

수시 1차 모집 논술고사 문제지(자연계 II)

전형유형 () 지원학부(과) () 수험번호 성명 ()

<유의사항>

1. 제목은 쓰지 마시고 특별한 표시를 하지 마시오.
2. 제시문 속의 문장을 그대로 쓰지 마시오.
3. 답안작성과 정정은 반드시 본교에서 지급한 필기구를 사용하시오.
4. 본교에서 지급한 필기구를 사용하지 않았거나, 답안지에 특별한 표시를 한 경우에는 감점 또는 0점 처리합니다. (예: 감사합니다. 등)
5. 답안 정정 시에 수정액 등을 사용한 경우에는 감점 처리합니다.

<문제 II> 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

[가]

뉴런은 신경계의 구조적·기능적 기본 단위로서 핵과 세포질로 이루어진 신경 세포체와 이것에서 뻗어 나온 돌기로 이루어져 있다. 일반적으로 길게 뻗어 나온 한 개의 돌기를 축삭돌기라 하고 나머지 짧은 돌기를 수상돌기라고 한다. 뉴런의 축삭돌기 말단은 다른 뉴런의 수상돌기 말단이나 신경 세포체와 약 20 nm의 틈을 두고 접촉되어 있는데, 이 부위를 시냅스라 한다. 뉴런에서의 흥분이 활동전위의 전도에 의해서 축삭돌기 말단에 도달하면 축삭돌기 말단의 시냅스 소포가 터지면서 그 속에 있던 신경전달물질(N)이 시냅스틈으로 분비된다. 분비된 신경전달물질은 이웃한 시냅스후 뉴런의 세포막에 존재하는 수용체(R)와 결합하여 시냅스후 뉴런 세포막의 이온 투과성을 변화시킨다. 즉, 신경전달물질과 수용체의 결합(RN의 형성)에 의해 세포막의 이온통로가 열리고 이온들이 전기화학적 경사에 따라서 세포 안팎으로 이동하여 시냅스 전류가 흐른다. 그 결과로 시냅스후 뉴런에 시냅스후 전압이 발생한다. 시냅스후 전압이 활동전위 생성에 필요한 역치보다 커지면 시냅스후 뉴런에서 새로운 활동전위가 생성되어 흥분성 전달이 이어진다. 시냅스에서 일어나는 이러한 신호전달 과정을 적절히 조절함으로써 신경계가 관여하는 여러 현상을 효과적으로 조절할 수 있다. 예를 들어 통증을 전달하는 경로상에 있는 시냅스를 가정하여 보자. 통증 시냅스에 작용하는 약물(D)은 시냅스후 뉴런의 수용체와 결합(RD의 형성)하여 신경전달물질이 수용체에 결합하는 것을 방해한다. 따라서 이 약물은 신경전달물질과 수용체의 결합에 의해 유도되는 시냅스후 전압을 감소시켜 시냅스 전달을 억제하므로 통증을 완화시키는 진통제로 활용될 수 있다.

[나]

전기가 흐를 수 없는 부도체를 사이에 둔 두 도체에 전압을 가하면 부호가 반대인 같은 양의 전하가 각각의 도체에 대전된다. 이 현상을 이용하여 전하를 저장하는 전기회로 장치를 축전기라 하며 일상생활에서 사용하는 사진기의 플래시나 텔레비전 등과 같은 전기 기기에 사용되고 있다. 축전기에 저장되는 전하량(Q)은 두 도체 사이에 걸린 전압(V)에 비례하므로 $Q = CV$ 로 표현할 수 있고, 그 비례상수(C)를 축전기의 전기용량이라고 하며 전기용량의 단위는 패럿(F)을 사용한다. 일반적으로 전기용량은 두 도체의 모양과 상대적 위치, 부도체의 유전율에 따라 변한다. 예를 들어, 두 도체가 서로 평행한 금속 평면이면 전기용량은 $C = \epsilon \frac{S}{d}$ 로 주어진다. 여기서 S는 금속판의 넓이, d는 두 판 사이의 거리이고, 상수 ϵ 는 두 금속판 사이에 채워진 부도체의 유전율이다. 다른 예로, 반지름이 각각 a, b이고 ($b > a$) 중심이 같은 두 금속 구면사이에 부도체가 채워져 있으면 이 축전기의 전기 용량은 $C = 4\pi\epsilon \frac{ab}{b-a}$ 이다.

[다]

동물 세포는 크기가 수십 μm 이고 두께가 수 nm인 매우 얇은 세포막으로 둘러싸여 있다. 세포막은 세포의 형태를 유지하고 세포 안팎의 물질 출입을 조절한다. 세포막을 구성하는 주된 부분은 인지질과 단백질이다. 세포막의 구조에 대해서는 여러 가지 가설이 제시되었으나, 현재는 유동 모자이크막 모델이 가장 널리 받아들여지고 있다. 이 모델에 의하면 막의 기본은 인지질 이중층이며, 단백질은 인지질층 곳곳에 모자이크 모양으로 파묻혀 있거나 인지질층을 관통하고 있다. 세포막은 세포의 생명 활동에 필요한 영양물질과 이온의 통로 역할을 하며 세포막을 경계로 바깥쪽은 양전하, 안쪽은 음전하를 띠고 있다.

[라]

단거리 육상 선수 중 일부는 100 m를 10여 초 동안 달리면서 한 번도 숨을 쉬지 않는다고 한다. 이 경우 근육 내의 크레아틴인산이 이용되거나 무산소 호흡에 의해 생성된 ATP가 주 에너지원으로 사용된다. 1 mol의 ATP로부터 7.3 kcal의 에너지가 발생한다. 유산소 호흡은 무산소 호흡에 비해 20배 정도 에너지 효율이 좋지만 당의 분해에 미토콘드리아가 관련되어 있으므로 에너지를 생성하는데 오랜 시간이 필요하다. 1940년에 독일의 엠텐과 마이어호프는 세포 호흡의 첫 과정이 해당과정이며 이 과정에서 6탄당인 포도당이 피루브산으로 분해됨을 밝혔다. 해당과정은 산소가 사용되지 않으므로 무산소 호흡의 일종으로 볼 수 있다. 세포질에서 일어나는 이 과정을 통해 포도당 한 분자가 두 분자의 피루브산으로 분해될 때 ATP 두 분자와 NADH₂ 두 분자가 형성된다. 해당과정에서 생성된 피루브산과 NADH₂는 산소가 있을 때 미토콘드리아로 유입되어 TCA 회로와 전자전달계를 거쳐 이산화탄소와 물로 분해되는데, 이 과정에서 많은 양의 에너지가 방출된다. 그러나 산소가 없을 때에는 피루브산은 미토콘드리아에 유입되지 못하고 NADH₂와 결합하여 젖산이나 에탄올로 전환된다. 해당과정에서 ATP가 생성되는 과정은 전자전달계를 거치지 않고 기질 상태에서 이루어지므로 기질 수준의 인산화라고도 한다.

<문제 II-1> 제시문 [가], [나], [다]를 참조하여 다음 물음에 답하시오. (25점)

제시문 [가]의 통증 시냅스 전달 과정을 통해서 평균 20 mV의 시냅스후 전압이 발생하며, 시냅스후 뉴런에서 활동전위를 생성시키는 시냅스후 전압의 역치는 12 mV라고 가정한다.

(1) 진통제 복용전 평형상태의 시냅스틈에서 N의 농도 $[M] = 1 \text{ nM}$ 이며, $[R] + [RM] = 10 \text{ nM}$ 이다. 결합반응 $R + N \rightleftharpoons RN$ 의 평형상수(K_{RN})는 1 nM^{-1} 이다. 통증을 제거하기 위한 D의 최소 복용량은 40 mg이며, 이때 시냅스 틈에서 $[D] + [RD] = 8 \text{ nM}$ 이다. 결합반응 $R + D \rightleftharpoons RD$ 의 평형상수(K_{RD})를 추정하고 그 방법을 논술하시오. (단, 시냅스후 전압의 크기는 $[RM]$ 에만 선형적으로 비례한다고 가정한다)

(2) 통증 시냅스에서 신경전달물질과 수용체의 결합에 의해 이온통로가 열리면 Na⁺ 이온만이 시냅스후 뉴런 내로 유입되며, 시냅스후 뉴런은 반경이 5 μm인 구 형태라 가정하자. 시냅스 전달을 통해 시냅스후 뉴런에서 활동전위가 생성되었다면, 시냅스 전달 동안 유입된 Na⁺ 이온의 최소 개수를 추정하고, 효율적인 전하 저장을 위한 세포막의 역할에 대해서 논술하시오. (단, 세포막의 단위면적당 전기용량은 1 μF/cm²이고, 기본전하의 전하량은 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 이다)

<문제 II-2> 제시문 [라]를 참조하여 다음 물음에 답하시오. (25점)

(1) 글리코젠의 공급이 제한된 조건에서 진행된 해당과정에 의하여 혈액내 포도당의 농도가 아래 표와 같이 시간에 따라 감소하였다고 가정할 때 해당과정의 반응차수를 추정하고 그 근거를 논술하시오.

시간(초)	0	1	2	3	4	5
[포도당] (mmol/L)	10.0	7.93	6.29	4.99	3.97	3.15
시간(초)	6	7	8	9	10	11
[포도당] (mmol/L)	2.49	1.98	1.57	1.25	1.00	0.79

(2) 육상선수가 달릴 때 에너지 소모량은 360 kcal/h이며, 육상선수 체내의 총 혈액량은 6 L이다. 크레아틴인산을 이용한 에너지 공급을 무시한다면 짧은 시간 동안 운동하는 경우에는 무산소 호흡에 의한 에너지가 주로 쓰이고 부족한 부분만이 유산소 호흡에 의해 보충된다고 가정할 수 있다. 육상선수가 100 m를 10초 동안 달렸을 때, 포도당의 농도 변화가 위의 표와 같다면 10초 동안 일어난 유산소 호흡과 무산소 호흡의 비를 추정하고 그 방법에 대하여 논술하시오.

< 끝 >