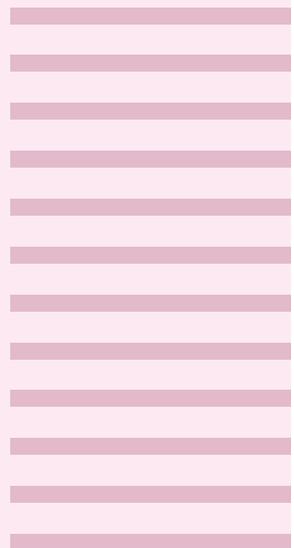
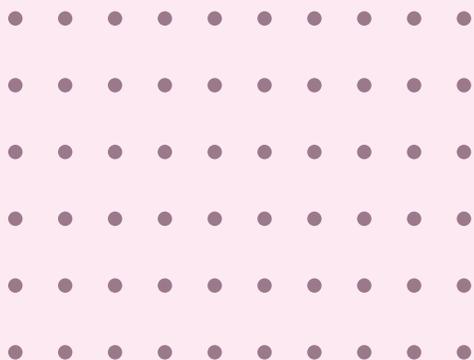
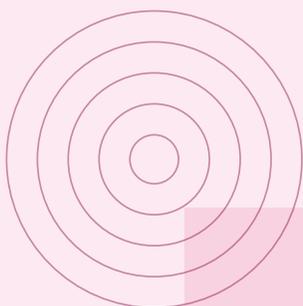


イラスト 基礎栄養学

大口健司・小野廣紀・田村明 著

第3版



著者紹介

- 大口 健司 椛山女学園大学 教授・医学博士
- 小野 廣紀 岐阜市立女子短期大学 教授・農学博士
- 田村 明 修文大学 教授・名古屋学芸大学 名誉教授・薬学博士

－イラスト－
梅本 昇

－表紙デザイナー－
Othello

はしがき

厚生労働省より「管理栄養士国家試験出題基準（ガイドライン）改訂検討会報告書」が公表されている。そのガイドラインによる基礎栄養学の教育目標は、

- [1] 栄養とは何か、その意義について理解する。
- [2] 健康の保持・増進、疾病の予防・治療における栄養の役割を理解し、エネルギー、栄養素の代謝とその生理的意義を理解する。

である。本書は、そのガイドラインに添って編集されたものである。管理栄養士の活躍する領域は、保健・医療・福祉・教育など多方面にわたり、それぞれの領域で高い専門性が求められている。特に現在のわが国においては、内臓脂肪型肥満に起因するメタボリック症候群や、糖尿病・高血圧症・虚血性疾患などの生活習慣病が増加の一途である。これら疾病の多くは遺伝的素因とともに日々の食生活が大きく関与していることを考えると、栄養治療や予防医学の分野で活躍する管理栄養士への期待が益々高まってくる。

本書は、これから初めて栄養学に足を踏み込もうという人を念頭に作製したものである。生物や化学が苦手という初学者の立場で編集した結果、同類のこれまでのテキストとは次のような点で異なる。

- (1) 理解を助ける目的で数多くの図表を使用すると同時に、説明文はできるだけ短く、かつ平易に記述することにした。
- (2) 各栄養素の生理的意義を中心に記述するとともに、消化と吸収、ビタミン・ミネラルの栄養、およびエネルギー代謝について詳細に記述した。
- (3) エネルギー産生栄養素（糖質・脂質・たんぱく質）の代謝に関する記述は『人体の構造と機能および疾病の成り立ち』（東京教学社刊）にゆだねたが、巻末に付図として、これら栄養素の代謝の詳細を掲載した。

このような意図で本書を作製したが、不十分な点が多々あるかも知れない。本書に対する各位の忌憚のないご意見、ご指導をいただきながら、より良い教科書にしてゆきたいと考えている。本書が栄養に関心を持っていただくための足がかりとなれば著者らの望外の喜びである。

本書の企画・出版に際し、終始温かい励ましをいただいた東京教学社のみなさんに深謝いたします。

2012年春

著者一同

第3版 改版にあたって

本書は、2012年の初版発行から8年が経過し、このたび第3版を刊行する運びとなりました。これまで、第2版出版時や増刷のたびに必要な修正を行ってきましたが、今回は、以下のような点を大きく改訂しました。

- ① 2019年3月に改定された「管理栄養士国家試験出題基準（ガイドライン）」に準拠しました。それに伴い、本書で使用する栄養学の専門用語の表記は、管理栄養士国家試験に使用される専門用語に準じたものとししました。
- ② 「管理栄養士養成のための栄養学教育モデル・コア・カリキュラム（2019年3月、日本栄養改善学会）」に示された学習目標を、各章の扉に「学習のねらい」として明示しました。
- ③ 「日本人の食事摂取基準（2020年度版）」に対応しました。
- ④ 読者の理解を助けるために、わかりやすいイラストを数多く追加しました。

本書は、管理栄養士国家試験の出題範囲はもちろんのこと、栄養学全般の領域をカバーしていますので、管理栄養士課程の学生のみならず、栄養士養成施設の短期大学や専門学校などで栄養学を学ぼうとしている学生のみなさんにも広く使用していただける内容になっています。

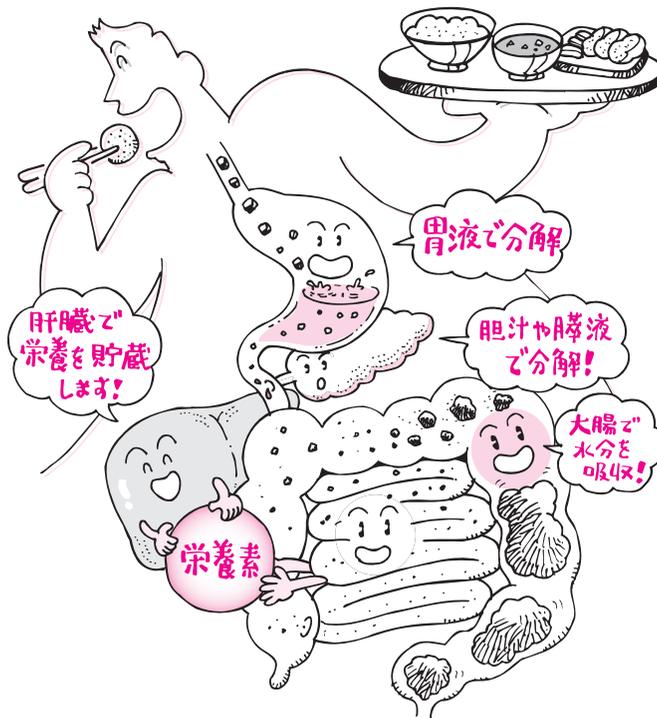
本書が、「基礎栄養学」を学ぶ方々の一助となるならば幸いです。

最後に、第3版を刊行するにあたり、お世話になりました東京教学社諸氏に感謝いたします。

2020年春

著者一同

第3章 消化・吸収と栄養素の体内動態



私たちは、毎日主食であるご飯や主菜の魚や肉、そして副菜の野菜などを食べています。これらの食品はいくら細かく口の中でかみ砕いても消化管の中から血液の中には吸収されません。なぜならば、栄養素が吸収されるには消化管を構成している細胞を通らなければならないからです。細胞膜を通過するには巨大分子をきわめて小さな分子にまで分解しなければなりません。これが消化と呼ばれる過程で、たくさんの酵素が働いて小さくします。小さくなった分子は消化管内から血液中に取り込まれますが（吸収）、なんと栄養素の種類によっては、濃度の低い方から高い方へ（まるで川の水が逆流するように）移動し、ほぼ 100 % 吸収する巧妙なしくみを私たちの身体はもっています。この章では食物の消化と吸収について学びます。

では詳しく説明することにしませう。

学習のねらい

- ① 消化・吸収の意義と調節機構について説明できること。
- ② 栄養素ごとに、関連の消化酵素と作用機序、吸収過程について説明できること。

1. 消化器系の構造と機能

消化や吸収、排泄に係わる器官を消化器系器官といい、消化器系は、口腔、咽頭、食道、胃、小腸（十二指腸・空腸・回腸）、大腸（盲腸・結腸・直腸）、肛門にいたる一連の管（消化管と呼び、その長さは約9 m）と、これに付随した膵臓、肝臓、胆嚢などの器官からなる（図3-1）。消化管は、食物が通る管の内側より粘膜・平滑筋層・漿膜からなる3層構造をとる。

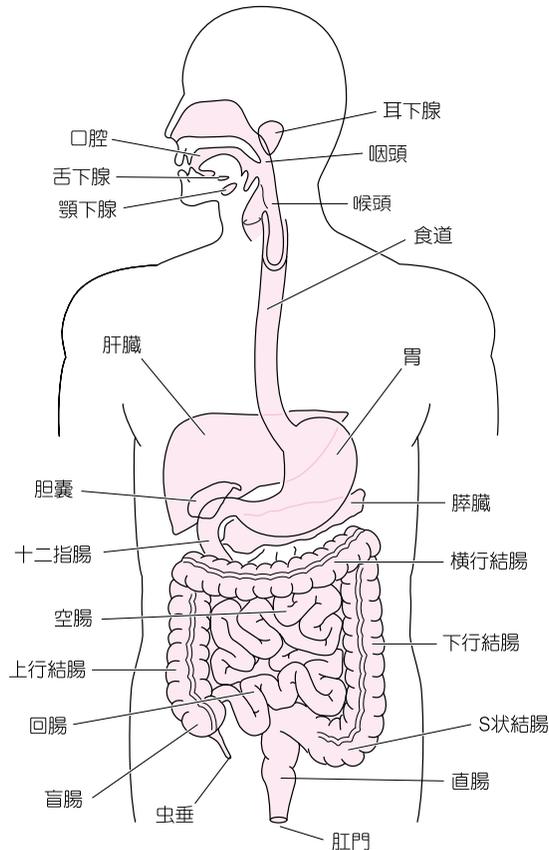


図3-1 消化器系の概略

1 口腔・食道・胃・小腸・大腸の基本構造

- ① 口腔：歯や舌，唾液腺を備え，消化管の入り口として食物の摂取・咀嚼・消化を行う。後方は咽頭に続く。
- ② 食道：咽頭と胃をつなぐ管で，成人では太さ（直径）約2 cm，長さ約25 cmである。食道は気管の後方に位置し，食物の輸送にかかわるだけで消化・吸収には関与しない。
- ③ 胃：食道と小腸の間にあり，胸部と腹部の境目となる横隔膜の下方，肝臓の左下に位置している。形は袋状で容積は成人で0.05 L～1.5 Lまで変化できる非常に膨張性に富んだ臓器であり，その内部は塩酸によりpH 1～2の強酸性である。

- ④ 小腸：胃と大腸をつなぐ管で、成人では長さは約7 mである。小腸は腹腔内を蛇行し、**十二指腸**（直径4～6 cm、長さ約25 cm）・**空腸**（直径約4 cm、長さ2.4～2.8 m）・**回腸**（直径約3 cm、長さ3.6～4.2 m）と呼ばれる3区画からなる。

小腸の構造を詳しく見てみると、小腸表面の粘膜の形状は、**輪状ひだ**と呼ばれており、その表面を**絨毛**が覆っている。絨毛の表面はさらに**微絨毛**で覆われ、それらが**刷子縁**を形成している（図3-2）。絨毛・微絨毛によって、小腸内の実質的な表面積は、およそ200 m²となり、広大な面積のもと、効率的な吸収が行われている。

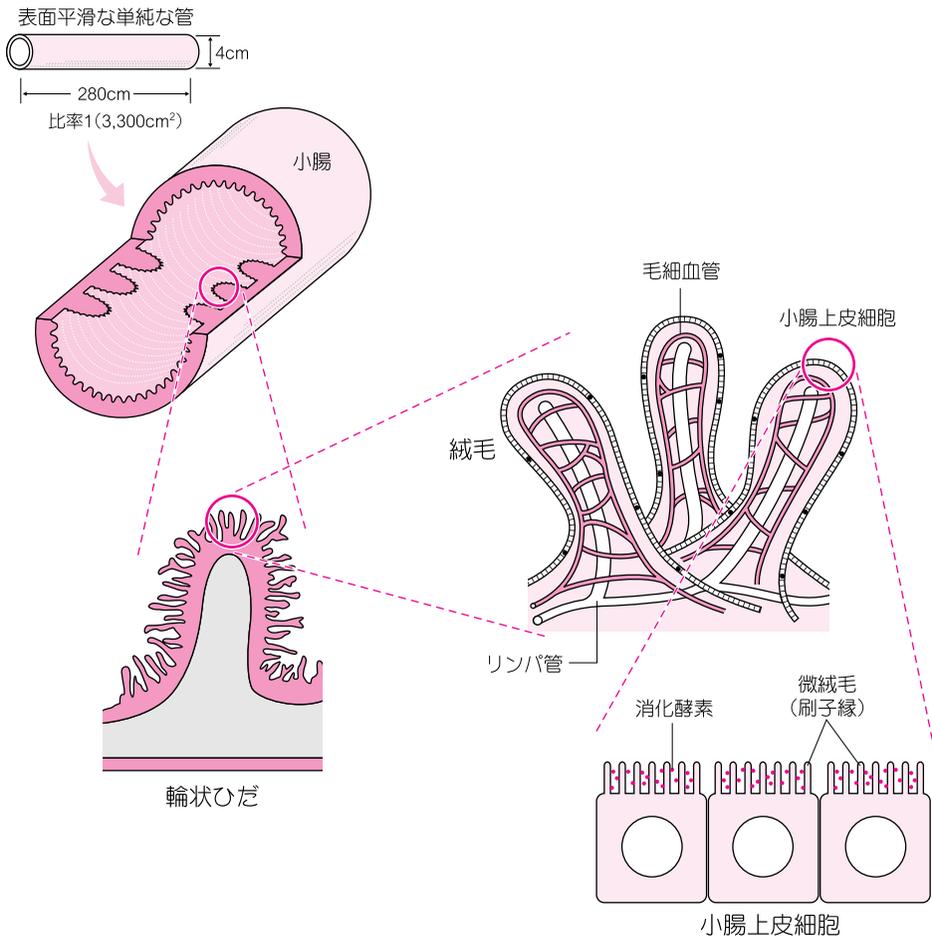
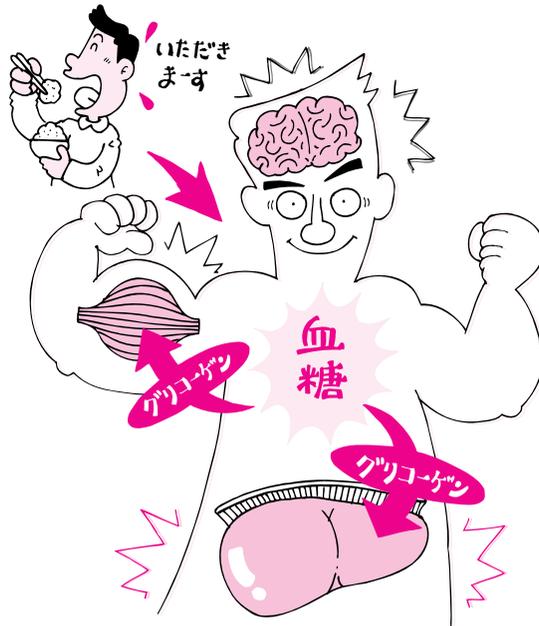


図3-2 小腸粘膜の表面構造

- ⑤ 大腸：小腸に続く管で最後尾の消化器官である。成人では、直径約7.5 cm（最大値）、全長約1.5 mである。大腸は小腸のまわりを周回し、**盲腸**（盲腸の末端に虫垂がある）・**結腸**（上行結腸・横行結腸・下行結腸・S状結腸、長さ約1.3 m）・**直腸**（長さ約20 cm）と呼ばれる3区画からなる（図3-1）。

第4章 炭水化物の栄養



摂取した糖質はグルコースにまで分解され、小腸から吸収されて肝臓に送られます。一部のグルコースは、グリコーゲンとして肝臓に蓄えられます。肝臓を通り抜けたグルコースは血液中に入り、各組織のエネルギー源として供給されたり、筋肉中にグリコーゲンとして蓄えられます。しかし、必要以上のグルコースは脂肪酸に変えられ、トリグリセリドとして蓄積するため、糖質の過剰摂取は肥満の原因になります。一方、食間期や絶食時においても、エネルギー源としてグルコースに依存している脳などに対してグルコースを安定供給することが必要です。この場合には、肝臓のグリコーゲンを分解して血糖を維持したり、糖質以外の生体成分からグルコースを作り出すことができます。

では詳しく説明することにしてしまおう。

学習のねらい

- ① 炭水化物の栄養学的役割について説明できること。
- ② 炭水化物の各臓器における役割と動態を説明できること。
- ③ 血糖とその調節機構を説明できること。
- ④ 糖質と他の栄養素との関係について説明できること。
- ⑤ 食物繊維の定義、種類、分類、主な生理機能について説明できること。
- ⑥ 腸内細菌の役割と健康の関係、腸内細菌叢に及ぼす食事成分の影響について説明できること。

1. 食後の糖質代謝

1 食後の糖質代謝の流れ

食物より摂取した糖質は消化され、単糖として吸収された後、門脈を経て肝臓に送られる。栄養素としての糖質は、グルコースが主役である。一部のグルコースは肝臓に取り込まれ、グリコーゲンとして貯蔵される。肝臓を通り抜けたグルコースは全身の組織に送られ、エネルギー源として利用される。エネルギー需要がある時には、グルコースは個々の細胞の解糖系で分解され、アデノシン三リン酸（adenosine triphosphate：ATP）の産生に寄与する。一方、エネルギー需要が少なく、かつ糖質を十分に摂取している時には、肝臓や脂肪組織において余剰なグルコースは脂肪酸に変換され、トリグリセリドとして貯蔵される（図4-1）。

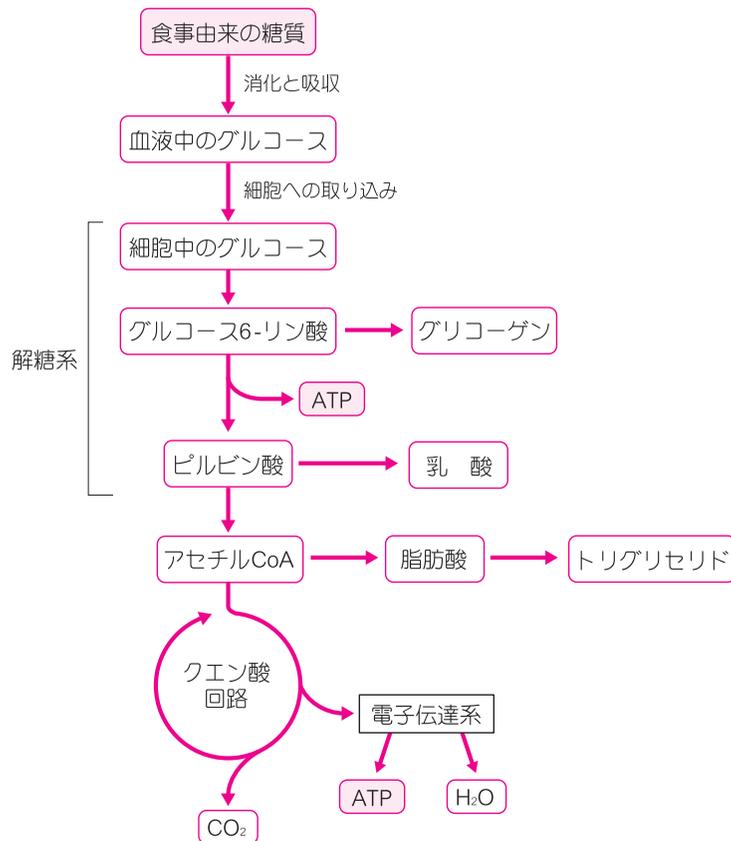


図4-1 食後の糖質代謝の流れ

2 グリコーゲン合成とその貯蔵 —グルコースの貯蔵—

グリコーゲンとは、多数のグルコースがつながった多糖類の一種で、動物にとっての貯蔵多糖である。ヒトにおいては、肝臓と筋肉で合成され貯蔵される（図4-2）。

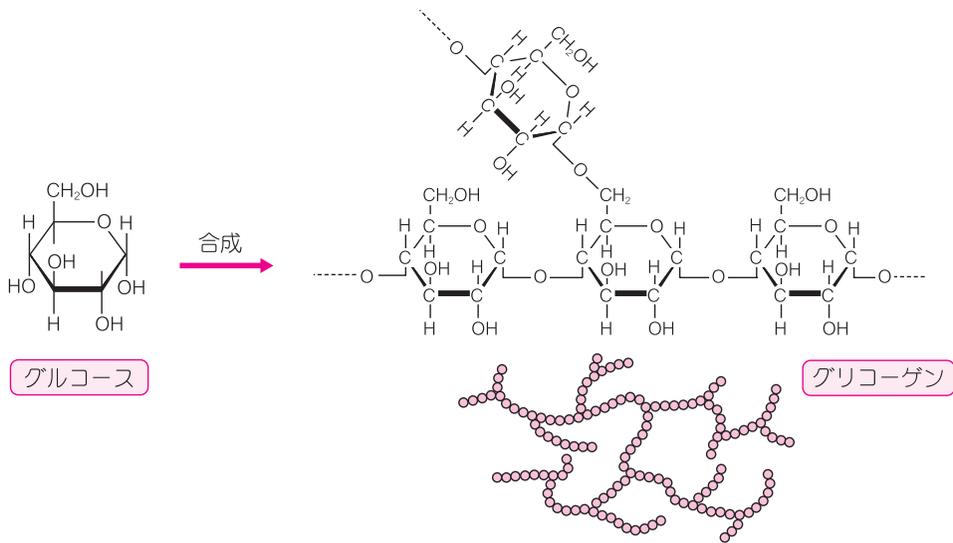


図4-2 グリコーゲンの構造

食後などに血液中のグルコース濃度が高くなると、肝臓や筋肉の細胞は、血液中の余剰なグルコースを細胞内に取り込み、グルコース 6-リン酸を経て、グリコーゲンを合成し貯蔵する（巻末の付図 1-A を参照）。

肝臓のグリコーゲン濃度は、5～8%程度であるのに対し、筋肉のグリコーゲン濃度は、0.5～1%程度とかなり低い。しかし、肝臓の重量に比べて筋肉重量は10倍程度大きいので、結果的に肝臓全体で60g、筋肉全体では80～160g程度のグリコーゲンが貯蔵されている。

3 グルコースからのエネルギー産生 —解糖系とクエン酸回路—

全ての細胞にはグルコースを分解し、エネルギー物質（ATP）を作り出す解糖系と呼ばれる代謝系がある（図 4-3）。解糖系は細胞質ゾルで行われ、グルコースがピルビン酸にまで代謝される間に、グルコース 1 分子から 2 分子の ATP が基質レベルのリン酸化によって産出される。作られる ATP は少量であるが、解糖系は酸素がまったくない無酸素（嫌氣的）状態でも ATP を供給できる。そのため、急激な運動時など酸素欠乏時での筋肉組織や、ミトコンドリアをもたない（クエン酸回路や電子伝達系をもたない）赤血球では、解糖系による ATP 産生が重要となる。

一方、酸素が十分にある有酸素（好氣的）状態では、解糖系による産生量よりも圧倒的に多い ATP をミトコンドリア内で作ることができる。解糖系によってグルコースから産生されたピルビン酸は、ミトコンドリアへ運ばれ、アセチル CoA に転換された後にクエン酸回路に入る。クエン酸回路では、NADH と FADH_2 が産生される。これらの物質は、電子伝達系の酸化リン酸化によって大量の ATP を作り出すことができる（図 4-3）。

なお、フルクトースやガラクトースといったグルコース以外の単糖類も、グルコースの

解糖系における中間代謝産物に変換され代謝される。

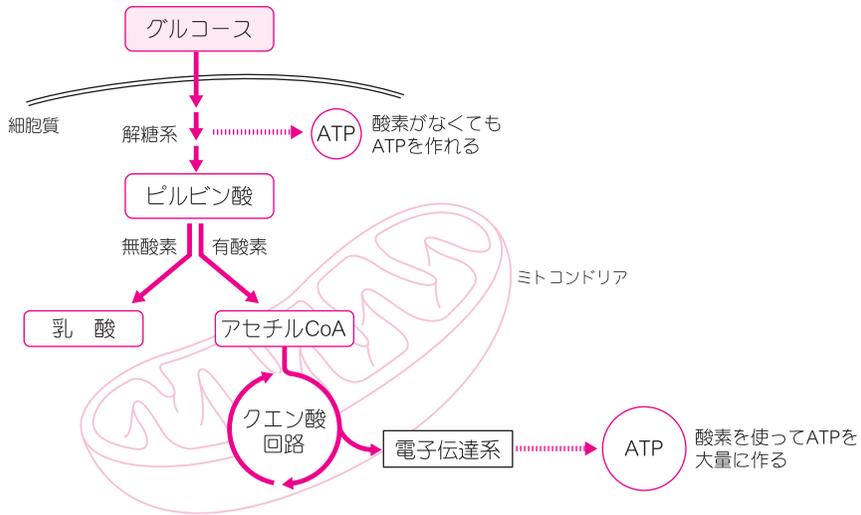


図4-3 グルコースからATPを作る

解糖系、クエン酸回路および電子伝達系におけるATP生成の詳細は巻末の付図1-B～Dを参照のこと。

4 グルコースから他の生体成分を作る — ペントースリン酸回路 —

グルコースの一部は、**ペントースリン酸回路**と呼ばれる代謝系で処理される。ペントースリン酸回路は、グルコース6-リン酸から出発して脂肪酸やステロイドの合成に必要なNADPHと、核酸（DNAやRNA）の材料となる**リボース5-リン酸**を作り出した後、再び解糖系に合流する経路である（図4-4）。そのため、解糖系の側路ともいわれている。

ペントースリン酸回路は、脂肪酸合成が盛んな肝臓、脂肪組織、授乳期の乳腺や、ステロイドホルモン合成が行われる精巣や副腎皮質などにおいて特に活発に行われる。

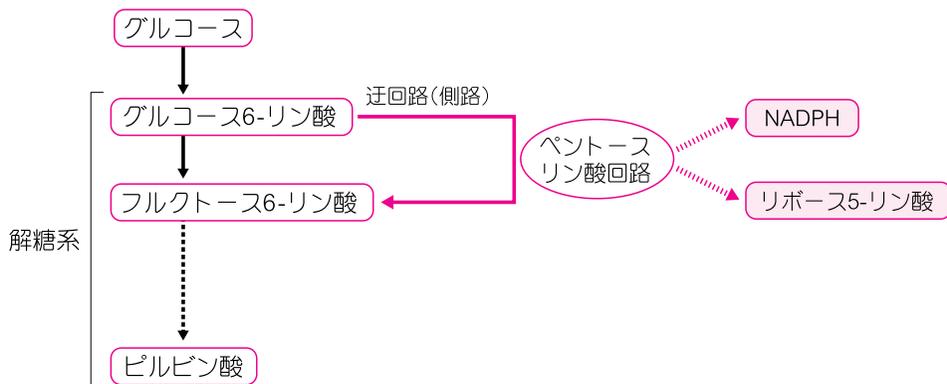


図4-4 ペントースリン酸回路