

じっきょう 家庭科資料

(通巻 46号)

みんなで家庭科を

No. **31**

巻頭

脂質のはたらき

脂質のはたらき

神戸大学農学部教授 金沢 和樹

はじめに

食事から摂った脂質は、体内では、グリセリンと脂肪酸として別々に利用されます。グリセリンは糖質からもつくられますので必須ではありませんが、脂肪酸は重要なはたらきを持っていて、必須のものがあります。脂肪酸のはたらきは三つあります。

- ①長期間蓄えることができるエネルギー源となる。
 - ②体のさまざまな細胞の細胞膜と細胞内小器官の膜をつくる。
 - ③体の機能を調節するエイコサノイドというホルモン（正確な名前は局所化学情報伝達物質）をつくる。
- ①は脂肪酸の種類にあまり関係はありませんが、②と③は脂肪酸がリノール酸の仲間(リノール酸型)

であるカリノレン酸の仲間(リノレン酸型)であるかによって、体のはたらきが大きく変化します。その結果、さまざまな生活習慣病の発症につながる事が明らかになっています。この①から③について、順番に述べます。

1. エネルギー源としてのはたらき

食事脂質は主にグリセリンに脂肪酸が三つ付いた中性脂質です。これは、二つの脂肪酸とグリセリンの中央に脂肪酸が一つ残っているモノグリセリドに加水分解されて体内に吸収されます(図1)。そして小腸細胞内で再び中性脂質につくりかえられてさまざまな組織に運ばれます。余談ですが、はじめからグリセリンの中央に脂肪酸がない脂質は、吸収されにくいのです。このような脂質がいくつかの動物脂肪から見つかっています。最近これを利用して、

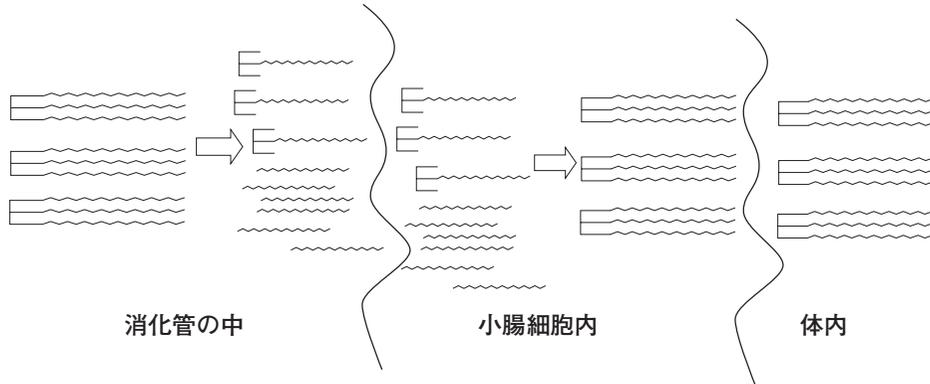


図1 脂質の消化吸収

Eは、脂質のグリセリン部分を、~~~~は、脂肪酸部分を表す。脂肪酸には様々な種類がある。そして小腸細胞内で再びグリセリンに付くが、もとのものと付いていた脂肪酸が同じグリセリンに付くのではなく、無差別に再合成される。

肥満予防脂質として売り出されています。

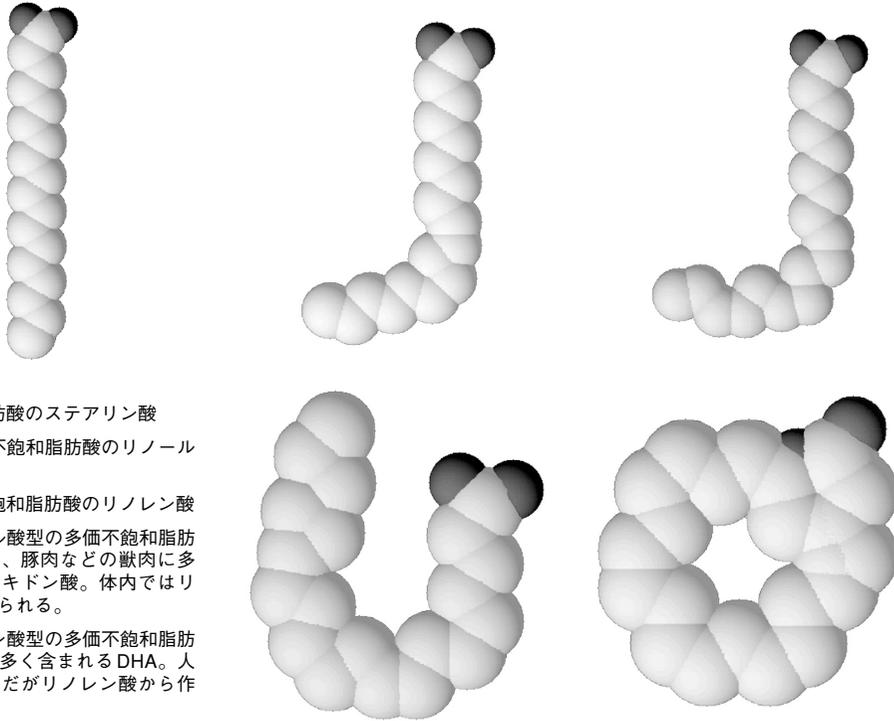
体内の組織に運ばれた脂質は、グリセリンと三つの脂肪酸に加水分解されて利用されます。食品には炭水化物やたんぱく質も含まれていますので、通常の食事をしたときは、炭水化物の糖質がエネルギー源として利用され、脂肪酸のほとんどは再びグリセリンにつけられて中性脂質として貯えられます。そして、エネルギー源とできる糖質がなくなったときに、はじめて脂質がエネルギー源として利用されます。食間期が長く続いたときとか、マラソンのような激しい運動を続けたときには、グリコーゲンとして貯えられていた糖質が使い果たされて、エネルギー源がなくなります。このようなときには脂質から脂肪酸が切り出され、エネルギー源として利用されます。これは「脂肪の動員」とよばれています。このように、人など動物のからだでは、食べ物が無くなったときのために、脂質をエネルギー源として貯えるようにプログラムされています。そして、食事脂質は長い間蓄えることのできるエネルギー源です。

2. 脂肪酸の種類とその意味

脂肪酸の種類はまず飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸に分けることができます。不飽和脂肪酸にはさらに三つの種類、オレイン酸型、リノール酸型、リノレン酸型があります。オレイン酸は人の体でもつくられますが、他の二つはつくることができず、毎日食事から摂らなければならない必須脂肪酸です。リノール酸型とリノレン酸型は、不飽和結合を二つ以上持

っているので多価不飽和脂肪酸ともよばれます。人などの動物は、不飽和結合を適切な位置につくることができませんので食事から摂るしかないのです。この不飽和結合の位置と数によって立体的な形が大きく異なります。そしてその立体的な形が、次項で述べる膜のはたらきに大きく影響します。また、それぞれからつくられるホルモンが正反対のはたらきをしますので、体の状態が大きく変わります。

立体的な形を図2に示しました。飽和脂肪酸はまっすぐの棒のような形をしています。そして棒の上の黒い部分でグリセリンに結合しています。多価不飽和脂肪酸は、この棒の二つ以上の部分に不飽和結合があるのですが、不飽和結合があると棒は折れ曲がりします。リノール酸は不飽和結合を二つ持っており、リノール酸からつくられるアラキドン酸は四つ持っています。体の中ではアラキドン酸が重要なはたらきをしますが、その立体的な形は図に示したように、器形です。もう一つの多価不飽和脂肪酸はリノレン酸型で、これは不飽和結合を三つ持っていますが、位置が違います。リノール酸とよく見比べますと、不飽和結合がより先端(図の下の方)の方についており、先がより折れ曲がっています。リノール酸やアラキドン酸は先端から六つ目の位置から不飽和結合がはじまり、リノレン酸やリノレン酸からつくられるドコサヘキサエン酸(DHA)は三つ目からはじまります。人など動物は、この先端から六つ目にも三つ目にも不飽和結合をつくることができないのです。つまりリノール酸を食べても体の中でリノレン酸やDHAに換えることができず、リノレ



〈右上〉飽和脂肪酸のステアリン酸
 〈中央上〉多価不飽和脂肪酸のリノール酸
 〈左上〉多価不飽和脂肪酸のリノレン酸
 〈左下〉リノール酸型の多価不飽和脂肪酸の一つ、牛肉、豚肉などの獣肉に多く含まれるアラキドン酸。体内ではリノール酸から作られる。
 〈右下〉リノレン酸型の多価不飽和脂肪酸の一つ、魚に多く含まれるDHA。人の体ではわずかだがリノレン酸から作られる。

図2 脂肪酸の立体的形

ン酸を食べてもアラキドン酸に換えることもできません。いずれも食事から摂らなければならないのです。また、リノレン酸型で重要な役割をするのはDHAやエイコサペンタエン酸（EPA）です。これらはリノレン酸からつくられますが、人の体がつくる能力は低く、食事から摂るべきだと言われています。そしてDHAとEPAは先端に一つ不飽和結合が多い分だけ、器形のアラキドン酸にくらべるとより折れ曲がり、だんごのような形をしています。器とだんごの立体的形の違いが、人の体の機能を大きく左右します。

さらにもう一つ大きく異なる点があります。融点、つまり固体から液体になる温度です。豚の脂ラードはおたまじゃくしで削り取ってフライパンに移しますが、熱をかけると溶けた油になります。豚など陸上動物の脂質は飽和脂肪酸を多く含んでおり、飽和脂肪酸の融点は40℃以上だからです。一方、陸上よりも温度が低い水の中で生活する魚の油は、室温では液体です。魚の脂質は不飽和脂肪酸、とくにリノレン酸型の多価不飽和脂肪酸を多く含んでいるからです。DHAの融点は-45℃です。また、てんぷら油も液体ですが、植物油のオレイン酸や多価不飽

和脂肪酸のリノール酸を多く含んでいます。オレイン酸の融点は4℃で、リノール酸の融点は-12℃です。これらの脂肪酸が次項で述べるように人の体の細胞の膜をつくるのですが、人の体温は37℃ですから、飽和脂肪酸で膜をつくるか、不飽和脂肪酸でつくるかによって、体のはたらきは大きく変わります。

余談ですが、多価不飽和脂肪酸の不飽和結合は三つおきについています。ところが、牛などの動物の腸内にはこれを二つおきに変える腸内細菌があります。そして牛肉にもわずかですが含まれています。この不飽和結合が二つおきの脂肪酸を共役脂肪酸とか、共役リノール酸とよんでいます。これは癌を治す効果があると言われており、健康食品として売られています。しかし、必ずしもその効果が人で証明されているわけではありません。

3. 細胞をつくる膜としてのはたらき

脂肪酸は、体を構成している60兆個あまりの細胞の膜と、細胞内のミトコンドリアなどの小器官の膜をつくるのに使われます。体のはたらきは酵素が行っていますが、ほとんどの酵素は膜の中や膜の近

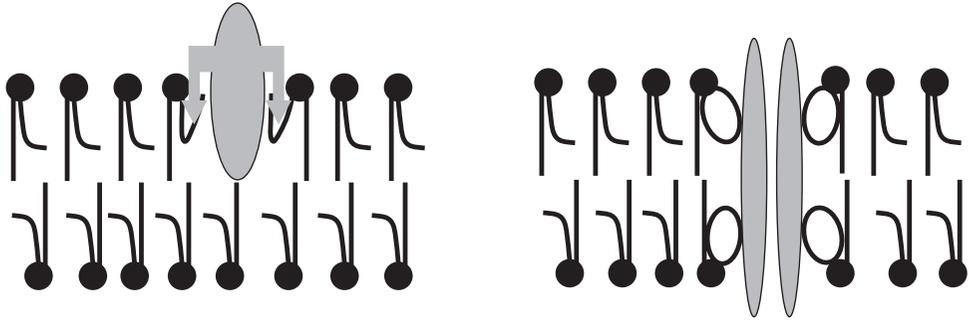


図3 細胞膜の模式図

左：アラキドン酸がミトコンドリア膜をつくったときの想像図。エネルギーをつくる酵素を支えている。
 右：DHAが神経細胞の膜をつくったときの想像図。神経伝達に関わるタンパク質を挟み込んでいる

くに存在して、膜のたすけをかりてはたらいています。また膜は、体のさまざまな成分を細胞内や小器官の中に取り込んだり、代謝した後に放出したりする物質輸送の場です。そして、膜には食べた脂肪酸がそのまま使われます。どのような種類の脂肪酸を含む脂質を食べたかによって、細胞膜の状態が大きく異なり、細胞のはたらきが大きく左右されます。

図3に細胞膜とミトコンドリア膜の模式図を示しました。膜はりん脂質でつくられています。りん脂質とは、グリセリンの一方の端にりん酸がつき、もう一方の端に飽和脂肪酸かオレイン酸がついたものです。そして中央には多価不飽和脂肪酸がつかます。りん酸は水とよく混ざり合うことができ、脂肪酸は全く水とは混ざりませんので、大半が水の体内では、りん酸(図の黒丸)を水側に向け、脂肪酸(直線あるいは曲線)の囲いで水の中に区画を作って、血液と細胞質を区分しているのが膜です。図3の左は細胞内小器官のミトコンドリア膜です。ミトコンドリアはエネルギーをつくる重要な器官ですが、そこではたらく酵素はアラキドン酸などのリノール酸型の脂肪酸によって膜に支えられています。もしこれが飽和脂肪酸やリノレン酸などの他の形の脂肪酸だと、酵素は膜から離れてしまい、はたらくことができません。エネルギーをつくることができませんので、その細胞は死んでしまいます。右の図は神経細胞膜です。神経細胞はナトリウムイオンとカリウムイオンを激しく入れ換えることで神経を伝達しています。このナトリウムとカリウムを入れ換えるたんぱく質を挟み込むように固定しているのが、図に示したDHAやEPAです。もしこの脂肪酸がアラキドン酸などのリノール酸型であれば、たんぱく質は固

定できず神経は伝達できません。また、神経細胞は特殊な細胞で、人が生まれたときから、減ることはあっても増えることはありません。つまり細胞分裂しない細胞ですので、十分にはたらくことができるようにするには、毎日その細胞膜をつくり変えなければなりません。そして細胞膜に使われるDHAなどの脂肪酸は人の体ではつくれませんので、毎日食事から摂らなければなりません。これらは人で一部証明されており、エネルギーを十分に供給してスタミナをつけるには獣肉からアラキドン酸を摂り、神経のはたらきを維持するには魚のEPAやDHAを食べるのが好ましいと言われてしています。

脂肪酸の種類によるもう一つの大きな違いは膜の柔らかさです。上で、室温で固体のラードと、液体の魚油や植物油の話をしました。また、りん脂質の一方の端につくのは飽和脂肪酸かオレイン酸で、中央につくのは多価不飽和脂肪酸と述べました。飽和脂肪酸ならば体温では固体で、オレイン酸ならば液体です。中央の多価不飽和脂肪酸はリノール酸型であってもリノレン酸型であっても液体ですが、融点が低い脂肪酸の方が体温では柔らかいのです。これらの脂肪酸がさまざまな組み合わせで膜をつくるのですが、その組み合わせによって膜の硬さ、つまり動きやすさが大きく異なるのは容易に想像できると思います。膜が柔らかく動きやすければ、細胞の中に入れてはならない微生物や毒物も自由に入ってきます。逆に硬ければ、入れなければならない大切な成分が入ってこなくなります。どのような組み合わせが良いのかはそれぞれの細胞が決めます。そのためには、すべての種類の脂肪酸をそろえておかなければなりません。飽和脂肪酸とオレイン酸は体の

中でもつくれますので、つくれない多価不飽和脂肪酸を食事で摂る必要があります。

4. 体のはたらきを調節する役割

さらに、多価不飽和脂肪酸には重要な役割があります。体の狭い範囲だけに指令を出すエイコサノイドというホルモンの材料になるのです。このホルモンは、例えば、ごく一部の血管を収縮させたり逆に拡張させたり、血を固めたり固めるのを止めたりします。そして役割を果たすと、30秒から数分で消えてしまいます。つまり体の機能を微妙に調節したり、体の傷害を治す指示を出すホルモンです。血の例で説明します。けがをすると血が出ます。体内でも血管にコレステロールがたまって血液の対流がおこったときなどは、血管が破れて内出血をおこすことがあります。もし内出血が脳ならば大変なことになります。これらの出血はすみやかに止めなければなりません。この時、血液を固めて出血を止める指令を出すのがエイコサノイドです。しかし、その指令が全身にいきわたってしまいますと、体中の血液が固まってしまいますのもっと恐ろしいことになります。ですからエイコサノイドは出血がおこったごく狭い部分の血管でつくられ、すぐに消えます。また、いつまでも固める指令が出ていると、これも怖いこととなりますので、別の種類のエイコサノイドが固めるのを止める指令を出します。

エイコサノイドは細胞膜を作っているりん脂質の多価不飽和脂肪酸からつくられます。そして材料になる脂肪酸の種類によって、正反対の指令を出すエイコサノイドになります。おおまかに言いますと、リノール酸型の脂肪酸（主にアラキドン酸）は血管の収縮や血液を固める指令を出すエイコサノイドをつくり、リノレン酸型（主にEPA）はその逆の作用をするものをつくります。他にもさまざまな役割があります。例えばアレルギーに敏感にさせるのはリノール酸型で、ストレスも誘発します。このように書くとリノール酸型は好ましくない脂肪酸のように思えますが、決してそうではありません。リノール酸型が多すぎると、血が固まりすぎて、心筋梗塞や脳血栓症などのさまざまな傷害をおこします。しかしリノレン酸型が多すぎると、けがをしたときに血が止まりにくくなりますし、内出血も止まりません。つまり、リノール酸型とリノレン酸型の適度なバランスが重要です。

5. 推奨摂取比

このように、多価不飽和脂肪酸はリノール酸型もリノレン酸型もいずれも必須です。ミトコンドリアでエネルギーをつくるにはリノール酸型が必須ですし、神経細胞にはリノレン酸型がなければなりません。体の機能を健全に保つには、リノール酸型からつくられるエイコサノイドも、リノレン酸型からつくられるものも両方とも必要です。食事から摂る多価不飽和脂肪酸が一方に偏ると、さまざまな病気、とくに循環器疾患などの生活習慣病につながります。例えばイヌイット（エスキモー）は、アザラシなどを食べていましたが、海棲動物は魚が餌ですのでその脂質の多価不飽和脂肪酸はリノレン酸型でした。そしてイヌイットには循環器疾患がなかったと報告されています。また、1950年ごろまでの日本人は魚の摂取量が多かったので、循環器疾患やストレスが少なかったと言われています。しかし、リノール酸型の摂取量が低かったので、脳溢血などが多かったとも言われています。一方、飽和脂肪酸は体の中でのコレステロールの生産を上げ、動脈硬化症になりやすくすると言われております。したがって、食事からそれぞれの脂肪酸をどのような比率で摂るかが重要になります。そこで、厚生労働省は「第六次改定日本人の栄養所要量」の中で、リノール酸型とリノレン酸型の摂取比を4：1ほどと推奨しています。さらに、飽和脂肪酸：オレイン酸：多価不飽和脂肪酸の比率を、おおむね3：4：3と推奨しています。

高等学校家庭科教科書に、食品に含まれる脂肪酸の種類をまとめました（注1）。食事脂質は主に肉からきますが、一般に、陸上動物の多価不飽和脂肪酸はリノール酸型であり、魚はリノレン酸型です。そして獣肉には飽和脂肪酸が極めて多く含まれています。これらを総合して考えると、「食生活をみなおそう」の項で述べましたように、獣肉と魚介類をほぼ均等にとるのが適切と思えます。

注1 実教出版発行文部科学省検定済教科書
004家庭総合21 p.95表8
013家庭基礎21 p.80表4