

骨の再生と健康・若さ

東京工業大学 名誉教授

田中 順三

◆経歴◆

昭和59年 フランスENSCI客員研究員
平成12年 物質・材料研究機構 生体材料
研究センター長
平成14年 北海道大学 教授(併任)
平成18年 東京工業大学 教授
平成27年 東京工業大学 名誉教授

1. 骨の再生医療のはじまり

私たちは、時には転んで大腿骨やろっ骨を折ったりします。しかし、折れた骨はやがてつながり、再び動かすことができます。なぜなら、人の骨には「再生能力」が備わっているからです。

1995年頃、骨の再生医療の研究が始まりました。失われた「骨を再生する」人工骨の開発です。骨は、ケガや病気で5mm以上失われると自力での再生が難しくなります。そのため、骨の再生を助ける人工骨が必要です。本稿では、骨の再生とはどういうことか、また骨がどうやって全身の若さを保つのかについて紹介します。

2. どうやって骨は再生されるか？

「骨の再生」には、2つの細胞が関係しています。「破骨細胞」と「骨芽細胞」です。破骨細胞は大きな細胞で、一つ一つが独立して古くなった骨を壊します。この働きを「骨吸収」といいます。一方、骨芽細胞は小さな細胞です。骨芽細胞は、たくさんの細胞が集まり協力して骨を作ります。それが「骨形成」です。この骨吸収と骨形成は、私たちの体の中で休みなく起きていて、骨はいつも作り変えられています。このことを「骨のリモデリング」といいます。

したがって、大きく失われた骨を再生するためには、破骨細胞と骨芽細胞を元気にするような人工骨が必要です。

骨は「アパタイト」と「コラーゲン」という2つの素材からできています¹⁾。

骨を顕微鏡で拡大してみると、硬いアパタイトと柔らかいコラーゲンが規則正しく並んでいま

す。色々調べてみると、アパタイトとコラーゲンは、ある条件にすると勝手に規則正しく並ぶことがわかりました。この性質が「自己組織化」です。自己組織化を使うと、本当の骨によく似た人工骨を作ることができます。そうして作られたのが写真1の「リフィット」です。リフィットは弾力性が高く、強く押さえても力を抜くと元の形に戻ります。



写真1 新しい人工骨「リフィット」

この人工骨の臨床治験が、東京医科歯科大学などの6医療機関で行われました。写真2は、リフィットで骨腫瘍になった左ひざのお皿を治療した結果です。写真の(a)は、手術前の病気の骨です。左半分の暗い部分が腫瘍になっています。その腫瘍をとり除き、そこに人工骨を移植する手術を行いました。写真(b)は手術をして12週間後の結果です。(a)で暗く見えていた左半分が白くなりました。しかも、もともと正常だった右側の骨とつながっています。これで骨が再生されたことがわかりました。

移植した人工骨の中では、アパタイトとコラー

1) アパタイトはリン酸カルシウムという硬い無機物です。一方、コラーゲンはタンパク質の一種で柔らかい有機物です。コラーゲンは繊維のように細長い形をしています。

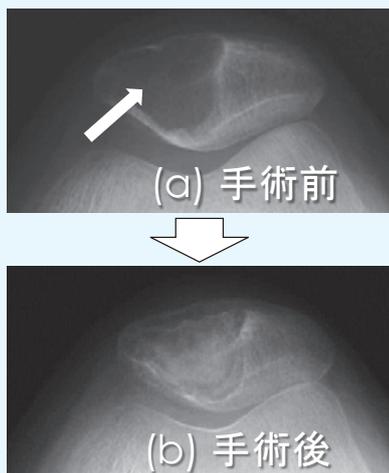


写真2
良性骨腫瘍になった左膝蓋骨(=ひざのお皿)を上から見たレントゲン写真。

(a) 手術前：矢印の暗い部分が腫瘍です。

(b) 手術後12週：左半分が白くなり、骨が再生しました。

ゲンが規則正しく並んでいます。しかし、正常な骨から見ると、人工骨は“壊れた骨”と同じように見えます。そのため人工骨(=壊れた骨)が移植されると、その周りに破骨細胞が集まって人工骨を壊します。その次に骨芽細胞がやってきて、壊されたすき間に骨を作り直します。

近年、リフィットの販売が始まりました。骨を再生する働きがあるため、急速に普及が進んでいます。

3. 骨を丈夫にしよう！

ここまで“骨芽細胞が骨を作る”ことを紹介しました。しかし、骨芽細胞の役割はそれで終わったわけではありません。骨芽細胞は自分が作った骨の中に残って「骨細胞」に変身します。そしてたくさんの骨細胞が互いに長い手²⁾をつないで、骨の中に情報のネットワークを作ります。

散歩や運動をすると骨に衝撃がかかります。すると、骨細胞は信号を出してネットワークに伝えます。その信号を受けて破骨細胞と骨芽細胞が動き出し、骨のリモデリングが起きます。リモデリングが起きますと、骨の量と密度が増えて、骨粗しょう症になりにくくなります。これが散歩や運動が大切な理由です。

体の中で骨ができるためには、2つの栄養素が必要です。カルシウムとコラーゲンです。ここで強調したいことは、この2つの栄養素とビタミンとの組み合わせです。つまり、図1のようなカルシウムとビタミンD*、およびコラーゲンとビタミンCの組み合わせです。それぞれがペアになっ

ているため、それらを含む食べ物を一緒にとることが効果的です。

ビタミンDの右上に小さな*印がついています。これはビタミンDが“活性”であることを表しています。ビタミンDを含む“いわし”や“さけ”を食べてお日さまに当たると、皮ふで活性ビタミンD*が作られます。つまり、骨を丈夫にするためには色々食べて、日に当たって歩くことが大切です。

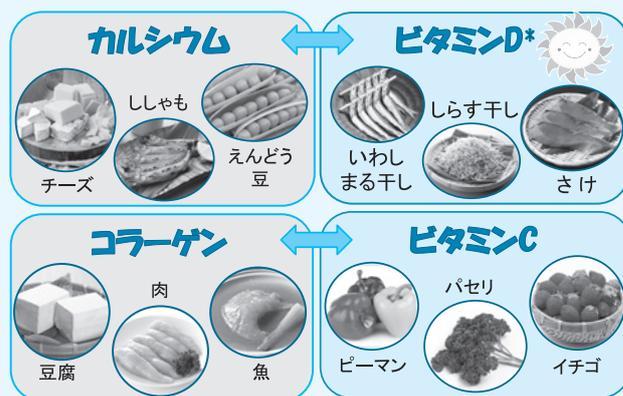


図1 骨になる食べ物

4. 元気な骨は若さのもと

宇宙に行くと骨が弱くなります。宇宙には重力が無いので骨に衝撃が伝わらないからです。一方、大腿骨などを骨折して寝たきりになると老化が進むといわれています。寝たきりになると骨に衝撃がかからないからです。

骨は若さを司る番人です。骨に衝撃がかかると骨芽細胞が元気になり「オステオカルシン³⁾」というメッセージ物質を出します。オステオカルシンはあまり大きくないタンパク質です。からだ全体に広がって色々な細胞を元気にします。例えば、脳(とくに海馬)に行くと神経細胞を元気にして、記憶力がアップします。筋肉では筋力を高めます。さらに男性ホルモンの濃度をあげて精子をつくる働きが高まるといわれています。

骨は美容にも関わっています。顔の皮ふは骨に支えられています。そのため顔の骨の量が減ると目じりにしわができやすくなるほか、頬にたるみができたりもします。皮ふは、骨と同じコラーゲン(I型コラーゲン)からできています。

若さを保つため、お日さまのもとで積極的に散歩や運動をして、骨を元気にしましょう！

2) 長い手のことを細胞突起といいます。1つの骨細胞からたくさん突起が出ています。

3) オステオカルシンの「オステオ」は“骨の”という意味です。骨芽細胞がオステオカルシンを出すためには“ビタミンK”が必要です。納豆・パセリなどに含まれていますが、腸内細菌がビタミンKをつくるため、あまり不足することはありません。