

2022학년도 논술고사

자연계열(의학과)



성명	
전형	
수험번호	

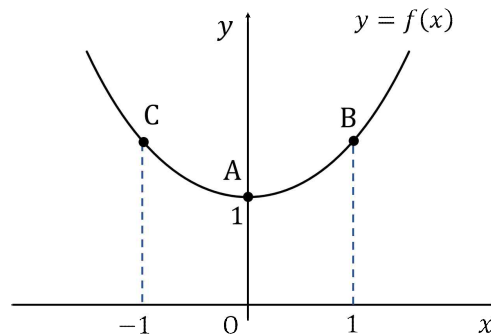
표지를 제외한 페이지 수 : 4

[문항 1] (50점) 다음 제시문을 읽고 논제에 답하라.

(가) 정육면체의 주사위를 차례로 2번 던져 나오는 눈의 수를 순서대로 n, l 이라고 하자. 함수 $x = g(t)$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$g(t) = \sin\left(\frac{n}{l}t\right), \quad 0 \leq t \leq 2\pi$$

(나) $f(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$ 이다. 제시문 (가)에서 정의된 x 에 대하여 점 $Q(x, f(x))$ 는 함수 $f(x)$ 의 그래프 위를 움직인다. 예를 들어 $\frac{n}{l} = 1$ 인 경우, 점 Q 는 함수 $f(x)$ 의 그래프 위의 점 $A(0, 1)$ 에서 출발하여 점 $B(1, f(1))$, 점 $A(0, 1)$, 점 $C(-1, f(-1))$ 를 차례대로 거쳐 점 $A(0, 1)$ 로 돌아온다.



[문제 1-1] (25점) 제시문을 읽고 다음 물음에 답하라.

(1) $E = \int_0^{2\pi} |g'(t)|^2 dt$ 이라 하자. 주어진 n, l 에 대하여 E 의 값을 n, l 을 이용하여 표현하라.

(2) $E \geq \pi$ 를 만족하는 순서쌍 (n, l) 을 모두 구하라.

[문제 1-2] (25점) 제시문을 읽고 다음 물음에 답하라.

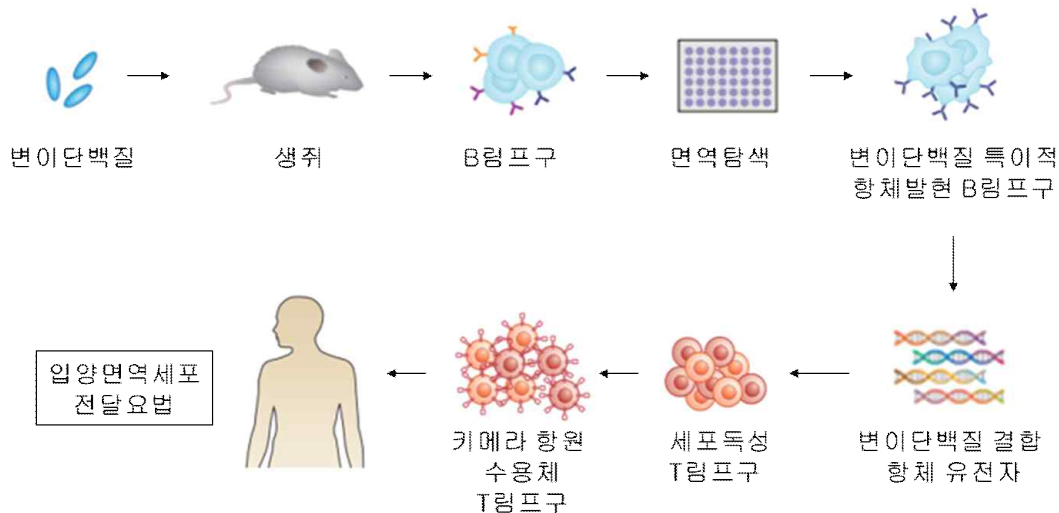
(1) 주어진 n, l 에 대하여 점 Q 의 총 이동거리를 L 이라 하자. L 을 n, l 을 이용하여 표현하라.

(2) $L \geq e - e^{-1}$ 을 만족하는 순서쌍 (n, l) 을 모두 구하라.

[문항 2] (50점) 다음 제시문을 읽고 논제에 답하라.

(가) 암은 기본적으로 게놈(genome)의 불안정성에 의한 질환으로, 암의 발생과 진행의 과정에서 수많은 변이(mutation)가 게놈에 축적된다. 즉 정상세포의 게놈에 변이가 발생/축적되면서, 정상세포가 암세포로 변형된다. 변이된 게놈에서 만들어내는 변형된 단백질들이 암세포의 표면에 노출되면, 우리 몸의 방어 작용은 암세포를 자신과 다른 외부의 침입자로 인식하며 이후 면역세포들이 암세포를 제거할 수 있다. 암의 치료 방법으로 최근 주목받는 면역항암요법(cancer immunotherapy)은 이러한 우리 몸의 방어 작용을 이용하여 암세포를 제거하는 치료법으로, 입양면역세포전달요법(adoptive cell transfer)이 많은 관심을 받고 있다.

입양면역세포전달요법의 개발과정은 우선 변이단백질의 항원결정기¹(epitope)와 결합하는 항체를 찾아내는 것이다. 이를 위하여 변이단백질을 주입한 생쥐에서 변이단백질과 결합하는 항체를 발현하는 B림프구를 탐색한 후 B림프구의 RNA 염기서열 분석을 통하여 변이단백질과 결합하는 항체의 염기서열(sequence) 및 유전자를 확보한다. 다음으로 환자의 세포독성 T림프구를 분리한 후, 유전자 재조합기법을 이용하여 변이단백질과 결합하는 키메라항원수용체²가 세포독성 T림프구의 표면에 발현되도록 조작한다. 조작된 세포독성 T림프구를 환자에게 주입하여 환자의 암세포 파괴를 유도한다.



(나) 종양 면역 치료 중의 하나인 종양백신은 종양 특이 항원을 이용하여 T 세포 매개 항-종양 면역 반응을 유도한다. 악성 흑색종³에서 기원한 MZ2-E와 MZ2-D가 세포독성 T 세포에 의해 인지되어 종양 특이 면역반응을 유발한다는 연구 결과는 종양백신 분야에서 아주 중요한 발견이다. 이 연구는 종양백신으로써 종양항원을 이용할 수 있다는 가능성을 시사한다.

주¹. 항원결정기(epitope) : 항체가 항원을 식별하게 해 주는 항원의 특정한 부분

주². 키메라항원수용체 : T림프구 수용체 일부와 항체의 항원인식부위가 결합된 복합체, 항원과 결합 시 세포독성 T림프구를 활성화함

주³. 흑색종 : 피부암의 일종

[문제 2-1] (7점) 변이단백질과 결합하는 항체의 유전자 염기서열과 항체 유전자를 확보하였다. DNA 재조합 기술을 이용하여 항체 유전자를 조작하기 위하여, 플라스미드의 EcoRI과 BamHI 제한효소 인식부위에 항체 유전자를 삽입하려 한다. 유전자증폭기술(Polymerase Chain Reaction, PCR)을 이용하여 항체 유전자의 5'-끝(시작점)을 EcoRI 인식부위에 3'-끝(끝점)을 BamHI 인식부위에 삽입하고자 한다. 항체 유전자의 염기서열과 EcoRI, BamHI 제한효소의 인식부위 염기서열이 아래와 같을 때 PCR에 사용할 5'-끝 프라이머와 3'-끝 프라이머의 염기서열을 제안하시오. (단 프라이머의 길이는 염기 12개로 제한한다)

항체유전자 염기서열 :

```
ATGGCGACATTGAAAGATCAACTGATCTATAATTTACTGAAGGAAGAACAGACGCCCCAAAACA
AGATTACTGTCGTCGGAGTCGGCGCGGTGGGAATGGCGTGTGCTATCTCTATTTTGATGAAAGA
TTTAGCAGATGAGCTGGCACTTGTAGATGTTATCGAAGATAAGTTGAAAGGAGAGATGATGGAC
CTTCAACATGGCAGTTTATTCCTGAGAACGCCAAAGATAGTCTCTGGCAAGGATTACAACGTAA
CAGCGAACAGTAACTGGTCATAATCACAGCTGGAGCCCGCAACAAGAAGGCGAGTCGTGA
```

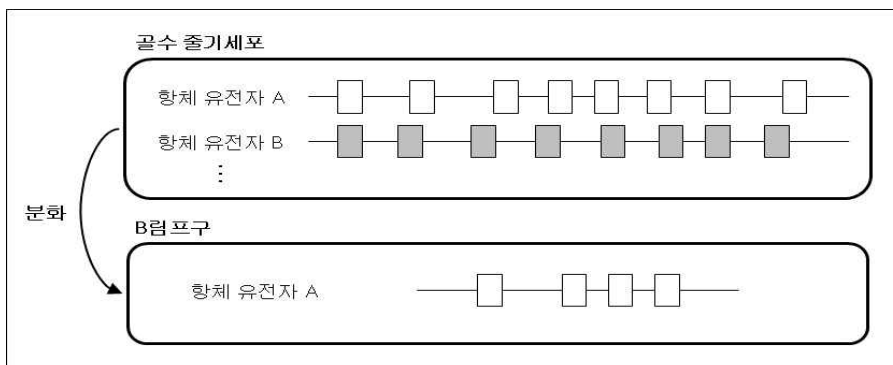
EcoRI 제한효소의 인식부위 염기서열 : GAATTC

BamHI 제한효소의 인식부위 염기서열 : GGATCC

[문제 2-2] (6점) 클로로퀸(chloroquine)은 리소좀(lysosome)의 활성을 억제하는 약제이다. 생쥐에 클로로퀸을 주입한 후 암세포의 변이단백질을 주입하니 항체가 형성되지 않았다. 생쥐에서 항체가 생성되지 못한 원인을 자세히 설명하시오.

[문제 2-3] (5점) 입양면역세포전달요법의 경우 오랜 기간 치료 시 키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의하여 파괴되지 않는 암세포가 발생하여 종종 치료의 어려움을 겪는다. 키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의하여 파괴되지 않는 암세포가 발생하는 원인을 항원-항체 반응의 특이성 관점에서 설명하시오.

[문제 2-4] (7점) 인체는 한정된 수의 유전자로 수많은 항원에 대응하는 서로 다른 항체들을 만들어내어야 한다. 즉 정해진 수의 유전자보다 더 많은 종류의 항체를 만들어야 한다. 이렇게 항체의 다양성을 높이려는 방법의 하나로, 항체 생산 세포는 DNA 재조합 방식을 사용한다. 아래 그림과 같이 골수 줄기세포에는 다수의 엑손들을 보유한 다수의 항체 유전자들이 존재하나, 분화된 B림프구 하나에는 4개의 엑손들만을 보유한 한 개의 항체 유전자만이 존재한다고 가정하자. 골수 줄기세포 항체 유전자들이 각각 20개의 엑손들을 가지고 있다고 가정한다면, 인체가 DNA 재조합 방식만을 이용해서 총 오십만 개 이상의 서로 다른 항체를 만들려면 골수 줄기세포는 최소 몇 개 이상의 항체 유전자들을 가지고 있어야 하는가? 계산과정과 그 이유를 기술하시오. (단 엑손의 순서는 바뀌지 않는다)





[문제 2-5] (5점) 우리 몸의 방어 작용은 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용으로 나뉜다. 이중 특이적 방어 작용은 진화의 과정 중 비교적 최근에 생겨난 것으로 확인된다. 창고기, 불가사리, 해삼 등은 특이적 방어 작용을 보유하고 있으나, 말미잘, 지렁이, 오징어, 가재 등은 특이적 방어 작용을 보유하고 있지 않다고 알려진다. 이 사실을 바탕으로 특이적 방어 작용은 진화 계통수의 어느 분류군에서 발생하였는지 추론하시오.

[문제 2-6] (5점) 비특이적 방어의 하나인 염증 반응의 과정을 기술하시오.

[문제 2-7] (5점) 흑색종 세포에 독성을 보이는 세포독성 T 세포 클론을 분리 배양하였다. 그리고 세포독성 T 세포에 의해 죽지 않는 변종 흑색종 세포도 분리하였다. 이 세 가지 세포 (흑색종 세포, 변종 흑색종 세포, 흑색종에 대한 세포독성 T 세포)를 이용하여 흑색종 세포에서 발현하며 세포독성 T 세포를 활성화시키는 종양항원을 찾고자 한다. 실험 전략을 간략히 기술하시오.

[문제 2-8] (10점) 아래는 종양 유전자의 엑손이다. 이 종양 유전자로부터 메싸이오닌-아르지닌-트립토판-세린-아르지닌-류신-메싸이오닌의 폴리펩타이드가 합성된다.

5' CATCAACCTC GACCACCGCA TCCGTTCT 3'
3' GTAGTTGGAG CTGGTGGCGT AGGCAAGA 5'

- (1) (3점) 위의 종양 유전자 엑손으로부터 합성되는 messenger RNA의 염기서열을 기술하시오.
- (2) (3점) 위의 종양 유전자에서 13번째 사이토신이 타이민으로 돌연변이 (C13T)가 일어났다. 이 돌연변이 종양 유전자가 합성하는 폴리펩타이드를 기술하고, 이러한 변화가 초래하는 생물학적 의미를 설명하시오.
- (3) (4점) 종양에서 27번째 사이토신과 28번째 타이민 사이에 타이민이 추가되었다. 이 돌연변이로 인한 폴리펩타이드의 변화를 기술하고 이 돌연변이가 초래할 수 있는 생물학적 영향을 설명하시오.

2022학년도 논술고사

자연계열(의학과) 모범답안



표지를 제외한 페이지 수 : 7

[문제 1-1] (25점)

(1) $g(t) = \sin\left(\frac{n}{l}t\right)$ 를 미분하면 $g'(t) = \frac{n}{l} \cos\left(\frac{n}{l}t\right)$ 를 얻는다. 이것을 제공하고 $\cos^2\theta = \frac{1+\cos(2\theta)}{2}$ 를 이용하면

$$|g'(t)|^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{n}{l}\right)^2 \left(1 + \cos\left(\frac{2n}{l}t\right)\right)$$

이다. 따라서

$$E = \int_0^{2\pi} |g'(t)|^2 dt = \frac{1}{2} \left(\frac{n}{l}\right)^2 \left\{ 2\pi + \frac{l}{2n} \sin\left(\frac{2n}{l} 2\pi\right) \right\} = \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi + \frac{n}{4l} \sin\left(\frac{4n\pi}{l}\right)$$

이다.

(2) 다음과 같은 세 가지 경우를 고려하면 된다.

1) $\frac{n}{l} < 1$

$\sin\theta \leq 1$ 을 이용하면

$$E = \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi + \frac{n}{4l} \sin\left(\frac{4n\pi}{l}\right) \leq \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi + \frac{n}{4l} < \left\{ \left(\frac{n}{l}\right)^2 + \frac{1}{4} \frac{n}{l} \right\} \pi$$

를 관찰할 수 있다. 이와 관련하여 함수 $h(t) = t^2 + \frac{1}{4}t$ 를 정의하자. $h(t)$ 는 모든 $t > 0$ 에 대하여 증가

함수이다. $\frac{n}{l} < 1$ 을 만족하는 순서쌍 중에서 $\frac{n}{l}$ 값이 최대가 되는 경우는 $(n, l) = (5, 6)$ 인 경우이다.

$h\left(\frac{5}{6}\right) < 1$ 이므로, $\frac{n}{l} < 1$ 인 모든 순서쌍 (n, l) 에 대하여 $E < \pi$ 이다.

2) $\frac{n}{l} \geq 1$ 이고, $\frac{n}{l}$ 이 자연수이거나 기약분수로 표현했을 때 $\frac{a}{2}$ 또는 $\frac{a}{4}$ 꼴인 경우

$\sin\left(\frac{4n\pi}{l}\right) = 0$ 이기 때문에 부등식

$$E = \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi + \frac{n}{4l} \sin\frac{4n\pi}{l} = \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi \geq \pi$$

이 성립한다.

3) $\frac{n}{l} \geq 1$ 이고, $\frac{n}{l}$ 을 기약분수로 표현했을 때 $\frac{a}{3}$ 또는 $\frac{a}{5}$ 꼴인 경우

이 경우에는 가능한 순서쌍이 다음 세 가지뿐이다.

$$(n, l) = (4, 3), (5, 3), (6, 5)$$

$-1 \leq \sin\theta$ 를 이용하면, 위의 각 경우에 대해 해당하는 E 에 대한 다음 부등식을 관찰할 수 있다.

$$(n, l) = (4, 3): E = \left(\frac{4}{3}\right)^2 \pi + \frac{1}{3} \sin\frac{16\pi}{3} > \frac{16}{9}\pi - \frac{1}{3} = \pi + \frac{7}{9}\pi - \frac{1}{3} > \pi$$

$$(n, l) = (5, 3): E = \left(\frac{5}{3}\right)^2 \pi + \frac{5}{12} \sin\frac{20\pi}{3} > \frac{25}{9}\pi - \frac{5}{12} = \pi + \frac{16}{9}\pi - \frac{5}{12} > \pi$$

$$(n, l) = (6, 5): E = \left(\frac{6}{5}\right)^2 \pi + \frac{3}{10} \sin\frac{24\pi}{5} > \frac{36}{25}\pi - \frac{3}{10} = \pi + \frac{11}{25}\pi - \frac{3}{10} > \pi$$

그러므로 답은 $\frac{n}{l} \geq 1$ 을 만족하는 모든 순서쌍 (n, l) 이다.

[문제 1-2] (25점)

(1) $A(0, f(0))$ 부터 점 $(s, f(s))$ 사이의 곡선의 길이를 $G(s)$ 라 하면, $s \geq 0$ 일때

$$\begin{aligned} G(s) &= \int_0^s \sqrt{1 + f'(x)^2} dx = \int_0^s \sqrt{1 + \left(\frac{e^x - e^{-x}}{2}\right)^2} dx \\ &= \int_0^s \frac{e^x + e^{-x}}{2} dx = \frac{e^s - e^{-s}}{2} \end{aligned}$$

이고, $s \leq 0$ 이면

$$G(s) = \frac{e^{-s} - e^s}{2}$$

이다. 특히 $A(0, f(0))$ 부터 $B(1, f(1))$ 까지 곡선의 길이와 $A(0, f(0))$ 부터 $C(-1, f(-1))$ 까지 곡선의 길이는 모두 $\frac{e - e^{-1}}{2}$ 이다.

$0 \leq t \leq 2\pi$ 일 때, $0 \leq \frac{n}{l}t \leq \frac{2n\pi}{l}$ 이며 $\frac{n}{l}t$ 가 0부터 시작하여 $\frac{\pi}{2}$ 만큼 변할 때마다 점 Q는 A와 B

사이 또는 A와 C사이의 곡선을 지난다. $\frac{\frac{n}{l}2\pi}{\frac{\pi}{2}} = \frac{4n}{l}$ 이기 때문에, $k \leq \frac{4n}{l} < k+1$ 인 정수 k 에 대하여,

k 는 점 Q가 A와 B사이 또는 A와 C사이의 곡선을 온전하게 이동하는 총 회수를 의미한다. k 를 4로 나눈 나머지를 a 라 하자.

- $a=0$ 인 경우: Q는 점 A에 있거나 점 A에서 점 B로 가던 중 멈춘다. 따라서

$$L = \frac{e - e^{-1}}{2}k + \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2}.$$

- $a=1$ 인 경우: Q는 점 B에 있거나 점 B에서 점 A로 가던 중 멈춘다.

$$L = \frac{e - e^{-1}}{2}k + \frac{e - e^{-1}}{2} - \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} = \frac{e - e^{-1}}{2}(k+1) - \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2}.$$

- $a=2$ 인 경우: Q는 점 A에 있거나 점 A에서 점 C로 가던 중 멈춘다.

$$L = \frac{e - e^{-1}}{2}k + \frac{e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} = \frac{e - e^{-1}}{2}k - \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2}.$$

- $a=3$ 인 경우: Q는 점 C에 있거나 점 C에서 A로 가던 중 멈춘다.

$$L = \frac{e - e^{-1}}{2}k + \frac{e - e^{-1}}{2} - \frac{e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} = \frac{e - e^{-1}}{2}(k+1) + \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2}.$$

한편 n, l 은 주사위의 눈의 수이므로 나올 수 있는 k 값은 관찰을 통해

$$k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24$$

임을 알 수 있다. 따라서 답은 다음과 같다.

$$L = \begin{cases} \frac{e - e^{-1}}{2} k + (-1)^{\frac{k}{2}} \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} & (k = 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24) \\ \frac{e - e^{-1}}{2} (k+1) + (-1)^{\frac{k+1}{2}} \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} & (k = 1, 3, 5) \end{cases}$$

(2) $\frac{n}{l}$ 이 클수록 점 Q의 이동량과 L 이 증가한다. $\frac{n}{l} = \frac{1}{2}$ 일 때 점 Q는 점 A(0,1)에서 출발하여 점 B(1, f(1))를 거쳐 점 A(0,1)로 되돌아 오면서 이동을 끝낸다. 이때 $L = e - e^{-1}$ 이다. 따라서, $L \geq e - e^{-1}$ 을 만족하는 순서쌍 (n, l) 은 $2n \geq l$ 을 만족하는 모든 순서쌍 (n, l) 이다.

[문제 2-1] (7점) 변이단백질과 결합하는 항체 유전자의 염기서열과 항체 유전자를 확보하였다. DNA 재조합 기술을 이용하여 항체 유전자를 조작하기 위하여, 플라스미드의 EcoRI과 BamHI 제한효소 인식부위에 항체유전자를 삽입하려 한다. 유전자증폭기술(Polymerase Chain Reaction, PCR)을 이용하여 항체유전자의 5'-끝(시작점)을 EcoRI 인식부위에 3'-끝(끝점)을 BamHI을 인식부위에 삽입하고자 한다. 항체유전자의 염기서열과 EcoRI, BamHI 제한효소의 인식부위 염기서열이 아래와 같을 때 PCR에 사용할 5'-끝 프라이머와 3'-끝 프라이머의 염기서열을 제안하시오. (단 프라이머의 길이는 12 염기로 제한한다)


항체 유전자 염기서열 :

ATGGCGACATTGAAAGATCAACTGATCTATAATTTACTGAAGGAAGAACAGACGCCCAAACA
AGATTACTGTCGTCGGAGTCGGCGCGGTGGGAATGGCGTGTGCTATCTCTATTTTGATGAAAGA
TTTAGCAGATGAGCTGGCACTTGTAGATGTTATCGAAGATAAGTTGAAAGGAGAGATGATGGAC
CTTCAACATGGCAGTTTATTCTGAGAACGCCAAAGATAGTCTCTGGCAAGGATTACAACGTAA
CAGCGAACAGTAAACTGGTCATAATCACAGCTGGAGCCCGGCAACAAGAAGGCGAGTCGTGA

EcoRI 제한효소의 인식부위 염기서열 : GAATTC

BamHI 제한효소의 인식부위 염기서열 : GGATCC

[예시 답안]

5'-ATGGCG ----- TCGTGA-3' PCR 5'-**GAATTC**CATGGCG ----- TCGTGA**GGATCC**-3'
3'-TACCGC ----- AGCACT-5'  3'-**CTTAAG**TACCGC ----- AGCACT**CCTAGG**-5'

[illegible]

5'-끝 프라이머 : 5'-GAATTCATGGCG-3'

3'-끝 프라이머 : 5'-GGATCCTCACGA-3'

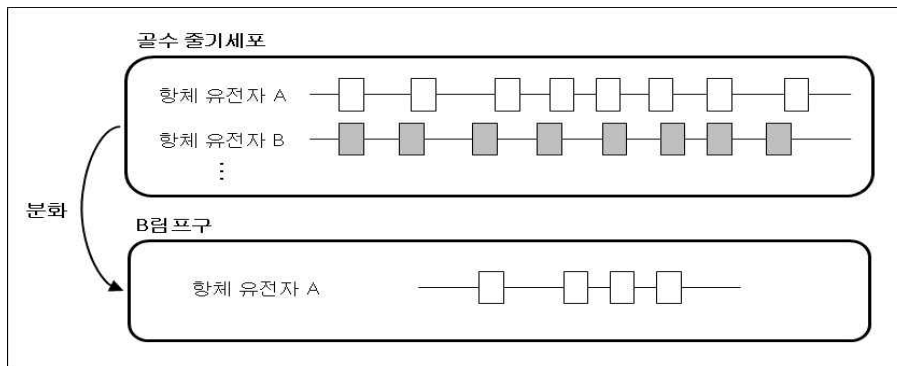
[문제 2-2] (6점) 클로로퀸(chloroquine)은 리소좀(lysosome)의 활성을 억제하는 약제이다. 생쥐에 클로로퀸을 주입한 후 암세포의 변이단백질을 주입하니 항체가 형성되지 않았다. 생쥐에서 항체가 생성되지 못한 원인을 자세히 설명하시오.

[예시 답안] 대식세포는 항원을 식포로 에워싸 [또는 식세포작용(식균작용)으로] 세포 안으로 유입하고, 리소좀과 식포를 융합하여 항원을 분해한 후 항원을 대식세포 표면에 제시한다. 리소좀에는 다양한 가수 분해효소가 들어 있는데, 리소좀의 활성이 억제될 경우 항원을 분해하지 못하여 항원을 대식세포 표면에 제시하지 못한다. 이에 보조 T림프구가 항원을 인식하지 못하여 활성화되지 못하고, 보조 T림프구에 의하여 B림프구가 형질세포로 분화하지 못하기 때문에 항체가 생성되지 못한다.

[문제 2-3] (5점) 입양면역세포전달요법의 경우 오랜 기간 치료 시 키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의하여 파괴되지 않는 암세포가 발생하여 종종 치료의 어려움을 겪는다. 키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의하여 파괴되지 않는 암세포가 발생하는 원인을 항원-항체 반응의 특이성 관점에서 설명하시오.

[예시 답안] 암세포는 수많은 변이가 축적되는 세포로, 암세포 게놈의 변이가 지속적으로 진행되어 키메라항원수용체와 결합하는 (또는 인식되는) 항원 단백질 항원결정기(epitope)의 아미노산서열(또는 구조)이 변하면, 항원 단백질이 키메라항원수용체에 의하여 인식되지 못하고, 결국 암세포는 키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의해 파괴되지 못한다.

[문제 2-4] (7점) 인체는 한정된 수의 유전자로 수많은 항원에 대응하는 서로 다른 항체들을 만들어내어야 한다. 즉 정해진 수의 유전자보다 더 많은 종류의 항체를 만들어야 한다. 이렇게 항체의 다양성을 높이는 방법의 하나로, 항체 생산 세포는 DNA 재조합 방식을 사용한다. 아래 그림과 같이 골수 줄기세포에는 다수의 엑손들을 보유한 다수의 항체 유전자들이 존재하나, 분화된 B림프구에는 4개의 엑손들만을 보유한 한 개의 항체 유전자만이 존재한다고 가정하자. 골수 줄기세포 항체 유전자들이 각각 20개의 엑손들을 가지고 있다고 가정한다면, 인체가 DNA 재조합 방식만을 이용해서 총 오십만 개 이상의 서로 다른 항체를 만드는 데 필요한 항체 유전자들의 최소 숫자는 몇 개인가? 계산과정과 그 이유를 기술하시오. (단 엑손의 순서는 바뀌지 않는다)



[예시 답안] 20개의 엑손에서 4개의 엑손이 순서에 상관있게 선택될 경우의 수는 ${}_{20}C_4 = \frac{20!}{(20-4)! \times 4!} = \frac{(20 \times 19 \times 18 \times 17)}{(4 \times 3 \times 2)} = 4,845$ 개. 오십만 개 이상의 항체를 만드는 데 필요한 유전자 수는 $500,000 / 4,845 = 103.1$. 그러므로 최소 104개 이상의 유전자가 있어야 한다.



[문제 2-5] (5점) 우리 몸의 방어 작용은 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용으로 나뉜다. 이중 특이적 방어 작용은 진화의 과정 중 비교적 최근에 생겨난 것으로 확인된다. 창고기, 불가사리, 해삼 등은 특이적 방어 작용을 보유하고 있으나, 말미잘, 지렁이, 오징어, 가재 등은 특이적 방어 작용을 보유하고 있지 않다고 알려졌다. 이 사실을 바탕으로 특이적 방어 작용은 진화 계통수의 어느 분류군에서 발생하였는지 추론하시오.

[예시 답안] 창고기는 척삭동물, 불가사리와 해삼은 극피동물에 속한다. 말미잘은 자포동물, 지렁이는 환형동물, 오징어는 연체동물, 가재는 절지동물에 속한다. 그러므로 특이적 방어 작용은 후구동물에서 발생되었다.

[문제 2-6] (5점) 비특이적 방어의 하나인 염증 반응의 과정을 기술하시오.

[예시답안]

1. 병원체가 점막이나 피부를 침입하면 비만세포와 대식세포에서 화학신호물질이 분비된다.
2. 화학신호물질에 의해 모세혈관이 확장되어 혈류가 증가하고 혈관의 투과성이 증가한다.
3. 백혈구가 상처 부위로 모여들어 식균작용 (식세포작용)으로 상처부위의 병원체와 세포찌꺼기를 제거한다.
4. 상처가 치유된다.

[문제 2-7] (5점) 흑색종에 독성을 보이는 세포독성 T 세포 클론을 분리 배양하였다. 그리고 세포독성 T 세포에 의해 죽지 않는 변종 흑색종 세포도 분리하였다. 이 세 가지 세포 (흑색종세포, 변종흑색종세포, 흑색종에 대한 세포독성 T 세포)를 이용하여 흑색종 세포에서 발현하며 세포독성 T 세포를 활성화시키는 종양항원을 찾고자 한다. 실험 전략을 간략히 기술하시오.

[예시답안]

1. 흑색종세포의 게놈을 분리한다.
2. 제한 효소를 반응시켜 흑색종세포의 게놈을 작은 조각으로 자른다.
3. 흑색종 세포의 게놈 조각을 유전자 운반체 (예, 플라스미드)로 클로닝한다.
4. 흑색종세포 게놈 조각을 함유한 유전자 운반체를 변종 흑색종 세포에 넣어준다.
5. 이 변종흑색종세포와 세포독성 T 세포를 반응시켜 세포독성이 회복되는지 평가한다.
6. 세포독성이 회복된 변종흑색종세포의 흑색종세포 게놈 조각을 분석하여 세포독성 T 세포의 흑색종세포에 대한 독성을 유발하는 유전자를 찾는다.



[문제 2-8] (10점) 아래는 종양 유전자의 엑손이다. 이 종양 유전자로부터 메싸이오닌-아르지닌-트립토판-세린-아르지닌-류신-메싸이오닌의 폴리펩타이드가 합성된다.

5' CATCAACCTC GACCACCGCA TCCGTTCT 3'
3' GTAGTTGGAG CTGGTGGCGT AGGCAAGA 5'

(1) (3점) 위의 종양 유전자 엑손으로부터 합성되는 messenger RNA의 염기서열을 기술하시오.

[예시답안] 5' AGAACGGAUG CGGUGGUCGA GGUUGAUG 3'

(2) (3점) 위의 종양 유전자에서 13번째 사이토신이 타이민으로 돌연변이 (C13T)가 일어났다. 이 돌연변이 종양 유전자가 합성하는 폴리펩타이드를 기술하고, 이러한 변화가 초래하는 생물학적 의미를 설명하시오.

[예시답안]

돌연변이에 의해 생성되는 mRNA는 다음과 같다.

5' AGAACGGAUG CGGUGAUCGA GGUUGAUG 3'

UGA 종결코돈이 새로이 생기게 되므로 메티오닌-아르기닌으로 된 폴리펩타이드가 생성된다. 그러므로 단백질 합성이 조기 종결되므로 제대로 된 단백질이 생성되지 못하므로 이 유전자의 기능이 소실될 것이다.

(3) (4점) 종양에서 27번째 사이토신과 28번째 타이민 사이에 타이민이 추가되었다. 이 돌연변이로 인한 폴리펩타이드의 변화를 기술하고 이 돌연변이가 초래할 수 있는 생물학적 영향을 설명하시오.

[예시답안] 27번째 사이토신과 28번째 티민은 단백질을 합성하는 유전자 부위가 아니므로 생성되는 폴리펩타이드의 변화는 없다. 그러나 유전자의 전사를 조절하는 작동부위이므로 전사의 속도를 증가시키거나 감소할 수 있으며 한편으로는 유전자 발현의 변화가 없을 가능성도 있다.

2022학년도 논술고사

자연계열(의학과) 채점기준





[문제 1-1] (25점)

(1) (10점) $g(t) = \sin\left(\frac{n}{l}t\right)$ 를 미분하면 $g'(t) = \frac{n}{l} \cos\left(\frac{n}{l}t\right)$ 를 얻는다. 2점

이것을 제공하고 $\cos^2\theta = \frac{1+\cos(2\theta)}{2}$ 를 이용하면

$$|g'(t)|^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{n}{l}\right)^2 \left(1 + \cos\left(\frac{2n}{l}t\right)\right)$$

이다. 3점

따라서

$$\begin{aligned} E &= \int_0^{2\pi} |g'(t)|^2 dt \quad (2\text{점}) \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{n}{l}\right)^2 \left\{ 2\pi + \frac{l}{2n} \sin\left(\frac{2n}{l} 2\pi\right) \right\} = \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi + \frac{n}{4l} \sin\left(\frac{4n\pi}{l}\right) \end{aligned}$$

이다. 5점

(2) (15점) 다음과 같은 세 가지 경우를 고려하면 된다.

$$1) \frac{n}{l} < 1$$

$\sin\theta \leq 1$ 을 이용하면

$$E = \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi + \frac{n}{4l} \sin\left(\frac{4n\pi}{l}\right) \leq \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi + \frac{n}{4l} < \left\{ \left(\frac{n}{l}\right)^2 + \frac{1}{4} \frac{n}{l} \right\} \pi$$

를 관찰할 수 있다. 이와 관련하여 함수 $h(t) = t^2 + \frac{1}{4}t$ 를 정의하자. $h(t)$ 는 모든 $t > 0$ 에 대하여 증가

함수이다. $\frac{n}{l} < 1$ 을 만족하는 순서쌍 중에서 $\frac{n}{l}$ 값이 최대가 되는 경우는 $(n, l) = (5, 6)$ 인 경우이다.

$h\left(\frac{5}{6}\right) < 1$ 이므로, $\frac{n}{l} < 1$ 인 모든 순서쌍 (n, l) 에 대하여 $E < \pi$ 이다. 5점

$$2) \frac{n}{l} \geq 1 \text{이고, } \frac{n}{l} \text{이 자연수이거나 기약분수로 표현했을 때 } \frac{a}{2} \text{ 또는 } \frac{a}{4} \text{ 꼴인 경우}$$

$\sin\left(\frac{4n\pi}{l}\right) = 0$ 이기 때문에 부등식

$$E = \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi + \frac{n}{4l} \sin\frac{4n\pi}{l} = \left(\frac{n}{l}\right)^2 \pi \geq \pi$$

이 성립한다. 5점

$$3) \frac{n}{l} \geq 1 \text{이고, } \frac{n}{l} \text{을 기약분수로 표현했을 때 } \frac{a}{3} \text{ 또는 } \frac{a}{5} \text{ 꼴인 경우}$$

이 경우에는 가능한 순서쌍이 다음 세 가지뿐이다.

$$(n, l) = (4, 3), (5, 3), (6, 5)$$

$-1 \leq \sin\theta$ 를 이용하면, 위의 각 경우에 대해 해당하는 E 에 대한 다음 부등식을 관찰할 수 있다.

$$(n, l) = (4, 3): E = \left(\frac{4}{3}\right)^2 \pi + \frac{1}{3} \sin\frac{16\pi}{3} > \frac{16}{9} \pi - \frac{1}{3} = \pi + \frac{7}{9} \pi - \frac{1}{3} > \pi$$



$$(n, l) = (5, 3): E = \left(\frac{5}{3}\right)^2 \pi + \frac{5}{12} \sin \frac{20\pi}{3} > \frac{25}{9} \pi - \frac{5}{12} = \pi + \frac{16}{9} \pi - \frac{5}{12} > \pi$$

$$(n, l) = (6, 5): E = \left(\frac{6}{5}\right)^2 \pi + \frac{3}{10} \sin \frac{24\pi}{5} > \frac{36}{25} \pi - \frac{3}{10} = \pi + \frac{11}{25} \pi - \frac{3}{10} > \pi$$

그러므로 답은 $\frac{n}{l} \geq 1$ 을 만족하는 모든 순서쌍 (n, l) 이다. 5점

[문제 1-2] (25점)

(1) (15점) $A(0, f(0))$ 부터 점 $(s, f(s))$ 사이의 곡선의 길이를 $G(s)$ 라 하면, $s \geq 0$ 일때

$$\begin{aligned} G(s) &= \int_0^s \sqrt{1 + f'(x)^2} dx = \int_0^s \sqrt{1 + \left(\frac{e^x - e^{-x}}{2}\right)^2} dx \\ &= \int_0^s \frac{e^x + e^{-x}}{2} dx = \frac{e^s - e^{-s}}{2} \end{aligned}$$

이고, $s \leq 0$ 이면

$$G(s) = \frac{e^{-s} - e^s}{2}$$

이다. 특히 $A(0, f(0))$ 부터 $B(1, f(1))$ 까지 곡선의 길이와 $A(0, f(0))$ 부터 $C(-1, f(-1))$ 까지 곡선의 길이는 모두 $\frac{e - e^{-1}}{2}$ 이다. 5점

$0 \leq t \leq 2\pi$ 일 때, $0 \leq \frac{n}{l}t \leq \frac{2n\pi}{l}$ 이며 $\frac{n}{l}t$ 가 0부터 시작하여 $\frac{\pi}{2}$ 만큼 변할 때마다 점 Q는 A와 B

사이 또는 A와 C사이의 곡선을 지난다. $\frac{\frac{n}{l} 2\pi}{\frac{\pi}{2}} = \frac{4n}{l}$ 이기 때문에, $k \leq \frac{4n}{l} < k+1$ 인 정수 k 에 대하여,

k 는 점 Q가 A와 B사이 또는 A와 C사이의 곡선을 온전하게 이동하는 총 회수를 의미한다. k 를 4로 나눈 나머지를 a 라 하자.

- $a=0$ 인 경우: Q는 점 A에 있거나 점 A에서 점 B로 가던 중 멈춘다. 따라서

$$L = \frac{e - e^{-1}}{2} k + \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2}.$$

- $a=1$ 인 경우: Q는 점 B에 있거나 점 B에서 점 A로 가던 중 멈춘다.

$$L = \frac{e - e^{-1}}{2} k + \frac{e - e^{-1}}{2} - \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} = \frac{e - e^{-1}}{2} (k+1) - \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2}.$$

- $a=2$ 인 경우: Q는 점 A에 있거나 점 A에서 점 C로 가던 중 멈춘다.

$$L = \frac{e - e^{-1}}{2} k + \frac{e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} = \frac{e - e^{-1}}{2} k - \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2}.$$

- $a=3$ 인 경우: Q는 점 C에 있거나 점 C에서 A로 가던 중 멈춘다.

$$L = \frac{e - e^{-1}}{2}k + \frac{e - e^{-1}}{2} - \frac{e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} = \frac{e - e^{-1}}{2}(k+1) + \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2}.$$

..... 5점

한편 n, l 은 주사위의 눈의 수이므로 나올 수 있는 k 값은 관찰을 통해

$$k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24$$

임을 알 수 있다. 2점

따라서 답은 다음과 같다.

$$L = \begin{cases} \frac{e - e^{-1}}{2}k + (-1)^{\frac{k}{2}} \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} & (k = 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24) \\ \frac{e - e^{-1}}{2}(k+1) + (-1)^{\frac{k+1}{2}} \frac{e^{\sin \frac{2n\pi}{l}} - e^{-\sin \frac{2n\pi}{l}}}{2} & (k = 1, 3, 5) \end{cases}$$

..... 3점

(2) (10점) $\frac{n}{l}$ 이 클수록 점 Q의 이동량과 L 이 증가한다. 5점

$\frac{n}{l} = \frac{1}{2}$ 일 때 점 Q는 점 A(0,1)에서 출발하여 점 B(1, $f(1)$)를 거쳐 점 A(0,1)로 되돌아 오면서 이동을 끝낸다. 이때 $L = e - e^{-1}$ 이다..... 3점

따라서, $L \geq e - e^{-1}$ 을 만족하는 순서쌍 (n, l) 은 $2n \geq l$ 을 만족하는 모든 순서쌍 (n, l) 이다.
..... 2점



[문제 2-1] (7점) 변이단백질과 결합하는 항체 유전자의 염기서열과 항체 유전자를 확보하였다. DNA 재조합 기술을 이용하여 항체 유전자를 조작하기 위하여, 플라스미드의 EcoRI과 BamHI 제한효소 인식부위에 항체유전자를 삽입하려 한다. 유전자증폭기술(Polymerase Chain Reaction, PCR)을 이용하여 항체유전자의 5'-끝(시작점)을 EcoRI 인식부위에 3'-끝(끝점)을 BamHI을 인식부위에 삽입하고자 한다. 항체유전자의 염기서열과 EcoRI, BamHI 제한효소의 인식부위 염기서열이 아래와 같을 때 PCR에 사용할 5'-끝 프라이머와 3'-끝 프라이머의 염기서열을 제안하시오. (단 프라이머의 길이는 12 염기로 제한한다)

항체 유전자 염기서열 :

```
ATGGCGACATTGAAAGATCAACTGATCTATAATTTACTGAAGGAAGAACAGACGCCCCAAAACA
AGATTACTGTCGTCGGAGTCGGCGCGGTGGGAATGGCGTGTGCTATCTCTATTTTGATGAAAGA
TTTAGCAGATGAGCTGGCACTTGTAGATGTTATCGAAGATAAGTTGAAAGGAGAGATGATGGAC
CTTCAACATGGCAGTTTATTCCTGAGAACGCCAAAGATAGTCTCTGGCAAGGATTACAACGTAA
CAGCGAACAGTAACTGGTCATAATCACAGCTGGAGCCCGCAACAAGAAGGCGAGTCGTGA
```

EcoRI 제한효소의 인식부위 염기서열 : GAATTC

BamHI 제한효소의 인식부위 염기서열 : GGATCC

[예시 답안]

5'-ATGGCG ----- TCGTGA-3' PCR 5'-GAATTCATGGCG ----- TCGTGAGGATCC-3'
3'-TACCGC ----- AGCACT-5' 3'-CTTAAGTACCGC ----- AGCACTCCTAGG-5'

5'-끝 프라이머 EcoRI 5'-ATGGCG ----- TCGTGA-3'
3'-TACCGC ----- AGCACT-5' BamHI 3'-끝 프라이머

5'-끝 프라이머 : 5'-GAATTCATGGCG-3'

3'-끝 프라이머 : 5'-GGATCCTCACGA-3'

[채점 기준]

추론 과정 생략 가능

5'-, 3'- 끝 프라이머 염기서열 모두 정확히 기재 시 7점 부여

5'- 끝 프라이머 염기서열만 정확히 기재 시 3점 부여

3'- 끝 프라이머 염기서열만 정확히 기재 시 4점 부여

염기서열이 하나라도 틀리면 틀린 것으로 간주, 5', 3' 기재하지 않아도 맞는 것으로 간주



2022학년도 자연계열(의학과) 채점기준

자연계열
[의학과]

[문제 2-2] (6점) 클로로퀸(chloroquine)은 리소좀(lysosome)의 활성을 억제하는 약제이다. 생쥐에 클로로퀸을 주입한 후 암세포의 변이단백질을 주입하니 항체가 형성되지 않았다. 생쥐에서 항체가 생성되지 못한 원인을 자세히 설명하시오.

[예시 답안] 대식세포는 항원을 식포로 에워싸 [또는 식세포작용(식균작용)으로] 세포 안으로 유입하고, 리소좀과 식포를 융합하여 항원을 분해한 후 항원을 대식세포 표면에 제시한다. 리소좀에는 다양한 가수 분해효소가 들어 있는데, 리소좀의 활성이 억제될 경우 항원을 분해하지 못하여 항원을 대식세포 표면에 제시하지 못한다. 이에 보조 T림프구가 항원을 인식하지 못하여 활성화되지 못하고, 보조 T림프구에 의하여 B림프구가 형질세포로 분화하지 못하기 때문에 항체가 생성되지 못한다.

[채점 기준]

대식세포와 식포 (또는 식세포작용, 또는 식균작용) 언급 1점,

리소좀과 융합 언급 1점,

리소좀 가수분해 효소 언급 1점,

대식세포 표면 항원 제시 언급 1점,

보조 T림프구가 비활성화 언급 1점,

B림프구가 형질세포로 분화하는데 실패 언급 1점

[문제 2-3] (5점) 입양면역세포전달요법의 경우 오랜 기간 치료 시 키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의하여 파괴되지 않는 암세포가 발생하여 종종 치료의 어려움을 겪는다. 키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의하여 파괴되지 않는 암세포가 발생하는 원인을 항원-항체 반응의 특이성 관점에서 설명하시오.

[예시 답안] 암세포는 수많은 변이가 축적되는 세포로, 암세포 게놈의 변이가 지속적으로 진행되어 키메라항원수용체와 결합하는 (또는 인식되는) 항원 단백질 항원결정기(epitope)의 아미노산서열(또는 구조)이 변하면, 항원 단백질이 키메라항원수용체에 의하여 인식되지 못하고, 결국 암세포는 키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의해 파괴되지 못한다.

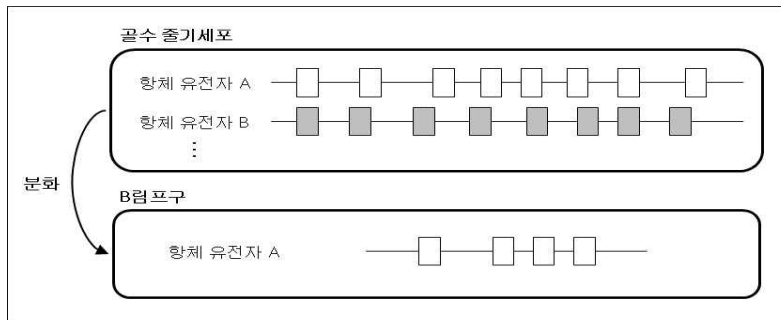
[채점 기준]

암세포의 지속적인 변이 축적 언급 2점,

항원 단백질의 키메라항원수용체와 결합 실패 언급 2점,

키메라항원수용체 발현 세포독성 T림프구에 의한 암세포 파괴 실패 언급 1점

[문제 2-4] (7점) 인체는 한정된 수의 유전자로 수많은 항원에 대응하는 서로 다른 항체들을 만들어내어야 한다. 즉 정해진 수의 유전자보다 더 많은 종류의 항체를 만들어야 한다. 이렇게 항체의 다양성을 높이는 방법의 하나로, 항체 생산 세포는 DNA 재조합 방식을 사용한다. 아래 그림과 같이 골수 줄기세포에는 다수의 엑손들을 보유한 다수의 항체 유전자들이 존재하나, 분화된 B림프구 하나에는 4개의 엑손들만을 보유한 한 개의 항체 유전자만이 존재한다고 가정하자. 골수 줄기세포 항체 유전자들이 각각 20개의 엑손들을 가지고 있다고 가정한다면, 인체가 DNA 재조합 방식만을 이용해서 총 오십만 개 이상의 서로 다른 항체를 만들려면 골수 줄기세포는 최소 몇 개 이상의 항체 유전자들을 가지고 있어야 하는가? 계산과정과 그 이유를 기술하시오. (단 엑손의 순서는 바뀌지 않는다)



[예시 답안] 20개의 엑손에서 4개의 엑손이 순서에 상관없이 선택될 경우의 수는 ${}_{20}C_4 = \frac{20!}{(20-4)! \times 4!} = \frac{(20 \times 19 \times 18 \times 17)}{(4 \times 3 \times 2)} = 4,845$ 개. 오십만 개 이상의 항체를 만드는 데 필요한 유전자 수는 $500,000 / 4,845 = 103.19$. 그러므로 최소 104개 이상의 유전자가 있어야 한다.

[채점 기준]

순서에 상관없이 4개 선택 언급 또는 통계의 조합 언급 5점 (${}_{20}C_4$ 만 기술해도 5점)

계산식과 계산이 정확하면 2점 (계산식 안쓰고 답만 쓰면 0점)

[문제 2-5] (5점) 우리 몸의 방어 작용은 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용으로 나뉜다. 이중 특이적 방어 작용은 진화의 과정 중 비교적 최근에 생겨난 것으로 확인된다. 창고기, 불가사리, 해삼 등은 특이적 방어 작용을 보유하고 있으나, 말미잘, 지렁이, 오징어, 가재 등은 특이적 방어 작용을 보유하고 있지 않다고 알려진다. 이 사실을 바탕으로 특이적 방어 작용은 진화 계통수의 어느 분류군에서 발생하였는지 추론하시오.

[예시 답안] 창고기는 척삭동물, 불가사리와 해삼은 극피동물에 속한다. 말미잘은 자포동물, 지렁이는 환형동물, 오징어는 연체동물, 가재는 절지동물에 속한다. 그러므로 특이적 방어 작용은 후구동물에서 발생되었다.

[채점 기준]

각 동물들이 속한 분류군이 모두 정확하면 2점 (계통수를 그리고 각 동물의 위치 언급해도 2점),

후구동물 정확히 기재하면 3점

(각 동물들이 속한 분류군이 일부만 정확히 기재되어도 후구동물을 정확히 기재하면 4점)



[문제 2-6] (5점) 비특이적 방어의 하나인 염증 반응의 과정을 기술하시오.

[예시답안]

1. 병원체가 점막이나 피부를 침입하면 비만세포와 대식세포에서 화학신호물질 (또는 히스타민)이 분비된다.
2. 화학신호물질에 의해 모세혈관이 확장되어 혈류가 증가하고 혈관의 투과성이 증가한다.
3. 백혈구가 상처 부위로 모여들어 식균작용 (식세포작용)으로 상처 부위의 병원체와 세포 찌꺼기를 제거한다.
4. 상처가 치유된다.

[채점기준]

비만세포와 대식세포 그리고 화학신호물질 (또는 히스타민)의 세단어가 동시에 답안에 들어 있으면 2점
화학신호물질에 의한 모세혈관의 확장과 투과성 증가가 답안에 있으면 2점
백혈구의 식균작용 (식세포작용)에 의해 병원체와 세포찌꺼기를 제거가 들어가 있으면 1점

[문제 2-7] (5점) 흑색종에 독성을 보이는 세포독성 T 세포 클론을 분리 배양하였다. 그리고 세포독성 T 세포에 의해 죽지 않는 변종 흑색종 세포도 분리하였다. 이 세 가지 세포 (흑색종세포, 변종흑색종세포, 흑색종에 대한 세포독성 T 세포)를 이용하여 흑색종 세포에서 발현하며 세포독성 T 세포를 활성화시키는 종양항원을 찾고자 한다. 실험 전략을 간략히 기술하시오.

[예시답안]

1. 흑색종세포의 게놈을 분리한다.
2. 제한 효소를 반응시켜 흑색종세포의 게놈을 작은 조각으로 자른다.
3. 흑색종 세포의 게놈 조각을 유전자 운반체 (예, 플라스미드)로 클로닝한다.
4. 흑색종세포 게놈 조각을 함유한 유전자 운반체를 변종 흑색종 세포에 넣어준다.
5. 이 변종흑색종세포와 세포독성 T 세포를 반응시켜 세포독성이 회복되는지 평가한다.
6. 세포독성이 회복된 변종흑색종세포의 흑색종세포 게놈 조각을 분석하여 세포독성 T 세포의 흑색종세포에 대한 독성을 유발하는 유전자를 찾는다.

[채점기준]

“흑색종세포의 게놈을 분리하고 제한 효소를 이용하여 작은 조각으로 자른다”를 그리거나 기술하면 1점.
게놈 조각을 유전자 운반체에 클로닝하는 과정을 그리거나 기술하면 1점.
“게놈 조각 함유 유전자 운반체를 변종흑색종세포에 넣어주고 세포독성 T 세포에 의해 죽는지를 조사한다.”을 기술하거나 그림으로 설명하면 2점
세포독성 T 세포에 의해 죽는 변종흑색종세포로부터 넣어준 게놈 조각의 유전자를 분석한다고 기술하면 1점



[문제 2-8] (10점) 아래는 종양 유전자의 엑손이다. 이 종양 유전자로부터 메싸이오닌-아르지닌-트립토판-세린-아르지닌-류신-메싸이오닌의 폴리펩타이드가 합성된다.

5' CATCAACCTC GACCACCGCA TCCGTTCT 3'
3' GTAGTTGGAG CTGGTGGCGT AGGCAAGA 5'

(1) (3점) 위의 종양 유전자 엑손으로부터 합성되는 messenger RNA의 염기서열을 기술하시오.

[예시답안] 5' AGAACGGAUGCGGUGGUCGAGGUUGAUG 3'

[채점기준]

정답과 똑같이 기술하면 총 3점

AGAACGGAUG CGGUGGUCGA GGUUGAUG: 정답에서 5' 3' 숫자를 기술하지 않으면 총 2점

3' GUAGUUGGAG CUGGUGGCGU AGGCAAGA 5': 방향을 바꾸어서 기술하면 총 1점

정답에서 염기서열의 오류 (2개이하)가 있으면 총 2점

정답에서 염기서열의 오류 (3개이상)가 있으면 총 0점

띄어쓰기는 정답과 상관없음

(2) (3점) 위의 종양 유전자에서 13번째 사이토신이 타이민으로 돌연변이 (C13T)가 일어났다. 이 돌연변이가 종양 유전자가 합성하는 폴리펩타이드를 기술하고, 이러한 변화가 초래하는 생물학적 의미를 설명하시오.

[예시답안]

돌연변이에 의해 생성되는 mRNA는 다음과 같다.

5' AGAACGGAUGCGGUGAUCGAGGUUGAUG 3'

UGA 종결코돈이 새로이 생기게 되므로 메싸이오닌-아르지닌으로 된 폴리펩타이드가 생성된다. 그러므로 단백질 합성이 조기 종결되므로 제대로 된 단백질이 생성되지 못하므로 이 유전자의 기능이 소실될 것이다.

[채점기준]

UGA 종결코돈이 생성됨을 기술하면 1점

메싸이오닌-아르지닌의 폴리펩타이드가 생성됨 또는 메타이오닌-아르지닌이 생성됨 1점

제대로 된 단백질이 생성되지 않아서 기능이 소실됨 1점

(3) (4점) 종양에서 27번째 사이토신과 28번째 타이민 사이에 타이민이 추가되었다. 이 돌연변이로 인한 폴리펩타이드의 변화를 기술하고 이 돌연변이가 초래할 수 있는 생물학적 영향을 설명하시오.

[예시답안] 27번째 사이토신과 28번째 타이민은 단백질을 합성하는 유전자 부위가 아니므로 생성되는 폴리펩타이드의 변화는 없다. 그러나 유전자의 전사를 조절하는 작동 부위이므로 전사의 속도를 증가시키거나 감소할 수 있으며 한편으로는 유전자 발현의 변화가 없을 가능성도 있다.



2022학년도 자연계열(의학과) 채점기준

자연계열
[의학과]

[채점기준]

생성되는 폴리펩타이드의 변화가 없음을 기술하면 2점

전사의 속도를 증가시키거나 감소할 수 있지만 유전자 발현의 변화가 없을 가능성도 있다고 기술하면 2점