

## L-カルニチンとスポーツニュートリション

ロンザジャパン(株) コンシューマーケア・ニュートリション事業部

王堂 哲

### はじめに

L-カルニチンを摂取したイタリアチームが 1982 年のワールドカップサッカーにおいて、また 1984 年のモスクワ五輪でめざましい成績をあげた、これがサプリメント的に試みられたL-カルニチン利用の最初であった。実際これを契機のひとつとしてロンザ社はL-カルニチンを工業的に量産するための研究開発を1980年代の中盤に開始しており、1992年に米国のGRAS認定を得ている。今日ダイエットの素材として用いられることの多いL-カルニチンであるが、このように当初はスポーツサプリメントとしての利用が発端であった。

### L-カルニチンについて

L-カルニチンは必須アミノ酸のリジンとメチオニンを出発物質として生合成される超水溶性の常在成分である。体内では肝臓や腎臓を中心につくられるが、それが高濃度に貯蔵されて働く主な臓器は骨格筋や心筋である。エネルギー物質としての脂肪酸はミトコンドリアで代謝されて潤沢な生体エネルギー(ATP)を生み出す。それ自身ではミトコンドリア内膜を通過することができず、膜上でL-カルニチンと結合する必要がある。2004年 Wutzke らにより、経口摂取したL-カルニチンが脂肪燃焼を促進することが安定同位体で標識された脂質プローブ分子を用いたヒト実験で証明された<sup>1)</sup>。

筋肉内の存在量が多いことから一般食品では食肉(畜産動物の筋肉)から摂取される。日本人のL-カルニチン一日平均摂取量はおよそ50 mg 弱と見積られる。生存に必要な量はこのように生合成や通常の食品からの摂取で充足されるが、身体に負荷のかかる状況(アスリートや周産期女性)や外部からの摂取が低下する状況(病床時や高齢期)、相対的に脂質代謝が停滞する状況(メタボリック症候群)などではより積極的な補給に意義が認められる。

### 持久運動能力向上への寄与

Swart らは7人のマラソン選手にL-カルニチンを6週間継続摂取させることによって持久運動能力の向上にどのように寄与するかを調べた。その結果ピーク時走行速度が5.68%向上すること、分時心拍数が17-19 km/hでのランニング時に有意( $p < 0.05$ )に低減されることが示された(図1)<sup>2)</sup>。またGorostiaga らは呼吸商の測定により、L-カルニチンの経口摂取が脂質代謝の促進によって持久運動に寄与していることを報告した<sup>3)</sup>。これらはL-カルニチンが脂肪燃焼に必須の成分であること、また脂質が有酸素運動時に使われやすいことに留意した研究デザインが組まれている。

最近では脂質のみならず糖質代謝にまで着目点を広げた研究も進められている。2011年 Wall らはL-カルニチン換算1,400 mgのL-カルニチン酒石酸塩を24週間にわたって摂取させたヒト実験によって運動中の筋肉中グリコーゲンの留保効率が高まることを見出した<sup>4)</sup>。これはエネルギー源としての脂質のスム

一スな利用によりそこから生み出されるエネルギーを直接活用すること、さらにそれが本来使いやすい燃料である糖質の節約にも寄与することを意味するものである。

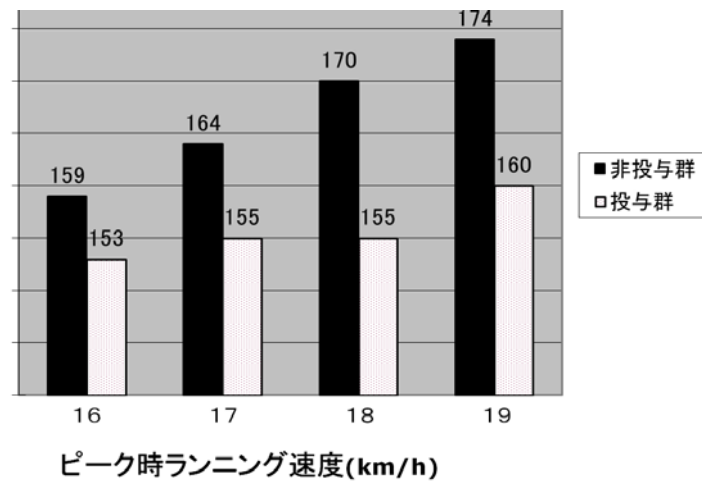


図1. L-カルニチンと持久運動時の心拍数<sup>(1)</sup>

### 筋肉痛の軽減とミトコンドリア保護

Volek らは、L-カルニチンの摂取によって運動後の筋肉痛が抑制される現象について着目し、アスリート被験者を起用した一連の実験を行った<sup>5)</sup>。筋肉痛軽減の体感(図 2)は、筋損傷マーカーの生成パターンと平行であること、また活性酸素由来血中マーカーの動態とも相関することが判明した。したがってL-カルニチンは、脂肪燃焼の促進によるエネルギーのスムーズな供給を行うとともに活性酸素からの筋細胞の保護にも寄与していることが示された。

また最近日本で行われたL-カルニチンとミトコンドリアの相互作用に関する基礎研究により、遊離脂肪酸とミトコンドリアの直接接触によるミトコンドリア外膜の損傷がL-カルニチンの共存によって抑制されることが見いだされた<sup>6)</sup>。ミトコンドリア外膜の破綻はミトコンドリア構造そのものの崩壊、ひいてはアポトーシスの惹起につながる現象であることから、細胞毒としての遊離脂肪酸を無毒化する成分としてL-カルニチンがクロームアップされている。とくに運動によって脂肪酸の遊離が亢進する状況を考え合わせ、筋肉痛のみならず心臓のダメージ低減を含めたアスリートの健康保全全般の観点からもL-カルニチン摂取の効果が期待される。

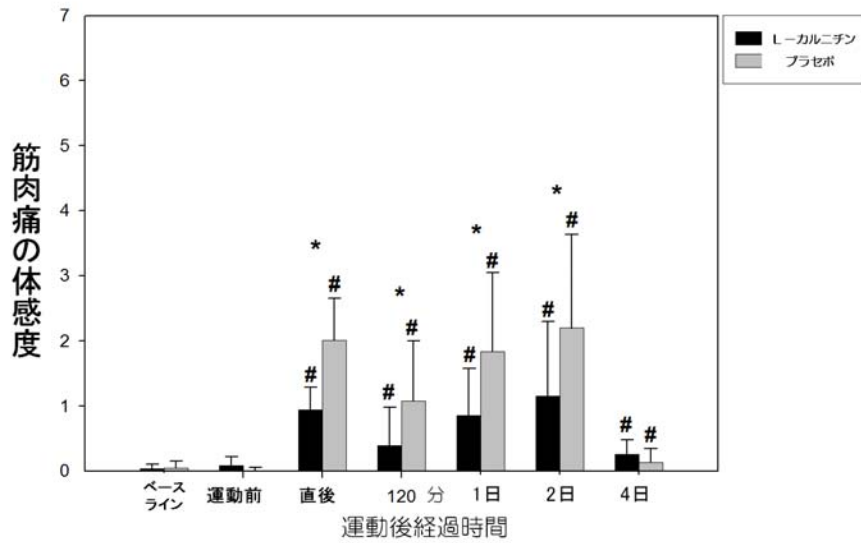


図2. 筋肉痛の体感比較 (男性) 5)

### 単回摂取効果

従来L-カルニチンは継続的な摂取によって次第に筋肉細胞を中心にロードされ、それがスポーツサプリメントとしての種々のメリットを生み出すことが定説とされてきた。この点に関し、単回的にL-カルニチンを摂取した場合について検討がなされた(山内ら(愛知学泉大学)投稿準備中)。750 mg のL-カルニチンを運動の1時間前に摂取し、自転車漕ぎ運動を30分行った後1~4時間後に呼気分析を行った。その結果L-カルニチンを摂取して運動した場合、運動後少なくとも4時間まで呼吸商値が低下(すなわち脂質代謝が亢進)し、それと相関して安静時代謝が高まることが示された(図3)。

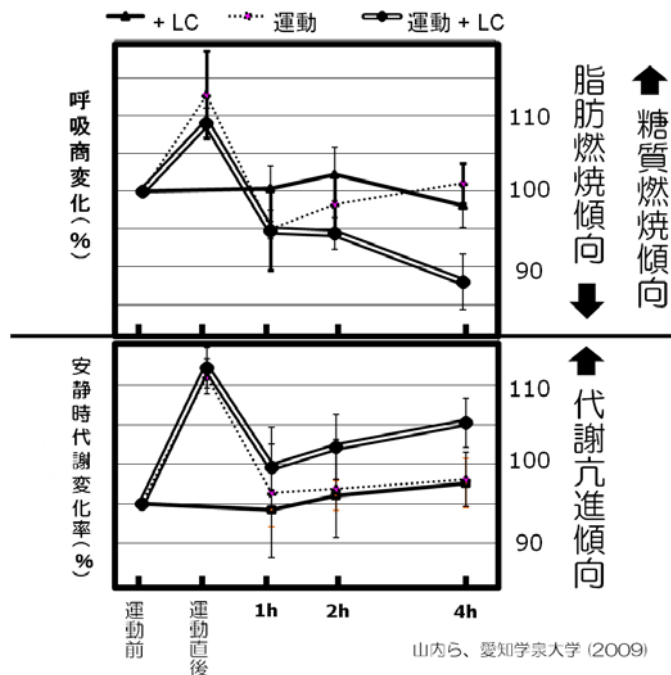


図3. 運動前L-カルニチンの単回摂取による脂肪燃焼の促進

## おわりに

スポーツとひとことにいってもそこには様々な競技があり、それぞれの競技に応じた独特のエネルギー補給法や疲労回復法が開発されている。一方どのようなケースにあっても糖質や脂質をエネルギー源とすること、アミノ酸やペプチド、プロテインの補給によって筋肉を充実させて行くことは基本的に共通した方針として認識されている。エネルギー代謝においてはアドホックかつダイナミックに精密な調節を受けながら全体のバランスが保たれている。そのような調節作用はたとえばエネルギー充率(energy charge)として理解されるように ATP、ADP、AMP(体内のエネルギー状態の充足度を反映する諸物質)の量比によって糖質や脂質代謝が正負両方向に制御される仕組みになっている。また、エネルギー不足の状況ではたとえばケトン体が生成したり、アミノ酸類の炭素骨格が燃料として利用されたりということも行われている(これは補充反応(anaplerotic reaction)として知られる)。L-カルニチンもまたピルビン酸脱水素酵素やグリコーゲン合成酵素と相互作用を持ちながら糖質代謝との共通中間体であるアセチル CoA の存在を介してエネルギー代謝の全般的な調節に大きな役割を担っている。スポーツニュートリションにおいてL-カルニチンは、今後脂肪燃焼の役割に加えてエネルギーバランスの調整役として他の関連素材との組み合わせにも多様な開発が深まることが期待される。

## 引用文献

- (1) Wutzke KD., *et al.*, *Metabolism*, **53**, 1002-1006 (2004)
- (2) Swart I. *et al.*, *Nutrition Res.*, **17**, (3) 405-414 (1997)
- (3) Gorostiaga E.M., *et al.*, *Int J. Sports Med.*, **10**, 169-174 (1989)
- (4) Wall BT. *et al.*: *J Physiol* **589**: 963-973 (2011)
- (5) Volek JS. *et al.* *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 282:E 474 (1) E 472- 482 (2002)
- (6) Oyanagi E. *et al.*: *Biochem Biophys Res Commun.* **412** (1): 61 - 67 (2011)