

生 物 (その1)

第1問 真核生物の細胞には細胞骨格とよばれる構造体が存在する。細胞骨格には大きく分けて、微小管、中間径フィラメント、アクチンフィラメントの3種類がある。これらの細胞骨格はいずれも構成単位である特定のタンパク質が重合したり解離したりすることによって、長さの調節ができるようになっている。これらの構造体は文字通り細胞の骨格として細胞の形態の維持にはたらいっているほか、細胞の移動や変形、細胞小器官の運動、さらには細胞分裂などさまざまな局面において重要なはたらきをしている。細胞骨格に関する以下の各問いに答えよ。解答はそれぞれの指示に従って次の語群から選択し、番号で記せ。

- ① 微小管 ② 中間径フィラメント ③ アクチンフィラメント ④ 該当なし

問1 次の a) ~ d) のタンパク質は、どの細胞骨格の構成単位であるか。① ~ ④ 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。

- a) ケラチン b) チューブリン c) コラーゲン d) フィブリン

問2 次の a) ~ d) の文は単量体タンパク質が重合した繊維状構造について記したものである。それぞれの構造はどの細胞骨格のものか。① ~ ④ 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。

- a) 球状の単量体タンパク質が重合して、2本の繊維からなる2重らせん構造を形成する。
b) 球状の単量体タンパク質が2量体を形成したあと1列に並んで繊維状になり、これが13本集まって中空の管を形成する。
c) 繊維状の単量体タンパク質が連結してさらに長い繊維をつくり、これが8本あつまってロープ状になる。
d) 繊維状の単量体タンパク質が3本集まってゆるい右巻きのらせん構造をとる。

生 物 (その2)

問3 多細胞生物がその形態を維持するにあたり、細胞接着装置と細胞骨格との連携は重要な役割を果たす。次の a) ~ d) の細胞接着装置はどの細胞骨格と連結しているか。① ~ ④ 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。

a) デスモソーム b) ギャップ結合 c) 接着結合 (接着帯) d) 密着結合

問4 次の a) ~ f) の細胞運動や細胞構造と最も関係の深いのはどの細胞骨格か。① ~ ④ 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。

a) 原形質流動 b) 繊毛 c) べん毛 d) 紡錘糸 e) 収縮環 f) 核膜

問5 細胞骨格が動的な機能を果たすときには、モータータンパク質とよばれるタンパク質が細胞骨格と協調してはたらく。次の a) ~ c) のモータータンパク質と協調してはたらくのはどの細胞骨格か。① ~ ④ 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。

a) ダイニン b) キネシン c) ミオシン

問6 細胞骨格の形成を阻害する薬品は、細胞分裂阻害剤として利用されている。さかんに分裂している培養中の細胞にこのような薬品を加えたところ、すべての細胞が分裂期中期で分裂を停止した。用いた薬品が作用したのはどの細胞骨格か。① ~ ③ から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

問7 骨格筋の筋繊維中に含まれている細胞骨格はどれか。① ~ ③ からあてはまるものをすべて選び、番号で記せ。

生 物 (その3)

第2問 ヒトの老廃物の処理と排出に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

血液は全身の血管を巡りながら酸素や各種の栄養分などを細胞に供給するとともに、それらの栄養分が代謝された結果生じた二酸化炭素や老廃物を運び去っている。呼吸の結果生じた(1) 二酸化炭素は赤血球中に存在する炭酸脱水酵素のはたらきで重碳酸イオン (HCO_3^-) に変えられ、肺まで運ばれた後、そこで再び二酸化炭素に戻されて呼気として排出される。古くなった赤血球は肝臓や脾臓で壊され、マクロファージに捕食され分解される。(2) ヘモグロビンの成分であるヘムは肝臓で分解され、コレステロールの代謝産物とともに胆汁として十二指腸に分泌されて、最終的に便として排出される。

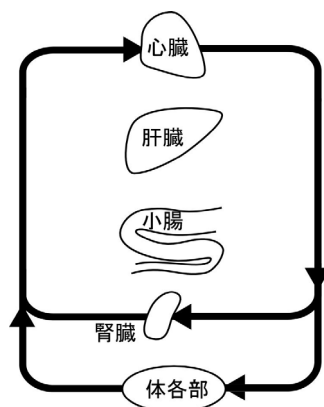
血液中の老廃物のうち毒性の高いものはいったん肝臓に運ばれて無毒化される。摂取された(3) アルコールは肝臓で毒性の低い酢酸にまで酸化された後、エネルギー源として利用される。激しい運動などをしたときに(4) 骨格筋で生じた乳酸は肝臓でピルビン酸に酸化された後、グルコースに再合成され、再び血液中に戻る。(5) アミノ酸の分解過程で生じたアンモニアは肝臓で毒性の低い物質に変換され、その後この物質は血液によって腎臓へと運ばれる。

腎臓の(6) 糸球体では流入した血液の10%が原尿としてこし出されるが、体に必要な物質は細尿管で再吸収され、再吸収されなかった物質は尿として排出される。

(7) 成人では1日に約180 Lの原尿がつくられ、その99%は再吸収されている。

問1 体の各臓器で生じた老廃物の処理と排出には肝臓と腎臓が重要な役割を果たしている。図1の模式図は体の各臓器を結ぶ血管と血流の向きを矢印で示している。肝臓と小腸に出入りする血管と血流の向きを解答欄の模式図に矢印で書き加えよ。

図1



生 物 (その4)

問2 下線部(1)について,

i) HCO_3^- を運ぶ血液成分はどれか。次の①～④から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- ① 赤血球 ② 白血球 ③ 血小板 ④ 血しょう

ii) HCO_3^- は血液の恒常性を保つ上でも重要な役割をもつ。 HCO_3^- によって調節されている血液の性質はどれか。次の①～⑤から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- ① 塩濃度 ② 浸透圧 ③ 血糖値 ④ pH ⑤ 温度

問3 下線部(2)について,

i) ヘムに含まれる金属を元素記号で記せ。

ii) ヘムが分解されて生じる色素の名称を記せ。

iii) 胆汁は排出されるだけでなく、ある栄養素の消化にも役立っている。その栄養素の名称を記せ。

問4 下線部(3)について、アルコールは酢酸になる過程でいったん非常に毒性の高い物質に酸化される。この物質は二日酔いの原因とされている。

i) この物質の名称を記せ。

ii) アルコールをi)の物質に変換する酵素の名称を記せ。

問5 下線部(4)について,

i) グルコースから乳酸ができる経路を何とよぶか、名称を記せ。

ii) 肝臓で合成されたグルコースは、再び血液中に放出されるまで重合体を形成して肝臓に蓄えられる。この重合体の名称を記せ。

生 物 (その5)

問6 下線部(5)について、

- i) 肝臓で合成され最終的に腎臓から排出される毒性の低い物質とは何か、名称を記せ。
- ii) 血中アンモニアの主要な発生源は腸である。腸管内アンモニアの約半分は、食事由来のアミノ酸が小腸上皮細胞で分解される過程で生成するといわれている。残り半分のアンモニアの発生源となっている細胞は何か。

問7 下線部(6)について、健康なヒトの原尿中に含まれない成分を次の①～⑧からすべて選び、番号で記せ。

- | | | | |
|---------|---------|----------|-------|
| ① グルコース | ② アミノ酸 | ③ 血小板 | ④ 尿素 |
| ⑤ タンパク質 | ⑥ K^+ | ⑦ Na^+ | ⑧ 赤血球 |

問8 下線部(7)について、細尿管での再吸収には能動輸送により非常に多くのエネルギーが使われる。腎臓では、血しょう中に少量しか存在しない不要な物質を取り除いて尿をつくるのではなく、血しょう中に含まれるほとんどの物質をいったん原尿としてこし出しておいて、そこに大量に含まれている必要な物質を再吸収するという、エネルギー的には非常に不利な方法をとっている。そのような方法をとっている理由について、考えられることを簡潔に記せ。

生 物 (その6)

第3問 ヒトの神経系に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

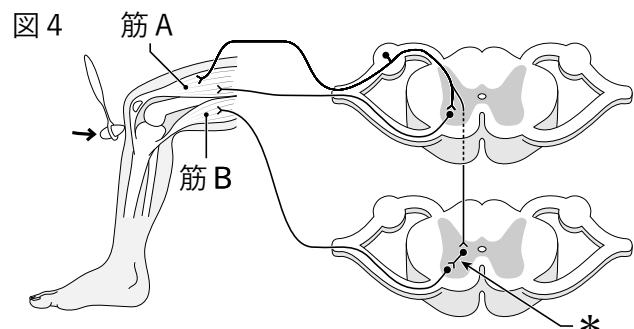
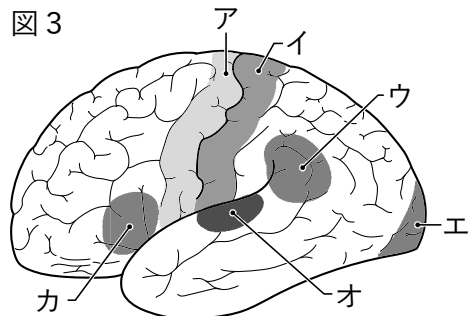
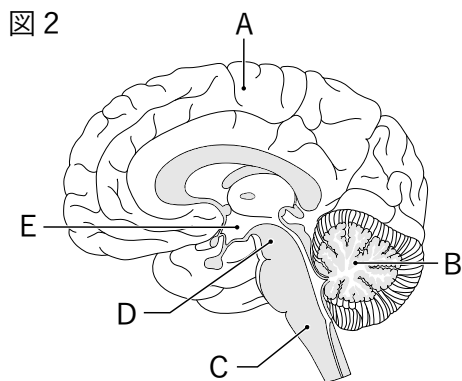
動物は外界からの情報を受容器で得て、外界に対して効果器で反応する。この受容器と効果器を結びつけているのが神経系である。

ヒトの神経系には、脳と脊髄からなる中枢神経系と、中枢神経系と体の各部との間をつないでいる末梢神経系がある。末梢神経系は、(1) 脳から出る脳神経と脊髄から出る脊髄神経に分けられ、機能の上から、運動や感覚に関係した体性神経系と、内臓などを支配している自律神経系とに分けられる。体性神経系は、受容器から中枢へ外界の情報を伝える感覚神経と、中枢からの指令を効果器へ伝える運動神経からなる。一方、(2) 自律神経系は、体内環境の維持にはたらいており、交感神経と副交感神経からなる。

脳は、大脳、間脳、小脳、中脳、延髄に分かれており (図2)、(3) それぞれ異なった機能をもっている。ヒトでは大脳の占める割合が大きく、(4) 大脳皮質では、感覚野や運動野のように場所ごとに異なる情報処理を分担している (図3)。

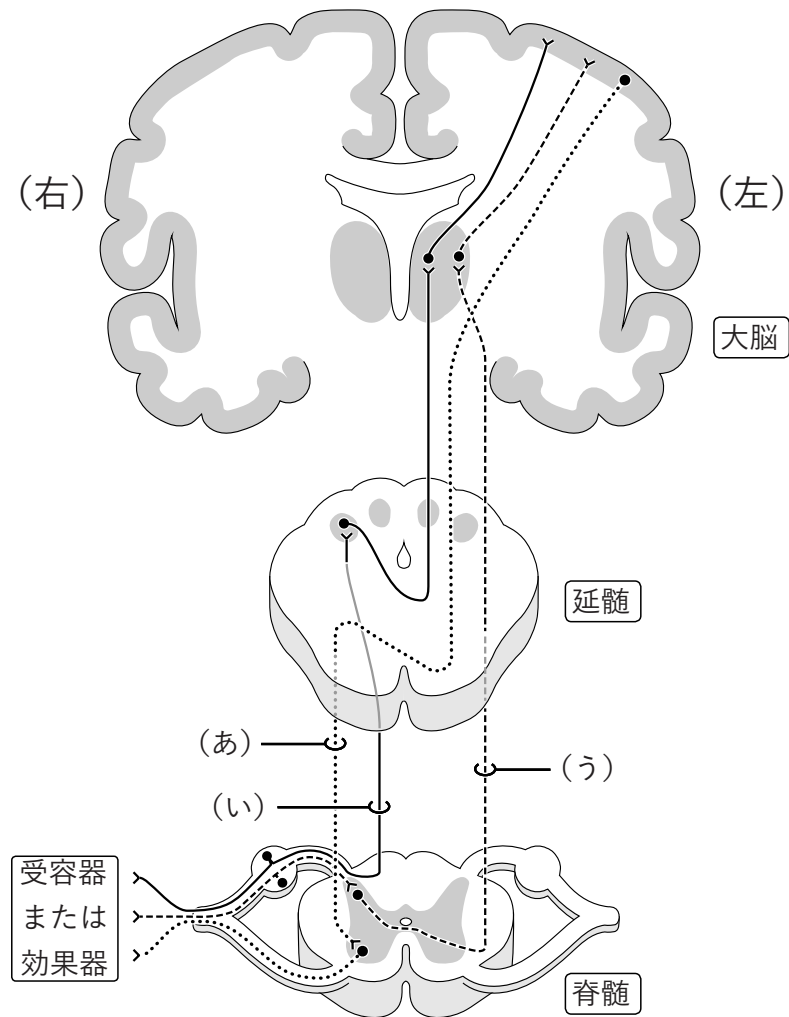
脊髄は上から、^{けい}頸髄、胸髄、腰髄、仙髄、尾髄に分かれており、手の感覚や随意運動を伝える脊髄神経は、おもに頸髄から出入りし、足の感覚や随意運動を伝える脊髄神経は、おもに腰髄、仙髄から出入りする。脊髄には意識とは無関係におこる反射の中枢が存在する。

(5) 膝蓋腱反射^{しつがいけん}の反射弓を図4に示す。また、脊髄には、受容器や効果器を大脳とつなぎ、(6) 感覚や運動の興奮伝達経路としての機能もある。大脳～脊髄にいたるまでの興奮伝達経路の一部を図5に示す。



生 物 (その7)

図5



問1 下線部(1)について、脳神経と脊髄神経の数はそれぞれ何対か。次の①～⑥から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- | | |
|--------------------|--------------------|
| ① 脳神経：8対，脊髄神経：31対 | ② 脳神経：8対，脊髄神経：37対 |
| ③ 脳神経：10対，脊髄神経：31対 | ④ 脳神経：10対，脊髄神経：37対 |
| ⑤ 脳神経：12対，脊髄神経：31対 | ⑥ 脳神経：12対，脊髄神経：37対 |

問2 下線部(2)について、副交感神経のはたらきによるものはどれか。次の①～⑤から適当なものをすべて選び、番号で記せ。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① 瞳孔の拡大 | ② 心臓拍動の促進 | ③ 膵液の分泌促進 |
| ④ 腸管運動の促進 | ⑤ 排尿の促進 | |

生 物 (その8)

問3 下線部(3)について、次の a) ~ d) に表す機能をもつ脳の部位はどこか。

図2の A ~ E 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。

- a) 瞳孔の大きさを調節する。
- b) 体の平衡を制御する。
- c) 生命維持に必要な呼吸や循環を調節する。
- d) 体温, 血糖などを調節する。

問4 下線部(4)について、次の a) ~ d) の場所はどこか。図3のア ~ カ 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。

- a) 皮膚感覚の領域
- b) 随意運動の領域
- c) 視覚の領域
- d) 言語の発声の領域

問5 下線部(5)について、図4の「*」に示す介在神経のはたらきは何か。

次の ① ~ ⑥ から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- ① 筋Aに接続している運動神経の興奮を促進する。
- ② 筋Aに接続している運動神経の興奮を抑制する。
- ③ 筋Bに接続している運動神経の興奮を促進する。
- ④ 筋Bに接続している運動神経の興奮を抑制する。
- ⑤ 筋A, 筋Bに接続している両方の運動神経の興奮を促進する。
- ⑥ 筋A, 筋Bに接続している両方の運動神経の興奮を抑制する。

問6 下線部(6)について、

i) 痛覚・温度覚を伝える興奮の伝達経路はどれか。図5の(あ) ~ (う) から最も適当なものを1つ選び、記号で記せ。

ii) 触覚・圧覚を伝える興奮の伝達経路はどれか。図5の(あ) ~ (う) から最も適当なものを1つ選び、記号で記せ。

iii) ある位置の胸髄の左半分が損傷し、損傷部位の各伝達経路に障害が生じたと仮定すると、左右の足の痛覚・温度覚, 触覚・圧覚, 随意運動はどのようになると考えられるか。解答欄の表に正常と考えられるなら「○」を, 異常があると考えられるなら「×」を記せ。なお, 図5には左右どちらか一方だけの伝達経路しか表していないが, 実際には両側に存在する。また, 脊髄が損傷しても意識ははっきりしているものとする。

生 物 (その9)

第4問 血液中の酵素に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

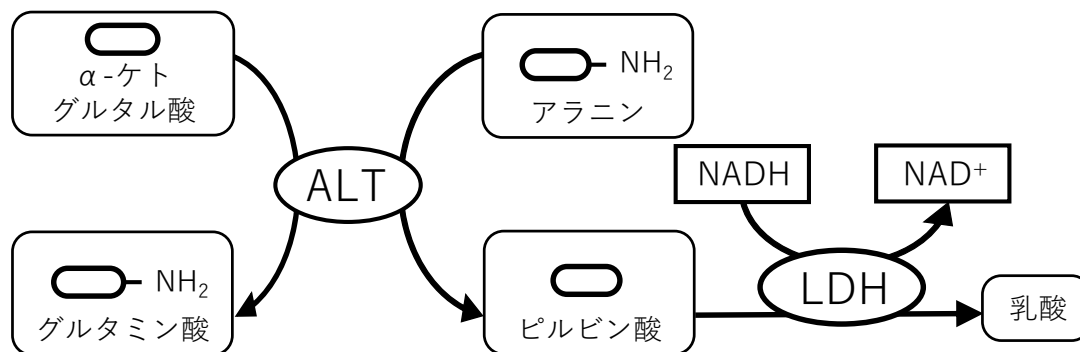
生体内で行われている代謝の過程では、1つ1つの化学反応はそれぞれ異なった酵素によって担われている。(1) 酵素反応の基質特異性は酵素がもつ特有な立体構造に依存している。各組織や器官ではそれぞれの機能を特徴づける酵素の発現がみられる。たとえばアミノ酸代謝をさかんに行っている肝臓の肝細胞では、アラニンのアミノ基を転移してグルタミン酸を合成するアラニンアミノ基転移酵素 (ALT) が大量に発現している。

健康な肝臓でも一定量の細胞が増殖と壊死を繰り返しているため、壊死した細胞から漏れ出した ALT が血液中にわずかに存在している。肝臓に炎症が生じると壊死する細胞が増えるため、血液中の ALT も増加する。したがって (2) 血液中の ALT 濃度を測定することによって肝臓の健康状態を診断することができる。

血液中に漏れ出してくる ALT はごく微量でその濃度を正確に測定するのは難しい。基質が十分量あるとき酵素の濃度と活性は比例するので、ALT 濃度 (g/L) の代わりに最適条件下で測定された ALT 活性の値 (国際単位/L) が血液検査の指標として用いられている。

ALT の活性は基質であるアラニンが単位時間内にどれだけピルビン酸に変化するかで表されるが、ピルビン酸を直接定量するのは難しい。そこで、生じたピルビン酸を乳酸脱水素酵素 (LDH) によって乳酸に変化させ、その過程で消費される LDH の補酵素 (NADH) の減少速度を測定し、ALT の活性値を求めている。反応溶液中に含まれる NADH の減少速度は、反応液に特定の波長の光を照射し、NADH の濃度変化を測定することによって知ることができる。一連の反応過程を図6に示す。

図6



生 物 (その10)

問1 下線部(1)について、

- i) 立体構造をつくる上で基本となる二次構造の名称を2つ記せ。
- ii) 立体構造が変化して酵素がはたらかなくなることを何とよぶか、名称を記せ。
- iii) 立体構造が正しく折りたたまれるように補助するはたらきをもつタンパク質を何とよぶか、名称を記せ。
- iv) 活性部位以外の場所で、特定の物質が結合することによって酵素の立体構造に影響をおよぼす部位を何とよぶか、名称を記せ。

問2 下線部(2)について、血液検査の対象として用いられる酵素はALTのほかにも多数存在する。クレアチンをリン酸化する酵素(クレアチンキナーゼ)やアミラーゼの値が増加した場合に、どのような器官の異常が疑われるか。それぞれ2つずつ名称を記せ。

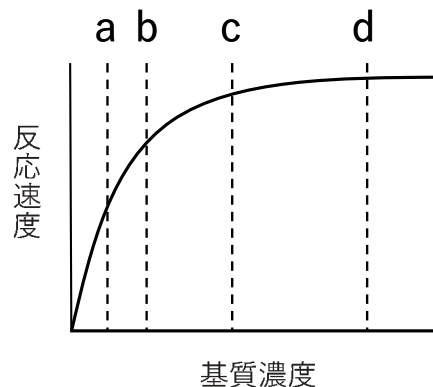
問3 図6に示した血液中ALT活性の測定について、

- i) 反応液に加える試薬として、アラニンのほかに必要なものを次の①～⑧からすべて選び、番号で記せ。

- ① α -ケトグルタル酸 ② グルタミン酸 ③ ピルビン酸 ④ 乳酸
 ⑤ ALT ⑥ LDH ⑦ NADH ⑧ NAD⁺

- ii) 酵素濃度が一定の場合の基質濃度と反応速度の関係を図7に示す。反応液に加えるアラニンの濃度として最も適当なものをa～dから1つ選び、記号で記せ。

図7



生 物 (その11)

iii) この測定により ALT の活性値を導き出すための反応の要件あるいは酵素の性質として適当なものを次の ① ~ ⑧ から 3つ選び、番号で記せ。

- ① 基質濃度が一定のとき、反応速度は酵素濃度に比例する。
- ② 補酵素は反応の前後で変化しない。
- ③ ALT と LDH の反応速度が一致している。
- ④ ALT により生成するピルビン酸に対して LDH は十分量存在する。
- ⑤ 酵素の変性を防ぐために測定は低温 (4℃) で行う。
- ⑥ LDH の反応速度と NADH の減少速度は比例する。
- ⑦ アラニンがピルビン酸に変化する反応を阻害しないように、添加する α -ケトグルタル酸の量は最小限度に抑える。
- ⑧ アラニンとピルビン酸の濃度が一致したときに、ALT の反応速度は最大になる。

問4 ある患者が健康な状態から肝炎を発症して死亡するまでの期間における患者の血液中 ALT 活性の推移を図8に示す。この患者が肝硬変になった段階で、血液中 ALT 活性が正常範囲に戻った理由を簡潔に記せ。

