

生 物 (その1)

第1問 ヒトの細胞周期に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

(1) 細胞分裂が盛んに起こっている体細胞では、DNA合成準備期 (G₁期)、DNA合成期 (S期)、分裂準備期 (G₂期)、分裂期 (M期) からなる細胞周期が進行している。M期はさらに前期、中期、後期、終期に分けることができる。M期以外のG₁期、S期、G₂期を合わせて間期とよぶ。間期の細胞は顕微鏡下で観察すると一見同じに見えるが、S期にはDNA複製により細胞のもつDNA量が2倍になるため、間期にある細胞のDNA量を測定すれば細胞周期のどの時期であるかを判定することができる。一般に、分化した体細胞の多くでは (2) 細胞分裂は起こらず細胞周期は進行していないが、状況の変化により再び細胞周期の進行が開始することがある。

分化した正常な体細胞とは異なり、がん細胞は細胞分裂が盛んである。そこで、(3) 細胞周期のさまざまなタイミングで作用して細胞分裂を止める抗がん剤が多く開発されてきた。ところが、(4) そのような抗がん剤は副作用の強いものが多いため、副作用の少ない治療法の開発が常に続けられている。

問1 下線部(1)について、

i) 一般に細胞周期が進行している細胞では、M期直後のG₁期から次のM期に入るまでに細胞の大きさは約2倍に成長する。これとは異なり、細胞の大きさの成長を伴わずに起こる体細胞分裂には何があるか、名称を記せ。

ii) M期に見られる特徴について、次の①～⑤から適当なものをすべて選び、番号で記せ。

- ① 相同染色体の対合が起こる。
- ② 紡錘糸が染色体のテロメア周辺に形成される動原体と結びつく。
- ③ すべての染色体に紡錘糸が付着し、染色体が赤道面に並ぶ。
- ④ アクチンフィラメントとミオシンからなる紡錘糸が形成される。
- ⑤ 核膜は前期で一旦消失し、終期に再び形成される。

iii) 紡錘糸形成の起点は何か、名称を記せ。

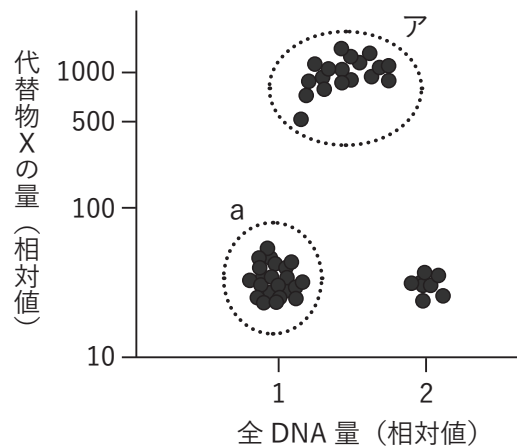
生 物 (その2)

問2 チミジン（塩基としてチミンをもつヌクレオシド）代替物を増殖中の培養細胞の培地に加えると、複製により新たに合成される DNA 鎖にチミジンの代わりに取り込まれる。細胞周期が 24 時間で一周する培養細胞 A を用いて以下の【実験 1】～【実験 3】を行った。ただし、各細胞が細胞周期のどの時期にあるかはランダムとする。

【実験 1】

培養細胞 A の培地にチミジン代替物 X を加えて短時間培養した後に X を洗い流し、細胞を一定数採取し、固定した。細胞ごとに代替物 X の量と全 DNA 量を測定した結果を図 1 に示す。図 1 の各丸（●）は細胞ごとの測定値を表し、全 DNA 量については点線で囲まれた a の領域の細胞集団の平均値を 1 とする。ただし、X を洗い流した時点で、複製中の DNA に取り込まれずに細胞質に残存した X の量は 100 未満の値として検出される。また、X を加えて培養する時間は細胞周期に比べて十分に短いものとする。

図 1



令和5年度大学入学共通テスト 理科 生物基礎(本試験)よりデータを改変

- i) この実験において、アデノシン（塩基としてアデニンをもつヌクレオシド）、グアノシン（塩基としてグアニンをもつヌクレオシド）、シチジン（塩基としてシトシンをもつヌクレオシド）ではなくチミジンの代替物を用いるのはどうしてか、簡潔に記せ。
- ii) 図 1 において、点線で囲まれた A の領域の細胞は細胞周期のどの時期にあるか。次の ①～④ から適当なものをすべて選び、番号で記せ。

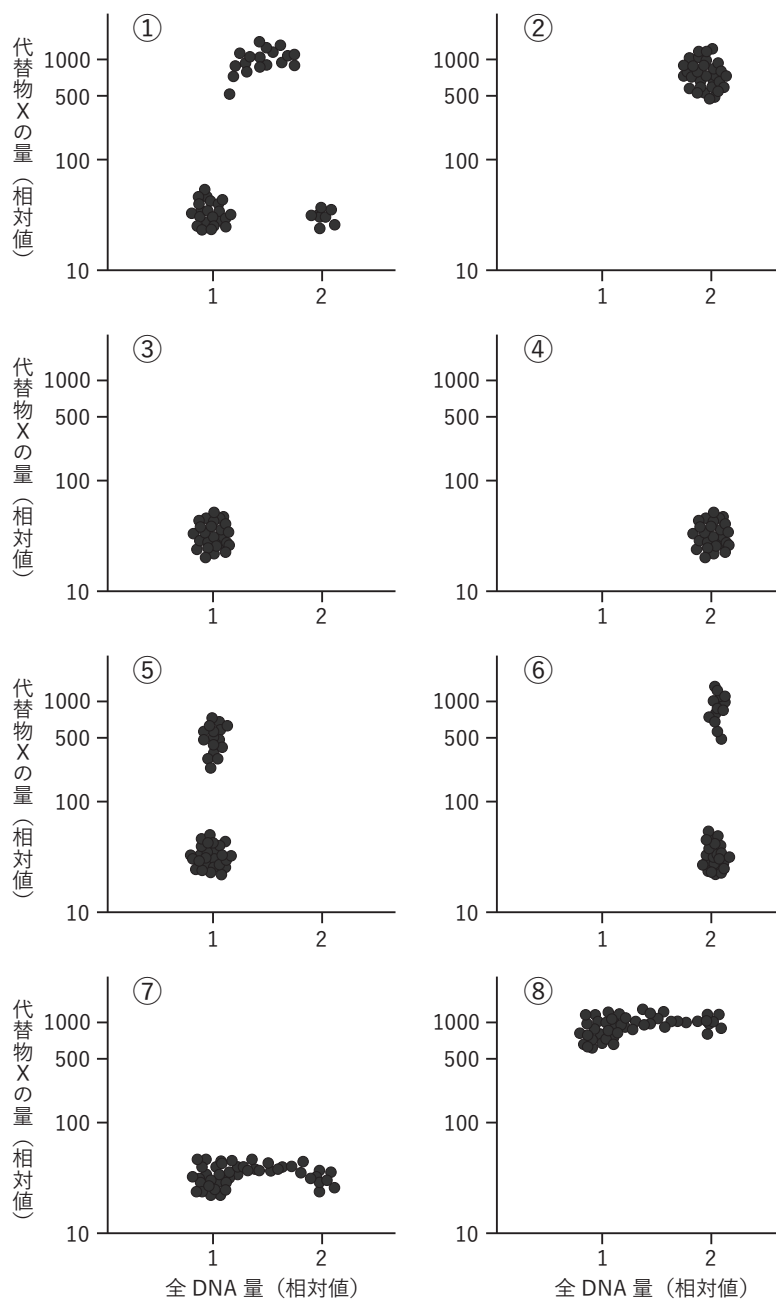
- ① G₁ 期 ② S 期 ③ G₂ 期 ④ M 期

生 物 (その3)

【実験2】

培養細胞 A の培地に薬剤 B を添加すると細胞は G₂ 期から M 期に移行できなくなる。実験 1 と同様に X を加えて短時間培養した後、X を洗い流し、X を含まず薬剤 B を含む培地に置換して 24 時間培養した。その後、細胞を一定数採取・固定し、細胞ごとに X の量と全 DNA 量を測定した。

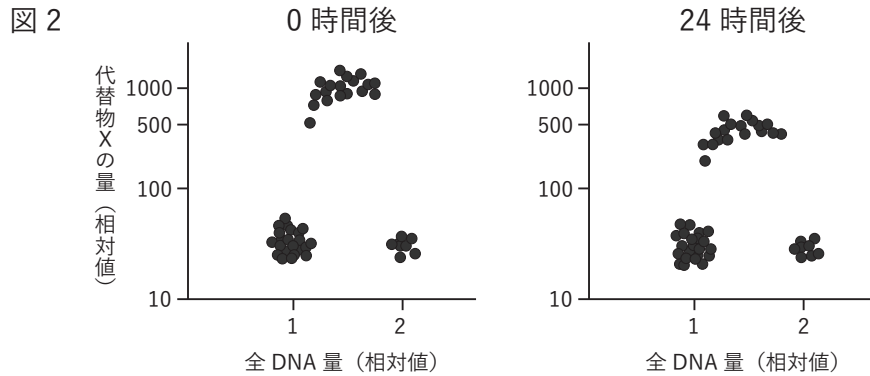
iii) どのような結果が得られるか。次の ① ~ ⑧ から最も適当なものを 1 つ選び、番号で記せ。



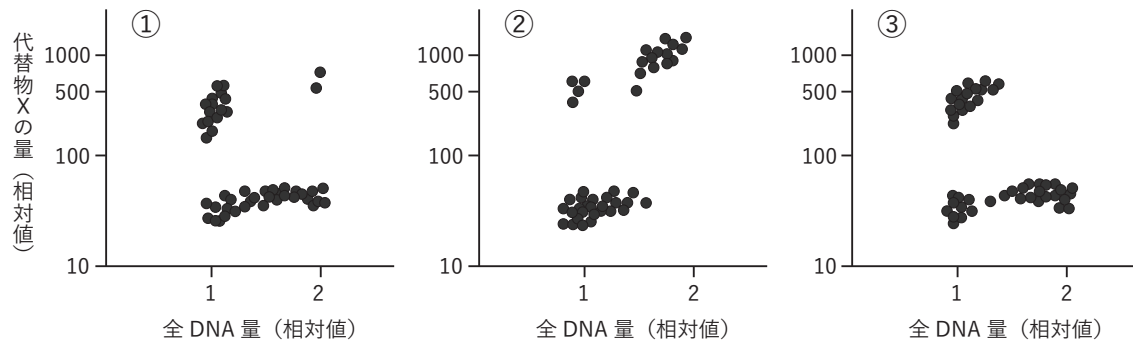
生 物 (その4)

【実験3】

実験1と同様に培養細胞Aの培地にXを加えて短時間培養した後、Xを洗い流し、Xを含まない通常培地に置換して培養を継続した。通常培地に置換した時点をも0時間とし、0、6、12、18、24時間後に一定数の細胞を採取・固定し、細胞ごとにXの量と全DNA量を測定した。0時間後と24時間後の結果を図2に示す。



iv) 6、12、18時間後ではどのような結果が得られるか。次の①～③から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。



生 物 (その5)

問3 下線部(2)について、

- i) このように細胞周期が進行していない細胞の状態を何期とよぶか、用語で記せ。
- ii) i) の状態にある細胞集団に対して実験1と同じ実験を行った。その結果はどのようなになるか。問2 iii) の①～⑧から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。
- iii) このような細胞が再び細胞周期の進行を開始する例を1つ記せ。ただし、発がんの過程は除く。

問4 下線部(3)について、

- i) ある抗がん剤Cはチューブリンに結合してそのはたらきを阻害することで効果を発揮する。抗がん剤Cを添加された細胞は細胞周期のどこで停止するか。次の①～⑤から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- ① G₁ 期 ② S 期 ③ G₂ 期
④ M 期 ⑤ G₁ 期およびS 期

- ii) ある抗がん剤Dを添加されると細胞はG₁期からS期に移行できなくなる。問2で用いた培養細胞Aの培地に抗がん剤Dを添加し、顕微鏡下で観察しつつ培養を継続したところ、ある時点を境にM期の細胞が見られなくなった。それは何時間後か。抗がん剤Dを添加した時点を0時間として、数値を記せ。ただし、培養細胞AのG₁期、S期、G₂期、M期はそれぞれ11時間、9時間、3時間、1時間とする。

問5 下線部(4)について、細胞周期を標的とした抗がん剤を使った場合に、副作用が出やすいと考えられる部位はどこか。次の①～⑤から適当なものを2つ選び、番号で記せ。

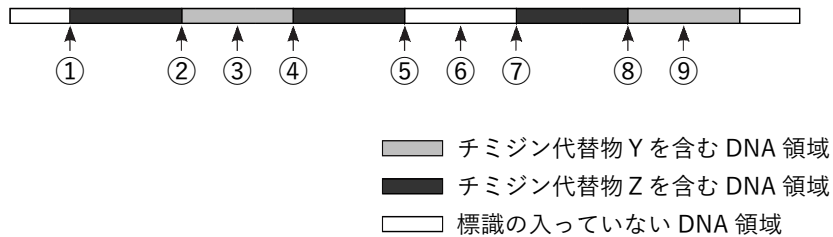
- ① 脊髄 ② 骨髄 ③ 大脳 ④ 小腸 ⑤ 骨格筋

生 物 (その6)

問6 DNAの複製について、次の実験を行った。増殖中の培養細胞の培地にチミジン代替物Yを加えて一定時間培養した。その直後にYを洗い流し、チミジン代替物Zを含む培地に置換してさらに同じ時間培養した。この細胞からDNAの一部を取り出し、スライドガラス上に引き伸ばした後、取り込まれたY、Zをそれぞれ識別できる方法を用いて検出した。その結果を図3に模式的に示す。

複製起点はどこと考えられるか。次の①～⑨から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。ただし、DNAの複製速度は一定であるとする。

図3



生 物 (その7)

第2問 ヒトの血液循環に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ヒトは血液を体内で循環させることで各種物質の輸送を行っている。循環器系の発生は胎生期の初期から始まり、受精後4週頃には⁽¹⁾ 心臓の原基が拍動を開始する。

血液循環において、心臓はポンプの役目を果たしている。心臓は自発的に規則正しく拍動を繰り返し、これを自動性とよぶ。心臓の自動性は洞房結節が一定のリズムで興奮することで生まれる。⁽²⁾ 洞房結節は自律神経の支配を受け、それにより心臓の拍動リズムが調節されている。この拍動は、体表近くを走向する動脈の脈拍として触れることができる。

心臓には左右それぞれに心房と心室がある。心房と心室の間には房室弁が、心室と動脈の間には動脈弁が存在し、血液の逆流を防いでいる。⁽³⁾ これらの弁の開閉状態は、弁をはさんだ両側にある血液の圧力差によって決まる。これにより、心臓内の血液は心房、心室、動脈の順に流れていく。

左心室と大動脈の間に位置する大動脈弁が機能不全になった心臓に対して、機能不全の大動脈弁の代わりに人工弁を装着する治療法がある。この治療法では、⁽⁴⁾ 体表から血管に針を刺してカテーテル^(*)を挿入し、このカテーテルを用いてあらかじめ折りたたんでおいた人工弁を大動脈弁の部位まで到達させることで、開胸せず、また心臓を傷つけたり刺したりすることもなく人工弁を装着することができる。

(*) カテーテルとは血管の中に入れることのできる細い管のこと。この中に各種治療器具を入れ、血管を経由して目的の部位まで治療器具を運ぶことができる。

問1 下線部(1)について、心臓はどの胚葉に由来するか。次の①～③から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- ① 外胚葉 ② 内胚葉 ③ 中胚葉

問2 下線部(2)について、

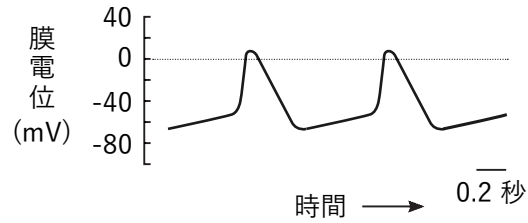
i) 心臓に入る交感神経、副交感神経は中枢神経系のどこから出るか。次の①～⑤から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

- ① 大脳 ② 中脳 ③ 小脳 ④ 延髄 ⑤ 脊髄

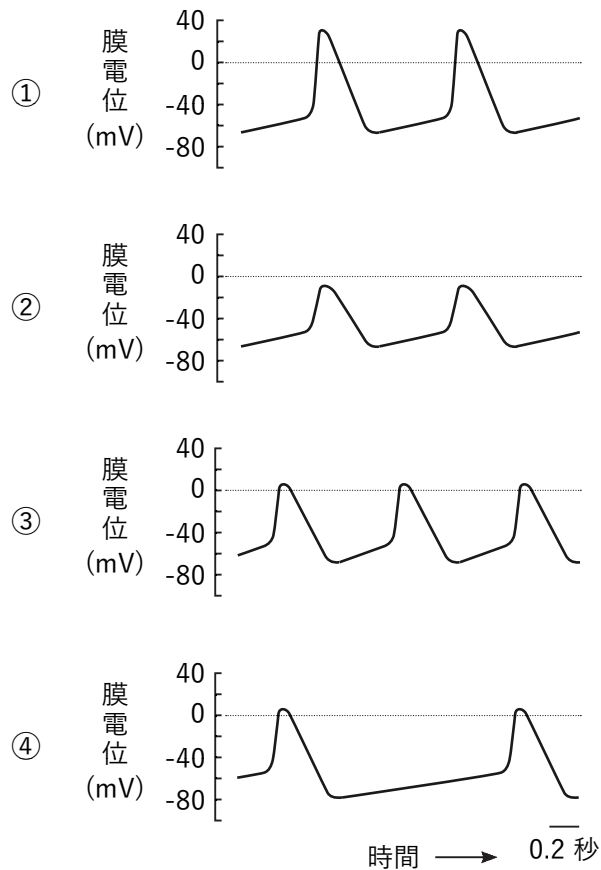
生 物 (その8)

- ii) 洞房結節を構成する細胞は特殊な心筋細胞で、一定のリズムで興奮している。
平常時におけるある時点での洞房結節の細胞の膜電位変化を図4に示す。

図4

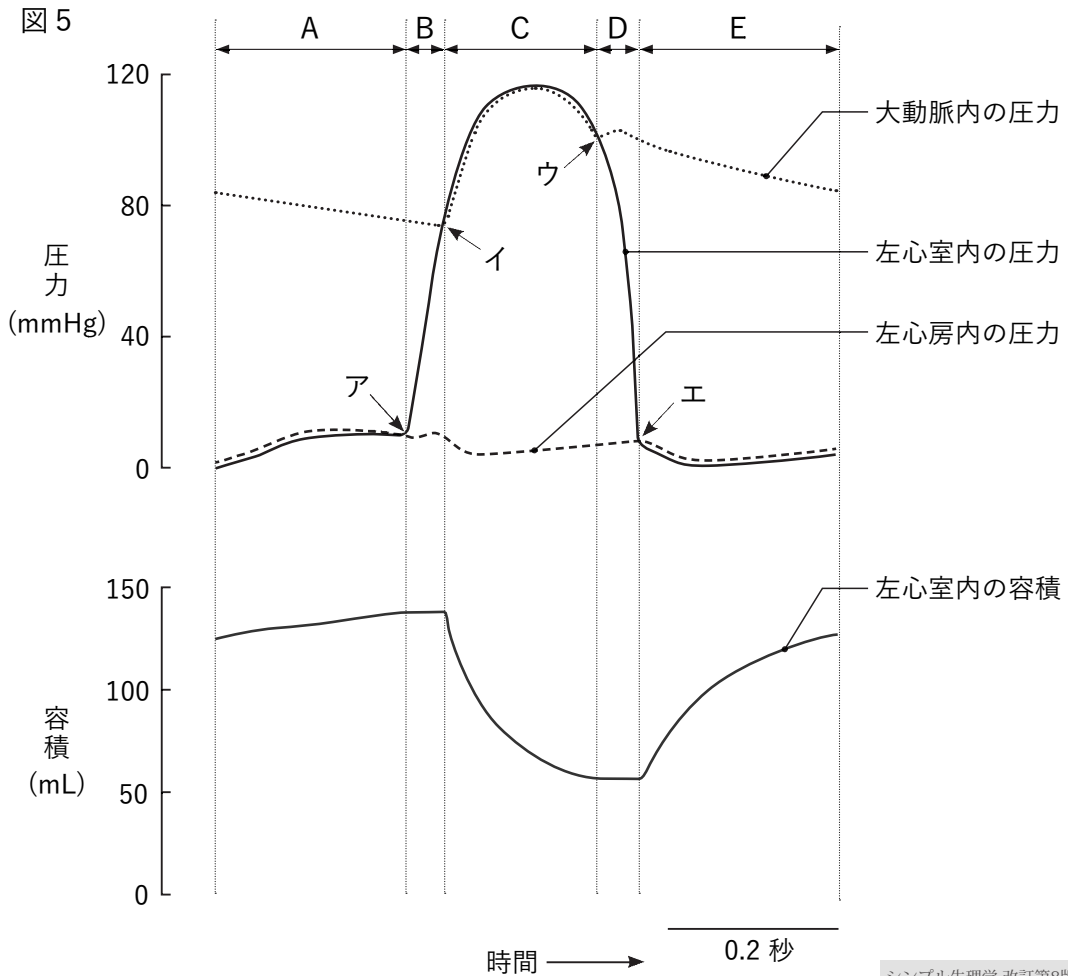


この洞房結節の細胞に副交感神経の刺激が伝わったとき、図4の波形はどのように変化するか。次の①～④から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

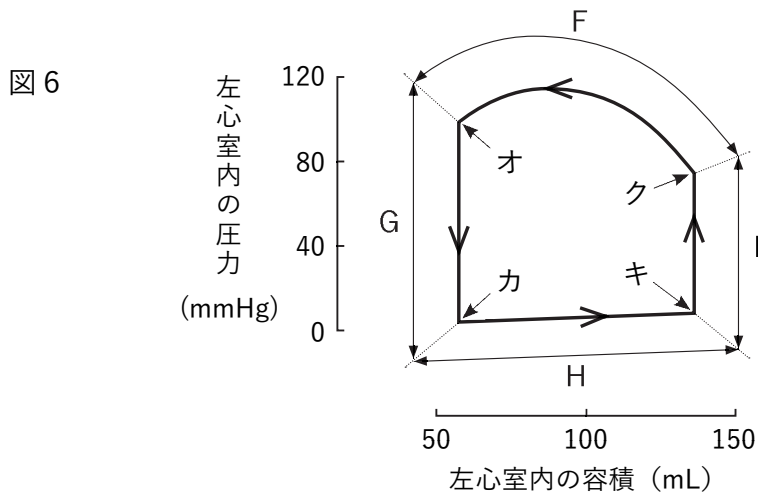


生 物 (その9)

問3 下線部(3)について、平常時の心臓の1回の拍動サイクルにおける大動脈内、左心室内、左心房内のそれぞれの圧力と左心室内の容積の変化を図5に、左心室内の容積と圧力の関係を図6に示す。ただし、図6の矢印(→)は拍動サイクルの進行方向を表している。



シンプル生理学 改訂第8版, 株式会社南江堂



生 物 (その10)

i) 図5のBの期間における左心室はどのような状態か。次の文の(a)～(e)で、最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

左心室内の圧力は(a:①上昇 ②下降)しているが、左心室内の容積は(b:③大きくなる ④小さくなる ⑤変化しない)。このとき、(c:⑥左心房 ⑦左心室 ⑧大動脈)内の圧力は(d:⑨左心房 ⑩左心室 ⑪大動脈)内の圧力よりも小さく、大動脈へ血液の拍出が(e:⑫起こる ⑬起こらない)。

ii) 図5のBの期間は図6のどの期間に対応するか。F～Iから最も適当なものを1つ選び、記号で記せ。

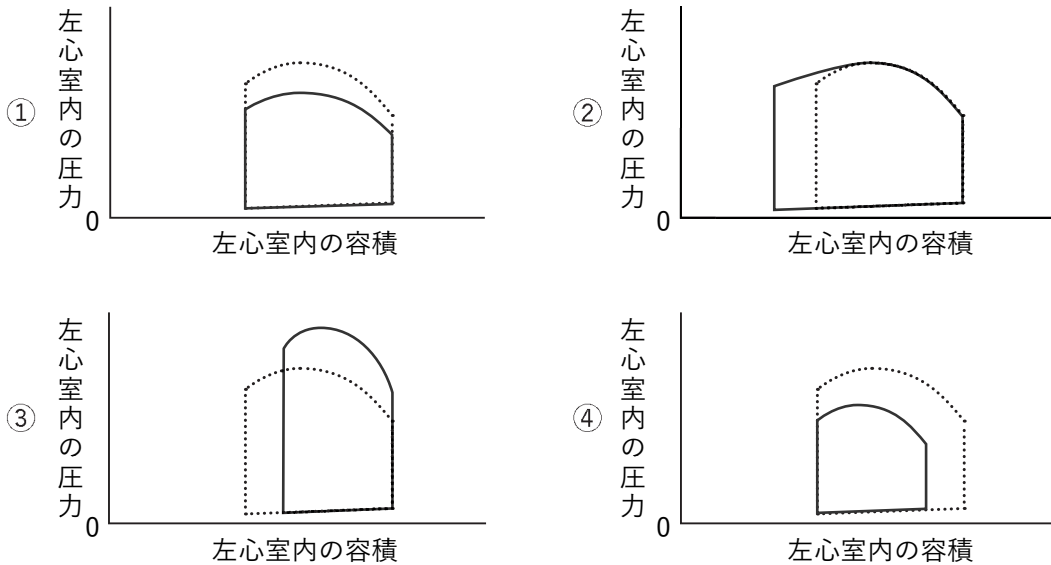
iii) 大動脈弁が閉じるタイミングはどの時点か。図5のア～エ、図6のオ～クから最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、記号で記せ。

iv) 図5において、左心室に血液が流入する期間はどれか。A～Eから適当なものをすべて選び、記号で記せ。また、その期間は図6ではどれか。F～Iから最も適当なものを1つ選び、記号で記せ。

v) 1回の拍動サイクルで左心室から拍出される血液量はおよそいくらか、数値を記せ。

生 物 (その11)

問4 動脈の硬化が原因で血圧が上昇しているとき、左心室内の容積と圧力の関係はどのようになるか。次の①～④から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。ただし、心筋の収縮力には変化はないものとする。また、点線は正常な場合の関係を示しており、図6と同じものである。



問5 下線部(4)について、このとき針を刺してカテーテルを挿入する血管はどれか。次の①～⑤から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- ① 内頸静脈 (首の浅層に位置し、頭や首からの血液を心臓に送る血管)
- ② 肺動脈 (心臓から肺に血液を送る血管)
- ③ 肝門脈 (消化管からの血液を肝臓に送る血管)
- ④ 大腿動脈 (下肢に位置し、脈拍を触れることができる血管)
- ⑤ 肘正中皮静脈 (肘の内側に位置し、採血や静脈注射でよく使用される血管)

生 物 (その12)

第3問 オペロンに関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ゲノムには多くの遺伝子が含まれるが、細胞はすべての遺伝子を発現するのではなく、必要なときにだけ、あるいは特定の細胞でのみ発現するものも数多く存在する。遺伝子の発現調節の多くは転写の段階でなされる。一般に、真核生物では遺伝子ごとにプロモーターが存在して個々に発現を調節しているが、原核生物の大腸菌では複数の遺伝子を1つのプロモーターで一括して調節するオペロンを構築していることも多い。

大腸菌は、増殖に必要なトリプトファンが生育環境中に不足し始めると、トリプトファンオペロン (trp オペロン) を発現させてトリプトファン合成酵素群 (酵素1~3) を産生し、前駆体からのトリプトファン合成を開始する (図7)。オペロンの転写を制御する DNA の塩基配列をオペレーターとよび、オペレーターに結合するタンパク質を調節タンパク質とよぶ。調節タンパク質は、転写を促進する場合はアクチベーター、抑制する場合はリプレッサーとよばれる。trp オペロンの調節タンパク質はリプレッサーであるが、それ単独ではオペレーターに結合できない。トリプトファン合成酵素群がはたらいて (1) トリプトファンが過剰になると、調節タンパク質はトリプトファンと結合してオペレーターへの結合能を獲得し、転写を抑制する。

トリプトファンのように、調節タンパク質に結合することで転写を抑制する分子をコリプレッサーとよぶ。一方、調節タンパク質に結合することで転写を促進する分子もあり、これをインデューサーとよぶ。

大腸菌には trp オペロンのほか、(2) ラクトースオペロン (lac オペロン) や (3) アラビノースオペロン (ara オペロン) など、70 以上のオペロンが確認されており、オペロンごとにさまざまな調節のしくみが備わっている。

図7

この図は、著作権の都合により掲載しておりません