

(記号 201 )

(科目名 生物 )

[誤]

→

[正]

〔Ⅱ〕

P.41, 図3(i) ~ (iv)中の  
すべての

2 min

4 min

〔I〕 次の文章を読み、問い（1）～（9）の答えを解答用紙の（一）の〔I〕の該当する欄に記入せよ。

次の文章は、動物園でのキョウコとハルキの会話である。

キョウコ：コアラってユーカリしか食べないけど、(A) 栄養は足りるのかな？

ハルキ： ユーカリの (B) 葉には栄養成分以外にも毒性成分が含まれているらしいよ。でも盲腸の中に毒性成分を分解する酵素を作る腸内細菌がいるから、解毒して食べることができるんだって。

キョウコ：他の動物が食べられないユーカリを主食にすることで生存競争に勝ってきたんだよね。

ハルキ： コアラの赤ちゃんはお母さんのうんちを離乳食として食べることによって、腸内細菌を受け継ぐと考えられているそうだよ。

キョウコ：お母さんからの大切な贈り物だね。私も母乳中のオリゴ糖が赤ちゃんのおなかのビフィズス菌の大切な栄養素になると聞いたことがあるわ。

ハルキ： ビフィズス菌といえば、この前体調を崩したときに (C) 抗生物質や整腸剤と (D) 解熱剤を処方されたんだけど、整腸剤の中身はビフィズス菌や乳酸菌とかの善玉菌なんだよね。

キョウコ：抗生物質を服用すると腸内細菌も死んでしまうから、そのバランスを取り戻すために処方されるんだよね。

ハルキ： でも整腸剤の菌も抗生物質で死なないのかな？

キョウコ：そのために抗生物質耐性の乳酸菌やビフィズス菌とか、芽胞がある酪酸菌を含む整腸剤が処方されるそうよ。

ハルキ： 細菌には病原性 (E) 大腸菌みたいに食中毒を起こすタイプもあるよね。

キョウコ：腸内には善玉菌や悪玉菌、<sup>ひよりみ</sup>日和見菌とかいろんな種類の菌が共存していて、腸内にいる細菌の集団のことを (F) 腸内細菌叢というらしいわ。お花畑のようにになっているから腸内フローラという呼ばれ方もあるんだって。

ハルキ： そうなんだ。じゃあ次は笹ばかり食べているパンダを見に行こうよ。

- (1) 下線部 (A) に関して、表 1 の選択肢 (ア) ~ (オ) のうち、生物を構成する有機物質とその構成元素の一般的な組合せとして誤っているものを二つ選び、記号で答えよ。

表 1 生物を構成する有機物質とその構成元素

	物質	元素
(ア)	ATP	C, H, O, N, P
(イ)	タンパク質	C, H, O, N, S
(ウ)	グリセリン	C, H, O, P
(エ)	グリコーゲン	C, H, O
(オ)	RNA	C, H, O, N

- (2) 下線部 (B) について、植物の窒素同化に関する次の問い①~③に答えよ。

- ① 植物の根が土壌中から吸収する無機窒素イオンを二つ答えよ。
- ② グルタミン合成酵素の阻害剤を処理した植物の葉の中では、グルタミンおよびクロロフィル量は処理前と比べて増加するか、減少するか、変化しないか、それぞれ答えよ。
- ③ ダイズは根粒菌が住みつくことで肥料分が少ない土壌でも良く育つ作物であるが、一方で根粒菌はダイズから与えられた炭水化物を利用する。この関係を何と呼ぶか答えよ。

- (3) 下線部 (C) について述べた次の文章のうち、空欄 (あ) ~ (う) にあてはまるもっとも適切な語句を解答欄に記入せよ。また空欄 (え) と (お) にあてはまるもっとも適切な数字を図1から選べ。

抗生物質のうち、ペニシリン系は ( あ ) の構成成分であるペプチドグリカンの合成を阻害することで抗菌作用を示す。一方アミノグリコシド系やマクロライド系は細菌のタンパク質合成を阻害することで抗菌作用を示す。原核生物の遺伝子は一般に ( い ) をもたないため、細胞内の ( う ) で mRNA が合成されはじめるとリボソームが結合しタンパク質合成が起こる。したがって図1ではリボソームが進む方向は ( え ) であり、RNAポリメラーゼが進む方向は ( お ) である。

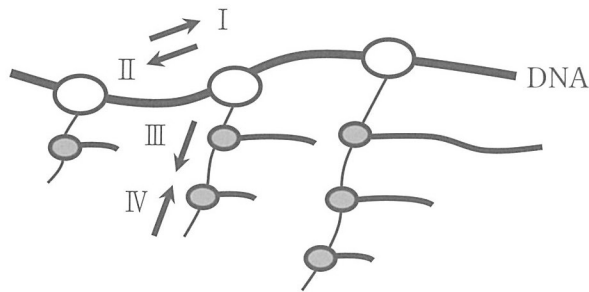


図1 原核生物のタンパク質合成の模式図

- (4) 下線部 (C) に関連して、大腸菌を用いた DNA クローニングを行うときに、抗生物質に耐性をもたせる遺伝子が組み込まれたプラスミドを用いる利点を、句読点を含め 40 字以内で説明せよ。

- (5) 下線部 (D) について述べた次の文章のうち、空欄 (か) ~ (く) にあてはまるもっとも適切な語句を解答欄に記入せよ。

からだの一部が病原体に感染すると免疫細胞は ( か ) を分泌する。( か ) の一種は、脳の血管の細胞に作用してプロスタグランジンの生成を促す。プロスタグランジンが間脳の ( き ) の体温調節中枢にはたらきかけると、発熱が促される。この発熱によってマクロファージの ( く ) が活性化し、病原体の排除が亢進する。解熱剤はプロスタグランジンの産生酵素を阻害することで効果を発揮する。

- (6) 下線部 (E) に関連して、遺伝子組換え技術を用いて  $\beta$ -ガラクトシダーゼをコードする *lacZ* 遺伝子を緑色蛍光タンパク質 (GFP) の遺伝子に入れ換えた大腸菌を作製した。この大腸菌をラクトースがなくグルコースを多く含む培地から、グルコースがほとんどなくラクトースを多く含む培地に変えて短時間培養した場合、次の①~④はどのような変化が起こると考えられるか。増加する場合は U、減少する場合は D、変化しない場合は N で答えよ。

- ① 大腸菌 1 個当たりの GFP タンパク質発現量
- ② 大腸菌 1 個当たりのリプレッサータンパク質発現量
- ③ 大腸菌 1 個当たりの ATP 量
- ④ 大腸菌の増殖速度

- (7) 下線部 (F) に関して、腸内細菌は食物繊維をエサとして短鎖脂肪酸を生成する。次の実験1について、以下の文章 (ア) ~ (オ) のうち、実験1のみから得られた考察として内容が適当なものに○を、適当でないものに×を記入せよ。

実験1：マウスを二つのグループに分け、一方には食物繊維 A、もう一方には食物繊維 B を含むエサを与えた。一定期間後、各グループの腸内細菌叢の構成を解析し、短鎖脂肪酸の量を測定した。その結果、食物繊維 A を与えたグループでは特定の腸内細菌群が増加し、短鎖脂肪酸 X の量が増加した。食物繊維 B を与えたグループでは、別の腸内細菌群が増加し、短鎖脂肪酸 Y の量が増加した。なお腸内細菌の全体数には大きな変化は生じなかった。

- (ア) 食物繊維の種類によって、腸内細菌叢の構成が変化する。  
(イ) 特定の腸内細菌は特定の食物繊維を分解し、特定の短鎖脂肪酸を生成する。  
(ウ) 水溶性食物繊維の方が難消化性食物繊維より腸内細菌のエサになりやすい。  
(エ) 食物繊維 A は短鎖脂肪酸 X を生成する腸内細菌の増殖を促進し、食物繊維 B は短鎖脂肪酸 Y を生成する腸内細菌の増殖を促進した。  
(オ) 短鎖脂肪酸 X は短鎖脂肪酸 Y を生成する腸内細菌の増殖を抑制し、短鎖脂肪酸 Y は短鎖脂肪酸 X を生成する腸内細菌の増殖を抑制した。

- (8) 下線部 (F) に関して、運動成績と腸内細菌の関係を解析した次の実験2と実験3のみから得られた考察として、以下の文章 (ア) ~ (キ) のうち、内容が適当なものに○を、適当でないものに×を記入せよ。

実験2：微生物がいる環境下で飼育されたマウス（保菌マウス）を二つのグループに分け、それぞれ滅菌水または複数の抗生物質を加えた滅菌水を一定期間投与した。次にマウス用の傾斜付きトレッドミル装置の専用コースにマウスを走らせ、疲れて止まるまでを1回として走行距離を測定した。これを50回行い、通算距離を測定したところ、図2 Aの結果を得た。また抗生物質単体ごとの効果を評価したところ、図2 Bの結果を得た。さらに抗生物質 A または抗生物質 F をそれぞれ投与したマウスと非投与マウスの腸内細菌叢を門ごとに評価したところ、図2 Cの結果を得た。

実験3：次に無菌マウスを用いて、さまざまな細菌 (p ~ s) を腸内に移植したマウスと、細菌を移植していないマウス (-) を用意した。そして保菌マウスを比較対照としてトレッドミル装置を用いて運動成績を評価したところ、図2 Dの結果を得た。

なお、同じ種類のマウスを使用し、抗生物質や細菌の移植は走る距離以外には、体重等への影響はなかった。

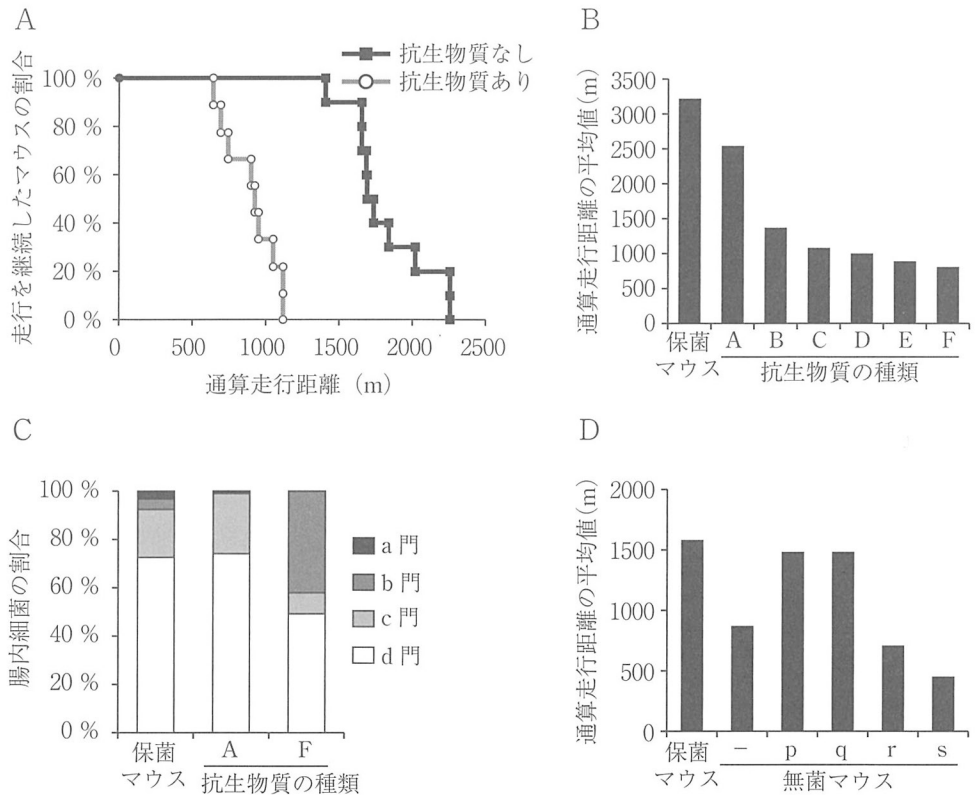


図2 抗生物質によるマウスの走行距離と腸内細菌叢への影響  
Dohnalová L et al, Nature 2022, 612, 739-747 より改変

- (ア) 抗生物質の投与により保菌マウスの腸内細菌叢の構成が変化した。
- (イ) マウスの運動成績には、雌雄差や週齢は影響を与えなかった。
- (ウ) マウスの運動成績の変化には腸内細菌の数が重要であり、種類は関係なかった。
- (エ) 菌種 p や菌種 q の腸内への移植は、無菌マウスの運動成績を向上させた。
- (オ) 運動成績の変化は、マウスの遺伝子配列の違いよりも腸内細菌叢の変化の方が、影響が大きかった。
- (カ) 特定の腸内細菌が作り出す物質が、マウスの運動成績を高めた。
- (キ) この腸内細菌をヒトの腸に移植すれば運動成績が高まる。

(9) 動物園から帰ったハルキさんは、コアラが抗生物質を服用して腸内細菌が死んだら、ユーカリの葉を消化できなくなってやせてしまうのではという仮説を考えた。次の文章(ア)～(オ)のうち、この仮説を検証するために必要な実験として適当でないものを二つ選び、記号で答えよ。ただし実験には、同じ生息環境で育った年齢の近いコアラに必要な頭数だけ確保できるものとし、動物愛護の観点から適切な管理の上、研究を行うこととする。

- (ア) 複数の抗生物質投与群と非投与群の二つのグループに分け、一定期間後の腸内細菌叢の構成の変化を解析する。
- (イ) (ア)の両グループに同じ種類のユーカリを一定期間与え、摂取量、体重変化を解析する。
- (ウ) (ア)の両グループについて、抗生物質の血中濃度を測定する。
- (エ) 抗生物質投与後のコアラに、非投与群コアラから採取した腸内細菌群を移植し、その後の体重変化を解析する。
- (オ) 抗生物質投与後のコアラに、ゆでたユーカリを一定期間与え、摂取量、体重変化を解析する。

(50点)

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問い（１）～（６）の答えを解答用紙の（一）の〔Ⅱ〕の該当する欄に記入せよ。

ヒトを含む動物は、気温や光の変化などの様々な体外環境（外部環境）の影響を受ける。これに対して、からだの内側にある細胞を取り巻く環境を（あ）と呼ぶ。細胞の周辺には、細胞によって作られた物質や隣接する細胞、および体液がある。体液には、血液、（い）、リンパ液が存在する。（い）は、血しょう成分の一部が毛細血管からしみ出して細胞の間を満たしたものである。また、ヒトのからだは外部環境の影響を絶えず受けているにもかかわらず、（あ）がほぼ一定に保たれる。このことを（う）という。例えば、<sup>(A)</sup>体温調節に関しては、体温が下がると体温を上昇させるようなはたらきが生じ、体温が上昇すると発汗などによって体温を下げようとするはたらきが生じる。

アスリートは、競技力の向上を目的に、<sup>(B)</sup>運動トレーニングを継続している。運動トレーニングは、体外環境や（あ）の変化を通じて（う）を意図的にかつ一時的に攪乱し、その継続によって身体内部の（う）の基準点を再設定させることで、身体機能の向上を促し、最終的に競技力の向上を目指すアプローチであるといえる。この適応変化には一定期間を要することも知られている。また、<sup>(C)</sup>より効果的に運動トレーニングを行うために、酸素濃度の低い高所や暑熱環境などの特別な環境を活用することもある。運動トレーニングの継続によって競技力が向上したかどうかを確認する手段として、<sup>(D)</sup>運動中の外呼吸の変化を計測する方法がある。これによって、対象者の運動能力や運動中の代謝状況を把握することができる。外呼吸とは肺を用いて空気から酸素を取り込み、体内の不要な二酸化炭素を排出する過程のことであり、肺胞と毛細血管の間でのガス交換によって行われる。また、測定によって得られる酸素の取り込み量（酸素摂取量）や二酸化炭素排出量、空気の取り込み量（換気量）は末梢組織での代謝状況が反映されていると考えられ、例えばランニングや自転車運動は、運動に動員される筋肉細胞の呼吸を盛んにするため、血液内の酸素濃度が低くなり、二酸化炭素濃度は高くなる。その変化は酸素摂取量

や二酸化炭素排出量，換気量の増加を導くことになる。また，運動時には，（ え ）が増加し，末梢組織に送られる単位時間当たりの血液量が増加する。これは，自律神経のうち（ お ）のはたらきによるものである。また，運動を終えてしばらく休むと（ え ）は元に戻る。（ え ）は，手首に指を当てることによって簡便に測定可能な運動負荷の指標にもなる。

(1) 本文中の空欄（あ）～（お）にあてはまるもっとも適切な語句を解答欄に記入せよ。

(2) 下線部（A）について述べた次の文章のうち，空欄（か）～（く）にあてはまるもっとも適切な語句を解答欄に記入せよ。

体温調節には神経系や内分泌系が関与し，それらのはたらきによって器官における発熱量や放熱量が変化する。体温の上昇時には，皮膚の血管が（ か ）するなどして放熱量が増加する。一方で，体温の低下時には，皮膚血管での変化に加えて，甲状腺から（ き ）が分泌されることによって，骨格筋や肝臓での代謝が活性化され，熱産生量が増加する。この熱産生量の増加には（ く ）神経の作用による骨格筋のふるえや，褐色脂肪細胞のはたらきも関与する。

- (3) 下線部 (B) について、骨格筋に関する次の文章を読み、以下の問い①と②に答えよ。

骨格筋は筋細胞が束状に集まっており、その両端は ( け ) を介して骨とつながっている。筋細胞の中には筋原繊維といわれる円柱状の構造が存在し、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントが規則正しく配列されている。また、筋原繊維は網目状の ( こ ) によって取り巻かれている。筋原繊維を観察すると、明帯と暗帯の規則的な縞模様を確認できることから骨格筋は横紋筋と呼ばれ、横紋の1周期分の単位構造を ( さ ) という。

- ① 文中の空欄 (け) ~ (さ) にあてはまるもっとも適切な語句を解答欄に記入せよ。

- ② 骨格筋の収縮に関して述べた次の文章 (ア) ~ (カ) のうち、文章 (ア) を骨格筋の収縮機序の1番目として、順番に並べた場合に2番目と5番目に該当する文章をそれぞれ選び、記号で答えよ。

(ア) 活動電位が生じる。

(イ) ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントが架橋構造を形成する。

(ウ) トロポミオシンが構造変化する。

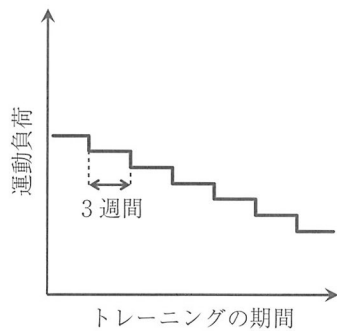
(エ) ミオシン頭部に ATP が結合する。

(オ) ミオシンフィラメントがアクチンフィラメントに滑り込む。

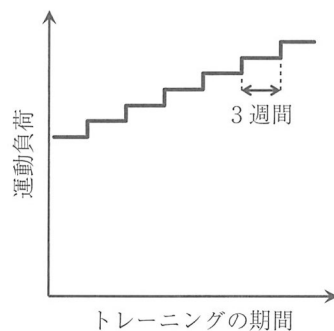
(カ) カルシウムイオンがトロポニンに結合する。

(4) 下線部 (C) について，トレーニング効果獲得の仕組みや酸素濃度の低い場所での運動トレーニングに関する次の問い①と②に答えよ。

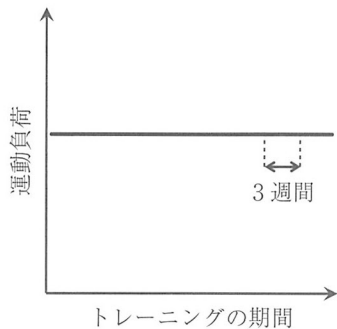
① 身体機能を向上させる運動トレーニングプログラムとして，トレーニング期間の経過に伴うもっとも適切な運動負荷設定を図1内の選択肢 (キ) ~ (コ) から一つ選び，記号で答えよ。ただし，一回ごとの運動実施時間や，1週間あたりの運動実施日数，トレーニングを継続する実施期間，運動トレーニング開始時の運動負荷はどの選択肢においても同一とし，1回ごとのトレーニング実施中に運動負荷の変更は行わない。また，運動トレーニング実施期間中は同じ頻度で休養日を設け，疲労状態を鑑みた運動負荷設定は行わないものとする。



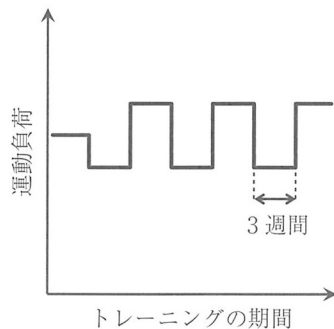
(キ) 一定期間 (3週間) ごとに徐々に運動負荷を下げる。



(ク) 一定期間 (3週間) ごとに徐々に運動負荷を上げる。



(ケ) トレーニング期間を通じて一定の負荷を保つ。



(コ) 一定期間 (3週間) ごとに運動負荷を上げ下げする。

図1 トレーニング期間の経過に伴う運動負荷設定

② 次の文章を読み，以下の問い（a）および（b）について答えよ。

低酸素トレーニングとは，大気中の酸素が占める（し）%より酸素濃度が低い環境にて運動トレーニングを実施することを指す。実施場所には標高の高い場所が用いられるが，標高の高い場所が低酸素環境となるのは，（す）の変化により酸素濃度が下がるためである。また，低酸素環境においては酸素濃度の減少に伴って体内への酸素供給量に制限が生じ，その結果として運動能力が低下する。平地（海拔0m）と高地で同じ運動をした場合，相対的な身体への負荷は平地での運動と比較して，高地では（せ）。その他にも，低酸素環境に暴露されたことによる生理的適応も低酸素環境を用いるトレーニング効果の一つとして考えられている。その生理的適応には，細胞内が低酸素環境に陥った際に発現量が増加する転写因子Aが関与しており，この転写因子Aが低酸素に対する応答を引き起こすことによって酸素濃度が低い環境であっても対応できるような変化を身体に導く。

（a）文中の空欄（し）～（せ）にあてはまるもっとも適切な選択肢を空欄ごとに表1の選択肢（i）～（iii）からそれぞれ一つ選び，記号で答えよ。

表1 低酸素環境や低酸素環境でのトレーニングに関する選択肢

	(i)	(ii)	(iii)
(し)	78.1	20.9	0.04
(す)	気圧	大気組成	気圧と大気組成の両方
(せ)	高くなる	低くなる	変わらない

(b) 転写因子 A による低酸素に対する応答が生じているかどうかを実験によって確認するには、どのようなデータを取得する必要があると考えるか、句読点を含め 40 文字以内で答えなさい。

(5) 下線部 (D) に関して、漸増<sup>ぜんぞう</sup>運動負荷試験に関する次の文章を読み、以下の問い①～③に答えよ。

漸増運動負荷試験とは、自転車エルゴメーター（ペダル負荷を調整できる固定式自転車）やトレッドミル（ベルトコンベア型の運動測定機器）を用いて、運動開始から徐々に運動負荷を増加させていき、換気量や酸素摂取量、二酸化炭素排出量の変化を経時的に測定する手法である。運動時間の経過に伴う運動負荷の変化と、換気量と二酸化炭素排出量の典型的なデータを図 2 として示した。

① 図 2 中の二酸化炭素排出量に関するデータでは、ある運動負荷を境に非直線的な増加を示している。これは運動時における筋組織での代謝状況が反映されていると考えられる。この際、筋組織では乳酸が最終産物となる反応が生じている。動物の組織内でみられるこの反応の名称を答えよ。また、この反応によって 1 mol のグルコースから生成される ATP の量は、呼吸によって生成される最大 ATP 量の何分の 1 に相当するか、以下の選択肢 (i) ～ (iv) からもっとも適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

(i)  $1/2$       (ii)  $1/7$       (iii)  $1/12$       (iv)  $1/19$

- ② 図2中の換気量に関するデータにおいても、ある運動負荷を境に換気量が非直線的に増加した。これは、筋組織での二酸化炭素濃度の急激な上昇が脳のある部位で感知されたことにより生じたと考えられる。また、この脳の部位は、呼吸機能以外にも血液循環の調節にも関与することが知られている。この換気量の変化に関与する脳の部位を答えよ。

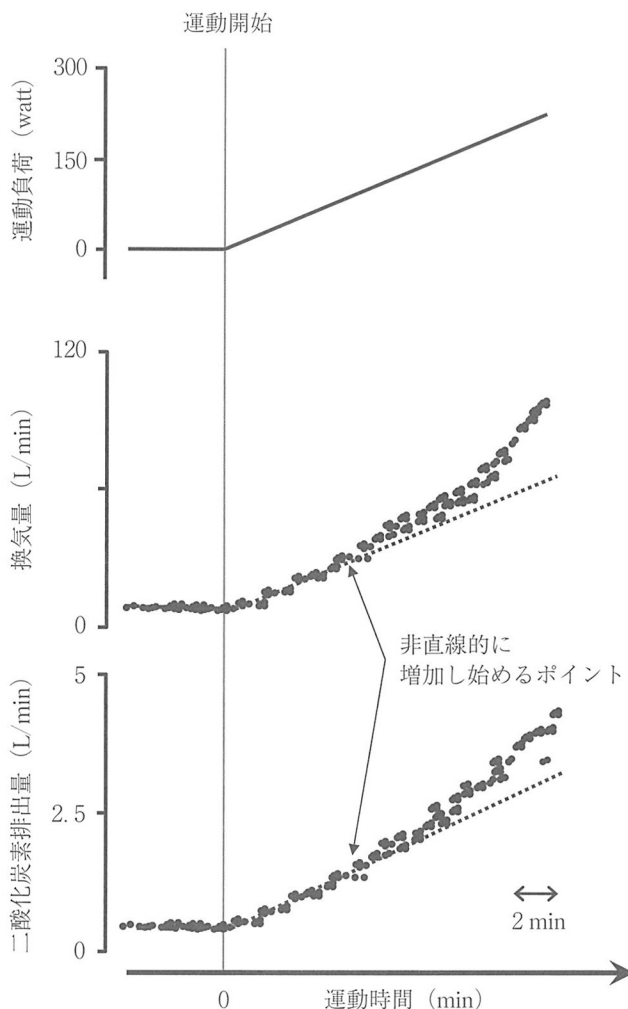


図2 漸増運動負荷試験時における運動負荷，換気量，二酸化炭素排出量の経時的变化

換気量や二酸化炭素排出量を示すグラフ内の各プロット(●)は外呼吸1回毎のデータを示している。運動負荷は運動開始時から直線的に増加し、換気量と二酸化炭素排出量についてはある運動負荷を超えると非直線的な増加を示す。点線は直線的に増加し続けた場合のデータ変化予想を示している。

- ③ 漸増負荷運動中の酸素摂取量に関しては、運動時間の経過に伴ってどのような変化を示すと考えるか、図3の選択肢 (i) ~ (iv) からもっとも適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

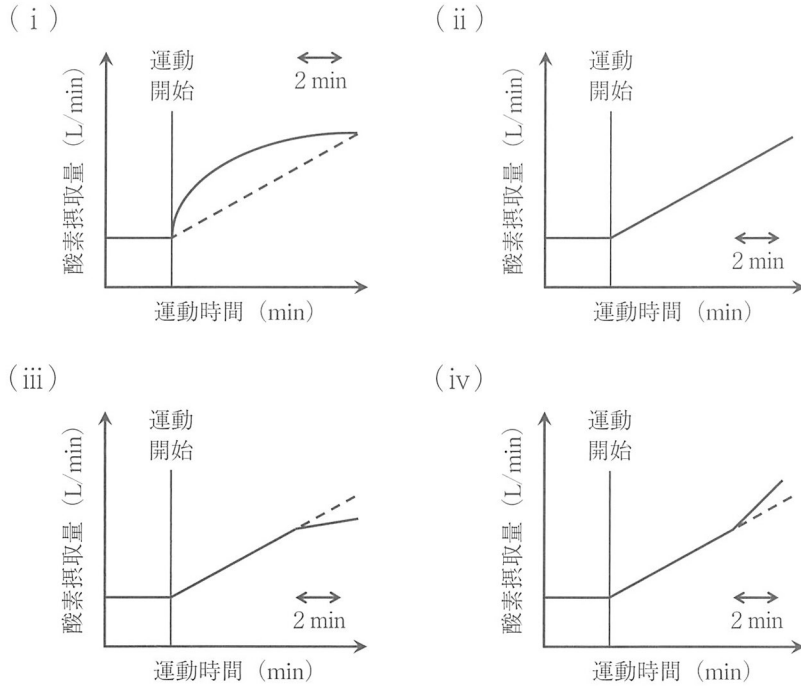


図3 漸増負荷運動時における酸素摂取量の経時的変化

実線は酸素摂取量の経時的変化を示している。なお、点線は直線的に増加し続けた場合のデータ変化を示している。

- (6) 下線部 (D) に関して、運動開始時から同じ運動負荷で運動を行う場合の酸素摂取動態に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

運動開始時から同じ運動負荷で運動を行う場合の酸素摂取量の変化を測定すると、運動開始から酸素摂取量は急峻な増加を示し、その後定常状態に至る (図4)。この定常状態は体内への酸素摂取と体内での酸素利用のバランスが取れた状態であるといえる。また、運動開始時からの酸素摂取応答とは、運動前の安静時と運動中の定常状態時の酸素摂取量の変化幅の3分の2に到達するのに要する時間を指し、この反応時間が速いほど持久的競技能力が高いとされている。例えば、図4においては同一人物に対する一定期間の運動トレーニング前後での酸素摂取動態を示している。トレーニング前の酸素摂取応答時間は27.6秒であるのに対し、トレーニング後のそれは20.4秒と、7秒ほど速くなっている。トレーニング前後での酸素摂取応答時間の短縮化が持久的競技能力に好影響を及ぼす理由を述べた以下の文章 (i) ~ (iii) について、内容が正しいものには○を、間違っているものには×を記入せよ。ただし、図4に示したデータは、運動に必要なエネルギー需要は運動時間全体を通して同一とし、酸素摂取量が定常状態に至らない時間帯については、酸素を必要としないATP合成機構も機能していることとする。

- (i) 運動負荷の変化に対する酸素利用速度が向上する。
- (ii) 筋組織内での乳酸濃度の上昇が抑制される。
- (iii) 筋細胞内に貯蔵されているグリコーゲンの利用が促進される。

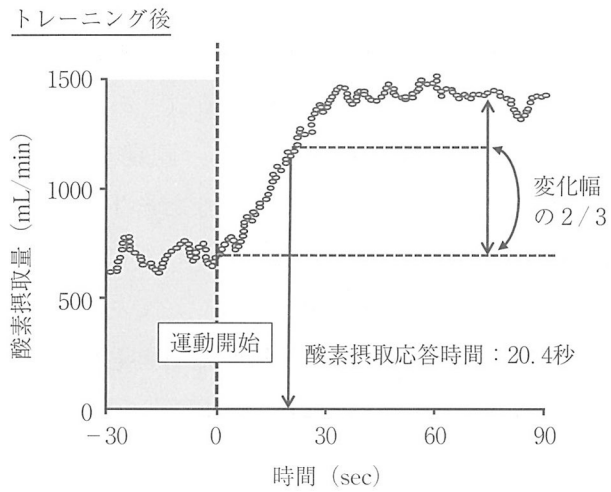
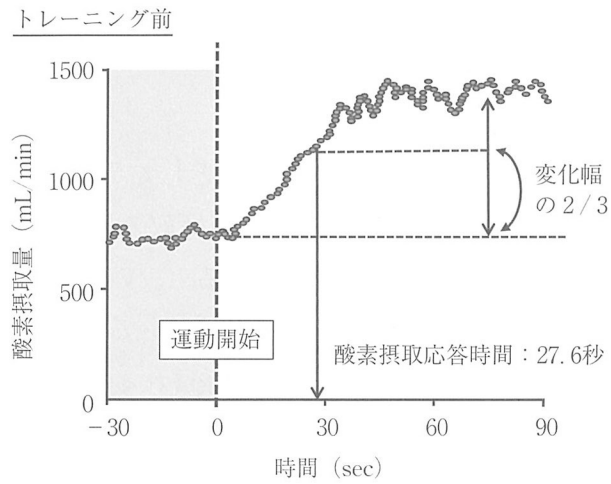


図4 運動トレーニング前後において同じ運動負荷の運動を実施した場合の酸素摂取動態

図中の秒数は酸素摂取応答時間を示し、この数値が小さい方が持久的競技能力に優れる。図中の各プロットは外呼吸1回毎のデータを示している。

(50点)

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、問い（１）～（５）の答えを解答用紙の（二）の〔Ⅲ〕の該当する欄に記入せよ。

動物は外界からのさまざまな信号を刺激として受け取り、刺激に応じた反応や行動をとる。外界からの刺激を受け取るものが、眼、耳などの（あ）であり、筋肉をはじめとする（い）が体を動かす。（あ）と（い）を機能的に結びつけているのが（う）である。（う）のうち、脳などの（え）と呼ばれる特別な部分では情報の統合や処理が行われ、（い）に適切な命令を下すという重要なはたらきを担っている。

（あ）は、光、音波、温度などさまざまな刺激を効率よく受け取るために特殊化している。それぞれの（あ）が受け取る特定の刺激を（お）という。例えば、眼は光に対する（あ）であり、視覚を生じる。耳は音波に対する（あ）であり、聴覚を生じる。（か）は圧力や温度の刺激を受け取り、痛覚や温覚などを生じる。光、音波、温度などの物理的刺激に対する感覚以外に、化学物質に対する感覚もある。気体の状態の化学物質に対する感覚が（き）であり、水に溶けた化学物質に対する感覚が（く）である。視覚器官として眼があるように、ヒトは（き）器官として（け）を、（く）器官として（こ）をもっている。

（１）本文中の空欄（あ）～（こ）にあてはまるもっとも適切な語句を解答欄に記入せよ。なお、同じ語句を繰り返し用いないこと。

(2) ヒトの視覚について、次の問い①および②に答えよ。

① 次の文章の空欄 (a) ~ (i) にあてはまるもっとも適切な語句を、以下の語群 (ア) ~ (ナ) からそれぞれ一つずつ選び、記号で答えよ。

眼に入った光は ( a ) と ( b ) で屈折し、網膜上に像を結ぶ。ヒトでは ( c ) が ( b ) の厚さを変えてピントを合わせる。例えば、近い距離の物体をみるときは、( c ) が収縮して ( d ) がゆるみ、( b ) が ( e ) になり、網膜上に物体の像を結ぶように調節している。

網膜には視細胞という光を受け取る細胞がある。ヒトの視細胞には短い円錐状の錐体細胞と、長い棒状のかん体細胞という2種類の細胞がある。錐体細胞のはたらきによって ( f ) を識別することができる。視細胞には視物質が含まれており、かん体細胞の視物質は ( g ) と呼ばれる。( g ) は、オプシンと呼ばれるタンパク質にビタミンAの一種である ( h ) が結合したものである。光を受け取ると ( h ) の立体構造が変化して、オプシンから離れることによってかん体細胞に電気信号が発生する。視細胞からの情報は ( i ) を通して大脳の視覚中枢へ伝えられて、視覚が生じる。

語群

- |           |            |           |
|-----------|------------|-----------|
| (ア) 虹彩    | (イ) 水晶体    | (ウ) 毛様体   |
| (エ) 瞳孔    | (オ) 角膜     | (カ) チン小帯  |
| (キ) 三叉神経  | (ク) 視神経    | (ケ) 厚く    |
| (コ) 薄く    | (サ) 外節     | (シ) 中節    |
| (ス) 内節    | (セ) フォトプシン | (ソ) カロテン  |
| (タ) レチナール | (チ) ロドプシン  | (ツ) ナイアシン |
| (テ) 色     | (ト) 距離     | (ナ) 明暗    |

② 明るい場所から暗い場所に入ったときに、はじめはよく見えないがしばらくするとものが見えるようになる。この反応を何と呼ぶか答えよ。

(3) ヒトとネコの視覚機能を比較すると、ネコはヒトよりも暗い場所での視覚能力に優れている。その理由としてもっとも適切なものを次の文章 (ア) ~ (オ) から一つ選び、記号で答えよ。

(ア) ネコは3種類の錐体細胞をもち、ヒトは2種類の錐体細胞しかもたないため。

(イ) ネコは視神経の太さがヒトより太く、視覚情報をより速く脳に伝達できるため。

(ウ) ネコの網膜では錐体細胞の密度がヒトよりも高く、少ない光でも色を識別できるため。

(エ) ネコの網膜ではかん体細胞の密度がヒトよりも高く、わずかな光でも感知できるため。

(オ) ネコは暗い場所で瞳孔が小さくなるので、わずかな光でも感じることができるため。

- (4) 図1および図2は、ヒトの眼球における視軸と、網膜における視細胞の分布を模式的に表したものである。図を参考にして、以下の問い①および②に答えよ。

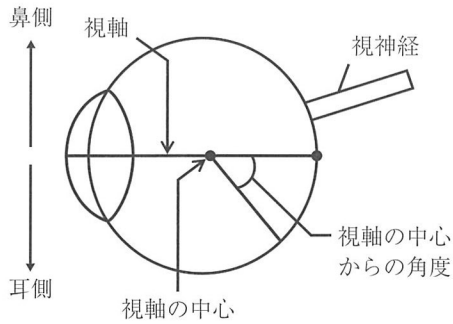


図1 眼球における視軸の模式図

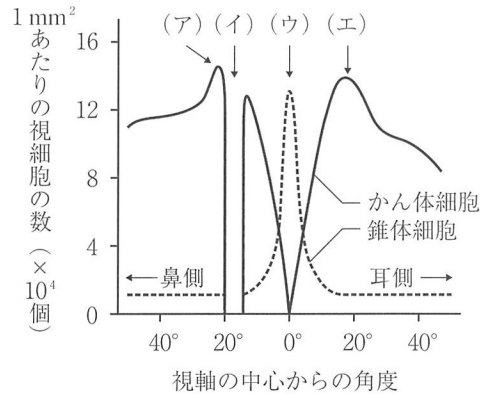


図2 網膜における視細胞の分布

- ① 明るい昼間に色の識別能力がもっとも高まる部位を図2の(ア)～(エ)から一つ選び、記号で答えよ。また、その部位の名称を答えよ。
- ② 天文観察者が暗所で星を観察するとき、観察したい星を視野の中心からずらして見る「そらし目(周辺視)」を使うのはどのような理由が考えられるか。視細胞の分布と感受性の観点から、句読点を含め40字以内で答えよ。

(5) ヒトの聴覚について、次の問い①および②に答えよ。

- ① 次の文章の空欄 ( a ) ~ ( g ) にあてはまるもっとも適切な語句を、以下の語群 (ア) ~ (シ) からそれぞれ一つずつ選び、記号で答えよ。

ヒトの耳では、( a ) を伝わってきた音波はまず ( b ) を振動させる。(A) ( b ) の振動は、中耳の ( c ) で増幅されて、内耳のうずまき管に伝えられ、うずまき管内の ( d ) を介して基底膜を振動させる。基底膜の上にある ( e ) には、おおい膜に接触した ( f ) をもつ聴細胞があり、基底膜の振動によって ( f ) が曲がると、聴細胞に電気信号が発生し、聴神経によって ( g ) に伝えられ、聴覚が生じる。

語群

- |             |         |          |
|-------------|---------|----------|
| (ア) エウスタキオ管 | (イ) 外耳道 | (ウ) コルチ器 |
| (エ) 鼓膜      | (オ) 半規管 | (カ) 血液   |
| (キ) リンパ液    | (ク) 視神経 | (ケ) 感覚毛  |
| (コ) 小脳      | (サ) 大脳  | (シ) 耳小骨  |

- ② 図3は、異なる周波数の音波に対して振動する基底膜の位置と、その相対的な振動の大きさを模式的に示したものである。基部はうずまき管の入り口を、頂部はうずまき管の先端部を意味する。下線部 (A) および図3を参考に、「ヒトの聴覚において音の高低が識別されるしくみ」について、句読点を含め60字以内で述べよ。

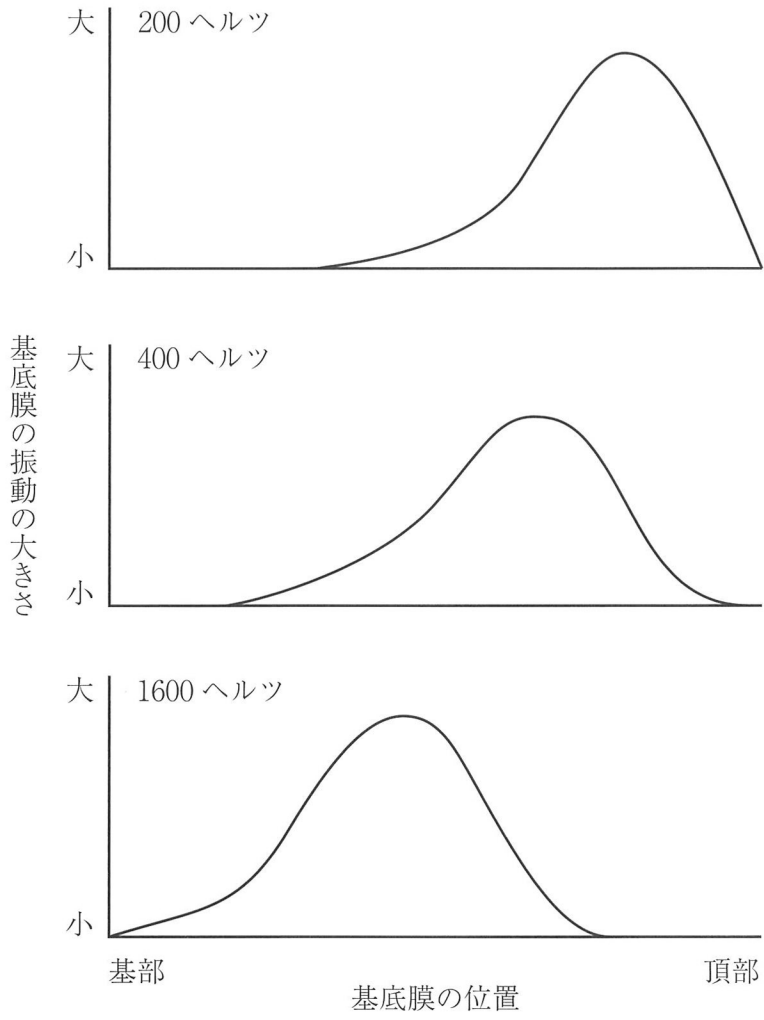


図3 音の周波数と基底膜の振動

(50点)