



2023年度 東邦大学 医学部 一般 入試問題

2023年2月7日実施

実際の入試問題

ハーディー・ワインベルグの法則が成立する総人口10万人の集団がある。この集団のABO式血液型の人口構成を調べたところ、A型が45,000人、B型が13,000人、AB型が6,000人、O型が36,000人であった。

(文1)のように、ABO式血液型では、A遺伝子、B遺伝子、O遺伝子の3種の対立遺伝子が存在する。特定の集団の中で、対立遺伝子の存在頻度を「遺伝子頻度」と呼ぶ。ABO式血液型では、A遺伝子、B遺伝子、O遺伝子の3種の遺伝子の遺伝子頻度を合計すると1となる。

なお、ABO式血液型では血液型によって成長や生殖、寿命には違いはない。問10から問12の解答は、小数第3位を四捨五入し小数第2位までを求めなさい。

問10 この集団でのA遺伝子の遺伝子頻度を解答例に従い、ケとコに適切な数字を選ぶ。

A遺伝子の遺伝子頻度 = 0. ケ コ

- a. 0 b. 1 c. 2 d. 3 e. 4
f. 5 g. 6 h. 7 i. 8 j. 9

解答例

A遺伝子の遺伝子頻度が、0.55の時、0. ケ = $f(5)$ 、コ = $f(5)$ を選ぶ。

A遺伝子の遺伝子頻度が、0.20の時、0. ケ = $c(2)$ 、コ = $a(0)$ を選ぶ。

A遺伝子の遺伝子頻度が、0.05の時、0. ケ = $a(0)$ 、コ = $f(5)$ を選ぶ。

問11 この集団でのB遺伝子の遺伝子頻度を問10の解答例に従い、サとシに適切な数字を選びなさい。

B遺伝子の遺伝子頻度 = 0. サ シ

- a. 0 b. 1 c. 2 d. 3 e. 4
f. 5 g. 6 h. 7 i. 8 j. 9

問12 この集団でのO遺伝子の遺伝子頻度を問10の解答例に従い、スとセに適切な数字を選びなさい。

O遺伝子の遺伝子頻度 = 0. ス セ

- a. 0 b. 1 c. 2 d. 3
f. 5 g. 6 h. 7 i. 8

YMSの
「東邦大学医学部模試」から
入試問題が
ズバリ的大的中!!

YMS 東邦大学医学部模試

(文2)

進化の総合説では、ダーウィンが提唱した自然選択説と生物集団の遺伝子の頻度変化を組み合わせて、進化の仕組みを理解しようとする。この基盤となるのは集団遺伝学であり、メンデルの法則の再発見後、集団遺伝学の基礎となる法則がハーディ・ワインベルグによって発表された。この法則によると、例えば次のようなことが成り立つ。まず、ある遺伝子座に2つの対立遺伝子(Aとa)があるとき、大きな集団中で1世代任意交配すると、次世代の遺伝子型頻度はAの対立遺伝子頻度 p の関数で表すことができる。そしてこの頻度は、任意交配が続き、自然選択や遺伝子流動がなければ、その後の世代でも変わらない。

問6 ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つと仮定すると、常染色体上にある遺伝子についての劣性遺伝病の保因者(遺伝病の原因となる対立遺伝子を持っているが、正常な遺伝子も同時に持っているために発病しない人)の頻度は、発病者の頻度から計算することができる。発病者が100万人に1人の割合で生じる場合、保因者は発病者の何倍か。必要であれば、小数点以下は四捨五入し整数値で答えよ。例えば28倍と答えた場合は、a,a,c,iとマークせよ。

- | 千の位 | 百の位 | 十の位 | 一の位 | 倍 |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------|
| <input type="text"/> ア | <input type="text"/> イ | <input type="text"/> ウ | <input type="text"/> エ | |
| a. 0 | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
| f. 5 | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |

「ハーディー・
ワインベルグの
法則を用いた
計算問題」
が的大的中!!

実際の入試問題

筋肉(骨格筋)の収縮構造である筋原繊維は、細いアクチンフィラメントと、太いミオシンフィラメントからなる。筋収縮が生じるときは、ミオシンフィラメントの間にアクチンフィラメントが滑り込んでサルコメア(筋節)が短くなる。アクチンフィラメントは、アクチンのほか、トロポニンとトロポミオシンというタンパク質からできている。筋肉が弛緩しているとき、アクチンのミオシン頭部が結合する筋小胞体からCa²⁺が放出されている。筋小胞体の刺激がなくなると、Ca²⁺の放出が止まり、細胞質内Ca²⁺濃度は低下し、トロポニンに結合したCa²⁺が外れて、アクチンとミオシン頭部は結合できなくなり、筋肉は弛緩する。

上に述べた筋収縮の仕組みを理解するために、以下の実験を行った。

筋標本の作製：カエルの後肢から取り出した筋肉を使ってA、B、Cの3つの筋標本を作製した。

標本A：細胞膜を傷つけずに残した筋標本

標本B：機械的に細胞膜を取り除いた筋標本

標本C：筋肉をグリセリンにひたし、細胞膜とトロポニンとトロポミオシンを溶かして取り除いた筋標本

標本A、B、Cを用いて、図3に示すように実験1、実験2、実験3を行った。

実験1 図3左のように、シャーレの中に配置した電極の上に筋標本をおき、電気で刺激した。

実験2 図3中央のように、シャーレの中に筋標本をおき、Ca²⁺の入った溶液を筋標本に滴下した。

実験3 図3右のように、シャーレの中に筋標本をおき、ATPと微量のマグネシウムイオン(Mg²⁺)の入った溶液を筋標本に滴下した。

問5 実験1、実験2の結果から考えられることとして、誤っているのはどれか。

- Ca²⁺は細胞膜を透過しない。
- 細胞膜の興奮が筋収縮を引き起こす。
- 筋原繊維を直接電気刺激しても収縮しない。
- 筋小胞体から放出されたCa²⁺によって筋原繊維の収縮が起こる。
- 筋小胞体を電気刺激してもカルシウムイオンチャネルは開かない。
- トロポニンやトロポミオシンを欠くアクチンフィラメントの滑走にCa²⁺は関与しない。

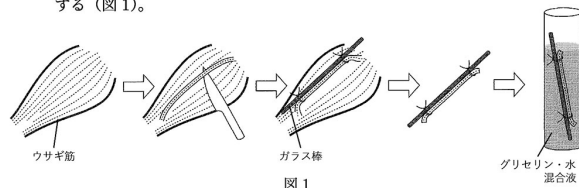
問6 実験1、実験2、実験3の結果から考えられることとして、誤っているのはどれか。

- Ca²⁺はアクチンフィラメントの滑走を調節する。
- 細胞内のCa²⁺濃度は筋小胞体からのCa²⁺放出量を変化させる。
- トロポニンからCa²⁺が遊離するとアクチンとミオシンの結合は解かれる。
- ATPはアクチンフィラメントとミオシンフィラメントの滑走を引き起こす。
- 筋小胞体の興奮によるCa²⁺の放出は、Ca²⁺ポンプによる再取り込みより速い。

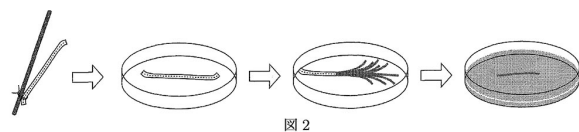
YMS 東邦大学医学部模試

1937年、セント＝ジェルジはノーベル生理学医学賞を受賞した。彼は翌年、筋肉の研究を始め、グリセリン筋を用いた実験によって、筋収縮のエネルギーがATPによるものであることを突き止めた。いま、彼が行った実験を模倣し、以下の実験を行った。

実験操作1. ウサギの脚の筋肉を細長く切り、ガラス棒に縛り付けた後グリセリンと水の混合液に低温で長時間浸した。このような処理を施した筋肉をグリセリン筋と呼ぶものとする(図1)。



実験操作2. グリセリン筋をガラス棒から外した後、内部まで試薬がしみ込み易くするためさらに細い断片にした後、塩化カルシウムを含む緩衝液に浸した。しばらく注意深く観察したが、大きな変化は見られなかった(図2)。



問1 実験操作1で筋肉をグリセリン溶液に長時間浸しておくことにより生じた変化として正しいのを選びなさい。

- アクチンフィラメントとミオシンフィラメントが崩壊する。
- アクチンフィラメントが崩壊する。
- ミオシンフィラメントが崩壊する。
- 細胞膜と筋小胞体が崩壊する。
- 細胞膜が崩壊する。
- 筋小胞体が崩壊する。

文1の実験操作4のあと、溶液からATPを除いても弛緩しないことに気がついた。セント＝ジェルジは収縮のことだけで、弛緩のことには触れていない。そこで、弛緩する条件が何かを突き止めるために実験を行った。

実験1. グリセリン筋を文1の手法で多数制作し、すべての実験で弛緩しないことを確かめた。

実験2. 文1の手法で制作した収縮したグリセリン筋に、すりつぶした筋肉を遠心器にかけて分離して手に入れた上澄み(弛緩因子)を加えたところ、グリセリン筋は弛緩した。

実験3. 文1の手法で制作した収縮したグリセリン筋に、二価の金属イオンと結合するキレート剤(金属イオンと強く結合する物質)であるエチレンジアミン四酢酸(EDTA)を加えたところ、グリセリン筋は弛緩した。

問5 実験5について、なぜ一週間浸したグリセリン筋が弛緩しなかったと考えられるか。

- 一週間浸したグリセリン筋には、アクチンとミオシンの結合を妨げるトロポニンが存在しなかったから。
- 一週間浸したグリセリン筋には、カルシウムイオンと結合するタンパク質が存在し、これがアクチンとミオシンの結合を阻害するから。
- 弛緩因子中の構造体がミオシン頭部にはたらきかけ、アクチンとの結合を強めていたから。
- グリセリンがエネルギー源となり、アクチンとミオシンが結合し続けるエネルギーを供給したから。
- 一週間浸したグリセリン筋にはトロポミオシンが存在せず、アクチンとミオシンの結合が促進されなかったから。
- 一週間浸すことでグリセリンがカルシウムイオンを分解し、アクチンとミオシンの結合が阻害されなかったから。

「グリセリン筋に関する問題」
が 大 中 !!

“筋の収縮にCa²⁺が必要である”

特にグリセリン筋に関する問題は出題頻度が低く、対策が手薄だったため、生徒からも感謝の声が！