

麻布大学オープンキャンパス

入試対策特別講座（生物）

【傾向】

- ・基本的に、高校の教科書（「生物基礎」・「生物」）の内容に忠実な出題である。
- ・「生物」の進化と系統分類からの出題はやや控えめ（生命・環境科学部）であるものの、高校の教科書の全分野から出題されている。
- ・全問マーク形式で、知識を問う設問、思考型問題、計算問題がバランスよく出題されている。昨年度までに比較すると、本年度（最新年度）の入試では、やや思考型問題の比重が高まり、難度が上がった印象。
- ・「適切なもの」や「誤っているもの」をすべて選ぶ（複数解答）問題が目立つ（獣医学部）。

【対策】

教科書の本文内容のほか、記載されている図や表についての理解を深めておく。参考扱いや欄外からの出題も見られる。具体的な生物例などについても正確に記憶しておく。そのためには、教科書を分野ごとに区切って精読した上、苦手な分野についてはノート整理などを通じて正しい理解を構築していくべきである。教科書傍用問題集を利用した問題演習は、理解の確認や問題解法のマスターにかなり有効と考えられる。

大きく分野を跨ぐような総合問題はみられない、また悪戯に難解なパズル的な出題もない。そのため、それぞれの分野の基礎的な学習が済んだ後は、本学の過去問をつかった演習が可能である。学部・学科が異なっても、視点を変えただけのような類題が出題されているため、本学の過去問をつかって演習し、時間配分などを身に付けておく。とよい。

ただし、膜タンパク質と膜電位形成、遺伝子突然変異と進化などの、教科書レベルでも関連づけが強調されていることについては、総合的な視点が必要である。

未履修の分野があるとそこが出題された場合に致命的な失点につながる。ヤマを張ることなく、「生物基礎・生物」の全範囲にわたる、バランスのよい学習を心がけよう！計算問題や思考型問題では点差が開きやすいため、定型的なものについてはよく練習しておこう！

担当：駿台予備学校生物科講師 橋本 大樹

<教科書に掲載されていることは、図版も含めて正確に理解しておく>

…基礎知識が備わらなければ、考察の入り口にも立てない!

1. 肝臓のはたらき

- ① 貯蔵… { グルコースをグリコーゲンに変え、血糖量調節。
血液を貯蔵し血流量調節。
ビタミンA, D(脂溶性ビタミン)の貯蔵。
- ② 合成… { 胆汁(胆液)を合成。
アンモニアからの尿素の合成
尿素回路(オルニチン回路)。⇒ 図1
フィブリノーゲン、プロトロンビンなどの血しょうタンパク質の合成。
- ③ 分解・解毒… { 赤血球の破壊。
アルコールなどの毒物の解毒。
- ④ 熱産生… 骨格筋に次いで2番目の熱産生量をもち、体温維持。

2. 肝臓とその周辺構造 ⇒ 図2, 図3

(1) 肝臓の構造

肝臓は約50万個の肝小葉からなり、1つの肝小葉は、中心静脈のまわりに約50万個の肝細胞が集まり、これを血管や胆管が取り囲んだ構造をしている。

(2) 肝臓と周辺構造のつながり

- ① 肝臓には、小腸などの消化管とひ臓からの血液が肝門脈を通過して流れ込む。消化管からは吸収された栄養分が、ひ臓からは破壊された赤血球の成分が送り込まれる。
- ② 肝細胞の間には類洞とよばれる太い毛細血管があり、ここを流れた血液は中心静脈に集まって、他の肝小葉からの血液とともに肝静脈に出る。また、肝細胞の間には胆細管という管もあり、肝小葉の外側の胆管につながる。この中を流れる液体が胆汁(胆液)で、肝臓でつくられた不要な物質を体外へ排出する役割を果たす。

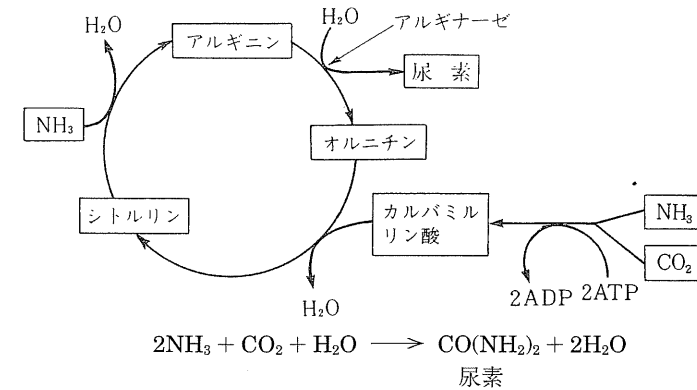
●ヒトでは体重の約 $\frac{1}{50}$ の重量をもち、体内最大の臓器である。

●胆汁(胆液)は胆のうに蓄えられ、胆管を経て十二指腸へ分泌される。脂肪を乳化することで膵臓からのリパーゼのはたらきを助けるが、消化酵素は含んでいない。

●赤血球中のヘモグロビンはビリルビン(胆汁色素)に代謝される。糞便や尿の色は、ビリルビンに由来する物質に基づく。

●心臓から送り出された血液の $\frac{1}{3}$ が肝臓に流入する。肝門脈を経て肝臓に流れこむ血液の量は、肝動脈を通過して直接肝臓に流れ込む量の3倍以上になる。

図1 尿素回路(オルニチン回路)



●オルニチン→シトルリン→アルギニンの順に反応が進行することは、一遺伝子一酵素説の実験で扱うアカパンカビと同じである。

●尿素は排出する物質であるにもかかわらず、その合成にATPを用いている。

図2 肝臓と周辺構造のつながり

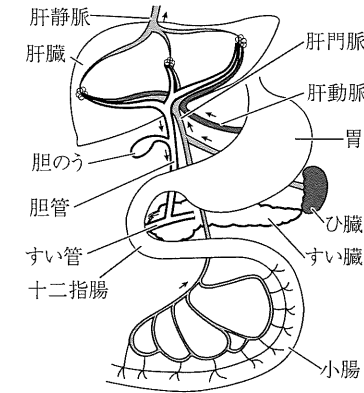
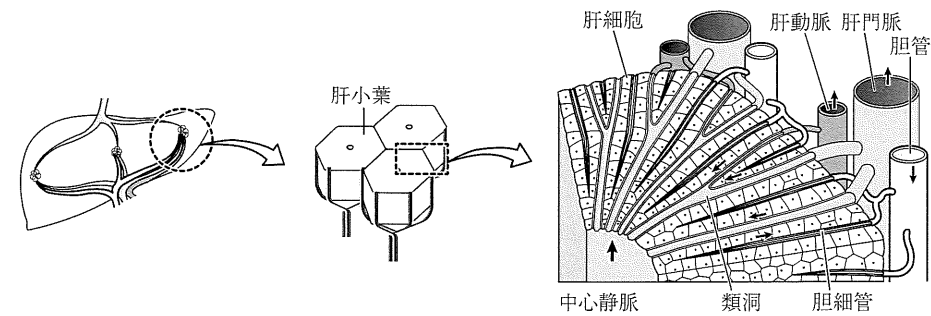


図3 肝臓への物質の出入り



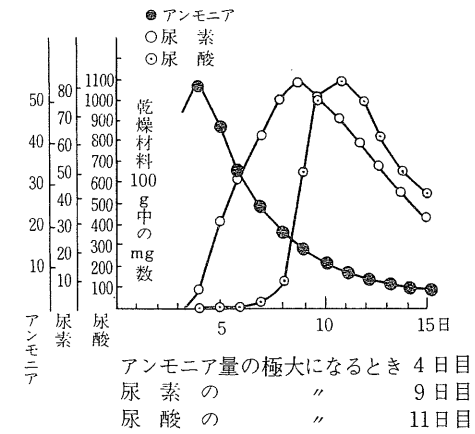
●→は液体が流れる方向を示している。

3. いろいろな窒素排出物 ⇒ 図 4

- ① 硬骨魚類, 両生類幼生…アンモニア(水に可溶・有毒)
 - タンパク質(アミノ酸)から生じるアンモニアを, 体外に豊富に存在する水に溶かしてそのまま捨てる。
 - ⇒排出にエネルギーを必要としない。
- ② 両生類成体, 哺乳類…尿素(水に可溶・低毒)
 - 尿中に濃縮して捨てることができ, 水が不足しがちな陸上生活で水の節約に役立つ。また, 哺乳類では, 胎盤を介して胎児から母体に受け渡すことができる。
- ③ は虫類, 鳥類, 昆虫類…尿酸(水に不溶・無毒)
 - 排出に水を必要とせず, 水を得にくい環境でも水を無駄にしない。閉鎖された卵殻内で発生を進める際, 卵内の浸透圧を高めることがないため, 胚を傷つけることがない。

●海産軟骨魚類も窒素排出物は尿素であり, これを体内にため込み, 体液浸透圧を外液である海水よりも若干高張に維持することに役立っている。

図 4 ニワトリ胚における窒素排出物の変化



●ニワトリ胚が主な窒素排出物を, アンモニア→尿素→尿酸の順に変化させることは, 魚類から両生類を経て鳥類へと進化した過程を繰り返しているように見える。このことをヘッケルは「個体発生は系統発生を繰り返す」(発生反復説) といった。

<近年の入試では、分子レベルの題材は頻出>

…「生き物」が好きなところから始まっている受験生は失点しやすい？！

1. 物質輸送にはたらく膜タンパク質

① チャネル

チャネルは小さな孔を形成し、特定の物質を濃度勾配に従って移動させる受動輸送のみを行うが、必要に応じて開閉する調節をもつものもある。

② 輸送体(運搬体, 担体, キャリア) ⇒ 図7

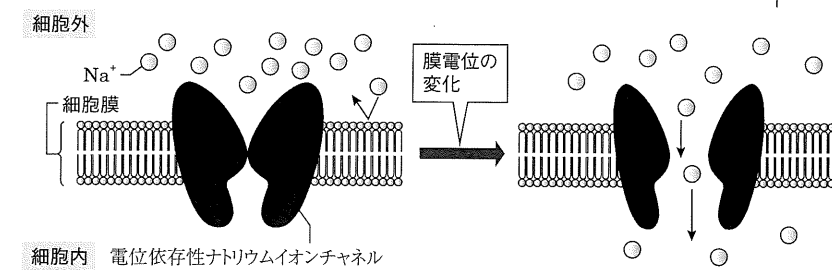
輸送体は移動させる分子などと結合すると、その立体構造が変化する。輸送体のなかで、ATPのエネルギーを用いて濃度勾配に逆らう輸送を行うものはポンプとよばれる。ナトリウムポンプはその代表例である。

●チャネルには、その物質透過性
が変化するものとしなものがある。
膜電位が変化することで開閉
が調節されるチャネルは電位依
存性チャネル、保持する受容体に特
定の物質が結合することで開閉が
調節されるチャネルはリガンド依
存性チャネルとよばれる。

⇒ 図5 図6

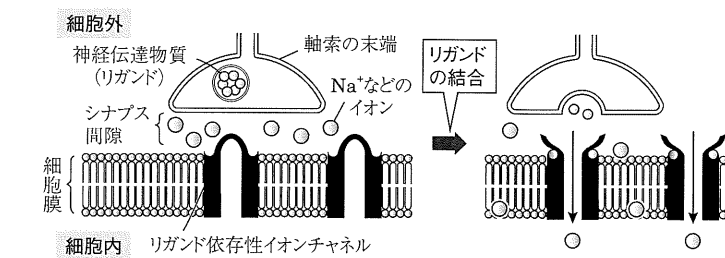
●ここでは、ATPを利用して濃度勾
配に逆らう輸送(能動輸送)を行う
輸送体をポンプと考えている。し
かし、チャネルとは異なり、いっ
たん輸送する物質と結合して立体
構造を変えながら膜の反対側に
濃度勾配に従った物質輸送(受動
輸送)を行うものが輸送体であり、
能動輸送を行えるポンプとは異な
るものであると捉えることもある。

図5 電位依存性チャネル



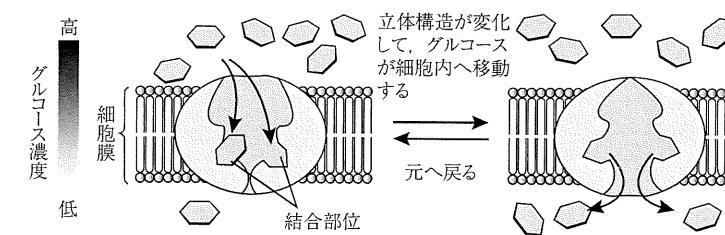
●膜電位の変化によってチャ
ネルが開き、Na⁺が濃度差
に従って細胞内に流入して
いる。

図6 リガンド依存性チャネル



●神経伝達物質がリガンドとして
はたらいてチャネルが開き、Na⁺
が濃度差に従って細胞内に流入して
いる。

図7 輸送体による物質輸送



2. 生体膜

…細胞膜のほか、ミトコンドリア、葉緑体、ゴルジ体、小胞体などの膜は生体膜とよばれ、同様の構造をもつ。

(1) 基本構造 ⇒ 図8

…リン脂質二重層+タンパク質

(2) 膜タンパク質のはたらき

- ① 物質輸送…能動輸送や受動輸送の際のイオンや分子の輸送路(チャネル、ポンプなど)としてはたらく。
- ② ホルモンなどの受容体(レセプター)…ホルモンなどの各種伝達物質と特異的に結合する立体構造をもつ。
- ③ 同種細胞の識別…同種細胞は同じ膜タンパク質をもち、互いに認識し集合する。
- ④ 自己非自己の識別…他個体由来する細胞は異なる膜タンパク質をもつため、これを標的として免疫反応が生じる。

3. 生体膜を介した物質輸送 ⇒ 図9

(1) 受動輸送(拡散)

輸送形態…濃度差に従って、その濃度差を解消するように物質が移動する。
 エネルギー…ATPなどのエネルギーは使わない。
 例) 脂溶性分子がリン脂質二重層を透過する。ナトリウムチャネルやカリウムチャネルを通して Na^+ や K^+ が移動する。

(2) 能動輸送

輸送形態…濃度差に逆らっても、物質が移動する。
 エネルギー…一般にエネルギー源としてATPを使う。
 例) ナトリウムポンプ($\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPアーゼという酵素がその実体)による Na^+ の排出や K^+ の取り込み。

図8 生体膜の構造(流動モザイクモデル)

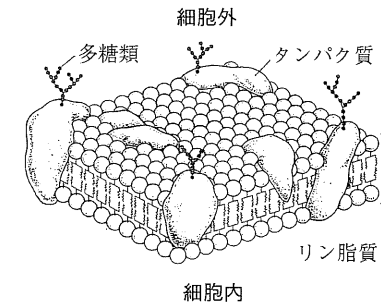
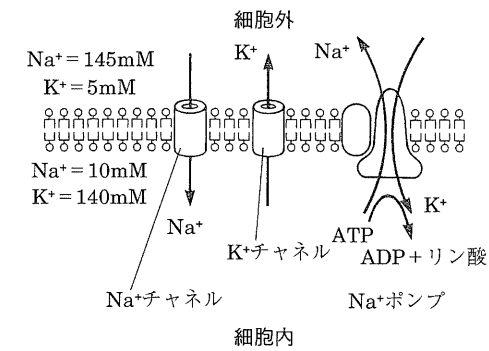


図9 受動輸送と能動輸送



●ATPの分解に際して解放されるエネルギーを利用して、 Na^+ と K^+ を能動輸送するATP分解酵素がナトリウムポンプの実体である。

●リン脂質は疎水性の部分互いに内側に、親水性の部分を外側に向けた二重層を形成する。

●チャネルは受動輸送、ポンプは能動輸送を行う。

●輸送する物質が結合すると構造が変化してその物質を輸送するタンパク質は輸送体(運搬体)とよばれる。輸送する物質が連続的に通過するチャネルに比べて、物質の結合・構造変化を伴う輸送体の輸送速度は小さい。輸送体のなかでATPを直接のエネルギー源として能動輸送を行うものをポンプと考えることもできる。

●M(モラー)はmol/Lを意味する。

●m(ミリ)は $\frac{1}{1000}$ を示す接頭辞である。

<事象を暗記して満足するような、表面的な学習に留めない>
 …根底にあるものからしっかりと理解することが大切!

1. ニューロン(神経細胞)の分類

(1) 有髄神経(繊維) ⇒ 図10

…シュワン細胞(神経鞘細胞)の細胞膜が巻きついてできた髄鞘をもつ神経(繊維)。

例) 脊椎動物の神経(自律神経の一部を除く)

(2) 無髄神経(繊維)

…髄鞘をもたない神経(繊維)。

例) 無脊椎動物の神経, 脊椎動物の自律神経の一部

2. 静止電位と活動電位 ⇒ 図11 図12

(1) 発生原理

① 静止電位の発生

(i) ナトリウムポンプによって細胞内外でのNa⁺とK⁺の濃度差が形成される。

(ii) K⁺リークチャネルによって細胞外へK⁺が流出する。

(iii) 細胞外に対して細胞内は負(-)に分極する(図11中a)。

② 活動電位の発生

(i) 刺激の受容によって電位依存性Na⁺チャネルが開き, 細胞内にNa⁺が流入する(図11中b)。

(ii) 膜電位が逆転し, 細胞外に対して細胞内は正(+)に脱分極する。

(iii) 脱分極を受けて電位依存性K⁺チャネルが開き, 細胞内から細胞外へK⁺が流出する。

(iv) 細胞外に対して細胞内は負(-)に帯電する状態に再分極する(図11中c)。

(2) グラフ

細胞外を基準に細胞内の電位変化を測定すると, 単相性のグラフを得る。

● 魚類, 両生類, は虫類, 鳥類, 哺乳類のように, 背骨(脊椎骨)をもつ動物群を脊椎動物という。対して, 脊椎動物以外の動物は無脊椎動物と総称される。

● K⁺の流出に伴い, 細胞内は負(-)に帯電するようになるため, しだいにK⁺は流出しにくくなり, 濃度差による拡散と電気的な引力の釣り合いが取れたところで安定する。

● ポンプは能動輸送, チャネルは受動輸送にはたらくと考えてよい。

● 刺激を受けた部分では, 細胞膜内外の電位が一過性に逆転し, やがてもとの状態に戻る。この一連の電位変化を活動電位とよぶ。

● 活動電位が発生することを興奮という。

図10 ニューロン(有髄神経繊維)の構造

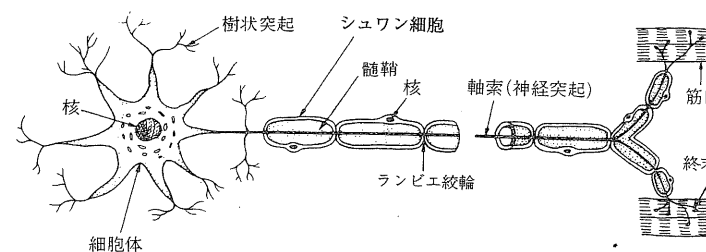


図11 細胞外に対する細胞内の電位変化

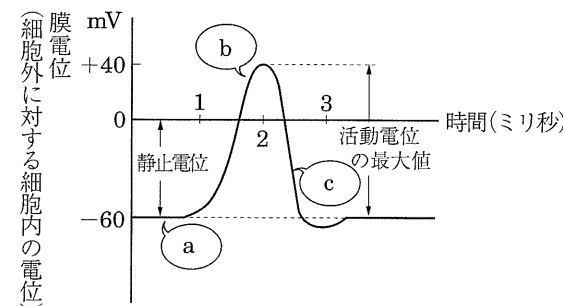
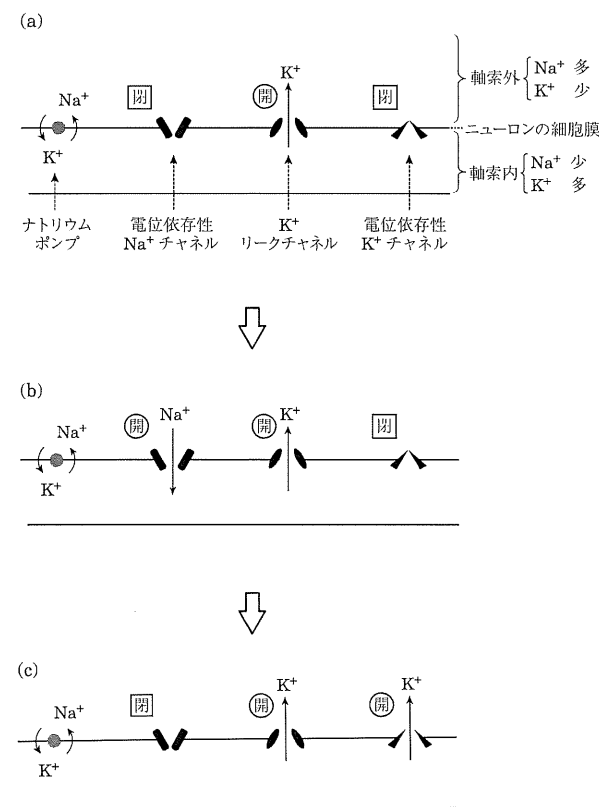


図12 ニューロンの電位変化を生じるしくみ



● シュワン細胞の内部構造はその細胞膜が何重にもなることで形成されたもので, これを髄鞘という。髄鞘が途切れた部分をランビエ絞輪という。

● 静止電位は約-60~70 mV, 活動電位の最大値は約100 mVである。

● 図11中にみられる, 一連の電位変化が活動電位である。

● (a) 静止状態において, ナトリウムポンプによって形成されているK⁺の濃度勾配に従って, K⁺リークチャネルを介してK⁺が細胞内から細胞外へと流出(受動輸送)している。
→細胞外に対して, 細胞内は負となる。

● (b) 刺激を受けると, 電位依存性Na⁺チャネルが開く。このとき, ナトリウムポンプによって形成されているNa⁺の濃度勾配に従って, 電位依存性Na⁺チャネルを介してNa⁺が細胞外から細胞内へと流入(受動輸送)する。
→細胞外に対して, 細胞内は正となる。

● (c) Na⁺の流入で生じた電位変化によって, 電位依存性K⁺チャネルが開き, ナトリウムポンプによって形成されているK⁺の濃度勾配に従い, K⁺が細胞内から細胞外へと流出(受動輸送)する。
→細胞外に対して, 細胞内は負に戻る。

3. 全か無かの法則

…ニューロンや筋繊維は閾値より小さい刺激では全く興奮せず、閾値以上の刺激で生じる興奮の大きさは一定。

(1) ニューロン1本あたりのグラフ ⇒ 図13

感覚器が受容した刺激の強弱は、それに接続する感覚神経での興奮の発生頻度に変換されている(図14)。そのため、生じる感覚に強弱があることは、ニューロンに全か無かの法則が成立することと矛盾しない。

(2) 神経(ニューロンの束)あたりのグラフ ⇒ 図15

神経は閾値の異なるニューロンの束であるため、刺激強度を高めると、活動電位を発生させるニューロンが増加する。

4. 伝導と伝達

(1) 相違点

① 伝導 ⇒ 図16

- 実体…膜電位の逆転の伝播(電氣的)。
- 速度…大きい。
- 方向性…両方向性。

② 伝達

- 実体…軸索末端から放出された神経伝達物質が細胞体や樹状突起の細胞膜に受容される(化学的)。
- 速度…小さい。
- 方向性…一方向性。

(2) 伝達のしくみ ⇒ 図17

軸索末端のシナプス小胞から出された神経伝達物質が、拡散によってシナプス間隙を拡がり、樹状突起または細胞体の細胞膜上に存在する受容体(レセプター)に結合することによって起こる。→軸索末端側から細胞体側への一方向性となる。

(3) 神経伝達物質

- 交感神経終末からの神経伝達物質…ノルアドレナリン
- 副交感神経終末・運動神経終末からの神経伝達物質…アセチルコリン

図13 ニューロン1本あたりのグラフ

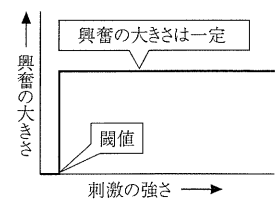


図14 刺激の強さと感覚神経の興奮

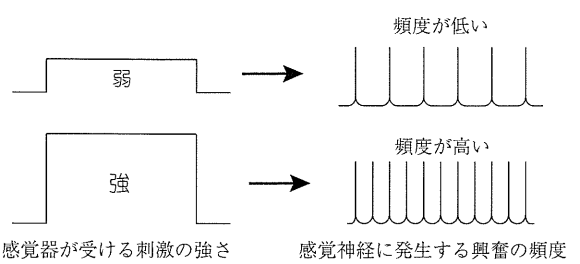


図15 神経(ニューロンの束)あたりのグラフ

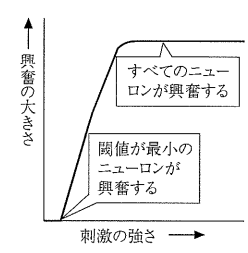


図16 軸索における興奮伝導

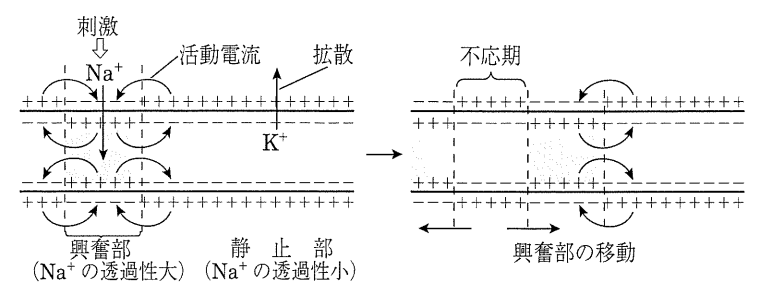
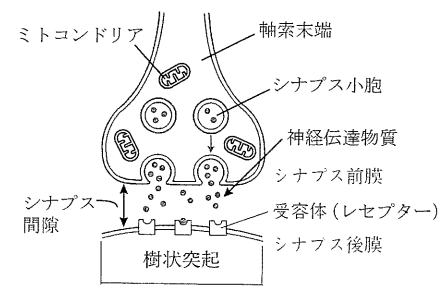


図17 シナプスにおける興奮伝達



●生体内では一方向性の伝導が存在するため、伝導は一つのニューロン内で細胞体から軸索末端に向けて起こる。

●運動神経などの場合、放出されたアセチルコリンはコリンエステラーゼという酵素によって分解された後、軸索末端に回収される。そのため、伝導が永続することはない。

●神経伝達物質の受容体はNa+チャネルと連動している(Na+チャネルの構造の一部が受容体を兼ねている)ことが多い。その場合、神経伝達物質が受容体に結合することでリガンド依存性Na+チャネルが開き、Na+が細胞内に流入する。

●交感神経は脊髄から出た後、臓器などに到達するまでに神経節を形成し一度ニューロンを乗換えるが、その神経節で出される神経伝達物質はアセチルコリンである。また、汗腺に接続する交感神経終末から出される神経伝達物質は例外的にアセチルコリンである。

●刺激の強弱は感覚器によって興奮(活動電位)の発生頻度に変換され、接続する感覚神経に伝えられる。

●伝達は、神経伝達物質がシナプス間隙を濃度勾配に従って拡散する過程を含む。そのため、電氣的な伝導に比べて著しく速度が小さい。

●軸索末端には多くのミトコンドリアが存在する。

5. 不応期 ⇒ 図18

…ニューロンは興奮した直後にはNa⁺の流入が起こりにくくなることで興奮しなくなる時期(不応期)をもつため、ニューロン内で興奮が逆戻りすることはない。

●興奮直後には、電位依存性Na⁺チャンネルが不活性化することで、Na⁺の流入が起こりにくくなる。

図18 不応期

