

栄養管理と生命科学シリーズ

基礎栄養学

小林 謙一 編著

理工図書

栄養管理と生命科学シリーズ

基礎栄養学

小林 謙一 編著

栄養管理と生命科学シリーズ

基礎栄養学

小林 謙一 編著

編集者

小林 謙一 ノートルダム清心女子大学 人間生活学部 食品栄養学科 教授

執筆者

井上 順 東京農業大学 応用生物科学部 農芸化学科 教授 (6 章)

江頭祐嘉合 千葉大学大学院園芸学研究科 教授 (5 章)

岸本 良美 摂南大学 農学部 食品栄養学科 准教授 (7 章)

國本あゆみ くらしき作陽大学 食文化学部 栄養学科 講師 (11 章)

小林 謙一 ノートルダム清心女子大学 人間生活学部 食品栄養学科 教授
(2 章、3 章、9 章)

小林 彰子 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授 (1 章 3)

真田 宏夫 千葉大学 名誉教授 (1 章 1、2)

鈴木 拓史 同志社女子大学 生活科学部 食物栄養科学科 准教授 (4 章)

松本 雄宇 駒沢女子大学 人間健康学部 健康栄養学科 助教 (8 章)

山田 徳広 摂南大学 農学部 食品栄養学科 教授 (10 章)

はじめに

「食えること」は「生きること」とよく言われる。

ヒトを含む動物は、須（すべか）らく、生き物を「食べ続けなければ」、生き続けることはできない。では、私たちは、「なぜ食べ続けなければならないのだろうか？」その問いに答えることは、意外と難しい。その答えは、いろいろあるかもしれないが、ひとつは「エネルギー」を得ることであり、もうひとつは私たち自身の「体をつくる」と言えるかもしれない。その一連の物語（ものがたり）が、この基礎栄養学だと言える。言い換えると、私たちが日々食べているものが、身体の内にとどのように「取り込まれ」、そして生きるために、どのように「使われていく」のかについて学ぶものであり、非常に身近な学問と言えるかもしれない。

この壮大な物語が明らかになったのは、栄養学者の先達が、多くの「知」へのあくなき考究の結果、得られたものである。しかし、食べることがあまりにもありふれた日常であるが故に、「栄養」の定義をはじめ、「栄養学」という学問領域が確立されたのは、比較的最近の事である。そこで第1章では、栄養学の定義を始め、栄養学の歴史についてみていくことから始めていく。また基礎栄養学は、非常にとっつきにくく、難しい科目であるというのが、多くの方々（学生）の一致した認識であろう。それは、基礎栄養学という物語を読み解くルール（単語や文法）を知っておかなくてはならないからである。そのルールが化学や生化学の知識である。しかし、化学全般をしっかりと学習していなければ、基礎栄養学を習得することが難しいかといえば、必ずしもそうではない。そこで、基礎栄養学を読み解くための化学的・生化学的知識のエッセンスについて、第2章で取り上げ、その後の理解が容易になるように心がけた。その上で、第3章では食物の摂取、食欲や生体リズムについて、第4章では消化・吸収と栄養素の体内動態について解説した。第5章から第9章までは、五大栄養素である炭水化物、脂質、たんぱく質、ビタミンそして無機質の栄養学的な意義について取り上げた。第10章では水と電解質、第11章ではエネルギー代謝について解説した。これらは、管理栄養士国家試験出題基準（ガイドライン）に示されている内容に合致するように構成されている。また、各章の項目ごとに確認問題を入れ知識の定着を図るとともに、章末には関連する管理栄養士国家試験の

過去問題を加えているので、この1冊を学習すれば、管理栄養士国家試験に突破できる学力を身につけることができるように配慮した。

近年、少子高齢化が急速に進み、生活習慣病が深刻な問題となっている。それに加えて、思わぬ感染症の流行が、これまでのあたりまえの社会生活を一変させることを、我々は痛感してきた。このような現代社会において、医療従事者の重要度が増してきていることに異論を唱える者はいないであろう。また、その中で患者のみならず、健康な老若男女にとっても、「食べること」、「栄養学」への認識が高まっており、そのスペシャリストとしての管理栄養士の重要度が増しているといえる。それが故に、管理栄養士は、日々の業務の中で埋没しがちである基礎的な知見についてもリカレント（学び直し）を行いつつ、日々最新知見をアップデートしていく必要がでてきた。

本書は、管理栄養士国家試験突破のための学生用の教科書としてはもちろんのこと、5年に一度改定される「日本人の食事摂取基準」に記載されている内容を深くかつ容易に理解できるようにすることを狙いとしている。

本書により、管理栄養士をはじめとする医療従事者を志す学生諸君のみならず、広く食品栄養関連で活躍しようと志向している学生諸君、すでに管理栄養士など社会で活躍されている方々が、栄養学の基礎的能力を高め、栄養学に関する科学的基盤を確固なものとすることができるならば、本書の編者・執筆者としてはこの上ない喜びである。

2021年3月1日

編者・執筆者を代表して 小林 謙一

目 次

第1章 栄養の概念／1

1 栄養の定義／2

1.1 生命の維持／2

1.2 健康保持／6

1.3 食物摂取／9

2 栄養と健康・疾患／10

2.1 栄養学の歴史／10

2.2 欠乏症／25

2.3 過剰症／31

2.4 生活習慣病／35

2.5 健康増進／40

3 遺伝形質と栄養の相互作用／41

3.1 遺伝子の機能に関する基礎／42

3.2 栄養素に対する応答の個人差の遺伝的背景／44

3.3 生活習慣病と遺伝子多型／46

3.4 儉約（節約）遺伝子仮説／47

3.5 栄養指標としての遺伝子型／50

章末問題／50

第2章 基礎栄養学に必要な生化学／57

1 栄養素の化学構造／58

1.1 糖質の構造／58

1.2 脂質の構造／62

1.3 たんぱく質・アミノ酸の構造／65

2 基礎栄養学における生化学反応の基礎／66

2.1 生命の定義／66

2.2 生体エネルギー学／68

2.3 中間代謝の概略／71

第3章 食物の摂取／75

1 空腹感と食欲／76

1.1 空腹感／76

1.2 食欲／76

1.3 食欲の調節／76

2 摂食量の調節／77

2.1 中枢における摂食調節／77

2.2 消化管による調節／78

2.3 血中濃度による調節／78

2.4 体温（食事誘発性熱産生）による調節／79

2.5 液性因子レプチンによる摂食調節／79

2.6 カテコールアミンによる摂食調節作用／80

2.7 セロトニンによる摂食抑制作用／81

2.8 ヒスタミンによる摂食抑制作用／81

2.9 ニューロペプチドY（NPY）とアグーチ関連たんぱく質（AGRP）／82

2.10 他の摂食調節物質／82

3 食事のリズムとタイミング／82

3.1 生体リズム／82

3.2 日内リズムと栄養／83

3.3 時計遺伝子／83

3.4 夜食と欠食／83

3.5 時間栄養学／84

章末問題／85

第4章 消化・吸収と栄養素の体内動態／89

1 消化器系の構造と機能／90

1.1 消化管の構造と機能／90

1.2 肝臓の基本構造と機能／94

2 消化・吸収と栄養素の特性／95

- 2.1 水溶性栄養素／95
- 2.2 疎水性栄養素／96
- 2.3 栄養素の吸収部位／96
- 3 消化過程／97**
 - 3.1 唾液腺／97
 - 3.2 胃腺／97
 - 3.3 膵臓／99
 - 3.4 胆のう（胆嚢）／102
 - 3.5 小腸／102
- 4 管腔内消化の調節／103**
 - 4.1 脳相、胃相、腸相／103
 - 4.2 自律神経系による調節／104
 - 4.3 消化管ホルモンによる調節／105
- 5 膜消化・吸収／106**
 - 5.1 膜消化／106
 - 5.2 膜の透過／106
- 6 栄養素別の消化・吸収／110**
 - 6.1 炭水化物の消化・吸収／110
 - 6.2 たんぱく質の消化・吸収／111
 - 6.3 脂質の消化・吸収／113
 - 6.4 ビタミンの消化・吸収／115
 - 6.5 ミネラルの吸収／117
- 7 栄養素の体内動態／119**
 - 7.1 門脈系（水溶性栄養素の体内動態）／120
 - 7.2 リンパ系（疎水性栄養素の体内動態）／120
 - 7.3 細胞外液／121
- 8 生物学的利用度（生物学的有効性）／121**
 - 8.1 消化吸収率／121
 - 8.2 栄養価／122
- 章末問題／122

第5章 炭水化物の栄養／131

- 1 概要／132
- 2 糖質の体内代謝／132
 - 2.1 食後の糖質代謝／132
 - 2.2 食間期の糖質代謝／133
 - 2.3 糖質代謝の臓器差／134
- 3 血糖とその調節／141
 - 3.1 インスリンの作用／141
 - 3.2 血糖曲線／144
 - 3.3 肝臓の役割／144
 - 3.4 筋肉・脂肪組織の役割／144
 - 3.5 コリ回路とグルコース・アラニン回路／145
- 4 エネルギー源としての作用／146
 - 4.1 炭水化物エネルギー比率／146
 - 4.2 たんぱく質節約作用／147
- 5 他の栄養素との関係／147
 - 5.1 相互変換／147
 - 5.2 ビタミン B₁ 必要量の増加／148
- 6 食物繊維・難消化性糖質／149
 - 6.1 不溶性食物繊維と水溶性食物繊維／149
 - 6.2 難消化性糖質／150
 - 6.3 短鎖脂肪酸と腸内細菌／150
- 章末問題／151

第6章 たんぱく質の栄養／159

- 1 たんぱく質の栄養／160
 - 1.1 たんぱく質・アミノ酸の構造／160
 - 1.2 たんぱく質・アミノ酸の体内代謝／162
 - 1.3 アミノ酸の臓器間輸送／175
 - 1.4 摂取するたんぱく質の量と質の評価／178
 - 1.5 他の栄養素との関係／182
- 章末問題／183

第7章 脂質の栄養／193

1 脂質の種類と働き／194

1.1 トリグリセリド（トリアシルグリセロール）／194

1.2 脂肪酸／194

1.3 リン脂質／197

1.4 コレステロール／198

2 脂質の体内代謝／199

2.1 脂質の臓器間輸送／199

2.2 食後・食間期の脂質代謝／201

3 コレステロール代謝の調節／207

3.1 コレステロールの合成・輸送・蓄積／207

3.2 フィードバック調節／208

3.3 ステロイドホルモン／208

3.4 胆汁酸の腸肝循環／209

4 摂取する脂質の量と質の評価／210

4.1 脂肪エネルギー比率／210

4.2 必須脂肪酸／210

4.3 飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸／211

4.4 n-6 系脂肪酸、n-3 系脂肪酸／212

4.5 脂肪酸由来の生理活性物質／213

4.6 食事性コレステロール／214

5 他の栄養素との関係／215

5.1 ビタミンB₁節約作用／215

5.2 エネルギー源としての糖質の節約作用／215

5.3 糖質からの脂肪酸の合成／215

5.4 脂質代謝に関わるビタミン／215

章末問題／216

第8章 ビタミンの栄養／225

1 ビタミンの種類と構造／226

1.1 ビタミンの定義と分類／226

- 1.2 脂溶性ビタミン／229
- 1.3 水溶性ビタミン／238
- 2 腸内細菌叢とビタミン／252
- 3 生体内代謝とビタミンの関係／252
 - 3.1 エネルギー代謝とビタミン／252
 - 3.2 糖質代謝とビタミン／253
 - 3.3 脂質代謝とビタミン／253
 - 3.4 アミノ酸・たんぱく質代謝とビタミン／254
 - 3.5 核酸代謝とビタミン／255
- 章末問題／256

第9章 無機質の栄養／263

- 1 無機質の種類と栄養学的機能／264
 - 1.1 無機質とは／264
 - 1.2 無機質の一般的機能／265
- 2 骨組織と無機質／266
 - 2.1 カルシウム／266
 - 2.2 リン／271
 - 2.3 マグネシウム／274
- 3 無機質と生体調節機能Ⅰ 無機質と電解質／277
 - 3.1 カリウム／277
 - 3.2 ナトリウム／278
- 4 無機質と生体調節機能Ⅱ 無機質と酵素賦活作用／279
 - 4.1 鉄／279
 - 4.2 銅／283
 - 4.3 亜鉛／285
 - 4.4 セレン／288
 - 4.5 マンガン／288
 - 4.6 モリブデン／289
- 5 無機質と生体調節機能Ⅲ その他／290
 - 5.1 クロム／290
 - 5.2 ヨウ素／291

6 その他のミネラル／293

- 6.1 塩素／293
- 6.2 硫黄／293
- 6.3 コバルト／294
- 6.4 ホウ素／294
- 6.5 フッ素／294

章末問題／295

第10章 水・電解質の栄養的意義／303

1 生体内の水／304

- 1.1 体内における水の分布／304
- 1.2 水の特徴と機能／306
- 1.3 水の出納／313
- 1.4 体液の調節／316
- 1.5 体液調節の異常（水の欠乏と過剰）／319

2 電解質の代謝と役割／322

- 2.1 電解質とは／322
- 2.2 体液の pH とアシドーシス・アルカローシス／322
- 2.3 高血圧とナトリウムイオン (Na^+)、カリウムイオン (K^+)／326

章末問題／328

第11章 エネルギー代謝／337

1 エネルギー代謝の概念／338

- 1.1 エネルギー代謝とは／338
- 1.2 エネルギーの単位／338
- 1.3 栄養素の物理的燃焼値と生理的燃焼値／339
- 1.4 エネルギー消費量／341
- 1.5 基礎代謝量／341
- 1.6 安静時代謝量／346
- 1.7 睡眠時代謝量／346
- 1.8 食事誘発性熱産生／346

1.9 身体活動エネルギー消費量／347

1.10 臓器別エネルギー代謝／349

1.11 臓器別エネルギー源／350

1.12 エネルギー代謝の測定法／351

章末問題／356

付 表／363

本書の利用法

本書には内容を効果的に理解する目的で、随所に例題として5者択一の問題が配されています。教科書中の重要な箇所の文章を用いて作成したものであり、国家試験頻出箇所でもあります。

1. まず第1に教科書を精読して下さい。
2. 例題問題を解答を見ないで解いて下さい。難しいと思いませんか。
3. 分からない時は問題文と関係のある本文の文章を探して下さい。必ずあなたが今解いている例題のごく前近辺に解答の文章があります。
4. 見つけたらよく読んで、再度、例題を解いてみて下さい。今度は簡単だと思いませんか。
5. 各例題を解くたびに、1から4の行為を繰り返して下さい。

章末問題にはピンクの四角囲いの空欄がありますが、問題を解いた後などで忘れてはいけない重要事項をメモするために設けたものです。効果的に利用して下さい。



第1章

栄養の概念

達成目標

- この章では栄養とはどのような現象か、栄養素とは何か、栄養学がなぜ必要なのかなどについて、概括的に理解することを目標とする。そのためには、栄養学が発展してきた経緯とともに、栄養学を構築している学術的諸要素の骨格を把握し、その知識をさらなる栄養学の発展やその応用・実践などに広げる場合の手がかりとしていただきたい。

1 栄養の定義

ヒトや動物は生まれて以後、毎日飲食物を摂取しながら生きている。その理由は知らなくても、誰もが食べなければ空腹になり食欲が生じて飲食を繰り返して生活している。飲食が十分でなければ健康を害し、やがて死につながることは自明のこととして古くから認められてきた。しかし、ヒトや動物がなぜ食べなくては生きて行けないのか、摂取した食物が体内でどうなるのかという疑問に科学の光があたり、食物と健康や病気との関係が解明され始めたのは近世になって以後のことである。「**栄養**」という言葉は「生命を維持するため、外界から必要な物質を取り入れ、その物質を代謝し生体の構成成分にするとともに、生物活動に必要なエネルギーの生成に利用する営み」を意味する言葉である。そして外界から食物として取り入れるべき身体に必要な成分を「**栄養素**」という。

1.1 生命の維持

生物とは何か、生命とは何かという疑問は、有史以来、常に我々人類にとって大きな関心事であった。生物は生体をもつとともに、成長、繁殖を行い、ヒトなどの動物であれば運動や思考も行う。したがって、生命の維持に必要な栄養素とは、その身体を正常に保つのに必要な体構成成分、生命活動に必要なエネルギー源となる成分、およびそれらの働きを維持・調節するための成分である。

ヒトの身体を構成する元素や成分は表 1.1 に示すように元素にあつては水素、酸素、炭素、窒素、カルシウム、リンなどが多い。また、成分としては水が最も多いが、その他に多い成分としては**たんぱく質、脂質、炭水化物（糖質）^{*1}、ミネラル（無機質）^{*2}**などがある。これらの成分は、子供や胎児などの成長の際にはその組織の増加分だけ増えることは容易に推定できるが、既に成熟しほとんど成長のない成人についてもこれらの成分は常に新しいものと入れ替わっており、古い成分は分解するなどして排泄されている（代謝とよばれる）。このため、ほとんど成長のない成人であってもその身体を正常に保つためには常に食事から新たな成分を摂取する必要がある。

^{*1} 炭水化物（糖質）：炭素（C）と水（H₂O）からなる C_n(H₂O)_n のような一般式で示される化合物の総称で、糖質ともいう。

^{*2} ミネラル（無機質）：栄養学的には、有機物を構成する炭素、酸素、水素、窒素以外の生体構成元素をいう。

表 1.1 人体の元素組成および成分組成の概略

A. 人体の水分以外の元素組成		B. 人体の成分組成 (体重 65kg)	
元 素	組成 (%)	成 分	組成 (%)
炭素	50	たんぱく質	17
酸素	20	脂質	13.8
水素	10	炭水化物	1.5
窒素	8.5	水	61.6
カルシウム	4	ミネラル	6.1
リン	2.5	ただし、水分と脂肪の変動は大きい	
カリウム	1		
イオウ	0.8		
ナトリウム	0.4		
塩素	0.4		
マグネシウム	0.1		
鉄	0.01		
マンガン	0.001		
ヨウ素	0.00005		

Harper's Biochemistry R.K. Murray, D.K. Granner, P.A. Mayes
and Rodwell V.W. 25th edition, McGraw-Hill, 2000, pp.7

ヒトや他の動物は細胞や組織、器官をもつだけでなく、生きている限り生命活動を行っている。その生命活動には運動や神経活動に必要なエネルギー、ならびに食物を外部より摂取、消化吸収し、自身の体構成成分に作り変えるためのエネルギーなどを体内で作り出す必要がある。このようなエネルギーの生成は基本的には暖房のため灯油や薪を燃やすのと同様に体内で糖質や脂質やたんぱく質を酸化することによって得られる。ただし、得られるエネルギーは直接熱にはならず化学エネルギー^{*3}（主に後述するアデノシン三リン酸（ATP）などの高エネルギーリン酸結合エネルギー）として生体の反応に利用され、その過程で筋肉の運動、神経活動、物質の代謝的変換^{*4}、成分の膜透過などのエネルギーとなり、最終的には熱エネルギーとして体外に放出される。また、このエネルギー獲得に対応した体内燃焼のため、常に外部より酸素を取り入れ、酸化の結果、生成する二酸化炭素を体外に吐き出すことが必要であり、これが呼吸である。また、体内の反応のほとんどは水溶液中で酵素とよばれる反応を触媒するたんぱく質の働きにより行われるため、生命活動に

^{*3} 化学エネルギー：元素が結合して化合物ができるが、その結合にはエネルギーが必要であり、このようなエネルギーをいう。燃焼により炭素や水素が酸化し、二酸化炭素や水になるとき、この反応の前後の化合物のエネルギーの差が熱として放出される。

^{*4} 代謝的変換：体内で糖質を分解して脂質に作り変えたり、たんぱく質を分解して糖質に作り変えたりすること。その反応に必要な酵素群が代謝系を構成している。

は水が不可欠である。

また、我々の生命活動には体の構成成分やエネルギー源として必要な成分とともに、生体内の環境を整える物質や、酵素による代謝反応を円滑に進めるために必要な**補酵素・補因子**^{*5}、および生体の反応や組織の成長の調節に必要なホルモンや生理活性物質^{*6}などの物質群が必要である。それらのなかには栄養学的に重要なものとして血液や細胞内液、細胞間液などでイオンとなって浸透圧^{*7}、水素イオン濃度（pH）、緩衝作用^{*8}などを調節するナトリウム、カリウム、リン酸、塩素、カルシウム、マグネシウムなどのイオンが存在し、補酵素・補因子などの反応を助ける物質として各種のビタミンや鉄、マグネシウム、銅、などが必要である。

これらの我々の身体の維持や生命活動を支える物質群のうち、ある物質は体内で合成できるが、我々の体内で全くあるいは十分合成できないために食物成分として摂取しなければならない成分が栄養素である。栄養素には、**糖質、脂質、たんぱく質、ミネラル（無機質）、ビタミン**などがあり、この他に我々の消化酵素では消化されないが、消化管内の生理作用により健康の保持に必要とされるものに**食物繊維**がある（図 1.1）。これらのうち糖質は米や小麦などのでんぷんや乳糖、砂糖（スクロース）、グルコース、フルクトースなどの炭水化物で、主たるエネルギー源と

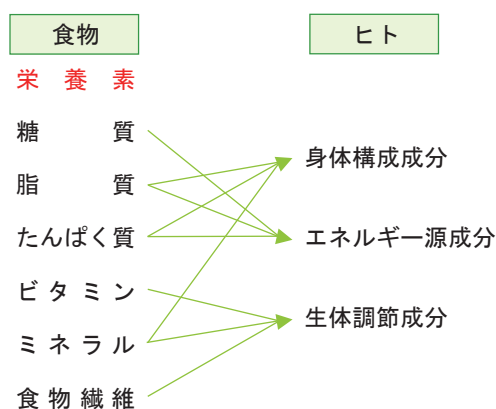


図 1.1 各栄養素の主な役割

^{*5} 補酵素・補因子：酵素たんぱく質の働きを助ける物質群を補因子といい、補因子のうち、低分子の有機化合物を補酵素という。補因子には各種の金属イオンも含まれる。

^{*6} 生理活性物質：ホルモンだけでなく、各種のサイトカイン、成長因子などの細胞に作用することにより生理機能を調節する物質群。

^{*7} 浸透圧：半透膜の両側の溶液の濃度に差があるとき、膜にかかる圧力。細胞膜も半透膜であり、赤血球を通常の水に入れると細胞内の浸透圧のため破裂する。

^{*8} 緩衝作用：外部から水素イオンや塩基性イオンが入ってきても、溶液の水素イオン濃度（pH）が容易に変動するのを抑制する作用。

して重要である。

脂質としては食用油脂などの**脂肪**^{*9}が重要であり、糖質と同様にエネルギー源として利用される他、細胞膜などの構成成分や体脂肪組織成分としても重要である。また、食品脂肪から摂取する必要のある成分にはヒト体内では合成できない必須脂肪酸もある。肉や卵などの主成分であるたんぱく質は約 20 種類の**アミノ酸**^{*10}からなり、これらのアミノ酸を使って身体のだんぱく質を合成するために必要である。

我々の身体を構成しているたんぱく質の構造、すなわちどのようなアミノ酸がどのような順序で結合したたんぱく質かということは**遺伝子**^{*11}によって決められている。また、9 種類の不可欠アミノ酸（必須アミノ酸）とよばれるアミノ酸は、我々の身体内ではまったく合成できないか十分には合成できないものである。このため、不可欠アミノ酸が 1 種類でも不十分な場合は、必要なたんぱく質が十分合成できないことになる。摂取たんぱく質の重要性は第一に身体たんぱく質の合成素材の供給にあるが、その一部はエネルギー源としても利用される。

ミネラルとしては体内に比較的多く含まれる**カルシウム (Ca)**、**マグネシウム (Mg)**、**リン (P)**、**イオウ (S)**、**ナトリウム (Na)**、**カリウム (K)**、**塩素 (Cl)** の多量ミネラル（マクロミネラル）とよばれる 7 元素と、微量しか含まれない**鉄 (Fe)**、**亜鉛 (Zn)**、**銅 (Cu)**、**ヨウ素 (I)**、**セレン (Se)**、**マンガン (Mn)**、**コバルト (Co)**、**モリブデン (Mo)**、**クロム (Cr)** の微量ミネラル（ミクロミネラル）とよばれる 9 元素の合計 16 元素が必要とされている。ビタミンとしては脂溶性の**ビタミン A**、**ビタミン D**、**ビタミン E**、**ビタミン K** の 4 種類、ならびに水溶性の**ビタミン B₁**、**ビタミン B₂**、**ビタミン B₆**、**ビタミン B₁₂**、**ナイアシン**、**葉酸**、**パントテン酸**、**ビオチン**、**ビタミン C** の 9 種類のビタミンの合計 13 種類のビタミンが必要である。

これらの糖質、脂質、たんぱく質、ミネラル、ビタミンなどの栄養素は日々の生命維持に必要なエネルギーの発生や代謝などのために常にその一部が体内より失われている。したがって、生命の健全な維持のためには不足した栄養素を食物から補う必要がある。ヒトや動物は二酸化炭素と水からこれらの物質を作り出すことはできない。糖質を二酸化炭素と水から太陽のエネルギーを利用して新生（光合成）できるのは植物であり、その糖質と無機窒素化合物からたんぱく質を合成できるのも

^{*9} 脂肪 (fat)：通常グリセロール 1 分子に 3 分子の脂肪酸がエステル結合した物質で、通常の食用油脂の主要成分。

^{*10} アミノ酸：有機化合物中、同じ分子内にアミノ基とカルボキシル基を併せ持つ低分子化合物。アミノ酸分子がこのアミノ基とカルボキシル基によって結合し、高分子になったものがたんぱく質。

^{*11} 遺伝子：親の性質を子に伝えるための情報を担う機能単位で、その本体は 4 種類の塩基 (A, T, C, G) を含む高分子のデオキシリボ核酸であり、その塩基の配列が情報となっている。

植物である。また、ほとんどのビタミンの合成も植物や微生物の働きに頼っている。ミネラルも一部は食塩などとして直接食品の製造や調理に用いられるものの、その大部分は植物が大地から吸収したものが食品成分のミネラルとして利用されている。したがって、我々はこれらの栄養素の供給を基本的には植物に頼っているのである。もちろん、一部の栄養素は植物から食物連鎖によりこれを摂取する動物の体内に蓄積するので、肉、牛乳、卵、魚などの動物性食品から供給するほうが効率がよい栄養素もある。

摂取した食物中の栄養素が体内に入るためには、消化と吸収の過程を経なくてはならない。例えば、代表的な糖質であるでんぷんはグルコースの重合体^{*12}であるが、そのままでは吸収されず、消化酵素によりグルコースとなってから吸収される。他の栄養素も消化や吸収を経て体内に取り込まれる。それらの栄養素がどのように利用されるかは、生体の状況により多少異なる。その様相は各栄養素の章で説明する。

例題 1 栄養と栄養素に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. 栄養とは生命を維持するため、必要な物質を取り入れ、その物質を代謝し生物活動に必要なエネルギーとして利用する営みをいう。
2. 栄養素とは、生命を維持し、生活活動を営むために外界から取り入れるべき身体に必要なエネルギーのことである。
3. 人体の水分以外で最も多い元素は、窒素である。
4. 体内の代謝反応には、水を必要としない。
5. 体内の反応は、酵素とよばれる反応を触媒する脂質の働きにより行われる。

解説 2. 栄養素とは、生命を維持し、生活活動を営むために外界から食物として取り入れるべき身体に必要な成分のことである。 3. 人体の水分以外で最も多い元素は炭素である（表 1.1 参照）。 4. 体内の代謝反応のほとんどは水溶液中で行われるため、生命活動には水が不可欠である。 5. 酵素はたんぱく質である。

解答 1

1.2 健康保持

食物は単に生命の維持のためだけではなく、健康で楽しく意義のある人生を過ご

^{*12} 重合体：ポリマーともいう。グルコースなどの糖やアミノ酸などの同種の低分子化合物が多数結合して生成した高分子化合物。

が弱いため、この対立遺伝子を両親から受け継いだ人は非常にアルコールに弱くなる。2・2型の遺伝子は東洋人に多くみられ（表1.2）、その結果、東洋人は酒が弱い人が多い。

表1.2 ALDH2の世界分布

人種	ALDH2 欠損率	人種	ALDH2 欠損率
日本人	44%	韓国人	28%
中国人	41%	フィリッピン人	13%
タイ人	10%	インド人	5%
ハンガリー人	2%	スウェーデン人	0%
ドイツ人	0%	フィンランド人	0%
イスラエル人	0%	ナバホー人 (アメリカ原住民)	2%
エジプト人	0%		
ケニア人	0%		

出典) 樋口 進 編「アルコール臨床研究のフロントライン」から改変

3.3 生活習慣病と遺伝子多型

(1) 遺伝性素因と環境要因

生活習慣病の場合には、何種類かの遺伝的要因と、さまざまな環境要因が重なって引き起こされると考えられている。なかでも食生活は生活習慣病の大きな要因のひとつとなっている（表1.3）。したがって、生活習慣病の発症と、それに関与する遺伝性素因が明らかになれば、例え遺伝的には不利な素因をもったヒトでも、食生活をはじめとするライフスタイルを改善することにより生活習慣病の発症を抑えることが可能になる。

表1.3 生活習慣病の原因となる代表的な生活習慣

	引き起こされる生活習慣病
食 習 慣	高血圧とそれに続く脳卒中、肥満とそれに続く高脂血症（家族性のものを除く）、高血糖、2型糖尿病、大腸がん（家族性のものを除く）、高尿酸血症
運動不足	肥満、高脂血症、2型糖尿病、高血圧
喫 煙	肺扁平上皮がん、肺気腫、慢性気管支炎、歯周病、循環器病、胃がん
飲 酒	アルコール性肝疾患、食道がん、高尿酸血症

(2) 遺伝子多型と SNP

同一遺伝子のわずかな差異を多型という。対立遺伝子頻度（アリアル、アレル頻度ともいう。相互に区別できる遺伝子の変異体で同一の遺伝子座にあるものが現れ

る頻度)が1%以上を多型、1%未満を変異という。なかでもわずか1カ所の違いで生じる多型を一塩基多型 (single nucleotide polymorphism: SNP ; スニップ) という。ヒトのゲノムには平均すると1,000塩基に1個の割合でSNPが存在すると考えられているが、遺伝子多型の頻度は個々人で異なり、ゲノム上に点在している遺伝子多型が個人の体質を決定しているといえる。変異が出現する箇所によっては、たんぱく質の表現型へ構造変化、欠損、失活などの影響を与え、場合によっては直接病気に結びつくことがある。病気の原因遺伝子や薬物代謝酵素、薬物の輸送体、受容体には多くのSNPが存在し、これらが個々人の病気のなりやすさ、薬の効き方の違いや副作用の違いに関与している。これらのSNPを解析し、個人個人にあった薬を処方するテーラーメイド医療が行われることが期待されている。

例題 11 生活習慣病と遺伝子多型に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. 生活習慣病は、さまざまな環境要因が原因で発症し、遺伝的要因には影響されない。
2. 遺伝的には不利な素因をもったヒトは、食生活を改善しても生活習慣病の発症を抑えることはできない。
3. 遺伝子多型が出現する箇所によっては、直接病気に結びつくことがある。
4. 遺伝子多型の出現頻度は個々人で異ならない。
5. 個人の体質は遺伝子多型だけではなく、出生後の生活環境にも影響される。

解説 1. 生活習慣病は、何種類かの遺伝的要因と、さまざまな環境要因が重なって引き起こされる。 2. 遺伝的には不利な素因をもったヒトでも、食生活を改善することで生活習慣病の発症を抑えることができる。 4. 遺伝子多型の出現頻度は個々人で異なる。 5. 個人の体質は遺伝子多型によって決定される。 **解答 3**

3.4 儉約(節約)遺伝子仮説

1962年、アメリカの遺伝学者であるジェームズ・ニール (James Neel) は、アメリカやオセアニアの先住民の間で、生活習慣の近代化に伴い肥満や2型糖尿病が急増した原因を解明するため、集団遺伝学の立場から、**儉約遺伝子仮説**を提唱した。この仮説は、食糧を十分に摂取することができなかった原始時代では、からだは余剰のエネルギーを効率よく脂肪(エネルギー)として蓄積し、飢餓時にはこの蓄えたエネルギー源を儉約しながら使うことにより、食糧難を生き抜くことができた

する説である。彼はこのようなエネルギーを効率的に貯蓄し儉約して働く遺伝子素因のことを儉約遺伝子と名づけた。

食糧難の時代には儉約遺伝子是有利に働いたが、飽食の時代となった現代社会では、儉約遺伝子の働きにより過剰となった食物エネルギーが脂肪へと効率よく変換され蓄積されることは、糖尿病や肥満の発症を誘発させる。

現在、儉約遺伝子の役割を果たしていると推察されているものに、 β_3 アドレナリン受容体遺伝子、PPAR (peroxisome proliferator-activated receptor) γ などがある。 β_3 アドレナリン受容体は、褐色・白色脂肪細胞に発現しており、エネルギー消費、体熱産生に関わっている。アドレナリンやノルアドレナリン^{*57} のシグナルを受けると脂肪細胞内にあるホルモン感受性リパーゼが活性化され、トリアシルグリセロールから脂肪酸が切り出される。切り出された脂肪酸は β 酸化により酸化されるとともに、褐色脂肪細胞のミトコンドリアに存在する脱共役たんぱく質^{*58} (uncoupling protein: UCP) に働きかけ、プロトン (H^+) チャンネルを開放させることにより、 β 酸化により得られたエネルギーは熱として拡散される。 β_3 アドレナリン受容体と肥満には密接な関係があり、2型糖尿病の発症率が高い米国アリゾナ州に居住するアメリカ原住民であるピマインディアンや、重篤な肥満症患者 (BMI40) において β_3 アドレナリン受容体遺伝子に変異 (β_3 アドレナリン受容体の64番目のアミノ酸がトリプトファンからアルギニンに変異したタイプ; Trp64Arg) がみついている。この遺伝子の変異をもつ人は、基礎代謝量が標準タイプの人に比べて1日あたり200 kcal 近く低下するといわれており、日本人には3人に1人の割合でこの変異がみられる。またUCP1遺伝子もSNPがあると、基礎代謝量は1日100 kcal 低下してしまうが、このSNPも日本人の1/4がもっている。

PPAR γ はリガンド依存性の核内受容体であり、脂肪細胞の分化と肥大に関与している。PPAR γ はRXRと緩く結合して二量体、つまりヘテロダイマーを形成し、標的遺伝子の上流にある応答エレメント (peroxisome proliferator response element: PPRE) に結合している (図1.5)。PPARやRXRにリガンドが結合しない状態ではコリプレッサーといわれる補抑制物質が結合し、標的遺伝子の転写は抑制されているが、チアゾリジン誘導体や9-cis レチノイン酸などのリガンドが結合する

^{*57} アドレナリン、ノルアドレナリン：副腎髄質ホルモン。アドレナリン受容体に直接作用し、血中に放出されると心拍数、血圧、血糖値を上げる作用などがある。

^{*58} 脱共役たんぱく質：サーモゲニン (thermogenin) とよばれ、プロトンチャンネルを形成するたんぱく質。電子伝達系で生じたプロトンイオンの濃度勾配をATP合成と共役することなく、そのエネルギーを熱として放出する。

とコリプレッサーは解離し、コアクチベーターといわれる共役因子たんぱく質が結合し、標的遺伝子の転写が活性化され、前駆脂肪細胞が成熟脂肪細胞へと分化する(図 1.5)。チアゾリジン誘導体は、インスリン抵抗性を改善する糖尿病治療薬として注目されている。糖尿病患者における成熟脂肪細胞は肥大化し、その結果インスリン抵抗性が増大する。チアゾリジン誘導体を投与することにより、前駆脂肪細胞の分化を促し、肥大した大型脂肪細胞のアポトーシス^{* 59}を促すことにより、インスリン抵抗性を改善すると考えられている。

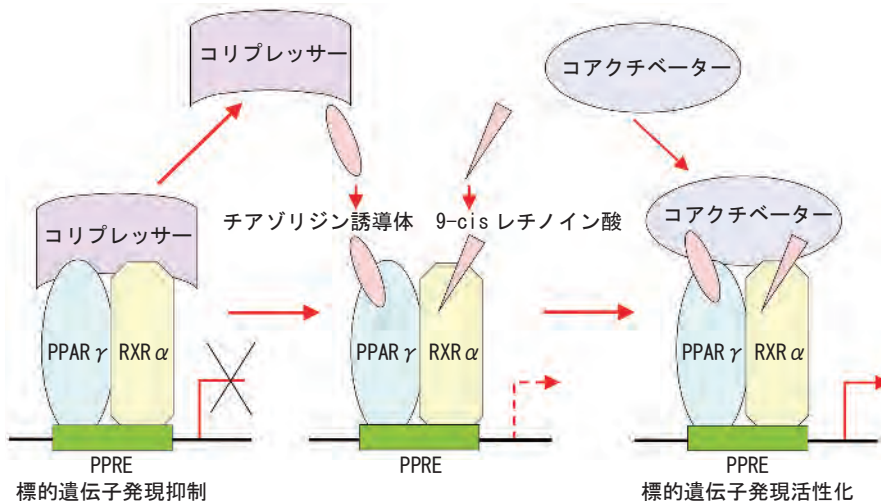


図 1.5 PPAR γ /RXR による転写活性化機構

例題 12 儉約遺伝子仮説に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. 儉約遺伝子仮説を提唱したのはアメリカの遺伝学者であるゴールドベルガー (Goldberger) である。
2. 儉約遺伝子とは飢餓に備えて脂肪を節約してエネルギーを蓄えるという遺伝子である。
3. 儉約遺伝子仮説とは、儉約遺伝子の働きにより過剰となった脂肪を効率よく燃焼させ、糖尿病や肥満の発症リスクを抑制するという説である。
4. β_3 アドレナリン受容体遺伝子、PPAR γ 、脱共役たんぱく質は儉約遺伝子の候補である。

* 59 アポトーシス：細胞が生理的条件下でその細胞自身の機能により積極的に死ぬこと。

解説 1. アメリカの遺伝学者であるジェームズ・ニールである。 2. 俟約遺伝子とは飢餓に備えてエネルギーを節約して脂肪を蓄えるという遺伝子である。 3. 俟約遺伝子仮説とは、俟約遺伝子の働きにより過剰となった食物エネルギーが脂肪へと効率よく蓄積され、糖尿病や肥満を誘発させるという説である。 **解答 4**

3.5 栄養指標としての遺伝子型

近年、生活習慣病に関連した SNP が多数明らかにされており、これらの遺伝情報を活用して個人に最適な栄養管理を目指す「**テーラーメイド栄養**」による生活習慣病予防の実現が待たれている。

例えば、上述の β_3 アドレナリン受容体遺伝子や UCP1 遺伝子の多型をもつ人は BMI (body mass index) が高く、インスリン抵抗性も高いため、内臓脂肪が蓄積しやすいことが知られている。また、高血圧と関連する SNPs としてアンギオテンシノーゲン遺伝子の多型である M235T (アンギオテンシノーゲンの 235 番目のアミノ酸がメチオニンからトレオニンに変異したタイプ) がある。この SNP をもつ人は血液中のアンギオテンシノーゲン濃度が、もたない人より高く、重症の高血圧患者に高頻度でみられる。今後、このような遺伝子が数多く特定されれば、個人の遺伝子を調べることにより、信頼性の高い個別の栄養指標として用いることが可能になるだろう。

章末問題

1 栄養の定義、栄養と健康・疾患に関する記述である。正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 栄養とは、生物が生命を維持するために摂取すべき物質のことをいう。
2. 栄養素には、生体内において他の栄養素に変換されるものがある。
3. 欠乏症は、潜在的な欠乏状態を経て生じる。
4. エネルギーの過剰摂取は、マラスマスを誘発する。
5. 飽和脂肪酸の過剰摂取は、循環器疾患のリスクを下げる。(第32回国家試験)

解説 1. 栄養とは、生物が生命を維持するために摂取すべき物質を体内に取り入れること。また、それらを代謝しエネルギーとして利用する過程。 4. エネルギーの欠乏は、マラスマスを誘発する。 5. 飽和脂肪酸の過剰摂取は、循環器疾患のリスクを高める。 **解答 2、3**

2 栄養学の歴史に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. リービッヒ (Liebig) は、窒素定量法を確立した。
2. マッカラム (McCollum) は、エネルギー換算係数を提唱した。
3. フンク (Funk) は、ビタミンKを発見した。
4. クレブス (Krebs) は、腓臓にリパーゼが存在することを発見した。
5. 鈴木梅太郎は、抗脚気因子を発見した。 (第31回国家試験)

解説 1. リービッヒは食物の摂取と排泄、呼吸などの物質収支を調べた。 2. マッカラムはビタミンDを発見した。 3. フンクは、米ぬかから脚気に有効な因子を分離し、ビタミンと名付けた。 4. クエン酸回路および尿素サイクルを発見した。

解答 5

3 遺伝子多型と節約遺伝子に関する記述である。正しいのはどれか。2つ選べ。

1. フェニルケトン尿症は、遺伝子多型によって発症する。
2. 遺伝子多型の出現頻度には、人種差は存在しない。
3. 節約(節約)遺伝子とは、体脂肪の蓄積しやすい体質を生む遺伝子である。
4. 節約(節約)遺伝子仮説を唱えたのは、リネン (Lynen F) である。
5. 脱共役たんぱく質 (UCP) 遺伝子は、節約(節約)遺伝子の候補である。

(第30回国家試験)

解説 1. フェニルケトン尿症は、遺伝子多型では発症しない。 2. 遺伝子多型の出現頻度には、人種差は存在する。 4. 節約(節約)遺伝子仮説を唱えたのは、ジェームズ・ニールである。

解答 3、5

4 栄養素の過剰摂取とその病態の組合せである。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. たんぱく質 ----- クワシオルコル 2. 脂質 ----- 貧血
3. ビタミンD----- 頭蓋内圧亢進 4. カルシウム ---- ミルクアルカリ症候群
5. 銅 ----- ヘモクロマトーシス (第29回国家試験)

解説 1. クワシオルコルは、たんぱく質の欠乏が主な原因である。栄養失調症として、クワシオルコルやマラスムスがあるが、特にクワシオルコルではたんぱく質の摂取不足が著明である。 2. 脂質の過剰摂取は動脈硬化の要因となり、脳梗塞などの血管系の疾患に関与する。貧血は、鉄や葉酸、ビタミンの欠乏などによって起こる。 3. 頭蓋内圧亢進はビタミンA過剰摂取によって起こる。ビタミンDの欠乏は、くる病および骨軟化症の原因となる。 5. 銅は先天的代謝異常による過剰症としてウィルソン病がある。ヘマクロマトーシスは、先天的な鉄の代謝異常による鉄の過剰な蓄積が原因となる。

解答 4

5 栄養学の歴史に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. ルブネル (Rubner M) は、特異動的作用 (食事誘発性熱産生) を発見した。
2. クレブス (Krebs HA) は、呼吸が燃焼と同じ現象であることを明らかにした。
3. ラボアジエ (Lavoisier AL) は、米ぬかの抗脚気因子をビタミンと命名した。
4. フンク (Funk C) は、不可欠アミノ酸 (必須アミノ酸) の概念を確立した。
5. ローズ (Rose WC) は、クエン酸が酸化されてオキサロ酢酸になる回路を発見した。

(第28回国家試験)

解説 2. ラボアジエは、呼吸が燃焼と同じ現象であることを明らかにした。 3. フンクは、米ぬかの抗脚気因子をビタミンと命名した。 4. ローズは、不可欠アミノ酸 (必須アミノ酸) の概念を確立した。 5. クレブスは、クエン酸が酸化されてオキサロ酢酸になる回路 (クエン酸回路) を発見した。

解答 1



第2章

基礎栄養学に必要な生化学

達成目標

- 基礎栄養学で必要になってくる糖質、脂質、たんぱく質に関する化学的性質を理解する。
- 生化学反応の基礎であるエネルギー代謝について理解する。

1 栄養素の化学構造

基礎栄養学は、生化学と連動している基礎科目であり、生化学の知識の上に成り立っているといっても過言ではない。基礎栄養学で主に取り扱うのは、5大栄養素である糖質、脂質、たんぱく質、ビタミン、無機質である。そのうち、糖質、脂質、たんぱく質、ビタミンは有機化合物であり、無機質（ミネラル）は読んで字のごとく無機物質である。これらはすべて化学物質であるので、化学の最低限の知識があると、基礎栄養学を理解することが容易になる。そこで本章では、基礎栄養学で必要になってくる糖質、脂質、たんぱく質に関する化学的性質について概観するとともに、生化学反応の基礎であるエネルギー代謝について解説したい。

1.1 糖質の構造

糖質は、分子中にアルデヒド基（-CHO）またはケトン基（-CO-）のいずれかをもち、かつ2つ以上のヒドロキシ基（-OH）をもつ炭素化合物である。アルデヒド基をもつ糖をアルドース、ケトン基をもつ糖をケトースという。糖質は、単糖類、二糖類、オリゴ糖、多糖類に分類される。

(1) 単糖類

糖類の基本単位であり、これ以上加水分解されないものをいう。一般的には、 $C_nH_{2n}O_n$ で表される。 $n=3 \sim 10$ のものが知られているが、 $n=5$ の糖を五炭糖、 $n=6$ の糖を六炭糖といい、基礎栄養学の分野では重要である。また単糖類は、直鎖状分子として示すと、アルデヒド基もしくはケトン基と最も離れた不斉炭素原子に結合しているヒドロキシ基が右側にくる場合を **D 型**、逆の場合を **L 型** という。D 型と L 型は、互いに鏡像異性体という。天然に存在するヘキソースは、ほとんどが D 型である。

1) 五炭糖（ペントース）（図 2.1）

炭素(C)が5つで構成される単糖であり、代表的なものがリボースとデオキシリボースである。リボースは、RNA（リボ核酸）の構成成分だけでなく、ATP や NAD^+ 、FADH などの構成成分としても重要である。

核酸合成に必要なリボース 5-リン酸を合成する代謝経路が、ペントースリン酸回路である。

デオキシリボースは、リボースの OH が H に代わった物質であり、DNA（デオキシリボ核酸）の構成成分として知られている。

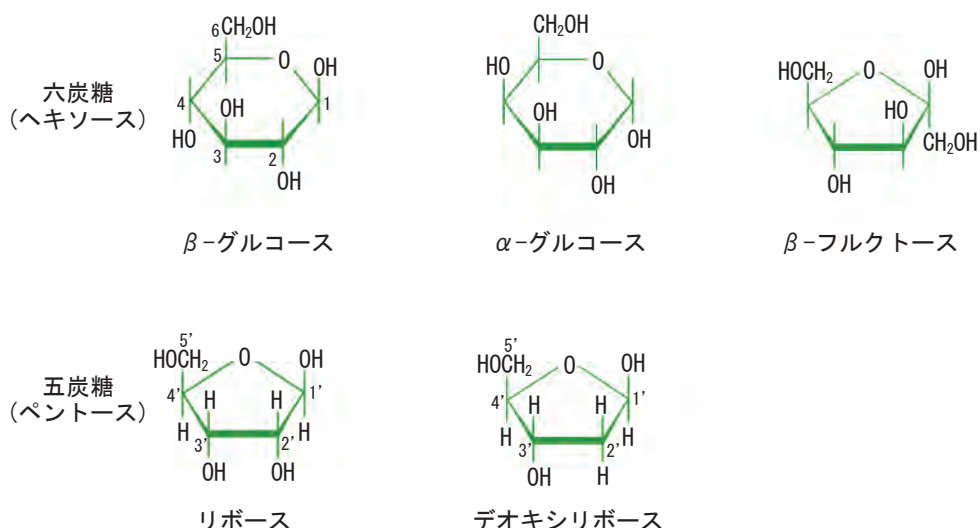


図 2.1 主な単糖類

2) 六炭糖 (ヘキソース) (図 2.1)

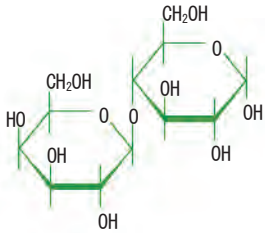
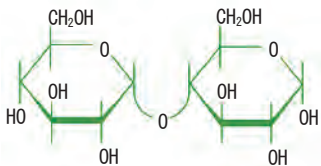
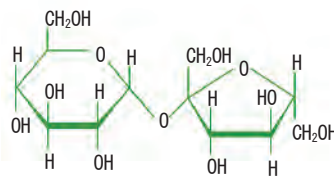
炭素(C)が6つで構成される単糖であり、代表的なものが**グルコース**と**ガラクトース**、**フルクトース**である。これらはすべて異性体の関係にある。グルコースとガラクトースはアルドースであり、フルクトースはケトースである。六炭糖 (五炭糖も) は、通常水溶液中では、環状で存在している。アルデヒド基とケトン基は、同じ分子内の水酸基と可逆的に反応し、それぞれ環状の**ヘミアセタール**と**ヘミケタール**を生成する。このヘミアセタールとヘミケタールのカルボニル炭素は、**アノマー炭素**とよばれる不斉炭素となる。

環状構造の単糖は、水酸基の立体的位置により **α 型** (水酸基が下向きにつく) と **β 型** (水酸基が上向きにつく) という2種類の分子構造をとる。環状構造をとる糖は、開環してアルデヒド基やケトン基があらわれる。アルデヒド基は還元性を有する。またケトースのケトン基は、それ自体還元性を有しないものの、**ケト-エノール互変異性**によって、アルデヒド型のアルドースに異性化されるので、還元性を有する。このような糖のことを**還元糖**という。グルコースやガラクトースなどは還元糖である。

(2) 二糖類 (表 2.1)

2つの単糖が**グリコシド結合**したものを二糖類という。代表的に二糖類として**ラクトース** (乳糖)、**マルトース** (麦芽糖)、**スクロース** (ショ糖) がある。2つの単糖が結合する際に、還元性があるアノマー炭素どうしで結合した場合は、還元性を示さなくなるので**非還元性二糖**、2つの単糖のどちらかの還元性のあるアノマー炭

表 2.1 主な二糖類

	種 類 (別名)	構成と結合の 種類	構 造	含有食品
還元性二糖	ラクトース (乳糖)	ガラクトース + グルコース β -1,4 結合		乳汁
	マルトース (麦芽糖)	グルコース + グルコース α -1,4 結合		麦芽汁 はちみつ
非還元性二糖	スクロース (ショ糖)	α -グルコース + フルクトース α -1,2 結合		さとうきび 甜菜

素が結合せずに残っている場合は、還元性を示すことから、還元性二糖という。

(3) オリゴ糖

単糖類が、3～10個程度グリコシド結合したものをオリゴ糖という。三炭糖ではラフィノース、四炭糖ではスタキオースが知られている。これらは、ヒトの消化酵素では分解できず大腸内のビフィズス菌の栄養源となる。

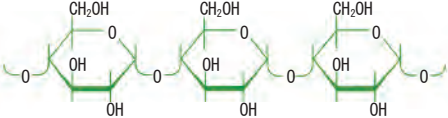
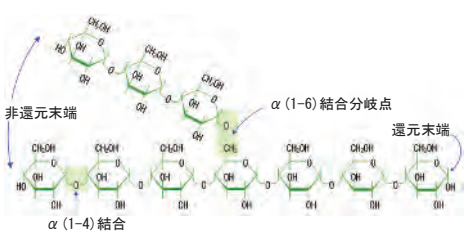
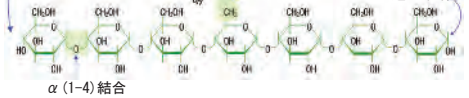
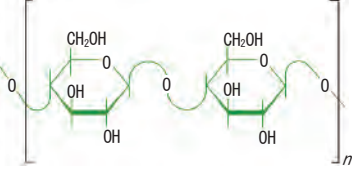
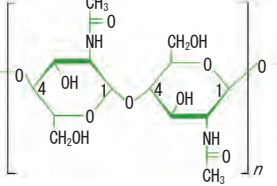
(4) 多糖類

多数の単糖がグリコシド結合したものを多糖類という。1種類の単糖類のグリコシド結合で形成される多糖類をホモ多糖類といい、異なる2種類以上の単糖からなる多糖類のことをヘテロ多糖類という。ヘテロ多糖類の多くは、二糖類の繰り返し構造が多い。

1) ホモ多糖類 (表 2.2)

ホモ多糖類は、その役割によって、エネルギーの貯蔵形態としての貯蔵多糖と、植物や動物の構造を維持するための構造多糖に分かれる。貯蔵多糖は、植物性のでんぷんと動物性のグリコーゲンがある。でんぷんは、多数のグルコースが α -1,4グリコシド結合し直鎖状の構造をしたアミロースと、 α -1,4グリコシド結合と、ところどころで α -1,6グリコシド結合による分岐（枝分かれ）した分岐構造をし

表 2.2 主なホモ多糖類

ホモ多糖類		結 合	構 造	役 割
貯蔵多糖	でんぷん	グルコース α -1,4 結合 直鎖状		植物の貯蔵多糖
	アミロペクチン	グルコース α -1,4 結合 (直鎖状) ところどころ α -1,6 結合 分岐(枝分かれ)		アミラーゼによって分解
	グリコーゲン	グルコース α -1,4 結合 (直鎖状) ところどころ α -1,6 結合 分岐(枝分かれ)		動物の貯蔵多糖 アミラーゼによって分解
構造多糖	セルロース	グルコース β -1,4 結合 直鎖状		植物の細胞壁成分 ヒトは消化できない
	キチン	N-アセチルグルコサミン β -1,4 結合 直鎖状		えび、かになど節足動物の外骨格の主成分

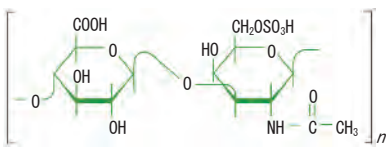
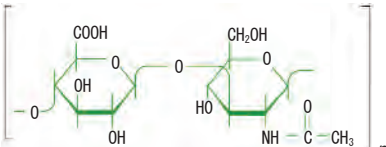
たアミロペクチンがある。グリコーゲンは、アミロペクチン同様、多数の α -1,4 グリコシド結合と、ところどころで α -1,6 グリコシド結合による分岐（枝分かれ）した分岐構造をしている。

構造多糖の代表的なものとして、セルロースとキチンがある。セルロースは、グルコースが β -1,4 グリコシド結合でつながった直鎖状の構造であり、植物の細胞壁の成分である。ヒトは、セルロースを消化する消化酵素をもたないために、エネルギー源としては利用できない。キチンは、N-アセチルグルコサミンが β -1,4 グリコシド結合をした直鎖状の構造であり、エビやカニなどの節足動物の外骨格の主成分である。これらは、ヒトでは消化酵素をもたないために消化することができず、エネルギー源などに利用することができない。これらを**食物繊維**とよぶ。

2) ヘテロ多糖 (表 2.3)

代表的なヘテロ多糖類には、ヒアルロン酸やコンドロイチン硫酸がある。ヒアル

表 2.3 主なヘテロ多糖類

ヘテロ多糖類	結 合	構 造	役 割
ヒアルロン酸	グルクロン酸と N-アセチルグルコサミンの繰り返し構造 硫酸基をもたない		動物の結合組織の基質成分
コンドロイチン硫酸	グルクロン酸と N-アセチルガラクトサミンの繰り返し構造 硫酸基をもつ		

ロン酸は、グルクロン酸と *N*-アセチルグルコサミンの繰り返し構造をもち、硫酸基をもたない構造をしている。一方、コンドロイチン硫酸は、グルクロン酸と *N*-アセチルガラコサミンの繰り返し構造であり、硫酸基をもつのが特徴である。これらは、ともに動物の結合組織の基質成分である。

1.2 脂質の構造 (図 2.2)

生体を構成する代表的な物質のひとつであり、主にエネルギー源として使われる(熱量素)他、細胞膜などの脂質二重層の構成成分、ステロイドホルモンなどの生理活性物質としての役割、胆汁酸などの界面活性剤として消化補助作用などをもつ。

脂質の種類は、単純脂質、複合脂質、誘導脂質の3種類に大別される。

(1) 単純脂質

単純脂質は、アルコールやコレステロールのヒドロキシ基(水酸基)と脂肪酸のカルボキシル基がエステル結合(-CO-)したものである。代表的なものとして、トリアシルグリセロール(中性脂肪)などのアシルグリセロール、コレステロールエステル、ろうなどがある。

(2) 複合脂質

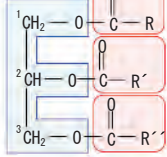
1) リン脂質

リン脂質は、グリセロールを骨格とする分子構造をもつ**グリセロリン脂質**と、スフィンゴシンを骨格とする分子構造をもつ**スフィンゴリン脂質**に分かれる。リン脂質は、分子内に疎水性(脂肪酸)と水溶性(リン酸基)両方の性質をもっている(両親媒性)。

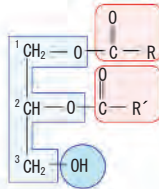
グリセロリン脂質は、グリセロールの3つの水酸基のうち、2つの水酸基が、2つの脂肪酸とエステル結合し、1つがリン酸基と結合している。グリセロリン脂質

単純脂質

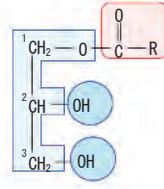
脂肪酸
グlicerol (アシル基)
ロール



トリアシルグリセロール
(中性脂肪)

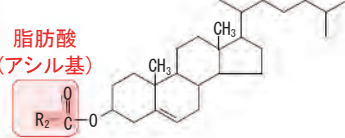


ジアシルグリセロール



モノアシルグリセロール

脂肪酸
(アシル基)

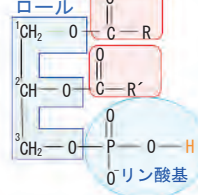


コレステロールエステル

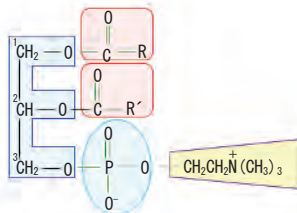
複合脂質・リン脂質

グリセリン脂質

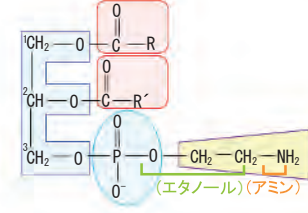
脂肪酸
グlicerol (アシル基)
ロール



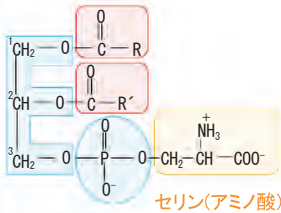
ホスファチジン酸



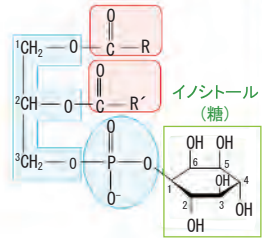
ホスファチジルコリン



ホスファチジルエタノールアミン

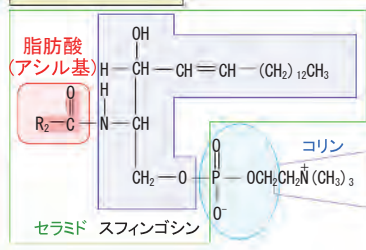


ホスファチジルセリン



ホスファチジルイノシトール

スフィンゴリン脂質

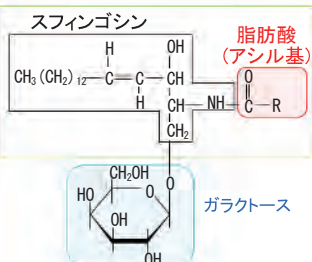


スフィンゴミエリン

糖脂質

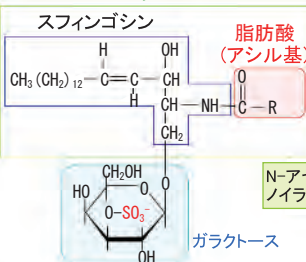
スフィンゴ糖脂質

セラミド



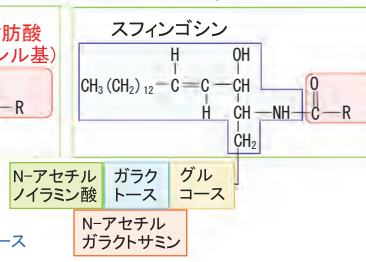
ガラクトセブレロシド (セブレロシド)

セラミド



スルファチド

セラミド



ガングリオシド

図 2.2 脂質の分類と主な脂質の構造



第3章

食物の摂取

達成目標

- 空腹感と食欲の違いについて理解する。
- 食欲と脳の関わりについて理解する。
- 概日リズム（サーカディアンリズム）とホルモン、時計遺伝子について理解する。

1 空腹感と食欲

ヒトを含むすべての動物は、「食べなければ」生きていくことができない。この食べることを摂食という。食物を摂食すると、栄養素は消化、吸収され、さまざまな組織で代謝が行われ、不要なものが排泄されていく。これらの過程で、エネルギーが獲得され、生命現象が営まれる。この摂食行動が正常に行われなければ、生体にさまざまな弊害が生じるために、適正な質と量の摂食が行われることが重要である。そのための摂食調節の仕組みが体内には備わっている。その仕組みを詳細にみていくことにする。

1.1 空腹感

我々は、一定時間以上食事をしないでいると、「お腹がへる」ことは皆経験することである。このように、お腹が減って食べずにはいられなくなる感覚を空腹感というが、正確にはどのようなことであろうか。

空腹感を正確に定義すると、「生命維持のために備わった不快感を伴う感覚」のことである。

1.2 食欲

食欲とは、読んで字のごとく「食物を食べたい」という欲望である。我々の生活レベルでは、食欲と空腹感とを同一視しがちであるが、まったく別物である。それは、空腹感がなくても食欲にかられる場合もあれば、空腹感はあるものの食欲が生じない場合もある。空腹感と食欲との違いは何であろうか。空腹感是不快感を伴う感覚であるのに対し、食欲は不快感を伴う感覚ではない。また、空腹感、生体が生まれつきもっている生理的感覚であるのに対し、食欲は視覚や聴覚、嗅覚、触覚、味覚を介した食物刺激や出生以後の食経験によって形成される感覚である。

1.3 食欲の調節

食欲は、基本的には脳の視床下部にある摂食中枢や満腹中枢を含む神経回路網でコントロールされている。摂食中枢が興奮すると食欲が起こり、これにより摂食が行われると、満腹中枢が作動して、食欲が抑制的に働く。実際に、ヒトの食欲全体をコントロールしているのは、大脳皮質の前頭葉に存在し、精神活動を行う部位であると考えられている。したがって、視覚、聴覚、嗅覚、触覚、味覚などの食物刺

激やこれまでの食経験などによって、脳が刺激されると、食欲発生の要因となることも多い。また、さまざまなストレスに継続的にさらされた結果、精神的に不安定になり、「拒食症」や「過食症」など食欲の増減に深刻な影響を及ぼす場合もある。

例題 1 食欲に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. 空腹感是不快感を伴わない感覚である。
2. 食欲是不快感を伴う感覚である。
3. 空腹感は生体が生まれつきもっていない生理的感覚である。
4. 食欲は嗅覚や味覚などの五感による食経験によっては形成されない感覚である。
5. 摂食中枢と満腹中枢は、視床下部にある。

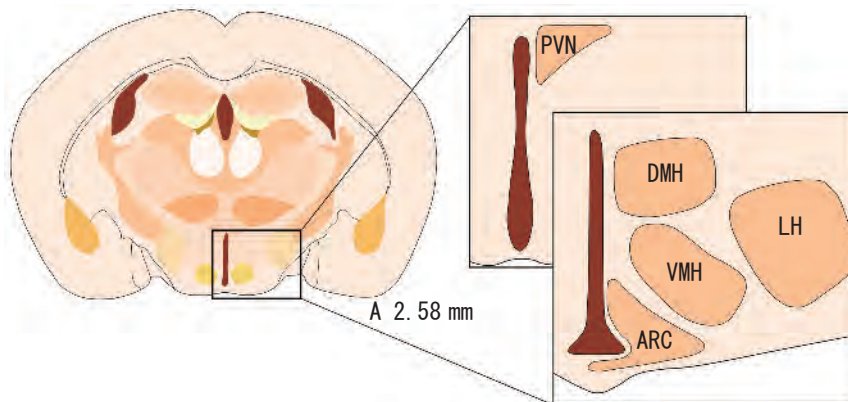
解説 1. 空腹感是不快感を伴う感覚である。 2. 食欲是不快感を伴わない感覚である。 3. 空腹感は生体が生まれつきもっている生理的感覚である。 4. 食欲は五感による食経験によって形成される感覚である。

解答 5

2 摂食量の調節

2.1 中枢における摂食調節

摂食行動は、脳の視床下部を中心とした神経回路網で調節されている。視床下部の内側部（腹内側核、弓状核、室傍核を含む）を満腹中枢、外側野を摂食中枢という（図 3.1）。また、視床下部には、摂食中枢だけでなく、体温調節、引水調節、



視床下部は、

ARC：視床下部弓状核、**DMH**：視床下部背内側核、**VMH**：視床下部腹内側核、**LH**：視床下部外側野、**PVN**：視床下部室傍核 に分けられ、生理機能の調節においてそれぞれ異なる役割を果たすと考えられている。数字は耳間線からの距離を示す。

図 3.1 視床下部の各部位の位置

性行動、情動などの中枢も存在し、内分泌中枢もある。したがって、摂食行動は、これらの機能と大きく関連している。

摂食行動は、摂食中枢と満腹中枢によって調節されているが、さまざまな因子によって調節されている（図3.2）。

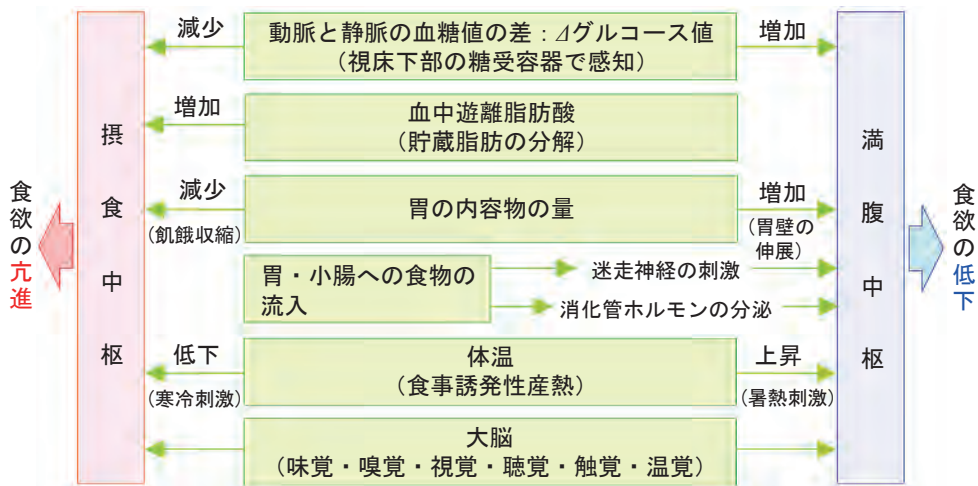


図3.2 食欲の調節因子

2.2 消化管による調節

食物が消化管（胃や小腸など）に流入することによって消化管ホルモンが分泌されたり、胃の膨満感が生じることで迷走神経を刺激したりすることで、満腹中枢が刺激される。

例えば、十二指腸や空腸の細胞から分泌される消化管ホルモンであるコレシストキニン（CCK）は、摂食の強力な抑制作用がある。

2.3 血中濃度による調節

グルコースやアミノ酸、遊離脂肪酸などの血中濃度が科学的信号となり、食欲を調節している。例えば、動脈と静脈との血糖値の差が大きくなると、視床下部の糖受容器でその信号を受け取り、満腹中枢が刺激されて、食欲が低下するのに対し、血糖値の差が小さくなると、摂食中枢が刺激されて食欲が亢進する。また、空腹時には、脂肪組織で貯蔵されている中性脂肪が分解されて脂肪酸を血中に放出するために、血中遊離脂肪酸濃度が上昇する。その結果、摂食中枢が刺激されて、食欲が亢進する。他にも、大脳皮質や大脳辺縁系などに、さまざまな信号を受け取ると、それらによって摂食中枢や満腹中枢が刺激される。

食後に血糖値が上昇すると、膵臓のランゲルハンスより**インスリン**が分泌されるが、インスリンは摂食を抑制する作用がある。

例題 2 摂食量の調節に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. 迷走神経は摂食行動に関与しない。
2. コレシストキニンとは、摂食に対して亢進作用がある。
3. 動脈と静脈との血糖値の差が大きくなると、食欲が亢進する。
4. 遊離脂肪酸濃度が上昇すると摂食中枢が刺激されて、食欲が亢進する。
5. インスリンは摂食を亢進させる作用がある。

解説 1. 迷走神経により満腹中枢が刺激される。 2. コレシストキニンには、摂食の強力な抑制作用がある。 3. 血糖値の差が大きくなると、食欲が低下する。 5. インスリンは摂食を抑制する作用がある。

解答 4

2.4 体温（食事誘発性熱産生）による調節

摂食すると、食事誘発性熱産生によって産生される熱が体温上昇をもたらし、これが暑熱刺激となって満腹中枢が刺激されて、食欲が抑制されるといわれている。

2.5 液性因子レプチンによる摂食調節

レプチンは、脂肪細胞から分泌されるアディポサイトカインである。レプチンが、血中に放出されると、視床下部に作用して、摂食を抑制するとともに、エネルギーを消費させる作用がある。余分なエネルギー蓄積を防ぎ、体重を低下させる。レプチンの分泌量は、体脂肪の増減によって変化する。体脂肪率の高いヒトほど血中レプチン濃度が高い。しかし、体脂肪率が極端に高い肥満者では、血中レプチンが高いにもかかわらず、レプチン受容体が効かなくなるレプチン抵抗性の状態にある。

一方、**グレリン**は、レプチンの拮抗ホルモンとして知られており、摂食を促進させる働きを有する。グレリンは、胃で産生されるペプチドホルモンであり、胃から分泌された後に、血液を介さずに迷走神経によって視床下部へと伝えられる。グレリンの生理作用は、食欲の亢進の他に、エネルギー消費の抑制をもたらす、体重増加作用がある。

また、**オレキシン**は、神経ペプチド（ペプチドでできた神経伝達物質）であり、摂食促進作用と同時にエネルギー消費促進作用を有する。オレキシンは、視床下部から分泌されると、交感神経を興奮させ、筋肉における糖代謝を亢進させることが

知られている。

表 3.1 主な摂食調節物質

種 類	摂食抑制物質	摂食促進物質
ホルモン	レプチン インスリン コレシストキニン エンテロスタチン エストロゲン グルカゴン様ペプチド-1 (GRP-1)	グレリン グルココルチコイド
神経ペプチド	コルチコトロピン放出ホルモン (CRP) α -メラニン細胞刺激ホルモン (α -MSH) 甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン (TRH)	オレキシン ニューロペプチド Y (NPY) アグーチ関連たんぱく質 (AGRP)
モノアミン	セロトニン ヒスタミン ドーパミン	ノルアドレナリン (ノルエピネフリン)
代謝物質	グルコース	遊離脂肪酸

2.6 カテコールアミンによる摂食調節作用

カテコールアミン（ドーパミン、アドレナリン、ノルアドレナリン）は、アミノ酸のひとつであるチロシンからドーパを経て合成される。ドーパミンは、運動の制御や行動の動機付けに関与しており、摂食とその報酬系を増強するが、視床下部外側野（LH）では摂食抑制することが知られている。一方、ノルアドレナリンは、ノルアドレナリン受容体（ α 受容体と β 受容体）のうち、室傍核に存在する $\alpha 2$ 受容体を介して摂食が促進させると考えられている。

例題 3 摂食量の調節に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. 食事誘発性産熱によって産生される熱により食欲が抑制される。
2. レプチンは間質細胞から分泌される。
3. レプチンは摂食を促進する。
4. 体脂肪率の高いヒトほど血中レプチン濃度が低い。
5. グレリンは摂食を抑制させる。

解説 2. レプチンは脂肪細胞から分泌される。 3. レプチンは摂食を抑制する。
4. 体脂肪率の高いヒトほど血中レプチン濃度が高い。 5. グレリンは摂食を促進させる。

解答 1

章末問題

1 食欲と日内リズムに関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. 食経験は、食欲の形成に影響しない。
2. 血中遊離脂肪酸濃度の上昇は、食欲を抑制する。
3. レプチンは、摂食を促進する。
4. 食事のサイクルは、日内リズムに影響しない。
5. 視床下部の視交叉上核は、日内リズムを調節する。 (第34回国家試験)

解説 1. 食経験は五感（味覚、嗅覚、触覚、視覚、聴覚）による食経験によって形成される感覚である。 2. 血中遊離脂肪酸濃度の上昇は、食欲を促進する。 3. レプチンは摂食を抑制する。 4. 不規則な生活や摂食行動は日内リズムに影響する。 解答 5

2 摂食行動の調節に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. グルコース濃度の上昇により、空腹感が生じる。
2. 遊離脂肪酸濃度の上昇により、満腹感が生じる。
3. インスリンは、食欲を抑制する。
4. レプチンは、食欲を促進する。
5. グレリンは、食欲を抑制する。 (第33回国家試験)

解説 1. グルコース濃度の上昇により、満腹感が生じる（食欲が低下する）。 2. 遊離脂肪酸濃度の上昇により、空腹感が生じる（食欲が亢進する）。 4. レプチンは、食欲を抑制する。 5. グレリンは、食欲を促進する。 解答 3

3 食欲と日内リズムに関する記述である。誤っているのはどれか。1つ選べ。

1. 摂食中枢は、視床下部にある。

2. レプチンは、脂肪細胞から分泌される。
3. セロトニンは、食欲を促進する。
4. コルチゾールの日内リズムは、摂食サイクルに影響される。
5. 消化酵素の活性には、日内リズムがある。 (第31回国家試験)

解説 3. セロトニンは食欲を抑制する。

解答 3

4 食物摂取および生体リズムに関する記述である。正しいのはどれか。2つ選べ。

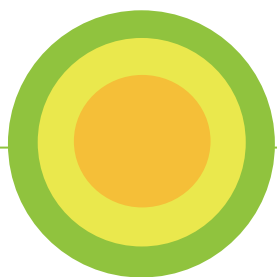
1. 摂食行動は、ストレスの影響を受けない。
2. 食欲は、迷走神経の影響を受ける。
3. 摂食中枢は、動脈中と静脈中のグルコース濃度の差が大きいと興奮する。
4. レプチンの分泌は、体脂肪率が上昇すると減少する。
5. 消化酵素の日内リズムは、食事の影響を受ける。 (第29回国家試験)

解説 1. ストレスの初期段階では食欲が増すこともあるが、ストレスを長期間感じると食欲不振となり、ストレスの影響を受ける。 3. 摂食中枢は、動脈中と静脈中のグルコース濃度の差が小さくなると興奮して食欲が亢進する。 4. レプチンの分泌は、体脂肪率が上昇すると亢進する。 **解答** 2、5

5 摂食の調節に関する記述である。正しいのはどれか。1つ選べ。

1. 食欲は、不快感を伴う感覚である。
2. 食欲は、血中グルコース濃度の上昇により促進される。
3. 摂食行動は、ホルモン分泌の影響を受ける。
4. 摂食行動は、小脳において調節されている。
5. 摂食行動は、迷走神経刺激の影響を受けない。 (第28回国家試験)

解説 1. 食欲は不快感を伴わない感覚である。 2. 食欲は、血中グルコース濃度の上



付 表

日本人の食事摂取基準（2020年版）

1. エネルギーの食事摂取基準／364
2. たんぱく質の食事摂取基準／365
3. 脂質の食事摂取基準／366
4. 炭水化物の食事摂取基準／369
5. ビタミンの食事摂取基準／371
6. ミネラルの食事摂取基準／384

付表 日本人の食事摂取基準（2020年版）

1. エネルギーの食事摂取基準：推定エネルギー必要量（kcal/日）

性 別	男 性			女 性		
身体活動レベル	I	II	III	I	II	III
0～5（月）	-	550	-	-	500	-
6～8（月）	-	650	-	-	600	-
9～11（月）	-	700	-	-	650	-
1～2（歳）	-	950	-	-	900	-
3～5（歳）	-	1,300	-	-	1,250	-
6～7（歳）	1,350	1,550	1,750	1,250	1,450	1,650
8～9（歳）	1,600	1,850	2,100	1,500	1,700	1,900
10～11（歳）	1,950	2,250	2,500	1,850	2,100	2,350
12～14（歳）	2,300	2,600	2,900	2,150	2,400	2,700
15～17（歳）	2,500	2,800	3,150	2,050	2,300	2,550
18～29（歳）	2,300	2,650	3,050	1,700	2,000	2,300
30～49（歳）	2,300	2,700	3,050	1,750	2,050	2,350
50～64（歳）	2,200	2,600	2,950	1,650	1,950	2,250
65～74（歳）	2,050	2,400	2,750	1,550	1,850	2,100
75以上（歳） ²	1,800	2,100	-	1,400	1,650	-
妊婦（付加量） ³ 初期				+50	+50	+50
中期				+250	+250	+250
後期				+450	+450	+450
授乳婦（付加量）				+350	+350	+350

¹ 身体活動レベルは、低い、ふつう、高いの三つのレベルとして、それぞれⅠ、Ⅱ、Ⅲで示した。

² レベルⅡは自立している者、レベルⅠは自宅にいてほとんど外出しない者に相当する。レベルⅠは高齢者施設で自立に近い状態で過ごしている者にも適用できる値である。

³ 妊婦個々の体格や妊娠中の体重増加量及び胎児の発育状況の評価を行うことが必要である。

注1：活用に当たっては、食事摂取状況のアセスメント、体重及びBMIの把握を行い、エネルギーの過不足は、体重の変化又はBMIを用いて評価すること。

注2：身体活動レベルⅠの場合、少ないエネルギー消費量に見合った少ないエネルギー摂取量を維持することになるため、健康の保持・増進の観点からは、身体活動量を増加させる必要がある。

2. たんぱく質の食事摂取基準

(推定平均必要量、推奨量、目安量：g/日、目標量：%エネルギー)

性 別 年齢等	男 性				女 性			
	推定平均 必要量	推奨量	目安量	目標量 ¹	推定平均 必要量	推奨量	目安量	目標量
0～5 (月)	—	—	10	—	—	—	10	—
6～8 (月)	—	—	15	—	—	—	15	—
9～11 (月)	—	—	25	—	—	—	25	—
1～2 (歳)	15	20	—	13～20	15	20	—	13～20
3～5 (歳)	20	25	—	13～20	20	25	—	13～20
6～7 (歳)	25	30	—	13～20	25	30	—	13～20
8～9 (歳)	30	40	—	13～20	30	40	—	13～20
10～11 (歳)	40	45	—	13～20	40	50	—	13～20
12～14 (歳)	50	60	—	13～20	45	55	—	13～20
15～17 (歳)	50	65	—	13～20	45	55	—	13～20
18～29 (歳)	50	65	—	13～20	40	50	—	13～20
30～49 (歳)	50	65	—	13～20	40	50	—	13～20
50～64 (歳)	50	65	—	14～20	40	50	—	14～20
65～74 (歳) ²	50	60	—	15～20	40	50	—	15～20
75 以上 (歳) ²	50	60	—	15～20	40	50	—	15～20
妊婦 (付加量)					+0	+0	—	— ³
初期					+5	+5	—	— ³
中期					+20	+25	—	— ⁴
後期								
授乳婦 (付加量)					+15	+20	—	— ⁴

¹ 範囲に関しては、おおむねの値を示したものであり、弾力的に運用すること。² 65 歳以上の高齢者について、フレイル予防を目的とした量を定めることは難しいが、身長・体重が参照体位に比べて小さい者や、特に 75 歳以上であって加齢に伴い身体活動量が大きく低下した者など、必要エネルギー摂取量が低い者では、下限が推奨量を下回る場合があり得る。この場合でも、下限は推奨量以上とすることが望ましい。³ 妊婦 (初期・中期) の目標量は、13～20% エネルギーとした。⁴ 妊婦 (後期) 及び授乳婦の目標量は、15～20% エネルギーとした。

3. 脂質の食事摂取基準

1) 脂質の食事摂取基準（％エネルギー）

性 別	男 性		女 性	
年齢等	目安量	目標量 ¹	目安量	目標量 ¹
0～5（月）	50	—	50	—
6～11（月）	40	—	40	—
1～2（歳）	—	20～30	—	20～30
3～5（歳）	—	20～30	—	20～30
6～7（歳）	—	20～30	—	20～30
8～9（歳）	—	20～30	—	20～30
10～11（歳）	—	20～30	—	20～30
12～14（歳）	—	20～30	—	20～30
15～17（歳）	—	20～30	—	20～30
18～29（歳）	—	20～30	—	20～30
30～49（歳）	—	20～30	—	20～30
50～64（歳）	—	20～30	—	20～30
65～74（歳）	—	20～30	—	20～30
75以上（歳）	—	20～30	—	20～30
妊 婦			—	20～30
授乳婦			—	20～30

¹ 範囲に関しては、おおむねの値を示したものである。

2) 飽和脂肪酸の食事摂取基準 (%エネルギー)^{1,2}

性 別	男 性	女 性
年齢等	目標量	目標量
0～5 (月)	—	—
6～11 (月)	—	—
1～2 (歳)	—	—
3～5 (歳)	10 以下	10 以下
6～7 (歳)	10 以下	10 以下
8～9 (歳)	10 以下	10 以下
10～11 (歳)	10 以下	10 以下
12～14 (歳)	10 以下	10 以下
15～17 (歳)	8 以下	8 以下
18～29 (歳)	7 以下	7 以下
30～49 (歳)	7 以下	7 以下
50～64 (歳)	7 以下	7 以下
65～74 (歳)	7 以下	7 以下
75 以上 (歳)	7 以下	7 以下
妊 婦		7 以下
授乳婦		7 以下

¹ 飽和脂肪酸と同じく、脂質異常症及び循環器疾患に関与する栄養素としてコレステロールがある。コレステロールに目標量は設定しないが、これは許容される摂取量に上限が存在しないことを保証するものではない。また、脂質異常症の重症化予防の目的からは、200 mg/日未満に留めることが望ましい。

² 飽和脂肪酸と同じく、冠動脈疾患に関与する栄養素としてトランス脂肪酸がある。日本人の大多数は、トランス脂肪酸に関する世界保健機関 (WHO) の目標 (1% エネルギー未満) を下回っており、トランス脂肪酸の摂取による健康への影響は、飽和脂肪酸の摂取によるものと比べて小さいと考えられる。ただし、脂質に偏った食事をしている者では、留意する必要がある。トランス脂肪酸は人体にとって不可欠な栄養素ではなく、健康の保持・増進を図る上で積極的な摂取は勧められないことから、その摂取量は 1% エネルギー未満に留めることが望ましく、1% エネルギー未満でもできるだけ低く留めることが望ましい。

3) n-6 系脂肪酸の食事摂取基準 (g/日) 4) n-3 系脂肪酸の食事摂取基準 (g/日)

性 別 年 齢 等	男 性 目 安 量	女 性 目 安 量
0～5 (月)	4	4
6～11 (月)	4	4
1～2 (歳)	4	4
3～5 (歳)	6	6
6～7 (歳)	8	7
8～9 (歳)	8	7
10～11 (歳)	10	8
12～14 (歳)	11	9
15～17 (歳)	13	9
18～29 (歳)	11	8
30～49 (歳)	10	8
50～64 (歳)	10	8
65～74 (歳)	9	8
75 以上 (歳)	8	7
妊 婦		9
授乳婦		10

性 別 年 齢 等	男 性 目 安 量	女 性 目 安 量
0～5 (月)	0.9	0.9
6～11 (月)	0.8	0.8
1～2 (歳)	0.7	0.8
3～5 (歳)	1.1	1.0
6～7 (歳)	1.5	1.3
8～9 (歳)	1.5	1.3
10～11 (歳)	1.6	1.6
12～14 (歳)	1.9	1.6
15～17 (歳)	2.1	1.6
18～29 (歳)	2.0	1.6
30～49 (歳)	2.0	1.6
50～64 (歳)	2.2	1.9
65～74 (歳)	2.2	2.0
75 以上 (歳)	2.1	1.8
妊 婦		1.6
授乳婦		1.8



索引

ギリシャ文字

 α

- α -1,1 結合……………111
 α -1,4 グリコシド結合……………60, 61
 α -1,4 結合……………110, 111
 α -1,6 グリコシド結合……………60, 61
 α -1,6 結合……………110, 111
 α_2 -マクログロブリン……………289
 α -アミノ酸……………162
 α -アミラーゼ……………97, 99, 100, 110
 α 型……………59
 α -グルコシダーゼ……………111
 α -ケトグルタル酸……………168
 α ケトグルタル酸脱水素酵素……………148
 α -限界デキストリン……………110, 111
 α 細胞……………99
 α 受容体と……………80
 α -ヘリックス……………66, 160
 α -リノレン酸……………64, 210

 β

- β_3 アドレナリン受容体遺伝子……………48, 50
 β アミノ酸……………162
 β 型……………59
 β -カロテン……………116, 230, 231
 β -カロテン開裂酵素……………116
 β 細胞……………99, 141
 β 酸化……………72, 148, 203, 204, 215
 β シート……………66, 160
 β 受容体……………80
 β -ヒドロキシ酪酸……………204

 γ

- γ アミノ酸……………162
 γ -アミノ酪酸……………82

 δ

- δ 細胞……………99

 ω

- ω 3系……………196
 ω 6系……………196
 ω 9系……………196

和文

あ

- アウエルバッハ神経叢……………104
 亜鉛……………23, 34, 285
 アグーチ関連たんぱく質……………82
 悪性貧血……………29
 アシドーシス……………324, 326
 アシルカルニチン……………203
 アシル CoA……………114, 203, 204
 アシル CoA カルボキシラーゼ……………253
 アスכולビン酸……………19, 117, 281
 アスパラギン酸……………170
 アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ……………168
 アセチル CoA……………135, 140, 147, 148, 207, 215
 アセト酢酸……………204
 アセトン……………204
 アディポサイトカイン……………16, 79, 206
 アディポネクチン……………206
 アデニン……………42
 アデノシルコバラミン……………117
 アデノシン 2 リン酸……………69
 アデノシン 3 リン酸……………69
 アトウオーター……………12
 アトウオーター・ローザ・ベネディクト……………351
 アトウオーター係数……………12, 340
 アドレナリン……………80, 133, 137, 142, 203
 アノマー炭素……………59
 アボたんぱく質……………199
 アボフェリチン……………280
 アミノ基……………65, 160, 162
 アミノ基転移酵素……………168, 173
 アミノ基転移反応……………168, 173
 アミノ酸……………65, 160
 アミノ酸インバランス……………182
 アミノ酸価……………122, 180
 アミノ酸スコア……………180
 アミノ酸の補足効果……………182
 アミノ酸プール……………175

- アミノペプチダーゼ……………112
 アミロース……………60
 アミロペクチン……………61
 アラキドン酸……………65, 196, 213
 アラニンアミノトランスフェラーゼ……………168
 亜硫酸オキシダーゼ……………290
 アルカローシス……………324, 326
 アルデヒドオキシダーゼ……………290
 アルデヒド基……………58, 59
 アルデヒド脱水素酵素 2……………45
 アルドース……………58
 アルブミン……………174, 317
 安静時代謝量……………346

い

- 胃……………91
 胃リパーゼ……………98
 硫黄……………293
 異化反応……………68
 イコサペンタエン酸……………196
 胃相……………103
 イソマルターゼ……………111
 イソマルトース……………100
 一塩基多型……………7, 47
 1 型糖尿病……………205
 一次構造……………66, 160
 一次性能動輸送……………108
 一次胆汁酸……………209
 一価不飽和脂肪酸……………64, 196, 211
 遺伝子発現……………44
 インスリン……………79, 99, 132, 136, 141, 172, 291
 インスリン抵抗性……………206
 インスリン非依存型糖尿病……………35
 インターフェロン……………82
 インターロイキン-1……………82
 咽頭……………91
 インترون領域……………164

う

- ウイルキンス……………15
 ウィルソン病……………34, 284
 ウインダウス……………20
 ヴェーラー……………13
 ウェルニッケ脳症……………239

ウダル……………19
 ウロン酸回路……………139
 運動器症候群……………271

え

エイクマン……………17
 エイコサノイド……………65, 213
 エイコサペンタエン酸
 ………………65, 196, 210
 栄養……………2
 栄養価……………122
 栄養素……………2
 エキソサイトーシス
 ………………107, 109, 114
 エクササイズ……………348
 エステラーゼ……………166
 エストロゲン……………208
 エネルギー換算係数……………340
 エネルギー代謝……………338
 エネルギー代謝室測定法……………352
 エネルギー保存の法則……………13
 エバンス……………20
 エマルジョン……………101, 114
 エムデン……………14
 エルゴカルシフェロール
 ………………116, 233
 エルビエム……………18, 23
 塩基性アミノ酸輸送系……………112
 塩素……………293
 エンテロキナーゼ……………100
 エンテロペプチダーゼ……………100, 102
 エンドサイトーシス……………107, 108
 塩分欠乏性脱水……………320, 321

お

横行結腸……………93
 応答エレメント……………48
 オキサロ酢酸……………170, 204
 オステオカルシン……………236
 オズボーン……………17
 オピオイドペプチド……………82
 オブシン……………230
 オリゴ糖……………60
 オリザニン……………17
 オルニチンデカルボキシラーゼ
 ………………167
 オレイン酸……………211
 オレキシン……………79
 温熱性発汗……………314

か

壊血病……………25, 251
 概日リズム……………82
 解糖系
 ………………14, 71, 73, 134, 135, 136, 147
 カイロミクロン
 ………………114, 115, 116, 120, 199
 カイロミクロンレムナント……………116
 化学浸透圧説……………73
 化学的消化……………95
 鍵酵素……………136
 核内受容体……………45
 核内受容体スーパーファミリー
 ………………45
 角膜乾燥症……………28, 231
 可欠アミノ酸……………162
 下行結腸……………93
 過食症……………77
 ガストリン……………98, 104
 カタラーゼ……………280
 顎下腺……………97
 脚気……………27, 239
 褐色脂肪細胞……………48, 206, 350
 活性型ビタミン D
 ………………268, 269, 272, 276
 カテコールアミン……………80
 ガラクトセレブロシド……………64
 カリウム……………277
 カルシウム……………22, 33, 118, 266
 カルシウムポンプ……………118
 カルシトニン……………269, 270
 カルシフェロール……………20
 カルパイン経路……………167
 カルボキシペプチダーゼ……………112
 カルボキシル基……………64, 65, 160, 162
 カルボニル基……………132
 カルモジュリン……………266
 ガレノス……………10
 カロテン……………19
 カロリーメーター……………12
 がん……………35, 39
 感覚性ニューロパシー……………242
 管腔内消化……………95
 ガングリオシド……………64
 還元型ニコチンアミドアネニンジ
 ヌクレオチド……………70
 還元型ニコチンアミドアネニンジ
 ヌクレオチドリオン酸……………70
 還元性二糖……………59
 還元糖……………59
 間質液……………121, 304, 321

緩衝液……………324, 325
 緩衝系……………324, 325
 緩衝剤……………324, 325
 緩衝作用……………4
 肝小葉……………94
 間接熱量測定法……………342
 肝臓……………144

き

機械的消化……………95
 器官系……………67
 キサンチンオキシダーゼ……………290
 基礎代謝……………12, 341
 基礎代謝基準値……………342, 343
 基礎代謝量
 ………………341, 343, 344, 345, 346
 キチン……………61
 キモトリプシノーゲン……………101
 キモトリプシン……………112, 166
 キャノン……………7
 吸エルゴン反応……………68
 急速代謝回転たんぱく質……………174
 胸管……………120, 201
 鏡像異性体……………58
 拒食症……………77
 巨赤芽球性貧血……………244, 246, 255
 キロミクロン……………199, 201
 キロミクロンレムナント……………201
 筋ジストロフィー……………235

く

グアニン……………42
 クエン酸回路……………14, 135, 170, 253
 クノープ……………16
 クラスタ……………308
 グリコーゲン……………132, 133, 137
 グリコーゲンホスホリラーゼ
 ………………137
 グリコシド結合……………59, 60
 グリセミック・インデックス
 ………………142
 グリセロ糖脂質……………64
 グリセロリン脂質……………62, 197
 クリック……………15
 クリプト部……………93
 グルカゴン……………82, 99, 137, 142, 203
 グルクロン酸……………62
 グルクロン酸回路……………138, 139
 グルコース……………132, 133
 グルコース・アラニン回路
 ………………145, 176

グルココルチコイド…83, 142, 208
 グルタチオンペルオキシダーゼ
 ……24, 288
 グルタミナーゼ…173
 グルタミン酸デヒドロゲナーゼ
 ……168
 くる病…26, 233, 270
 クレチン症…31
 クレブス…14
 グレリン…79
 クロード・ベルナル…7
 クロマチンたんぱく質…286
 クロム…25, 290
 クワシオルコル…25

け

ケクレ…13
 克山病…288
 血液浸透圧調節中枢…318
 月経血…282
 血漿たんぱく質…174
 血漿膠質浸透圧…174
 血清コレステロール濃度…211
 血中コレステロール濃度…214
 結腸…93
 血糖曲線…144
 血糖値…144
 ケトアシドーシス…205
 ケトース…58
 ケト酸性アミノ酸…171
 ケトン基…58, 59
 ケトン体…204, 205
 ケノデオキシコール酸…102, 209
 儉約遺伝子仮説…47

こ

コアクチベーター…48, 49
 ゴイター…292
 高エネルギーリン酸結合…69
 光学異性体…162
 口角炎…240
 口渴中枢…318
 高カリウム血症…278
 高カルシウム血症…33, 233
 口腔…90
 高血圧症…35
 膠原浸透圧…317
 膠質浸透圧…321
 甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン
 ……82
 甲状腺腫…30, 292

甲状腺ホルモン…292
 酵素…3
 高張性脱水…320
 口内炎…240, 242
 高尿酸血症…35
 高比重リボたんぱく質…199
 高マグネシウム血(症)…34
 高リン血症…34
 氷熱量計…12
 コール酸…102, 209
 ゴールドベルガー…27
 呼吸…3
 呼吸商…12, 353
 呼吸性アシドーシス…326
 呼吸性アルカローシス…326
 五炭糖…58
 五炭糖リン酸回路…138
 骨芽細胞…267, 271
 骨粗鬆症…31, 268, 270
 骨軟化症…26, 233, 270
 コドン…43, 165
 コバルト…24, 242, 294
 ゴブレット細胞…93, 94
 コラーナ…15
 コリ回路…145
 コリプレッサ…48, 49
 ゴルジ体…67, 114
 コルチゾール…83
 コレカルシフェロール…116, 233
 コレシストキニン
 ……78, 99, 102, 104, 113,
 コレステロール…65, 198, 199, 207
 コレステロール7 α -ヒドロキシ
 ラーゼ…209
 コレステロールエステラーゼ
 ……115
 コレステロールエステル
 ……198, 199
 コレステロールエステル輸送たん
 ぱく質…208
 コレステロール逆転送系…208
 コンドロイチン硫酸…61

さ

サーカディアンリズム…8, 82, 83
 細胞…67
 細胞外マトリックス…67
 細胞間液…304
 細胞間リンパ液…304
 細胞内輸送…107
 佐伯矩…10

杯細胞…93
 刷子縁膜…106
 サブユニット…160
 3価鉄…118
 サンガー…14
 酸化のリン酸化…73
 酸化のリン酸化反応…135
 三次構造…66, 160
 酸性アミノ酸輸送系…112
 酸素…11
 3-ヒドロキシ-3-メチルグルタリ
 ル CoA 還元酵素…207

し

ジアシルグリセロール…194
 シェーンハイマー…15
 シェパール…15
 耳下腺…97
 時間栄養学…84
 ジグリセリド…194
 脂質…15
 脂質異常症…35, 38, 210
 脂質二重層…62
 シス型…64
 ジスルフィド結合…66
 質量保存の法則…11
 シトクロム…279
 シトクロムCオキシダーゼ…283
 シトシン…42
 ジベプチダーゼ…112
 ジベプチド…160
 脂肪エネルギー比率…210
 脂肪酸…64
 ジホモ- γ -リノレン酸…213
 斜走筋…91
 ジュークス…18
 シュウ酸…269
 縦走筋…91, 104
 重炭酸-炭酸緩衝系…325
 絨毛…92
 絨毛陰窩部…93
 主細胞…97
 受動輸送…107
 シュワン…14
 循環器疾患…35, 38
 上行結腸…93
 晶質浸透圧
 ……317, 318, 320, 321, 326
 脂溶性ビタミン…115, 116, 226
 小腸…92
 小児壊血病…26

正味たんぱく質利用率……………179
 食塩抵抗性高血圧……………38
 食事誘発性産熱……………12
 食事誘発性熱産生……………79, 341, 346
 食道……………91
 食品標準成分表……………9
 食物繊維……………9, 61, 111, 147, 149
 除脂肪体重……………343, 344
 ショ糖……………59
 ジョルジ……………18
 ジョン・メイヨー……………11
 ジンク (Zn) フィンガーたんぱく質……………286
 神経管閉塞障害……………246
 新生児出血性疾患……………30
 新生児メレナ……………30, 237
 身体活動レベル……………347
 浸透圧……………317, 318
 真の消化吸収率……………121
 シンバイオティクス……………151
 心房性ナトリウム利尿ペプチド……………318

す

腭液……………99, 113
 腭液 α -アミラーゼ……………100
 腭リパーゼ……………101, 102
 水腫……………321
 水素……………11
 脾臓……………99
 水分欠乏性脱水……………320
 水溶性食物繊維……………149, 150
 水溶性ビタミン……………226, 238
 腭リパーゼ……………113, 114
 水和……………310
 スーパーオキシドジスムターゼ……………283, 285
 スクシニル CoA……………148
 スクラーゼ……………111
 スクロース……………59
 鈴木梅太郎……………17, 28
 スタキオース……………60
 ステインボック……………19
 ステロイド……………65, 198
 ステロイド骨格……………198
 ステロール……………198
 スニップ……………47
 スフィンゴ糖脂質……………64
 スフィンゴリン脂質……………62, 64, 197
 スプライシング……………164
 スルファチド……………64

せ

生活習慣病……………10, 35, 46, 147, 149
 精神性発汗……………314
 性腺刺激ホルモン……………208
 生体リズム……………8
 生体利用エネルギー量……………340
 生物価……………179
 生物学的消化……………95
 性ホルモン……………208
 生理活性物質……………164
 生理的燃焼値……………340
 世界保健機構……………7
 セカンドメッセンジャー……………267
 セクレチン……………99, 104, 113
 舌炎……………240, 242
 舌下腺……………97
 赤筋……………139
 摂食中枢……………78
 セルロース……………61
 セルロプラスミン……………283
 セルロプラスミン銅……………284
 セレン……………24, 34, 288
 セロトニン……………81
 先天性甲状腺機能低下症……………292
 セントジェルジー……………19
 蠕動運動……………91

そ

双性イオン……………65
 促進拡散……………107
 組織液……………304
 ソマトスタチン……………99

た

第一制限アミノ酸……………180
 代謝……………71
 代謝回転……………173
 代謝回転速度……………173
 代謝……………2, 14
 代謝水……………313
 代謝性アシドーシス……………326
 代謝性アルカロシス……………277, 326
 代謝中間体……………71
 耐糖能異常……………210
 対立遺伝子……………45
 対立遺伝子頻度……………46
 唾液腺……………97
 多価不飽和脂肪酸……………64, 196, 211
 ダグラスバッグ法……………352
 脱共役たんぱく質……………48, 206, 345, 350

脱水縮合反応……………312
 脱フロギストン空気……………11
 多糖類……………60
 ダム……………20
 多量無機質……………264
 短鎖脂肪酸……………195
 胆汁……………94, 113
 胆汁酸……………209
 胆汁酸ミセル……………209
 単純拡散……………107
 単純脂質……………62
 単糖類……………58
 タンニン……………269, 281
 胆のう……………102
 たんぱく質……………14
 たんぱく質効率……………179
 たんぱく質節約作用……………147, 182

ち

チアゾリジン誘導体……………48, 49
 チアミンピロリン酸……………238
 チオレドキシシンレダクターゼ……………288
 窒素出納……………178
 チミン……………42
 中間代謝……………71
 中間比重リポたんぱく質……………202
 中鎖脂肪酸……………195
 中性アミノ酸輸送系……………112
 中性脂肪……………194
 腸肝循環……………209, 244
 長鎖脂肪酸……………113, 195
 腸上皮幹細胞……………93
 腸相……………103
 超低比重リポたんぱく質……………199
 腸内細菌叢……………93
 腸内フローラ……………93
 直腸……………93
 遅漏性皮膚炎……………240
 チロキシン……………142, 292

つ

月周期リズム……………83

て

低カリウム血症……………277
 低張性脱水……………320
 低比重リポたんぱく質……………199
 テーラーメード医療……………47
 テーラーメード栄養……………50
 デオキシコール酸……………102, 209

デオキシリボ核酸……………42, 58
 テストステロン……………208
 テタニー……………22, 269
 鉄……………23, 34, 118, 279
 鉄結合性たんぱく質……………118
 鉄欠乏性貧血……………281
 テトラヒドロ葉酸……………246, 255
 デルーカ……………20
 電子伝達系……………135
 転写……………43, 164
 転写活性……………231

と

ドイジー……………21
 銅……………23, 34, 283
 糖アルコール……………150
 頭蓋内圧の亢進……………32
 同化反応……………68
 糖原性アミノ酸……………170
 糖脂質……………64
 糖質……………14
 糖新生……………136, 144, 145, 147
 等張性脱水……………321
 動的平衡……………15
 動的平衡状態……………313
 等電点……………66
 ドーパミン……………80
 特異動的作用……………12, 346
 時計遺伝子……………83
 ドコサヘキサエン酸……………65, 196, 210
 トコトリエノール……………234
 トコフェロール……………20, 234
 ドラモント……………19
 トランス型……………64
 トランスケターゼ……………148
 トランスサイレチン……………116
 トランスフェリン……………118, 281
 トランスポーター……………284
 トリアシルグリセロール
 ………………113, 114, 115, 132, 194
 トリカルボン酸回路……………135
 トリグリセリド
 ………………201, 203, 205, 194
 トリグリセリドリッチリポたんぱ
 く質……………201
 トリプシノーゲン……………100
 トリプシン……………112, 166
 トリペプチド……………160
 トリヨードチロニン……………292
 トレハラーゼ……………111
 トロンビン……………266

トロンボキサン……………213
 トロンボキサン A₂……………213
 トロンボキサン A₃……………214

な

ナイアシン……………18, 33, 244
 内臓脂肪型肥満症……………35
 内分泌細胞……………93
 ナトリウムイオン……………317
 ナトリウム依存性グルコース輸送
 体……………108
 ナトリウムチャネル……………108
 難消化性オリゴ糖……………150, 151
 難消化性多糖類……………149

に

ニーレンバーグ……………15
 2型糖尿病……………35, 48
 2価鉄……………118
 ニコチンアミド……………244
 ニコチンアミドアデニンジヌクレ
 オチド……………70, 244
 ニコチンアミドアネニンジヌクレ
 オチドリ核酸……………70
 ニコチン酸……………244
 二次構造……………66, 160
 二次性能動輸送……………108
 二次胆汁酸……………209
 二重結合……………196
 二重標識水……………354
 二重標識水法……………354
 二重らせん構造……………42
 日内リズム……………82
 二糖類……………59
 日本人の食事摂取基準
 ………………9, 32, 40, 210, 211, 227, 293
 日本人の摂取基準……………342, 347
 2-モノアシルグリセロール……………120
 乳酸菌……………151
 乳糖……………59
 乳び管……………109, 114, 120
 ニューロペプチド Y……………82
 尿素回路……………168, 169
 尿素サイクル……………15

ね

熱異性化反応……………116
 粘液細胞……………97
 年周期リズム……………83

の

脳相……………103
 能動輸送……………107
 ノルアドレナリン……………80

は

パーキンソン病様症状……………35
 ハート……………23
 パールツワイク……………18
 バーロー病……………26
 麦芽糖……………59
 白色脂肪細胞……………48, 206, 350
 バソプレシン……………318
 発がんイニシエーション……………39
 発がんプロモーション……………39
 白筋……………139
 パネート細胞……………93
 パラトルモン……………269
 ハリー……………15
 半減期……………167
 半健康状態……………10
 パントテン酸……………18, 215, 247
 半病人状態……………10

ひ

ヒアルロン酸……………61
 ビオチン……………18, 249
 ヒスタミン……………81, 98
 ヒストン……………167
 ビタミン A……………19, 32, 116, 229
 ビタミン B……………17
 ビタミン B₁……………148, 215, 238
 ビタミン B₁節約作用……………215
 ビタミン B₂……………239
 ビタミン B₆……………33, 241
 ビタミン B₁₂……………18, 242
 ビタミン C……………19, 250
 ビタミン D……………20, 32, 116, 118, 232
 ビタミン D 受容体……………45
 ビタミン E……………20, 116, 234
 ビタミン K……………20, 117, 235
 ビタミン K₁……………117
 ビタミン K₂……………117
 左鎖骨下静脈……………120, 201
 非たんぱく質呼吸商……………353, 354
 必須アミノ酸……………15, 162
 必須脂肪酸……………16, 64, 212
 ヒドロキシアパタイト
 ………………267, 272, 294
 ヒドロキシ基……………58, 132
 非必須アミノ酸……………162

ビフィズス菌……………60, 151
 非ヘム鉄……………118, 280, 281
 ヒポクラテス……………10, 25
 肥満症……………35
 ヒューマンカロリーメーター
 ……………342, 352
 ビリドキサル……………241
 ビリドキサミン……………241
 ビリドキシン……………241
 微量無機質……………264
 ビリルビン……………102
 ビルビン酸
 ……………134, 135, 136, 144, 147
 ビルビン酸カルボキシラーゼ
 ……………289
 ビルビン酸脱水素酵素……………148
 貧血……………28

ふ

ファーター乳頭……………99
 ファンデルワールス力……………66
 フィチン酸……………269, 275
 フィロキノン……………117, 235
 フェリチン……………280, 281
 不可欠アミノ酸……………15, 162
 不可避尿……………314
 不感蒸泄……………314, 315
 複合脂質……………62
 複合ミセル……………96, 114
 副腎性アンドロゲン……………208
 副腎皮質刺激ホルモン……………208
 副腎皮質ホルモン……………208
 プサンゴ……………12, 30
 浮腫……………321
 フッ素……………294
 物理的消化……………95
 物理的燃焼値……………339, 340
 不飽和脂肪酸……………64
 不溶性食物繊維……………149, 150
 ブラウト……………13
 ブラサド……………23
 ブラック……………12
 フラビンアデニンジヌクレオチド
 ……………71
 フラビンモノヌクレオチド
 ……………71, 239
 フラン克蘭ド……………13
 ブリーストリー……………11
 プレバイオティクス……………151
 プレビタミン D……………116
 プロカルボキシペプチダーゼ……………101

フロギストン説……………11
 プロゲステロン……………208
 プロスタグランジン……………65, 213
 プロスタグランジン E₂……………213
 プロスタグランジン I₂……………214
 プロテアソーム……………166
 プロトンポンプ……………236, 266
 プロバイオティクス……………151
 プロビタミン A……………116
 プロビタミン D……………20, 233
 分岐鎖アミノ酸……………172, 173, 176
 フンク……………17, 28

へ

閉路循環式呼吸熱量計……………12
 壁細胞……………97
 ヘキソース……………59
 ペッテンコーファー……………12
 ヘテロダイマー……………48
 ヘテロ多糖類……………60, 61
 ペプシノーゲン……………98
 ペプシン……………98, 112
 ペプチダーゼ……………113
 ペプチド結合……………66, 160
 ヘミアセタール……………59
 ヘミケタール……………59
 ヘム鉄……………118, 280
 ヘモグロビン……………279, 281
 ヘモクロマトーシス……………34, 282
 ヘモジデリン……………281
 ヘモシデローシス……………34
 ペラグラ……………27, 246
 ペルオキシダーゼ……………97
 ベルトラン……………23
 ベルナル……………14
 ペントース……………58
 ペントースリン酸回路
 ……………58, 138, 139, 140, 147, 148, 215

ほ

ホイップル……………18
 補因子……………4
 傍細胞輸送……………107
 ホウ素……………294
 飽和脂肪酸……………64, 196, 211
 ボール……………20
 補酵素……………4
 ホスファチジルコリン……………197
 ホスホエノールビルビン酸……………136
 ホスホリパーゼ A₂……………115
 ホッペ-ザイラー……………15

ホブキンス……………17
 ホメオスタシス……………7
 ホモ多糖類……………60
 ポリヒドロキシカルボニル類
 ……………132
 ポリペプチド……………160
 ポリペプチド鎖……………66, 160
 ポルフィリン……………118
 ホルモン感受性リパーゼ……………48, 203
 本態性高血圧……………37
 ボンベ熱量計……………339
 翻訳……………43, 164

ま

マーフィー……………18
 マイスネル神経叢……………104
 マイノット……………18
 マイヤー-ホフ……………14
 膜消化……………95, 106
 膜動輸送……………107, 108
 マグヌス・レビ……………12
 マグネシウム……………22, 34, 274
 マグネシウムチャネル……………275
 マッカラム……………17
 マラスムス……………25
 マルターゼ……………111
 マルトース……………59, 100
 マルトトリオース……………100
 マンガン……………24, 35, 288
 マンガンスーパーオキシドジスム
 ターゼ……………289
 満腹中枢……………78

み

ミオグロビン……………279, 281
 味覚性発汗……………315
 見かけの消化吸収率……………121
 ミセル……………101
 ミトコンドリア
 ……………71, 134, 135, 140, 145, 203, 289
 ミトコンドリアマトリックス
 ……………170
 ミネラルコルチコイド……………208
 ミュータンス連鎖球菌……………150
 ミルクアルカリ症候群……………33, 270

む

ムルダー……………14
 ムンク……………15

め

迷走神経……………78
 メタボリックシンドローム
 ……………35, 36, 84, 271
 メタロチオネイン
 ……………283, 284, 286, 287
 メチルテトラヒドロ葉酸……………255
 メッセンジャー RNA……………43, 164
 メッツ……………348
 メナキノン……………117
 メナキノン類……………235
 メランビー……………20
 メンケス症候群……………284
 メンデル……………17

も

毛細管現象……………309
 盲腸……………93
 モノアシルグリセロール……………194
 モノグリセリド……………194, 201
 モリブデン……………24, 35, 289
 門脈……………120, 132, 173, 289

や

夜盲症……………28, 231

ゆ

有感蒸泄……………315
 誘導脂質……………64
 遊離型コレステロール……………198, 199
 ユビキチン-プロテアソーム経路
 ……………166, 167

よ

溶液……………317
 溶血性貧血……………235, 237
 葉酸……………18, 33, 246
 溶質……………317
 ヨウ素……………23, 34, 292
 溶媒……………317
 四次構造……………66, 160

ら

ラクターゼ……………111
 ラクトース……………59
 ラフィノース……………60
 ラプラス……………12
 ラボアジェ……………11, 12
 ランゲルハンス島……………99
 卵白障害……………250

り

リービッヒ……………13
 リービッヒの桶……………181
 リソコール酸……………209
 リソソーム-オートファジー経路
 ……………166, 167
 リゾチーム……………97
 リゾレシチン……………115
 リトコール酸……………102
 リノール酸……………64, 65, 196, 210
 リボ核酸……………43, 58
 リボソーム……………67, 164
 リボたんぱく質代謝……………199
 リボたんぱく質リパーゼ……………201
 リボフラビン……………239
 リモデリング……………267

両親媒性……………62, 207
 両性化合物……………65
 リン……………22, 34, 271
 リンゲル……………22
 リン酸カルシウム……………271
 リン酸緩衝系……………325
 リン脂質……………62, 197
 輪状筋……………104
 輪状ひだ……………92
 輪走筋……………91
 リンド……………19
 リンパ……………304
 リンパ漿……………304

る

ルニョー……………12
 ルブナー……………12, 13
 ルブナーの法則……………343

れ

レーゼ……………12
 レーマン……………15
 レシチン……………197
 レシチン-コレステロールアシル
 基転移酵素……………208
 レチノイドX受容体……………45
 レチノイン酸……………230
 レチノイン酸受容体……………45
 レチノール……………19, 229
 レニン・アンギオテンシン・アル
 ドステロン系……………278
 レプチン……………79, 206
 レンズ核神経細胞変性……………284

ろ

ロイコトリエン……………65, 213
 ロイコトリエン B₄……………214
 ロイコトリエン B₅……………214
 ローズ……………15
 ローゼンハイム……………20
 六炭糖……………58, 59
 ロコモティブシンドローム……………271
 ロドプシン……………230

わ

ワトソン……………15
 ワルファリン……………236

英文

A

adenine……………42
 Adolf Magnus-Levy……………12
 ADP……………69
 AGRP……………82
 alanine aminotransferase : ……168
 Albert Szent-György……………19
 aldehyde dehydrogenase2 : ……45
 ALDH2……………45
 ALT……………168
 Antoine Laurent Lavoisier……………11
 apoferritin……………280
 aspartate aminotransferase : ……168
 AST……………168
 ATP……………58, 69, 71, 135, 140, 144
 Atwater-Rosa-Benedict human
 calorimeter……………351

B

B……………294
 boron……………294

C

C. G. Lehman……………15
 Ca……………266
 calcium……………266
 cAMP……………267
 Casimir Funk……………17
 catalase……………280
 CCK……………99
 CETP……………208
 chlorine……………293
 Christian Eijkman……………17
 chromium……………290
 chylomicron……………114

Cl 293
 Claude Bernard 7, 14
 Co 294
 cobalt 294
 coli cycle 145
 Conrad A. Elvehjem 18
 copper 283
 Cr 290
 Cu 283
 cytochrome 279
 cytosine 42

D

deoxyribonucleic acid 42
 DHA 65, 196, 210
 diet-induced thermogenesis 346
 dispensable amino acids 162
 DIT 346
 DLW
 DNA 42, 44, 45, 58, 101, 148, 164
 DNA 配列 160
 doubly labeled water 354
 D 型 58, 162

E

Edward A. Doisy 21
 Edward Frankland 13
 electron transport system 135
 Elmer V. McCollum 17
 endocytosis 109
 EPA 65, 196, 210
 essential amino acids 162
 exocytosis 109

F

F 294
 FAD 71, 73, 215
 FADH 58
 Fe 279
 ferritin 280
 fluorine 294
 FMN 71, 239
 Francis H. Crick 15
 Franz Knoop 16
 Frederick G. Hopkins 17
 Frederick Sanger 14
 Freiherr J. von Liebig 13
 Friedrich A. Kekulé 13
 Friedrich Wöhler 13

G

GABA 82, 164
 Galenos 10
 Georg Ernst Stahl 11
 George Hoyst Whipple 18
 George Richardy Minot 18
 Gerardus J. Mulder 14
 GI 142
 GIP 113
 gluconeogenesis 136
 glucose transporter 2 107
 glucose transporter 5 107
 glucose • alanine cycle 145
 glucuronate pathway 139
 GLUT2 107, 137, 142
 GLUT4 142
 GLUT5 107
 glycolysis 134
 GTP 135
 guanine 42
 Gustav Embdem 14
 G 細胞 97, 103

H

HansAdolf Krebs 14
 Har G. Khorana 15
 Harry Steenbock 19
 HDL 199, 207, 208
 hemoglobin 279
 Henri V. Regnault 12
 Henrik Dam 20
 high density lipoprotein 199
 HMG-CoA 207
 HMG-CoA 還元酵素 208
 HMG-CoA レダクターゼ 207

I

I 292
 IDL 202
 Immanuel Munk 15
 indispensable amino acids 162
 intracellular transport 107
 iodine 292
 IPA 196
 iron 279

J

Jack Drummond 19
 James D. Watson 15
 James Lind 19
 James Neel 47

Jean B. Boussingault 12
 John Mayow 11
 John Woodall 19
 Joseph Black 12
 Joseph Goldberger 27
 Joseph Priestley 11
 Jules Reiset 12

K

K 277

L

Lafayette B. Mendel 17
 LBM 343, 344
 LCAT 208
 LCT 113, 115
 LDL 199, 202, 205, 207
 LDL 受容体 207
 lean body mass 343
 lipoprotein lipase 201
 LMWCr 291
 Locomotive syndrome 271
 long-chain triacylglycerol 113
 low density lipoprotein 199
 LPL 201
 LT_{B4} 214
 LT_{B5} 214
 L-アスコルビン酸 250
 L 型 58, 162

M

M. E. Cheveul 15
 M. J. v. Pettenkofer 12
 macromineral 264
 magnesium 274
 major minerals 264
 manganese 288
 Marshall W. Nierenberg 15
 Maurice Wilkins 15
 Max Rubner 12
 MCT 115
 medium-chain triacylglycerol 115
 Metabolic equivalent 348
 metabolic turnover rate 173
 metabolism 14
 METs 348
 Mg 274
 micromineral 264
 Mn 288
 MnSOD 289

Mo 289
 molybdenum 289
 monounsaturated fatty acid 196
 mRNA 43, 44, 164, 165
 MUFA 196, 211
 myoglobin 279
 n-3 系 196
 n-3 系脂肪酸 212, 214
 n-6 系 196
 n-6 系脂肪酸 212, 213, 214
 n-9 系 196
 Na⁺/K⁺-ATPase 108, 274, 277
 Na⁺ポンプ 108
 NAD 58, 70, 71, 244, 245
 NADH 70, 71, 73, 215
 NADP 70
 NADPH 70, 71, 215
 NADPH + H⁺ 138, 140
 NADPH オキシダーゼ 290
 Nathan Zuntz 12
 non-essential amino acids 162
 nonprotein respiratory quotient 353
 NPRQ 353, 354
 NPY 82

O

osteoporosis 268
 Otto Meyerhof 14
 oxidative phosphorylation 135

P

P 271
 PAL 347
 paracellular transport 107
 parathyroid hormone 269
 Paul György 18
 Pentose phosphate cycle 138
 peroxisome proliferator response element 48
 peroxisome proliferator-activated receptor 48
 PGE₂ 213
 PGI₂ 214
 phosphorus 271
 physical activity level 347
 Pierre Simon Laplace 12
 polyunsaturated fatty acid 196
 potassium 277
 PPAR γ 48
 PPRE 48

PTH 269, 270, 272
 PUFA 196, 211

R

radical 162
 rapid turnover protein 174
 RAR 45
 REE 346
 Respiratory quotient 353
 resting energy expenditure 346
 retinoic acid receptor 45
 retinoid X receptor 45
 ribonucleic acid 43
 RNA 58, 101, 148
 RNA ポリメラーゼ 286
 Robert W. Holley 15
 RQ 353
 RTP 174
 Rudolf Schoenheimer 15
 RXR 45, 48

S

S 293
 saturated fatty acid 196
 SDA 346
 Se 288
 selenium 288
 SFA 196
 SGLT1 108
 single nucleotide polymorphism 47
 SNP 47
 SOD 285
 sodium-dependent glucose transporter 1 : 108
 specific dynamic action 346
 S-S 結合 66
 sulfur 293
 Sydney Ringer 22

T

T3 292
 T4 292
 TCA 回路 14, 132, 135, 203, 204, 215, 253
 ThDP 238
 Theodor Schwann 14
 thiamin di pyrophosphate 238
 Thomas B. Osborne 17
 Thomas H. Jukes 18
 thymine 42

trace minerals 264
 transferrin 281
 Trp64Arg 48
 TXA₂ 213
 TXA₃ 214

U

UCP 48, 206, 345, 350
 uncoupling protein 48, 206, 345
 unsaturated fatty acid 196

V

VDR 45
 very low density lipoprotein 199
 VLDL 117, 199, 201, 205
 VLDL レムナント 202

W

W. A. Perlzweig 18
 Walter Bradford Cannon 7
 WHO 7
 Wilbur Olin Atwater 12
 William C. Rose 15
 William Prout 13
 William Parry Murphy 18
 Wilson's disease 284

Z

Zinc 285
 Zn 285

『栄養管理と生命科学シリーズ』 基礎栄養学

2021 年 4 月 14 日 初版第 1 刷発行



編 著 者 小 林 謙 一

発 行 者 柴 山 斐 呂 子

発 行 所 理工図書株式会社

〒102-0082 東京都千代田区一番町 27-2
電話 03 (3230) 0221 (代表)
FAX 03 (3262) 8247
振替口座 00180-3-36087 番
<http://www.rikohtosho.co.jp>

© 小林謙一 2021 Printed in Japan ISBN978-4-8446-0905-6

印刷・製本 丸井工文社

〈日本複製権センター委託出版物〉

*本書を無断で複写複製（コピー）することは、著作権法上の例外を除き、禁じられています。本書をコピーされる場合は、事前に日本複製権センター（電話：03-3401-2382）の許諾を受けてください。

*本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製は著作権法上の例外を除き禁じられています。本書を代行業者等の第三者に依頼してスキャンやデジタル化することは、たとえ個人や家庭内の利用でも著作権法違反です。

★自然科学書協会会員★工学書協会会員★土木・建築書協会会員

ISBN978-4-8446-0905-6

C3340 ¥3500E

定価（本体 3500 円＋税）

自然科学

管理栄養士 / 基礎栄養学



9784844609056



1923340035008

