

令和5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。

細胞内のタンパク質は合成と分解を繰り返し、細胞の状態によりそのバランスが変化することが知られている。タンパク質 A はホルモン B の作用により発現が誘導される。一方、細胞内に多く存在する物質 C はタンパク質 A に結合して、その分解を促進する。タンパク質 A の分解の仕組みを調べるため、ほ乳類の細胞 X をグルコースを含んだ培養液で培養し、以下の実験を行った。

【実験 1】 細胞 X を培養し、ホルモン B を添加してタンパク質 A を発現させた。その後、細胞 X をすりつぶして液体成分を抽出し、この抽出液に ATP を加えたところ、物質 C が結合したタンパク質 A の割合が増える前より増加した。

【実験 2】 細胞 X を培養し、ホルモン B を添加してタンパク質 A を発現させた。次に培養液を取り除き、ホルモン B を含まない培養液に交換した。交換後一定時間ごとに細胞内のタンパク質 A の量を測定したところ、図 1 のような結果となった。

【実験 3】 細胞 X を培養し、ホルモン B を添加してタンパク質 A を発現させた。次に培養液を取り除き、酸化的リン酸化を阻害する薬剤を加えた生理食塩水に交換した。交換後一定時間ごとに細胞内のタンパク質 A の量を測定したところ、図 2 のような結果となった。

【実験 4】 細胞 X を培養し、ホルモン B を添加してタンパク質 A を発現させた。次に培養液を取り除き、酸化的リン酸化を阻害する薬剤を加えた生理食塩水に交換し、交換後一定時間ごとに細胞内のタンパク質 A の量を測定した。さらに、2 時間後にグルコースを添加し測定を続けたところ、図 3 のような結果となった。

1. 実験 2 の結果に関して、培養液を交換した後にタンパク質 A が減った理由について、実験 1 の結果をふまえて考えて答えよ。

2. 実験3の結果に関して、なぜ図2のような結果になったのか、実験1の結果をふまえて考えて答えよ。

3. 実験4の結果に関して、グルコースの添加によりタンパク質Aが減った理由について、実験1の結果をふまえて考えて答えよ。

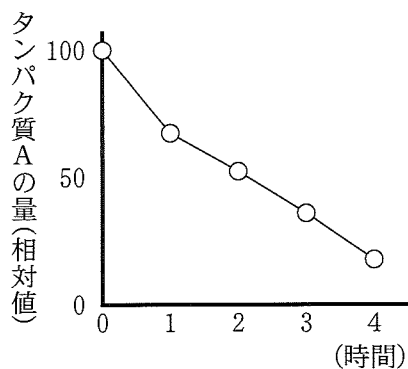


図1 実験2におけるタンパク質Aの変化を示す。
ホルモンBを含まない培養液に交換した時を0時間とする。

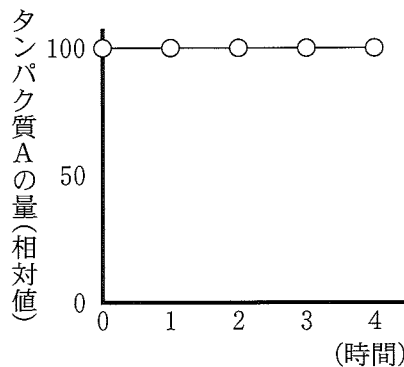


図2 実験3におけるタンパク質Aの変化を示す。
培養液を生理食塩水に交換した時を0時間とする。

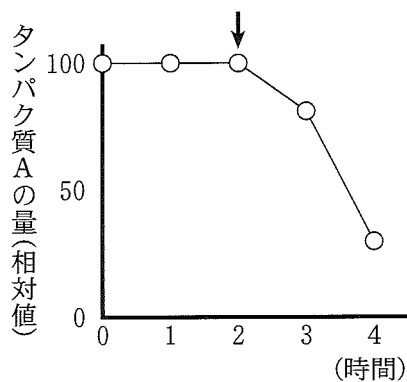


図3 実験4におけるタンパク質Aの変化を示す。
培養液を生理食塩水に交換した時を0時間とする。矢印はグルコースを添加した時点を示す。

2 次の文を読み以下の設問に答えよ。

真核生物の染色体は、様々な方法により顕微鏡で観察することができる。その代表的なものとして、タマネギ根端の押しつぶし法がある。タマネギの種を湿らせた紙の上に置いておくと、数日で根が出てくる。根をアルコールに一晩漬けて固定し水で洗ったのち、60℃くらいの薄い塩酸に数分漬ける。その後、根端部を1mm程度切り出して染色液を1滴落とし、数分待ってカバーガラスをかけて押しつぶすと、分裂期の細胞を観察することができる。

1. 下線部(1)の操作をする理由を述べよ。
2. 下線部(2)の染色液として、酢酸 がよく用いられる。 にふさわしい語句を2つ答えよ。
3. 分裂期の細胞の中期と後期の特徴を、「赤道面」、「紡錘糸」、「動原体」のうち適切な語句を使って説明せよ。

上記のような押しつぶし法で観察することのできる動物の染色体として、ユスリカなどの幼虫のだ腺染色体がある。スライドガラスの上にユスリカの幼虫からだ腺を取り出して、ピロニン・メチルグリーン染色液を1滴落とし数分間染色する。カバーガラスをかけてスライドガラスとともにろ紙ではさみ静かに押しつぶすと、だ腺染色体を観察することができる。図1は、だ腺染色体の一部を模式図にしたものである。ピロニンとメチルグリーンは異なった種類の核酸を染めることがわかっており、図1の矢印で示すふくらんだ部分はピロニンで染まりやすい部分である。

水素の放射性同位体で標識したウラシル(ヌクレオチドとしてはウリジン)をユスリカの細胞に取り込ませると、細胞内やだ腺染色体の中でのウラシルを取り込んだ分子の分布を観察することができる。細胞内での転写について調べるために、標識したウリジンと何も標識していない大量のチミジン(チミンをもつヌク

レオチド)の混合液をユスリカの幼虫に注入し、その1時間後に押しつぶし標本を作製した。なお細胞内では、チミン(チミジン)はウラシル(ウリジン)から作られ、放射性同位体の標識も引き継がれる。⁽³⁾

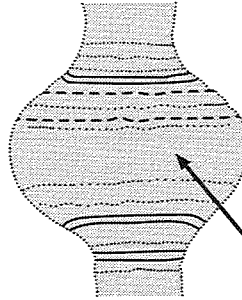


図1 ピロニン・メチルグリーンで染めただ腺染色体の一部

4. ユスリカの幼虫のだ腺染色体では、標識したウラシルは、ピロニンとメチルグリーンのどちらの染色液で染まった部分に多く分布していると考えられるか、理由と合わせて答えよ。
5. ユスリカの幼虫の組織切片を作製して細胞を観察するとその核の中では、標識したウラシルは核小体に多く分布していた。その理由を答えよ。
6. この実験で、標識したウリジンとともに標識していないチミジンも同時に注入したのはなぜか、下線部(3)をもとに理由を考えて答えよ。

3

次の文を読み以下の設問に答えよ。

細胞分化にともなってゲノムの状態がどう変化するかを調べるため、カエルを用いて以下の実験を行った。

【実験1】 オタマジャクシの小腸の上皮細胞から核を取り出し、あらかじめ紫外線を照射して核の機能を破壊しておいた未受精卵に移植した⁽¹⁾。核移植を行った未受精卵のうち、少数がオタマジャクシの段階まで発生した(表1)。この結果から、小腸の上皮細胞の核にも受精卵と同様にすべての細胞を作り出せる遺伝情報が保持されていることがわかった⁽²⁾。

【実験2】 正常な受精卵から発生した原腸胚の細胞から核を取り出し、紫外線照射した別の未受精卵に移植した結果、小腸の上皮細胞の核移植と比較して⁽³⁾、オタマジャクシまで発生した個体の割合が大きかった⁽⁴⁾(表2)。

1. 下線部(1)に関して、なぜこの操作が必要であるか、説明せよ。
2. 下線部(2)に関して、受精卵が持つ遺伝情報が変化しないにも関わらず、発生の過程で異なる細胞が分化する仕組みについて説明せよ。
3. 実験1および2において、未受精卵の細胞質は分化した細胞の核にどのような影響を与えたと考えられるか、説明せよ。
4. 下線部(3)に関して、小腸の(ア)上皮細胞および(イ)筋細胞は、外胚葉、中胚葉、内胚葉のどれに由来するか、胚葉名を答えよ。
5. 下線部(4)の理由について考えて答えよ。

表1 小腸上皮の細胞核を移植した結果

核移植を行った未受精卵の数	卵割を開始しなかった未受精卵	卵割を開始した未受精卵(a)	(a)のうち	
			原腸胚まで発生が進行したもの	オタマジックシまで発生が進行したもの
726	48 %	52 %	6.5 %	1.5 %

表2 原腸胚の細胞核を移植した結果

核移植を行った未受精卵の数	卵割を開始しなかった未受精卵	卵割を開始した未受精卵(b)	(b)のうち	
			原腸胚まで発生が進行したもの	オタマジックシまで発生が進行したもの
279	24 %	76 %	62 %	36 %

4 次の文を読み以下の設問に答えよ。

血液は電解質やタンパク質を含む液体成分と、赤血球や白血球などの有形成分から構成されている。液体成分である血しょうに含まれるタンパク質にはアルブミンやグロブリン、フィブリノゲンなど、⁽¹⁾様々な分子が知られており、物質の輸送や免疫、血液凝固に関与する。例えば、アルブミンは、毛細血管からいったん出た組織液を回収する役割をもっているため、その量が減少するとむくみを生じることがある。

赤血球の寿命はおよそ120日であり、常に新しい赤血球が供給される一方、老化した赤血球は破壊される。赤血球が破壊されたのち、ヘモグロビンを構成するヘムが分解され、鉄とビリルビンになる。ビリルビンはアルブミンと結合した状態⁽³⁾で血液中を輸送されるため、尿中には排出されない。しかし、様々な原因で大量に赤血球の破壊が起こった場合、ビリルビンが尿中に排出され、尿が非常に濃い黄色になることがある。

組織中の様々な変化は血液成分の変化として現れることがあるため、採血を行い、その組成を詳細に分析することによってからだの状態を知ることができる。採血後、血液が凝固してしまうと分析することができないので、それを防ぐため冷却したり、クエン酸ナトリウムを添加することがある。⁽⁴⁾⁽⁵⁾

1. 下線部(1)の血しょうタンパク質は主にどの器官で合成されるか、答えよ。
2. 下線部(2)について、アルブミンが減少すると組織液が十分に回収できなくなるのはなぜか、その仕組みを説明せよ。
3. 下線部(3)について、アルブミンと結合したビリルビンが尿中に排出されないのはなぜか、説明せよ。
4. 下線部(4)で、採血した血液を氷中で冷却すると凝固しにくくなるのはなぜか、説明せよ。

5. 下線部(5)について，採血した血液にクエン酸ナトリウムを添加すると凝固しにくくなるのはなぜか，説明せよ。

