

令和 2 年度鹿児島大学医学部医学科

第 2 年次前期学士編入学試験

学力試験 I

令和元年 6 月 15 日 午前 9 時～午前 10 時 30 分

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題を開いてはいけません。
2. この問題は全部で 7 ページあります。
落丁、乱丁または印刷不鮮明の箇所があれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 受験番号は、必ず 4 枚の解答用紙のそれぞれに記入しなさい。
4. 4 枚の解答用紙が渡されますが、第 1 問解答用紙には第 1 問について、第 2 問解答用紙には第 2 問について、第 3 問解答用紙には第 3 問について、第 4 問解答用紙には第 4 問について、解答しなさい。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。記入箇所を誤った解答については、その解答に限り無効とします。
6. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。

第1問

以下の文を読み、各問題に答えなさい。

ある昆虫は、同一染色体上に3組の対立遺伝子A(a), B(b), D(d)を持つ。A, B, Dは優性遺伝子(顕性遺伝子)、a, b, dは劣性遺伝子(潜性遺伝子)である。

優性ホモ接合体と劣性ホモ接合体を交配してF1個体を得た。このF1個体を用いて検定交雑を行ったところ、次世代の個体の表現型は表1のようになった。

【表1】

表現型	ABD							
個体数	440	11	1	49	50	1	11	437

問題1. F1個体と交配させた個体の表現型を答えなさい。

問題2. 検定交雑を行う目的について答えなさい。

問題3. A(a)とB(b)、A(a)とD(d)、B(b)とD(d)のそれぞれの組換え価(%)を小数点以下1位まで求めなさい。

問題4. 問3で得られた結果を用いて、A(a), B(b), D(d)の位置関係を示す染色体地図を作成しなさい。なお、2つの遺伝子間の組み換え価は、染色体での遺伝子の距離に比例しているものとする。

問題5. もし、A(a)、B(b)、D(d)がそれぞれ異なる染色体上にあった場合、F1を検定交雑した次世代の個体の表現型の分離比はどのようになっていたか、答えなさい。

第2問

以下の文を読み、各問題に答えなさい。

脊椎動物の発生学はウズラ胚-ニワトリ胚移植実験により多くの知見が得られてきた。ウズラ胚の細胞をニワトリ胚へ移植すると、ウズラ細胞を追跡することができるからである。例えば、ウズラの体節を同時期のニワトリ胚の同領域に移植すると、移植されたウズラ細胞から骨、筋(骨格筋)、(①)が形成されることが分かっている。骨格筋の発生を詳しく調べてみると、体節から発生する筋は主に体幹の筋で、四肢の筋は体節由来の筋板から初期の肢芽内へ遊走した細胞より形成される。一方、頭部の筋は咽頭弓(鰓弓)由来の間葉から形成されるが、体幹と頭部を結ぶ筋の形成過程はよく分かっていなかった。体幹と頭部を結ぶ骨格筋である僧帽筋がどのようにして形成されるのか調べるため、以下のような実験を行った。ただし全ての実験において、実験手技上のコンタミネーションはないこととする。

実験1： 孵卵後約30時間のウズラ胚の第1～3体節を同時期・同領域のニワトリ胚に移植し、さらに孵卵して発生を進めた。(次頁の図1)

実験2： 孵卵後約30時間のウズラ胚の第1～3体節の隣にある側板中胚葉を同時期・同領域のニワトリ胚に移植し、さらに孵卵して発生を進めた。(次頁の図2)

実験3： 孵卵後約40時間のウズラ胚の第10～12体節の隣にある側板中胚葉を孵卵後約30時間のニワトリ胚の第1～3体節の隣の側板中胚葉領域に移植し、さらに孵卵して発生を進めた。(次頁の図3)

実験4： 孵卵後約30時間のウズラ胚の第1～3体節の隣にある側板中胚葉を孵卵後約50時間のニワトリ胚の第21～23体節の隣の側板中胚葉領域に移植し、さらに孵卵して発生を進めた。(次頁の図4)

実験1の結果、ニワトリ僧帽筋内にウズラ細胞は存在しなかった。

実験2の結果、ニワトリ僧帽筋内の細胞の90%がウズラ細胞であった。

実験3の結果、ニワトリ僧帽筋内にウズラ細胞は存在しなかった。

実験4の結果、移植したウズラ細胞は筋細胞に分化しなかった。

図 1

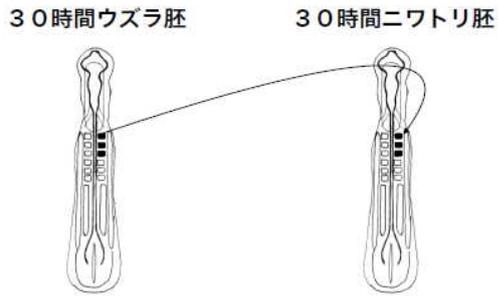


図 2

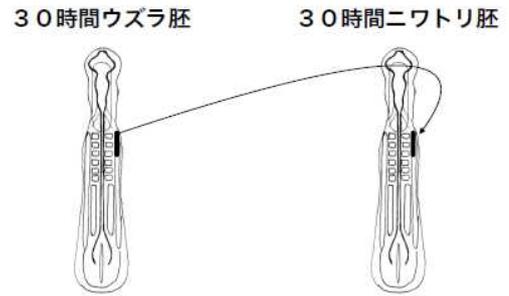


図 3

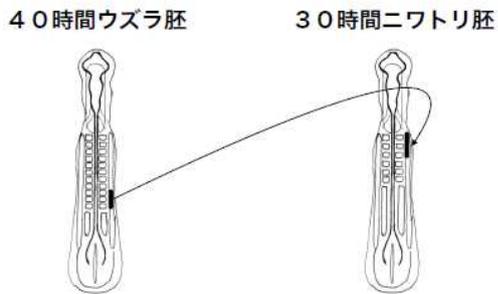
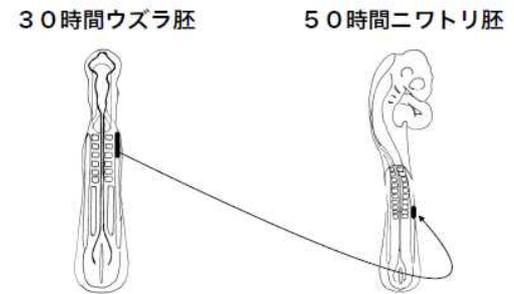


図 4



問題 1. (①) に入る語句を答えなさい。

問題 2. 任意レベルのウズラ胚体節 1 対をニワトリ胚の同じ部位に移植し発生を進めた場合、ウズラ細胞はニワトリ椎骨のどの部位に存在するか図示しなさい。

問題 3. 実験 1 と 2 の結果から僧帽筋は頭側の側板中胚葉から形成されると結論づけた場合、実験 2 の僧帽筋内に存在する 10% のニワトリ細胞 をどのように考えることが妥当か 50 字以内で説明しなさい。

問題 4. 僧帽筋が頭側の側板中胚葉から形成されることを前提として、実験 3 と 4 の結果からどのようなことが言えるか 150 字以内で考察しなさい。

第3問

以下の文を読み、各問題に答えなさい。

※問題中の略語の一覧:

吸入気酸素分圧; $P_{I}O_2$

肺胞気酸素分圧; $P_{A}O_2$

動脈血酸素分圧; $P_{a}O_2$

肺胞気二酸化炭素分圧; $P_{A}CO_2$

動脈血二酸化炭素分圧; $P_{a}CO_2$

呼吸商; R

肺胞気・動脈血酸素分圧差; $AaDO_2$

[条件 A] として、大気圧 760 Torr、飽和水蒸気圧 47 Torr、大気中の酸素濃度分圧が 0.21 のとき、大気中の酸素分圧 (吸入気酸素分圧; $P_{I}O_2$) は (①) である。

肺胞気酸素分圧 ($P_{A}O_2$) は、 $P_{I}O_2$ と同じではなく、理論上、下記の式で示される。

$$P_{A}O_2 = P_{I}O_2 - P_{a}CO_2 / R \text{ (ここでは } R = 0.8 \text{ とする)}$$

肺胞気と動脈血のガス分圧の差は、炭酸ガスではほとんど見られず、 $P_{A}CO_2 \doteq P_{a}CO_2$ としてよい。しかし、酸素分圧については、明らかな差がみられる。この肺胞気酸素分圧と動脈血酸素分圧の差を $AaDO_2 (= P_{A}O_2 - P_{a}O_2)$ とよぶ。 $AaDO_2$ の増加は、(②) の程度をあらわしている。

上記の [条件 A] において、ある患者の $P_{a}O_2$ が 65 Torr、 $P_{a}CO_2$ が 40 Torr の場合、 $AaDO_2$ は (③) と計算される。この患者が、高千穂峰山頂 (標高 1,574 m で大気圧 625 Torr、飽和水蒸気圧 47 Torr) まで登山したいと望んだ。山頂におけるこの患者の $P_{A}O_2$ は、換気が不変なら (④) となる。もし $AaDO_2$ が ③ のままなら、山頂での $P_{a}O_2$ は (⑤) と計算される。

問題 1. ①③④⑤ に当てはまる、適切な数値を答えなさい (小数点以下第 2 位まで)。

問題 2. 下線部の理由について 50 字以内で説明しなさい。

問題 3. ② に当てはまる内容を 15 字以内で答えなさい。

問題 4. この患者が山頂で $P_{a}O_2$ の低下に反応して過換気を行った。過換気により $P_{a}CO_2$ が低下するが、その結果この患者の血液中で生じる酸・塩基平衡の変化について、酸性あるいはアルカリ性のいずれに傾くか。また、その理由を次の Henderson-Hasselbalch の式を参考に説明しなさい。

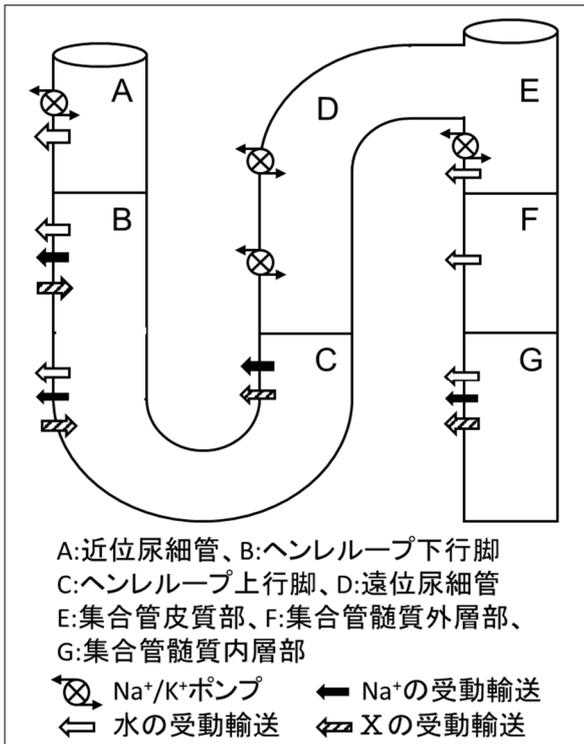
$$pH = 6.1 + \log [HCO_3^-] / 0.030 \times P_{a}CO_2$$

第4問

以下の文を読み、各問題に答えなさい。

鳥類と哺乳類の腎臓は、濃縮尿を生成する対向流系と呼ばれる機構を持っている。哺乳類の尿濃縮力の最大値は1,000~2,000 mOsm/kgで鳥類の2~5倍にもなる。対向流系では腎臓の皮質から髄質にかけて浸透圧の勾配が形成され、鳥類ではNaClのみが関与しているが、哺乳類ではそれに加え、窒素代謝産物の[X]も関与している。図に哺乳類の対向流系の仕組みの概略を示す。

糸球体濾過液の浸透圧は血漿と同じく約300 mOsm/kgである。近位尿細管では約60%の水の吸収が起こり、Na⁺/K⁺ポンプ等によってNa⁺も60~70%が吸収される。ヘンレーループ下行脚では水の吸収、Na⁺の受動輸送による吸収、[X]の付加(分泌)が起こり、浸透圧が高くなるとともに、[X]の比率が大きくなる。ヘンレーループ上行脚から遠位尿細管にかけては水透過性がない。ヘンレーループ上行脚では大量のNaClと少量の[X]が受動的に流出し、管腔内の浸透圧は低下する。遠位尿細管ではNaClが能動的に輸送されるので、管腔液の浸透圧は①【増加 低下】する。一方で、[X]の透過性が低いため、その管腔内の比率が相対的に高くなる。集合管皮質部では、脳下垂体から分泌される(③)の作用により水の吸収が起こるため、浸透圧は②【増加 低下】する。集合管髄質内層部では、水透過性に加えて[X]の透過性も高いので、[X]も吸収されて髄質の間質に蓄積される。



[Y]と[Z]が対向流系を構成していると考えると、ループの先端部と[Z]との間でNa⁺と[X]の比率が異なっていることが、対向流増幅系の駆動力として重要な意味がある。[Z]は[X]の透過性が高く、Na⁺の透過性が低いので、同じ浸透圧であってもNa⁺が多い間質の方が有効浸透圧が高いため、[Z]から水が吸収され、その管腔内液が濃縮される。水の吸収によって間質が希釈されるため、[Y]から[X]とNa⁺が流出し、[Y]の管腔内液が希釈される。このように[Y]で希釈が起こり、[Z]で濃縮が起こるといふ現象が対向流の間で累積されることによって、髄質浸透圧勾配が形成される(ヘンレーループ先端部で約1,500 mOsm/kgになる。)の同時進行で尿が濃縮される。

(参照：今井正講演録、ソルトサイエンス研究財団講演集2009)

問題 1. 窒素代謝産物 X を答えなさい。

問題 2. 近位尿細管における水の吸収に関与する膜蛋白質を答えなさい。

問題 3. 下線部①②について、【 】内の増加・低下のうち正しいのはどれか答えなさい。

問題 4. ③に当てはまるホルモンの名称を答えなさい。

問題 5. Y と Z にあてはまる部位を、それぞれ図中の A-G から選び、その記号を答えなさい。

問題 6. 尿の濃縮能は排泄のほか何の役に立っているか考察し、40 字以内で説明しなさい。