

# カルシウムの話 VOL 9

## 脳の発達 維持とカルシウム

脳の発達は、お母さんの体内から始まります。母体から胎盤をとおして運ばれたカルシウムは、この脳細胞の形成、分化、発育に重要な役割を果たします。

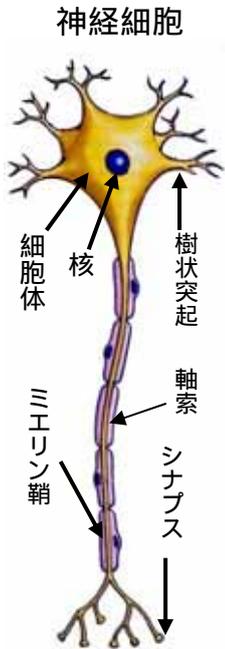
脳の発達は、胎児期、乳児期では体重の増加に左右され、また全身カルシウム量と密接に関わっていることがわかっています。

神経細胞は、細胞体(さいぼうたい)、軸索(じくさく)樹状突起(じゅじょうとつき)からなり、出生時の脳は神経細胞体がほとんどですが、1年後には大脳容積の95%は樹状突起になります。

生後2〜3年で、大脳皮質の形成が急速にすすみ、この成長は5〜6歳で完了します。

その後、細胞数は60〜70歳まで大きな変化はありませんが、シナプス結合の増強と記憶神経回路は、生涯をとおして学習効果により維持されます。(脳のトレーニングをしましょう。)

脳の重量は、思春期後(男性1400g、女性1350g)となりますが、あとは減少していく



だけです。(その量は多い人で1日15万個、少ない人でも7万5000個といわれています。減った細胞が再生することはありません。)

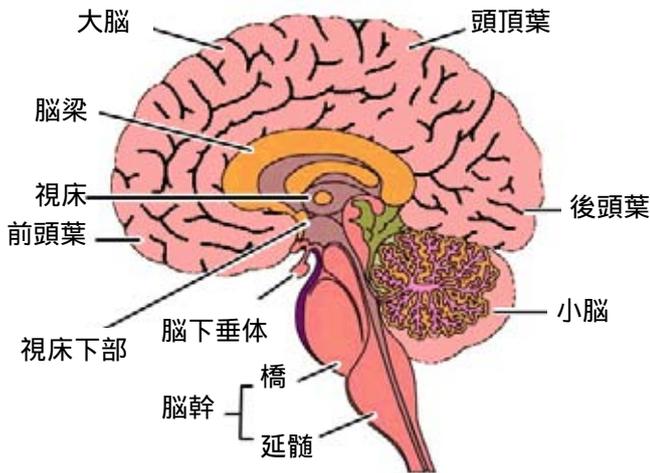
中年期を過ぎると容積で年間2ミリリットルずつ減少し、90歳くらいでは重量で15%くらい減少します。

脳の部位によっても違いますが、神経細胞数が30〜50%減少すると痴呆の状態となります。

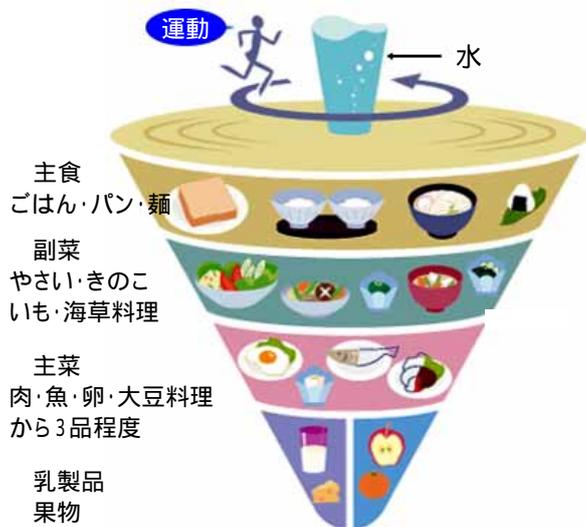
とくに記憶の中枢と考えられている海馬、扁桃体、側頭葉、前頭葉で神経細胞の減少、樹状突起の衰退があらかなのがアルツハイマー病です。

最近、脳の老化、アルツハイマー病の発症のきっかけとして、ストレスからくるカルシウム調節機構の破綻説が注目されています。

脳各部の名称



食事のバランスをコマでチェック



日本人には、ご飯などの主食が最も多め、次に野菜、魚や肉などおかずは少しという比率が、最も推奨される栄養バランスです。

【厚生労働省資料から】

カルシウム調節機構の破綻説とは、ストレスにより副腎皮質ホルモンの過剰分泌状態がつづき、脳内神経細胞のカルシウムイオン濃度を感受する受容体(カルシウムセンサー)に異常がおきるのです。

正常な細胞内外のカルシウムイオン濃度比率は1対1万です。神経細胞膜のカルシウムセンサーが細胞外カルシウム濃度を感知し、その情報を細胞内に伝え、正常な比率を維持しています。

しかし、年をかさねるとともに、脳内神経細胞は副腎皮質ホルモンの作用で、細胞外カルシウムの細胞内への流入が増加して、神経細胞の変性や死を招きます。とくに海馬に存在する神経細胞は、この変化を受けやすいといわれています。

脳の老化防止にはカルシウムをふくめた栄養のバランス、心身の鍛錬、ストレスの解消が必要なのです。

カルシウムと免疫

細菌やウイルスなどの異物が侵入してくると、免疫細胞が活動を始めます。

たとえば、マクロファージは外敵の侵入を見つけると捕まえてリンパ球に通報します。このマクロファージが動けるのもカルシウムのおかげです。

マクロファージから連絡を受けたTリンパ球は抗体というものをつくって、細菌に対抗します。この免疫システムに関わるマクロファージやリンパ球、形質細胞などの免疫細胞は密接なチームワークで共同作業をします。

その活動に欠かせないのがカルシウムで、その情報の伝達も体内での移動もカルシウムイオンのはたらきでおこなわれています。

免疫機能のチームワーク



カルシウムとアレルギー

カルシウムが不足すると、副甲状腺ホルモンのはたらきで、骨から溶け出した余分なカルシウムを免疫細胞内に入り込ませます。

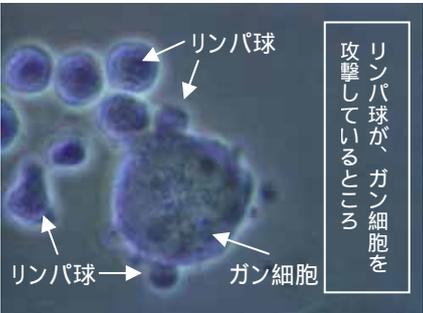
その結果、情報伝達のために新しくカルシウムが入ってきてても反応が鈍くなり、免疫システムが働かなかつたり、混乱が起きたりするので。

免疫システムの混乱で余分な反応がおきてしまうのがアレルギーです。アレルギーは人の体を守るための防御反応が過剰に働いた結果です。

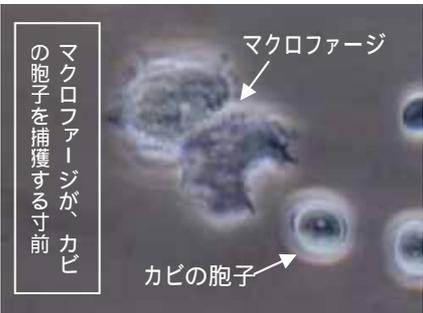
カルシウム不足から免疫細胞に余分なカルシウムが入っていると、敵が侵入してきてもうまく信号を受け取れず、誤った情報が流れたりして混乱を招きます。

その代表的なものが喘息やアトピー性皮膚炎などのアレルギー症状です。

またリウマチなどの膠原病も、せつかくの免疫システムが正しく機能しないことが大きな要因になっているといえます。



リンパ球が、ガン細胞を攻撃しているところ



マクロファージが、カビの胞子を捕獲する寸前

免疫の仕組みは非常に複雑で、カルシウムの働きだけで簡単に説明することはできませんが、最近、活性型ビタミンDにも免疫の仕組みを調節する作用のあることがわかってきました。

活性型ビタミンDは、カルシウムの吸収を良くする作用の他に、免疫細胞のカルシウムの分布や濃度差を維持し、免疫細胞が形をかえたり連絡を取りあつたりする働きにも直接影響を与えているというのです。

十分なカルシウムと活性型ビタミンDを摂取することは、免疫異常のさまざまな症状の予防に役に立つと考えられます。

本来免疫は、体にとって有害なものに対して、はたらくものですが、そば・卵・花粉・ハウスダストなど、普通の人には有害でないものにも、免疫反応をおこしてしまう人がいます。

これらのアレルギー体質の人は、ある物質（アレルゲン）が体内へ入ってくると、Tリンパ球にその情報が伝えられますが、このときサイトカインという物質が体中を飛び交います。

サイトカインはリンパ球や骨芽細胞（骨をつくる細胞）から分泌される物質で、色々な種類があり、その役割も異なっていますが、有名なのはインターロイキン（IL）・1、IL・5、IL・6、腫瘍壊死因子（TNFα）などです。

アレルギー体質の人は、インターロイキン・5というサイトカインが普通の人よりたくさん出て、しかも情報の伝わり方が少し混乱しているということがわかっています。

サイトカインとは、細胞を意味する「サイト」と、働く因子「カイン」を合わせた言葉です。

（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。

## カルシウムと受精

新しい生命の誕生は、一個の卵子と精子の出会いから始まります。

男性の体内では動くことのない精子は、女性の器官内に入ると動くようになります。

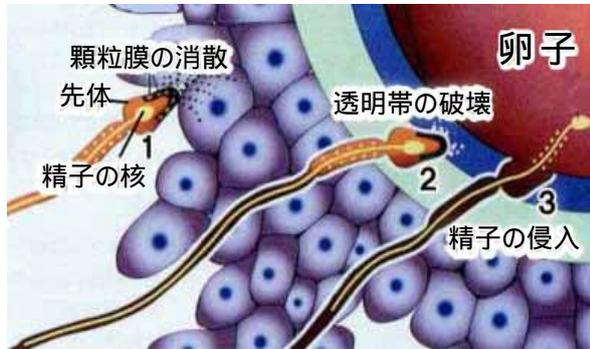
そのスピードは1分間に2〜3ミリメートル、決して速くはありませんが、卵管に向かって移動していきます。

はじめ数千から数億個あった精子の中で、受精の場である卵管膨大部に達することが出来るのはわずかに数百個程度にすぎません。

卵子にたどり着いた精子たちは、透明な膜（透明帯）やそれを包み込む顆粒状の膜（放線冠）をアクロシンやヒアルコニダーゼという酵素をふきかけて徐々に溶かしていきます。

やがてひとつの精子が突入すると（左写真・青い矢印）その場所からカルシウムの波が卵子内で起こり、急激に遊離カルシウム濃度が上がり、受精卵の分裂が始まります。カルシウムの信号によって卵子は細胞分裂を始めるだけでなく、卵細胞

卵子の受精の瞬間  
連続写真



左 / 写真  
受精の瞬間の連続写真。矢印から精子が入った瞬間、白いカルシウムの波が左下へ向かって、広がっていくのがわかります。  
上 / イラスト  
精子は卵子を包む顆粒状の膜をヒアルコニダーゼ酵素で除き、透明膜をアクロシン、エステラーゼ、ニューラミニダーゼなどで溶かします。

の表層から分泌をおこして、他の精子を中に入れないように変化します。

受精時の精子の最も重要な役割は遺伝子を送ることはもちろんですが、卵子にカルシウムを送り届けることだったのです。

夫婦のどちらかでもカルシウムが足りない精子や卵子の働きが鈍くなり、不妊症の原因になることが指摘されています。

また、健康で知的にも優秀な子供をつくるためにも十分なカルシウム摂取が必要です。



## カルシウムと鞭毛運動

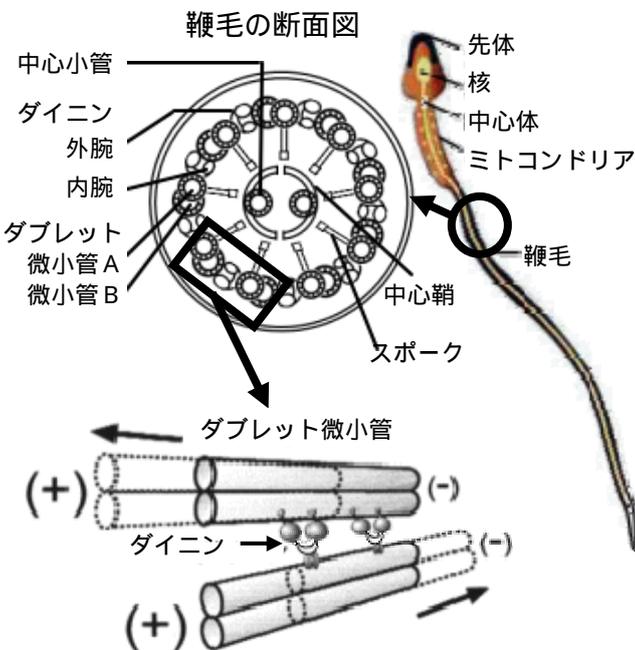
へんもううんどう

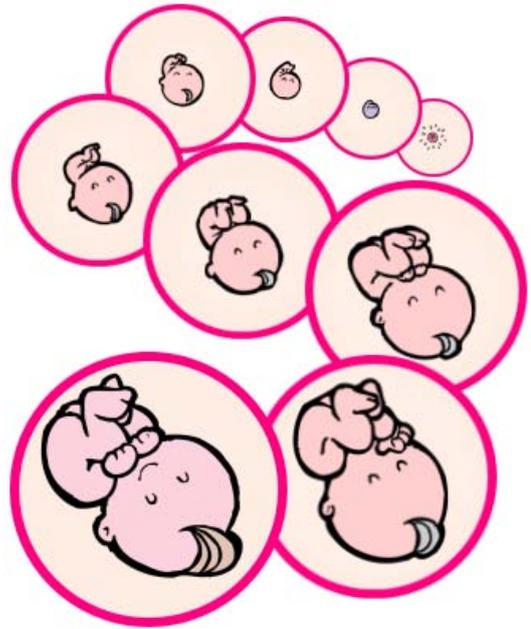
おたまじゃくしのような精子がなぜひとり動くのか不思議に思いますが、ここでもカルシウムが活躍しています。

白血球などの細胞のアメーバ状運動は細胞内骨格のはたらきでおこなわれています。

カルシウムが細胞内骨格タンパク質のある場所にくっつくタンパク質分子の長さが減少して縮み、離れるとまた元に戻ります。

精子では、鞭毛の中にある2本1組の微小管(ダブル管)にダイニンと呼ばれるタンパク質が並び、ATPのはたらきによって隣接する微小管を滑走させて鞭毛運動をひきおこします。そして、そのすべりはカルシウムによって抑制され、みごとに調節されているのです。





カルシウムと細胞接着

人間って不思議だなあ と誰もが考えたことがあると思います。

ひとつの卵子と精子から始まった細胞分裂がやがて内臓・脳・神経・血管・骨・筋肉・皮膚とそれぞれが正確に形成されていきます。

たとえば、肝臓の細胞は同種の細胞同士がつながって肝臓ができます。他の臓器も同じです。

実は、ここでもカルシウムが大切な役割を果たしているのです。

細胞はバラバラに存在しているのではなく、同種の細胞同士または特定の異種細胞同士が細胞接着分子を介して接着しています。

この細胞接着分子の中にはカルシウムのはたらきが不可欠なものがあり、「カルシウムがあると働く接着分子」の意味からカドヘリンと呼ばれています。



細胞接着分子 カドヘリン

カドヘリンは120種類以上あるといわれていますが、細胞膜から突起した蛋白質で、隣り合う細胞の同種のカドヘリンと接着して組織を形成しています。

細胞接着分子にはカドヘリン以外にもいろいろあり、それぞれ固有の接着システムを持っていますが、中でもカドヘリンの役割は非常に重要でカドヘリンの働きが阻害されると細胞接着全体がおかしくなってしまう。

脊椎動物の体をつくっている細胞は、200種類以上あるといわれていますが、それぞれのカド

ヘリンが正しく機能して秩序ある配列がおこなわれます。



カドヘリンと細胞分裂

卵が受精して細胞分裂が始まると、やがて袋状になり外側の一部がくびれ込んで管をつくりまします。これが中枢神経(A)の始まりで、くびれ込まずに外側に残った細胞群は将来、皮膚(B)を構成します。【左図参照】

このときAとBの細胞群はそれぞれ違うカドヘリンを合成しているので、種類の違う組織が正確に形成されていきます。

もし、この過程で何らかの理由によりカルシウムが不足すると正しい配列がおこなわれなくなり形態異常が発生します。

生命誕生の瞬間(前回カルシウムと受精参照)と胎児を形成する細胞分裂の過程でカルシウムは必要不可欠な大切なはたらきをしています。

皮膚細胞のカドヘリン接着(イメージ)

