

80. 眼の構造と働き

強膜

眼球を保護する（カメラのボディに相当する）。

強膜は前面で透明な角膜となる。つまり、角膜は強膜の一部である。

脈絡膜

血管に富み、網膜の細胞に養分を送る。

脈絡膜は前面で虹彩と毛様体になる。つまり、虹彩・毛様体は脈絡膜の一部である。

遠近調節

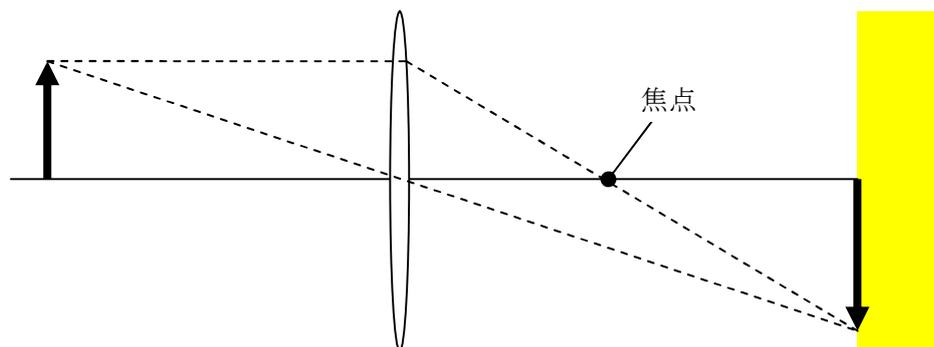
厚いレンズは屈折率が大いので焦点距離が短い。

薄いレンズは屈折率が小さいので焦点距離が長い。

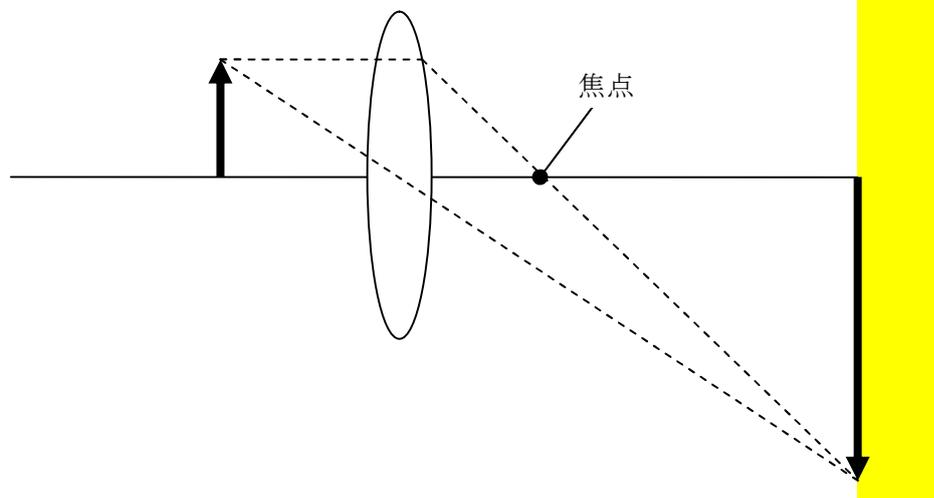
レンズ（水晶体）とスクリーン（網膜）との距離が一定なので、網膜上に常に実像を結ばせるためには、レンズの焦点距離を変えることができない。

つまり、水晶体の厚さを変えなければならない。

遠くの物体を見るとき



近くの物体を見るとき



瞳孔の拡大・収縮と自律神経

交感神経

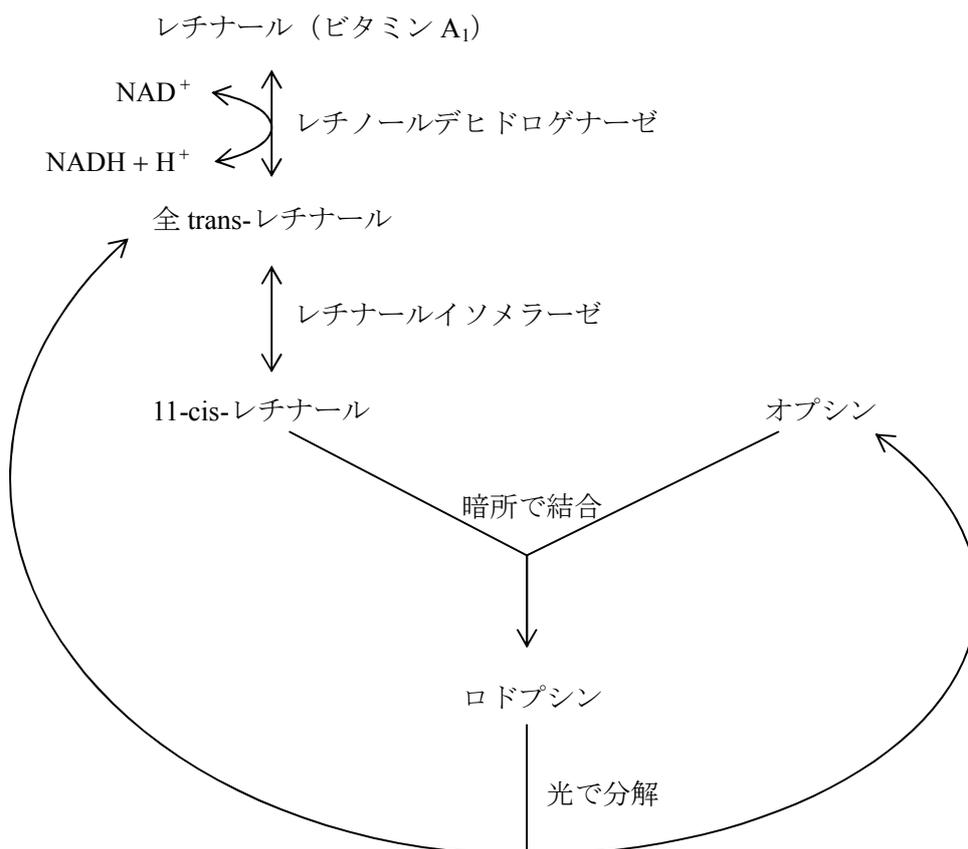
瞳孔散大筋を収縮させ、瞳孔を拡大させる。

副交感神経

瞳孔括約筋を収縮させ、瞳孔を収縮させる。

82. 色覚

桿体細胞および錐体細胞の外節の細胞膜中には、それぞれロドプシン、アイオドプシンという光受容タンパク質複合体が存在する。ロドプシンとアイオドプシンはオプシンの構造が異なる。



ロドプシンの 11-cis-レチナールが光子を吸収すると、瞬時に 11-cis-レチナールが全 trans-レチナールに異性化する。このことが、オプシンに構造変化を起こさせ、ロドプシンが活性化する。ロドプシンが活性化すると細胞膜にあるナトリウムチャンネルが閉じ、その結果、細胞膜が過分極する。細胞膜の過分極は興奮の伝導を抑制するので、桿体細胞のシナプス領域からの神経伝達物質の放出が抑制される。桿体細胞のシナプス領域から放出される神経伝達物質はシナプス後網膜ニューロンの興奮を抑制するはたらきがある。したがって、シナプス後網膜ニューロンの興奮の抑制が解除されることになる。つまり、シナプス後網膜ニューロンが興奮する。

84. 聴覚と平衡覚の発生のしくみ

耳殻で集められた音は、外耳道を経て、鼓膜を振動させる。

↓

鼓膜の振動は耳小骨（つち・きぬた・あぶみ）によって増幅され、卵円窓に伝えられる。

↓

卵円窓の振動は前庭階のリンパ液（外リンパ）を振動させる。

↓

鼓室階のリンパ液（外リンパ）に振動が伝わる。⇒正円窓でリンパ液の振動を吸収する。

↓

うずまき細管と鼓室階の間の基底膜が振動する。

↓

コルチ器の有毛の聴細胞が上下に振動し、聴細胞の感覚毛がおおい膜に触れる。

↓

聴細胞が興奮する。

↓

その興奮が聴細胞のシナプス後ニューロンである聴神経に伝えられ、聴神経が興奮する。

88. 活動電位

有髄神経の神経鞘と髄鞘の違い

末梢神経の軸索をシュワン細胞（中枢神経ではオリゴデンドログリア）がかかえこみ、細胞膜を伸長させながら幾重にも取り巻いた構造が髄鞘。

髄鞘の外側、すなわち神経繊維表面のシュワン細胞本体（細胞核があるところ）が神経鞘。

尚、無髄神経では、1つのシュワン細胞（中枢神経ではオリゴデンドログリア）が複数の軸索をかかえこんでいる。

シュワン細胞の役割

軸索は細胞体から細長く伸びるので、細胞体からの栄養補給が困難である。

そこで、シュワン細胞が軸索への栄養補給の役割をする。

有髄神経をもつのは脊椎動物のみ

脊椎動物の末梢神経の多くは有髄神経であるが、交感神経は無髄神経である。

また、脊椎動物でも無顎類（ヤツメウナギなど顎のない魚類）には有髄神経が見られない。

興奮の頻度と感知

1本のニューロンに与える刺激を強くしていくと、活動電位の発生頻度（興奮の頻度）が増加するが、これを大脳新皮質頭頂葉にある感覚野では、刺激の大きさとして感知する。

91. 神経の興奮と伝導

問 1, 2

- ・ 神経の刺激は、S1 から S2 の向きに活動電流を発生させることによる。
- ・ 6~8 行目の文「座骨神経は種々の太さの神経繊維が集合した神経繊維束である」がヒント
- ・ ピンセットで強く押しつぶしておいた筋肉側の神経末端では活動電位が発生しない。
つまり、R2 の電位は常に一定である。
よって、記録用電極 R1 と R2 の電位差が R2 の電位の影響を受けない。
ゆえに、グラフのピークの原因は R1 で発生する活動電位による。
- ・ 興奮の伝導速度は、神経繊維が太いほどまたは温度が高いとき大きい。

活動電位の発生

電気刺激を受ける。

⇓

Na チャネルによる Na^+ の透過性が高まりやがて最大となる。

⇓

細胞内に Na^+ が流入し、脱分極し、活動電位が発生する。

⇓

Na チャネルは速やかに閉じ、 Na^+ の透過性が減少していくとともに、
K チャネルによる K^+ の透過性が高まりやがて最大となる。

⇓

K^+ が細胞外へ流出し、膜電位が一時的に静止電位より小さくなる。すなわち過分極となる。

⇓

ようやく電気刺激を受けて開いた K チャネルがすべて閉じると、
開いているのは静止状態のときの K チャネルだけとなり、静止電位に戻る（再分極）。

不応期

活動電位発生部位（興奮部位）が静止状態に戻ると、しばらくは、新しい刺激を受けても興奮できない状態になる。これを不応期という。

不応期の原因は、Na チャネルには、閉じた後しばらくの間は刺激を受けても応答しないという性質があるためである。

興奮の伝導

活動電位が発生すると、隣の静止状態の部分と電位差が生じ、活動電流が流れる。

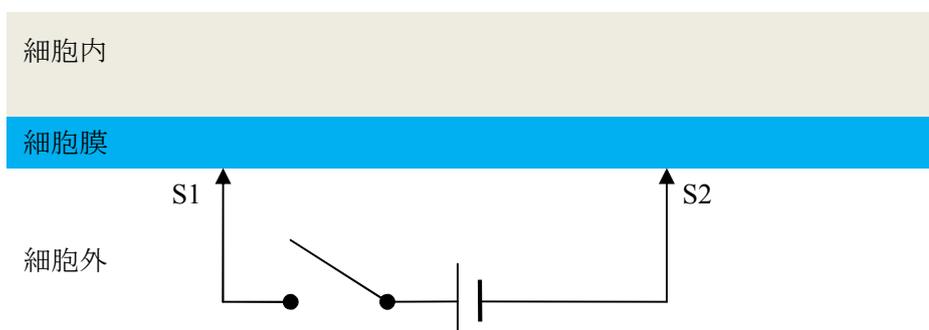


活動電流のうち、興奮部と隣接する細胞の細胞膜を内から外へ貫く向きに流れる活動電流が刺激となり、隣接部が興奮し、活動電位が発生する。

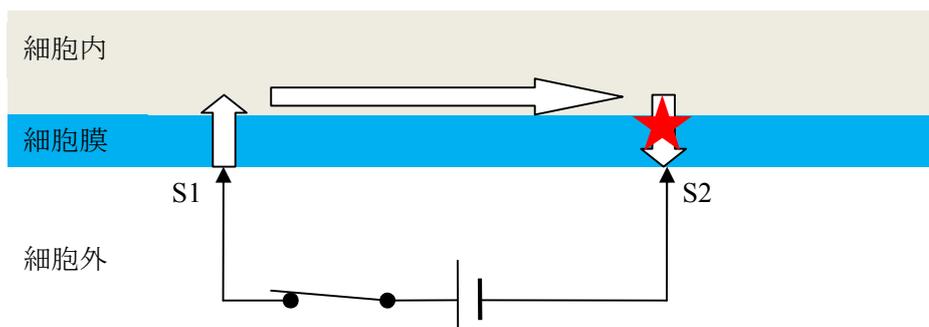
こうして、興奮が伝導していく。

直流電流刺激と興奮の発生

静止状態

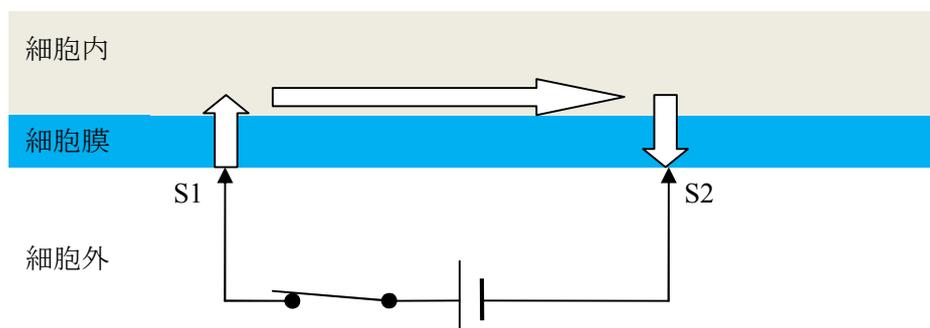


電気刺激を ON にした瞬間



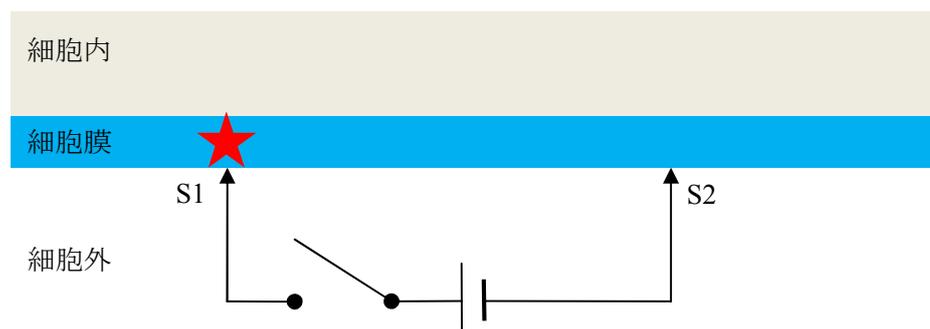
S2 で細胞膜を内から外へ貫く電流が発生し、これが刺激となって、S2 に活動電位（興奮）が発生する。

直流電流通電中



電流の変化がなくなると、刺激部位に活動電位が発生しない。

直流電源を OFF にした瞬間



S1 で細胞膜を外から内へ貫いていた電流が失われるので、これが刺激となって、S1 に活動電位（興奮）が発生する。

92. イオン濃度と膜電位

図 1 では、細胞外液の Na^+ を K^+ で置き換えていったから、細胞外液の Na^+ の濃度が減少し、 K^+ の濃度が増加する。したがって、静止電位の増加は、細胞外液の Na^+ の濃度の減少と、 K^+ の濃度の増加によると考えられるが、細胞外液の Na^+ のみを他の物質で置き換えた実験結果（図 2）から、細胞外液の Na^+ の濃度の静止電位への寄与は否定される。よって、静止電位が増加したのは、 K^+ の濃度の増加に伴ない細胞内外の K^+ の濃度差が小さくなり、 K^+ の拡散による細胞外への流出が低下したため、 K^+ が寄与する細胞内外の電位差、すなわち静止電位が増加したと考えられる。

細胞外の Na^+ の濃度が細胞内のそれより大きいほど Na^+ の拡散による細胞内への流入も大きい。よって、図 2 から、興奮時の膜電位には、細胞内への Na^+ の流入が関与しているといえる。したがって、興奮時の膜電位と静止電位の差、すなわち活動電位に関与するのは Na^+ の細胞外から細胞内への拡散によると考えられる。

細胞外の Na^+ の濃度を通常細胞内濃度（50mM）以下にすると、 Na^+ の拡散による細胞内への流入が起こらないから、膜電位が静止電位のままになる。よって、活動電位は 0mV になる。

93. ヒトの神経系

刺激の感知と随意運動の経路

刺激の感知まで

A. 触覚・圧覚の場合

感覚神経 1：皮膚受容器から脊髄髄質（灰白質）まで
皮膚の触覚（マイスナー小体）・圧覚（パチーニ小体）
→背根
→脊髄髄質のシナプス

感覚神経 2：脊髄髄質から間脳（視床）まで
脊髄髄質のシナプス
→脊髄皮質（白質）
→**延髄で神経繊維が左右交叉**
→間脳（視床）のシナプス

感覚神経 3：間脳（視床）から大脳新皮質（灰白質）まで
間脳（視床）のシナプス
→大脳（頭頂葉）新皮質の感覚野

B. 痛覚・温度覚の場合

感覚神経 1：皮膚受容器から脊髄髄質（灰白質）まで
痛覚（神経自由末端）・温覚（ルフィーニ小体）・冷覚（クラウゼ小体）
→背根
→脊髄髄質のシナプス

感覚神経 2：脊髄髄質から間脳（視床）まで
脊髄髄質のシナプス
→**脊髄皮質（白質）で神経繊維が左右交叉**
→延髄
→間脳（視床）のシナプス

感覚神経 3：間脳（視床）から大脳新皮質（灰白質）まで
間脳（視床）のシナプス
→大脳（頭頂葉）新皮質の感覚野

大脳の指令で随意運動が起こるまで

感覚野から運動野まで

感覚野で感知した情報

→大脳新皮質（前頭葉）の連合野で処理し、指令を出す。

→大脳新皮質（前頭葉）の運動野

運動神経 1：運動野から脊髄髄質まで

大脳新皮質（前頭葉）の運動野

→**延髄で神経繊維が左右交叉**

→脊髄皮質

→脊髄髄質のシナプス

運動神経 2：脊髄髄質から効果器（筋肉）まで

脊髄髄質のシナプス

→腹根

→神経筋接合部のシナプス

→効果器（筋肉）

反射経路 (反射弓)

中脳：瞳孔反射，姿勢保持反射（カエルで有名）など

延髄：消化液分泌，せき，くしゃみなど

脊髄：脊髄反射（しつがい腱反射，屈筋反射）

しつがい腱反射：受容器と効果器が同じ筋肉にある場合：感覚神経→運動神経

しつがい腱（ひざ頭の下）を軽くたたく。

→太ももの筋肉が伸張する。

→筋肉に筋紡錘という受容器があり，これが興奮する。

→感覚神経が興奮

→興奮が背根を経て，脊髄髄質（灰白質）のシナプスまで伝導する。

→シナプスで**感覚神経の興奮を運動神経に伝達**

→運動神経が興奮

→興奮が腹根を経て，神経筋接合部のシナプスまで伝導する。

→興奮を効果器（太もも筋肉）に伝達する。

→太ももの筋肉が収縮し，ひざ下の足が上がる。

屈筋反射：受容器と効果器が異なる部位にある場合：感覚神経→介在神経→運動神経

熱いものに触れる。

→温覚（ルフィアーニ小体）を刺激

→感覚神経が興奮

→興奮が背根を経て，脊髄髄質（灰白質）のシナプスまで伝導する。

→シナプスで**感覚神経の興奮を介在神経に伝達**

→シナプス（脊髄髄質）で**介在神経の興奮を運動神経に伝達**

→興奮が腹根を経て，神経筋接合部のシナプスまで伝導する。

→興奮を効果器（上腕筋）に伝達する。

→上腕筋が収縮し，手が腕の方に向かってはねる。

補足

熱いと感じるまで

熱いものに触れる。

→温覚（ルフィアーニ小体）を刺激

→感覚神経が興奮

→興奮が背根を経て，脊髄髄質（灰白質）のシナプスまで伝導する。

→2番目の感覚神経に興奮を伝達する。

→2番目の感覚神経が興奮する。

→脊髄皮質で左右交叉し，間脳（視床）のシナプスまで興奮が伝導する。

→3番目の感覚神経に興奮を伝達する。

→大脳新皮質（頭頂葉）の感覚野に伝わり，熱いと感じる。

95. 抑制性シナプス

問 2

右足

右膝関節が曲がるから、伸筋の収縮は抑制され、屈筋は収縮する。

よって、

感覚神経→抑制性介在神経→伸筋運動神経

→屈筋運動神経

左足

左膝関節が伸びるから、伸筋は収縮し、屈筋の収縮は抑制される。

よって、

感覚神経→伸筋運動神経

→抑制性介在神経→屈筋運動神経

97. ミツバチの行動

解説補足

餌場が遠いとき、ダンスの速度が小さくなる以外に、直進部が長くなる。

巣箱を水平に置いたとき、直進部の方向は餌場の方向を指す。

ミツバチは偏光を感知できるので、偏光から太陽の向きを知ることができる。

したがって、巣箱から太陽が直接見えなくても巣箱の入り口や隙間からの光で太陽の向きがわかる。

99. 体内時計と日周性

地球の1日は24時間の周期であり、また1日の時刻により外部環境も規則的に変化する。そのような環境で進化してきた地球上の生物は、規則的且つ周期的な外部環境の変化に即座に適切な行動をとるために、外部環境の変化と同調した体内時計をもつようになった。

しかし、体内時計そのものの同調性は完璧ではないので時間の経過とともに同調性が失われていく。そこで、日光など外部からのシグナルによって時計の動作を微調整し、同調性を回復するしくみももつようになった。

しかし、時差の大きく異なる土地に行くと、体内時計との同調性が大きく失われるため、同調性の回復が即座に行われない。そのため、その土地の外部環境の変化に合わせて体調を整えることができなくなり、体調不良となる。