

生物

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

I 以下の文を読み、問1-5に答えなさい。

われわれヒトの細胞は核と細胞質⁽¹⁾から成り立っている。核は二重の膜よりなる[ア]で包まれており、DNAによってコードされた遺伝情報が納められている。個々の細胞の機能にとって、自身が持つ遺伝情報の全てが必要なわけではなく、細胞の種類・周囲の環境などに応じて適切な遺伝情報が[イ]へと転写される。[イ]は[ウ]を通過して核外へと運ばれた後に、細胞質に存在する[エ]によってタンパク質へと[オ]される。

核の中で機能するタンパク質⁽²⁾は、合成の場である細胞質からやはり[ウ]を通過して核の中へと移動する。分子量(注:分子の大きさを表す単位)4万~5万程度までのタンパク質は拡散によって核と細胞質の間を自由に出入りすることができる。一方で、分子量が6万を超えるような大きなタンパク質は、拡散によって[ウ]を通過することができなくなる。しかし、実際には分子量10万を超えるようなタンパク質も核の中に存在している。そのようなタンパク質の一部は、核移行シグナル(NLS)と呼ばれる共通のアミノ酸配列を持ち、エネルギーを用いて[ウ]を通過して核の中へと[カ]輸送されることが分かっている。普段は核の中には見られないタンパク質にNLSを人工的に付加すると、そのタンパク質が核の中へ移行することが知られている。

さて、細胞質と核におけるタンパク質の分布に関して、次のような観察がなされたとする。

【観察1】

ある細胞に特定の刺激を加えた後に核の中に存在するタンパク質を調べた。すると、NLSを持つ分子量3万のタンパク質XとNLSを持たない分子量10万のタンパク質Yの存在が認められた。刺激を加えない細胞では、タンパク質Yは細胞質にのみ存在しており核の中には認められなかった。タンパク質XのNLSに変異を導入してNLSとしての機能を欠損させた変異タンパク質X'を作製し、その細胞に大量に発現させた上で刺激を加えてみたところ、核の中に認められる野生型のタンパク質Xの量にほとんど変化が見られなかったのに対し、核の中のタンパク質Yの量が著しく減少することが分かった。なお、変異タンパク質X'は、核の中には認められず細胞質にのみ存在することが確認された。

【観察2】

NLSを持たない分子量10万のタンパク質Eをコードする遺伝子を、増殖能の異なる2種類の細胞に導入した。増殖能の高い細胞Aに遺伝子導入した場合には細胞質と核の両方にタンパク質Eが認められたのに対し、ほとんど増殖しない細胞Bに遺伝子導入した場合には細胞質にのみタンパク質Eの存在が認められた。

1. 空欄 [ア]～[カ] に適当な語句を入れなさい。
2. 下線(1)に関連して、われわれの身体の中には核を持たない細胞が存在する。そのような細胞の例を一つ挙げなさい。
3. 下線(2)に関連して、核の中で機能するタンパク質の例を二つ挙げ、それぞれの機能を簡潔に説明しなさい。
4. 【観察1】に関連して、このような現象が見られたのはなぜか、タンパク質 X とタンパク質 Y の相互作用という観点から述べなさい。
5. 【観察2】に関連して、細胞の種類によってこのような差が見られたのはなぜか、細胞が分裂する際の核の変化に着目して述べなさい。ただし、ここで用いた細胞 A と細胞 B で、発現しているタンパク質に差は認められないものとする。

II 以下の文を読み、問1-5に答えなさい。

血管は、酸素や必要な物質を全身の細胞まで運び、細胞にとって不要な物質を運びさるための血液が通る通路である。軟骨や角膜などの例外を除いて、血管は全身あらゆるところにあり、器官のなかに網目のようにはいりこんでいる。動脈、毛細血管、静脈に分けられるが、血管の内と外の物質の交換は毛細血管で行われる。毛細血管は、大まかにいうと、内皮細胞という細胞が一層にならんでできる管であり(図1)、となりあった内皮細胞と内皮細胞が接着することが必要である。血管の内から外、外から内への物質の移動は、主としてこの内皮細胞と内皮細胞の間を通過して行われる(図2)ので、内皮細胞と内皮細胞の接着が強いほど、毛細血管の透過性(注:物質が毛細血管壁を通る時の通りやすさ)は低くなる。

細胞と細胞が接着するしくみは複雑であるが、細胞膜にある特定のタンパク質どうしがくっつくことによって接着する。ここでは、内皮細胞と内皮細胞の接着に重要なタンパク質を接着タンパクJと呼び、内皮細胞どうしが接着する強さは細胞膜にある接着タンパクJの量に依存しており、接着タンパクJの量が多いほど接着が強いと仮定する。

毛細血管の透過性に関して、実験I、II、IIIを行い、実験結果は以下に示すとおりであったとして、問1-5に答えなさい。

【実験I】

はじめに、色素D(青い色素)の水溶液を、麻酔のかかったモルモットの静脈内に注射した。モルモットの背中の中毛はあらかじめ剃ってあり、皮膚の毛細血管内から血管外に色素Dが漏れた時には、皮膚が青く染まり目で見えてわかるようにしてある。色素Dを静脈内に投与し色素Dが漏れていないことを確認してから、生理食塩水に溶かしたあるタンパク質Pの溶液をモルモットの背中の中毛に少量注射した。さらに、タンパク質Pを注射した皮膚から少し離れたところの皮膚に同じ量の生理食塩水を注射した⁽¹⁾。20分後に皮膚を観察すると、注射したところは両方とも青く染まっていたが、生理食塩水を注射したところに比べてタンパク質Pの溶液を注射したところの染まりはずっと強かった。

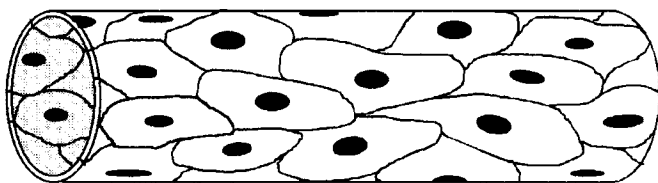
【実験II】

動物の体内には存在しない3種類のタンパク質A、B、Cを用意した。タンパク質分子の大きさは、Aがもっとも大きく、Cがもっとも小さく、BはAとCの中間の大きさである($A > B > C$)。特殊な方法を使えば、A、B、Cともに顕微鏡で区別してみることができる。A、B、Cを等量含む水溶液をつくり、モルモットの静脈内に注射した。20分後、モルモットから器官X、器官Y、器官Zを取り出して標本を作り顕微鏡で観察した。観察の結果、器官XではB、C、器官YではA、B、C、器官ZではCのタンパク質が血管の外にみられた。この結果から、器官X、Y、Z内にある毛細血管の透過性は、[ア]がもっとも高く、[イ]がもっとも低いと考えた。但し、A、B、Cは、分子の大きさ以外の物理的・化学的性質は同じであり、実験中には代謝・分解はされないものとする。

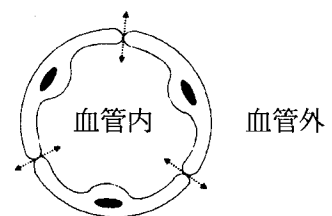
【実験Ⅲ】

モルモットの器官 X, 器官 Y, 器官 Z (器官名は実験Ⅱと同じ) をすりつぶしてタンパク質の抽出液を調製した。器官 X, 器官 Y, 器官 Z からつくられた抽出液をそれぞれ抽出液 X, 抽出液 Y, 抽出液 Z とする。実験Ⅰと同様に色素 D をモルモットの静脈内に注射した後, 抽出液 X, 抽出液 Y, 抽出液 Z を同じモルモットの皮膚に注射し, 注射したところのまわりを染めた色素 D の量を測定した。抽出液 Y を注射したところのまわりでの色素 D がもっとも多く, つづいて抽出液 X, 抽出液 Z の順であった。また, 毛細血管内皮細胞を調べた結果, 抽出液 X, 抽出液 Z に比べて, 抽出液 Y を注射したところで細胞膜にある接着タンパク J の量は (a) 増えていた, (b) 変化していなかった, (c) 減っていた⁽²⁾。ただし, 内皮細胞にある接着タンパク J の総量は変化していなかった。

1. 下線(1)について, 実験Ⅰで皮膚に生理食塩水の注射を行った理由を簡潔に述べなさい。
2. 実験Ⅰで, タンパク質 P 溶液を注射したところの周囲が青く染まったしくみについて, 考えられることを簡潔に述べなさい。
3. 実験Ⅱについて, 空欄 [ア], [イ] には X, Y, Z のいずれが当てはまるか, 記号で答えなさい。
4. 実験Ⅲの下線(2)について, (a) (b) (c) のいずれと考えられるか, 記号で答えなさい。また, 細胞膜にある接着タンパク J の量がそのようなしくみとしては, どのようなしくみが考えられるか。内皮細胞にある接着タンパク J の総量が変化していなかったことを考えに入れて, 簡潔に述べなさい。
5. 毛細血管の透過性は器官によってちがうが, 実験Ⅱと実験Ⅲの結果からは, どのようなしくみで器官での毛細血管の透過性がきまると考えられるか, 簡潔に述べなさい。



(図1)



(図2)

Ⅲ 以下の文を読み、下線部に関する問1-8に答えなさい。

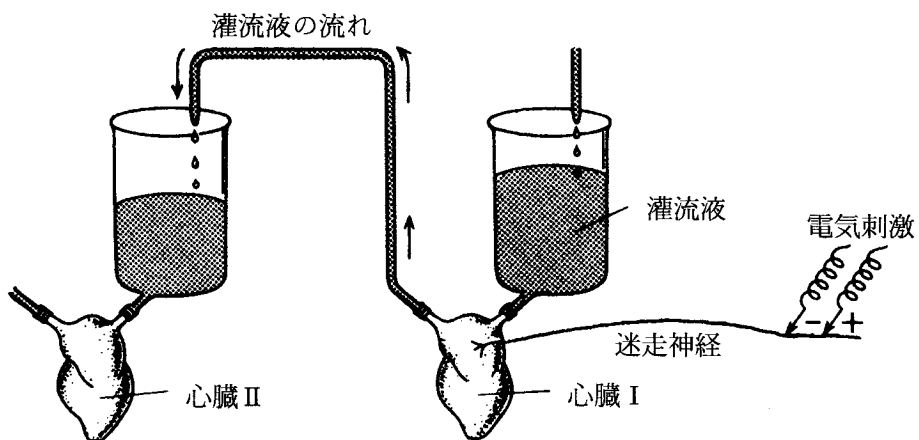
心臓などの内臓のはたらきは自律神経系によって自動的に調節されている。この神経系には互いに拮抗する作用をおよぼす2種類の神経⁽¹⁾が含まれる。体内の各内臓器官にはこれらの神経の両方が分布する。神経の興奮は細胞膜の内外で生じる電位が一過性に变化し、これが神経繊維に沿って伝導する⁽²⁾ことによって、その末端へ伝えられる。一方、一つの神経からその他の神経細胞や効果器へは、神経と神経または神経と効果器がそれぞれ機能的に隣接する部位⁽³⁾で放出される化学物質によって興奮が伝達される。物質による興奮の伝達様式を化学伝達というが、これを証明するため、つぎのような実験が20世紀の初頭のヨーロッパで行われた。

2匹のカエルから心臓を摘出し、血液を生理食塩水（注：体液の浸透圧⁽⁴⁾と等しくなるように調製した塩類溶液のこと）で置き換えて心臓に流した（灌流と呼ぶ操作）。図1に示すように、一方の心臓（心臓Ⅰ）を流れた灌流液が他方の心臓（心臓Ⅱ）に流れ込むように2つの心臓をパイプでつないだ。そして、心臓Ⅰへ分布する迷走神経（自律神経系である）を電氣的に刺激し、これを興奮させると、この心臓の拍動は抑制された。心臓Ⅱの拍動を観察すると、心臓Ⅰの抑制と少し時間が遅れて拍動が抑制された。すなわち心臓Ⅱへ流れ込んだ灌流液には、抑制効果を持つような物質が含まれていると想像された。この抑制物質を分離同定するための基礎となる実験がつぎに行われた。迷走神経を電気刺激した心臓（心臓Ⅰ）から流れ出た灌流液を一旦集め、55℃で20分間熱し、それを室温で2-3時間冷ました後、これを心臓Ⅱに与えると、拍動の抑制はさらに顕著になった⁽⁵⁾。一方、加熱をしないで、単に室温で同じ時間放置した後に、同様の実験をした場合には抑制効果は観察されなかった。すなわち、加熱した灌流液には抑制物質が多く含まれていたのである。

時を同じくしてカナダでは、血液中の血糖値を調節するホルモンであるインスリンを分離抽出する実験が、イヌのすい臓を用いて行われていた。当初、困難であった抽出は、すい管（すい臓の外分泌腺の分泌物を十二指腸に導く管）をあらかじめしばっておき、外分泌腺⁽⁶⁾をできるだけ退化させることで成功した。成功の要因はほかにもあり、すい臓をよく冷やした⁽⁷⁾容器のなかですりつぶし、生理食塩水を加えて抽出液を得た⁽⁸⁾こともそのひとつである。

1. この2種類の神経を列挙せよ。
2. この伝導する電位を何と呼ぶか。
3. これらの隣接部位を一般に何と呼ぶか。
4. カエルの体液の浸透圧は海水の浸透圧と比べ、高いか低いかわかれば答えよ。

5. この結果の原因として考えられるものを下記のなかから一つ選択し、記号で答えよ。
- (a) ノルアドレナリンの分解が増強された。
 - (b) ノルアドレナリンの合成が抑えられた。
 - (c) アセチルコリンの分解が抑えられた。
 - (d) アセチルコリンの合成が増強された。
6. ここからはさまざまな消化酵素が分泌されるが、インスリンの抽出に最も影響するものを下記のなかから一つ選択し、記号で答えよ。
- (a) 糖質分解酵素
 - (b) タンパク分解酵素
 - (c) 脂肪分解酵素
7. ここでは、カエル心臓での抑制物質の実験で行われたような加熱操作を加えなかった。その理由として考えられることを簡潔に述べなさい。
8. インスリンの抽出実験では、さらに抽出液の条件の調整に注意したことも成功につながった。この条件は多くの生体反応へ影響するものである。どのような条件か答えよ。



(図 1)