

7. 糖質の代謝

小腸から吸収されたグルコースは、門脈系により全身へ運ばれる。血液中のグルコースを血糖といい、血糖は細胞内に取り込まれ利用される。

グルコースは、**解糖系**→**クエン酸回路**→**電子伝達系**で代謝され、ATP 合成に利用されるほか、貯蔵型であるグリコーゲンとなる。

グルコース以外の単糖（フルクトースやガラクトース）は、肝臓においてグルコースの代謝経路に合流し、利用される。

血糖は各細胞の重要なエネルギー源であるため、常に一定量を確保する必要がある。そのため、空腹時など血糖値が低下したときには、貯蔵型であるグリコーゲンを分解する、または、たんぱく質や脂質から新たにグルコースをつくり出す**糖新生**が行われる。

糖質のエネルギー化

細胞に取り込まれたグルコースは、**解糖系**→**クエン酸回路**→**電子伝達系**で代謝され ATP が生成される。

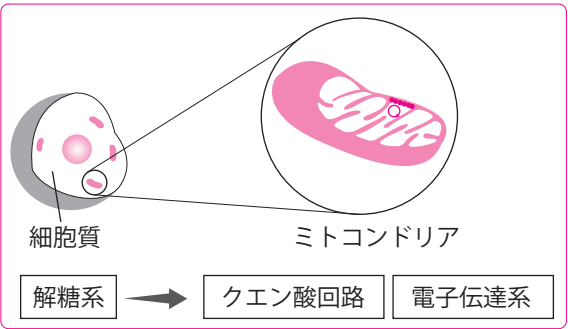


図 糖質の代謝過程

嫌氣的条件下と好氣的条件下

『嫌氣的条件下』とは酸素がない状態、『好氣的条件下』とは酸素がある状態です。グルコースからピルビン酸が生成する反応は、酸素の有無に関わらず進みます。ピルビン酸は『嫌氣的条件下』では乳酸となり、『好氣的条件下』ではアセチル CoA を経て、クエン酸回路へと進みます。

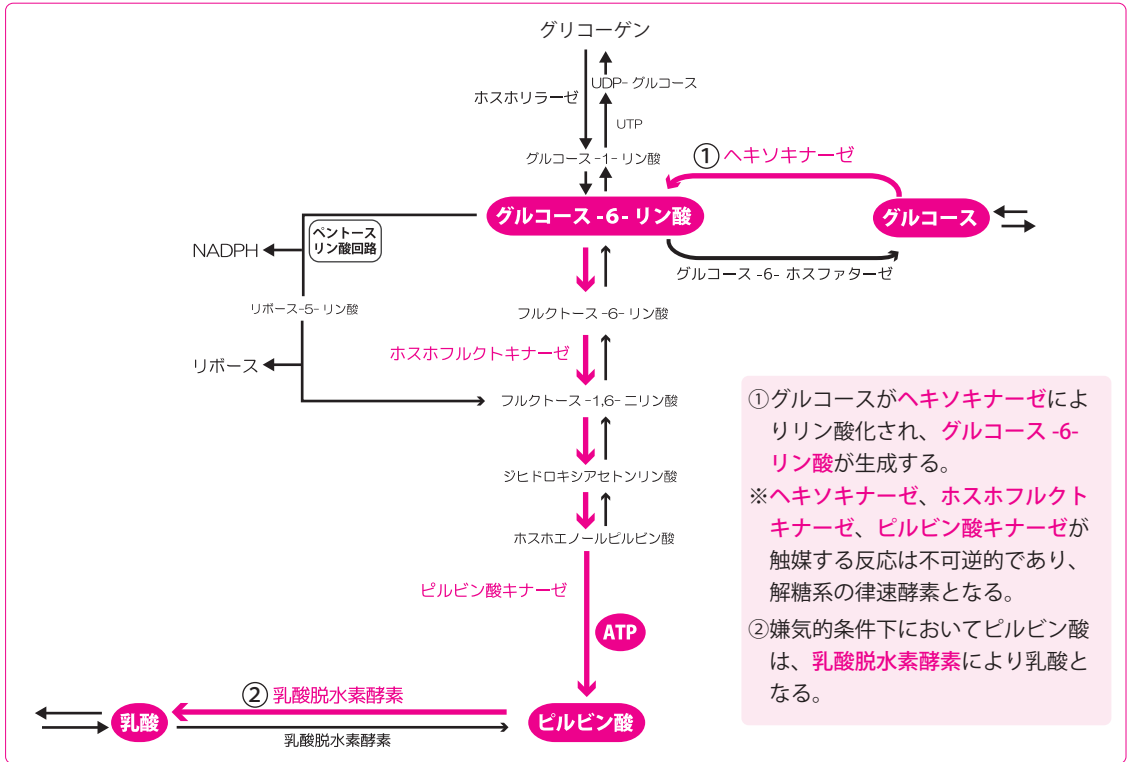
① 解糖系

解糖系とは**細胞質内**において、グルコースが**ヘキソキナーゼ**により**グルコース-6-リン酸**となり、**ピルビン酸**または**乳酸**を生じる過程をいう。解糖系の反応には酸素が必要ないため、**嫌氣的条件下**でも反応が進む。

解糖系では**基質レベルのリン酸化**により、グルコース 1 分子あたり **2ATP** が生成される。

赤血球のエネルギー産生

赤血球はミトコンドリアをもちません。したがって、エネルギー産生は細胞質内で起こる解糖系に依存します。



①グルコースがヘキソキナーゼによりリン酸化され、**グルコース-6-リン酸**が生成する。
 ※ヘキソキナーゼ、ホスホフルクトキナーゼ、ピルビン酸キナーゼが触媒する反応は不可逆的であり、解糖系の律速酵素となる。
 ②嫌氣的条件下においてピルビン酸は、**乳酸脱水素酵素**により乳酸となる。

図 解糖系

2 ケエン酸回路 (TCA 回路、トリカルボン酸回路、クレブス回路)

解糖系で生成したピルビン酸は、**好氣的条件下**において**ミトコンドリア**に入りアセチル CoA となる。ピルビン酸からアセチル CoA を生成する反応を触媒する酵素は、**ピルビン酸脱水素酵素**である。この反応には、チアミンピロリン酸 (**ビタミン B₁** の活性型) が補酵素として働く。アセチル CoA は、**ケエン酸回路**を経て、最終的に NADH₂、FADH₂、炭酸ガス (CO₂) となる。



図 ケエン酸回路

電子伝達系

電子伝達系は、水力発電により電気を生み出すシステムと似ています。水力発電 (電子伝達系) は、ダムに貯めた水 (水素イオン) を高い所から低い所へ落とすときの力を利用して、発電機 (ATP 合成酵素) を回して電気 (ATP) をつくります。

3 電子伝達系

ケエン酸回路で生成した NADH₂、FADH₂ の水素は、ミトコンドリアのマトリックスで**電子 (e⁻)** と**水素イオン (H⁺)** に分かれる。電子がミトコンドリア**内膜**にある**電子伝達系**を通る間に、水素イオンがマトリックスから内膜と外膜の間に運ばれ、**水素イオンの濃度勾配**が生じる。**水素イオンの濃度勾配**を利用し、**酸化リン酸化**が起こることで、**ATP** が生成する。

酸化リン酸化により、最大でグルコース 1 分子あたり **36ATP** が生成される。

ミトコンドリア

ミトコンドリアは外膜と内膜の二重の膜をもちます。外膜は滑らかですが、内膜はひだ状でありクリステを形成します。内膜に囲まれた内側をマトリックスといいます。

酸化と還元

『酸化』とは、「酸素と結合すること」、「電子や水素を失うこと」を意味し、『還元』とは、「酸素を失うこと」、「電子や水素と結合すること」を意味します。

基質レベルのリン酸化と酸化リン酸化

生体エネルギーとなる ATP や GTP の生成様式が異なります。『基質レベルのリン酸化』は、高エネルギーリン酸化化合物が ADP をリン酸化し、ATP や GTP を生成します。『酸化リン酸化』は、ミトコンドリア内膜における電子の伝達により、ATP を生成します。

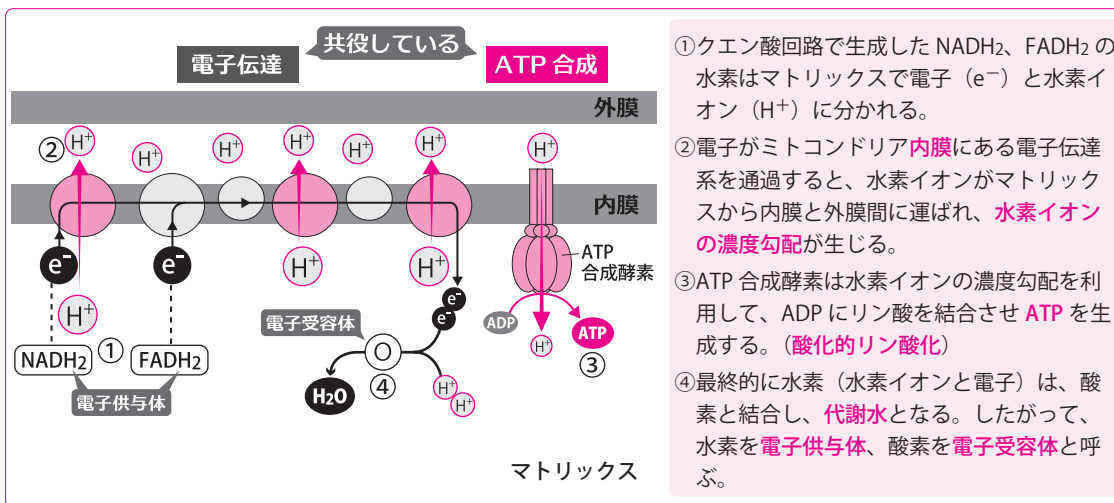


図 電子伝達系