

# I. 栄養と生化学

## C. エネルギーの消費と獲得

### 目次

1. エネルギー代謝とは？
2. ATPの構造
3. エネルギーの消費
4. ATPの加水分解
5. エネルギーの獲得
6. 筋肉はATPをどのように調達するか？
7. CPの利用
8. グルコース、グリコーゲンの利用
9. クエン酸回路の利用



# 1. エネルギー代謝とは？

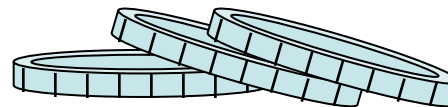
## \*物質代謝とエネルギー代謝:

物質の合成や分解などの物質を中心とした物質代謝と、エネルギーの生成や消費を中心としたエネルギー代謝があります。物質が分解される過程を異化、素材から生体成分を生合成する過程を同化といい、異化、同化の過程とエネルギーの生成、消費は密接な関係にあります。

## \*生命活動とエネルギー

生物は、外部から摂取した食物を消化、吸収し、糖質、蛋白、脂質、ビタミン、ミネラルなどの体内に取り込まれた栄養素や細胞自らの生体成分を分解するなどして、ATPなるエネルギーを取り出すとともに、エネルギーは生体成分の分解や生合成に利用され、さらに分解途中の成分(中間代謝産物)から、生体に必要な成分を生成するのに利用されます。また、不要な成分は体外に排出する過程でも利用されます。ATPは「エネルギーの通貨」として利用されます。

ATPは通貨

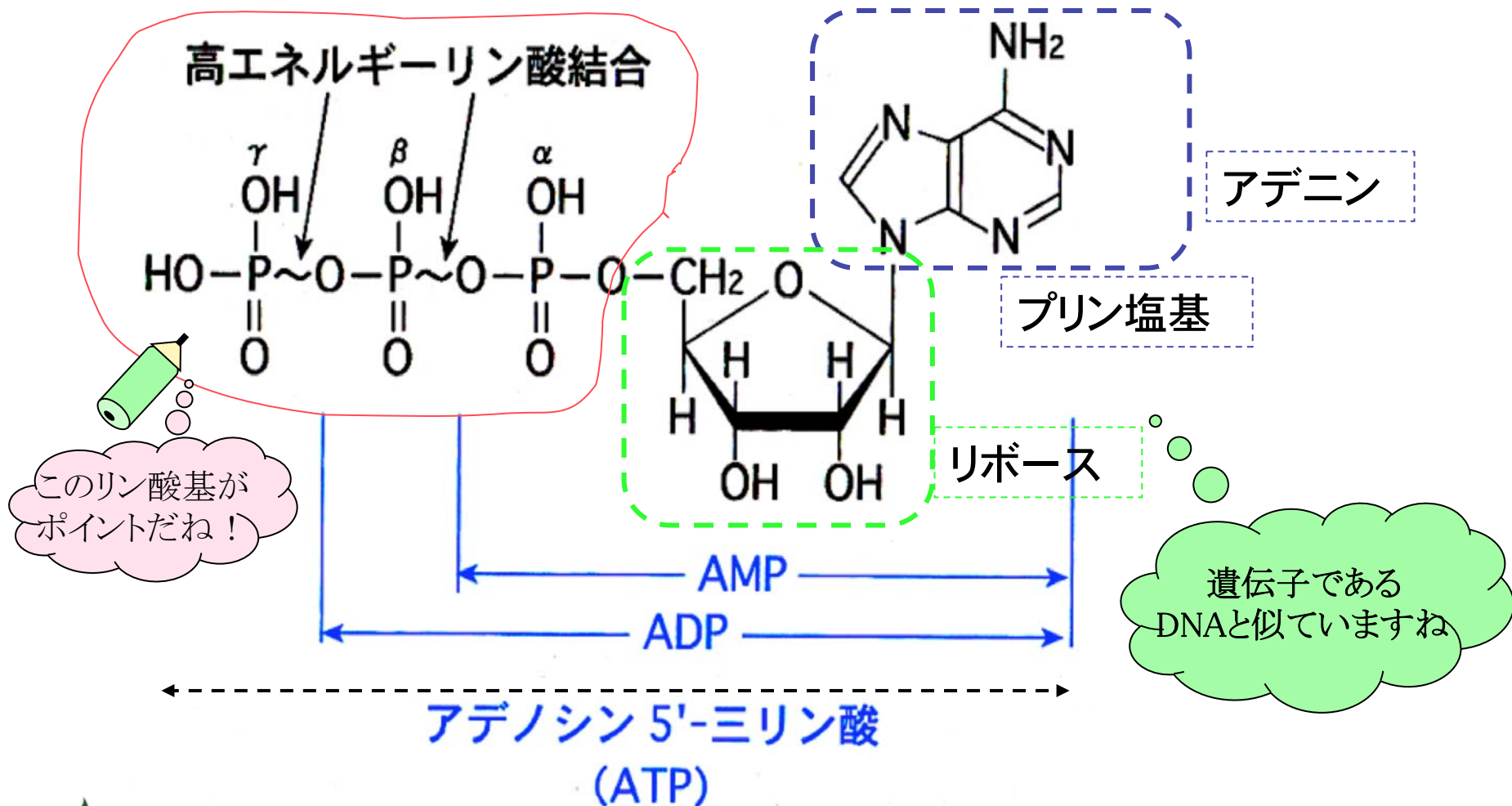


E-生化学/  
I-C.物質代謝とエネルギー、参照



## 2. ATPの構造

ATPは、アデノシン三リン酸の略で、下記のような構造をしています。アデニンという塩基とリボースという糖とリン酸の3つから構成されています。



### 3. エネルギーの消費

体内では様々な形でエネルギーが消費されます。

- 筋肉収縮や細胞運動、分子やイオンの輸送、脳神経細胞や肝臓細胞の活動、体温維持、細胞増殖などに利用されます。
- 物質代謝や生合成などの反応で利用されます

筋肉でのエネルギー源としては、ATP 1分子から約12kcalのエネルギーが得られます。

食事から得られるカロリー数は、

糖質	約4.0kcal /1g (17.0kJ)
脂質	約9.0kcal /1g (38.0kJ)
蛋白質	約4.0kcal /1g (18.0kJ)

皆、焼き肉やハンバーガーが好きなのも、生きていくのに効率の良い栄養素を摂取しようとする遺伝子をもっているかも？

\* 食事、運動も学術的には両者ともジュールの単位を用いられます。

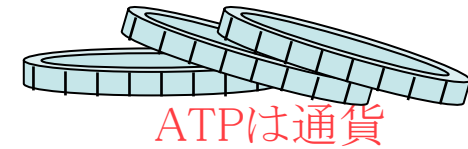
\* 1J (ジュール): 1Nの力で力の方向に1m移動させる仕事量、

\* 1N(ニュートン): 1kgの物体に1m/s<sup>2</sup>の加速度を生じさせる力

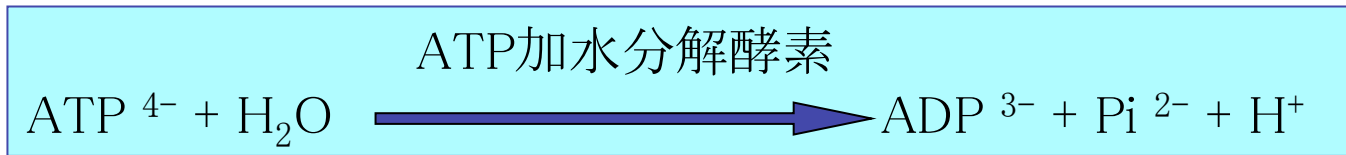
1N= 1kg・m /s<sup>2</sup>、1J = 1 N・m、1 cal ≒ 4.19 J



## 4. ATPの加水分解



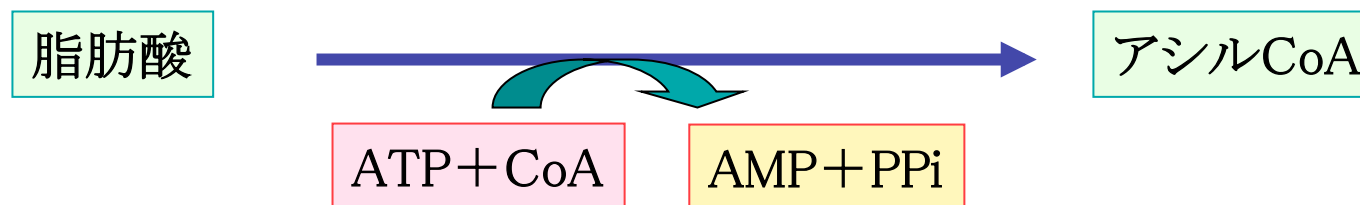
エネルギーは、ATPの加水分解で得られます。



\* 解糖系 (グルコースの代謝) の第一段階では、1分子のATPが必要です。



\* 脂肪酸の分解の第一段階では、1分子のATPが必要です。



ADP: アデノシン2リン酸、AMP: アデノシン1リン酸、Pi: リン酸、CoA: コエンザイムA



## 5. エネルギーの獲得

ATPは、ADPから生成されます。ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD)やフラビンアデニンジヌクレオチド(FAD)の酸化物(NADHやFADH)からは、3モルまたは2モルのATPが産生されます。

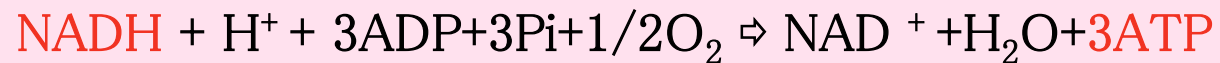
### ATPの産生

ミトコンドリア内



### NAD<sup>+</sup>

脱水酵素はNAD<sup>+</sup>を電子受容体として基質を酸化



### FAD

フラビンアデニンジヌクレオチド

脱水酵素複合体の中間電子受容体から最終的にはNADを生成

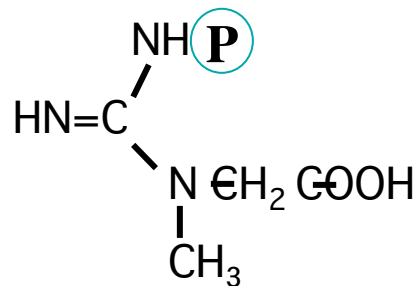


## 6. 筋肉はATPをどのように調達するか？

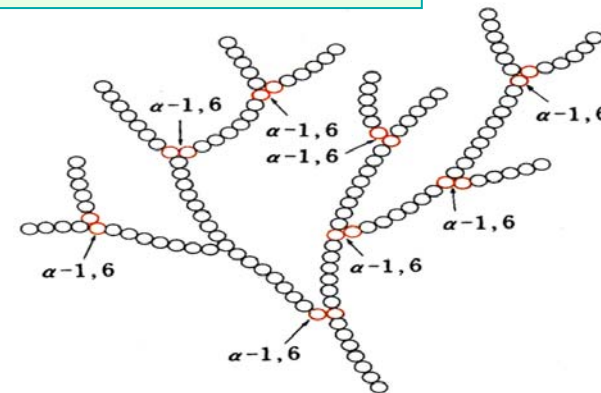
糖の分解である解糖は、収縮中の筋肉で盛んに行われます。解糖により生じたピルビン酸は嫌気的な条件化で乳酸に変換されます。乳酸は激しい連続運動などでは筋肉に蓄積し疲労の原因のひとつとなります。

筋肉はATPをどのように調達するのでしょうか？

1. クレアチンリン酸 (CP)の利用
3. グルコースの分解とグリコーゲンの利用
4. クエン酸(TCA)回路から



クレアチンリン酸 (CP)



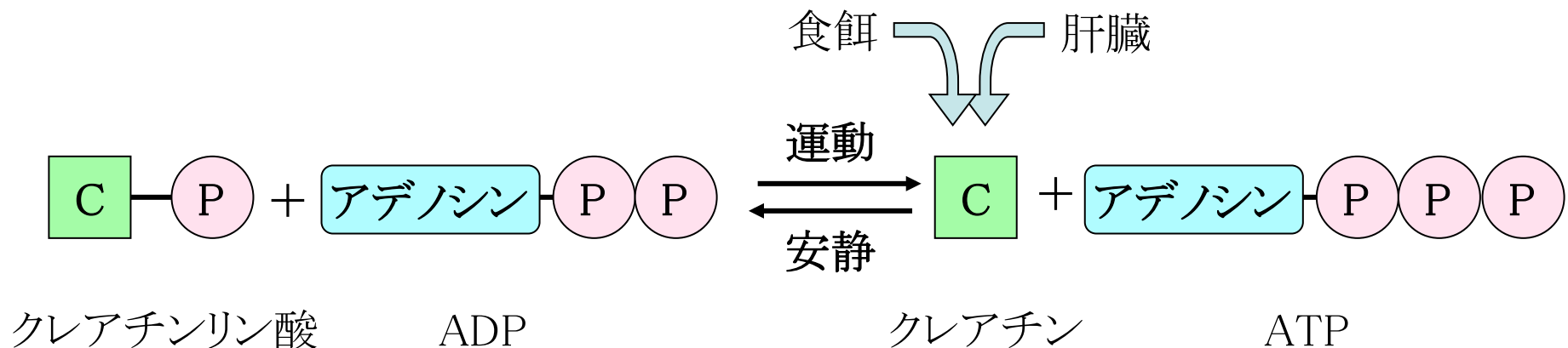
グリコーゲン

○ : 1分子のグルコース



## 7. クレアチンリン酸 (CP)の利用

- 1) 安静時に筋肉にクレアチンリン酸 (CP)として蓄積されています。
- 2) 運動時、筋肉はクレアチンホスホキナーゼ (CK)によりCPを分解しATPを生成します。
- 3) CPはわずか10秒程度で消費されます。
- 4) CPは乳酸を発生させず、得られる最大パワーが大きいです。
- 5) クレアチンは食餌として消化器から吸収、分泌されるか、肝臓からアミノ酸から合成されます。



(P) :リン酸基の数に注目！





## 8. グルコースの分解とグリコーゲンの利用

1. グルコースはグリコーゲンとして筋肉に蓄積されています
2. 解糖系によりATPを産生する(解糖系の反応に2分子のATPが利用されますが、4分子のATPと2分子のNADHを生成します)
3. 通常、筋肉中のグリコーゲンを使い尽くすまでは、30秒ほどといわれています。



ご飯は、エネルギー材料だけでなく、良質なアミノ酸を含んでいます。

炭水化物の摂取により余剰のグルコースは、肝臓や筋肉にグリコーゲンとして貯蔵されます。運動前までにグリコーゲンを増加させることで、運動を長時間持続できます。

マラソンなどの持続的な運動には、炭水化物の摂取の仕方が重要となります。ご飯や麺類などをしっかり摂取することが持久力をつけるのに必要なんです。日常生活でも。



## 9. クエン酸回路の利用

- ・クエン酸回路は、解糖系により生成したピルビン酸を酸素の存在化で完全に分解する過程で、36分子のATPを生成します

ピルビン酸は、酸素が存在する好氣的条件ではクエン酸回路により水と二酸化炭素にまで分解されますが、**酸素が十分でない嫌氣的条件**では分解されず、乳酸が生成され筋肉は疲労します。



筋肉疲労の原因は、

- ・乳酸濃度の上昇
- ・筋肉中のカリウム濃度が低下して電位が変化  
(筋肉の収縮が起こりにくくなります)
- ・筋肉中のpHの低下

などが、考えられています。



## 理解度確認小テスト(C)

Q.1: エネルギーの説明で間違っているものを1つ選択しなさい。

- 1) 代謝のうち物質の合成や分解などの物質を中心とした代謝をエネルギー代謝という。
- 2) 異化、同化の過程とエネルギーの生成、消費は密接な関係にある。
- 3) エネルギーは、ATPの加水分解で得られる。
- 4) ATPは「エネルギーの通貨」として利用される。
- 5) エネルギーは筋肉の収縮や脳神経や肝臓細胞の活動や細胞増殖などに利用される

Q.2 :ATPの説明で間違っているものを1つ選択しなさい。

- 1) NADからはNADHと3モルのATPが生成される
- 2) ATPはグルコースの分解や脂肪酸の分解の第一段階の反応に必要なものである
- 3) 筋肉でのエネルギー源としては、ATP 1分子から約12kcalのエネルギーが得られる。
- 4) ATPの加水分解によりADPを生成する。
- 5) ATPは、アデニンという塩基とリボースという糖とリン酸の3つから構成される。

Q.3 :筋肉でのATPはどのように調達されるか？間違っているものを1つ選択しなさい。

- 1) クレアチンは筋肉の運動時にADPからATPを生成する
- 2) グリコーゲンを利用する
- 3) グルコースの解糖によりATPを生成する
- 4) 筋肉に蓄積されているクレアチンリン酸を利用する
- 5) クエン酸回路を利用する

