

令和2年度医学科入学試験問題

生 物

〔注意事項〕

- 1 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 2 解答用紙に受験番号と氏名を必ず記入すること。
- 3 この問題冊子の本文は、8ページからなっている。落丁、乱丁及び印刷不鮮明な箇所等があれば、手をあげて監督者に知らせること。
- 4 この問題冊子の白紙と余白は、適宜下書きに使用してもよい。
- 5 解答は、すべて別紙「解答用紙」の指定された場所に記入すること。
- 6 この問題冊子は持ち帰ること。

1

次の文を読み以下の設問に答えよ。

生殖細胞を形成する過程で遺伝子に突然変異が生じたとき、この突然変異遺伝子は次の世代に受け継がれ、その形質が次世代以降に現れることがある。すなわち、この遺伝子が次世代に伝わったことになる。しかし、変異した遺伝子が本来の機能を持たず、その遺伝子を持つ個体が発生のある段階で死んでしまうとき、その遺伝子は致死遺伝子とよばれ、その突然変異は致死突然変異とよばれる。

生命活動に必須のあるタンパク質について、近縁のいくつかの動物で比較したところ、アミノ酸配列が一か所だけ異なっていた。

このタンパク質について、一塩基置換を繰り返すことで、元はグルタミン酸だった箇所が、(A)メチオニン、(B)アルギニン、(C)グリシンに変化した変異タンパク質 A, B, C を作製できた。

1. 下線部(1)の突然変異が優性の場合と劣性の場合とで、次世代への影響のしかたの違いについて説明せよ。
2. 下線部(2)に関して、このタンパク質の機能にとって変異したアミノ酸の重要性は高いか低いかわかるものを丸でかこみ、そう考えた理由を説明せよ。
3. 下線部(3)に関して、タンパク質 A, B, C はどのような順序で作製されたと考えられるか、記号で答えよ。また、そう考えた理由を遺伝暗号表をもとにして説明せよ。

遺伝暗号表 (mRNA)

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニル UUC } アラニン UUA } ロイシン UUG }	UCU } UCC } セリン UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA (終止) UAG (終止)	UGU } システイン UGC } UGA (終止) UGG トリプトファン	U C A G
C	CUU } CUC } ロイシン CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } CAG } グルタミン	CGU } CGC } アルギニン CGA } CGG }	U C A G
A	AUU } AUC } イソロイシン AUA } AUG } メチオニン	ACU } ACC } ACA } ACG } トレオニン	AAU } アスパラギン AAC } AAA } リシン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } AGG } アルギニン	U C A G
G	GUU } GUC } バリン GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン GCA } GCG }	GAU } アスパラギン酸 GAC } GAA } GAG } グルタミン酸	GGU } GGC } グリシン GGA } GGG }	U C A G

2

次の文を読み以下の設問に答えよ。

ガの一種であるメイガの幼虫や成虫の眼には黒色の色素が含まれている。色素の合成には遺伝子 A から作られる酵素が必要であるが、この酵素を全く作ることができない突然変異体では黒色の色素を合成できない。突然変異体が持つ対立遺伝子 a は正常な遺伝子 A に対して劣性である。色素合成におけるこの遺伝子のはたらき方を調べるため、以下のような実験を行った。

【実験 1】 遺伝子型 aa のメスと Aa のオスを交配すると、卵からかえった直後のすべての幼虫の眼には黒色の色素が含まれていなかった。一方、遺伝子型 Aa のメスと aa のオスを交配すると、卵からかえったすべての幼虫の眼には黒色の色素が含まれていた。⁽¹⁾

【実験 2】 遺伝子型 Aa のメスと aa のオスを交配して得られた幼虫を成虫まで飼育すると、幼虫の 50 % は成虫になっても眼に黒色の色素が含まれていたが、残りの 50 % では眼から徐々に色素が失われた。⁽²⁾

【実験 3】 遺伝子 A を持つ幼虫から眼を取り出し、色素を全く合成できない突然変異体のメス幼虫に移植した。移植をうけたメスが成虫になったとき、色素を全く合成できない突然変異体のオスと交配すると、卵からかえったすべての幼虫の眼には黒色の色素が含まれていた。⁽³⁾

1. 下線部(1)の理由について説明せよ。
2. 下線部(2)の理由について説明せよ。
3. 下線部(3)の理由について説明せよ。

4. 下線部(3)の幼虫を成虫まで飼育した場合に眼の色素はどうか，考えて理由とともに答えよ。

3

次の文を読み以下の設問に答えよ。

腎臓はネフロン(図1)の集合体であり、血液から様々な物質をろ過して尿を生成する器官である。バソプレシンは尿の生成に関与するが、腎臓にあるタンパク質 X に変異があるとバソプレシンの作用が変化する。腎臓におけるバソプレシンとタンパク質 X の機能を解析するため、以下のような実験を行った。

【実験1】 図1のDの領域の管を切り取り、等張液に浸した。次に、管Dの片側より等張液に溶かした色素を注入して内側を満たした。管Dの両端は、液がもれないように閉じた。その後、外側の等張液(外液)を高張液と交換したところ、図2のように管D内の色素濃度がわずかに高くなる⁽¹⁾のが観察された。ただし、色素自体は管Dを透過しないことがわかっている。

【実験2】 実験1と同様に、管Dに色素を注入した。次に、外液をバソプレシン⁽²⁾を含む高張液と交換すると色素濃度が高くなり、その後バソプレシン⁽³⁾を含む等張液と交換すると色素濃度は元の濃度まで下がった(図3)。

【実験3】 管Dを構成する細胞におけるタンパク質 X の分布を調べた。バソプレシンで処理しない場合は図4の左のように分布しており、バソプレシンで処理するとバソプレシン受容体が活性化しタンパク質 X の分布は図4の右のようになった。

1. 図1のA—Dのそれぞれの名称を答えよ。
2. 下線部(1)の理由を説明せよ。
3. 下線部(2)の理由を説明せよ。
4. 下線部(3)の理由を説明せよ。

5. 実験 1 ~ 3 から、タンパク質 X はどのように機能すると考えられるか。
6. タンパク質 X が機能しているときと比較して、タンパク質 X が変異によって機能しなくなった場合に尿にどのような変化が生じると考えられるか。
7. タンパク質 X の名称を答えよ。

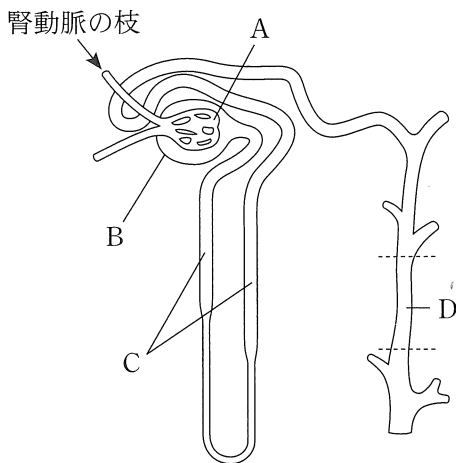


図1 ネフロン構造

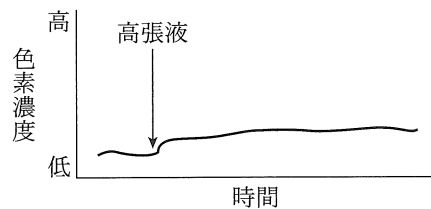


図2 管内の色素濃度の変化

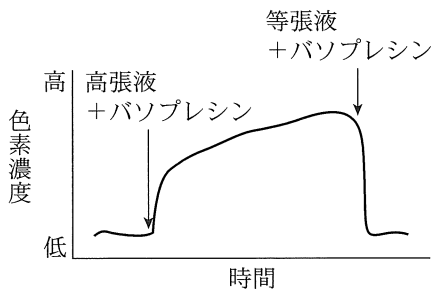


図3 管内の色素濃度の変化

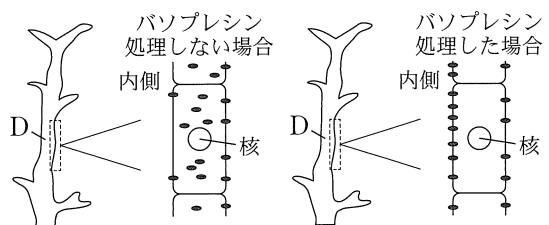


図4 バソプレシンによるタンパク質 X (黒い点) の分布の変化

4 次の文を読み以下の設問に答えよ。

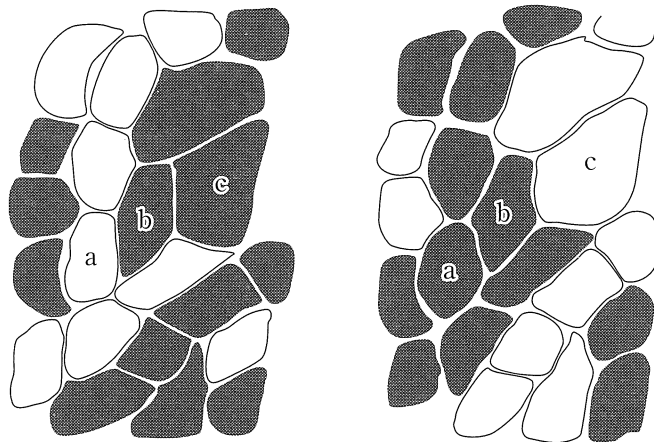
骨格筋を構成する筋繊維は、収縮や代謝の違いによっていくつかのタイプに分けられる。収縮のしかたからは、素早く高頻度で収縮する速筋繊維と、ゆっくりと低頻度で収縮する遅筋繊維とに分けられる。筋収縮のエネルギーにはATPが使われる。ATP分解酵素の活性が高いほど筋繊維の収縮速度は大きく、高頻度で収縮できる。

また筋繊維には、主として解糖によりATPを生成するタイプと、主として酸化的リン酸化⁽¹⁾によってATPを生成するタイプがある。後者のタイプはこの反応過程⁽²⁾に関わる脱水素酵素の活性が高い。解糖は酸化的リン酸化と比べて単位時間あたりのATP生成能は高いが、筋繊維内のグルコースやグリコーゲンがすぐに枯渇するためATP生成が長くは続かない。その結果、筋繊維は収縮できなくなり容易に疲労する。一方、酸化的リン酸化によってATPを生成する筋繊維は疲労しにくい。

筋繊維にはヘモグロビンとよく似た機能を持つタンパク質⁽³⁾が含まれている。このタンパク質を多く含む筋を赤筋、少ない筋を白筋とよぶ。成長段階や環境の変化によって海洋を移動する回遊魚の中には、赤筋を多く持つものがある。このよ⁽⁴⁾うな魚の遊泳中の筋の活動を記録すると、ゆっくりとした動きによる長時間の遊泳では、赤筋は持続的かつ周期的に活動していたが、白筋の活動はほとんど観察されなかった。一方、逃避行動や捕食行動のような素早い動きを魚が示したときには、白筋の急激な活動が記録された。

1. 図1は、ある筋の同じ部位の断面を示しており、左はATP分解酵素の活性が高い筋繊維を、右は脱水素酵素の活性が高い筋繊維を染色したもので、それぞれ黒い部分が酵素活性の高いものである。図中のa, b, cの筋繊維は、1—(1)筋収縮の速さ、1—(2)ATP生成のしかた、また1—(3)疲労のしやすさに関して、どのようなタイプの筋繊維と考えられるか。それぞれの項目ごとに、解答欄のふさわしいものを丸でかこめ。

2. 図1の a, b, c の筋繊維のうち、マラソン選手の下肢の筋に少ないと考えられるものはどれか、一つ選んで理由とともに答えよ。
3. 下線部(1)の反応が起こる細胞小器官の名称を答えよ。
4. 下線部(2)の酵素反応の過程で何が共通して受け渡されるか、2つ答えよ。
5. 下線部(3)のタンパク質の名称を答えよ。
6. 下線部(4)に関して、赤筋と白筋は、それぞれ図1の a, b, c のどれを最も多く含むと考えられるか、解答欄のふさわしい記号一つを丸でかこみ理由とともに答えよ。



A ATP分解酵素の活性

B 脱水素酵素の活性

図1 筋組織の同じ部位を異なる酵素活性を基に染色したもの