


平成 24 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

1. 指示があるまで、この冊子の中を見てはいけません。
2. 生物、物理、化学の中から 2 科目選択しなさい。
3. 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。なお、解答用紙(2 枚)は、各科目に共通です。
4. 各解答用紙には解答欄の他に次の記入欄があるので、正確に記入しなさい。
 - ① 氏名欄……………氏名を記入しなさい。
 - ② 受験番号欄……………受験番号(6 桁の数字)を記入し、受験番号をマーク欄に必ずマークしなさい。
 - ③ 解答科目欄……………解答する科目名を記述欄に必ず記入し、当該科目の下のマーク欄に必ずマークしなさい。
5. マークには HB の鉛筆を使用し、次の例のように、濃く正しくマークしなさい。

良い例……………

悪い例……………

正確にマークされていない場合、採点できないことがあります。

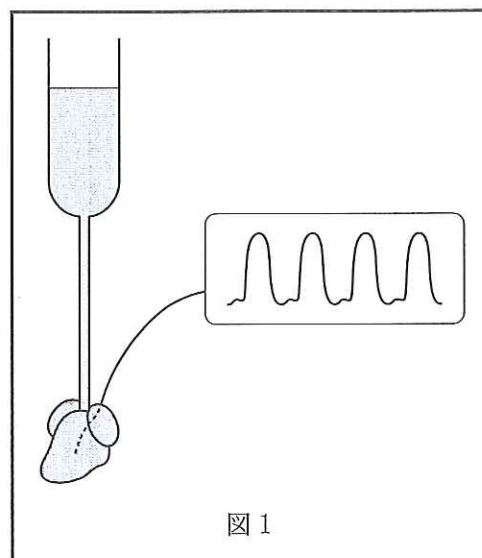
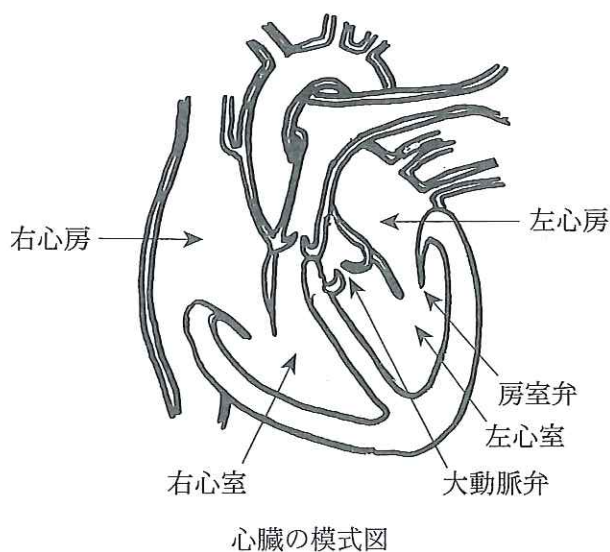
6. 解答上の注意が問題毎に指示されている場合があります。注意して下さい。
7. 答を修正する場合は必ず「プラスチック製消しゴム」で完全に消し、消しくずを解答用紙上に残してはいけません。
8. 中途退場は認めません。
9. 試験中に質問がある場合は、手をあげて申し出なさい。
10. この冊子の余白を計算用紙に用いてかまいません。
11. 試験終了後、この冊子は持ち帰りなさい。
12. この冊子は、全部で 29 ページです。生物、物理、化学の順になっています。

目 次

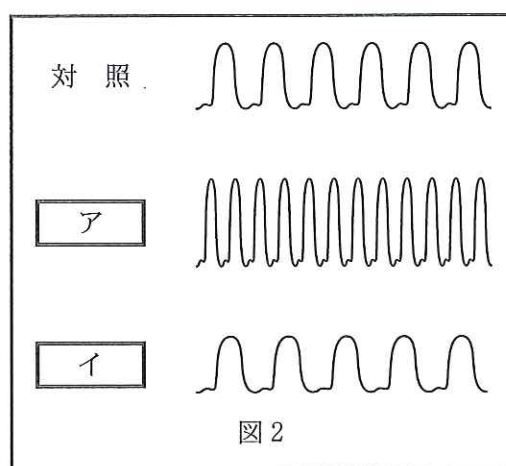
| | |
|-----|--------------------|
| 生 物 | 1～11 ページ(問題 I～III) |
| 物 理 | 12～20 ページ(問題 I～IV) |
| 化 学 | 21～29 ページ(問題 I～IV) |

生 物

I 心筋の収縮と弛緩は細胞内の Ca^{2+} 濃度の上昇と低下により調節され、自律的な拍動を示す。摘出したラットの心臓に大動脈から 37°C に温めたリンガー液を流し、左心室に圧力センサーを挿入して圧力の変化を記録すると、図1に示すように自律的な拍動が記録される。以下の問1～問4に答えよ。



問1 心臓の機能に影響を及ぼす薬剤の効果は、リンガー液に薬剤を加えた時の収縮—弛緩を記録することで調べることができる。図2は、2種類の薬剤をそれぞれ加えたリンガー液を流して変化が見られた後の記録を、リンガー液に何も加えないで灌流した時の記録(対照)と比較したものである。以下の①と②のどちらの薬剤を加えたときに、 および の結果が得られるか。



- 選択肢 = ① アセチルコリン
 ② アドレナリン

問 2 左心室内の圧力を縦軸に、左心室の容積を横軸にとり、心臓の拍動をプロットすると、図 3 の「圧—容積曲線」が描かれる。この図の一周は一回の拍動で得られる。では、二つの弁(大動脈弁と房室弁)が、以下の ~ の四つの状態をとるのは、点①から④のどの時点か、それぞれ一つ選べ。

- | | |
|---|-----------|
| ウ | 大動脈弁が閉じる。 |
| エ | 大動脈弁が開く。 |
| オ | 房室弁が閉じる。 |
| カ | 房室弁が開く。 |

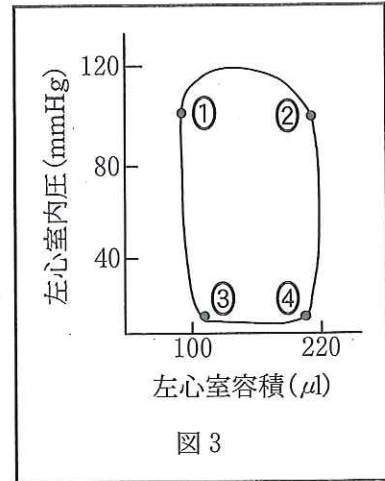


図 3

問 3 心機能に影響を及ぼす薬剤を加えると、「圧—容積曲線」は変形して現れる。では図 4 で、アドレナリンを加えたときの心臓の「圧—容積曲線」として①から③で最も適当なのはどれか。対照となる心臓の曲線は太い実線で示した。

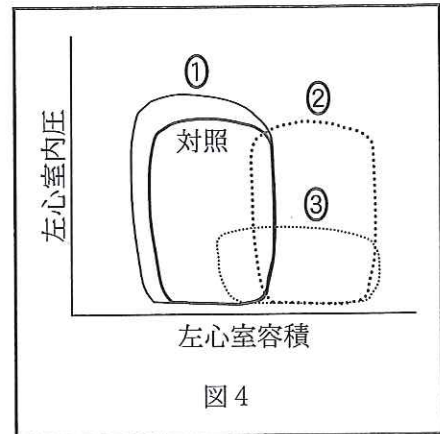


図 4

問 4 心筋も骨格筋も筋収縮は細いフィラメントの主成分であるアクチン分子と太いフィラメントの主成分であるミオシンの頭部の相互作用によって引き起こされ、アデノシン 5'—三リン酸(ATP)の加水分解を伴う。1分子のATPの加水分解でミオシン分子が細いフィラメント上を60.0 nm 移動することが観察されている。では、ミオシン分子がサルコメアの収縮距離に匹敵する1.20 μm を滑るとき、嫌気代謝に依存して消費するグルコースの質量(g)に最も近い値を選択肢①~⑤から選べ。ただし、水素の原子量を1、炭素の原子量を12、酸素の原子量を16とし、1モルを 6.02×10^{23} 分子とする。

- ① 1×10^{-21}
- ② 2×10^{-21}
- ③ 3×10^{-21}
- ④ 6×10^{-21}
- ⑤ 9×10^{-21}

II ショウジョウバエの眼色は、褐色系と朱色系の2種類の色素により決まっている。これらの色素の合成・運搬経路に関与する遺伝子の異常により様々な眼色を示す突然変異体となる。2つの色素系の合成が正常である野生型の眼は、褐色がかつた赤い眼であるが、上記の2つの色素合成・運搬経路それぞれに関与する2つの遺伝子の突然変異によっても、また1つの突然変異によっても白眼になる場合がある。白眼の3種類の純系の変異体系統(AとBとC)と純系の野生型系統を用い交配を行ったところ以下の実験結果(1~3)が得られた。以下の問1~問10に答えよ。なお、ショウジョウバエの雄では減数分裂期の乗換えは起こらない。

実験1 2つの突然変異により白眼となっているA系統の雌を野生型の雄に交配したところ、得られたF₁(雑種1代)は、雌雄ともすべて野生型の眼であった。この野生型の眼をしたF₁の雌を白眼のA系統の雄に交配したところ、4種類の眼色、野生型、朱色眼、褐色眼、白眼、の個体が下記のように現れた。しかし、同時に得られたF₁の雄を白眼のA系統の雌に交配したところ、雌雄とも野生型と白眼の2種類の個体しか現れなかった。

| 性別 | 表現型 | | | |
|----|-----|-----|-----|----|
| | 野生型 | 朱色眼 | 褐色眼 | 白眼 |
| 雄 | 67 | 58 | 57 | 68 |
| 雌 | 68 | 57 | 58 | 67 |

問1 実験1に用いた白眼の系統(A)の持つ突然変異遺伝子はどのような性質のものか、最も適切なものを以下の①~④から一つ選べ。

- ① 2つの突然変異遺伝子とも常染色体優性である。
- ② 2つの突然変異遺伝子とも常染色体劣性である。
- ③ 2つの突然変異遺伝子は、それぞれ常染色体と性染色体にある。
- ④ 2つの突然変異遺伝子とも、性染色体にある。

問2 A系統の2つの突然変異は、どの染色体上にあるか、最も適切なものを以下の①~⑤から一つ選べ。

- ① 2つの突然変異遺伝子は、それぞれ異なる染色体上にある。
- ② 2つの突然変異遺伝子は、X染色体上の近接した領域にある。
- ③ 2つの突然変異遺伝子は、X染色体上のかなり離れた領域にある。
- ④ 2つの突然変異遺伝子は、同じ常染色体上の近接した領域にある。
- ⑤ 2つの突然変異遺伝子は、同じ常染色体上のかなり離れた領域にある。

問 3 なぜ親世代の系統と異なる新しい表現型(朱色眼, 褐色眼)がF₁を雌にした時の子供に出現したのか, 最も適切なものを以下の①~⑤から一つ選べ。

- ① 雌の減数分裂時に, 2つの突然変異が独立に分離したから。
- ② 雌の減数分裂時に, 2つの突然変異の間で乗換えが起こったから。
- ③ 雌の減数分裂時に, 新しい突然変異が生じたから。
- ④ 雄の減数分裂時に, 相同染色体の分離が正常でなかったから。
- ⑤ 雄の減数分裂時に, 2つの突然変異の間で乗換えが起こったから。

問 4 A系統のF₁雌を用いた実験1で出現した未交尾の朱色眼の雌と褐色眼の雄を交配した。交配の結果として最も適切なものを以下の①~⑤から一つ選べ。

- ① 雌はすべて野生型で, 雄はすべて白眼であった。
- ② 雌雄ともすべて野生型であった。
- ③ 雌雄とも, 朱色眼と褐色眼の個体が1:1の割合で現れた。
- ④ 雌雄とも, 野生型と白眼が1:1の割合で現れた。
- ⑤ 雌雄とも, 野生型, 朱色眼, 褐色眼, 白眼の個体が1:1:1:1の割合で現れた。

実験2 2つの突然変異により白眼となっているB系統の雌を野生型の雄に交配し, 得られたF₁(雑種1代)は, 雌雄ともすべて野生型の眼であった。この野生型の眼をしたF₁の雌を白眼のB系統の雄に交配したところ, 野生型, 朱色眼, 褐色眼, 白眼の個体が下記のように現れた。

| 性別 | 表現型 | | | |
|----|-----|-----|-----|----|
| | 野生型 | 朱色眼 | 褐色眼 | 白眼 |
| 雄 | 62 | 61 | 63 | 64 |
| 雌 | 61 | 64 | 62 | 63 |

同時に得られた野生型のF₁の雄を白眼のB系統の雌に交配したところ, 上記の実験結果とほぼ同じ割合で, 雌雄とも4種類の眼色の個体が現れた。

問 5 実験2の結果を説明するのに最も適切な文章を以下の①~⑤から一つ選べ。

- ① 2つの突然変異遺伝子は, それぞれ異なる染色体上にある。
- ② 2つの突然変異遺伝子は, X染色体上の近接した領域にある。
- ③ 2つの突然変異遺伝子は, X染色体上のかなり離れた領域にある。
- ④ 2つの突然変異遺伝子は, 同じ常染色体上の近接した領域にある。
- ⑤ 2つの突然変異遺伝子は, 同じ常染色体上のかなり離れた領域にある。

問 6 B 系統を用いた実験 2 で現れた F_1 の雌雄を交配すると 4 種類の眼色の個体は、どのような比で現れるのか最も適切なものを以下の①～⑥から一つ選べ。

- ① 野生型：朱色眼：褐色眼：白眼＝1：1：1：1の割合であった。
- ② 野生型：朱色眼：褐色眼：白眼＝9：3：3：1の割合であった。
- ③ 野生型：朱色眼：褐色眼：白眼＝7：1：1：7の割合であった。
- ④ すべてが野生型であった。
- ⑤ 野生型：朱色眼：褐色眼：白眼＝1：0：0：1の割合であった。
- ⑥ 野生型：朱色眼：褐色眼：白眼＝3：0：0：1の割合であった。

問 7 褐色眼の突然変異は、褐色系、朱色系のどちらの合成・運搬経路に影響を及ぼしていると考えられるのか最も適切なものを以下の①～④から一つ選べ。

- ① 褐色系色素及び朱色系色素の合成・運搬経路とは無関係である。
- ② 褐色系色素及び朱色系色素の両方の合成・運搬経路に影響を及ぼしている。
- ③ 褐色系色素の合成・運搬経路のみに影響を及ぼしている。
- ④ 朱色系色素の合成・運搬経路のみに影響を及ぼしている。

実験 3 白眼 C 系統の雌と野生型の雄を交配したところ、雌はすべて野生型の眼であったが、雄はすべて白眼であった。この F_1 同士(野生型の雌と白眼の雄)を交配して得られた F_2 では、雌雄とも野生型の眼と白眼の個体がほぼ同数現れた。

問 8 実験 3 に用いた白眼の系統(C)の持つ突然変異は、どのような性質のものか、最も適切なものを以下の①～④から一つ選べ。

- ① 1つの突然変異で常染色体優性である。
- ② 1つの突然変異で常染色体劣性である。
- ③ 1つの突然変異で伴性優性である。
- ④ 1つの突然変異で伴性劣性である。

問 9 親の交配で白眼 C 系統の雄と野生型の雌を交配したら、 F_1 は、どのような表現型の個体が現れるか、最も適切なものを以下の①～⑤から一つ選べ。

- ① 雌はすべて野生型で、雄はすべて白眼であった。
- ② 雌雄ともすべて野生型であった。
- ③ 雌雄ともすべて白眼であった。
- ④ 雌雄とも、野生型と白眼の個体数がほぼ同数であった。
- ⑤ 雌雄とも、野生型と白眼の個体数がほぼ 3：1 の割合であった。

問10 問9の交配で得られたF₁同士を交配するとF₂世代では、どのような表現型の個体が現れるのか、最も適切なものを以下の①～⑥から一つ選べ。

- ① 雌雄ともすべて白眼であった。
- ② 雌雄ともすべて野生型であった。
- ③ 雌はすべて野生型で、雄はすべて白眼であった。
- ④ 雌雄とも、野生型と白眼がほぼ同数であった。
- ⑤ 雌はすべて野生型で雄は野生型と白眼がほぼ同数であった。
- ⑥ 雌雄とも、野生型と白眼の個体数がほぼ3 : 1の割合であった。

Ⅲ 図1は、膝蓋(しつがい)腱反射の神経経路を示した模式図である。膝蓋腱反射は、膝のお皿(膝蓋)の下をゴム製のハンマーで軽く叩くと、大腿四頭筋内の受容器Aが反応して起こる反射である。大腿四頭筋を支配する神経には、膝蓋腱反射の神経経路を構成する感覚神経と運動神経の両方の神経繊維が複数並走している。S1あるいはS2の位置で、瞬間的に電気刺激を神経に与えて、大腿四頭筋を収縮させる実験を行った。記録電極を大腿四頭筋上の皮膚にはり付けて、筋収縮に先立って筋繊維に発生する活動電位(筋電図)を筋電図測定装置(R)で記録する。以下の問1～問7に答えよ。

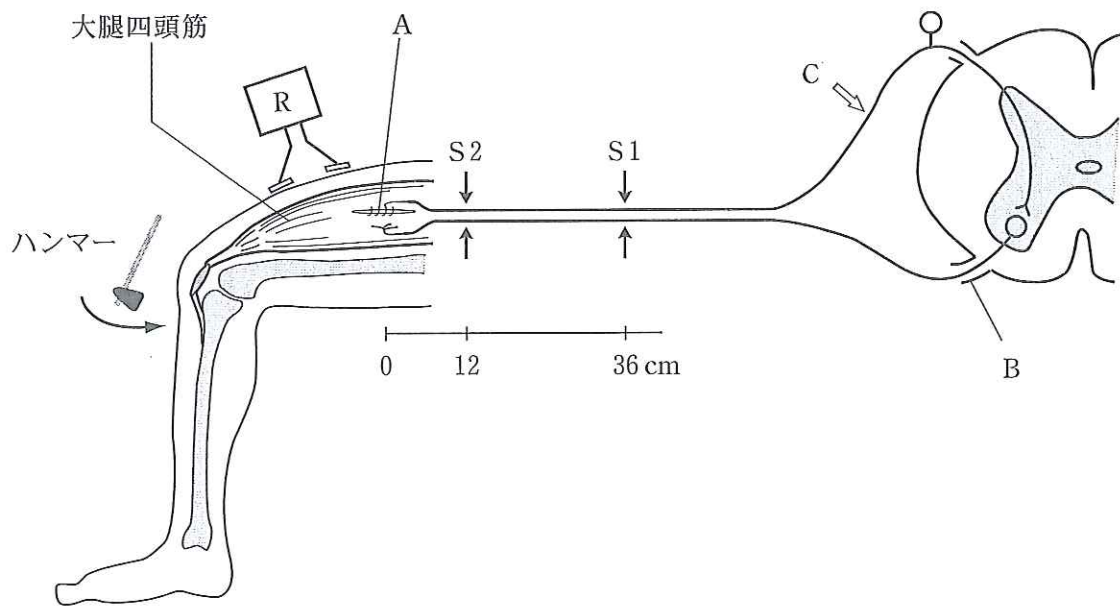


図1

問1 膝蓋腱反射に関する以下の文章①～⑥から正しいものを二つ選べ。

ア

- ① Aは、パチーニ小体である。
- ② Aは、筋の伸張に反応する。
- ③ Bは、背根である。
- ④ 運動神経末端からアセチルコリンが放出される。
- ⑤ 膝蓋腱反射により、膝関節は屈曲する。
- ⑥ 痛み刺激から逃避する目的で起こる反射である。

問 2 図1のS1あるいはS2の位置で、瞬間的に電気刺激を神経に与えた時、弱い強度の電気刺激では、刺激部位において感覚神経の神経繊維のみに活動電位が発生し、強い強度の電気刺激では、感覚神経と同時に運動神経の神経繊維にも活動電位が発生することが知られている。まず、S1の位置で弱い強度の電気刺激を1回神経に与えると、Rで図2の筋電図が記録された。電気刺激は、図中の時間0で与えられた。電気刺激から筋電図波形が発生するまでの反応時間は、25ミリ秒であった。次に、同じS1の位置で強い強度の電気刺激を1回与えると、図3の筋電図が記録された。Cの部位で神経を切断した後、S1の位置で強い強度の電気刺激を1回神経に与えた時、記録される筋電図はどれか。図4①～⑥から一つ選べ。 イ

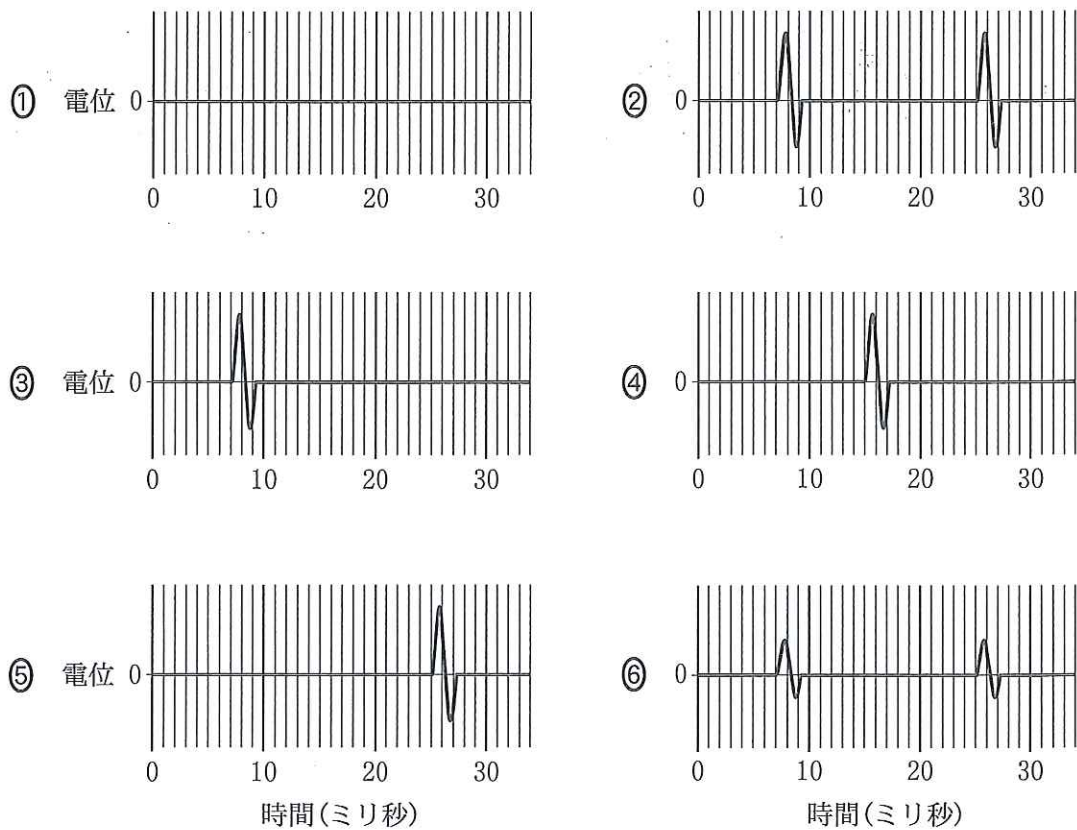
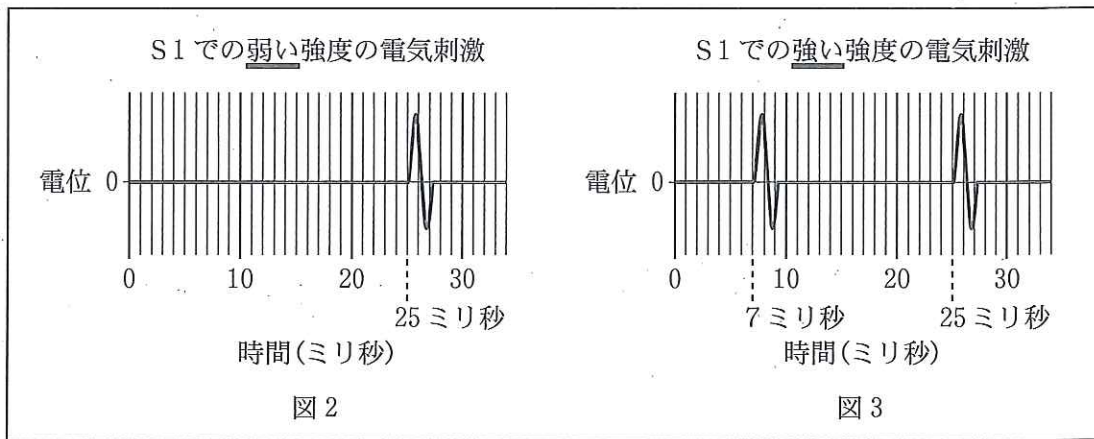


図 4

問 3 膝蓋腱反射の神経経路を構成する運動神経と感覚神経の神経繊維の伝導速度をそれぞれ算出するために、以下の実験を行った。この実験では、Cの部位で神経は切断されていない。まず、S1の位置で強い強度の電気刺激を1回神経に与えて、図3(前ページ)の筋電図を記録した。次に、刺激位置をS1からS2に移して、S2で強い強度の電気刺激を1回神経に与えて、感覚神経と運動神経の神経繊維に同時に活動電位を発生させた。S2の刺激により記録される筋電図として、どのような筋電図が予想されるか。図5①～⑥から一つ選べ。 ウ

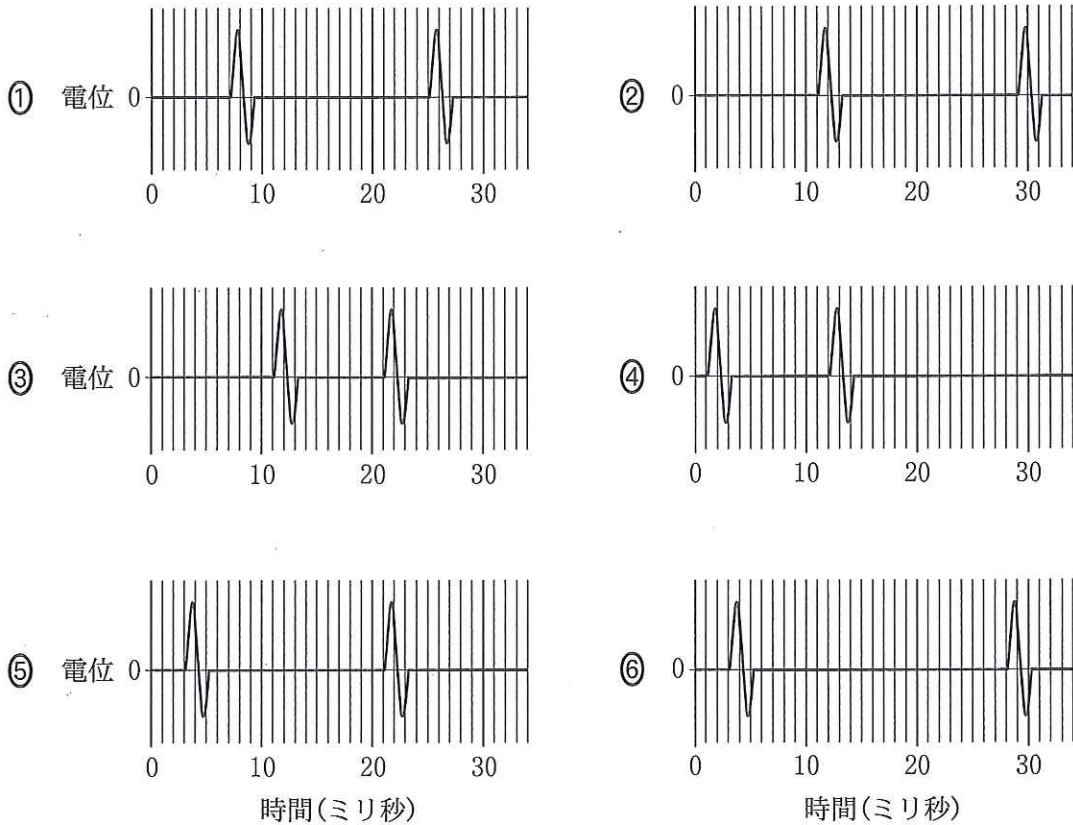


図 5

問 4 運動神経の神経繊維末端から S1, S2 までの距離は, それぞれ 36 cm, 12 cm であった。図 3 と問 3 の測定結果から, 運動神経と感覚神経の神経繊維の伝導速度は, それぞれ何 m/秒と算出されるか。もっとも適当な数値をそれぞれ以下の①~⑧から選べ。

運動神経の神経繊維の伝導速度は, m/秒

感覚神経の神経繊維の伝導速度は, m/秒

- ① 4 ② 6 ③ 8 ④ 10 ⑤ 40 ⑥ 60 ⑦ 80 ⑧ 100

問 5 運動神経を電気刺激してから筋電図の波形が発生するまでの時間(反応時間)には, 活動電位が神経繊維を伝導する時間に加えて, 活動電位が運動神経の神経繊維末端に到達してから, 伝達物質が放出され, 筋繊維の受容体に伝達物質が結合し, 筋繊維に活動電位が発生するまでの時間が含まれる。活動電位が運動神経の神経繊維末端に到達してから, 筋繊維に活動電位が発生するまでに何ミリ秒かかるか。もっとも適当な数値を以下の①~⑥から一つ選べ。なお, 電気刺激は瞬間的で, 刺激部位で電気刺激を与えてから神経繊維に活動電位が発生するまでの時間は無視する。

- ① 0.5 ② 1 ③ 2 ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

問 6 新たな実験として、2回連続して神経を電気刺激する実験を行った。この実験では、Cの部位で神経は切断されていない。S1の位置で弱い強度の電気刺激を1回神経に与えて、さらに1ミリ秒後にもう一度S1で同じ弱い強度の電気刺激を行った。この時どのような筋電図が記録されるか。図6①～⑥からもっとも適当なものを一つ選べ。図6中の矢印は2回の電気刺激を与えた瞬間を示している。 キ

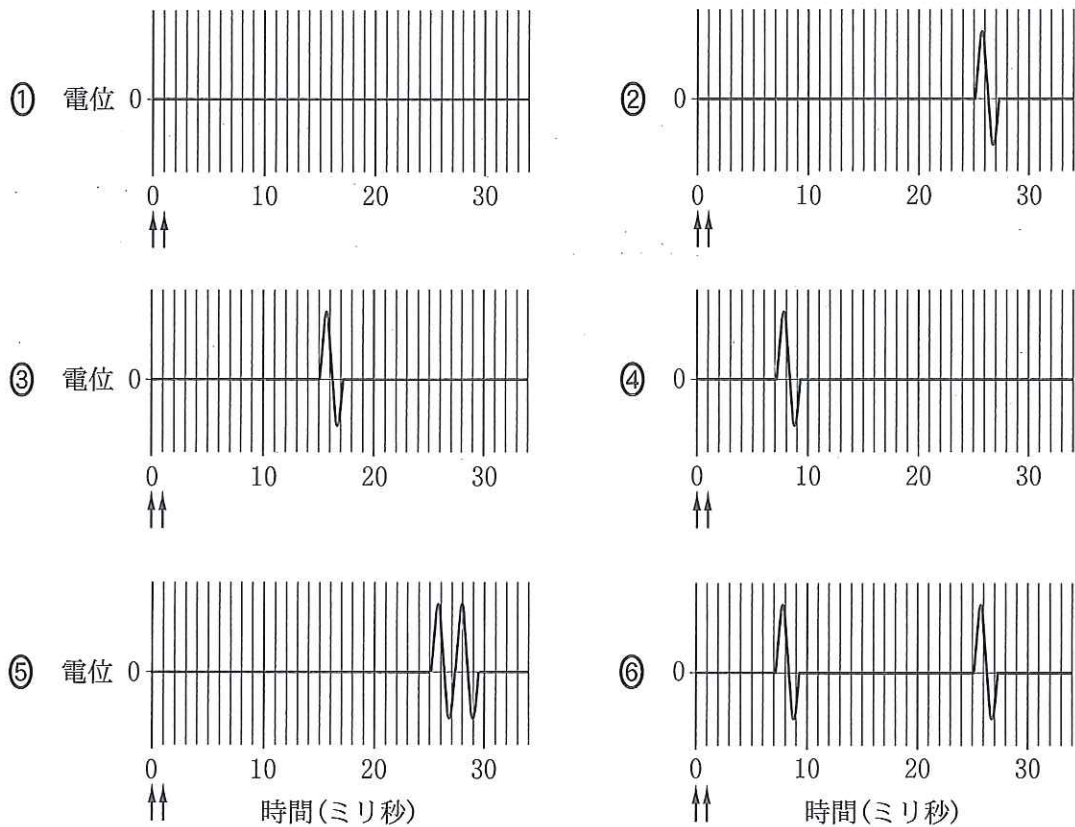


図 6

問 7 問 6 で起こった現象を説明する文章として正しいのはどれか。以下の文章①～⑥から一つ選べ。 ク

- ① 1回目の刺激で、刺激部位の神経繊維は不応期になった。
- ② 1回目の刺激で、シナプスにおける伝達物質が枯渇した。
- ③ 1回目の刺激で、筋肉疲労を起こした。
- ④ 2回の刺激で、2回続けて筋繊維に活動電位が発生した。
- ⑤ 2回の刺激で、活動電位の伝導が速くなった。
- ⑥ 2回の弱い強度の刺激は、強い強度の刺激1回分になった。