

ヴィジュアル  
Visual

栄養学  
テキスト

監修

津田謹輔 帝塚山学院大学学長・人間科学部教授

伏木 亨 龍谷大学農学部教授

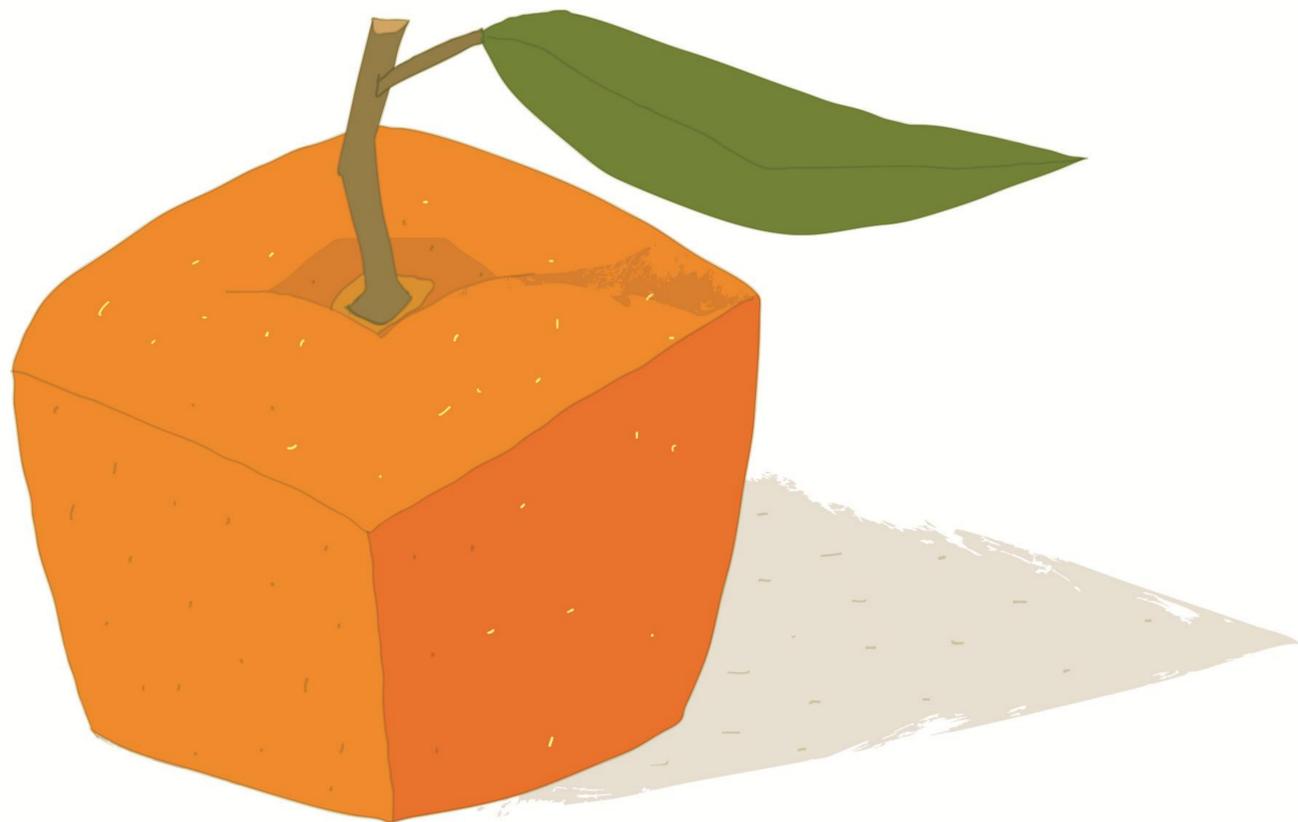
本田佳子 女子栄養大学栄養学部教授

編集

福島光夫

人体の構造と機能および疾病の成り立ち I

# 解剖生理学



中山書店

## はじめに

解剖学は人体の構造を、生理学は人体の機能を学ぶ生命科学の最も基本的な領域の学問です。人体の構造(形状・しくみ)と機能(はたらき)は互いに密接に関係しており、極めて精巧な調節機構が統合されて、個体の恒常性(ホメオスタシス)が維持されています。たとえば心臓の形が、心臓のはたらきと密接に関係しているように、それぞれの器官がなぜそのような構造をとっているかは、その器官や細胞が果たす役割と深い関係にあります。そして、これらの構造と機能の破綻が疾病をもたらすこととなります。病気の治療、診断や予防に携わるためには、まず正常の構造がどうなっているのかを知り、次にこれらの機能と調節機構がどのようにはたらくのかを知り、そして破綻のメカニズムを理解することが必要です。解剖学と生理学を並行して学ぶことにより、人体の構造と機能の基本を学び、構造と機能の関係を学び、ひいては疾病の成り立ちに対する理解が深まることとなります。

本書では、人体を器官系別に15の領域に分けて解説しています。人体を構成する最小単位である細胞の理解にはじまり、組織・皮膚、消化管、肝胆膵、心臓・血管系、呼吸器系、内分泌系、代謝、腎臓、血液、免疫、神経、骨格・筋肉、感覚器、泌尿器、そして生殖器について取り上げました。とくに、食事により摂取された栄養素が、体内でどのように利用されるかを学ぶ「代謝」について、章を設けて簡潔に解説しています。この「代謝」については「II 生化学」の教科書で、詳細に学習されることでしょう。

本書の執筆を、診療に、研究に、教育に、第一線で活躍されている各分野のエキスパートに依頼しました。たいへんご多忙のなか、本文内、そしてMEMOや豆知識の欄で、人体の構造と機能、さらに疾病との関係についても、わかりやすく、理解が深まる解説をしていただきました。また、「Visual」シリーズにふさわしく、理解に重要な図示、イラスト解説に力を入れていただきました。学習の一助になればと願っております。

解剖学、生理学は、生化学や病理学などとともに、医学の基本となる学問であり、栄養学のみならず、看護学、臨床検査医学、薬学などの領域の基礎を習得しようとする方々にとっても、最初の学習基盤となる領域です。本書が、栄養士、管理栄養士をはじめ、看護師、臨床検査技師、薬剤師を目指す方々と、さまざまな医療スタッフの学習に役立つことを祈念してやみません。

2016年11月吉日

編者 福島光夫

# 目次

刊行にあたって iii  
はじめに v  
シラバス vi

## 1章 細胞, 組織, 皮膚 是枝 哲 1

<b>1</b> 細胞	1
1 概要	1
2 細胞の形状・しくみとはたらき	1
<b>2</b> 組織	4
1 概要	4
2 組織の形状・しくみとはたらき	4
<b>3</b> 皮膚	7
1 概要	7
2 皮膚の構造とはたらき	7

## 2章 消化管 大屋道洋 12

<b>1</b> 概要	12
1 消化管の形状・しくみ	12
2 消化管の運動	13
3 食物の流れ	13
4 消化と吸収	14
5 脳腸相関	15
<b>2</b> 口腔, 咽頭	16
1 口腔の形状・しくみとはたらき	16
2 歯の形状・しくみとはたらき	16
3 舌の形状・しくみとはたらき	17
4 唾液腺の形状・しくみとはたらき	17
5 咽頭の形状・しくみとはたらき	17
<b>3</b> 食道	18
1 食道の形状・しくみ	18
2 食道のはたらき	18
<b>4</b> 胃	19
1 胃の形状・しくみ	19
2 胃のはたらき	19
3 胃液分泌	20
<b>5</b> 小腸	20
1 小腸の形状・しくみ	20
2 小腸のはたらき	21
<b>6</b> 大腸	22
1 大腸の形状・しくみ	22
2 大腸のはたらき	23
3 排便のしくみ	23

## 3章 肝・胆・膵 細川雅也 25

<b>1</b> 肝臓	25
1 肝臓の形状・しくみ	25
2 肝臓の微細構造	26
3 肝臓のはたらき	27
<b>2</b> 胆嚢・胆道	28
1 胆嚢・胆道の形状・しくみ	28
2 胆嚢・胆道のはたらき	28

<b>3</b>	<b>脾臓</b> _____	29
1	脾臓の形状・しくみ	29
2	脾臓のはたらき	29

## 4章

### 心臓・血管系

荒井秀典 31

<b>1</b>	<b>心臓の形状・しくみとはたらき</b> _____	31
1	心臓の外形と内腔	31
2	心臓の弁	32
3	心臓の血管	32
4	心臓の機能および特性	32
5	心電図の記録方法と診断への応用	33
6	心臓のポンプ機能	34
<b>2</b>	<b>血液の循環</b> _____	34
1	肺循環	34
2	体循環	34
<b>3</b>	<b>血管の構造とはたらき</b> _____	35
1	動脈	35
2	静脈	35
3	毛細血管	35
<b>4</b>	<b>血圧</b> _____	35
1	概要	35
2	内分泌系による血圧調節	36
3	心臓と血管に対する自律神経の作用	36
4	圧受容体反射	36

## 5章

### 呼吸器

松岡 孝 38

<b>1</b>	<b>呼吸器の形状・しくみ</b> _____	38
1	鼻と鼻腔, 副鼻腔	38
2	咽頭	39
3	喉頭	40
4	気管, 気管支	40
5	肺	41
<b>2</b>	<b>呼吸器のはたらき</b> _____	42
1	呼吸	42
2	肺機能	45
3	肺循環	46
4	呼吸運動	46
5	酸塩基平衡	48

## 6章

### 内分泌

50

<b>1</b>	<b>総論, 視床下部・下垂体, 松果体, 副腎</b> _____	三井理瑛・福島光夫 50
1	内分泌臓器の概要	50
2	ホルモンの分類とはたらき	50
3	視床下部・下垂体とそのホルモン	53
4	松果体とそのホルモン	54
5	副腎とそのホルモン	54
<b>2</b>	<b>甲状腺</b> _____	下野 大 57
1	甲状腺の形状・しくみとはたらき	57
2	甲状腺機能異常	58
<b>3</b>	<b>性腺</b> _____	高橋 輝・福島光夫 60
1	男性ホルモンのはたらき	60
2	女性ホルモンのはたらき	60
3	性腺ホルモンのフィードバック機構	60
<b>4</b>	<b>脾臓</b> _____	高橋 輝・福島光夫 62
1	脾島の形状・しくみ	62
2	血糖調節機構	62
<b>5</b>	<b>骨・ミネラル代謝</b> _____	八十田明宏 64
1	骨の形状・しくみ	64
2	骨のはたらき	64
3	血中Ca濃度を調節するホルモン	64

## 7章 代謝 66

<b>1</b> 代謝総論, 糖代謝	高橋 輝・福島光夫	66
1 物質代謝とエネルギー代謝		66
2 糖代謝		68
<b>2</b> 脂質代謝	荒井秀典	70
1 脂質とは		70
2 脂質のはたらき		70
3 脂質代謝		71
4 リポたんぱく代謝		71
<b>3</b> たんぱく質代謝, 尿酸代謝	下野 大	74
1 たんぱく質の代謝		74
2 尿酸の代謝		76

## 8章 腎臓 78

石垣さやか・加藤明彦

<b>1</b> 腎臓の形状・しくみ		78
1 腎臓の形状と位置		78
2 腎臓の血管		79
3 ネフロン		79
<b>2</b> 腎臓のはたらき		80
1 尿の概要		80
2 尿の生成		82
3 体液量・浸透圧の調節		83
4 酸塩基平衡の調節		85
5 腎臓で産生, 分泌されるホルモン		86

## 9章 血液 87

左川 均

<b>1</b> 血液の組成とはたらき, 造血		87
1 血液の組成		87
2 血液のはたらき		87
3 造血のメカニズム		88
<b>2</b> 赤血球		89
1 赤血球の分化と成熟		89
2 赤血球の形状・しくみとはたらき		89
3 ヘモグロビンの生合成と分解・代謝		90
<b>3</b> 白血球		91
1 白血球の種類		91
2 白血球のはたらき		91
<b>4</b> 血小板		93
1 血小板の形状・しくみ		93
2 血小板のはたらき		93
<b>5</b> 血漿たんぱく		93
1 血漿たんぱくの成分		94
2 血漿たんぱくのはたらき		94
<b>6</b> 凝固・線溶系		95
1 血液凝固のしくみ		95
2 線溶のしくみ		96

## 10章 免疫 97

左川 均

<b>1</b> 概要		97
1 免疫の概念		97
2 免疫にかかわる細胞・分子・器官(組織)		98
3 免疫寛容		101
<b>2</b> 自然免疫		101
1 皮膚・粘膜による防御		101
2 病原体関連分子パターン認識による防御		101
3 NK細胞による非特異的防御		102

<b>3 獲得免疫</b> .....	102
1 概要 .....	102
2 T細胞による抗原認識 .....	103
3 リンパ球の分化 .....	103
4 液性免疫と細胞性免疫 .....	103

# 11章

## 神経 中 隆 106

<b>1 神経系</b> .....	106
1 神経系の構成 .....	106
2 神経系の機能 .....	106
<b>2 中枢神経系</b> .....	106
1 中枢神経系を構成する細胞とはたらき .....	107
2 大 脳 .....	108
3 間 脳 .....	110
4 脳 幹 .....	110
5 小 脳 .....	111
6 脊 髄 .....	112
7 髄 膜 .....	112
8 脳と脊髄の血管系 .....	114
9 脳室系および脳脊髄液の循環 .....	115
<b>3 末梢神経系</b> .....	115
1 脳神経 .....	117
2 脊髄神経 .....	119
3 脊髄神経叢 .....	119
4 自律神経系 .....	119

# 12章

## 骨格, 筋肉系 真多俊博 121

<b>1 骨</b> .....	121
1 概 要 .....	121
2 骨のはたらき .....	121
3 骨の発生 .....	122
4 骨の構造 .....	122
5 骨の栄養と代謝 .....	124
6 軟 骨 .....	124
7 骨の病的変化 .....	124
<b>2 筋 肉</b> .....	127
1 骨格筋のはたらき .....	127
2 骨格筋の構造 .....	127
3 骨格筋の収縮と弛緩のメカニズム .....	128
4 筋肉の分類 .....	128
5 筋肉の動きの様式 .....	129
6 筋肉の病的変化 .....	129
<b>3 関 節</b> .....	131
1 関節のしくみとはたらき .....	131
2 関節の病的変化 .....	131

# 13章

## 感覚器 134

<b>1 総 論</b> .....	国井美羽・大森孝一	134
1 感覚の種類 .....	134	
2 感覚の特徴 .....	135	
<b>2 聴 覚</b> .....	国井美羽・大森孝一	135
1 聴覚の受容器と伝導路 .....	135	
2 音を認知するしくみと聴力 .....	137	
<b>3 平衡感覚</b> .....	国井美羽・大森孝一	138
1 平衡感覚の受容器と伝導路 .....	138	
2 平衡感覚による姿勢調節のしくみ .....	139	
<b>4 味 覚</b> .....	国井美羽・大森孝一	139
1 味覚の受容器と伝導路 .....	140	
2 味を認知するしくみと脳への関与 .....	140	
<b>5 嗅 覚</b> .....	国井美羽・大森孝一	140
1 嗅覚の受容器と伝導路 .....	140	
2 においを認知するしくみ .....	141	
<b>6 視 覚</b> .....	四倉次郎	142
1 眼球の形状・しくみとはたらき .....	142	
2 視機能とその検査 .....	146	
3 眼球付属器の形状・しくみとはたらき .....	147	

# 14章 尿管・膀胱・尿道, 男性生殖器 辻野 進 149

<b>1</b> 尿管・膀胱・尿道	149
1 尿管の形状・しくみとはたらき	149
2 膀胱の形状・しくみとはたらき	150
3 尿道の形状・しくみとはたらき	152
<b>2</b> 男性生殖器	152
1 精巣の形状・しくみとはたらき	152
2 精巣上体の形状・しくみとはたらき	153
3 精管の形状・しくみとはたらき	153
4 前立腺の形状・しくみとはたらき	153
5 陰茎の形状・しくみとはたらき	155
6 陰囊の形状・しくみとはたらき	156

# 15章 女性生殖器, 乳房 山田 潔 157

<b>1</b> 外性器(外陰)の形状・しくみ	157
<b>2</b> 内性器の形状・しくみ	158
1 膣	158
2 子宮	158
3 卵巣	159
4 卵管	160
<b>3</b> 乳房	160
<b>4</b> 妊娠と分娩	161
1 受精と着床	161
2 分娩	161
<b>5</b> 月経のしくみ	162
1 月経	162
2 月経周期	162

索引	165
----	-----

## Column

- リンパ系 … 35
- 気管支喘息 … 41
- 閉塞性換気障害と拘束性換気障害 … 47
- 甲状腺機能異常を呈する疾患 … 58
- 神経とは? … 107
- 痛い痛い飛んでいけ〜 … 116
- 顔面神経麻痺 … 118
- 大腿骨近位部骨折 … 124
- ロコモティブシンドローム(運動器症候群) … 132
- 伝音難聴と感音難聴 … 138
- 嗅覚障害とストレス … 141



# 細胞，組織，皮膚

1

細胞，  
組織，  
皮膚



- 人体を構成する最小単位である細胞，そしてその細胞が集まって作られた組織の構造とはたらきを理解する
- さらに組織はいろいろな臓器 (器官) を構成するが，ここでは人体の最外層を覆う臓器である皮膚の構造と役割を理解する



- ✓ 細胞には，神経細胞，筋細胞，肝細胞，脂肪細胞，上皮細胞などさまざまな種類がある．細胞は，細胞膜，細胞質，核で構成され，細胞質内には，いろいろな細胞小器官が存在する．
- ✓ 細胞と間質から構成される組織には，上皮組織，支持組織，筋組織，神経組織があり，それぞれの特徴に基づいた役割がある．これらの組織が組み合わさり臓器が形成される．
- ✓ 人体の表面を構成する臓器である皮膚は，上皮組織である表皮と結合組織である真皮，皮下組織から構成され，そのほかに毛包脂腺系，汗腺系，爪などの付属器を有する．

## 1 細胞

### 1 概要

- 細胞 (cell) は人体を構成する最小単位で，その種類は神経細胞，筋細胞，肝細胞，脂肪細胞，上皮細胞など数百種類に及ぶ．
- 細胞は基本的に細胞膜，細胞質，核から構成される．細胞は細胞膜で外界と隔てられ，細胞内は細胞質で満たされている．細胞質の中にはミトコンドリア，小胞体とリボソーム，ゴルジ (Golgi) 体，リソソーム，細胞骨格，中心体などの細胞小器官がある (2)．
- 核 (nucleus) は遺伝情報を収納している．
- 細胞のはたらきは，物質の代謝，物質の移動，増殖による新生・維持 (細胞分裂) などである．



#### 豆知識

血球系の細胞は非常に小さく4~5 μmで，それに比べ卵細胞は100 μmと非常に大きい．神経細胞の軸索は数十cmに及ぶほど長い (1)．

### 2 細胞の形状・しくみとはたらき

#### 細胞膜

- 細胞膜 (cell membrane) は細胞内を外から隔てる役割とともに，物質や信号を伝達する役割も担っている (物質の移動)．
- 生体膜\*1である細胞膜は脂質とたんぱく質から成る．その基本構造はリン脂質二重層であり，モザイク状にたんぱく質分子が分布している．表在性膜たんぱく質と膜貫通型たんぱく質がある (3)．

#### 細胞小器官 (2)

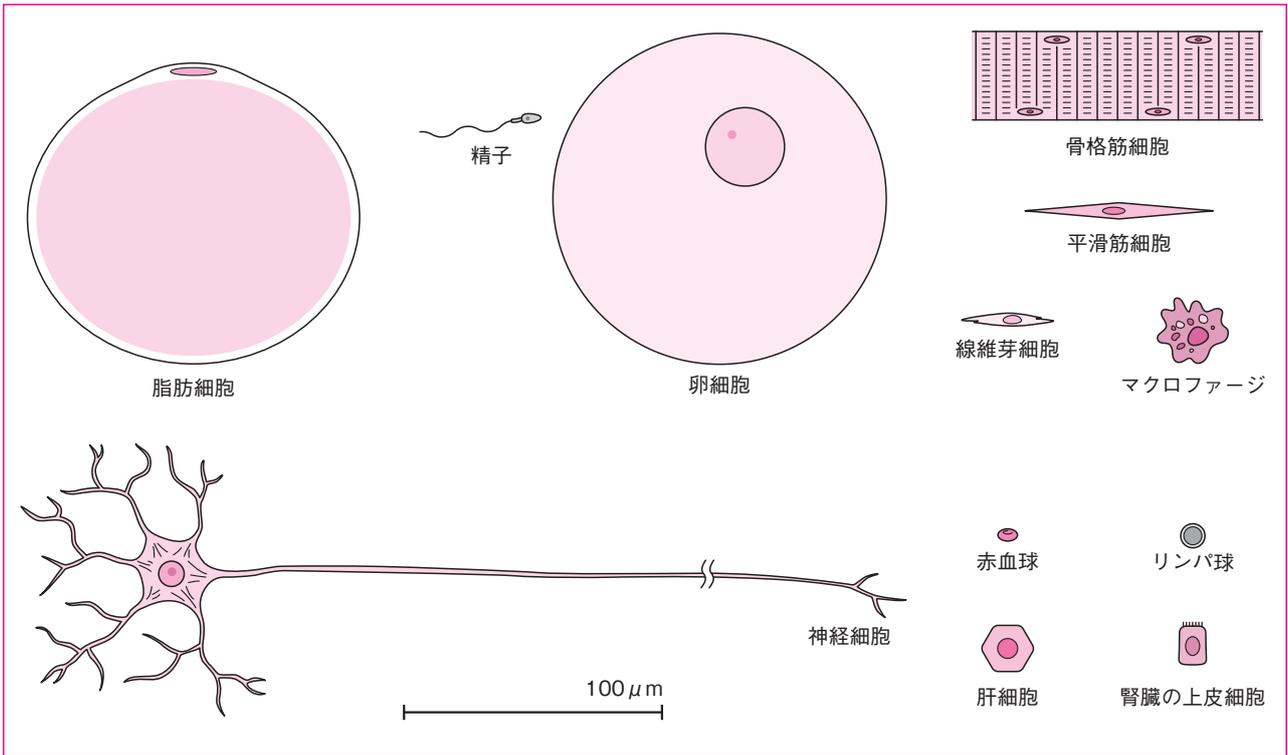
##### ミトコンドリア

- 内外二重の膜から成る．内膜は折れ込んで隔壁あるいはクリステを形成している．
- 異化 (細胞内呼吸) によって活動のエネルギー源であるアデノシン三リン酸 (ATP: adenosine triphosphate) を産生する (物質の代謝)．

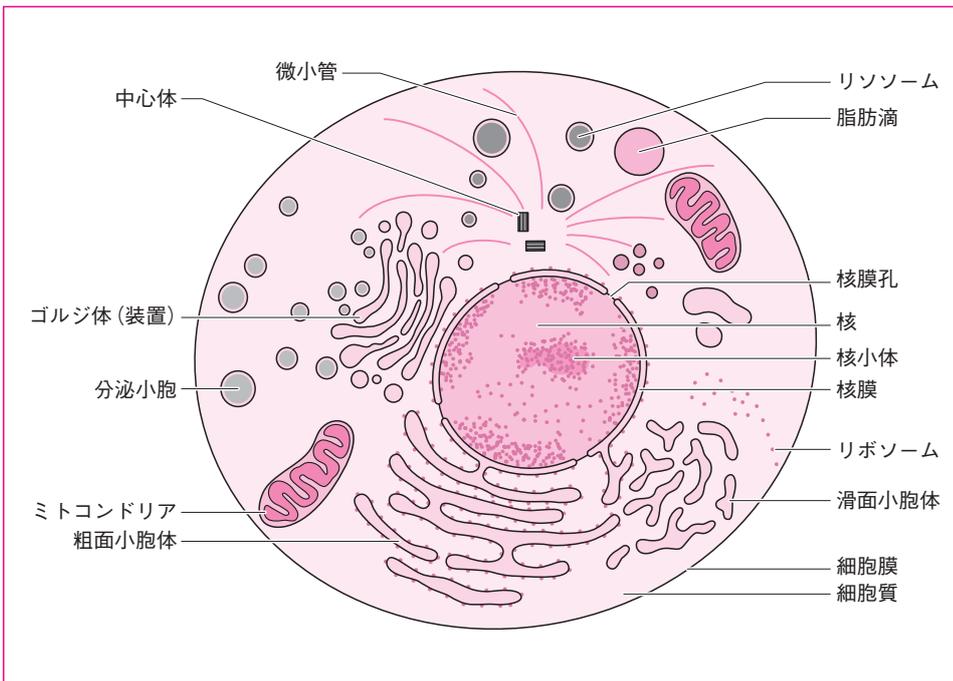
\*1 細胞膜のほか，ミトコンドリア膜，核膜，小胞体膜なども生体膜で，同じ構造 (3) をもつ．

#### 【用語解説】

クリステ：ミトコンドリア内膜の特徴的なヒダ構造で，これによって化学反応が起こる表面積を広げている．



① さまざまな形や大きさの細胞



② 細胞の構造

小胞体とリボソーム

- 小胞体は細胞質内で網状に広がっている膜様の小器官である。表面にリボソームという小顆粒が並ぶ粗面小胞体とこれをもたない滑面小胞体がある。
- リボソームはrRNA<sup>\*2</sup>とたんぱく質が結合した複合体で、mRNA<sup>\*2</sup>の情報に従って毎秒3~5個のアミノ酸が連結したたんぱく質を合成している。すなわち、粗面小胞体ではたんぱく質が合成され、滑面小胞体ではリン脂質やコレステロールが合成される。

小胞体には2種類あり、粗面小胞体ではたんぱく質が、滑面小胞体では脂質が合成されるんだ！



\*2 rRNA, mRNAはリボ核酸 (ribonucleic acid) の種類で、頭のrはribosomal, mはmessenger (伝令) の略である。

# 第7章 代謝

## 1 代謝総論，糖代謝



- 食事で摂取した栄養素が，体内でどのように代謝され，利用されているかを理解する
- 三大栄養素である糖質（炭水化物），たんぱく質，脂質の各代謝について理解する



- ✓ 代謝には，物質を作るはたらき（物質代謝）とエネルギーを作るはたらき（エネルギー代謝）の2つの役割がある。
- ✓ グルコースの好気呼吸は，解糖系からクエン酸回路を経て電子伝達系に入り，エネルギー源となるATPを産生する。
- ✓ ATPからADPに分解されるときにエネルギーが放出される。

## 7

### 代謝

## 1 物質代謝とエネルギー代謝

### 代謝のはたらき：同化と異化

- ヒトは生命活動を維持するために，食物を摂取し，食物中の栄養素（糖質（炭水化物），脂質，たんぱく質）を体内で処理してエネルギーを作り出したり，身体を形成するための材料を合成する。これらの過程を総称して代謝（metabolism）という。
- 体内の細胞は，一部が新しくされ，古くなったものは処理されるが，細胞内で新しい物質を合成することを同化（anabolism）といい，反対に不要なものを分解することを異化（catabolism）という。
- 同化や異化により，さまざまな物質を作り出したり，分解したりすることを物質代謝という。
- 一般的に，同化はエネルギーを消費し，異化はエネルギーを生成することが多く，異化作用で生成されたエネルギーは，生命活動や体熱として利用される。代謝をこれらのエネルギーの観点からとらえたものをエネルギー代謝という。

### 酵素のはたらき

- 生体内で行われる化学反応を触媒するたんぱく質を酵素（enzyme）といい，ビタミンや金属イオンなどと結合して活性を示すものが多い。
- 酵素は特定の物質と結合し，その物質の化学反応が効率良く進むようにはたらくが，その際酵素自体は変化せず，反応が終了し生成物から離れた酵素は次の反応に繰り返し関与する。
- 一連の化学反応の中では，複数の酵素が関与していることが多いが，その反応の速さを決める酵素を律速酵素という。この律速酵素により，化学反応が制御されることから，種々の薬剤は，これら律速酵素に作用するものが多く開発されている。

### エネルギー代謝のしくみ

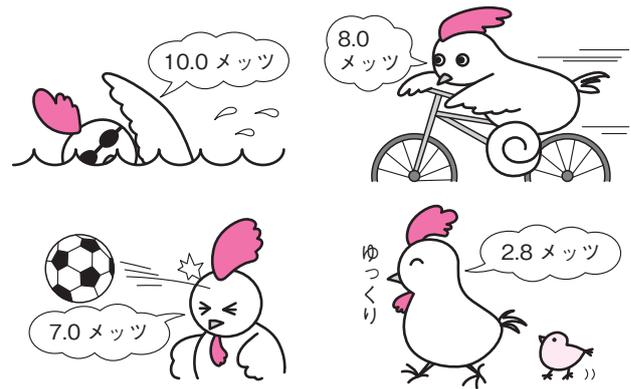
#### 基礎代謝

- 覚醒している状態で，生命を維持するために必要最小限の代謝を基礎代謝という。

## ① 生活活動・運動のメッツ表

メッツ	生活活動・運動の例
1.8	立位, 皿洗い
2.0	非常に遅い歩行 (53 m/分未満), 洗濯
2.8	ゆっくりとした歩行 (53 m/分)
3.0	普通歩行 (67 m/分)
4.0	自転車に乗る (16 km/時未満, 通勤)
5.0	かなり速歩 (107 m/分), 野球
6.0	ゆっくりとしたジョギング, 水泳 (のんびり泳ぐ)
7.0	ジョギング, サッカー, スキー
8.0	サイクリング (約20 km/時), 運搬 (重い荷物)
9.0	ランニング (139 m/分)
10.0	水泳 (クロール, 69 m/分)

(厚生労働科学研究費補助金 循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業「健康づくりのための運動基準2006改定のためのシステムティックレビュー」(研究代表者: 宮地元彦)より抜粋)



- 日本人の基礎代謝量 (BMR: basal metabolism rate) は成人男性で約1,500 kcal/日, 成人女性で約1,200 kcal/日とされている。
- 基礎代謝は年齢や性別, 体格 (筋肉量), 体表面積や体温, 季節 (外気温), ホルモン, 女性の場合は性周期 (月経) に影響を受ける。

## 安静時代謝

- 適温の部屋で食後数時間後に座位・安静・覚醒状態で測定した代謝量を安静時代謝といい, その安静時代謝量 (REE: resting energy expenditure) は基礎代謝量の約1.2倍である。

## エネルギー代謝率

- 代謝量は身体活動により大きく変化する。身体活動によって安静時代謝量より増えた代謝量が, 基礎代謝量の何倍に相当するかを示した値をエネルギー代謝率 (RMR: relative metabolic rate) という。

## 食事誘発性熱産生 (DIT)

- 食事で摂取した栄養素が分解される際に発生する熱産生のことを食事誘発性熱産生 (DIT: diet induced thermogenesis) という。食後に体が温くなるのはこの熱によるものである。
- この熱産生は栄養素によって異なり, たんぱく質は摂取エネルギーの約30%が熱産生に消費され, 食後数時間にわたって持続する。一方, 糖質は約6%, 脂質は約4%が熱産生に消費され, 持続時間も短い。総エネルギー消費量 (TEE: total energy expenditure) の約10%を占めるとされている。

## 身体活動レベル (PAL)

- 日常生活における身体活動の強さを身体活動レベル (PAL: physical activity level) で示し, 総エネルギー消費量 (TEE) ÷ 基礎代謝量 (BMR) で求める。低い (1.40~1.60), ふつう (1.60~1.90), 高い (1.90~2.20) の3段階に分けられ, 食事摂取基準の推定エネルギー摂取量などで用いられる。

## メッツ (METs)

- 身体活動の強さを表す指標として, 運動時の酸素消費量が安静時の酸素消費量の何倍に相当するかを示したメッツ (METs: metabolic equivalents) が使われる。
- 座位安静時が1メッツ, 普通歩行が3メッツに相当するとされる (①)。

## ● MEMO ●

エネルギー代謝率 (RMR) = (活動時代謝量 - 安静時代謝量 (REE)) / 基礎代謝量 (BMR) で表すことができる。また,  $RMR = 1.2 \times (\text{メッツ} - 1)$  の関係が成り立つ。



## 豆知識

身体活動量からエネルギー消費量への換算方法: エネルギー消費量 (kcal) = メッツ × 時間 (時) × 体重 (kg)  
 (例) 60 kgの人が普通歩行 (3.0メッツ) を30分 (0.5時間) 行った場合のエネルギー消費量は,  
 $3.0 \text{メッツ} \times 0.5 \text{時間} \times 60 \text{kg} = 90 \text{kcal}$   
 と計算できる。