

生 物

東京慈恵会医科大学医学部 2024年度型 そっくり類題セット

※ これは東京慈恵会医科大学の入試問題ではありません。
2024年度の出題形式（大問の数・設問の構成・解答形式）をもとに、
TMPS 医学館が題材や数値・設定を変えて作成したオリジナル問題です。

試験時間の目安：60分（本番は理科2科目で120分）

大問	ページ	時間配分の目安
大問1 解糖・乳酸発酵と酵素・遺伝	2	15分
大問2 神経	3	15分
大問3 細胞死	4	13分
大問4 血液と酸素運搬	6	12分

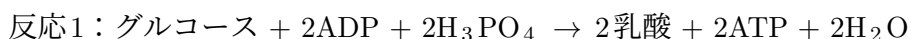
注意事項

- 問題は、大問1（問1～問6）、大問2（問1～問6）、大問3（問1～問9）、大問4（問1～問6）の全4題。空欄補充、選択、数値、グラフの作図・読み取り、記述が混在する。
- 記述問題は、結論、理由、図表の根拠の順に、簡潔に書くこと。
- 解答・解説は、解説ページ（TMPS 医学館の過去問解説図書館）に掲載している。

大問 1 解糖・乳酸発酵と酵素・遺伝に関する各問いに答えよ。

- 答えはすべて解答用紙（想定）に記入する。語句で答える問いは、指示された形式に従うこと。
- 記述問題は、何について、どのような理由で、どうなるのかを、結論から順に簡潔に書くこと（目安：1問につき40～100字程度）。

I. 激しい運動で酸素が不足した筋肉の細胞は、解糖系で生じたピルビン酸を乳酸に変えて ATP を得る。解糖系は細胞質基質で進み、グルコース 1 分子から 2 分子のピルビン酸と 2 分子の ATP が生じ、同時に補酵素 NAD^+ が NADH に変わる。解糖系が続くには NAD^+ が再生される必要があり、乳酸脱水素酵素（LDH）はピルビン酸を乳酸に還元する際に NADH を NAD^+ に戻す。グルコースを基質とした乳酸発酵の全体は反応1の式で表される。



一方、酸素が十分にある場合の呼吸では、グルコース 1 分子から最大 38 分子の ATP が生じる。LDH の活性部位には、基質に似た構造のオキサミン酸が結合することがあり、オキサミン酸が結合すると、乳酸ができる反応が妨げられる（①）。また、乳酸発酵では、グルコースから呼吸で取り出せるエネルギーの 10% 以下しか取り出せない（②）。

問1 下線部①のように、基質に似た構造の物質が活性部位に結合して酵素の反応を妨げることを何というか、答えよ。

問2 乳酸発酵で、ピルビン酸が乳酸に変えられることの意義を、 NAD^+ に着目して述べよ。

問3 下線部②の理由を、反応1と、呼吸の生成物に着目して説明せよ。

筋肉をすりつぶして得た抽出液にグルコースとリン酸を加えると、乳酸発酵が行われる。この抽出液を透析すると、グルコースが十分にあっても乳酸発酵は行われなくなった。透析した抽出液に、透析の外液を加えると、乳酸発酵が再開した。この外液を煮沸してから加えても再開したが、抽出液を煮沸して加えても再開しなかった。

再開に必要な物質は、熱に強く、半透膜を **ア** ことができる小さな物質で、**イ** ではないと考えられる。この物質は補酵素としてはたらく **ウ** で、解糖系の反応で **エ** に変換されるが、**エ** は、発酵において **オ** を還元して **カ** を生成する際に使われて、**ウ** に再生される。

問4 上の文章で、ア～カに入る適切な語句を答えよ。使用する語句は重複しない。

II. ある酵素 X の遺伝子には、正常型遺伝子 A と変異型遺伝子 a があり、対立遺伝子である。 A からは正常なサブユニット、 a からは変異したサブユニットがつくられる。 AA の人では酵素 X が十分にはたらき、 aa の人ではまったくはたらかず、 Aa の人でははたらきが低下する。

問5 遺伝子 A と a の遺伝子頻度をそれぞれ p と q とし、 $p + q = 1$ であるとする。ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ 30,000 人の集団で、遺伝子 A の遺伝子頻度が 0.7 だった場合、 AA 、 Aa 、 aa の人数はそれぞれ何人になるか。 AA の人数を **ア** に、 Aa の人数を **イ** に、 aa の人数を **ウ** に答えよ。

酵素 X は二つのサブユニットが二量体を形成し、さらにその二量体同士がペアを作って四量体として機能する。四量体中の各サブユニットは固有の 4 か所の位置に配置され、入れかわることはない。「 Aa の人」では、四量体のそれぞれの位置に、正常なサブユニットか変異したサブユ

ニットのどちらかが入るため、四量体の種類は全部で「ア」通りになる。それらのうち、「AA の人」のもつ四量体と同じ組み合わせになるのは「イ」通りで、「aa の人」のもつ四量体と同じ組み合わせになるのは「ウ」通りである。

変異したサブユニットを一つでも含む二量体は不活性型となる。二つとも正常なサブユニットからなる二量体（活性型二量体）どうしの四量体の酵素活性を 100%，二つとも不活性型の二量体からなる四量体の酵素活性を 0%としたとき、活性型二量体 1 個と不活性型二量体 1 個がペアになった四量体の酵素活性は 30%となる。したがって、「Aa の人」で酵素活性が 30%になる四量体の組み合わせは、全部で「エ」通りである。以上から、「Aa の人」がもつ総酵素活性は、「AA の人」の酵素活性の「オ」%になる。なお、正常なサブユニットと変異したサブユニットは細胞内で等しく発現しており、四量体へはランダムに取り込まれるものとする。

問6 次の文章のア～オの「」に入る数字を答えよ。解答が小数の場合は小数第二位を四捨五入せよ。

大問2 神経に関する各問いに答えよ。

I. ヒトの脳は、大脳、間脳、中脳、小脳、延髄に分けられる。心臓の拍動や呼吸の調節の中枢は「ア」にあり、体温や血糖濃度の調節の中枢は「イ」の視床下部にある。瞳孔の大きさを調節する反射の中枢は「ウ」にあり、からだの平衡を保ち、随意運動を滑らかにする中枢は「エ」である。熱いものに触れて思わず手を引っ込める反応では、感覚神経からの興奮が「オ」を通して運動神経に伝えられ、大脳を経由しない。一方、意識的な判断や記憶、言語などの中枢は「カ」にある。

問1 ア～カの「」に入る適切な語句を答えよ。

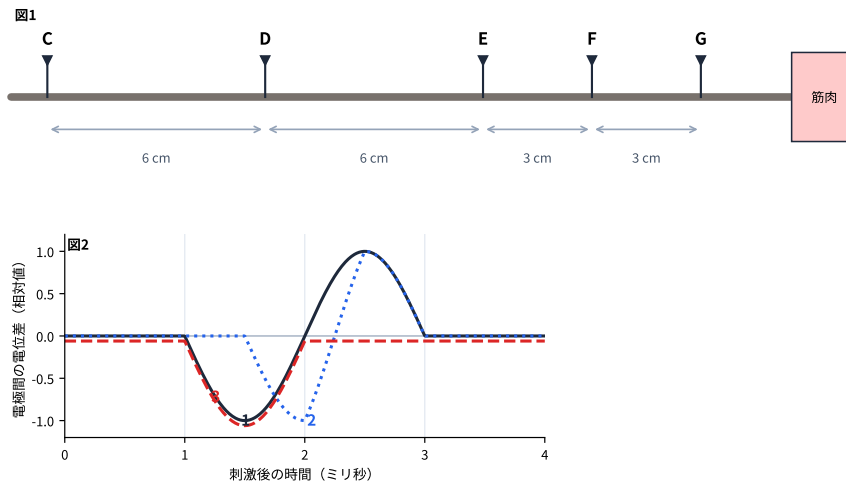
問2 自律神経のうち、副交感神経が優位にはたらくことによって生じる現象を、次のa～fからすべて選び、記号で答えよ。

(a) 瞳孔が縮小する (b) 血圧が上昇する (c) 気管支が収縮する (d) 心拍数が増加する (e) 排尿が促進される (f) 立毛筋が収縮する

II. 運動神経について調べるために、カエルから神経筋標本を作製して実験を行った。標本の神経束は、図1のように、電極 C, D, E, F, G の上にのせられている。各電極間の距離は、C と D の間が 6 cm, D と E の間が 6 cm, E と F の間が 3 cm, F と G の間が 3 cm である。

測定1：電極 D で神経束に興奮が生じるような瞬間的な電気刺激を与えた。その結果、電極 G の電位を基準とした電極 E での電位の時間変化は図2の線1のように、電極 G の電位を基準とした電極 F での電位の時間変化は図2の線2のように記録された。また、電気刺激によってふくらはぎの筋肉が収縮した。

測定2：測定1のあと、電極 F と G の間で神経束に麻酔薬を染みこませた綿をあてて、測定1と同様の電気刺激を与えた。その結果、電極 G の電位を基準とした電極 E での電位の時間変化が図2の線3のように記録された。今回は、電気刺激後にふくらはぎの筋肉は収縮しなかった。



問3 局所麻酔薬には、神経の細胞膜にある電位依存性ナトリウムチャンネルをふさぐものがある。測定2で、線3が最初の下向きの波だけになった理由を、細胞膜、イオン、活動電位の語句を使って記述せよ。

問4 測定2で、ふくらはぎの筋肉が収縮しなかった理由を述べよ。

問5 実験に用いた神経束を興奮が伝導する速度 (m/秒) を答えよ。なお、解答が小数を含む場合は小数第一位を四捨五入せよ。

問6 測定1が終わったあと、測定2を始める前に電極 F で活動電位が生じるような電気刺激を行ったとすると、電極 D の電位を基準とした電極 C での電位の時間変化はどのようになると考えられるか。解答欄のグラフ上に記入せよ。なお、解答欄のグラフには参考として図2の線1を破線でしめしてある。

大問3 細胞死に関する各問いに答えよ。

I. 哺乳類の手足の指も、指と指の間の指間領域の細胞がプログラム細胞死によって除かれることで形成される。マウス胚の後肢の指間領域の細胞死のしくみを知るために、次の実験1～4を行った。受精後の経過時間は、12日0時間を 12.0 日、12日12時間を 12.5 日のように表す。

実験1：マウス胚の後肢の指間領域では、受精後 13.5 日から細胞死が起こりはじめる。この際、肢芽の表皮につくられた中胚葉由来の組織（間充織）の細胞が細胞死によって消失する。

実験2：受精後 12.0 日に、指間領域として予定されている部分の表皮を除去して胚の発生を続けると、その下の間充織細胞は細胞死を起こさなかった。

実験3：受精後 12.0 日～12.5 日に指間領域として予定されている間充織を切り出して培養したところ、細胞死は起こらなかった。一方、受精後 13.0 日～13.5 日に同様に間充織を切り出して培養すると、受精後 13.5 日から細胞死が起こりはじめた。

実験4：受精後 12.0 日から 13.5 日の間を 0.5 日（12 時間）ずつに区切り、いずれかの期間で薬品 A（注）を細胞の増殖に影響が出ない濃度で作用させた。その結果、受精後 12.5 日～13.0 日の期間に作用させた場合のみ、細胞死が顕著に抑制され、他の期間に作用させた場合は細胞死が抑制されることはなかった。

（注）薬品 A は、チミジンと構造が類似するため、DNA に取り込まれると、その後の転写パタ

ーンが変化する。この薬品は発生の特定の時期にのみ効かせることができる。

問1 次のア～オのうち外胚葉由来の器官をすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 表皮 (b) 肝臓 (c) 脊髄 (d) 腎臓 (e) 水晶体

問2 実験1と実験2から、指間領域のプログラム細胞死に関してわかることを述べよ。

問3 実験3と実験4から、次の文章のアとイの□に入る適切な数字を答えよ。「指間領域において細胞死する予定の細胞は、細胞死開始時を基準にすると□ア時間前～□イ時間前の間に DNA 複製を行っていると考えられる。」なお、解答は順不同とする。

問4 実験3と実験4から、指間領域の細胞死の機構について、どのようなことが考えられるか、述べよ。

問5 コウモリの前肢では、指と指の間の細胞死があまり起こらないことがわかっている。コウモリと他の哺乳類で細胞死の程度が違うことについて、両者の生活様式と関連させて考察せよ。

問6 アポトーシスを起こした細胞では、核の DNA がヌクレオソームの間で切断される。アポトーシスを起こした細胞から DNA を取り出して電気泳動すると、どのようなバンドのパターンが見られるか。理由とともに述べよ。

II. 穀類の種子が発芽するときにも、プログラム細胞死が起こる。胚でつくられた植物ホルモン□Aは、胚乳の外側の糊粉層の細胞に作用して、酵素□Bの合成を促す。□Bは胚乳の貯蔵デンプンを分解し、胚の成長に使われる糖を生じる。この過程が終わると、糊粉層の細胞はプログラム細胞死を起こす。糊粉層での□Bの合成は、植物ホルモン□Cによって抑制される。

問7 A～Cの□に入る適切な語句を答えよ。

問8 植物で起こるプログラム細胞死の例を、種子の発芽以外に一つあげよ。

問9 日本の植生に関して、以下の問いに答えよ。

① 日本の亜寒帯の針葉樹林に関する次の記述のうち、適切なものを二つ選び、記号で答えよ。

- (a) シラビソやトドマツが分布する。
(b) 暖温帯に分布する。
(c) スダジイが分布する。
(d) ブナが分布する。
(e) 針状の葉をつけ、葉の寿命が数年と長い。

② 亜寒帯の常緑針葉樹は、夏緑樹とちがって葉を数年間落とさずに一年中つけている。このような生活形が亜寒帯の針葉樹に有利である理由を答えよ。

大問 4 体液に関する各問いに答えよ。

I. 血管が傷つくと、血液中の **ア** が傷口に集まって凝集し、血液凝固の反応が始まる。この反応で、血しょう中のタンパク質 **イ** が繊維状の **ウ** に変化し、血球をからめて **エ** ができ、傷口をふさぐ。血液を試験管に入れて放置すると凝固し、上澄みとして **オ** が分離する。傷口が修復されたあと、**ウ** は **カ** のはたらきで溶解される。血液凝固の反応には、特定の金属イオンが必要である。

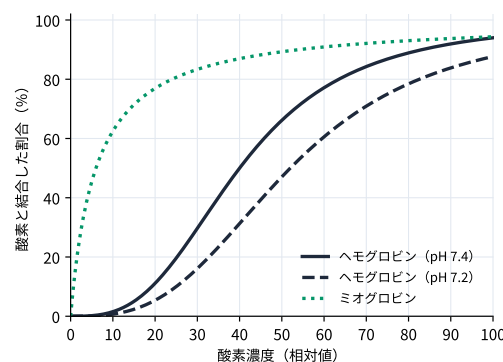
問1 ア～カの に入る適切な語句を答えよ。

問2 下線部で必要な金属イオンは何か、一つ答えよ。

問3 採血した血液にクエン酸ナトリウムを加えると凝固しない。その理由を述べよ。

問4 ヒトの赤血球は、核がなく、両面がくぼんだ円盤形をしている。この形状から得られる機能上の利点を二つあげよ。

筋肉には酸素をたくわえるタンパク質ミオグロビンがある。図は、同じ条件で測定したヘモグロビンとミオグロビンの酸素解離曲線である（ヘモグロビンは pH 7.4 の実線と、pH 7.2 の破線）。縦軸は、酸素と結合した割合、横軸は酸素濃度（相対値）である。



問5 運動中の筋肉の細胞内の酸素濃度は、10 まで低下している。図から、このときのヘモグロビン (pH 7.4) とミオグロビンの酸素と結合した割合を読み取り、ミオグロビンが筋肉で果たす役割を述べよ。

II. 運動中の筋肉では、二酸化炭素や乳酸が増えて血液の pH が低下する。pH が低下すると、ヘモグロビンの酸素解離曲線は右に移動する（図の破線）。

問6 下線部の変化は、運動中の筋肉にとってどのような利点があるか。酸素濃度 30 のときの値を図から読み取って、述べよ。

—— 終 ——