2023학년도 논술고사

자연계열(의학과) 모범답안

표지를 제외한 페이지 수 :

[문제 1-1]

(1) $a=\overline{\mathrm{PM}}$, $b=\overline{\mathrm{MN}}$, $c=\overline{\mathrm{NR}}$ 이라 하자. $\overline{\mathrm{PQ}}=2a$, $\overline{\mathrm{QR}}=2c$ 이고, 삼각형 중점연결정리에 의해 $\overline{\mathrm{PR}}=2\mathrm{b}$ 이다. 한편 $b<a+c$이므로, $2(a^2+c^2)-b^2>2(a^2+c^2)-(a+c)^2=(a-c)^2$ 이다. 따라서 $2(a^2+c^2)>b^2$ 이고 $(\overline{\mathrm{PQ}}^2+\overline{\mathrm{QR}}^2)-(\overline{\mathrm{PM}}^2+\overline{\mathrm{MN}}^2+\overline{\mathrm{NR}}^2)=(4a^2+4c^2)-(a^2+b^2+c^2)=3a^2+3c^2-b^2>a^2+c^2\geq 0$ 이다. 그러므로 $\overline{\mathrm{PQ}}^2+\overline{\mathrm{QR}}^2>\overline{\mathrm{PM}}^2+\overline{\mathrm{MN}}^2+\overline{\mathrm{NR}}^2$이다.

(2) 10 이하의 자연수 n에 대하여 $n-1$번째 시행에서 새로 생긴 선분(단, $n=1$이면 x축)과 n번째 시행에서 새로 생긴 선분, y축으로 둘러싸인 삼각형을 T_n이라 하고, T_n의 넓이를 t_n이라 하자. 삼각형 T_1의 세 점은 $\mathrm{P}_1\left(0,\frac{1}{2}\right)$, O, $\mathrm{R}_1\left(\frac{1}{2},0\right)$이므로 $t_1=\frac{1}{8}$이다. $n\geq 2$일 때, n번째 새로 생긴 선분의 양 끝점 중 y축 위에 있는 것을 P_n, 다른 점을 R_n이라 두면, $t_n=\frac{1}{2}\times\overline{\mathrm{P}_n\mathrm{P}_{n-1}}\times(\mathrm{R}_n\text{의 }x\text{ 좌표})$이다. 점 P_n은 P_{n-1}과 점 $(0,1)$의 중점이고 R_n은 P_{n-1}과 R_{n-1}의 중점이므로 밑변과 높이는 절반씩 줄어든다. 따라서 $t_n=\frac{1}{4}t_{n-1}$ 이므로 $\{t_n\}$은 첫째항이 $\frac{1}{8}$이고 공비가 $\frac{1}{4}$인 등비수열이다. 이 등비수열의 합은

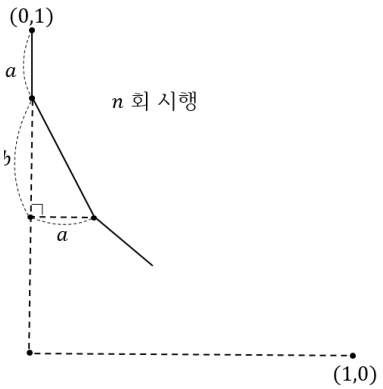
$$\sum_{n=1}^{10}t_n=\frac{\frac{1}{8}\left(1-\frac{1}{4^{10}}\right)}{1-\frac{1}{4}}=\frac{2^{20}-1}{3\cdot 2^{21}}$$

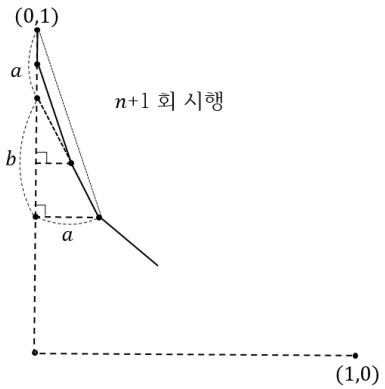
이므로 구하고자 하는 영역의 넓이는 $\frac{1}{2}-\frac{2^{20}-1}{3\cdot 2^{21}}=\frac{2^{21}+1}{3\cdot 2^{21}}$ 이다.

(3) n회 반복하여 얻은 도형에서 n번째 시행에서 새로 생긴 선분의 기울기를 p_n이라 하자. $n=1$일 때 새로 생긴 직선의 기울기는 선분의 좌표로부터 $p_1=-1$이다. 도형의 일부를 그린 아래의 그림과 같이 n번째 시행에서 새로 생긴 선분을 빗변으로 직각삼각형의 밑변의 길이를 a, 높이를 b라 하면, $p_n=-\frac{b}{a}$이다. 따라서 p_{n+1}에 대하여 다음이 성립한다.

$$p_{n+1}=-\frac{a+b}{a}=-1-\frac{b}{a}=-1+p_n$$

즉 p_n은 첫째항이 -1, 공차가 -1인 등차수열이므로 $p_n=-n$이다.





[문제 1-2]

(1) $f'(x)=\frac{6}{25}(x^2+ax+b)$라 하자. $f'(0)=f'(7)$이므로 $a=-7$이고, 이를 적분하고 $f(0)=0$으로부터 $f(x)=\frac{2}{25}x^3-\frac{21}{25}x^2+\frac{6b}{25}x$이다. $f(5)=1$이므로, $b=10$이고, 따라서 $f(x)=\frac{2}{25}x^3-\frac{21}{25}x^2+\frac{12}{5}x$ 이다. 한편 $f'(x)=\frac{6}{25}(x-2)(x-5)$이므로 $x=2$, $x=5$에서 극값을 가진다.

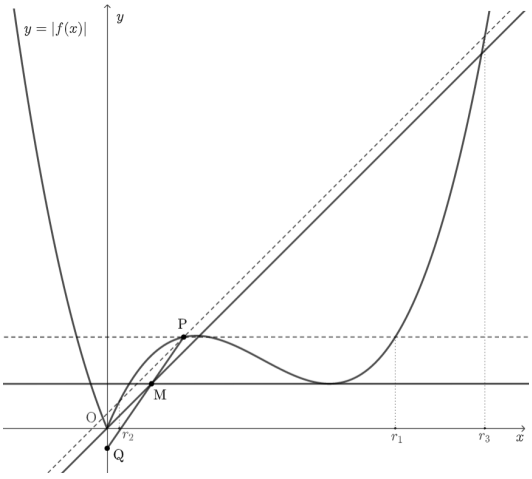
선분 PQ의 중점 M에 대하여 $f(2)=\frac{52}{25}$이므로 M의 좌표는 $(1,1)$이다. 선분 QR의 중점을 N이라 하자. 점 M과 N을 지나는 직선 ℓ이 $y=|f(x)|$의 그래프와 세 점에서 만나야 하므로 ℓ은 $(1,1)$을 지나고, $x>0$범위에서 $y=f(x)$와 접하거나 원점을 지나야 한다. 한편 $f'(5)=0$이고 $f(5)=1$이므로 $y=f(x)$와 접할 때는 ℓ의 방정식은 $y=1$이다. 이 경우, $f(r)=f(2)=\frac{52}{25}$이다. $f(r)-\frac{52}{25}=\frac{1}{25}(r-2)^2(2r-13)=0$ 이고 $r\neq 2$이므로 이 방정식의 근을 r_1이라 하면 $r_1=\frac{13}{2}$이다.

이제 ℓ이 $(0,0)$을 지나는 경우를 생각하자. ℓ은 선분 PR과 평행하므로 R은 P를 지나면서 기울기가 1인 직선과 $y=f(x)$의 그래프의 교점이라 할 수 있다. 즉, $f(r)-f(2)=r-2$가 성립하므로

$$f(r)-f(2)-r+2=\frac{1}{25}(r-2)(2r^2-17r+1)=0$$

이고, $r\neq 2$이므로 $2r^2-17r+1=0$이다. 이차방정식의 근과 계수와의 관계에 의하여 이 식을 만족하는 근을 r_2, r_3라 하면 $r_2+r_3=\frac{17}{2}$이다.

따라서 <조건>을 만족하는 모든 r의 합은 $\frac{13}{2}+\frac{17}{2}=15$이다.



(2) $x>0$일 때, $y=-\frac{x}{\sqrt{e}}+k$와 $y=e^{-x}$의 그래프의 교점의 좌표를 (p,e^{-p})이라 하자. 주어진 함수의 그래프는 모두 y축에 대칭이므로, 또 다른 교점은 $(-p,e^{-p})$이 된다. 선분 PQ의 중점과 선분 QR의 중점을 지나는 직선의 방정식은 $y=\frac{1+e^{-p}}{2}$ 이다.

$x>0$일 때, p가 클수록 구하고자 하는 정적분 값이 커지기 때문에, $y=-\frac{x}{\sqrt{e}}+k$와 $y=e^{-x}$의 그래프가

한 점에서 만나면서 p가 가장 작을 때, 즉 접하는 경우를 생각해야 한다. $y=e^{-x}$의 $x=p$에서의 접선의 기울기를 생각하면 $-e^{-p}=\frac{-1}{\sqrt{e}}$이므로 $p=\frac{1}{2}$이다.

직선 $y=\frac{1+e^{-\frac{1}{2}}}{2}=\frac{1}{2}+\frac{1}{2\sqrt{e}}$와 $y=e^{-x}$의 교점의 x좌표가 β이므로, $e^{-\beta}=\frac{1}{2}+\frac{1}{2\sqrt{e}}$이다. 즉,

$$\frac{1}{2}\int_{\alpha}^{\beta}e^{-|x|}dx=\int_{0}^{\beta}e^{-x}dx=-e^{-\beta}+1=\frac{1}{2}-\frac{1}{2\sqrt{e}}$$

이므로, $\int_{\alpha}^{\beta}e^{-|x|}dx$ 의 최솟값은 $1-\frac{1}{\sqrt{e}}$이다.

2023학년도 논술고사

자연계열(의학과) 채점기준

표지를 제외한 페이지 수 : 1

2023학년도 자연계열(의학과) 채점기준

자연계열 (의학과)

하위문항	채점 기준	배점
[1-1] (1)	차이가 양수임을 이용하여 결론 도출 $\overline{PQ}^2+\overline{QR}^2>\overline{PM}^2+\overline{MN}^2+\overline{NR}^2$	5점
	삼각형 PQR의 성질과 절대부등식을 활용하여 증명	5점
[1-1] (2)	각 시행시 새로 생긴 선분에 의해 사라지는 영역에 해당하는 삼각형의 넓이가 첫째항이 $\frac{1}{8}$이고 공비가 $\frac{1}{4}$인 등비수열을 이루는 것을 관찰	4점
	삼각형의 넓이의 합 계산 $\frac{\frac{1}{8}\left(1-\frac{1}{4^{10}}\right)}{1-\frac{1}{4}}=\frac{2^{20}-1}{3\cdot 2^{21}}$	3점
	구하고자 하는 영역의 넓이 계산 $\frac{1}{2}-\frac{2^{20}-1}{3\cdot 2^{21}}=\frac{2^{21}+1}{3\cdot 2^{21}}$	3점
[1-1] (3)	$n=1$일 때 기울기가 -1임을 관찰	2점
	등차수열의 귀납적 정의를 유도 (제시문의 성질을 이용하거나 좌표를 정확히 구하여 계산)	6점
	등차수열의 일반항이 $-n$임을 구함	2점
[1-2] (1)	$f(x)=\frac{2}{25}x^3-\frac{21}{25}x^2+\frac{12}{5}x$ 정확히 구함	3점
	조건의 직선 ℓ이 $(1,1)$을 지남을 확인하고, ℓ이 원점을 지나거나 $x>0$범위에서 $y=f(x)$와 접함을 논의	2점
	$r=\frac{13}{2}$이 접하는 경우임을 구함	2점
	원점을 지나는 경우 가능한 r의 합이 $\frac{17}{2}$임을 구함	3점
[1-2] (2)	도형이 안쪽에서 접할 때 최소가 된다는 것을 논의	3점
	$x=\frac{1}{2}$에서 접함	2점
	최소값 구함 $1-\frac{1}{\sqrt{e}}$	5점

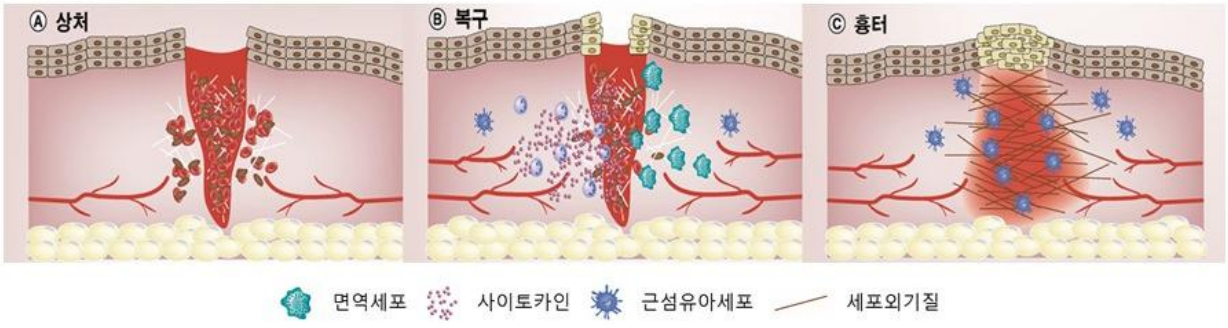
2023학년도 논술고사

자연계열(의학과) 모범답안

표지를 제외한 페이지 수 : 13

(가) 섬유증은 장기의 구성 세포들이 섬유조직으로 대체되어가는 질환으로, 전 세계적으로 약 45%의 사망자들이 섬유증 및 관련 질환들로 사망할 정도로 매우 심각한 질환이다. 섬유증은 우리 몸의 자연 치유 능력에 문제가 생겨 발생한다. 장기에 상처[1]가 발생하면 우리 몸은 염증반응의 일부로 섬유아세포를 보내 상처의 복구를 돕는다. 섬유아세포[2]는 활성화된 형태인 근섬유아세포로 전환되어, 세포외기질[3]을 분비하여 상처를 봉합한 후 사라진다. 그러나 근섬유아세포가 과도하게 활성화되면 상처의 봉합 후에도 사라지지 않고 과도한 치유를 유도하고 결과적으로 과도한 흉터[4]가 생기기도 한다. 이렇게 형성된 흉터는 사라지지 않고 중요 장기에 축적될 수 있는데, 이것은 치명적인 질환을 일으킬 수 있다. 이렇게 장기에 흉터 조직이 축적되는 현상을 섬유화라고하며, 이로 인하여 발생하는 질환을 섬유증이라 정의한다. 섬유화가 폐에 발생한 경우를 폐섬유증이라고 한다. 폐는 수백만 개의 폐포와 모세혈관으로 이루어져 있다. 폐포의 얇은 벽에 반복적인 상처로 흉터 조직이 쌓이면, 호흡을 통해 유입된 산소가 혈류 속으로 확산(diffusion)되기 어려워질 수 있다. 또한 흉터 조직은 폐를 뻣뻣하게 만들어 폐포의 확장 능력을 저하시킨다. 결과적으로, 폐의 섬유화는 우리 몸으로의 산소공급을 어렵게 만들어, 생명유지에 치명적일 수 있다. 심장 섬유증은 여러 요인으로 인하여 심장의 근육세포가 손상되었을 때 유발될 수 있다. 심장에 섬유증이 발생하면 심장 근육이 경직되어 심부전[5]을 일으킨다. 이외에도 신장과 간에 섬유증이 발생하면 각각 신부전과 간기능 부전을 초래할 수 있다.

(나) 상처의 복구 메카니즘은 상처의 발생, 복구, 흉터 형성의 3단계를 거친다. **A.** 상처의 발생 단계에서 상처부위의 상피세포 또는 내피세포는 화학 신호물질을 분비한다. **B.** 복구 단계에서는 화학 신호물질에 의해 모세혈관이 확장되며 면역세포와 섬유아세포가 상처부위로 침투한다. 이 단계에서 면역세포들은 사이토카인[6]들을 분비하여 섬유아세포의 증식 및 근섬유아세포로의 전환을 도와준다. **C.** 흉터의 형성 단계에서는 근섬유아세포로에서 분비된 세포외기질로 인해 정상적인 조직구조가 복원되고 손상된 세포가 정상세포로 대체된다. 흉터 조직에 존재하는 근섬유아세포와 세포외기질은 시간이 지나면서 사라지고 결과적으로 흉터가 사라지지만, 섬유증에서는 근섬유아세포와 세포외기질이 사라지지 않아 과도한 흉터를 남긴다.

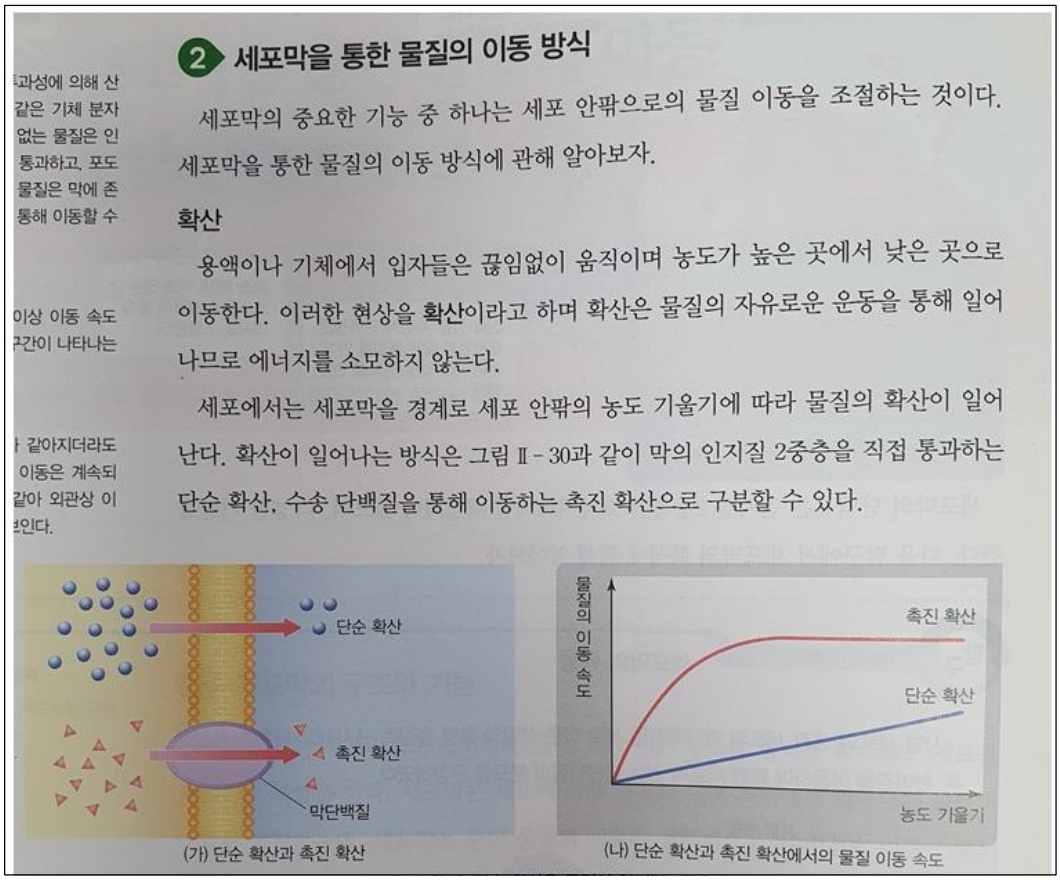


주[1]. 상처 : 조직의 절단, 조직 구성 세포의 사멸 등으로 조직의 구조가 변형된 상태
주[2]. 섬유아세포(Fibroblsat) : 세포외기질을 분비하는 세포
주[3]. 세포외기질(Extracellualr matrix) : 피브로넥틴, 콜라겐 등 장기의 구조유지를 담당하는 결합물질
주[4]. 흉터 : 상처가 아문 후에 남은 자국. 주로 결합조직으로 구성됨
주[5]. 심부전 : 심장의 구조적 혹은 기능적 이상으로 말초 기관에 필요한 만큼의 산소를 전달하지 못하는 상태
주[6]. 사이토카인 : 주로 면역세포에서 분비되는 단백질로 호르몬과 유사하게 세포 간의 정보교환에 사용됨

[문제 2-1] (8점) 폐섬유증은 환자 발생비율이 높은 섬유증의 하나로 심각한 호흡 장애를 불러일으키는 호흡기 질환이다. 폐섬유증은 COVID-19 감염으로 발생하는 여러 후유증 중 하나이며, COVID-19 감염으로 입원한 환자의 약 1/3에서 발생하는 것으로 추정된다. 다음의 질문에 답하시오.

(1) (4점) 중증의 폐섬유증 환자가 응급실에 입원하였다. 환자의 혈중 산소농도가 위험할 수준으로 떨어지고 있다, 인공호흡기를 통하여 강제로 공기의 호흡 횟수를 늘려도 혈중 산소의 농도가 위험한 수준에 머무르고 있다면, 어떠한 처치를 시행해야할지 제안하시오. 단, 약물의 투여는 고려하지 않는다고 가정한다. 인공호흡기는 강제로 폐에 기체를 넣고 빼주는 장치이다.

[예시 답안] (1) A. 폐섬유증 환자는 섬유화로 폐포에서 산소의 확산이 어려워 혈액으로의 산소이동이 어렵다. 산소의 확산속도는 산소의 농도 차에 비례하므로, 산소의 확산을 증가시키는 방법으로 고농도의 산소를 주입하여 폐포에서 혈액으로의 산소 확산속도를 증가시키면 혈중 산소농도를 증가시킬 수 있다.
B. 기체의 압력은 구성 기체분자들의 농도에 비례한다. 즉, 고압의 기체는 구성 분자들의 농도가 높다는 의미이다. 고압의 기체를 주입하면 산소의 농도차이가 높아져 산소의 확산을 증가시킬 수 있다.

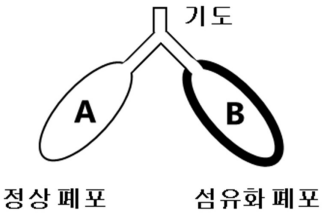


(가) 단순 확산과 촉진 확산 (나) 단순 확산과 촉진 확산에서의 물질 이동 속도

[채점기준] (1)

	점수
확산속도 (또는 물질의 이동속도)는 농도차(농도 기울기)에 비례한다 기술	1
고농도 산소 주입 기술	1
고압 기체 주입 기술	2

(2) (4점) 폐섬유증 환자의 폐에는 정상적인 폐포와 섬유화된 폐포가 모두 존재한다. 아래에 제시된 그림과 같이 정상적인 폐포(A) 한 개와 섬유화된 폐포(B) 한 개가 기도에 연결되어 있다고 가정한다면, 공기를 들이 마실 때 섬유화된 폐포(B)로 공기가 잘 들어가지 않는 이유를 보일의 법칙을 이용하여 설명하시오.

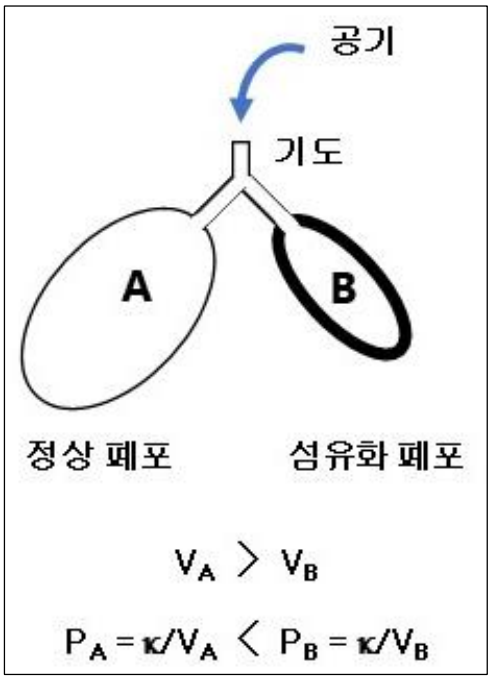


보일의 법칙 :

온도와 기체의 양이 일정한 닫힌 계 내에서 일정한 질량의 이상 기체가 가하는 절대압력은 그것이 차지하고 있는 부피에 반비례한다.

$PV = \kappa$ (P : 기체의 압력, V : 기체의 부피, κ : 상수)

[예시 답안] (2) 섬유화된 폐포(B)는 뻣뻣하여 정상 폐포(A)보다 확장이 어렵다. 즉, 공기를 들이 마실 때 섬유화된 폐포는 정상 폐포에 비하여 부피가 덜 증가한다. 보일의 법칙에 의하면 기체의 압력은 부피에 반비례한다. 부피가 덜 증가한 섬유화 폐포(B) 내부의 기체압력은 정상 폐포(A) 내부의 기체 압력보다 높다. 기체는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르므로, 외부 공기는 압력이 더 낮은 정상 폐포로 먼저 들어가고, 또한 섬유화 폐포(B) 내부에 존재하는 기체도 정상 폐포(A)로 이동한다. 그러므로 공기를 들이 마실 때 섬유화된 폐포로 공기가 잘 들어가지 않는다.



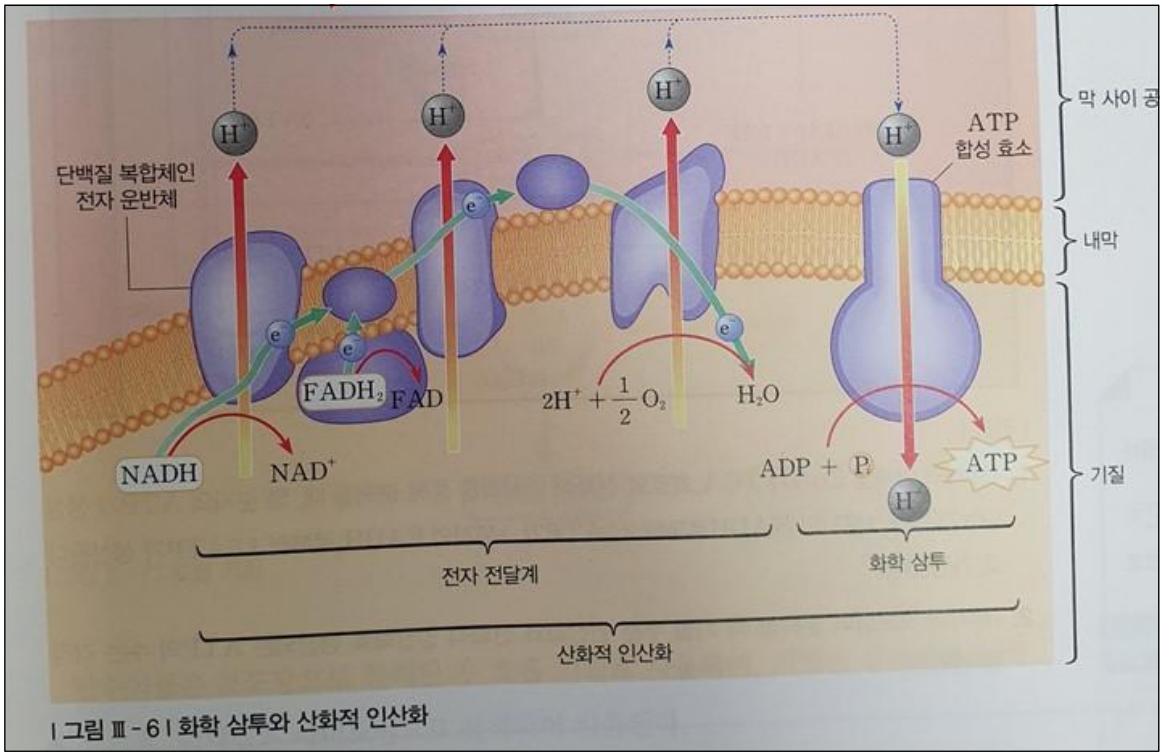
[채점기준] (2)

	점수
보일의 법칙에 의하여 폐포B 내부의 기체압력이 폐포A의 기체 압력보다 높다. 또는 폐포A 내부의 기체 압력이 낮다. 기술	1
외부공기는 압력이 낮은 폐포A로 먼저 들어간다 기술	1
폐포B 내부의 공기가 폐포A로 들어간다 기술	2

[문제 2-2] (8점) 경증의 폐섬유증 환자의 신진대사를 확인하기 위하여, 정상인군과 폐섬유증 환자군을 인공호흡기를 통하여 호흡 횟수를 동일하게 유지하며 걷기운동을 30분간 수행시켰다. 운동 직후 인체성분을 검사하였다. 검사결과에 대한 질문에 답하시오.

(1) (4점) 인체성분 분석 결과 인체 수분함량이 낮은 군을 예상하고 그 이유를 기술하시오. 단, 땀의 분비와 신장을 통한 수분의 유출에 있어 정상인군과 환자군의 차이가 없다고 가정한다.

[예시답안] (1) 폐섬유증 환자군이 인체 수분함량이 낮다. 그 이유는 환자 몸으로 산소의 흡수가 떨어져 인체내 산소 농도가 낮아지기 때문이다. 체내에 흡수된 산소는 대부분 조직세포의 미토콘드리아에 존재하는 전자전달계에서 물로 전환된다. 그러므로 체내 산소 농도가 낮은 환자군은 생산되는 물의 양이 정상군보다 인체 수분함량이 적다.



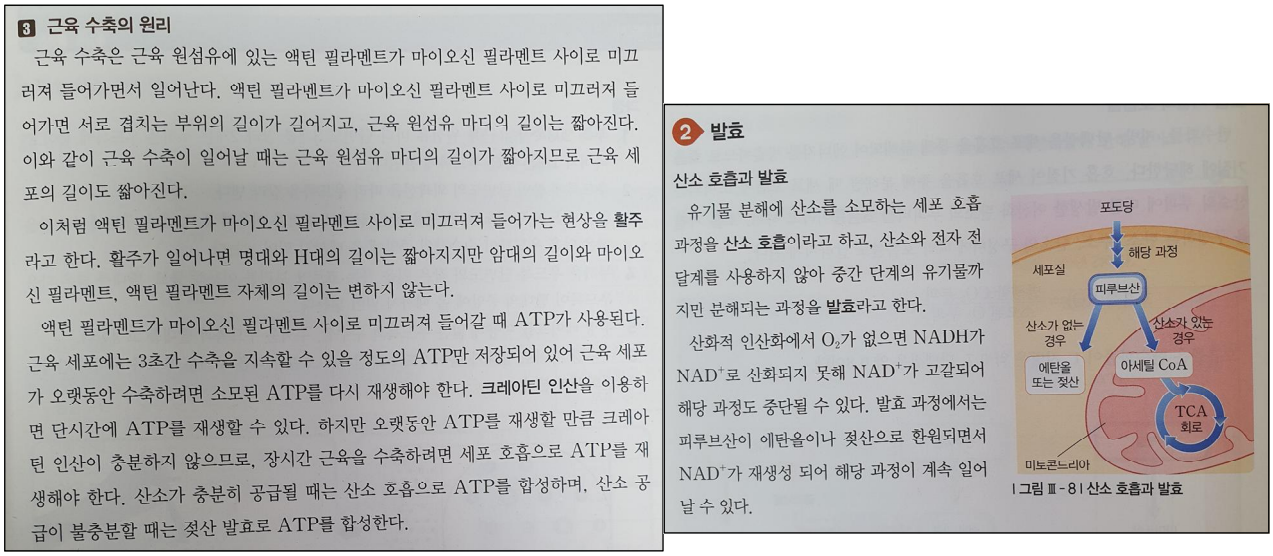
| 그림 Ⅲ-6 | 화학 삼투와 산화적 인산화

[채점기준] (1)

	점수
환자군의 수분함량이 낮다	1
전자전달계에서 산소가 물이 된다 (산소가 물이 된다)	3 (1)

(2) (4점) 혈액의 성분 분석 결과 pH가 낮은 군을 예상하고 그 이유를 기술하시오.

[예시답안] (2) 폐섬유증 환자군의 혈액 pH가 낮다. 그 이유는 A. 환자 몸으로 산소의 흡수가 떨어져 체내 산소 농도가 낮아지기 때문이다. 산소 공급이 불충분한 상태에서 운동을 하면 근육은 젖산발효로 ATP를 생산하기 때문에 혈액의 젖산 농도가 높아져 혈액의 pH가 낮아진다 B. 폐섬유증 환자는 폐포에서 물질의 확산이 어려우므로, 혈액 내의 이산화탄소 배출이 어렵다. 이는 혈액 내 이산화탄소의 농도를 증가시키고, 이산화탄소는 혈액에서 탄산수소이온으로 존재하여 pH를 낮춘다.



3 근육 수축의 원리

근육 수축은 근육 원섬유에 있는 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가면서 일어난다. 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가면 서로 겹치는 부위의 길이가 길어지고, 근육 원섬유 마디의 길이는 짧아진다. 이와 같이 근육 수축이 일어날 때는 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아지므로 근육 세포의 길이도 짧아진다.

이처럼 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가는 현상을 **활주**라고 한다. 활주가 일어나면 명대와 H대의 길이는 짧아지지만 암대의 길이와 마이오신 필라멘트, 액틴 필라멘트 자체의 길이는 변하지 않는다.

액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어갈 때 ATP가 사용된다. 근육 세포에는 3초간 수축을 지속할 수 있을 정도의 ATP만 저장되어 있어 근육 세포가 오랫동안 수축하려면 소모된 ATP를 다시 재생해야 한다. **크레아틴 인산**을 이용하면 단시간에 ATP를 재생할 수 있다. 하지만 오랫동안 ATP를 재생할 만큼 크레아틴 인산이 충분하지 않으므로, 장시간 근육을 수축하려면 세포 호흡으로 ATP를 재생해야 한다. 산소가 충분히 공급될 때는 산소 호흡으로 ATP를 합성하며, 산소 공급이 불충분할 때는 젖산 발효로 ATP를 합성한다.

2 발효

산소 호흡과 발효

유기물 분해에 산소를 소모하는 세포 호흡 과정을 **산소 호흡**이라고 하고, 산소와 전자 전달계를 사용하지 않아 중간 단계의 유기물까지만 분해되는 과정을 **발효**라고 한다.

산화적 인산화에서 O_2가 없으면 $NADH$가 NAD^+로 산화되지 못해 NAD^+가 고갈되어 해당 과정도 중단될 수 있다. 발효 과정에서는 피루브산이 에탄올이나 젖산으로 환원되면서 NAD^+가 재생성 되어 해당 과정이 계속 일어날 수 있다.

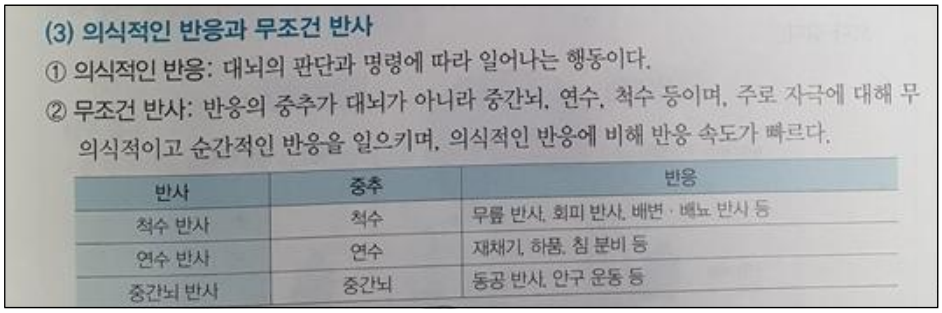
| 그림 Ⅲ-8 | 산소 호흡과 발효

[채점기준] (2)

	점수
환자군의 pH가 낮다	1
근육이 젖산발효로 ATP생산, 혈액 내 젖산 증가에 의한 pH감소 (둘 중 하나만 기술)	1.5(0.5)
이산화탄소 배출이 어려움	1.5

[문제 2-3] (4점) 폐섬유증 환자는 폐포에서 산소 흡수가 어려워 혈중 산소의 농도가 정상인보다 낮아진다. 환자의 몸은 이를 만회하기 위하여 무의식적으로 호흡 횟수를 증가시킨다. 혈액중 산소농도가 낮다는 자극은 혈관에 존재하는 산소 농도 변화 수용기가 감지한다고 할 때, 자극으로부터 폐까지 반사가 일어나는 반응경로를 순차적으로 기술하고, 각 경로를 담당하는 기관을 기술하시오.

[예시 답안] ① 혈중 산소농도의 감소, ② 산소 농도 변화 수용기에서 자극 감지, ③ 감각 신경(또는 구심성 신경, 또는 구심성 뉴런)을 통하여 ④ 뇌교와 연수에 정보전달, 뇌교와 연수에서 ⑤ 운동 신경(또는 원심성 신경, 또는 원심성 뉴런)을 통하여 폐 근육에 신호전달, ⑥ 폐의 호흡운동 수 증가



(3) 의식적인 반응과 무조건 반사

① 의식적인 반응: 대뇌의 판단과 명령에 따라 일어나는 행동이다.

② 무조건 반사: 반응의 중추가 대뇌가 아니라 중간뇌, 연수, 척수 등이며, 주로 자극에 대해 무의식적이고 순간적인 반응을 일으키며, 의식적인 반응에 비해 반응 속도가 빠르다.

반사	중추	반응
척수 반사	척수	무릎 반사, 회피 반사, 배변 · 배뇨 반사 등
연수 반사	연수	재채기, 하품, 침 분비 등
중간뇌 반사	중간뇌	동공 반사, 안구 운동 등

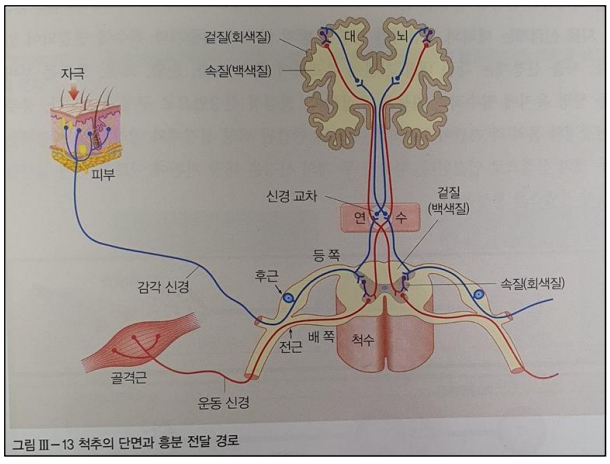


그림 Ⅲ-13 척추의 단면과 흥분 전달 경로

⑤ 뇌교

- 중간뇌의 아래쪽과 연수의 위쪽 사이에 위치한다. 소뇌의 좌우 반구를 다리처럼 연결하고 있다.
- 소뇌와 대뇌 사이의 정보 전달을 중계하며, 호흡 운동의 조절에 관여한다.

⑥ 연수

- 뇌교의 아래쪽과 척수의 위쪽 사이에 위치하며, 대뇌와 연결되는 대부분의 신경이 교차되는 장소이다.
- 심장 박동, 호흡 운동, 소화 운동, 소화액 분비 등을 조절하는 중추이며, 기침, 재채기, 하품, 침 분비 등에도 관여한다.

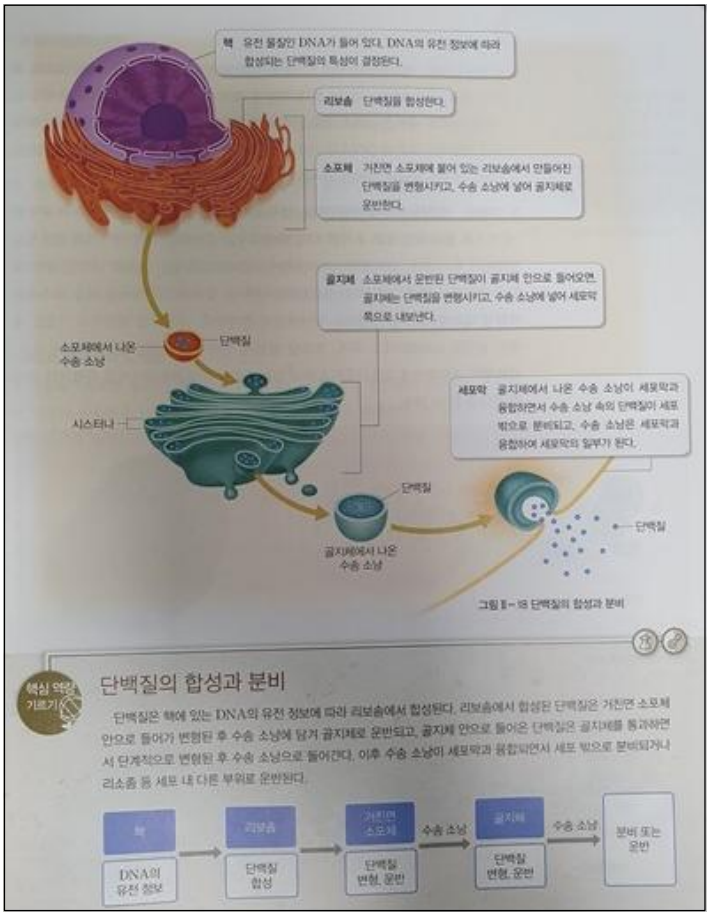
[채점 기준]

	점수
감각 신경, 또는 구심성 신경, 또는 구심성 뉴런 기술	1
뇌교와 연수 기술 (둘 중 하나만 기술)	2 (1)
운동 신경, 또는 원심성 신경, 또는 원심성 뉴런 기술	1
경로 순서가 틀리면	전체 0

[문제 2-4] (6점) Eeyarestatin은 새로 생성되는 폴리펩타이드가 소포체로 이동하는 과정을 저해하는 약물로 알려져 있다. 연구실에서 실험한 결과, Eeyarestatin을 주입하였을 때 실험동물모델에서 폐섬유증의 발생이 감소되는 것을 발견하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 Eeyarestatin을 폐섬유증 치료제로 개발하려 하였으나, Eeyarestatin이 실험동물모델에서 당뇨병을 유발하는 것으로 밝혀져 결국 치료제로서의 개발이 실패하였다. 다음의 질문에 답하시오.

(1) (4점) Eeyarestatin이 주입된 실험동물모델에서 폐섬유증의 발생 감소가 가능한 원리를 자세히 설명하시오.

[예시 답안] (1) 면역세포에서 사이토카인이 분비되기 위하여, 사이토카인은 리보좀에서 합성된 후 소포체(ER, Endoplasmic reticulum)로 이동되고, 골지체(Golgi apparatus)를 거쳐 수송소낭(secretory vesicle)(또는 분비소낭 또는 소낭)에 담겨져야 한다(Exocytosis). Eeyarestatin은 새로 생성되는 단백질이 소포체로 이동하는 과정을 저해하는 약물로, 사이토카인이 최종적으로 수송소낭에 담기는 것을 저해한다. 이로 인하여 A. 상처부위에 모여든 면역세포에서 사이토카인이 분비되는 과정이 저해된다. 결국 상처부위에 모여든 면역세포에서 사이토카인 분비가 감소하여 섬유아세포의 과도한 근섬유아세포로의 전환이 억제된다, B. 동일한 이유로 근섬유아세포에서 세포외기질 분비도 저해된다. 이러한 이유들로 폐섬유증의 발생이 감소한다.



[채점 기준] (1)

	점수
리보좀, 소포체, 골지체, 소낭 순서대로 언급 (순서가 틀리거나, 모두 언급하지 않으면)	2 (0)
면역세포에서 사이토카인이 분비되지 못함	1
근섬유아세포에서 세포외기질이 분비되지 못함	1

(2) (2점) Eeyarestatin이 주입된 실험동물모델에서 당뇨병이 발생하는 원리를 설명하시오.

[예시 답안] (2) 당뇨병은 호르몬인 인슐린의 분비가 정상적으로 일어나지 못할 때 발생한다. 인슐린은 호르몬 단백질로 분비되기 위하여 리보좀에서 합성된 후 소포체(ER, Endoplasmic reticulum)로 이동되고, 골지체(Golgi apparatus)를 거쳐 수송소낭(secretory vesicle)(또는 분비소낭 또는 소낭)에 담겨져야 한다(Exocytosis). Eeyarestatin은 단백질이 소포체로 이동하는 과정을 저해하는 약물로, 인슐린이 최종적으로 수송소낭(또는 분비소낭 또는 소낭)에 담기는 것을 저해한다. 결국 Eeyarestatin을 처리하면 인슐린의 분비가 감소하여(또는 저해되어) 당뇨병이 발생한다.

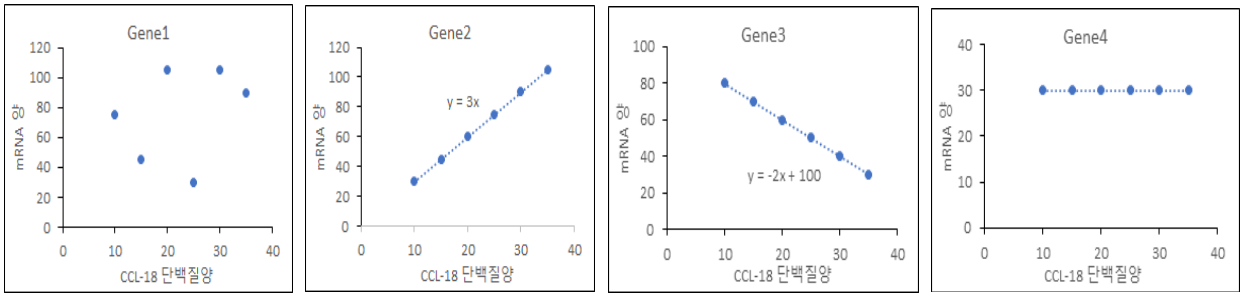
[채점 기준] (2)

	점수
리보좀, 소포체, 골지체, 소낭 순서대로 언급 (순서가 틀리거나, 모두 언급하지 않으면)	1 (0)
인슐린이 분비되지 못함	1

[문제 2-5] (6점) 폐섬유증 발생의 원인을 규명하기 위하여 폐섬유증 환자의 폐 조직을 약간 잘라 폐 조직에 존재하는 mRNA의 양을 분석하였다. 환자 폐 조직에 존재하는 mRNA의 양과 혈중 CCL-18 단백질의 양이 아래 표와 같을 때, 폐섬유증과 관련이 있을 것으로 예상되는 유전자를 모두 제시하고 그 이유를 설명하시오. 단, 폐섬유증 증상의 중증도를 대변하는 생체지표는 혈액에 존재하는 CCL-18 단백질의 양이라 가정한다. 혈중 CCL-18 단백질의 양이 많을수록 폐섬유증 증상이 심화된다.

	환자1	환자2	환자3	환자4	환자5	환자6
CCL-18 단백질 양	20	15	10	25	35	30
Gene1 mRNA 양	105	45	75	30	90	105
Gene2 mRNA 양	60	45	30	75	105	90
Gene3 mRNA 양	60	70	80	50	30	40
Gene4 mRNA 양	30	30	30	30	30	30

[예시 답안] CCL-18 단백질의 양과 Gene의 mRNA양의 상관관계를 그래프로 그려보면 아래와 같다.



Gene2 mRNA양은 CCL-18 단백질양과 정비례관계가 있고, Gene 3 mRNA양은 CCL-18 단백질양과 반비례관계가 있으나, Gene1과4의 mRNA양은 CCL-18 단백질양과 상관관계가 없다. 이는 폐섬유증의 증상이 심할수록 Gene2 mRNA양은 증가하고 Gene3 mRNA양은 감소한다는 상관관계가 성립하여, Gene2와 Gene3가 폐섬유증과 관계있는 유전자들이라고 추론할 수 있다.

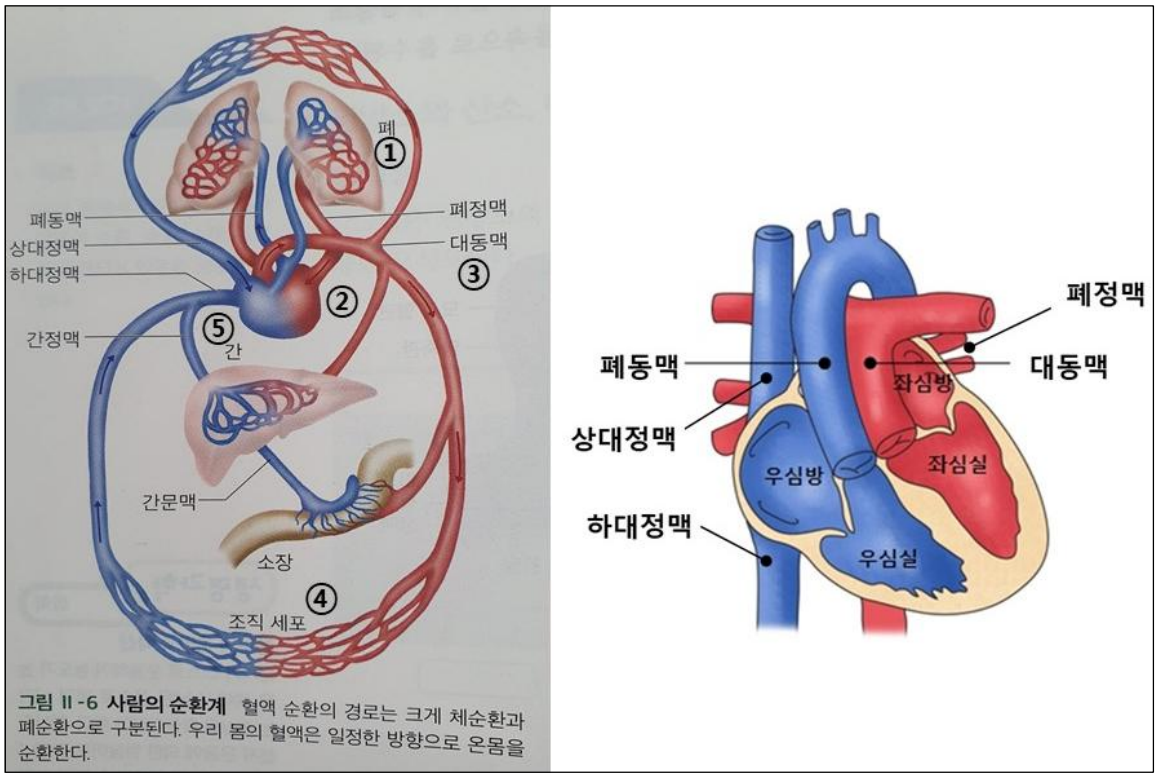
[채점 기준]

	점수
Gene2와 Gene3가 폐섬유증과 관련이 있다 (둘 중 하나만 언급하면)	2 (1)
Gene2은 폐섬유증 증상(또는 CCL-18 단백질양)과 정비례 관계가 있다. Gene3은 폐섬유증 증상(또는 CCL-18 단백질양)과 정비례 관계가 있다. (둘 중 하나만 언급하면)	2 (1)
그래프를 그려서 설명 (그래프를 그리지 않으면)	2 (0)

[문제 2-6] (8점) 초미세먼지는 매우 작은 입자로 흔히 공장 배출 오염물질, 자동차 매연 등 세포에 유해한 독성물질과 결합하여 공기 중에 떠돌아다닌다. 초미세먼지는 크기가 작아 호흡할 때 폐를 통하여 우리 몸에 흡수되어 몸 전체로 퍼진다. 오랜 기간 초미세먼지를 포함한 공기를 호흡하면, 세포가 독성물질을 흡수하여 파괴되므로 폐섬유증, 심장섬유증 등의 질환이 발생할 확률이 높아진다. 다음의 질문에 답하시오.

(1) (4점) 심장은 우심방, 우심실, 좌심방, 좌심실로 나뉜다. 우심방은 대정맥에 우심실은 폐동맥에 연결되어 있고, 좌심방은 폐정맥에 좌심실은 대동맥에 각각 연결되어 있다. 초미세먼지에 의하여 유발되는 심장섬유증은 대부분 우심실에 비하여 좌심실에서 심하게 나타난다. 그 이유를 설명하시오

[예시 답안] (1) 폐에서 흡수된 초미세먼지는 폐정맥을 거쳐 좌심방, 좌심실에 먼저 도착한다. 이후 대동맥과 몸 전체의 혈관을 거친 후 대정맥을 통하여 우심방, 우심실로 도착한다. 초미세먼지는 세포들에 의하여 흡수되므로, 먼저 도착한 좌심실의 초미세먼지의 농도는 가장 나중에 도착하는 우심실의 농도보다 높다. 초미세먼지의 농도가 높을수록 독성이 높으므로 좌심실의 세포들이 파괴될 확률이 높다.



[채점 기준] (1)

	점수
좌심방, 좌심실, 대동맥, 대정맥, 우심방, 우심실로 초미세먼지가 거쳐 가는 경로를 순서대로 기술 (순서가 틀리면)	2 (0)
좌심실의 초미세먼지 농도가 높아 독성이 높다. 또는 우심실의 초미세먼지 농도가 낮아 독성이 낮다	2

(2) (4점) 초미세먼지로 인하여 심장섬유증이 발생한 환자들은 폐정맥의 혈압이 정상인보다 높은 경우가 많다. 그 이유를 설명하시오.

[예시 답안] (2) 초미세먼지로 인한 심장 섬유증은 좌심실에서 심하게 나타난다. 좌심실이 섬유화되면, 좌심실의 확장력이 떨어져 좌심실의 부피증가가 제한적이 된다. 이는 좌심실에서 혈액 펌핑능력(또는 분사능력)을 떨어뜨린다. 반면 우심실은 상대적으로 섬유화가 덜 진행되므로 우심실에서 혈액 펌핑능력(또는 분사능력)은 좌심실보다 높다. 이로 인하여 좌심실에서 대동맥으로 분사하는 혈액의 양보다 우심실에서 폐동맥으로 분사하는 혈액의 양이 상대적으로 많기 때문에 폐정맥의 혈압이 높아진다.

[채점 기준] (2)

	점수
좌심실이 우심실에 비하여 분사능력이 상대적으로 낮다 (또는 우심실이 좌심실에 비하여 분사능력이 상대적으로 높다)	2
좌심실이 우심실에 비하여 분출하는 혈액양이 상대적으로 적다 (또는 우심실이 좌심실에 비하여 분출하는 혈액양이 상대적으로 많다)	2

[문제 2-7] (10점) 폐의 낭성 섬유증은 폐조직의 상피세포막에서 기관지 내부로 염소이온을 통과시키는 통로단백질인 CFTR의 돌연변이와 이에 따른 기능이상으로 발생하는 유전질환이다.

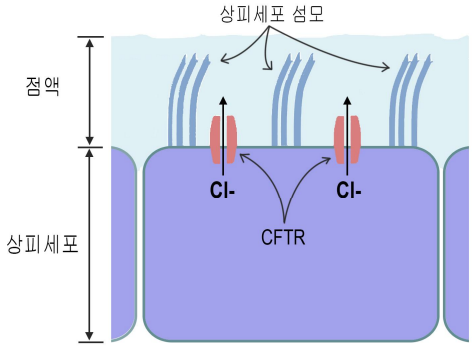
(1) (2점) 통로단백질을 통한 물질의 이동을 설명하시오.

[예시 답안] (1) 세포막을 통한 물질의 이동방법 중, 촉진확산의 하나로써, 물질이 인지질을 직접 통과하지 않고 통로 단백질을 통해 통과함으로써 특정물질의 확산 속도를 증가시키는 것을 말한다.

[채점 기준] (1)

	점수
촉진확산 기술	1
촉진확산의 원리를 명확히 기술	1

(2) (4점) 아래의 그림을 참고하여 CFTR의 정상기능과 CFTR의 기능이상이 폐의 섬유증을 유발하는 기전을 설명하시오. 단, 점액의 분비량은 변하지 않는다고 가정한다.



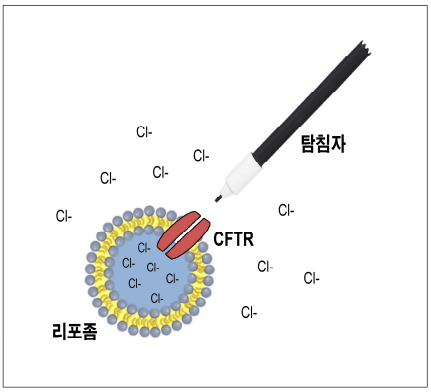
<정상 CFTR 통로 단백질의 기능>

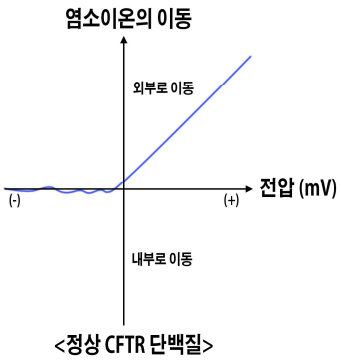
[예시 답안] (2) 정상 상피세포는 CFTR을 통해 염소이온을 기관지 내부로 통과시켜 폐 점액의 삼투압을 증가시킨다. 증가된 점액의 삼투압은 수분의 이동을 촉진시켜, 결과적으로 폐 조직 내부의 점액의 점도를 감소시켜 섬모의 운동을 원활하게 하여 폐 조직에 점액이 고이지 않고 배출하게 한다. 그러나 CFTR이 기능하지 못하면 폐에 점액이 축적되어 감염이 자주 일어나게 되고 이에 따른 상처 조직의 과도한 형성에 의해 폐 조직의 섬유증을 유발한다.

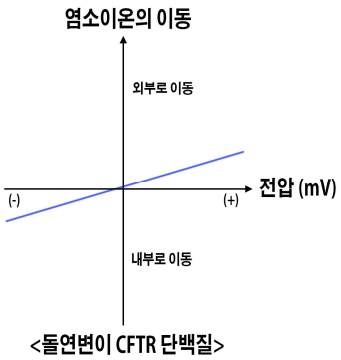
[채점 기준] (2)

	점수
정상 CFTR 단백질에서 염소이온 이동으로 점액질의 삼투압 증가로 수분이동 증가 기술	1
정상 CFTR 단백질에서 점액의 점도 감소 기술	1
정상 CFTR 단백질에서 섬모운동 촉진 기술	1
돌연변이 CFTR 단백질에서 염소이온 이동 감소로 인하여 점액의 점도 증가와 이로 인한 감염증가 기술	1

(3) (4점) 아래의 그림은 정상 CFTR 단백질과 돌연변이 CFTR 단백질을 리포좀[1]에 각각 삽입한 후, 리포좀 내부와 외부의 전압 변화에 따른 염소이온 전류를 탐침자[2]로 측정한 그래프이다. 그래프에서 정상 CFTR 단백질과 돌연변이 CFTR 단백질에 의한 염소이온 이동의 특징을 설명하시오. (주[1]: 리포좀, 두층의 인지질로 이루어진 세포막과 유사한 구형체; 주[2]: 탐침자, 국소적인 염소이온 전류를 측정할 수 있는 기구)







[예시 답안] (3) 정상 CFTR 단백질은 양성전압에서 리포좀 외부로만 염소이온을 통과시키나 음성전압에서는 염소이온을 통과시키지 않는다. 즉 정상 CFTR 단백질은 전압에 따라 외부로만 염소이온을 통과시키는 통로단백질이다. 반면 돌연변이 CFTR 단백질은 전압에 따라 외부와 내부의 양방향으로 염소이온을 통과시키나 통과 속도가 정상 CFTR 단백질에 비해 현저히 느리다.

[채점 기준] (3)

	점수
양전압시 정상 CFTR 단백질과 돌연변이 CFTR 단백질에서 염소이온을 리포좀 외부로 이동시킨다. 돌연변이 CFTR 단백질은 염소이온을 이동시키는 속도가 늦다 (둘 중하나만 기술)	2 (1)
음전압시 정상 CFTR 단백질은 염소이온을 리포좀 내부로 이동시키지 못하지만, 돌연변이 CFTR 단백질에서 염소이온을 리포좀 내부로 이동시킨다. (둘 중하나만 기술)	2 (1)