

アミノ酸の機能

—アミノ酸サプリメントに対する 理解を深めるために—

協和発酵工業株式会社 筑波研究所 神谷 俊一

はじめに

健康食品や健康飲料は日本ではずいぶん以前から多様な種類が販売され、新しい製品が開発され続けている一方、相当数が淘汰されてきています。こうした状況の中、ここ数年の間に、際立った成長を見させている製品群があります。アミノ酸を主成分とする健康食品や健康飲料です。スーパーマーケットやコンビニエンスストアには、「アミノ」という名を含む商品名の飲料が並び、ドラッグストアのダイエットコーナーなどにはアミノ酸を含有するさまざまなパッケージの製品が棚の目立つ所に並べられています。アミノ酸のイメージを前面に出した大々的なTVコマーシャルを思い出される皆さんも多いのではないかと思います。

アミノ酸を含む健康食品や健康飲料が、なぜこれほどまでに注目され、製品が続出し、また市場に受け入れられて来たのか、それにはいくつかの理由が考えられます。以前より、「アミノ酸を豊富に含む栄養価の高い製品です」といった記載で特長を訴える製品はあったのですが、現行の「アミノ酸ブーム」を形作っている製品群はそれとは訴求点が異なります。なぜなら、現在主流となっている製品は、アミノ酸が一般的に持っている栄養素としての働きに主眼をおいているのではなく、個々のアミノ酸が示す多彩な機能に着目して開発されたものが大部分だからです。このように「アミノ酸の機能」がにわかに注目されるようになったのは、数年前に放映されたTV番組がきっかけだったとも言われます。その後もアミノ酸の機能を紹介するTV番組は頻繁に放映されていますし、健康関連雑誌でアミノ酸特集が組まれるなど、「アミノ酸」が健康イメージの代名詞にもなりつつある観さえあります。また、アミノ酸

は、いずれも私たちの身体をつくっている成分であるという「身体にやさしい素材」という印象も与えているようです。

アミノ酸が私たちの身体の中で果たしている役割や、アミノ酸が示す薬理的な作用などについての研究の歴史は古く、現在までに膨大な研究報告が蓄積しています。アミノ酸を含む健康食品や健康飲料、これらをまとめてアミノ酸サプリメントと総称するならば、アミノ酸サプリメントのアミノ酸組成は、個々のアミノ酸に関する過去の科学的な研究成果をベースとして勘案されているということが出来ます。本稿では、アミノ酸サプリメントに利用されているアミノ酸がどのような機能を有するかを解説しますが、その前に、アミノ酸とは化学物質としてみるとどのような物質であるか、また、タンパク質の形でアミノ酸を摂取した後の体内での運命すなわち代謝について理解をして頂き、その上で、平均的に見ると十分量のタンパク質を摂っている私たちが、食事以外にサプリメントとしてアミノ酸を摂取する意義を考えてみたいと思います。

1. アミノ酸と生命

アミノ酸は、クエン酸、酢酸、塩酸などの場合と異なり、単一の酸をさすのではなく、分子内にアミノ基 ($-NH_2$) とカルボキシル基 ($-COOH$) を持つ低分子物質の総称です。私たちの生命にとって特に重要なアミノ酸は20数種類です。このうち20種類のアミノ酸は、互いに結合しあうことによって巨大なタンパク質分子を形成することができます。

筋肉、皮膚、骨、血液など、身体中のいたるところにタンパク質は存在し、それぞれの組織や器官の機能を果たす上で重要な働きをしています。体内の化学反応を触媒する酵素や、ある種のホルモンもま

たタンパク質からできています。これら体内のタンパク質をすべて合わせると、体重全体の約20%にもなります。タンパク質はすべてアミノ酸からできていますから、この量はそのまま私たちが体内に保有するアミノ酸の量ということになります。体重の約半分が水であると考えれば、アミノ酸は私たちの身体をつくり上げている基本的な材料であると理解できると思います。

2. 食事とアミノ酸

子供達の成長を維持するためにタンパク質の摂取が必要なのは容易に理解できますが、成長が止まった大人でもタンパク質を摂取し続けなければならないのはなぜでしょうか？ それは、身体を構成しているタンパク質は、常に分解しながら新たに合成されていることと関係があります。タンパク質の分解で生じたアミノ酸は、タンパク質を新たに作り直すために速やかに再利用されるほか、体内を循環して各組織でタンパク質をつくる原料として利用されます。しかし、タンパク質の分解で生じたアミノ酸を、全てタンパク質の合成のために再利用することはできず、一部は代謝され、アンモニアを経て尿素となり排泄されてしまいます。このようなアミノ酸の損失を補うために、大人であっても、アミノ酸を摂取し続ける必要があるのです。

多くの場合、私たちは食事から摂取するタンパク質でアミノ酸を補給しています。食事を通して摂取すべきタンパク質量は、年齢・性別によって定められていて、成人女性では一日あたり55g、成人男性では一日あたり65～70gとされています（「第六次改定日本人の栄養所要量－食事摂取基準－」）。この所要量はアミノ酸の所要量ということができます。一方、タンパク質の総量以外に重要なのがタンパク質の「質」、すなわちアミノ酸の組成です。特に、体内で他のアミノ酸から合成されることのない9種のアミノ酸（リジン、トリプトファン、メチオニン、ヒスチジン、フェニルアラニン、ロイシン、イソロイシン、バリン、スレオニン）は、「必須アミノ酸」と呼ばれ、その不足はアミノ酸全体の利用効率の低下をもたらします。しかし、先進国の標準的な食生活では、栄養学的に定められた必須アミノ酸や総タンパク質の摂取量に対して不足する心配はまずありません。現に、日本人の男女とも広い年齢層にわたって、平均タンパク質摂取量は所要量を上

回っています。つまり、栄養所要量という基準から見れば、私たちの身体が必要とするアミノ酸は、平均的な食事をしていれば十分足りている、ということになります。

3. アミノ酸の製造技術がもたらしたもの

タンパク質を酵素などで加水分解すればアミノ酸になります。ですから、タンパク質を原料として、そのタンパク質を構成する20種類のアミノ酸の混合物をつくるのは比較的容易です。ところが、得られたアミノ酸混合物から特定のアミノ酸だけを高純度に取り出すためには、大変煩雑な工程を必要とします。これではアミノ酸を大量に安価に得ることができず、利用も制限されたものにならざるを得ません。現在のように種々のアミノ酸が食品や飼料への添加のために世界的に使われるようになったのは、発酵法と呼ばれる革新的技術が確立されたおかげです。微生物がつくり出すアミノ酸も、私たちの身体をつくっているアミノ酸も、天然型の全く同じ構造のアミノ酸です。天然型のアミノ酸は、いわゆる化学合成で安価につくるのは困難で、その代わりに微生物、つまり自然の生命の力を利用して純度の高い天然型のアミノ酸を大量にかつ安価に製造できるようになったのです。この技術は昭和31年に日本の研究者（協和発酵：木下、鶴高ら）が確立した技術で、微生物学史上の偉業といわれています。それがなぜ偉業かは、アミノ酸がその後もたらしたものが物語ります。穀類を主体とする家畜の飼料に必須アミノ酸を添加することによって家畜の生産量を高め、アミノ酸を主成分とする輸液の開発によって無数の人の命が救われました。現在でも、飼料添加物や輸液成分としてのアミノ酸の必要性は少しも衰えていません。これらの用途に加えて、最近利用が急速に広まってきたのが、アミノ酸サプリメントなのです。個別のアミノ酸を大量製造する技術は、アミノ酸を目的に応じて自由に組み合わせて利用する道を切り開いたといえます。

4. アミノ酸サプリメントを摂取する意義

「栄養所要量という基準からみれば、私たちの身体が必要とするアミノ酸は、平均的な食事をしていれば十分足りている」と記しました。それでは、あえてそれ以上にアミノ酸を摂取する意味はあるのか、という疑問を持たれるでしょう。もし体内で特

定のアミノ酸が不足する事態が発生したとしても、必須アミノ酸以外のアミノ酸であれば、不足するアミノ酸を別のアミノ酸からつくり出して補う仕組みが私たちの身体には備わっています。ですから、質の良いタンパク質をきちんと食事から摂取していれば、アミノ酸が関わっている大抵の事態には対処できるようになっていると考えられます。

しかし一方、特定のアミノ酸を積極的に摂取することにより、さまざまな有用な効果が現れることも数多く知られています。そのメカニズムはアミノ酸ごとに異なりますが、いずれにしても、一般的なタンパク質成分としてアミノ酸を補った結果、というのとは違います。例えば、グルタミンは細胞のエネルギー源として好んで利用され、また、筋肉中ではグルタミンの形のままで豊富に存在していて、体内のグルタミンの必要量が高まった際に筋肉から血中に放出されていきます。エネルギー源としてのグルタミンの消費量が増え、体内でのグルタミンの供給が不足してしまった場合には、胃潰瘍の発生や悪化、傷の治りの遅延などが起こります。このような時にグルタミンを摂取すると、これらの疾患の予防や治療に役立つことが知られています。アルギニンの場合、摂取したアルギニンの一部は、血管を広げて血流を良くし血圧を下げる作用を示す一酸化窒素に変化して作用を発揮します。オルニチンは、肝臓内でアンモニアを解毒する働きをしているアミノ酸です。米国では、アミノ酸サプリメントの主流はボディビルダー向けで、グルタミン、アルギニン、オルニチンのほか、分岐鎖アミノ酸と総称されているロイシン、イソロイシン、バリンという3種のアミノ酸を配合したアミノ酸サプリメントが、筋肉増強のために用いられています。これらのアミノ酸は、筋肉の代謝の研究から、筋肉合成促進や筋肉分解抑制などの効果が報告されているアミノ酸です。

このように、通常の食事から摂取するタンパク質の他に、特定のアミノ酸を目的に応じて摂取した場合の有効性が認められてきているのです。

以下、前述の内容と一部重複しますが、種々の病態や生命現象とアミノ酸の関連について概略を記します。

5-1. 筋タンパク質代謝・運動能とアミノ酸

筋組織は骨格や内臓を構築しているほか、生体が飢餓状態や過激な運動の際には自らのタンパク質を

分解し、エネルギー源としてアミノ酸を放出する役割も持っています。その際、筋肉から放出される最も多いアミノ酸がアラニンです。筋肉から放出されたアラニンは肝臓でブドウ糖を生成し、そのブドウ糖は各臓器に運ばれてエネルギーとして使われます。グルタミンもまた、エネルギー源として筋から放出されるアミノ酸です。

筋タンパクの分解は飢餓状態の時のエネルギー供給の上で大切な働きをしている一方、筋肉が分解してしまうのですから大きな犠牲を払っているともいえます。そのため、筋肉の分解を抑えるという狙いで、分岐鎖アミノ酸やグルタミンが輸液やサプリメントに用いられています。また、アルギニン、オルニチンが筋タンパク分解の抑制や筋肉増強作用を示すメカニズムとしては、成長ホルモンの分泌促進とポリアミン合成の促進が示唆されています。ポリアミンとは、細胞が分裂する時に必要な物質です。また、アルギニンは筋肉運動のエネルギー源として重要なクレアチニンの合成にも関わっています。その他、過激な運動などによって血液が酸性化するのを抑制するアラニンやメチオニンの効果、脂肪動員の促進によって持久力を向上させるアスパラギンの効果も報告されています。

5-2. 脳機能・神経伝達とアミノ酸

脳の活性をコントロールしている「神経伝達物質」の多くが、アミノ酸、アミン類、ペプチドといった、アミノ酸またはアミノ酸由来物質であることがわかっています。アミノ酸としては、GABA、アスパラギン酸、グルタミン酸、グリシン、タウリン、アミン類ではドーパミン、ノルアドレナリン、アドレナリン、セロトニン、メラトニン、ヒスタミン、アセチルコリンなどが知られています。

脳の神経細胞は、神経伝達物質を随時合成・分解しているため、食事による血中アミノ酸濃度の変化の影響を受けることはほとんどありません。しかし、特定のアミノ酸だけを一時的に摂取した場合には、脳機能に影響を与えるとの報告や説があります。例えば、分岐鎖アミノ酸は、脳内でつくられるセロトニンという物質の生成を抑えることによって疲労感を減弱させると考えられています。逆に、トリプトファンの摂取は脳内のセロトニン量を上昇させ、睡眠促進効果を示すとの報告があります。その他、ヒスチジンを動物に投与すると、記憶障害が予防され

たという報告や、記憶・学習に障害のあるヒトに対してグルタミンの投与が有効だったという報告があります。

また、脳内でのアンモニアの蓄積を防ぐアミノ酸として、分岐鎖アミノ酸、オルニチンが知られています。

5-3. 組織修復・免疫とアミノ酸

生体内には恒常的に細胞分裂を繰り返している細胞が多く存在します。表皮の基底細胞、腸管粘膜細胞、精原細胞、造血系幹細胞群、毛母細胞などです。これらの細胞は、グルタミン、アルギニン、オルニチンを始め、タンパク質合成や遺伝子の合成に必要な全種類のアミノ酸を利用しながら増殖・分化し、生体の機能維持という努力を果たしています。

大きな怪我をした場合や火傷を負った時、または、手術後などによる組織の損傷あるいは比較的大きな出血の後では、アミノ酸の要求量は平常時よりも大きくなります。グルタミン、アルギニン、オルニチンなど、必須アミノ酸に分類されていないアミノ酸であっても、その要求量が満たされなければ組織修復が遅れてしまいます。創傷部位でのグルタミンの消費が過大となると、グルタミン要求量の高い腸管のバリア機能が低下し、敗血症の危険度が高まります。

平常時よりも生体のアミノ酸要求量が高まるという状況は、免疫反応においても同様に考えられます。抗体産生のためにアミノ酸が消費されるだけでなく、免疫系細胞の急速な細胞分裂を十分に支えるだけのアミノ酸が補給されなければ、免疫反応の低下をきたすことになります。特に要求量が高まるアミノ酸は、グルタミン、アルギニン、オルニチン、分岐鎖アミノ酸などです。グルタミン、アルギニン、オルニチンについては感染防御との関連が報告されています。

5-4. 肝障害とアミノ酸

肝障害には種々のタイプがあり、統一的にはいえませんが、アラニン、アルギニン、アスパラギン、アスパラギン酸、分岐鎖アミノ酸、システイン、グルタミン、グリシン、メチオニン、オルニチンなどのアミノ酸が肝障害を抑制すると報告されています。また、肝障害によって低下した肝臓のエネルギー生産能の低下を補うために、肝以外の組織でエネルギーに変換される分岐鎖アミノ酸が医療に用いら

れています。

5-5. 降圧作用、解毒、脂質代謝改善とアミノ酸

アルギニンには、血圧降下作用、火傷後の炎症抑制、男性不妊改善、貧血改善、脂質代謝改善作用など、非常に多様な作用が報告されています。

解毒作用の面では、分岐鎖アミノ酸やオルニチンによるアンモニアの解毒作用が知られているほか、システイン、メチオニンには重金属等に対する解毒作用が知られています。また、システイン、メチオニンには脂質代謝改善作用、すなわち血中コレステロールを低減させる作用や、善玉コレステロールを増加させる作用が知られています。ヒスチジンには解毒作用が知られるほか、亜鉛不足による皮膚角化不全の改善作用や、薬物性の記憶障害に対する改善作用が報告されています。

6. アミノ酸サプリメントの利用とその将来

このようにアミノ酸の機能に関する知見の蓄積をみますと、個々のアミノ酸にはそれぞれ個性があり、その個性がいろいろな局面で私たちの健康増進や病気の予防などに役立つことがわかります。輸液など医療現場での利用は、そうしたアミノ酸の機能を活用した典型的な例ですが、アミノ酸サプリメントもまた、アミノ酸の機能に期待して開発された製品といえます。アミノ酸を主成分とする健康食品や健康飲料、あるいはアミノ酸系清涼飲料水とでも分類される飲料などの成分を見ると、含まれるアミノ酸の種類や量も違いますし、アミノ酸以外の成分も製品によって異なっています。医薬品や特定保健用食品とは違って効能はラベルに表記できませんので、その製品にどんな効果が期待できるのか判断が難しい場合が多いはずで。例えば薬店のダイエットコーナーに置いてあったり、商品名がダイエット効果を連想させる名称であれば、その製品がダイエット効果を消費者に期待させる製品である、ということは判断できると思いますが、その効果が実際にどの程度期待できるものなのかの判断は容易ではありません。どのアミノ酸にしても私たちの身体の中で重要な働きをし、私たちの身体が常に必要としている部品ですから、概ねアミノ酸サプリメントの摂取が身体に良いということは言うて差し支えないと思います。ただ、望む効果が実際に期待できるのかどうかは、アミノ酸に関する情報をもとに消費者自身が推

測しなければならないのが実情です。あるいは、実際に使用してみて、効果を体感できるかどうか確認する、という場合の方がむしろ多いと思います。この状況は、アミノ酸サプリメントだけでなく、他の多くの健康食品でも同じような状況と思われます。ただし、アミノ酸サプリメントの場合は、製品に含まれるアミノ酸について多くの学術的な情報が蓄積している点と、どのアミノ酸も私たちの身体の成分である点が特長といえます。

今後、メーカー側は、消費者に対して効能をサポートする科学的な情報を提供していく姿勢が求められると思います。また、多彩なアミノ酸の機能の一部しか製品の形で利用されていないのが現状ですか

ら、将来的には新しいコンセプトのアミノ酸サプリメントが開発されていくものと期待されますし、アミノ酸を組み合わせた場合の相乗的な作用や、組み合わせが生み出す新たな作用などの研究が進めば、アミノ酸サプリメントの選択肢も一層広がりを見せるようになるものと期待されます。

アミノ酸の機能に関する参考図書

神谷俊一「アミノ酸の生体機能について」

Foods & Food Ingredients of Japan, 206号,
p.33～44, 2002年

神谷俊一『アミノ酸バイブル』三水社, 2002年