

カルシウムの話 VOL 5

カルシウムと細胞の働き

私たちの体内のカルシウムは、骨1億対血液1万対細胞液1の比率で存在しています。

細胞外と細胞内の1万対1の割合は、細胞内のカルシウムが細胞外に比べて、ほとんど真空状態に近いということがわかります。

なぜこのように厳格な比率を維持しなければならぬのでしょうか。それはカルシウムが細胞の働きを促す、伝達物質（メッセンジャー）の役目をしているからです。

たとえば筋肉では、細胞にカルシウムが入る（増加する）ことによって初めて筋繊維の収縮が起こります。

脳細胞では、神経細胞（ニューロン）同士の情

カルシウムは情報伝達物質（メッセンジャー）



報伝達物質の放出に、カルシウムが大切な役割を果たしています。

すい臓では、ランゲルハンス島のベータ細胞にカルシウムが入ることによって、インスリンが分泌されています。

免疫機能においても白血球の活躍は、カルシウムの働きによって、体内への異物侵入の把握、移動、攻撃をおこなっているのです。

この大切な役目を担うカルシウムが、はじめから細胞内に多くあると、細胞外との電位差が小さくなるため、正確な情報伝達ができなくなって、反応が鈍くなるのです。

カルシウムの通りみち

細胞液のカルシウムを一定の比率にするための仕組みで、一番有名なのはカルシウムチャンネル（チャネル）と呼ばれる、細胞膜にあるカルシウムの関所です。

細胞膜は脂質で出来た膜ですが、その成分は常に動いています。

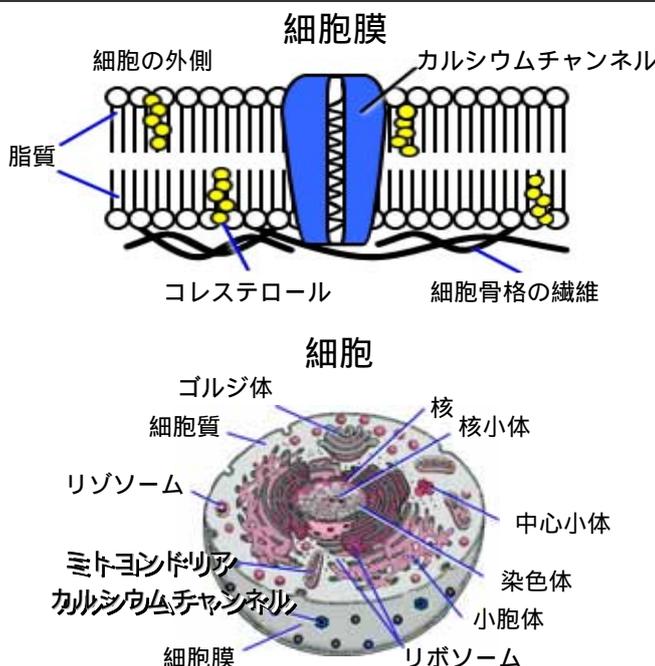
カルシウムチャンネルはそこに浮かぶタンパク質の物質で、カルシウムを取り込む通路になっています。

このカルシウムチャンネルが、細胞内に入るカルシウムを厳格に管理しています。

外部から特別なメッセージが届かないと、カルシウムは複雑な通路を通して、中に入ることができないのです。

ところが、副甲状腺ホルモンもメッセンジャーとして、カルシウムを細胞内に入れる働きをすることがわかっています。

カルシウム不足や病気などで、副甲状腺ホルモンが活発に分泌されると、骨がもろくなったり変形したりするばかりでなく、よけいなカルシウムを細胞内に入れてしまい、大切なカルシウムバランスまで崩してしまうのです。



細胞内でのカルシウムの流入は細胞外からだけではありません。

細胞内にある小胞体の中には、カルシウムを貯蔵して、必要に応じて放出してくれるものもあります。

反対にミトコンドリアは細胞内にある余分なカルシウムを取り込んでくれています。

(注)記事はカルシウムのはたらきを紹介しています。病気の症例と結びつくものがあったりも、それを改善する方法として掲載しているわけではありません。

カルシウムの話 VOL 6



細胞内のカルシウムバランス

細胞内のカルシウムを一定に保つためには、余分なカルシウムを外に出す機能もなければなりません。

それをしてるのがカルシウムポンプと呼ばれる仕組みです。ATPというリン酸化化合物がカルシウムを外に連れ出し、自分は分解してしまいます。

カルシウムポンプのはたらき



カルシウム ナトリウム Ca・Na交換



カルシウム ナトリウム Ca・Na交換と高血圧

他にも1個のカルシウム原子と3個のナトリウム原子を入れ替える、カルシウム・ナトリウム交換があります。ナトリウムが増えすぎるとまたカルシウムが入ってくる原因にもなります。

ナトリウムはカルシウムと違って、たくさん摂ると、それだけ多く細胞内に入ります。

ナトリウムを多く取り入れた細胞は、このカルシウム・ナトリウム交換のはたらきで、細胞内に余分なカルシウムを取り込むこととなります。



その結果、細胞内外の1対1万のバランスが崩れるだけでなく、血液中のカルシウムが少なくなるので、副甲状腺ホルモンのはたらきで、骨からカルシウムを溶かし出します。

骨から溶け出した余分なカルシウムが、血管などの平滑筋の細胞内に入り込むと、平滑筋を収縮させ、血管を細くして血圧を上昇させます。

本来、平滑筋は不随意筋といって、自律神経のはたらきで、必要に応じて伸び縮みします。

しかし、食塩(ナトリウム)の摂り過ぎとカルシウム不足は、どちらも細胞内のカルシウムを増やして、平滑筋を収縮させ、高血圧の原因をつくることとなります。



細胞が正常に働く必須条件

細胞にはカルシウムチャンネルと同じように、マグネシウムチャンネルやナトリウムチャンネルやナトリウムチャンネルがあります。

またカルシウムポンプと同じように、マグネシウムポンプやナトリウムポンプが存在して、それぞれの細胞内外の比率を維持しています。

しかしカルシウムに比べて、マグネシウムやナトリウムの細胞内外の比率は、せいぜい数十倍といわれています。

カルシウムだけが1対1万のごく微量なバランスを要求されるのは、すべての細胞が正常に機能するために、カルシウムのはたらきが必要不可欠になっているからです。

カルシウムの話 VOL.7

これまでの話で、体内での厳格なカルシウム比率は、細胞が正常に活動するための必須条件だったことがわかりました。

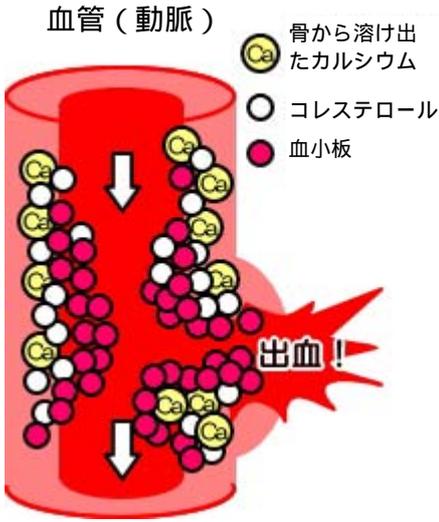
それでは、具体的にカルシウムが、どのようなはたらきをしているのか、調べてみましょう。

カルシウムと血管

血管は柔軟な収縮性を備えているため、本来カルシウムを多く含んではいません。しかし、慢性カルシウム不足により、副甲状腺ホルモンがはたらいて骨から溶け出したカルシウムが、年齢とともに徐々に沈着していきます。

やがて、血管はその弾力性を失い、次にコレステロールを呼び込み、血小板が集まってきます。

その結果、血管の内皮が増殖して、血管の内側が狭くなり、血液が通りにくくなります。これが高血圧や動脈硬化の原因で、心筋梗塞や脳軟化症も、この動脈硬化が大きな原因となります。

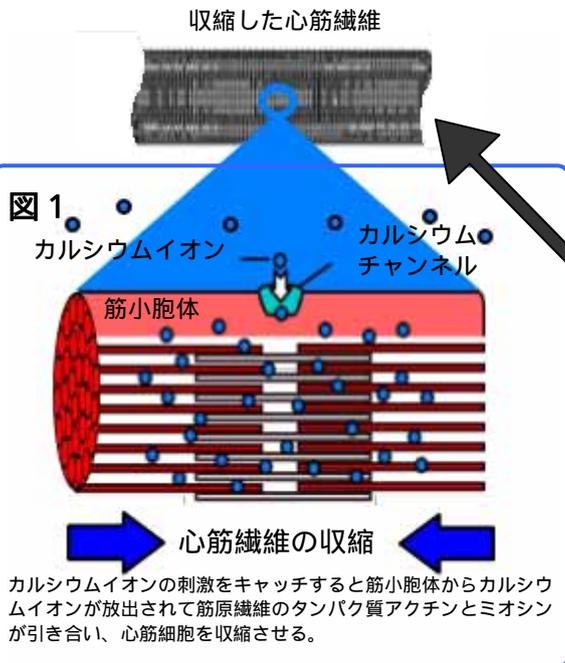
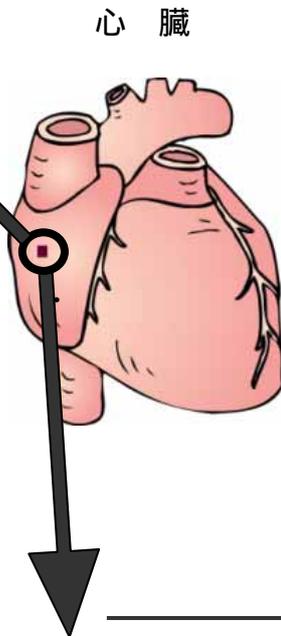


カルシウムと心臓 筋肉

心臓の筋肉が動くのもカルシウムの働きです。

心筋細胞は繰り返し自分で動く、特別な細胞です。まず心筋繊維の表面にあるカルシウムチャンネル（チャネル）からカルシウム（イオン）が入ります。（図1）

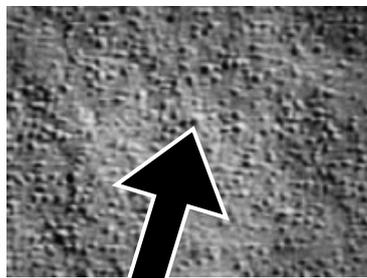
次に、筋小胞体に蓄えられていたカルシウムが筋繊維の中に入り筋肉の収縮が起きるのです。カルシウムはまた筋小胞体にかえり、筋肉は弛緩状態に戻ります。（図2）



心筋の収縮と弛緩はカルシウム濃度の強弱によって精密に繰り返されています。

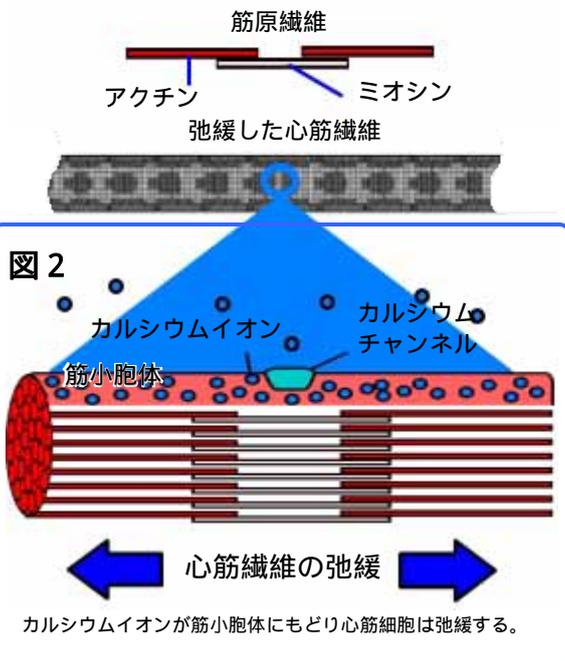
もしこのバランスが崩れたら心臓は正常に動くことができなくなります。それが心臓機能の低下をまねき、急性心不全や慢性心不全の原因になります。

人体各部の筋肉や血管の平滑筋もその収縮と弛緩はカルシウムによって、おこなわれているのです。



写真上)心筋繊維の表面。(拡大した表面の一部がカルシウムチャンネル)

拡大した実際のカルシウムチャンネル



カルシウムの話 VOL 8

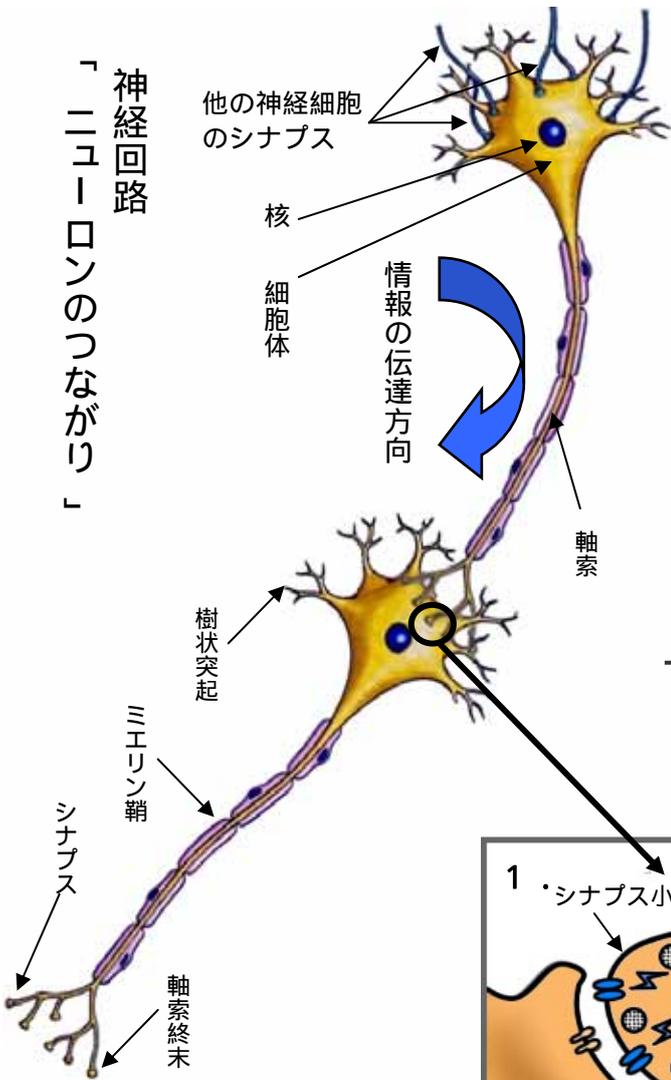
カルシウムと脳の情報伝達

カルシウムは脳の情報伝達に欠かすことのできない役割を担っています。

脳の神経細胞（ニューロン）は相互にシナプスと呼ばれる部分を通じて情報を伝達しています。

シナプスと神経回路を結んでいる別のシナプスとは10万分の1〜2ミリの隙間が開いています。

シナプス同士が情報を伝達する時には、軸索に電気信号が伝わり、軸索終末に到着するとそれが引き金となってシナプス小頭の中にカルシウムが流入します。そうすると細胞膜に接したシナプス小胞が口を開き、神経伝達物質が放出されます。

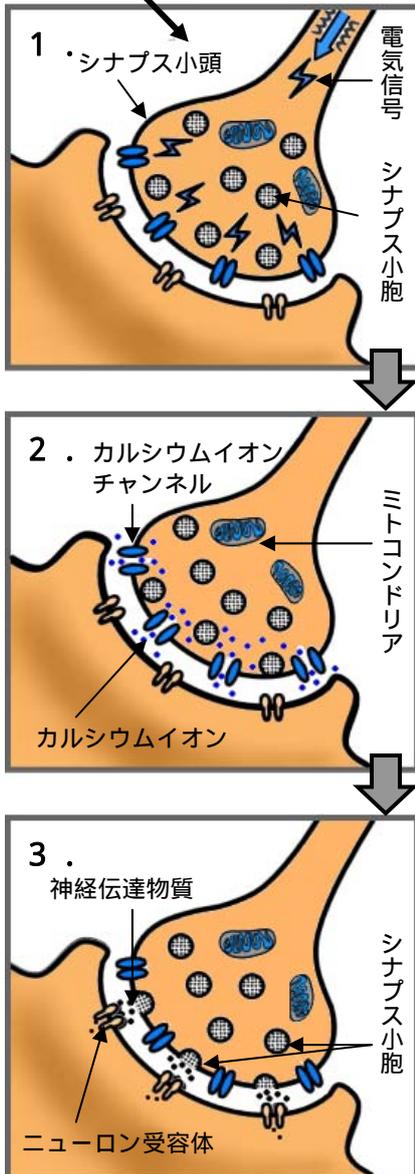


「ニューロンのつながり」
神経回路

放出された物質はすばやく隙間を横切り情報を受け取る側のニューロンの受容体（レセプター）と結合して、はじめて情報伝達が成立します。

神経細胞はシナプス結合を通して、ほかの神経細胞に情報を伝達し、複雑な神経回路を形成しています。

この回路網のつながりは一定であるものと可塑的な（持続的に変化する機能を有する）ものがあり、情報伝達が繰り返されるほど、その結合強度は強くなります。



神経伝達物質の放出

1. 前シナプス細胞の軸索を電気信号が伝わり、末端の膨らみシナプス小頭に到達する。

2. 電気信号によりシナプス小頭の膜上にあるカルシウムイオンチャンネルが開くとカルシウムイオンがシナプス内に流入し、近くのシナプス小胞が細胞膜に接する。

3. 細胞膜に接したシナプス小胞から神経伝達物質が細胞外に放出される。神経伝達物質はシナプス間隙を拡散し、後シナプス細胞の細胞膜上に分布するニューロン受容体に結合する。

記憶は、記憶（ものを覚えること）、保持（覚えておくこと）、再生・想起（思いだすこと）ですが、それ以外にも、五感（視覚、聴覚、臭覚、味覚、触覚）や圧覚、痛覚、運動覚にもそれぞれ記憶機構があり、神経回路がつけられていきます。

そのほかにも、カルシウムは脳の細胞の分化・発育・増殖に必須の物質で、神経細胞の成長、シナプスやミエリンの新生・形成・増強、シナプス受容体細胞膜での情報を伝える酵素の活性化を促進するなど、脳の活動にはなくてはならない大切なはたらきをしています。