

生 理 学

1999 年度本試験

解答例

田中真生

2002 年 12 月

1.

類似点 ともに脱分極性の電位変化である。

相違点 活動電位は閾値を超える脱分極により電位依存性チャンネルが開いて発生する。

EPSP はシナプス小胞から放出された伝達物質によりリガンド依存性チャンネルが開く，または代謝型レセプターが活性化することにより発生する。

活動電位は数 msec 程度で終わるのに対し，EPSP は長いものでは数分間持続する。

活動電位が発生した場合，脱分極の大きさは刺激の大きさによらず一定である。

活動電位は伝播するが，EPSP は伝播しない。

2.

視覚 視細胞の外節にあるオプシンとレチナールの結合物（杆体ではロドプシンという）に光が当たり，レチナールが光を吸収して構造変化が起きる。

G タンパク質（杆体ではトランスデューシンという）が活性化される。

活性化された G タンパク質によって cGMP ホスホジエステラーゼが活性化される。

cGMP ホスホジエステラーゼが cGMP を分解し，cGMP の細胞内濃度が下がる。

cGMP 濃度の低下により cGMP 依存性 Na^+ チャンネルが閉じて過分極が起きる。

聴覚 アブミ骨の振動が卵円窓から蝸牛に伝わり，基底膜が振動する。

蓋膜と有毛細胞の間にずれが生じ，有毛細胞の不動毛が曲げられる。

不動毛が背の高い方向に曲げられると先端にある伸展受容チャンネルが開く。

不動毛の接する内リンパは K^+ 濃度が高いため，チャンネルを通して細胞内に K^+ が流入し脱分極が起こる。

固有覚 錐内筋の伸長により神経終末にある伸展受容チャンネルが開き， $\text{Na}^+ \cdot \text{Ca}^{2+}$ が細胞内に流入し脱分極が起こる。

嗅覚 匂い分子が嗅毛に存在する匂い分子受容体に結合する。

G タンパク質を介してアデニル酸シクラーゼが活性化される。

アデニル酸シクラーゼにより細胞内 cAMP 濃度が上昇する。

cAMP 依存性陽イオンチャンネルが開き，脱分極が起こる。

苦味 一般に味覚の受容体は味細胞先端の微絨毛にある。

現在までに苦味の受容過程は3種類見つかった。

①苦味物質が K^+ チャネルに結合して閉鎖し、脱分極を起こす。

②苦味物質が G タンパク共役型受容体に結合する。

G タンパクを介して PLC が活性化される。

PLC によって IP_3 が生じる。

IP_3 が小胞体の IP_3 依存性 Ca^{2+} チャネルに結合し、細胞内に Ca^{2+} が流入する。

③苦味物質が G タンパク共役型受容体に結合する。

G タンパクを介してホスホジエステラーゼが活性化される。

ホスホジエステラーゼにより cAMP および cGMP が分解される。

3.

(1) 筋肉が受動的に引き伸ばされた際に、直ちに収縮してもとの長さに戻ろうとする反射。

筋の長さを一定にする方向に働くので、姿勢を維持するのに役立つ。

(2) a. 膝窩部で経皮的に後脛骨神経に電気刺激を加えて、その支配筋の下腿三頭筋から皮膚表面の電極により筋肉の活動電位を記録する。

b. H 波は Ia 群線維の刺激を介する α 運動ニューロンの興奮で生じるが、M 波は α 運動線維の直接刺激によって生じるため。

c. 省略

d. α 運動線維の興奮は逆行性にも伝導する。この逆行性の興奮と Ia 群線維の刺激を介した順行性の興奮が衝突すると、互いに先のランビエ絞輪にある Na^+ チャネルが不活化されているため脱分極が起こらず、興奮の伝達がそこでストップする。したがって刺激の増大に伴い逆行性の興奮が増大すると H 波が減少する。

(3) 増大する。

(4) 前脛骨筋を収縮させているために、前脛骨筋の筋紡錘からの Ia 群線維のインパルスが減少し、抑制性介在ニューロンの働きが抑制される。このためヒラメ筋の運動ニューロンが脱抑制され、H 波は増大する。

4.

(1) b

a. 卵胞刺激ホルモン（下垂体前葉ホルモン）

b. 黄体化ホルモン放出ホルモン（視床下部ホルモン）

c. 甲状腺刺激ホルモン（下垂体前葉ホルモン）

d. アンジオテンシン（生理活性ペプチド）

e. プロラクチン（下垂体前葉ホルモン）

(2) a, e

a. 副腎皮質刺激ホルモン（下垂体前葉ホルモン、cAMP を介する）

b. アルドステロン（副腎皮質ホルモン、細胞質内の受容体と結合し核内へ移行）

c. インシュリン（膵臓ホルモン、受容体がチロシinkinase活性を持つ）

d. チロキシン（甲状腺ホルモン、核内の受容体と結合）

e. 上皮小体ホルモン (cAMP を介する)

(3) c

(4) a (ADH は視床下部の視索上核および室傍核に存在する神経細胞で産生される。)

(5) b (副甲状腺機能の亢進によって、血清中の P の濃度は減少する。)

5.

(1) 省略

(2) 酸素親和性に影響を与える因子：温度，pH，CO₂ 濃度

組織への酸素供給効率が変化する機序：温度の上昇・pH の減少・CO₂ 濃度の上昇によって酸素解離曲線は右にシフトするので、ヘモグロビンから酸素が解離しやすくなり、組織への酸素供給効率が上昇する。

生理的意義：筋肉などの代謝の活発な組織では熱が発生し、大量の CO₂ と酸が作られる。したがって、上で述べた機序によって、代謝の活発な組織に多くの酸素を供給できることになる。

6. 体液の酸塩基平衡を保つため、遠位尿細管と集合管において、体内で産生された不揮発性酸と等量の HCO₃⁻ の新生が行われるが、その際 H⁺ が管腔側へ分泌される。近位尿細管で産生された NH₃ は HPO₄²⁻ とともに、分泌された H⁺ と結合することで管腔内のフリーの H⁺ を減らし、H⁺ の排泄 (つまり HCO₃⁻ の新生) を助ける働きをしている。NH₃ の産生量の変化によって H⁺ の排泄量が調節され、アシドーシスの場合には NH₃ の産生量を増加させることで H⁺ の排泄を増やしている。

7.

(1) A

(2) B (D. 血管側へは濃度勾配に従って拡散する。E. 輸送にともなって細胞内に流入した Na⁺ を、Na⁺-K⁺ATPase によって細胞外へ排出するために ATP が必要。)

8.

肺気量分画

- 一回換気量 (TV): 安静吸気位と安静呼気位の差
- 予備吸気量 (IRV): 最大吸気位と安静吸気位の差
- 予備呼気量 (ERV): 安静呼気位と最大呼気位の差
- 残気量 (RV): 最大呼気位において肺に残る空気量
- 肺活量 (VC): TV + IRV + ERV
- 最大吸気量 (IC): TV + IRV
- 機能的残気量 (FRC): ERV + RV
- 全肺気量 (TLC): TV + IRV + ERV + RV

一秒量 (FEV₁) 全肺気量のレベルから最大の努力で呼出を行った場合の、呼出開始後一秒間の呼出量。胸腔内気流閉塞の診断における重要な指標である。

フローボリューム曲線 縦軸に気流 (flow), 横軸に肺容量 (volume) を取り、一回の呼吸の間の気流と肺容量の関係を曲線で表したもの。臨床的には最大努力呼吸を行わせた場合に得られる曲線が重要であり、胸腔内気流閉塞および胸腔外気流閉塞の診断の指標として用いられる。

拡散能力 (DL) 肺胞と毛細血管の間における気体の拡散速度を V , 分圧の差を ΔP として, $DL = V/\Delta P$ で定義される。臨床検査では CO の拡散能力 (DLCO) を測定し, 肺気腫, 肺線維症, 肺血管疾患等の診断の指標として用いる。

9.

- (1) 拡張終期容積が増大すると心室の収縮で発生するエネルギーが増大する, という法則。
- (2) 一過性外向き K 電流, 遅延整流性 K 電流, 内向き整流性 K 電流, Ach 感受性 K 電流, ATP 感受性 K 電流などの中から 2 つ。
- (3) ATP
- (4) ポアズイユの法則から血流量は血管半径の 4 乗に比例するので, $1.1^4 = 1.464 \dots$ より 46%。
- (5)
 1. 静脈圧の上昇: 右心不全, 腎不全末期
 2. 血漿浸透圧の低下: 低アルブミン血症 (ネフローゼ症候群, 肝硬変, 低栄養)
 3. 毛細血管の透過性の亢進: 熱傷, 中毒, アレルギー, 炎症
 4. リンパ管機能不全: 象皮病, 癌リンパ節転移, リンパ節廓清術後
- (6) 筋小胞体 (sarcoplasmic reticulum)