

前期日程試験

平成 28 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なさい。
- 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。

問題訂正・補足説明

試験科目 生物

1 ページ 下 から 8 行目
問 3 下線部(3) ~ 説明せよ。の文中

(誤)

合成

(正)

生成

1 次の文を読み以下の設問に答えよ。

ATPの高エネルギーリン酸結合に蓄えられたエネルギーは、生体内のいろいろな生命活動に利用されている。筋肉が収縮するときにもこのエネルギーが使われるが、筋肉内に存在するATP⁽¹⁾だけでは運動は長続きしない。そこで筋肉内にある別のエネルギー貯蔵物質(a)を使ってATPが補充される。

さらに筋肉運動が続くと呼吸によってATPを生成する。酸素を用いずにATPを生成する反応は素早いが、大量にATPを生成することができない。しかも、筋肉内にある物質(b)が蓄積し、筋肉が疲労すると収縮できなくなってしまう。肝臓ではこの物質⁽³⁾を使ってグルコースを合成することができる。

一方、酸素を使う呼吸では大量のATPを生成することができるので、有酸素運動は長時間持続することができる。さらに、激しい運動のあとでも(b)の物質は⁽⁵⁾体内から次第に減少してゆく。

1. 下線部(1)に関して、ATPを分解する活性を持っているタンパク質は何か。
2. 下線部(2)に関して、この物質(a)は何か。また、(a)から基質レベルのリン酸化というやり方でATPが生成される。この反応式を書け。
3. 下線部(3)に関して、この物質(b)は何か。また、無酸素の状態でもATP合成するとこの物質が蓄積する理由を説明せよ。
4. 下線部(4)に関して、この反応が起こる細胞小器官(c)は何か。また、(c)を持たない細胞が行う、酸素を使わないATP生成の反応(d)は何とよばれているか。
実際に、酸素が使われる場所は(c)のどこか、その場所の名称(e)を答えよ。また、(e)で行われるATP生成の仕方(f)を何というか。
5. 下線部(5)に関して、(b)の物質はなぜ減少していくのかその理由について説明せよ。

2 次の文を読み以下の設問に答えよ。

大脳皮質には、さまざまな種類の神経細胞が存在する。これらの神経細胞の大多数は胎児期から新生児期にかけて、大脳皮質原基に存在する未分化な前駆細胞から産み出される。前駆細胞は増殖し続けるが、胎児期と新生児期では異なる種類の神経細胞を産生する。

例えばイタチの一種であるフェレットの場合、胎児期の大脳皮質原基の前駆細胞は神経細胞 X を産生する。フェレットは受精後 42 日で出生するが、新生児期の大脳皮質原基の前駆細胞は神経細胞 Y を産生する。

デオキシチミジン三リン酸 (dTTP) およびブロモデオキシウリジン三リン酸 (BrdU) は DNA 合成の際に DNA に取り込まれる。異なる方法で標識したこれらの物質を動物に投与することにより、前駆細胞および前駆細胞から産生される神経細胞を標識することができる。この方法を利用して、大脳皮質の前駆細胞から異なる神経細胞が産生される際の、前駆細胞自身と周囲の組織の影響を明らかにするために、以下のような実験を行った。

【実験 1】

胎児期のフェレットに標識した dTTP を投与し、投与後(a)0.5 時間、(b)4 時間、(c)12 時間経過したところで、標識された前駆細胞だけを取り出して核内の DNA 量を測定したところ、図 1 のような結果を得た。

【実験 2】

胎児期の大脳皮質原基の前駆細胞に標識した dTTP を取り込ませ、実験 1 で示された(a)、(b)、(c)の前駆細胞をそれぞれ新生児期の別のフェレットの大脳皮質原基に移植した。移植を行った後、2 週間経過したところで、移植された個体における標識された前駆細胞に由来する神経細胞の種類とその割合について調べると、図 2 のような結果となった。

【実験 3】

胎児期のフェレットに標識した dTTP を投与し、12 時間経過したところで前駆細胞だけを取り出して新生児期のフェレットの脳皮質原基に移植した。移植を行ったその日のうちに、移植された個体に標識した BrdU を投与した。さらに移植後 2 週間経過したところで、移植された個体の脳皮質において、dTTP と BrdU の両方で標識された神経細胞の種類とその割合を調べると、ほぼすべてが神経細胞 Y であった。

1. 実験 1 において、(a), (b), (c) で示される前駆細胞の大部分はそれぞれ細胞周期のどのような時期にあると考えられるか、理由とともに答えよ。
2. 実験 1 および 2 の結果から、胎児期の前駆細胞から神経細胞 X が産生されるためには、どのような条件が必要と考えられるか。
3. 実験 3 において、移植に用いた胎児期の前駆細胞から神経細胞 Y が産生されるためには、どのような条件が必要と考えられるか。

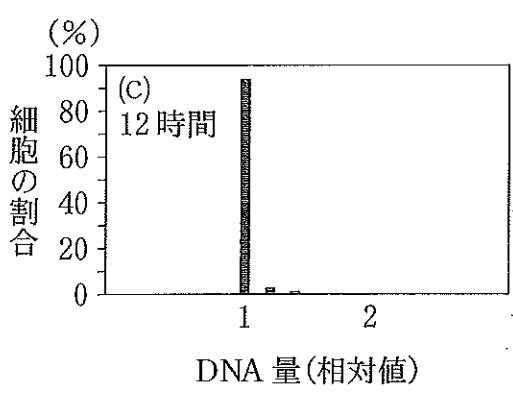
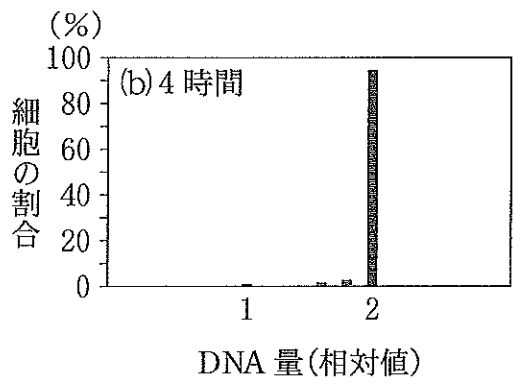
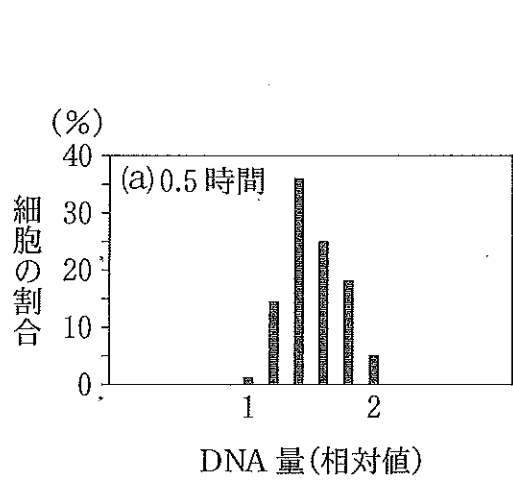


図1 dTTPで標識された前駆細胞のDNA量

神経細胞 X □
 神経細胞 Y ■

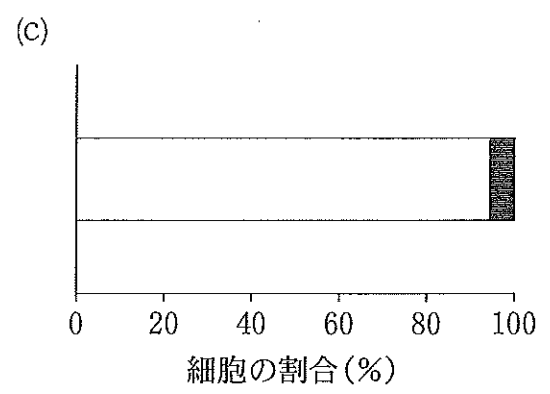
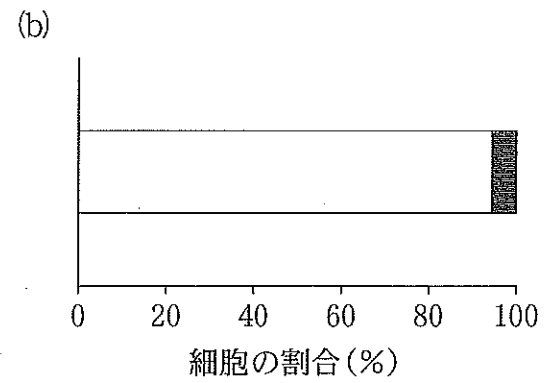
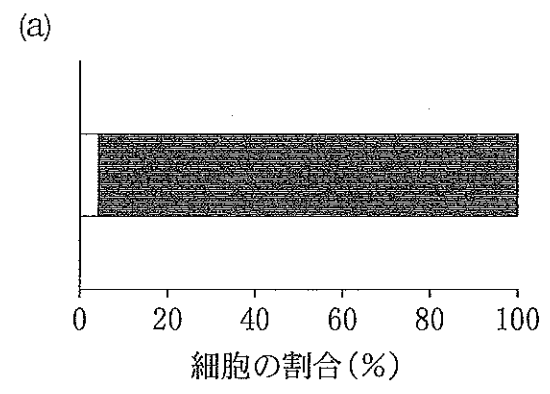


図2 dTTPで標識された前駆細胞に由来する神経細胞の種類と割合

3 次の文を読み以下の設問に答えよ。

RNA は DNA と同じように二本鎖を形成することでさまざまな生命現象に関与していることがわかってきた。真核細胞における二本鎖 RNA の機能を解析するために下記の 1～4 の実験を行った。

1. RNA ポリメラーゼ X および RNA ポリメラーゼ Y を、それぞれプロモーター X および Y の DNA 配列に結合して 5' → 3' の方向に RNA 合成を行う酵素とする。図のように遺伝子 *a* のエキソン部分にプロモーター X および Y を付加した DNA を合成した。この DNA に RNA ポリメラーゼ X あるいは RNA ポリメラーゼ Y を働かせて、それぞれ RNA ①、RNA ②を合成した。①および②の最初の 5 塩基の配列を 5' → 3' の方向に記せ。ただし、転写は図中の白抜き文字で示したプロモーター配列の直後から開始されるものとする。
2. 細胞内で転写された遺伝子 *a* の mRNA は、上記 1 で合成し、標識した RNA と二本鎖を形成させることによって、検出可能である。そのためには、上記 1 の①と②のどちらの RNA を用いればよいか、解答欄のふさわしい方の記号を○でかこめ。また、そう考えた理由を説明せよ。
3. 遺伝子 *a* の発現における RNA 干渉について解析するために以下の実験を行った。上記 1 の RNA ①と②を結合させることにより二本鎖 RNA を作製し、細胞に入れたところ、遺伝子 *a* の mRNA の量が減少した。一方、遺伝子 *a* のイントロンの配列をもとに作製した二本鎖 RNA を細胞に入れたところ、遺伝子 *a* の mRNA の量は変化しなかった。この結果の違いが生じた理由について説明せよ。
4. 上記 1 の RNA ①を入れた細胞と入れていない細胞とで、遺伝子 *a* の産物であるタンパク質 A の発現量には変化がなかった。一方、RNA ②を細胞に入れたところタンパク質 A の量が減少した。RNA ②は遺伝子 *a* の発現に対してどのような作用を持つと考えられるか説明せよ。

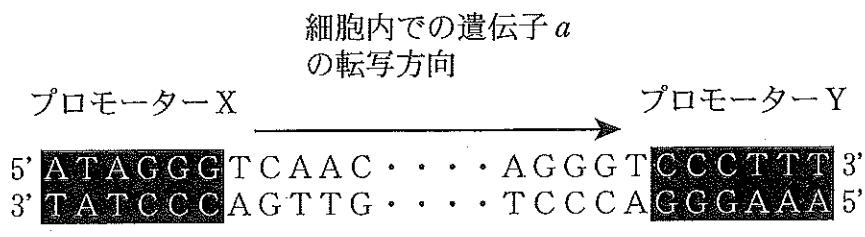


図 RNA 合成に用いた DNA の配列

4

次の文を読み以下の設問に答えよ。

1. ヒトの体内に病原微生物など異物が入ると、食作用を持った細胞がこれを取⁽¹⁾り込んで分解する。食作用を持った細胞の中には、取り込んだ異物(抗原)の情報⁽²⁾をT細胞に伝えるものがある。B細胞は、細胞膜の表面にあるタンパク質⁽³⁾によって抗原情報を受容する。異物の情報を伝えられたT細胞が同じ情報を受容したB細胞を活性化させると、B細胞は抗体をさかんに産生する細胞に⁽⁴⁾分化する。

- (1) 下線部(1)に関して、加水分解作用を持つ細胞小器官は何か答えよ。
- (2) 下線部(2)に関して、異物の情報をT細胞に伝える細胞(抗原提示細胞)として最もふさわしいものを一つ答えよ。
- (3) 下線部(3)のタンパク質の名称を答えよ。また、抗体とこのタンパク質は同じ抗原を認識するが、両者の違いを説明せよ。
- (4) 下線部(4)に関して、(a)分化した細胞の名称を答えよ。(b)この細胞はB細胞と比べて細胞内のどのような構造が発達していると考えられるか、理由とともに答えよ。

2. 抗体は、H鎖とL鎖からできている。H鎖は一種類であるが、L鎖には κ (カッパ)鎖と λ (ラムダ)鎖と二種類ありそのいずれかを使っている。抗原に結合する抗体の部位を抗原結合部位という。生体にどのような異物が侵入しても対応できるよう、抗原結合部位は非常に高い多様性を持っている。この多様性を作るため、B細胞は他の細胞では見られないDNAの改変の仕組みを持っている。H鎖の抗原結合部位の遺伝子は、V領域、D領域、J領域に分かれており、それぞれの領域に複数の遺伝子断片が含まれている。また、L鎖の κ 鎖と λ 鎖の遺伝子もV領域とJ領域を持ち、それぞれにいくつかの遺伝子断片が含まれる。B細胞の分化過程でこれらの遺伝子断片が切り取られて再結合され、各領域の遺伝子断片が一つずつ含まれるようになる。このようなDNAの再構⁽¹⁾成が多様性形成の最初の段階とな⁽²⁾っている。

(1) H鎖のV領域に遺伝子断片が40, D領域に27, J領域に6つ含まれ, L鎖ではκ鎖のV領域に40, J領域には6, λ鎖のV領域には30, J領域に4つの断片があるとする, 上記のDNAの再構成により形成される抗原結合部位の遺伝子の組み合わせは理論上何とおりか, 計算過程と合わせて答えよ。

(2) 抗体分子の抗原結合部位には, 一説には 10^{12} もの多様性があるといわれている。DNAの再構成だけでは, このような多様性の形成は不十分である。B細胞は抗原結合部位の多様性を高めるために, DNAの再構成に加えて積極的に遺伝子突然変異を起こすような仕組みを持っている。

(a) 遺伝子突然変異にはどのようなものが知られているか, 三つ答えよ。

(b) 遺伝子突然変異により, アミノ酸配列はどのような影響を受けるか説明せよ。

3. 抗体は病原微生物などの異物に対して産生される。しかし, 小さな分子の場合はそのままでは抗原として認識されず抗体ができない。このような場合, 哺乳動物の大きなタンパク質と小分子とを結合させ, 別の種類の哺乳動物に注射することによって, このような小分子に対する抗体を作ることができる。

(1) 抗体が結合する抗原の部位は何とよばれているか。

(2) 上記の方法では, 注射された動物の血液中には小分子に対する抗体だけではなく, それ以外の抗原に対する抗体も多く含まれている。目的の小分子に対する抗体のみを遊離した状態にするにはどうしたらよいか, 試験管内で行う方法を考えて答えよ。なお, 上記の分子を注射する前から血液中に存在する抗体は考慮する必要はない。