

痛み刺激を受け取る痛みセンサの仕組み

過去十年間で痛みの研究は大きく進みました。その大きな要因として、脳機能の画像装置の進歩と、痛み刺激を受け取るセンサ分子が明らかになったことがあげられます。ここでは、感覚神経の一端で痛みの刺激を受け取っているセンサについてお話しします。

まず、痛みがどのようにして起こるのかを考えてみます。足の指で、非常に冷たい氷やドライアイスに触ったり、火傷をした場合、足の指先で痛みの刺激は電気信号にかえられて神経を通じて脳に伝えられます(図2)。首から下で痛み刺激が生じた場合、一次求心性線維を通じて脊髄に到達した電気信号は二次求心性線維に受け渡されて脳に伝えられます。脳に伝えられ

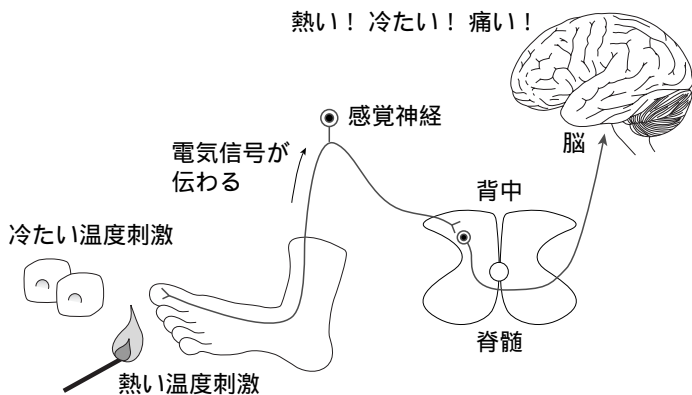


図2 痛み刺激を受け取って脳に伝わるまで

た電気信号はまず視床^{しじょう}に達し、それから大脳皮質に伝えられて、そこで初めて「痛い」と感じるのです。

私たちの神経細胞には、細胞膜を挟んで細胞外と細胞内で生じる電位差(電圧)があります。つまり、普通、細胞外を〇ミリボルトとすると、細胞内はマイナス六〇ミリボルトかマイナス七〇ミリボルトとなっているため、神経細胞の膜を挟んで六〇ミリボルトないしは七〇ミリボルトの電位差があることとなります。この通常の状態の細胞内の電位を静止膜電位と呼んでいます。

私たちの身体を形づくっているすべての細胞は脂質でできた二重膜で囲まれています。この二重膜を通して、情報や栄養物、老廃物のだしいれをしています。また、細胞内外には多くのイオンが存在しています。このイオンはプラスもしくはマイナスの電荷をもっているため二重膜を簡単に行き来することはできません。しかし、私たちの身体は巧妙な仕組みをもっていて、細胞膜に穴の開いたたんぱく質(イオンチャネルという)がたくさん埋め込まれています。このイオンチャネルの穴を通してイオンをやりとりしているのです(図3)。細胞外にはたくさんナトリウムイオンやカルシウムイオンがあり、温度刺激や痛み刺激を電気信号にかえるためには、イオンチャネルの穴が開いて、

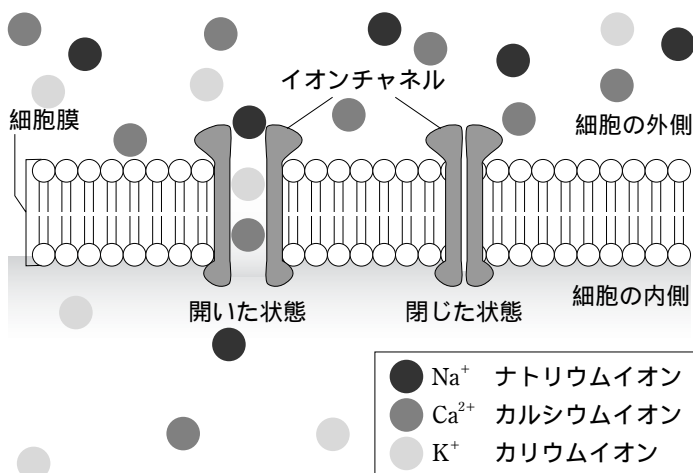


図3 細胞膜とイオンチャネル

細胞外から細胞内へプラスの電荷をもったイオンが流入することが一番の基本になります。細胞外から細胞内にプラス電荷をもったイオンが流入すると、細胞外と細胞内の電位差が少し縮まります。その縮まったことを感じて別のイオンチャネルが開いて、細胞内にくさんのナトリウムイオンがなだけこむようになって活動電位が発生すると考えられています。この活動電位が神経を伝わるのです。

怪我をして炎症を起こす機構

皆さんが痛みを指先で感じた場合、その信号が感覚神経を通じて脳まで運ばれるということは、感覚神経の一番

端で温度刺激や痛み刺激を変換するたんぱく質が、温度刺激や痛み刺激を感じるセンサーであると理解することができます。

手の指先についている感覚神経では、発現しているたんぱく質をつくっている遺伝子のある細胞の核は脊髄のすぐ側にあるため、神経線維を脊髄から指先までの一メートルほど長く伸ばしています。その感覚神経の末端で、先ほど紹介した細胞膜に埋まったイオンチャネルが温度刺激や痛み刺激を感じて開いて、細胞内にイオンが流入して起こった活動電位が脳まで伝わり、皆さんは痛いと感じているわけです。同時に、感覚神経の一端から、サブスタンスPやCGRPなどの物質がたくさん放出されて、血管が広がったり、血管からいろいろな物質がもれだしやすくなります。血管が広がると、当然、血液がたくさん集まるようになります。

怪我をして痛みを起こした部位を早く治癒させることは大事です。炎症を起こして血管が広がると、たくさん血液が流れるようになり、炎症を抑えるような免疫細胞などもたくさん流れてくるようになります。また、血管の透過性が亢進しているため、集まってきた免疫細胞などは血管からでて炎症を起こした部位ではたらくようになります。本来、皮膚の温度は三三度か三四度ですが、血管が拡張して血流が増えると、身体の深