제의 하나입니다. 전 세계적으로 매년 400만 명 이상이 비만과 관련된 질환으로 사망하고 있으며, 세계보건기구(W.H.O.)는 비만을 환경 및 유전적 요인에 기인한 만성 진행성 질병으로 정의하고 있습니다. 비만의 발생 원인은 에너지 섭취량²이 에너지 소모량³보다 많은 상태에서 여분의 에너지가 체지방의 형태로 인체에 축적되기 때문입니다.

비만의 기본적인 치료법은 식이조절, 운동치료 및 행동치료이지만, 이러한 생활 습관의 개선만으로는 충분한 체중 감량이 어려운 경우, 보조적으로 약물치료를 병행하고 있습니다. 현재 사용되고 있는 비만 치료제로는 오르리스타트와 글루카곤유사펩타이드-1(Glucagon-like peptide-1; GLP-1) 변형체인 리라글루티드가 있습니다. 오르리스타트는 섭취된 음식물에 포함된 중성지방 성분을 분해하는 효소인 위 및 췌장 분비 리파아제⁴의 저해제로서 장관 내에서 지방의 흡수를 억제하여 체중의 증가를 억제합니다. 그러나 아쉽게도 오르리스타트의 체중 감소 효과는 그리 크지 않은 편입니다. 식욕은 배고픈 생각과 포만감의 상호작용으로 결정됩니다. GLP-1은 음식을 섭취한 후에 소장에서 분비되는 펩타이드 호르몬으로, 간뇌에 위치한 뇌 세포(뉴런)에 작용하여 배고픈 생각을 줄이고, 위에 위치한 감각 신경 세포(감각 뉴런)에 작용하여 음식물이 위에서 소장으로 이동하는 속도를 늦추어 포만감을 길게 유지하도록 유도합니다. 이러한 작용들로 GLP-1은 식욕을 줄이고, 음식물의 섭취를 감소시켜 체중의 증가를 억제합니다. 하지만 GLP-1은 체내에서 그 효과가 빠르게 사라진다는 단점이 있어 비만 치료제로 사용되지 못하여 왔습니다. 이는 우리 몸에 존재하는 디펩티딜 펩티다아제-4(DPP-4)라는 펩타이드 분해 효소가 GLP-1의 N-말단에서 두 개의 아미노산을 제거하기 때문입니다. 그로 인하여 잘려진 GLP-1은 GLP-1 수용체를 활성화하지 못합니다. GLP-1의 중간에 위치한 라이신 아미노산에 지방산을 결합한 리라글루티드는 DPP-4에 의한 분해 속도가 GLP-1보다 20배 정도 느리지만, GLP-1과 동일한 GLP-1 수용체 활성화 능력이 있어 비만 치료제로 사용하게 되었습니다. 리라글루티드는 상당히 효과적이어서 복용 후 1개월 이내에 체중의 10%가 감소하는 것으로 보고되고 있습니다.

(A) GLP-1의 구조



(B) 리라글루티드의 구조



주1. 체질량지수 : 체질량지수는 킬로그램 단위의 사람 몸무게를 미터 단위의 키의 제곱으로 나눈 값

주2. 에너지 섭취량 : 우리 몸에 흡수되는 에너지의 총량

주3. 에너지 소모량 : 우리 몸이 사용하는 에너지의 총량

주4. 리파아제 : 중성 지방 분해 효소

[문제 2-1] (4점) 40대 남성이 급격한 체중 증가로 병원을 방문하였다. 의사는 환자의 체중 증가의 원인을 찾고자, 환자가 안정 상태에서 시간당 소비하는 산소의 양을 측정하였다. 그 결과, 환자가 시간당 소비하는 산소의 양이 정

상인보다 적음을 확인하였다. 의사는 환자의 체중 감소를 위하여 리라글루티드 투여와 함께 냉수욕을 자주 하도록 조언하였다. 의사가 판단한 체중 증가의 원인이 무엇이었는지 논리적으로 추론하고, 냉수욕을 자주 하도록 조언한 이유를 설명하시오. (단, 골격근의 수축에 의한 몸 떨림이 없는 정도의 냉수욕을 수행한다고 가정한다.)

[문제 2-2] (15점) 제약사에서는 리라글루티드보다 강력한 비만 치료제를 개발하기 위하여, GLP-1의 라이신에 다양한 지방산을 결합해 새로운 GLP-1 변형체를 제작하여 약효를 테스트하였다. 최근에 개발된 변형체A와 GLP-1, 리라글루티드를 실험동물의 혈관에 주사해 얻은 결과는 아래와 같다. GLP-1, 리라글루티드, 변형체A는 모두 동일한 GLP-1 수용체 활성화 능력이 있다고 가정할 때, 다음의 질문들에 답하시오.

	GLP-1 및 변형체 분해 속도 (mg/시간)	위-소장 음식물 이동속도 (g/시간)	음식물 섭취량 (g/일)
대조군 (생리식염수)	0	30	400
GLP-1 (1mg/일)	1	20	300
리라글루티드 (1mg/일)	0.05	10	100
변형체A (1mg/일)	0.0125	5	300

- (3점) 변형체A가 리라글루티드에 비하여 더 강력한 비만 치료제가 될 수 있을지 예상하고, 그 이유를 제시하시오.
- (6점) 모세혈관의 물질 투과성은 모세혈관이 위치하는 신체 조직에 따라 차이가 있다. 변형체A는 GLP-1에 비하여 위-소장 음식물 이동속도를 늦추는 효과가 크지만, 음식물 섭취를 감소시키는 효과는 GLP-1과 동일한 이유를 지문을 참조하여 추론하시오.
- (6점) 위에서 소장으로 음식물이 이동하는 속도를 조절하는 GLP-1의 작용기작은 아직 명확히 밝혀지지 않았다. 다음의 제시문을 읽고, 아래와 같은 결론을 내린 이유를 추론하시오.

제시문

위에서 소장으로 음식물이 이동하는 속도는 위 근육의 수축과 이완 속도에 비례한다. 우리 몸은 음식물 섭취로 인한 위의 부피 증가 자극에 대하여, 위 부피를 줄이기 위한 반응으로써 위 근육의 수축과 이완 속도를 증가시킨다. 실험동물에 음식물을 섭취시키고, 동일 양의 변형체A, 리라글루티드, 또는 GLP-1을 주사한 후 위 감각 신경 세포의 ATP 농도를 측정하였다. 실험 결과, 위 감각 신경 세포의 ATP 농도는 변형체A, 리라글루티드, GLP-1 주사군의 순으로 높았다. 이 결과를 바탕으로 GLP-1이 위 감각 세포의 흥분 전달 속도를 늦추는 것으로 결론을 내렸다.

[문제 2-3] (7점) 리라글루티드 혈관주사 요법으로 비만을 치료해 오던 환자가 최근 교통사고를 당하여 척수가 손상되었다. 이 환자는 척수 손상으로 인하여 방광의 수축 기능은 상실되었지만, 확장 기능은 정상이었다. 이 환자에게 리라글루티드를 계속 투여한다면 사고 전과 동일한 비만 치료 효과를 기대할 수 있을지 추론하시오. (단, 환자의 운동량은 사고 전후에 같다고 가정한다.)

[문제 2-4] (4점) 공포 영화 시청이 체중 감소에 효과가 있는지를 확인하기 위하여, 리라글루티드를 투여받는 비만 환자를 두 그룹으로 나누었다. 한 그룹은 일주일 동안 매일 식후 즉시 1시간 동안 공포 영화를 시청하도록 하고, 다른 그룹은 식후 즉시 1시간 동안 안정을 취하도록 하였다. 일주일 후 두 그룹 간의 체중 감소에 차이가 있을지를 예상하고 그 원인을 추론하시오. (비만 환자들은 일주일 동안 동일한 양의 음식물을 섭취하고, 동일한 양의 활동을 한다고 가정한다.)

[문제 2-5] (6점) 현재 제약사에서 리라글루티드를 생산하기 위하여, 화학합성으로 GLP-1을 생산한 후 화학반응으로 지방산을 GLP-1의 라이신에 결합하는 방법을 사용한다. 하지만 이 방법은 GLP-1의 합성 비용이 너무 높다는 단점이 있다. 연구자들이 리라글루티드 생산비용을 줄이기 위하여 GLP-1을 유전자 재조합 기술로 대장균에서

생산하는 방법을 고려하였으나, 화학합성과 동일한 GLP-1을 생산하는 것이 불가능함을 깨달았다. 유전자의 발현 또는 펩타이드의 분리에 관한 문제점이 아니라면, 무엇 때문에 불가능하다고 판단하였는지 추론하시오.

[문제 2-6] (4점) Dinitrophenol(DNP)은 ATP의 합성 없이 미토콘드리아 내막의 수소이온(H^+) 기울기를 감소시키는 화합물이다. 세포에 과량의 DNP를 투여하면 ATP 생산이 감소하여 결국 세포가 사멸한다. 유럽의 한 바이오벤처 회사가 DNP와 유사한 기능의 화합물을 비만 치료제로 개발하였다. 이 회사가 개발한 화합물의 비만 치료의 원리를 추론하시오.

[문제 2-7] (10점) 비만이 단일 인자 유전이라 가정할 때, 실험용 쥐의 교배를 통하여 태어난 새끼의 비율이 항상 아래 표와 같았다. A그룹은 정상 수컷 쥐와 비만 암컷 쥐를 교배하였고, B그룹은 비만 수컷 쥐와 비만 암컷 쥐를 교배하였다. A그룹에서 태어난 새끼 중 비만 암컷 쥐와 B그룹에서 태어난 새끼 중 정상 수컷 쥐를 선택하여 교배한다면, 태어나는 새끼 중 정상 쥐와 비만 쥐의 비율을 제시된 표와 같이 성별에 따라 예상하시오. (가계도를 그리고, 추론 과정을 서술하시오)

A그룹	정상	비만
수컷	25%	25%
암컷	25%	25%

B그룹	정상	비만
수컷	25%	25%
암컷	0%	50%

■ 예시 답안

※ 대학에서 이 문항의 예시답안을 공개하지 않았습니다.

■ 채점 기준

[문제 2-1] (4점)

	점수
에너지는 ATP 형태와 열에너지 형태로 소모됨	1
산소 소비량은 에너지 소모량에 비례함	1
안정 상태에서의 에너지 소모량 감소(기초 대사량의 감소)로 체중 증가	1
냉수욕으로 체온감소, 이로 인한 열 방출(또는 열 생산) 증가로 에너지 소모량 증가 (또는 에너지 소모 증가)	1

[문제 2-2] (15점)

(1) (3점)

	점수
에너지 (음식물) 섭취가 많아 비만 효과가 적을 것임	3

(2) (6점)

	점수
호르몬은 모세혈관(또는 혈관)을 빠져나와 표적 세포에 도달함	2
변형체A가 위의 모세혈관에서는 빠져나와 감각 신경 세포에 작용함	2
변형체A가 간뇌의 모세혈관에서는 빠져나오지 못하여 간뇌의 뇌세포에 작용하지 못함	2

(3) (6점)

	점수
감각 신경 세포(뉴런)의 흥분 전달(또는 흥분의 전도) 과정에 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ (나트륨-칼륨) 펌프의 역할	3
감각 신경 세포(뉴런)의 흥분 전달(또는 흥분의 전도) 과정에 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ (나트륨-칼륨) 펌프의 ATP 사용	3

[문제 2-3] (7점)

	점수
척수의 위치에 따라 신경으로 연결된 장기가 다르므로 손상된 척수 부위 이후로 연결된 장기는 정보 교환을 할 수 없음	2
척수 절단 부위는 방광의 확장을 일으키는 교감 신경과 수축을 일으키는 부교감 신경 사이. 위의 감각 신경들과 위의 운동을 조절하는 신경들은 방광의 확장을 일으키는 신경보다 척수의 위쪽에 연결되어 있음	4
리라글루티드 주사는 위의 감각 신경들과 간뇌 뇌세포에 모두 작동할 수 있음 (또는 체중 증가 억제 효과가 있음)	1

[문제 2-4] (4점)

	점수
공포 영화 시청은 교감신경을 활성화시킴	1
교감 신경의 활성화는 심장 박동 촉진 등으로 기초 대사량을 늘림 (또는 에너지 소모가 늘어남)	1
교감 신경의 활성화는 소화관 운동 억제를 통하여 포만감을 길게 유지하도록 유도하여 음식물 섭취를 줄임 (또는 에너지 섭취를 줄임)	2

[문제 2-5] (6점)

	점수
개시단계에서 리보솜 소단위체에 mRNA와 메싸이오닌을 가진 개시 tRNA가 결합하여 시작하므로, 생체에서 생산되는 모든 단백질(또는 펩타이드)들은 모두 메싸이오닌을 N-말단(또는 맨 앞)에 가짐	4
GLP-1은 N-말단(또는 맨 앞)이 히스티딘이므로 대장균에서 생산된 GLP-1은 이후 메싸이오닌을 제거해야 함	2

[문제 2-6] (4점)

	점수
수소이온(H^+) 기울기에 의하여 ATP가 생산되므로 DNP(또는 화합물)는 수소이온 기울기를 감소시키므로 ATP 생산효율을 떨어지게 함	3
감소된 ATP 생산량을 만회하기 위해서는 더 많은 에너지를 사용하게 되므로 체중 감소의 효과를 예상할 수 있음.	1

[문제 2-7] (10점)

	점수
비만 유전자는 우성이어야 하며, 성염색체 유전(또는 성염색체에 존재, X 염색체에 존재)이어야 함	2
가계도에 유전자형을 표시하여 작성한 경우 (알파벳은 임의 사용 가능)	6
가계도에 유전자형이 표시 안 된 경우 감점 3점	
가계도가 틀린 경우 감점 6점	
가계도 미완성인 경우 감점 3점	2
태어나는 새끼는 정상 수컷 25%, 비만 수컷 25%, 정상 암컷 25%, 비만 암컷 25%	

써봄

기출로 연습했다면, 이제 써보고 바로 첨삭받자.

Google Gemini 기반 한국어 논술 자동 첨삭 서비스

01

4개 영역 점수

논리구조 · 근거타당성 · 주장명확성 · 언어표현 영역별로 점수를 매겨 줍니다.

02

상세 피드백

강점, 개선점, 구체적인 제안사항까지 한 번에 확인합니다.

03

일괄 첨삭

교사·강사는 학생 답안을 최대 10편까지 한꺼번에 올려 처리할 수 있습니다.

04

간편한 업로드

PDF · DOCX · TXT 파일을 그대로 올리면 됩니다.

이용 안내

무료 체험	회원가입 시 3회 무료 분석
개인 플랜	월 9,900원
교사 플랜	월 29,900원

논술 수험생 · 논술 교사와 강사 · 학원과 교육기관



writegrow.net

QR 코드를 스캔하면 바로 시작할 수 있습니다