

令和4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、10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。

アドレナリンが細胞に情報を伝達する様式を解析するため、正常細胞と、アドレナリンの情報伝達にかかわるタンパク質 A、B にそれぞれ変異を持つ細胞(変異細胞 A、B) の 3 種類の細胞を用いて以下の実験を行った。

【実験 1】 3 種類の細胞を培養しアドレナリンを培養液に加え、ATP から合成されるセカンドメッセンジャー<sup>(1)</sup>の量を測定したところ、正常細胞でのみこの物質が増加した。

【実験 2】 3 種類の細胞をすりつぶし、それぞれの細胞の破碎液を作製した。この破碎液にアドレナリンを加えたところ、正常細胞の破碎液でのみ下線部(1)の物質の量が増加した。

【実験 3】 3 種類の細胞を培養し、放射性同位体で標識されたアドレナリンを培養液に加えた。それぞれ細胞を回収した後すりつぶし、破碎液を細胞膜の成分と細胞質基質の成分とに分離した。標識されたアドレナリンは、正常細胞と変異細胞 B の細胞膜成分に確認されたが、変異細胞 A ではいずれの成分にも確認されなかった。また、タンパク質 B は正常なものも変異したものも細胞質基質成分に含まれることが確認された。下線部(1)の物質を合成する酵素は、すべての細胞の細胞膜成分に存在した。

【実験 4】 3 種類の細胞の細胞質基質成分にそれぞれアドレナリンを加えたところ、いずれの場合も下線部(1)の物質の量の増加はみられなかった。一方で、変異細胞 B の破碎液と正常細胞の細胞質基質成分を混合し、さらにアドレナリンを加えると、下線部(1)の物質の量が増加した。

1. 下線部(1)の物質の名称を答えよ。
2. アドレナリンの情報伝達において、正常なタンパク質 A はどのようなはたらきをもっていると考えられるか、実験結果から理由とともに答えよ。
3. アドレナリンの情報伝達において、正常なタンパク質 B はどのようなはたらきをもっていると考えられるか、実験結果から理由とともに答えよ。
4. 変異細胞 A の細胞質基質成分と変異細胞 B の破碎液を混合し、さらにアドレナリンを加えた場合、下線部(1)の物質の量はどうなると考えられるか、理由とともに答えよ。

2 次の文を読み以下の設問に答えよ。

大腸菌は通常グルコースを栄養源とすることで生育する。一方、培地にラクトースしか存在しない場合でも、ラクトースを代謝することによって生育することができる。ラクトースの代謝には、大腸菌の染色体に存在する複数の遺伝子 ( $I$ ,  $Z$ ,  $Y$ ) の働きが必要である。 $Z$ からはラクトースを分解する酵素であるラクターゼが、 $Y$ からはラクトースの取り込みに必要な透過酵素がそれぞれ産生される。 $Z$ と $Y$ の発現はオペレーター( $O$ )によって調節されている。また、こうした酵素の遺伝子やオペレーターを持つプラスミドを大腸菌に導入すると、<sup>(1)</sup>プラスミドに組み込まれた遺伝子からラクトース代謝に必要な酵素を大腸菌の中で産生させることができる。

ラクトースの代謝に関わる遺伝子の発現の仕組みを調べるため、染色体あるいはプラスミドに存在する  $I$ ,  $O$ ,  $Z$  に変異を持つ大腸菌(変異体1~4)を用いて実験を行った。培地にラクトースが無い状態と有る状態でのラクターゼおよび透過酵素の産生の有無を調べると、表1のような結果になった。 $I'$ ,  $O'$ ,  $Z'$  はそれぞれ変異した遺伝子あるいはオペレーターをあらわす。また、 $Z'$ からは不活性なラクターゼが産生される。

1. 下線部(1)に関して、一般的にプラスミドを用いて遺伝子を発現させることにより細菌の性質が変化する現象を何と呼ぶか。
2. 遺伝子  $I$  からつくられるタンパク質はどのようなはたらきを持っていると考えられるか、実験の結果をふまえて答えよ。
3. 変異体2において、ラクトース無しの条件で3種の酵素(正常ラクターゼ、不活性ラクターゼ、透過酵素)の産生が見られなかったのはなぜか、理由を答えよ。

4.  $O$  から  $O^c$  への変異によってオペレーターの本来的はたらきはどのように変化したと考えられるか、理由とともに答えよ。

表1 野生型および変異体の大腸菌によるラクターゼと透過酵素の産生  
(○、× はそれぞれ酵素産生の有無をあらわす)

大腸菌	遺伝子型		ラクトース無し			ラクトース有り		
	染色体	プラスミド	正常 ラクターゼ	不活性 ラクターゼ	透過 酵素	正常 ラクターゼ	不活性 ラクターゼ	透過 酵素
野生型	$I, O, Z, Y$	なし	×	×	×	○	×	○
変異体 1	$I^-, O, Z', Y$	なし	×	○	○	×	○	○
変異体 2	$I^-, O, Z', Y$	$I, O, Z, Y$	×	×	×	○	○	○
変異体 3	$I^-, O, Z', Y$	$I, O^c, Z, Y$	○	×	○	○	○	○
変異体 4	$I, O, Z', Y$	$I^-, O^c, Z, Y$	○	×	○	○	○	○

3 次の文を読み以下の設問に答えよ。

多くの脊椎動物では、様々な免疫にかかわる細胞を分化、成熟させる免疫器官が存在している。免疫の仕組みを調べるために以下の実験を行った。

【実験 1】 2匹のマウスを用意し、一方のマウスに別のマウスの皮膚を移植したところ、その移植片は脱落した。<sup>(1)</sup>その後、皮膚移植を試みたマウスに再び皮膚を移植したところ、1回目の移植実験の時よりも短時間で脱落した。

【実験 2】 ニワトリにおける主要な免疫器官として、肛門付近に存在するファブリキウス嚢(のう)と心臓の上部に存在する胸腺がある。ファブリキウス嚢を摘出すると、このニワトリは抗体を産生することができなくなった。次に、このニワトリに他の個体から採取した皮膚を移植したところ、この移植片は定着することなく脱落した。一方、卵からかえった直後に胸腺を摘出したニワトリにも同様に他の個体から皮膚を移植したところ、この移植片は拒絶されることなく、定着した。<sup>(3)</sup>

1. 下線部(1)のような拒絶反応にかかわる免疫の仕組み、および下線部(2)にかかわる免疫の仕組みを表す用語をそれぞれ答えよ。
2. 実験 1 の 2 回目の移植実験では、1回目よりも短時間で移植片が脱落したのはなぜか、説明せよ。
3. 下線部(2)について、ヒトでは抗体の産生を担う B 細胞は骨髄において分化、成熟することが知られている。抗体は通常自己の構成成分に反応することはない。この状態を表す用語を答え、この現象が成立する仕組みを説明せよ。
4. 下線部(3)について、移植した皮膚はなぜ拒絶されなかったのか、「胸腺」「T 細胞」「主要組織適合性複合体抗原(MHC 抗原)」の用語をすべて用いて説明せよ。





4 次の文を読み以下の設問に答えよ。

哺乳類の心臓は、骨格筋と同様に横紋筋でできているが、自発的、持続的な収縮を繰り返すため、骨格筋とは異なった興奮(活動電位の発生)の仕組みを持っている。図1は、心臓の自発的興奮を発生し伝導する構造と、心臓各部位での興奮を示している。自発的な興奮は、右心房内面で上大静脈との境界近くにある(A)で生じ、この興奮により心臓の拍動のリズムが制御される。ここで生じた興奮は心房全体を伝わり、房室結節に達したのち、さらに特殊な心筋を経由して心室に伝わる。心筋細胞には、細胞間の結合部位にイオンなど低分子の物質が直接隣の細胞に通過できる構造があり、興奮が迅速に伝わるため調和のとれた収縮を行うことができる。心房と心室の間の興奮は、房室結節にある特殊な心筋によってのみ伝えられる。房室結節の興奮の伝導速度は小さいので、心室の収縮の開始は心房の収縮より0.12~0.2秒程度遅れる。

心室の筋細胞で生じる活動電位は、図1の(B)に示すようにその脱分極が長く続く特徴がある。心室の筋細胞にも活動電位が発生している間に次の刺激を与えても興奮しない不応期がみられる。心室の筋細胞の不応期は0.2秒以上と非常に長く再分極の後半まで続くため、骨格筋とは異なり強縮は起こりにくい。この仕組みは、心臓がその役割を果たすために重要なものである。

図2には、(A)の細胞でみられる電位変化と、その過程でみられる4種類の主要なイオンチャネルが活性化するタイミングを示している。(A)には、特殊な電位依存性イオンチャネルが存在し、過分極により開いてNa<sup>+</sup>などの陽イオンが細胞内に流入する。このため膜電位が過分極になると、このイオンチャネルの活性化で膜電位がわずかに+側へ変化する。これに続いて、2種類の電位依存性カルシウムチャネルが順番に開いて脱分極し、閾値に達するとCa<sup>2+</sup>に依存した活動電位が生じる。活動電位がピークに達すると、電位依存性カリウムチャネルが開いてK<sup>+</sup>が流出して膜電位が再分極する。これを繰り返すことにより、(A)では周期的な興奮が生じる。

(A)で発生する興奮の頻度は、心臓に分布する神経の末端から放出されるアセチルコリン(Ach)とノルアドレナリンにより調節されている。いずれも、イオン

チャンネルの活性を変え、興奮の周期を変える。Achが(A)の細胞を刺激すると、特殊なカリウムチャンネルが開き $K^+$ が流出する。その結果、図3に示すように(A)では過分極電位が低くなり興奮の周期が長くなる。<sup>(7)</sup>

1. 下線部(1)の(A)の名称を答えよ。
2. 下線部(2)で述べている細胞間の結合を何というか答えよ。
3. 下線部(3)で、心房と心室の収縮のタイミングがずれることは、心臓のはたらきにどのような意味があるか説明せよ。
4. 下線部(4)について、なぜ重要なのか理由を述べよ。
5. 下線部(5)で述べているイオンチャンネルは、図2の(a)~(d)のどれに当てはまるか、解答欄に記号で答えよ。
6. 下線部(6)で述べている物質を放出する神経をそれぞれ答えよ。

7. 下線部(7)にあるように, Ach の刺激で特殊なカリウムチャネルが開くとなぜ図3のように興奮の周期が長くなるのか, 再分極した後の過分極電位が下がることに着目して説明せよ。

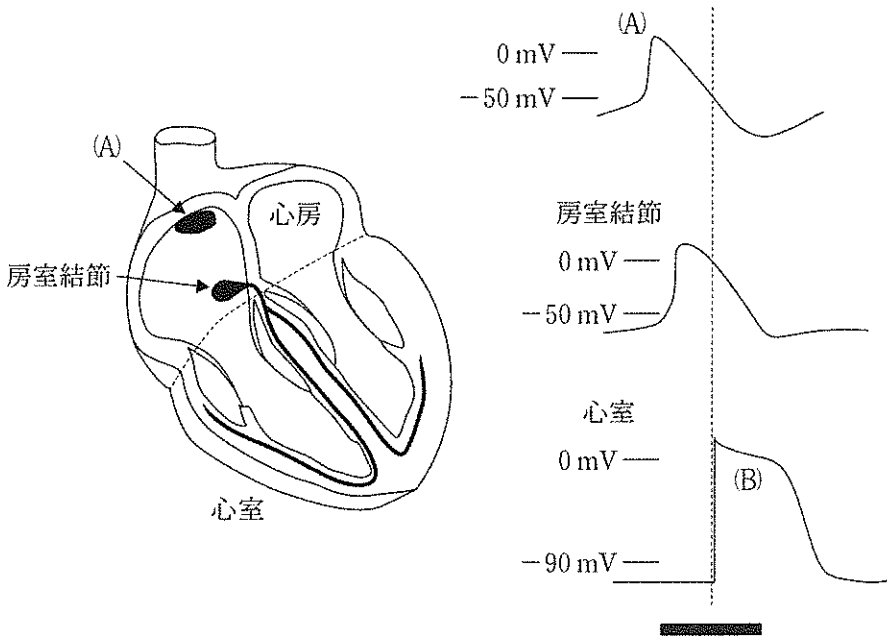


図1 心臓と心臓各部位で見られる興奮。縦の破線は(A)の興奮から遅れて心室の筋が興奮することを示す。太い横線は0.25秒を示す。

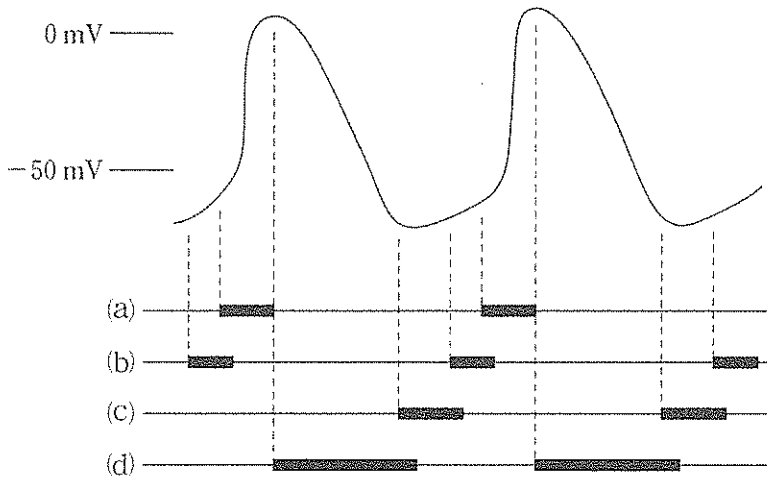


図2 (A)で発生する周期的な興奮と、この発生に関わる(a)から(d)の4つのイオンチャンネルのはたらき。太い横線はイオンチャンネルが活性化している期間を、縦線の破線は活性化し始めるタイミングを示す。活動電位の最大値は一定の値をとる。

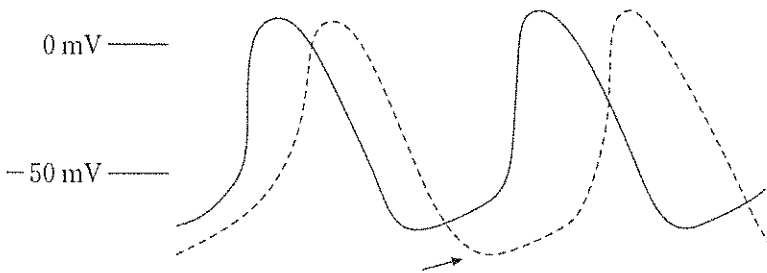


図3 Achによる(A)で発生する周期的な興奮の変化。実線はAch刺激前、破線は刺激後の電位を示す。矢印はAchの作用による過分極電位を示す。活動電位の最大値は一定の値をとる。





