

# L-カルニチン—その存在量と生理機能—

田島 眞

L-Carnitine – the amounts in foods and the functional properties –

Makoto TAJIMA

L-Carnitine is an amino acid with a peculiar nutritional function. L-Carnitine participates in the process which carries fatty acids into a mitochondria in energy developmental process. Therefore, with work to support exercise, there is a recovery effect of fatigue after an exercise. In addition, L-carnitine helps with brain function. This was indicated by an absorption test showing university students that L-carnitine absorption has the effect of a decline in BMI and a reduction in body fat.

Key words : Carnitine (カルニチン), Fatty acid metabolism (脂肪酸代謝), Meat (食肉), Body weight control (体重制限)

## 1. L-カルニチンとは

近年、いわゆる健康食品の素材として注目を浴びているものの一つにカルニチン (L-カルニチン、L-carnitine, 体系名 4-N-trimethyl-ammonium-3-hydroxy-butyric acid) がある。体重コントロールや体脂肪減少効果が期待されている。

カルニチンが発見されたのは、約 100 年前の 1905 年のことである。ロシアの化学者により、肉から抽出され、アミノ酸の 1 種として同定された。ラテン語で肉を意味する *caris* からカルニチンと命名された。その化学構造は、図 1 に示す。1 分子中にアミノ基とカルボキシル基を併せ持つので、生体内に存在する遊離アミノ酸の 1 種である。動物ではヒトを含めて、リシンとメチオニンから生合成されるので、必須栄養素ではない。一時は、ビタミン B<sub>11</sub> として命名されたが、現在では必須のビタミンとはされていない。

カルニチンは、最初に肉から発見されたように、筋肉中に多く存在する。後述するように、筋肉における

エネルギー発生に関わっているからである。また、約 10% は、アセチル化されたアセチルカルニチンとして存在する。カルニチンは、リシンとメチオニンから生合成されるが、その合成能力は、加齢とともに減少する。図 2 は、ヒトの骨格筋中のカルニチン量の加齢による変化を示したものである。遊離カルニチンに比べてアセチルカルニチンの減少が激しいことが分かる。60 歳では、20 歳の遊離カルニチンは約 60%、アセチ

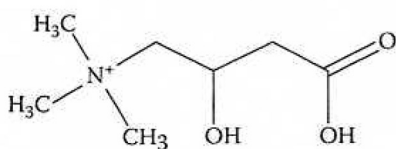


図 1 L-カルニチンの化学構造

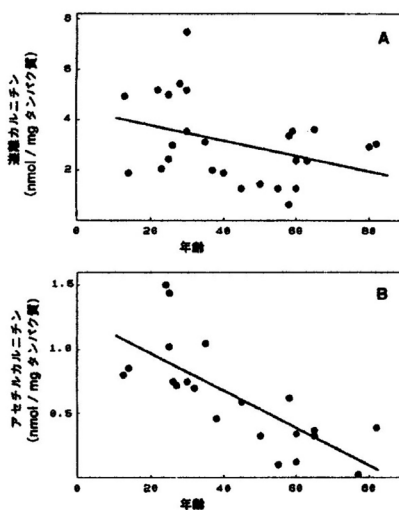


図 2 加齢によるヒト筋肉中のカルニチンの減少<sup>1)</sup>  
A: 遊離カルニチン B: アセチルカルニチン

ルカルニチンは約 40%に減少する。高齢者において、体内に十分なカルニチンを供給するには、食事以外から摂ることが勧められる所以である。

## 2. カルニチンの生理作用

### 2.1 脂肪酸代謝との関わり

食物として摂取した脂肪は、十二指腸ですい臓から分泌されたリパーゼによってグリセリンと脂肪酸に分解され、腸管から吸収された後、再び脂肪に再合成され、キロミクロンとなって血中を移動し、各組織でエネルギー発生に関わる。脂肪のエネルギー発生は、再びグリセリンと脂肪酸に分解されて始まる。グリセリンはリン酸化され、解糖系に入る。脂肪酸は、まず補酵素 Co-enzyme A (CoA) がカルボキシル基に結合する。生成物がアシル CoA である。アシル CoA は炭素数 2 個目の場所で解裂し、アセチル CoA となる。この過程は  $\beta$ -酸化と呼ばれる。アセチル CoA は、解糖系から来たピルビン酸由来のアセチル CoA と共にエネルギー発生代謝系である TCA サイクルに取り込まれる。TCA 回路で発生したエネルギーは ATP に蓄えられる (図 3)。

この代謝は細胞内のミトコンドリア顆粒において行われるが、脂肪酸からアシル CoA の生成は、ミトコンドリア外層で行われ、TCA サイクルはミトコンド

リア内で行われることにある。そこで、カルニチンが運搬役となる。すなわち、遊離カルニチンがアシル CoA よりアシル基を受け取りアシルカルニチンとなり、ミトコンドリア膜を通過し、再びカルニチンに戻るときアシル基を CoA に渡す。これを繰り返すことで脂肪酸から生成したアシル CoA を TCA サイクルに運び入れる。エネルギー代謝の盛んな筋肉、中でも心筋には、多くのカルニチンが存在する。

### 2.2 脳機能との関わり

脳機能の働きは、神経細胞の線維が互いにシナプス結合したネットワークによってなされている。このシナプスにおける神経伝達にはアセチルコリンが大きく関わっている。アセチルコリンが不足すると脳機能の低下が見られる。

カルニチンは、アセチルコリンの生合成にも関わっている。その機構は、脂肪酸代謝と同様に、CoA を介するコリンのアセチル化の円滑化である。すなわち、コリンにアセチル基を供与した CoA のアセチル基の再生に、アセチルカルニチンが関与する。

図 2 に示したように、加齢とともに体内のアセチルカルニチンが減少することは、加齢とともに脳機能が低下することの原因の一つと考えられている。実際、ラットに 3 ヶ月間アセチルカルニチンを経口投与

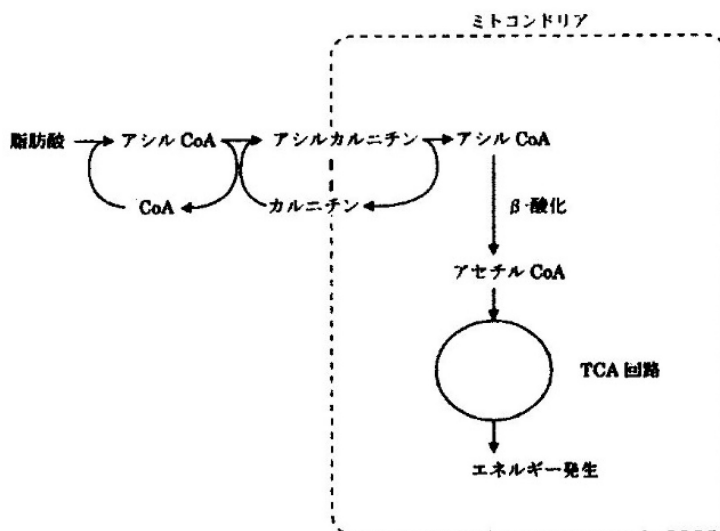


図 3 脂肪酸からのエネルギー発生に関与するカルニチン

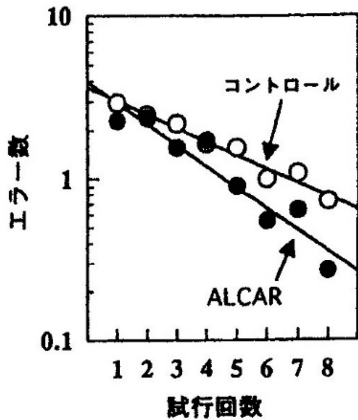


図4 アセチルカルニチン投与によるラットの学習能力の向上

迷路実験によるエラー数  
ALCAR：アセチルカルニチン投与群  
コントロール：対照群

すると、脳のアセチルカルニチン合成量が有意に増加する<sup>2)</sup>。さらに、このアセチルカルニチンを投与したラットと対象とで、迷路実験を行うと、投与群の方が、学習能力が向上することを認めている。(図4)<sup>2)</sup>

### 3. 食品に含まれるカルニチン

食品に含まれるカルニチン量の測定は、酵素法によって行われている。臨床検査で用いられるもので、カルニチンをカルニチンデヒドロゲナーゼにより酸化する際に、NAD<sup>+</sup>を共存させ、生じたNADHを比

色定量する。この方法は、キットも販売されている<sup>3)</sup>が、食品中のカルニチンを測定した報告は無い。

そこで、著者は市販されているキットを用いて各種食肉に含まれるカルニチンの測定を行った。結果は、図5に示した<sup>4)</sup>。最も含量が多いのは、羊肉(マトン、ラム)、次いで牛肉(輸入牛、国産牛)、豚肉、鶏肉の順であった。これは、肉に含まれる脂質含量が影響していると考えられた。

カルニチンは、アミノ酸であるから熱には安定であるが、調理食品や加工食品のデータは無い。

### 4. ヒトにおけるカルニチン摂取の効果

#### 4.1 筋肉の運動能力の向上

カルニチンは、ミトコンドリアにおける脂肪酸からのエネルギー発生に深く関わっていることから、運動との関係が最も注目されている。1980年のモスクワオリンピックで、カルニチンをサプリメントとして利用したイタリアチームが好成績をあげたこと、さらに同じイタリアチームが1982年のワールドカップサッカーで優勝したことから、一躍有名になった。図6は、疲労性筋肉痛とカルニチン摂取との関係を示したもので、1日に3gのカルニチンを3週間摂取した群は、非摂取群に比べて筋肉痛を著しく低く感じている。これは、筋肉でのエネルギー発生が円滑に行われた結果と考えられる。このことから、米国では、スポーツ選手用サプリメントとして、様々な製品が販売されている。

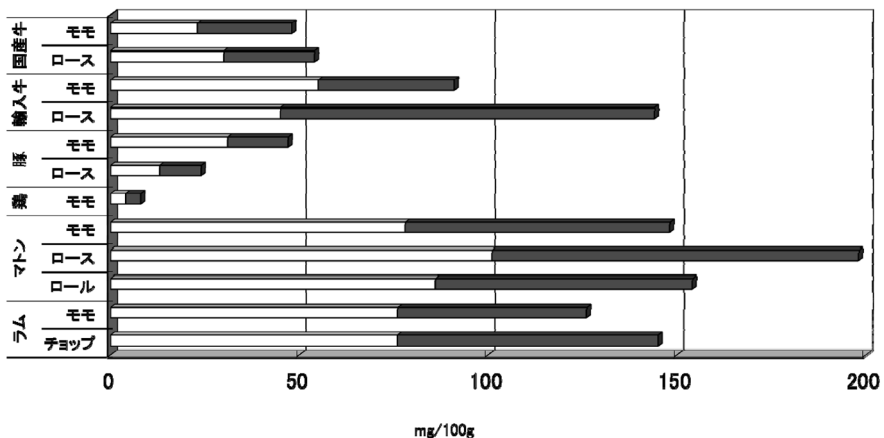


図5 各種食肉類のL-カルニチン含量  
□遊離 ■酸可溶性

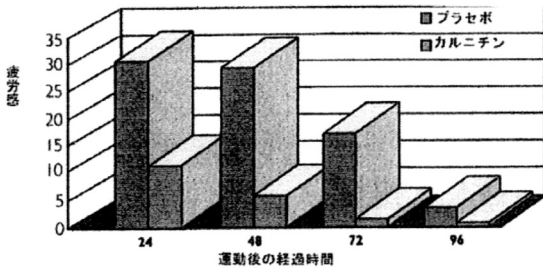


図6 運動後の筋肉疲労感に及ぼすカルニチン摂取の効果<sup>5)</sup>

#### 4.2 体重ダイエット効果

カルニチンは、脂肪のエネルギー発生に関与することから、日本では体重ダイエットに対する期待が高まっている。体に貯まった脂肪をカルニチンが分解してくれるのではないかとという期待である。摂取エネルギー制限、運動と併用した時のデータを図7に示した。エネルギー制限と運動のみの群に比較して、カルニチンを摂取した群は、体重減少量が多い。

豚で、脂肪の燃焼を調べたものが図8である。カルニチン給餌により脂肪（パルミチン酸）の燃焼量が増加している。

ヒトで、カルニチン摂取により脂肪の燃焼が促進され、体脂肪の減少と体重の減少を確認するために女子大生4名による摂取試験を行った。対照群は通常の食事、試験群は毎食後にL-カルニチンのサプリメント125mg（ロンザ社製品）を服用した。1日摂取量

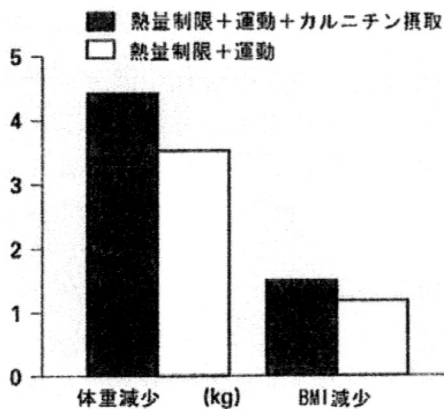


図7 摂取熱量制限と運動を併用した際の、体重及びBMI減少に及ぼすカルニチン摂取の効果<sup>6)</sup>

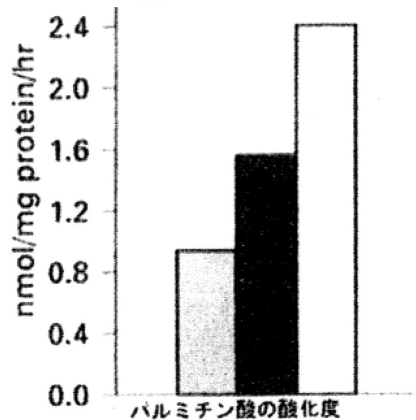


図8 豚におけるカルニチン投与が脂肪酸（パルミチン酸）燃焼に及ぼす効果<sup>7)</sup>

左：対照  
中：カルニチン 50mg/kg 飼料投与  
右：カルニチン 125mg/kg 飼料投与

375mg。食事摂取基準（厚生労働省）に例示された中程度の運動を1日に30分間継続して行った。結果は、図9と10に示した<sup>8)</sup>。図9は、BMIの変化で試験群の方にBMIの減少が認められた。図10は、体脂肪の変化で、試験群では同様に体脂肪率の低下が認められた。結果から中程度の運動を伴えばカルニチン摂取は体重ダイエットに効果があるといえる。

このようにカルニチンは、脂肪の代謝を促進するが、ガン患者のように体重減少が激しい者では、カルニチン投与は体重増加に寄与するという報告があり、カルニチンは脂肪代謝のバランスを正常化するものと最近では考えられている<sup>9)</sup>。

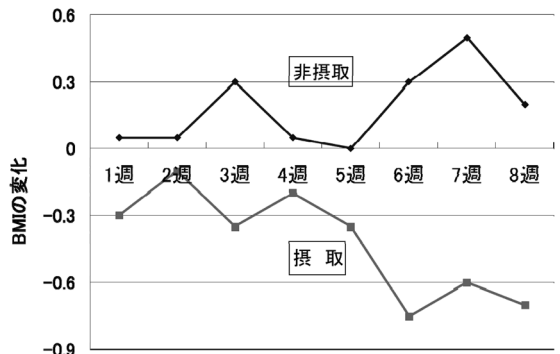


図9 カルニチン摂取によるBMIの変化

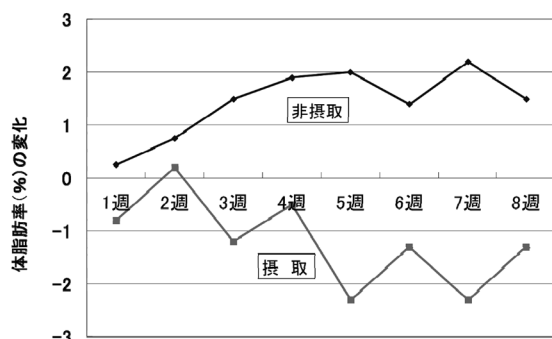


図10 カルニチン摂取による体脂肪率の変化

## 引用文献

- 1) S. Ando, et al.: *J. Neurosci. Res.* 56, 266 (2001). 安藤進 ; 老化制御と食品、152、アイピーシー (2002) より引用
- 2) M. Costell, et al.: *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 161, 1135 (1989), 安藤進 ; 老化制御と食品、145、アイピーシー (2002) より引用
- 3) 榎カイノス : <http://www.kainos.co.jp/>
- 4) 田島眞 : 各種食肉に含まれる L-カルニチン含有量とその変動要因、実践女子大学生生活科学部紀要、46、9-13 (2009)。
- 5) M.A.Giamberardino, et al.: *Int. Sports Med.* 17, 320 (1996). *L-Carnitine Res. Rev.*,3, 3 より引用
- 6) A. O. Schaffhauser, P. T. Gaymor; L-carnitine supplementation-A natural approach for weight management, *Ann Nutr. Metab.*, 44, 94-95 (2000).
- 7) M. Baumgartner and K. Q. Owen: L-carnitine and swine nutrition-More lean tissue and less fat adipose, *Ann. Nutr. Metab.*, 44, 92-93 (2000).
- 8) 田島眞・松ノ井恵実・櫻井佳穂 : 第 6 回日本食育学会学術大会講演要旨集、96 (2012)。
- 9) 王堂哲 : L-カルニチン摂取と体重の変化、*Food Style* 21, 2016.9、60-63 (2016)。