

お肉を食べて元気になろう

ヘルシーパートナー

More Healthy with Meat

39

たんぱく質・脂質は「おいしい!」



生命維持の主役、
健康な暮らしを支える
栄養素

1. アミノ酸シグナルを利用した高品質食資源の開発

食事中的アミノ酸欠乏が、脂肪肝や筋肉中の脂肪蓄積を引き起こすことを逆手に取った飼料でフォアグラや霜降り肉ができました

たんぱく質不足は動物の成長・発達に大きく影響

成長期の子どもたちには、エネルギー摂取は十分なのに、たんぱく質が足りないために起こる「クワシオルコル」という栄養失調の一形態があります。筋肉の減少による著しい成長遅滞などが起こると同時に、足の浮腫、腹部膨張、肝臓の肥大が起こります(図1)。

たんぱく質不足によるアミノ酸欠乏のシグナルが、実はインスリン様ペプチドというホルモンのシグナルに変換されてこうした症状を引き起こすこと、さらに、このアミノ酸シグナル自体が直接これらの症状、特に脂肪肝を引き起こすことを、私たちは見つけました。

代謝制御性アミノ酸シグナルで鶏や豚の肉質をコントロール

食べたものが体内に取り込まれ、血液中の代謝物となり、直接あるいはホルモンなどを介して、生体の状態を制御していることは昔から知られていますが、私たちは「食餌中のアミノ酸量に応じて、脂肪が蓄積する臓器を変える仕組みが動物に共通

図1 クワシオルコル

たんぱく質を十分に摂取していない(たんぱく質栄養状態が悪い)子どもの成長は悪い

クワシオルコル (Kwashiorkor)

たんぱく質の摂取量が十分でないために起きる栄養失調の一形態

症状 足の浮腫／腹部の膨張(腹水の貯留)
 肝臓の肥大(脂肪肝)／筋肉の減少／著しい成長遅滞など

なぜ?

インスリン様シグナル

(代謝制御性)

アミノ酸シグナル

して存在するのではないか」という考えに至りました。

そこで、まずニワトリのフォアグラづくりに挑戦。ニワトリの脂肪肝は「白肝」と呼ばれ、プロイラー 2000羽のうち1羽くらいが偶然になります。非常に美味で、通常のレバーの2～4倍の価格で取引されていますが、安定供給できていません。地鶏や卵を産み終わった鶏の食餌中のたんぱく量を20%から7.5%に下げただけで、3日も経つと、90%以上の確率で白肝がつくれるようになりました。すでに、販売を開始しています。

一方、豚に、アミノ酸の一種のリジンが少ない小麦を給餌すると、筋肉に霜が降ることは、畜産農家では以前から知られていましたが、豚のリジン要求量を決定し直して、低リジン食にしたところ、豚の筋肉にやはり脂肪が溜まりました。この豚肉はすでに市販されています。

このように、資源動物の飼料中のアミノ酸量を変えることで、脂肪の蓄積をコントロールできるようになりました。こうした技術を併用することで、ヒトではいろいろな疾病が予防、治療できる可能性があります。そんな、おいしいものを食べて、しかも病気にならないような社会を「食医薬協創」により目指しています。

2. サルコペニア予防に対する栄養と運動の複合効果

1日10gのたんぱく質追加摂取と 10分間の筋トレでサルコペニアの予防が可能です

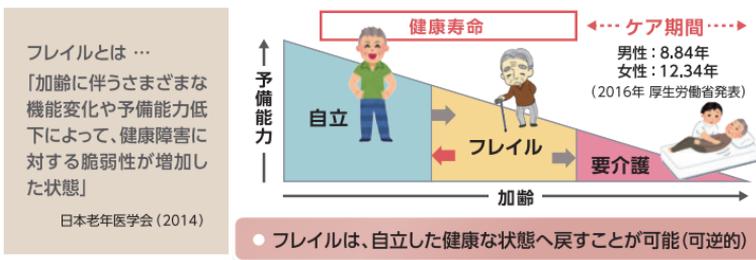
フレイルは自立した健康な状態に戻ることができます

サルコペニアは「加齢に伴う筋量・筋力の低下」と定義され、腕と足の筋量の低下、握力の低下、移動機能の低下の3つの指標で身体的な機能の低下を評価します。

フレイルは、日本老年医学会では「加齢に伴うさまざまな機能変化や予備能力低下によって健康障害、外的ストレスに対する脆弱性が増加した状態」と定義しています。単に加齢に伴う身体的な機能低下だけではなく、精神的・社会的な機能低下も含め総合的に評価をしています。従って、サルコペニアはフレイルの中の1つの表現型と考えています。

厚生労働省は、単に寿命を延ばすだけでなく、健康寿命の延

図2 フレイルとは？



Gill et al. Arch Intern Med. 2006;166:418-23

伸を目標にしています。フレイルは「自立」と「要支援・要介護」の間にある中間的な状況ですが、重要なことは、フレイルは自立した健康な状態に戻ることができることです(図2)。フレイル該当者は中年や若年層でも多く、BMIが高くても低くても、痩せても肥満でもフレイルになりやすいこともわかりました。

たんぱく質とフレイルの関係は、摂取量が少ない人ほどフレイルに該当する割合が高くなり、量反応関係が見られます。フレイルの防止には、たんぱく質の摂取量を増やすことが重要です。

高齢者のほうがたんぱく質をより多くとる必要があります

健康寿命の延伸という目標のために、サルコペニアやフレイルを予防するという視点で、厚労省が定める食事摂取基準には目標量が定められています。年を取るとたんぱく質の同化率や同化代謝が低下するため、高齢者のほうがたんぱく質をより多くとる必要があり、目標量は高めに設定しています。

若い世代では、男女を問わず実際の摂取量は少なくなっています。若い女性の痩せについては過度なダイエットが原因だったりします。

たんぱく質の摂取と筋量・筋力の増強にはどんな関係があるのか。筋肉量の評価法は千差万別で、また筋肉の減少は年齢、性別、部位によって個人差が多く出ますが、メタ解析の結果、1日10gのたんぱく質追加摂取と、10分間の筋トレが、サルコペニアやフレイルの予防・改善に資するという結論が導き出されました。

3.

脂質の量と質から見た生活習慣病戦略

脂肪酸の質を変える酵素 Elovl6は生活習慣病の病態に関与し、がんや白血病など様々な疾患の治療法の標的になる可能性

多価不飽和脂肪酸は脂肪肝になる脂肪の合成を抑制

コレステロールや脂肪酸代謝を制御する転写因子にSREBP*があります。SREBPにはSREBP-1とSREBP-2があり、従来のコレステロールを一定に保つステロール制御はSREBP-2が担い、SREBP-1cは栄養状態に応じて脂肪酸やトリグリセロールをつくるという働きに分かれていることが明らかになりました。そして、肥満、動脈硬化、糖尿病、脂肪肝などいろいろなメタボ関連病態にSREBP-1が内因性の脂質合成を介して関わっていることがわかりました。また、動脈硬化、肥満、脂肪肝、脳などにおける慢性疾患の多くは脂質の異常蓄積によるメタフラメーションといわれており、いずれ線維化し悪化するとがんになるという病態ストーリーがいろいろな慢性疾患の共通のパスウェイ(道筋)なのだろうと思います。

転写因子による脂質蓄積は、主に「量」による制御といえますが、脂質の「質」も重要です。脂質の質というと特に食肉に多い飽和脂肪酸、植物油や魚油に多い多価不飽和脂肪酸など脂肪酸の不飽和度が重要な質的指標です。多価不飽和脂肪酸

は、体内でつくる肥満や脂肪肝をSREBP-1の抑制を介して飽和脂肪酸の合成を抑えます。

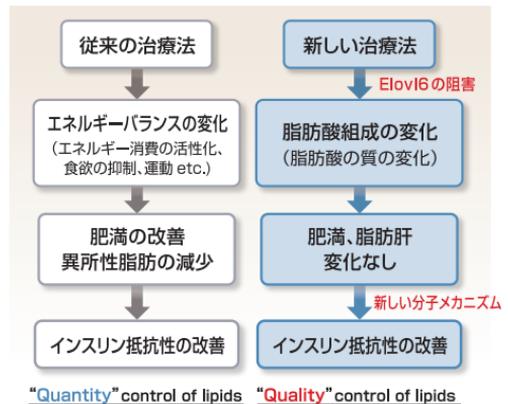
Elov16のノックアウトマウスがNASHの病態を妨げる

われわれはSREBPの標的遺伝子を探索している中で脂肪酸伸長酵素 Elov16を発見することができました。Elov16でノックアウトマウスをつくって解析してみると、Elov16の欠損は、対照の正常マウスと同じように脂は溜まって太るけれど、インスリン抵抗性にならないし、糖尿病にもならない。どうや

ら、身体の脂質の脂肪酸の「量」だけでなく「質」を変えることによって病態や機能に変化が起こることがわかりました。

最近話題のNASH（非アルコール性脂肪肝炎）の病態においても、肝臓での脂を減らす必要がありますが、溜まっている脂の質C16とC18のバランスをElov16で変えてやると、全体の脂質量は変わらなくてもNASHの病態を防げることがわかりました。またElov16はがんや白血病の治療法の標的になる可能性もあり、今後の研究が期待されています（図3）。

図3 Elov16の阻害による、肥満の改善を必要としない新しい生活習慣病治療の可能性



Matsuzaka T. et al. Nat Med 13: 1137-1138, 2007.

4. 和牛肉のおいしさを引き出すオレイン酸の役割

融点が高い一価の不飽和脂肪酸であるオレイン酸が和牛肉の品質評価の基準として重視されています

オレイン酸の含量が肉質評価の重要な基準に

最近、和牛肉の肉質評価にはオレイン酸が重要な要素であるといわれるようになってまいりました。全国和牛能力共進会が発表した MUFA (Mono Unsaturated Fatty Acid) 予測値は一価の不飽和脂肪酸、すなわちオレイン酸割合の評価指標になり、肉質を評価する上で重要な数値になってきています。

と畜現場で、一価の不飽和脂肪酸 (=オレイン酸) 割合を測定できることが重要で、そのために開発された「食肉脂質測定装置(近赤外分光高度計)」を使用します。この装置を使い、非常に簡便にオレイン酸の含量が予測できるようになりました。鳥取県、長野県、石川県、福井県では、オレイン酸割合をブランド牛の認定基準に設けています。例えば鳥取県はオレイン酸の割合が55%以上ある和牛を「鳥取和牛オレイン55」という名称でブランド化しています。神戸の但馬牛は、素牛として多くの県で使用されていますが、去勢牛と雌牛の胸最長筋内脂肪の脂肪酸組成を見ると、オレイン酸割合が非常に高く、一価不飽和脂肪酸としては去勢牛で58%、雌牛で59%を示しており、MUFAが非常に高い値を取っています。これが、但馬牛が高く

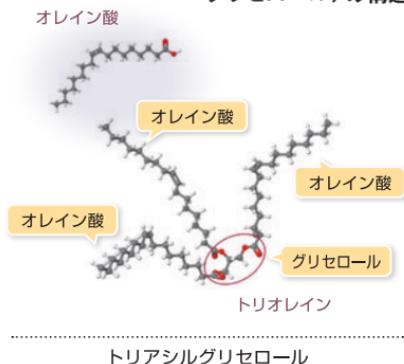
評価されている1つの理由だと思います。

肉を軟らかくジューシーに感じさせるオレイン酸

私たちが食べているお肉の脂肪はすべて中性脂肪です。グリセロールに3つの脂肪酸が結合したものが中性脂肪(トリアシルグリセロール)です。グリセロールにどの脂肪酸が結合しているかで脂肪の融点が変わってきます。トリオレインとはグリセロールに3つのオレイン酸が結合したものです(図4)。

日本の牛肉の皮下脂肪の融点は、黒毛和牛の去勢牛、雌牛ともに20℃より低いことがわかっています。このような体温で溶けるような脂肪でも、肉では脂肪細胞内に入っているの外に出てくることはありません。咀嚼することによって脂肪細胞が破れ、融点の低いものは液状の状態ですぐ舌の上を流れてきます。こういう脂肪の場合、食肉では「ジューシー」という表現を使っています。特にオレイン酸が豊富な和牛肉だと脂質温度が体温よりも低いので、食べると軟らかくジューシーに感じます。和牛肉の脂肪に融点の低いオレイン酸があることが、和牛肉をおいしく感じる理由です。

図4 中性脂肪(トリアシルグリセロール)の構造



肉料理のおいしさは 加熱のメカニズムを知ること で格段にアップします

おいしさを左右する味、香り、咀嚼音、色、食感、温度

肉料理の多くは加熱によってつくられますが、そのおいしさを左右する要因として、「味」と「香り」と「咀嚼音」、そして見た目の「色」、「食感」、「温度」があり、それぞれの特性は味なら「味覚」、香りなら「嗅覚」といったそれぞれの感覚器官で受け取られて、その情報が脳に届きます。

脳自体は「おいしさ」を判断しますが、肉料理の特性だけではなく、食べる側の人間の生理状態や心理状態、食文化や食経験などその人の背景なども含めて、総合的に「これはおいしい」とか「これはおいしくない」という判断がなされます。

さらに、喜びや悲しみ、怒りといった心理状態が、自律神経を介して消化液の分泌量に影響します。胃液があまり出なければ、食べ物が消化できません。胃が重い状態となつては、「おいしい」と思う以前の問題です。

つまり、人間が脳で行う「おいしい」、あるいは「おいしくない」という判断は、肉料理の特性だけでは決められないこととなります。

肉の「軟らかさ」や「食感」は加熱温度によって変化します

肉は加熱する温度によって「軟化度」、つまり軟らかさが変化します。加熱して温度が高くなると、生よりも軟らかくなり、60℃の手前くらいで、最も軟らかくなります。その後、硬くなり始めますが、65℃を超えるとガクンと急激に硬くなります。そして、70～80℃以降は、再び軟らかくなるのです。

こうした変化に大きく関わっているのが、肉の組織構造です。肉は、主に筋原線維たんぱく質、筋形質たんぱく質、コラーゲンと呼ばれる結合組織たんぱく質の3種のたんぱく質から構成されています。

筋原線維たんぱく質は水には溶けず、35～40℃くらいから凝固、収縮していきます。その変化が終わるのがおよそ80℃です。この間を埋めている筋形質たんぱく質はゾルの状態ですが、40℃くらいからゲル化(凝固)が始まり、60℃くらいで凝固します。この筋線維を束ねるコラーゲンという結合組織たんぱく質は、60℃くらいから熱による収縮が始まり、65℃で急激に収縮。その収縮の後、75～85℃くらいになると分解されてゼラチン化して軟らかくなります。

魔法のようなこの現象、硬い牛すじ肉やすね肉を煮込んだ時に経験された方もいらっしゃるのではないのでしょうか。

いろいろな調理法があり、加熱条件によっても多彩に変化します。熱の加え方の特徴を深く知って、肉料理をよりおいしいものにしていただけたらと思います。

6. 畜産物の価値とそれを支える生産システム

畜産は日本人の健康増進と寿命の延伸に寄与しSDGsに合致した人間と家畜の共生を目指す

肉類の摂取は高齢者のフレイルの予防に効果的

畜産物は世界の摂取エネルギーの18%、摂取たんぱく質の25%に貢献しており、ビタミンA、ビタミンB₁₂、カルシウム、鉄、亜鉛などの栄養素の重要な供給源になっています。畜産物のたんぱく質の良質さを考慮すれば、家畜がわれわれに果たしてきた貢献は計り知れません。

また肉類を多く摂取する人ほど、高齢者になった場合フレイルになりにくいという研究成果も出ています。フレイルとは「加齢により心身が老い衰えた状態」のことで、早く介入して対策を施せば元の健常な状態へ戻る可能性があります。非常に劇的でわかりやすい例が、例えば一般に欧米人と比べて肉類の摂取の少ない日本人の場合、肉類の摂取でフレイルになる確率が68%に下がるという研究結果もあります。

しかし家畜から排出される二酸化炭素がもたらす温室効果ガスの問題は無視できない事実です。家畜がいなければ確かに温室効果ガスの排出は減らせますが、家畜がもたらす堆肥もなくなり、その分、化学肥料の生産が必要になるし、家畜が原料のペットフードなどもなくなってしまいます。

畜産は「持続可能な開発目標」に多くの点で合致

世界にはさまざまな食肉の生産システムがありますが、牛肉の生産システムをいくつかの持続可能性要因をスコア化して調べた研究によると、最も優れた形態は牧畜と農業、あるいは林業を合わせたものと報告されています。具体的には森林の中に牛を放牧し暑熱の影響を防ぐことや、そこに豊富な牧草地があることです。

2015年に国連では、2030年までに持続可能な開発目標(SDGs)達成を提言し、家畜生産(特に小家畜)は17のうちの12の開発目標に関与しているとされています。例えば第1の「貧困をなくそう」については、家畜は農村部の農家では資産であり家計に重要な役割を果たしています。また、食料と栄養は第2の「飢餓をゼロに」や第3の「すべての人に健康と福祉を」に貢献しています。さらに、家畜の堆肥はバイオガスとして再生可能なエネルギーを創出し、第7の「エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」に貢献しています。家畜生産は、世界中で約13億人の雇用を生み出し、国家経済と労働力の創出に貢献しており、第8の「働きがいも経済成長も」に適応しています。

このように家畜は単なる食料の供給源にとどまらず、さまざまな用途で利用されており、家畜がわれわれに果たしてきた貢献は計り知れません。今後も人間と家畜の共生がますます重要になってくるでしょう。

Epilogue..... エピローグ

ご存じでしたか？ 飽食とされる日本で、今や飢餓状態といわれた終戦直後を下回る低栄養状態が顕著であることを。今号は、生命の維持に欠かせない「動物性たんぱく質」や「脂質」摂取の重要性について再確認します。

「食事中のアミノ酸が欠乏すると脂肪肝や脂肪蓄積を引き起こします」と高橋伸一郎先生。資源動物の飼料中のアミノ酸量を変えることで脂肪の蓄積をコントロールし、鶏のフォアグラや豚の霜降り肉の市販に漕ぎつきました。

宮地元彦先生は「たんぱく質の摂取量が少ない人ほど筋力が衰え、フレイルやサルコペニアに該当する割合が高くなっています」。1日10gのたんぱく質追加摂取と10分間の筋トレが、予防・改善に資するというメタ解析を提示。

長年、脂肪酸の研究に携わってこられた島野仁先生。その過程で脂肪酸伸長酵素 Elovl6を発見されました。「脂肪酸の量ではなく質を変えることで、肥満、動脈硬化、糖尿病などの新しい治療法の開発につながります」。

和牛肉の肉質評価に、一価の不飽和脂肪酸であるオレイン酸の割合が重視されるようになりました。「オレイン酸が豊富な和牛肉は、脂質の温度が体温より低いので、食べると軟らかくジューシーでおいしい」と西村敏英先生。

焼く、揚げる、煮るなど肉の調理法はさまざまですが、「熱の加え方ひとつで、軟らかさやうま味、こく、香りなど肉のおいしさは格段にアップします」と佐藤秀美先生。「加熱のメカニズムを知って、よりおいしい肉料理を！」。

「牛肉をはじめ、畜産物は世界の摂取エネルギーの18%、摂取たんぱく質の25%に貢献しており、ビタミンAやカルシウム、鉄、亜鉛などの栄養素の重要な供給源です」、「人間と家畜の共生が一層求められます」と廣岡博之先生。

要介護リスクを高める一番の原因が低栄養です。たんぱく質と脂質の摂取量が多いほどフレイルを遠ざけるというデータもあります。食肉が日本人の健康と寿命の延伸に大きく貢献してきたのも、おいしさプラス栄養の宝庫だからこそなのです。

食肉の栄養・機能と健康に関する情報を提供

当財団は、食肉の栄養的価値、利用・調理の仕方、健康とのかかわりに関する知識不足が懸念される中で、昭和57年3月18日に設立（平成25年4月1日より公益財団法人に移行）され、以後、食肉に関する知識・情報の提供、食肉消費の増進、食肉の生産・流通および消費に関する調査研究を行ってまいりました。

これらの活動の一つとして、昭和63年度から医学、栄養学、獣医・畜産学などの専門家に参画いただき、「食肉と健康を考えるフォーラム委員会」を開催し、その検討・協議の結果を毎年、冊子、パンフレットなどの出版物に取りまとめ、関係機関、関係団体に配布して活用いただいているところです。

このフォーラム委員会では、食肉に含まれる栄養成分や機能性成分の役割、高齢者の健康と食肉摂取とのかかわりなど幅広い分野の検討・協議が行われてきました。

今後とも、食肉業界の発展と国民食生活および健康長寿の向上に寄与するため、フォーラム委員会の活動の充実に努めてまいります。



〈本パンフレットは、令和5年8月18日および9月21日に開催された「食肉と健康を考えるフォーラム委員会」の講演をもとに作成されました〉

公益財団法人 日本食肉消費総合センター

〒107-0052 東京都港区赤坂 6-13-16 アジミックビル5F
ホームページ：<http://www.jmi.or.jp>

ご相談・お問い合わせ

e-mail：consumer@jmi.or.jp

FAX：03-3584-6865

資料請求：info@jmi.or.jp

畜産情報ネットワーク：<http://www.lin.gr.jp>



令和6年度 食肉情報等普及・啓発事業

後援 公益社団法人 日本食肉協議会

制作 株式会社 エディターハウス