

第1回 平成18年10月7日

## 栄養素の働き

健康栄養学科 大久保美智子

食物は高等生物特有の機能をもった1つ1つの細胞に運ばれ、どのように代謝され生きていることと関わっているのかについて特に代謝について述べる。

### 1. 糖質の代謝

食物をとった動物の肝臓には、他の器官より糖質が多く含まれていて、この糖は水に溶けにくいグリコーゲンである。筋肉にも貯えられている。空腹時には血糖濃度が低下し、膵臓から分泌されるグルカゴンにより肝臓のアデニル酸シクラーゼが活性化され、ATPから環状AMP (cAMP) が生成される。cAMPはホルモンの情報を伝達してホスホリラーゼを活性化して、グリコーゲンの分解が促される。

1) グルコースが2分子のピルビン酸に分解される過程を解糖という。解糖の目的はATPをつくることである。この経路では、酸素を消費しないで、補酵素のNADによってグルコースを酸化してATPを作る。解糖は、とくに骨格筋では、酸素の供給が悪く、ミトコンドリアが少なく、一方解糖系の酵素の濃度が高いので、解糖は主要なATPの供給源である。グルコースが乳酸にまで変化するには、11種類の酵素が連続した作用で触媒する。これらの酵素は細胞質にあり、ミトコンドリアには存在しない。解糖系ではグルコース1分子が分解されてピルビン酸2分子を生じ、ATPが2分子生成される。

解糖系で生成されたピルビン酸は細胞質からミトコンドリア内に運ばれ、TCA (Tricarboxylic acid) サイクルに入る前にミトコンドリアの内膜への通過を助ける特殊な輸送体(ピルビン酸トランスポーター)により、ミトコンドリア内に運ばれる。

### 2) TCAサイクル・電子伝達系

ミトコンドリア内ではピルビン酸はピルビン酸脱水素酵素複合体の作用によってコエンザイムA (CoA) と結合してアセチルCoAとなる。この酵素複合体はチアミン (ビタミンB<sub>1</sub>) ピロリン酸を補酵素とするピルビン酸脱水素酵素、リボ酸を含むジヒドロリポアミドアセチル転移酵素とNADを必要とするジヒドロリポアミド脱水素酵素の3酵素からなる。この反応は糖代謝にビタミンB<sub>1</sub>が必要な典型的な例である。アセチルCoAは脂肪酸やある種のアミノ酸の酸化でも生成されることから、TCAサイクルは糖ばかりでなく、脂肪酸やアミノ酸の酸化に対しても関与している。

TCAサイクルはアセチルCoAと4個の炭素からなるオキザロ酢酸が結合して炭素が6個のクエン酸を生成する。この回路は7種類の酵素がつぎつぎと働いて、アセチルCoAの炭素2個がCO<sub>2</sub>として除去され、オキザロ酢酸が再生される。この代謝で重要なことは、アセチルCoAの2個の炭素が脱炭酸される過程で高エネルギー電子をとり出す仕組みである。これらの電子はNADやFADに渡され、電子伝達系の最終の反応で分子状酸素と結合し、この過程で生成されるエネルギーが高エネルギーリン酸結合物質であるATPの合成に用いられる。この反応を酸化リン酸化と呼ぶ。このATPに捕捉されたエネルギーこそ、すべての生物が使うことのできる唯一のエネルギー源である。

1分子のピルビン酸がTCA回路を経て代謝されて4分子のNADHと1分子のFADH<sub>2</sub>が電子伝達系に入り、酸化リン酸化により14分子のATPが生成される。これにTCAサイクルで生成されるGTP由来の1分子のATPを加えると15分子のATPが生成される。グルコー

ス1分子あたりにすると、30分子のATPが生成されることになる。さらに解糖で得られた2分子と、解糖で生じたミトコンドリア外の2分子のNADHがグリセロールリン酸シャトルを介したとして、電子伝達系でえられる4分子のATPを加えると合計36molのATPが生成されることになる。リンゴ酸アスパラギン酸シャトルを介したとするとATPは38mol生成されることになる。

## 2. 脂質の代謝

脂肪はリパーゼによりグリセリンと脂肪酸に加水分解され、細胞内に入った脂肪酸は、脂肪酸アシルCoAとなりさらにカルニチンと反応して脂肪酸アシルカルニチンとなりミトコンドリア内に運ばれる。ミトコンドリア内ではアシルCoAにもどり $\beta$ -酸化される。 $\beta$ -酸化で生成されたアセチルCoAはTCAサイクル、電子伝達系で酸化され、ATPを産生する。パルミチン酸( $C_{15}H_{31}COOH$ ) 1 molから129molのATPが生成される。

脂質の働き：エネルギー源 1) 1gにつき約9 kcalのエネルギーを発生する。 2) 貯蔵脂肪として体重の10～20%の脂肪が色々な組織に分布していてエネルギーを貯蔵している。

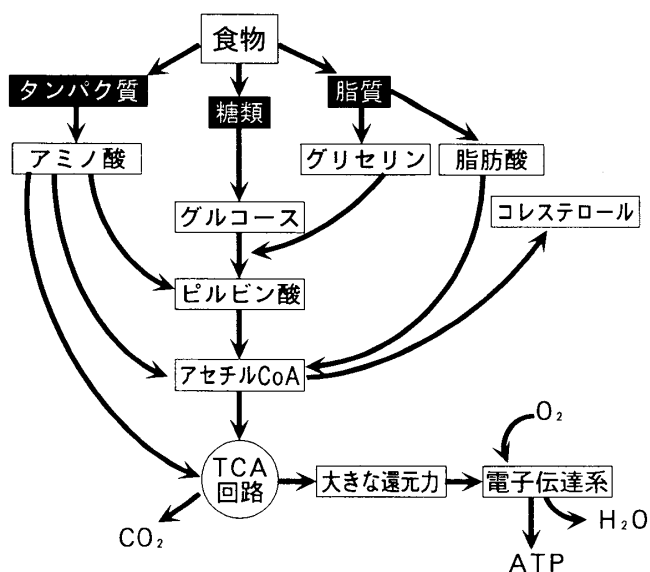


図1 糖質、脂質、タンパク質の運命

このことによって体温の放散を防ぎまた臓器の保護をおこなっている。 3) 必須脂肪酸の供給源 4) 脂溶性ビタミン供給源 5) コレステロールは体内で各組織特に脳、神経などの構成成分である。また胆汁酸、副腎皮質ホルモン、性ホルモン、ビタミンD<sub>3</sub>などの合成材料である。

## 3. タンパク質の代謝

### 1) タンパク質の代謝

成人では摂取した窒素量と排泄される窒素量はほぼ等しく過剰のタンパク質の窒素は主として尿素として排泄される。体タンパク質は合成される一方で一部分解され成人では動的平衡にある。

### 2) アミノ酸の代謝

タンパク質がアミノ酸にまで消化され血中に現れる。体内でのアミノ酸の代謝速度は、食事性アミノ酸がタンパク質合成に利用される速度と、タンパク質合成維持が可能な最低アミノ酸濃度により影響を受ける。体内では体重の約0.6%のタンパク質がアミノ酸に分解され、肝臓に運ばれる。摂取されたタンパク質もアミノ酸に分解され、腸管より吸収され肝臓に達する。肝臓でアミノ酸代謝にかかわっているのはアミノ基転移反応である。すべてのアミノ酸は体内のタンパク質合成に使われる他に、脱アミノ化を受け、アミノ基は尿素となって尿中に排泄される。残りの炭素骨格はTCAサイクルに入りCO<sub>2</sub>へと酸化されてATPの合成にかかわるか、糖新生によりグルコース生成に使われる。

人体に150g/体重kgのタンパク質が含まれており、成人であっても血清アミノ酸を通じて活発にタンパク質の合成と分解が行われている。体タンパク質の半減期は筋肉180日、肝臓や血清タンパク質では10日であり、全体のタンパク質の平均半減期は80日といわれている。