

石田 秀行 (いしだ・ひでゆき)

埼玉医科大学総合医療センター

消化管・一般外科教授

1984年、群馬大学医学部卒業。同年、東京医科歯科大学第2外科（現大学院腫瘍外科）入局。1996年から埼玉医科大学総合医療センター外科勤務。講師、助教授を経て、2007年より消化管・一般外科教授

専門は消化器外科学、大腸肛門病学（特に大腸がんおよび炎症性腸疾患の外科治療、遺伝性大腸がんの診断と治療）、外科感染症学、消化器がん化学療法など

日本外科学会、日本消化器外科学会、日本大腸肛門病学会、日本消化器内視鏡学会などの専門医・指導医。日本消化器がん外科治療認定医

はじめに

セラピストを目指す方にとって、体のしくみや機能といった医学的な基礎知識をしっかりと理解し、身につけることがセラピストへの第一歩となります。また、すでにセラピストとして現場で働いている方にとっては、人間の体にかかわる知識をより広くもつことが、スキルアップにつながります。

私たち人間の体は、約60兆個という膨大な数の細胞によって、実に巧妙に形づくられています。そして、一つひとつの臓器、組織、器官が、脳という司令塔を中心にして、自らの役割を忠実に果たしています。さらに、脳のコントロールのもと、それぞれが有機的につながることによって生命を維持し、創造的な活動をつくりだしているのです。

解剖学や生理学をきちんと理解し、知識として自分のものにしていくことが、セラピストとしての幅を広げるための“糧”になるでしょう。

本書は、臓器や組織、器官の精密なイラストや生理機能を理解するのに役立つイラストと、体のしくみと機能のわかりやすい解説によって、セラピストやその卵の皆さんの理解を助ける内容になっています。

第1章では、骨格や循環、細胞など全身にかかわる体のしくみと機能を解説しています。第2章から第4章では、頭部から下肢までのそれぞれの部位のしくみと機能をコンパクトにまとめています。第5章では、皆さんが日常的に出会うことが多い症状や疾患を取り上げて、要点をわかりやすく解説しています。

本書が、信頼されるセラピストとして成長する一助になることを願っています。

平成25年12月

埼玉医科大学総合医療センター
消化管・一般外科 教授

石田 秀行

Contents

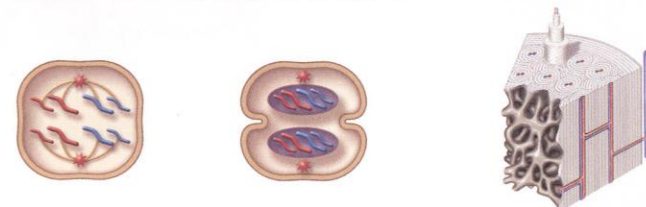
はじめに	3
本書の見方・使い方	12

第1章 全身

01 強靱な強度をもつ“骨”	16
02 人体を形づくる“骨格”	18
03 S字カーブが特徴の“脊柱”	20
04 腕や脚の自由な動きをつくる“関節”	22
05 骨格筋や内臓を形成する“筋肉”	24
06 スムーズな動作をつくる“骨格筋”	26
07 動作をつくる“筋収縮・弛緩”	28
08 酸素と栄養素を供給する“血液循環”	30
09 血液を運ぶパイプライン“血管”	32
10 血液の血球をつくる“造血組織”	34
11 酸素と栄養素を運ぶ“血液”	36
12 生命活動に欠かせない“血小板・血漿”	38
13 液性・神経性調節による“血圧調整”	40

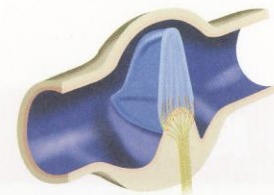
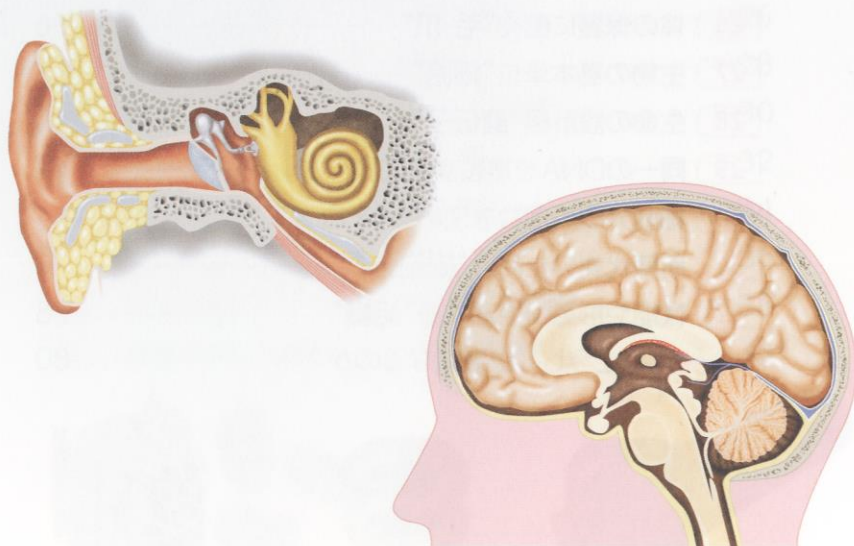


14 静脈と並行して走る“リンパ管”	42
15 リンパ管が合流する“リンパ節”	44
16 病原体から体を守る“免疫”	46
17 体調を一定の状態に保つ“ホルモン”	48
18 脳と全身を結ぶ“脊髄”	50
19 情報回路を構成する“神経細胞”	52
20 情報伝達ネットワークの“神経”	54
21 脳と末梢をつなぐ“知覚・運動神経”	56
22 生命活動を調節する“自律神経”	58
23 感覚器+バリア機能の“皮膚”	60
24 外界の刺激を感知する“皮膚感覚”	62
25 体温を一定範囲に保つ“体温調節”	64
26 体の保護に働く“毛・爪”	66
27 生物の基本単位“細胞”	68
28 生命の設計図“遺伝子”	70
29 同一のDNAを複製する“遺伝”	72
30 細胞分裂の回数を決める“テロメア”	74
31 新陳代謝のための“細胞分裂”	76
32 機能や形態が共通する“組織”	78
コラム どうして白髪になるのか?	80

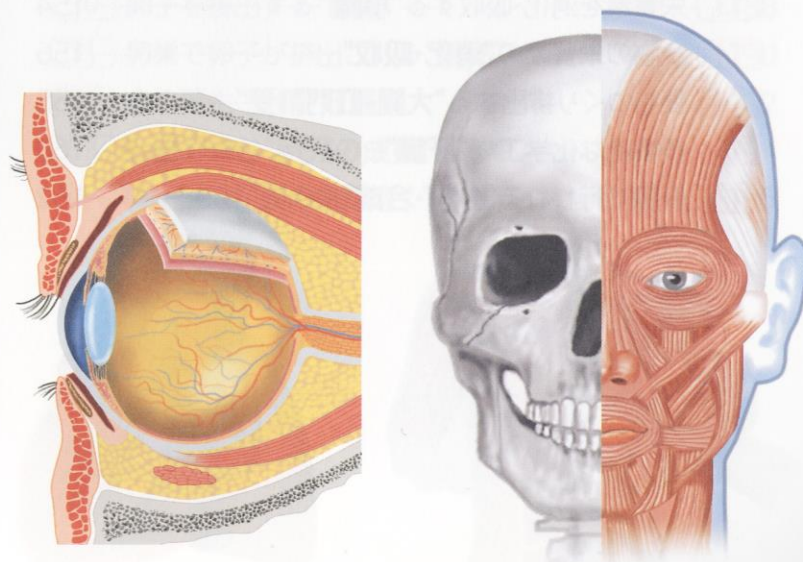


第2章 頭部・頸部

01	衝撃から脳を守る“頭蓋骨”	82
02	生命や知的活動を生み出す“脳”	84
03	理性や感情を生み出す“大脳”	86
04	神経細胞が走る司令塔“大脳皮質”	88
05	運動情報をつかさどる“小脳”	90
06	生命維持に働く“脳幹”	92
07	機能を分担している“左脳・右脳”	94
08	大脳や海馬などに蓄えられる“記憶”	96
09	視覚情報を集める“眼”	98
10	ものの形や色を認識する“視覚”	100
11	視細胞が色を感知する“色覚”	102
12	外界の音を正確に聞き分ける“耳”	104

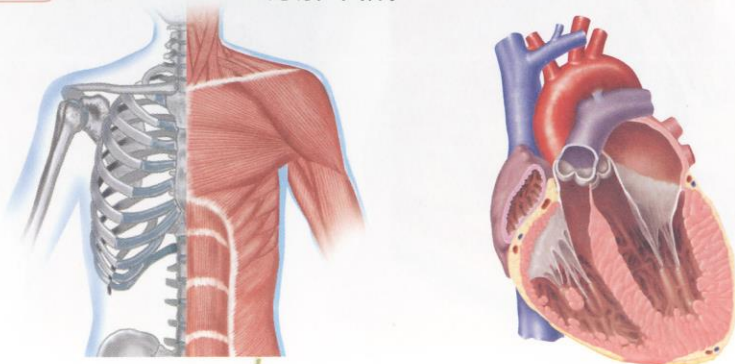


13	空気の振動を音と認識する“聴覚”	106
14	姿勢のバランスを保つ“平衡感覚”	108
15	耳管を開き鼓膜内外の“気圧調節”	110
16	空気を吸・排気し、においを感知する“鼻”	112
17	におい分子を嗅ぎ分ける“嗅覚”	114
18	消化機能の入り口“口腔・舌”	116
19	基本の4つの味を感知する“味覚”	118
20	食べ物を噛み砕く“歯”	120
21	空気の流れと食物が交差する“喉”	122
22	さまざまな声をつくり出す“声帯”	124
23	食べ物を飲み込む“嚥下”	126
コラム	睡眠のパターン	128

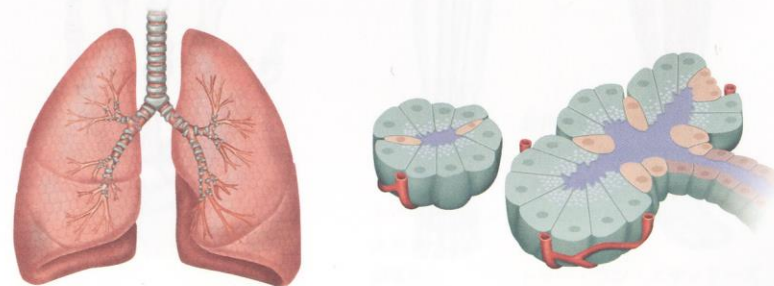


第3章 胸部・腹部

01	骨格と筋肉で形づくる“胸部・腹部”	130
02	体幹の姿勢を支える“背部の筋肉”	132
03	血液循環の要になる“心臓”	134
04	心臓の収縮と弛緩“拍動”	136
05	空気の通り道“気管・気管支”	138
06	右肺と左肺からなる“肺”	140
07	外・内呼吸がある“ガス交換”	142
08	胸式と腹式がある“呼吸”	144
09	思春期とともに発育する“乳房”	146
10	食物を胃に送り込む“食道”	148
11	消化・吸収の準備をする“胃”	150
12	内容物の殺菌・消化をする“胃液”	152
13	栄養素を消化・吸収する“小腸”	154
14	食物の栄養素の“消化・吸収”	156
15	便をつくり排出する“大腸・肛門”	158
16	多機能な化学工場“肝臓”	160
17	肝臓で行われる“分解・合成”	162



18	酵素による“アルコール分解”	164
19	胆汁を濃縮・貯蔵する“胆嚢”	166
20	内・外分泌部がある“膵臓”	168
21	3大栄養素を消化する“膵液”	170
22	ホルモンによる“血糖値調整”	172
23	尿を生成する“腎臓”	174
24	2段階の“尿生成”	176
25	排尿をつかさどる“膀胱・尿路”	178
26	内・外性器からなる“男性生殖器”	180
27	卵子に突き進む“精子”	182
28	射精を誘発する“勃起”	184
29	命を育む“女性生殖器”	186
30	卵子を排出する“卵巣”	188
31	卵巣で卵子が排出される“排卵”	190
32	命の誕生“受精・妊娠”	192
33	胎盤で進む“胎児の成長”	194
コラム	なぜ“腹の虫が鳴く”のか？	196



第4章 上肢・下肢

- 01 自由自在に動く“腕”.....198
- 02 27個の骨で構成される“手”.....200
- 03 直立歩行を可能にした“脚”.....202
- 04 体重を支える“足”.....204
- コラム 扁平足だと下肢が疲れやすい.....206



第5章 気になる体の不調

- 01 体液で皮膚が膨れる“むくみ”.....208
- 02 ヘモグロビンが減少する“貧血”.....210
- 03 内耳の病気などで起きる“めまい”.....212
- 04 熱が不足して起きる“冷え性”.....214
- 05 筋肉疲労で生じる“肩こり”.....216
- 06 肩関節周囲の炎症で起きる“五十肩”.....218
- 07 免疫反応で起きる“花粉症”.....220
- 08 舌苔や歯垢が引き起こす“口臭”.....222
- 09 不定愁訴を伴う“更年期障害”.....224

● 体のデータ.....226

索引.....229

参考文献.....239

イラスト 金井裕也 小林裕美子
 (株)バックボーンワークス
 (有)メディカル愛 (50 音順)
 カバーデザイン 福井信明 (HOPBOX)
 本文デザイン HOPBOX
 編集協力 トゥー・ワン・エディターズ

本書の見方・使い方

構造・機能編

本書では、セラピストとして知っておきたい体の基本的な構造を、詳細なイラストとわかりやすい文章で解説しています。
さらに、多数の図解を駆使して、体の機能や作用を理解できるように工夫しています

要点を把握できる “POINT”

それぞれの臓器や組織、器官の構造、それらの機能や作用の要点をコンパクトにまとめているので、全体を把握しやすくなっています

ポイントになる用語を 太文字で強調

体の構造や機能で押さえておくべきポイントとなる用語を太文字で示しています。医学用語には難解な読み方をする場合も少なくないので、臓器などの名称にはルビをふっています

見てわかる “機能”の解説

体の構造や機能は複雑ですが、図解を駆使してわかりやすく解説しているので、より深く理解することができます

3-7

外・内呼吸がある“ガス交換”

- POINT
- 血液と肺胞、血液と細胞の間で酸素と二酸化炭素の交換が行われる
 - 肺胞は効率的にガス交換を行うために表面積が広がっている
 - ヘモグロビンは酸素濃度の高いところで酸素と結合する性質がある

ガス交換には外呼吸と内呼吸の2つがある

ガス交換には、肺の肺胞で行われる外呼吸と、血液と細胞の間で行われる内呼吸があります。

外呼吸によるガス交換は、肺胞が血液から二酸化炭素を回収し、酸素を供給します。一方、内呼吸では、血液中の酸素が細胞に供給され、二酸化炭素を回収します。

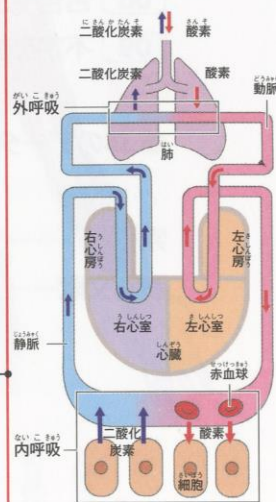
外呼吸を行う肺胞は、平滑筋でできた非常に小さな袋状をしていて、両肺の肺胞を合わせると約6億個にも上ります。表面積は約60～70m²、畳に換算すると30畳以上の広さにもなります。肺胞の表面積がこれほど広いのは、効率的にガス交換を行うためです。肺胞には、無数の毛細血管がからみつき、非常に薄い肺胞壁から血液中に酸素と二酸化炭素が容易に出入りできるようになっています。

赤血球中のヘモグロビンがガス交換に関与している

血液のなかでガス交換に関与するのは、赤血球に含まれるヘモグロビンです。

ヘモグロビンは、肺胞のような酸素濃度が高いところでは酸素と結合し、濃度が低い末端組織では酸素を放出するという性質

● 外呼吸と内呼吸のしくみ



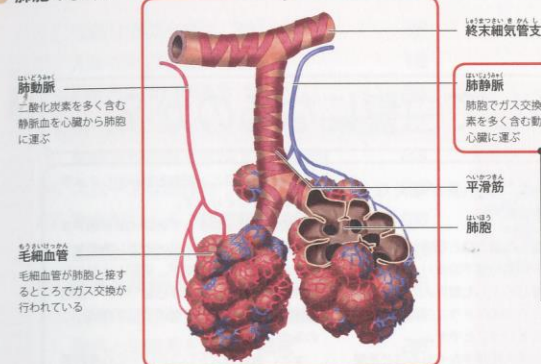
をもっています。逆に、二酸化炭素濃度が低いところ（肺胞）では二酸化炭素を放出し、濃度の高いところ（末端組織）では二酸化炭素と結合します。

142

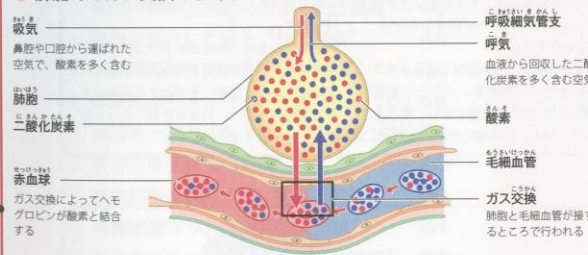
リアルで緻密な “イラスト”

臓器や組織、器官の理解を助けるリアルで緻密なイラストを多数掲載しています

● 肺胞のしくみ



● 肺胞でのガス交換のしくみ



Column 運動をしないと息切れする理由

激しい運動や長時間の運動をすると、少しでも多くの酸素を肺に取り込もうと、呼吸の回数が増えるために息切れが多くなります。このとき、

143

引きやすい “インデックス”

章別のイメージカラー・インデックスを用いているので、目的の章がわかりやすくなっています

理解を助ける 部位の解説

体の構造や機能を理解するうえでポイントになる部位について解説しています

思わず人に話したくなる話が満載

知っていると、体の構造や機能に関していっそう理解が深まるエピソードを交えて解説しているので、お客様との会話にも利用できます

本書の見方・使い方

体の“なぜ”編

体の構造や機能にまつわる“なぜ”をわかりやすい解説とイラストですっきり解決

普段、疑問に思っている“なぜ”をピックアップ

体の構造や機能は複雑で巧みにできています。解剖学や生理学を学んでいくと、思わず「どうして?」と思うことがいっぱいあります。各章に関連する“なぜ”を取り上げました

わかりやすい解説

本章で学んできた知識を生かしながらかみ進むと、体への興味がいっそう高まるはずです

“なぜ”を 解明する図解

解説の理解を助けるわかりやすい図解で、体の構造や機能をより深く知ることができます

ポイントを コンパクトに解説

図解を理解するうえで重要なポイントを簡潔に解説しています

どうして白髪になるのか?

毛のメラニン色素がなくなると白髪になる。

毛髪の色は、皮膚の色と同様に毛に含まれるメラニン色素の量で決まります。

日本人をはじめとした東洋人の多くは黒髪ですが、これは毛にメラニン色素が多く含まれているということです。

メラニン色素の量が少なくなると毛髪が茶色になり、量がとても少ないと、欧米人にみられる金髪になります。毛に含まれるメラニン色素の量が多いか少ないかは、遺伝的なものです。

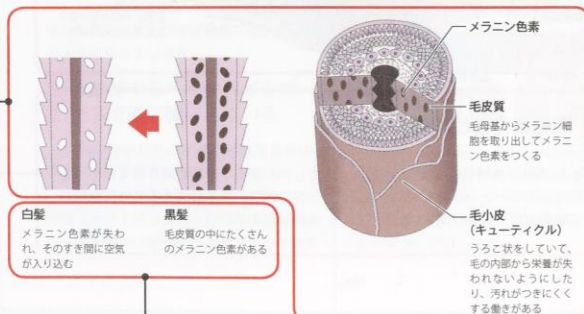
メラニン色素は、色素細胞であるメラニン細胞からつくられます。メラニン細胞は、毛根の中にある毛母基にあり、毛小皮(キューティクル)の内側にある毛皮質が、

毛母基からメラニン細胞を取り出してメラニン色素をつくり出します。

年をとるにしたがって新陳代謝が低下すると、メラニン細胞からメラニン色素をつくる能力も低下しますが、毛髪にメラニン色素がなくなった状態が白髪です。一般的に加齢とともに白髪が増えてくるのは、このためです。

また、過度のストレスといった心理的要因でも白髪になることがあります。原因となったストレスがなくなればもとの色に戻ります。

白髪になると、毛皮質のメラニン色素があつたところにすき間ができ、空気が入り込めます。白髪に光が当たるとキラキラと光りますが、これはすき間に入った空気が光を反射するためです。



80

第1章

全身

- | | |
|------------------------|----|
| 01. 強靱な強度をもつ“骨” | 16 |
| 02. 人体を形づくる“骨格” | 18 |
| 03. S字カーブが特徴の“脊柱” | 20 |
| 04. 腕や脚の自由な動きをつくる“関節” | 22 |
| 05. 骨格筋や内臓を形成する“筋肉” | 24 |
| 06. スムーズな動作をつくる“骨格筋” | 26 |
| 07. 動作をつくる“筋収縮・弛緩” | 28 |
| 08. 酸素と栄養素を供給する“血液循環” | 30 |
| 09. 血液を運ぶパイプライン“血管” | 32 |
| 10. 血液の血球をつくる“造血組織” | 34 |
| 11. 酸素と栄養素を運ぶ“血液” | 36 |
| 12. 生命活動に欠かせない“血小板・血漿” | 38 |
| 13. 液性・神経性調節による“血圧調整” | 40 |
| 14. 静脈と並行して走る“リンパ管” | 42 |
| 15. リンパ管が合流する“リンパ節” | 44 |
| 16. 病原体から体を守る“免疫” | 46 |
| 17. 体調を一定の状態に保つ“ホルモン” | 48 |
| 18. 脳と全身を結ぶ“脊髄” | 50 |
| 19. 情報回路を構成する“神経細胞” | 52 |
| 20. 情報伝達ネットワークの“神経” | 54 |
| 21. 脳と末梢をつなぐ“知覚・運動神経” | 56 |
| 22. 生命活動を調節する“自律神経” | 58 |
| 23. 感覚器+バリア機能の“皮膚” | 60 |
| 24. 外界の刺激を感知する“皮膚感覚” | 62 |
| 25. 体温を一定範囲に保つ“体温調節” | 64 |
| 26. 体の保護に動く“毛・爪” | 66 |
| 27. 生物の基本単位“細胞” | 68 |
| 28. 生命の設計図“遺伝子” | 70 |
| 29. 同一のDNAを複製する“遺伝” | 72 |
| 30. 細胞分裂の回数を決める“テロメア” | 74 |
| 31. 新陳代謝のための“細胞分裂” | 76 |
| 32. 機能や形態が共通する“組織” | 78 |
| コラム どうして白髪になるのか? | 80 |

強靱な強度をもつ“骨”

POINT

- 骨には長骨、短骨、扁平骨、含気骨、混合骨がある
- 骨は骨膜、緻密質、海綿質から構成される
- 骨髄で赤血球や白血球などの血球がつくられる

長骨は両端の骨端と中央の骨幹からなる

骨には、形態によって長骨（四肢などの長い骨）、短骨（手や足の甲などの短い骨）、扁平骨（頭蓋骨など）、含気骨（上腕骨などの空洞のある骨）、混合骨（前頭骨などの扁平骨で空洞のある骨）の5種類があります。

骨は骨膜、緻密質、海綿質からなります。骨膜は、骨の表面を覆う外骨膜と、骨の内壁を覆う内骨膜があります。外骨膜の内側にある緻密質は、すき間なく骨細胞が規則

的に並んだ骨層板でできています。その中に血管が通り、血管どうしを結ぶのが貫通管（ファルクマン管）です。

緻密質の内側の海綿質は、スポンジのような多孔質構造で、大きな骨の内部には骨髄腔があります。

骨の成分の大部分がカルシウムとリンなどの無機物です。体内にある約99%のカルシウム、約85%のリンが骨に蓄えられています。無機質以外にコラーゲンなどの有機物が多少含まれています。

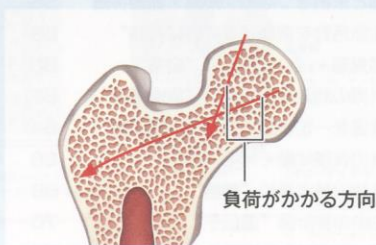
骨は、両端の骨端と中央の骨幹からできています。骨端の周辺部は薄い緻密質で

Column 骨の強度を支える中空構造

骨は、体を支える基礎となる骨格の材料です。運動などでは体重の何倍もの負荷が骨にかかります。骨は、その負荷を受け止めるだけの強度をもっています。

骨の強度の秘密は、中空構造にあります。同じ長さで重量の鉄パイプと鉄筋では、中空構造の鉄パイプのほうが約2倍強いといわれています。骨も同様に中空構造によって強度を高めています。

骨を強靱にしているもう一つの要素が、骨梁と呼ばれる海綿質の網の目状構



造です。骨梁は不規則な構造に見えますが、負荷がかかる方向に規則正しく並んでいることで、強度を高めています。

きていて、内部は海綿質で埋め尽くされています。骨幹は周辺部が緻密質でできていて、内部は骨髄腔になっています。

骨はカルシウムを貯蔵し、体内で不足すると補給する

血液や細胞内にカルシウムが不足する

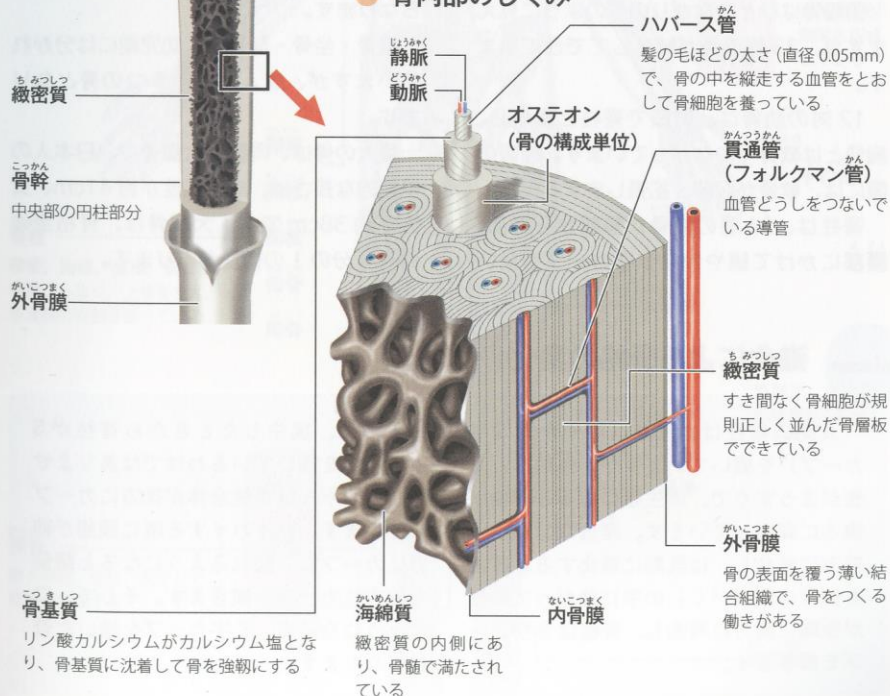
と、骨に蓄えられたリン酸カルシウムが、血管を介して補給されます。

骨は骨格を形成するとともに、胸骨、肋骨、脊柱、骨盤などの骨髄から赤血球や白血球などの血液の有形成分（血球）をつくる造血組織でもあります。

● 長骨のしくみ



● 骨内部のしくみ



人体を形づくる“骨格”

POINT

- 骨格は頭蓋骨、脊柱、肋骨、骨盤などで形成されている
- 頭蓋骨は23個の骨が複雑に結合している
- 脊柱は緩やかなS字カーブを描いている

骨格は人体を支える基本構造

骨格は、人体を支える支柱です。

人間の骨は、頭蓋骨23個、脊柱（背骨）26個、肋骨と胸骨25個、肩・腕・手64個、骨盤・脚・足62個の骨でできています。

頭蓋骨はひとつながりの骨のように見えますが、23個の骨が結合してできています。

12対の肋骨は、関節で脊柱と連結し、胸骨とは軟骨でつながっています。呼吸の際には、軟骨が収縮・拡張します。

脊柱は、24個の椎骨が頸部から胸部、腰部にかけて緩やかなS字カーブを描い

ています。椎体と椎体の間には、クッションの役割をする椎間板があります。

椎骨は、頸椎（頸部）7個、胸椎（胸部）12個、腰椎（腰部）5個で構成され、その下に5個の骨が結合した1個の仙骨、4～5個の骨が結合した1個の尾骨が連なっています。骨盤は、仙骨、尾骨、第5腰椎、左右1対の寛骨（腸骨・坐骨・恥骨）からなります。

腸骨・坐骨・恥骨は、幼児期には分かれています。成人すると1つの骨となります。

最大の骨は、両脚の大腿骨で、日本人の平均的な長さは、成人男性が約41cm、女性が約38cmです。大腿骨は、骨格全体の約4分の1の重量があります。

Column 進化による骨格の変化の関係

人間の脊柱は、彎曲（緩やかなS字カーブ）を描いていますが、魚類は、脊柱がまっすぐで、両生類になると胸椎が後ろに彎曲しています。爬虫類は頸椎が前方に彎曲し、ほ乳類に進化すると腰椎と仙骨の間が「く」の字に曲がって腰椎が極端に前方に彎曲し、脊柱はS字カーブを描きます。

人間は、誕生したときから脊柱がS字カーブを描いているわけではありません。赤ちゃんは脊柱全体が後方にカーブしています。ハイハイする頃に頸部が前方にカーブし、座れるようになると腰部が前方にカーブを描きます。そして、立つようになると、S字カーブを描いた脊柱になります。

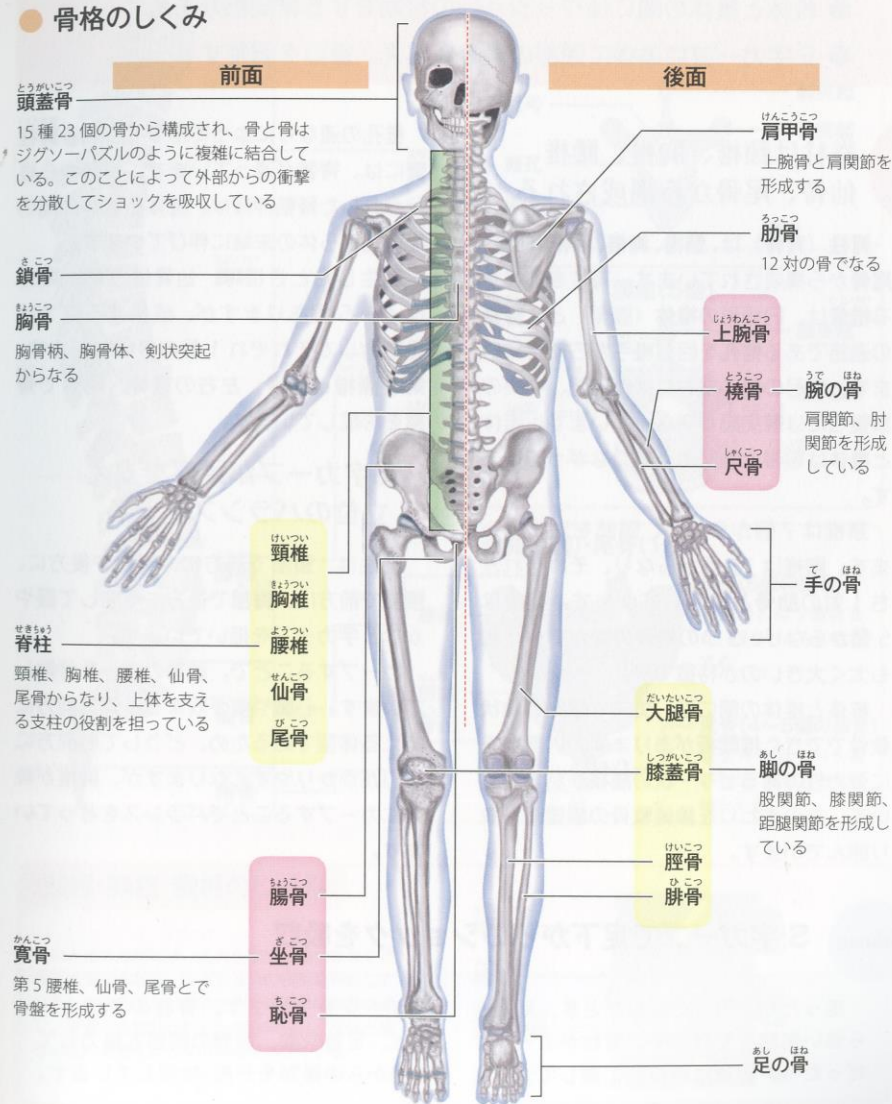
頭蓋骨は脳を、肋骨と胸骨は胸部の臓器を保護している

頭蓋骨は脳や眼球などを保護し、肋骨と胸骨は、心臓や肺などの胸部にある臓器を

保護しています。

骨盤は、腸や泌尿器、生殖器など腹部にある臓器を保護しています。女性の場合、卵巣や子宮などの女性生殖器を支えています。

骨格のしくみ



S字カーブが特徴の“脊柱”

POINT

- 脊柱は頸椎、胸椎、腰椎、仙骨、尾骨から構成されている
- 椎体と椎体の間にはクッションの役割をする椎間板がある
- S字カーブによって頭部の重みを支え、重心を調整する

脊柱は頸椎、胸椎、腰椎、仙骨、尾骨から構成される

脊柱（背骨）は、頸椎、胸椎、腰椎、仙骨、尾骨から構成されています。脊柱を構成する椎骨は、円板形の椎体（腹側）と、脊髄の通路である椎孔を囲む椎弓からできています。椎弓の斜め左右には横突起、中央の真後ろには棘突起が突き出しています。椎体と椎体は靱帯と筋によってつながっています。

頸椎は7個からなり、頭部を支えています。胸椎は12個からなり、それぞれ左右1対の肋骨と結合しています。腰椎は5個からなり、3つの椎骨のなかでもっとも太く大きいのが特徴です。

椎体と椎体の間には、丈夫な線維の輪状軟骨でできた椎間板があります。内部中央に弾力性のあるゼリー状の髄核が詰まっていて、そのまわりを線維軟骨の線維輪が取り囲んでいます。

Column S字カーブで足下からのショックを吸収

走ったり、飛んだりしたとき、地面から強い衝撃を受けます。背柱がまっすぐだったら、衝撃は直接脳に達して大きな

椎孔の連なりによって形づくられる脊髄管には、脊髄が通っています。脊髄から枝分かれた脊髄神経は、椎体と椎体の間の椎管孔から体の末端に伸びています。

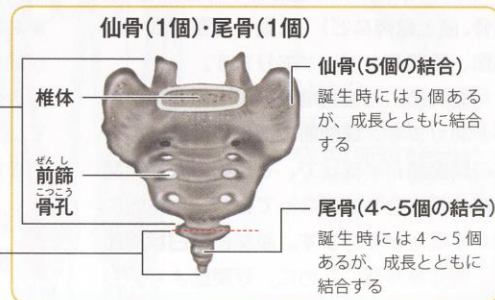
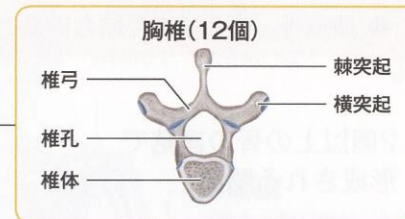
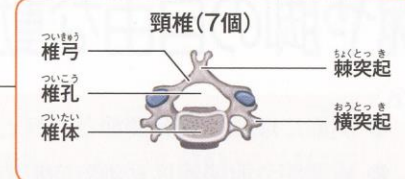
誕生したときには、仙骨は5個、尾骨は4～5個ありますが、成長するにつれ骨結合してそれぞれ1個の骨になります。第5腰椎と仙骨、左右の寛骨、尾骨で骨盤を形成しています。

S字カーブが頭部を支え立位のバランスをとる

脊柱は、頸部で前方に、胸部で後方に、腰部で前方に、臀部で後方に彎曲して緩やかなS字カーブを描いています。

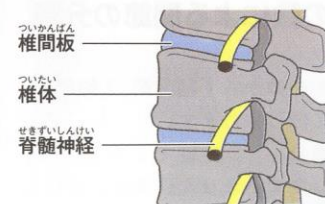
カーブすることで、頭部の重みを分散しています。心臓や肺が収まる胸郭を前方に抱える体型であるため、どうしても前方に重心がかかりやすくなりますが、胸椎が後方にカーブすることでバランスをとっています。

● 脊柱・椎骨のしくみ



頸椎・胸椎・腰椎のしくみ

椎体と椎体の間には、丈夫な線維の輪状軟骨でできた椎間板があり、クッションの役割を果たしている。椎孔の連なりでできた脊髄管には脊髄が通り、脊髄から枝分かれた脊髄神経は、椎体と椎体の間の椎管孔から体の末端に伸びている



腕や脚の自由な動きをつくる“関節”

POINT

- 関節には動く可動関節と、ほとんど動かない不動関節がある
- 肩関節や股関節はどの方向にも自由に動かすことができる
- 頭蓋骨、歯と歯肉の結合はほとんど動かない

2個以上の骨の連結で形成される関節

2個以上の骨が連結している部分が関節です。関節をつくる骨の先端は、**関節軟骨**によって覆われていますが、骨どおしが接することで傷つきのを防ぐためです。関節液が、軟骨に栄養を供給しています。軟骨と軟骨のすき間にある**滑膜**は、潤滑油の役割をする**滑液**を分泌しています。

関節には、ほとんど動かない**不動関節**（頭蓋骨、歯と歯肉など）と、動く**可動関節**（肩関節、股関節など）があります。

可動関節にも可動域が広いものと狭いものがあります。**球関節**である肩関節は、一方の**関節頭**が半球状で、もう一方が浅い**関節窩**の組み合わせになっていて、全方向に動かすことができます。股関節は**臼状関節**で、関節窩が深いために、球関節より少し動きが制限されます。

Column 軸の数による関節の分類

関節は軸の数から**1軸関節**、**2軸関節**、**多軸関節**に分けられます。

1軸関節は、1つの軸でしか動かず、屈伸運動しかできません。直角に交わる

肘関節や手の**指節間関節**は**蝶番**のように一つの軸のまわりを動く**蝶番関節**です。また、**上腕尺関節**は**車軸関節**で、前腕の内側と外側へ回す動きができます。**橈円関節**の手首の**橈骨手根関節**は、屈伸や内外転、円を描くことができます。**鞍関節**の手根中手関節や**足根中足関節**は、どちらも鞍状の関節面で、かなり自由な動きが可能です。

一方、関節が動かない**不動関節**には、**平面関節**である**椎間関節**があり、関節面が平面に近く、2次元的に動く程度です。頭蓋骨もほとんど動かない関節です。線維物質が結合した関節で、日本酒の升の四隅の木組みのようにしっかりと骨どうしが結合しています。また、歯と歯肉の結合は、木に釘を打ちつけたような関節です。

自由な動きをつくりだし、衝撃を吸収する

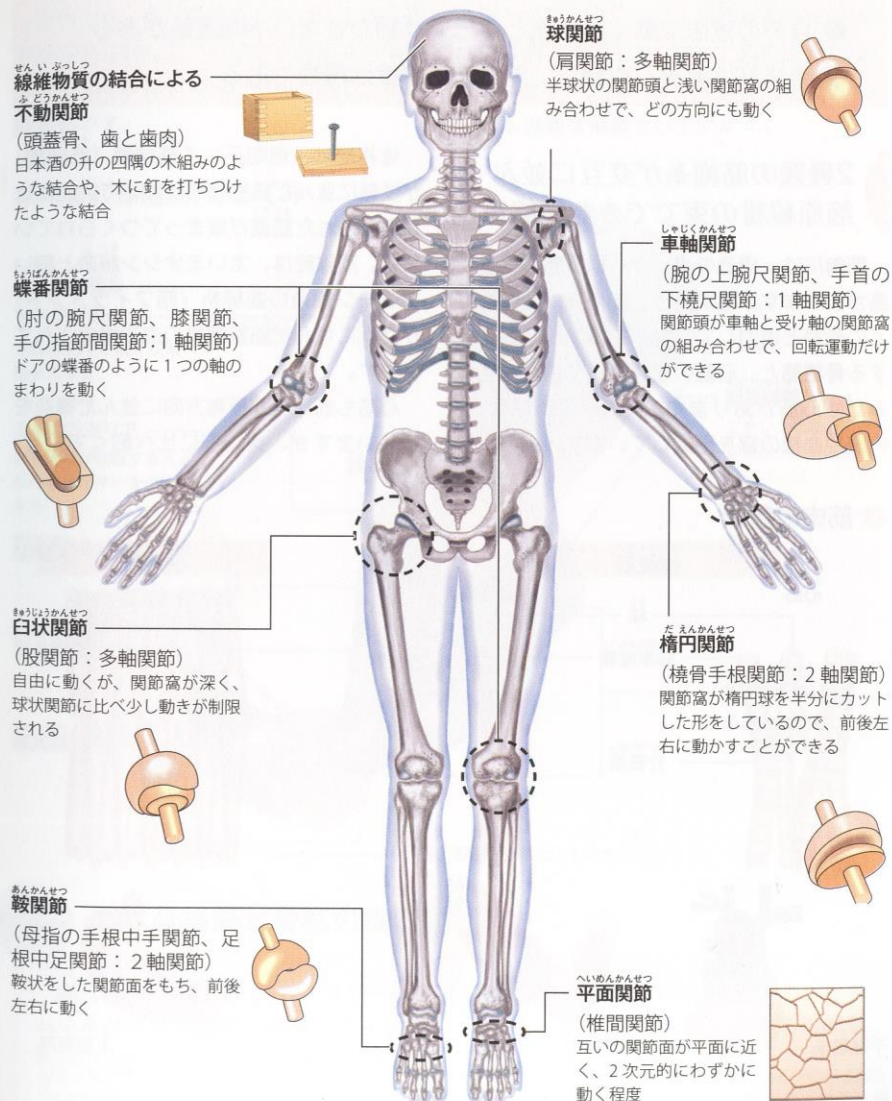
私たちは、複数の骨と**靱帯**、**筋**によって

二つの方向の軸がある**2軸関節**は、屈伸に加え内外転などの動きができます。多軸関節である肩関節や股関節は、あらゆる方向に動かすことができます。

つくられる関節のおかげで自由に動くことができます。また、関節は外部からの衝撃

を吸収して、脳や内臓などを保護しています。

● 主な関節のしくみ



骨格筋や内臓を形成する“筋肉”

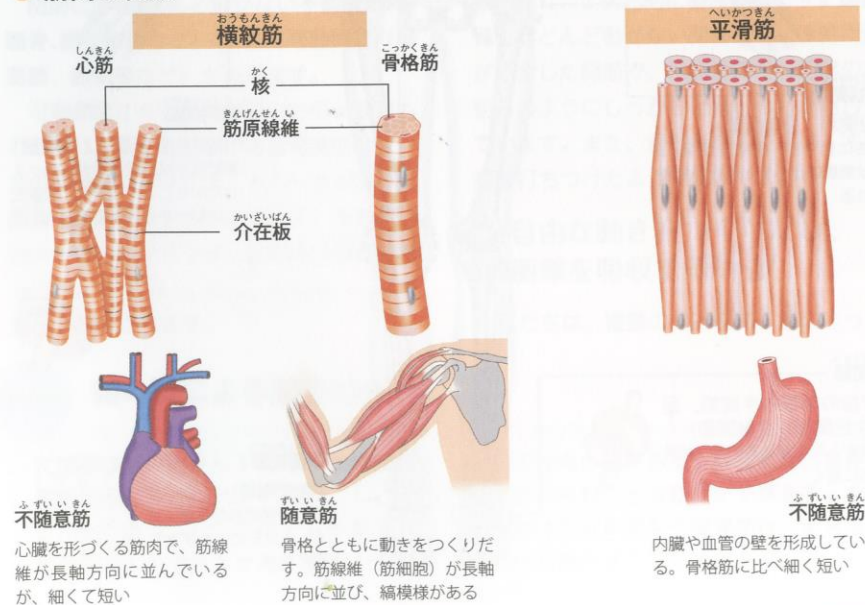
POINT

- 筋肉には構造の違いから横紋筋と平滑筋がある
- 自分の意思で動く随意筋と意思では動かせない不随意筋がある
- 骨格筋は素早く収縮し、平滑筋の収縮は緩慢である

2種類の筋細糸が交互に並ぶ筋原線維の束でできた筋線維

筋肉には、構造の違いから横紋筋と平滑筋があります。横紋筋は、腕や脚、胴体などの骨格と協力して、動作をコントロールする骨格筋と、心臓の筋肉として拍動を生み出す心筋があります。一方、平滑筋は、内臓や血管の壁を形成しています。

● 筋肉の種類



筋細胞の束が横方向に枝を出すようにして互いを結んでいます。

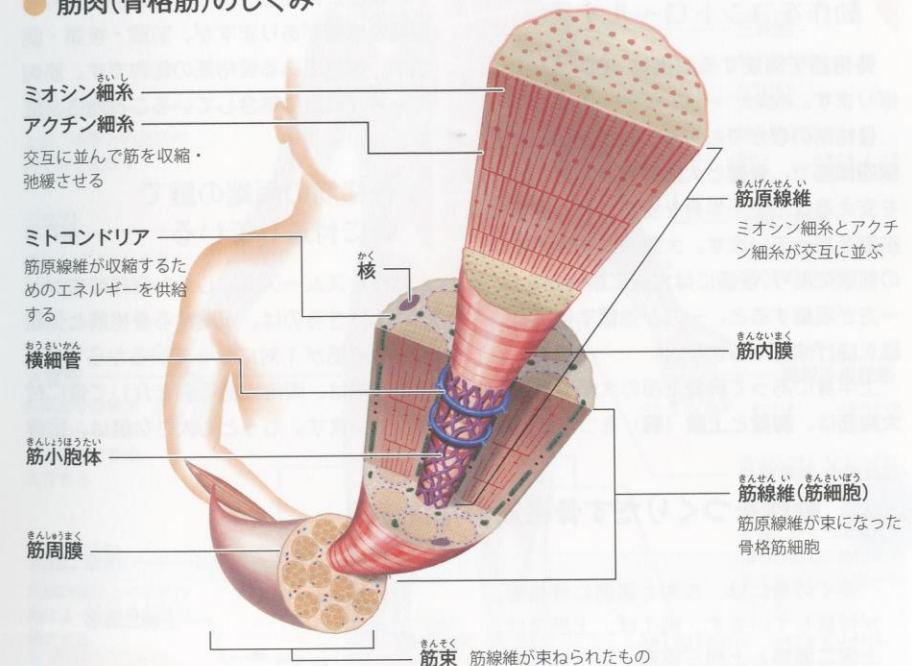
腸管や気管、尿管、胃、血管などの壁をつくっている平滑筋は、骨格筋に比べ筋線維が短く細いです。

骨格筋は、自分の意思で動かせる随意筋であるのに対して、心筋や平滑筋は自律神経やホルモンにコントロールされている不随意筋です。

骨格筋は素早く収縮し、平滑筋の収縮は緩慢

骨格筋は素早い動きをするため、筋肉が瞬時に収縮します。一方、平滑筋の収縮は緩やかです。心筋は、洞房結節からの刺激で収縮と弛緩を繰り返し、休むことなく拍動します。そのため、筋肉のなかでもっとも強靱な構造をしています。

● 筋肉(骨格筋)のしくみ



Column 腱は骨格筋と骨格の接着剤

腱は、筋肉の両端にあり、コラーゲンという結合組織で骨に結合しています。筋肉の収縮によって片方の骨を引き寄せることで、動作が生まれます。

力こぶしをつくったときに、その先をつまむと硬くて細いものにふれるのが腱です。

スムーズな動作をつくる“骨格筋”

POINT

- 骨格筋を構成する筋肉は400以上にのぼる
- 2つの骨格筋がペアになった拮抗作用で動作を生み出す
- コラーゲン線維でできた腱は骨に強力に付着している

400以上の骨格筋で動作をコントロールする

骨格筋を構成する筋肉は400以上にのぼります。

骨格筋のなかでもっとも大きいのが大腿四頭筋で、骨盤と大腿骨をつなぎ、上体を支えることで下半身を安定させる重要な役割を担っています。大腿四頭筋は大腿部の前面にあり、後面には大腿二頭筋があり、一方が収縮すると、一方が弛緩することで膝を曲げ伸ばしします。

上半身にあって胸壁上部の大部分を覆う大胸筋は、胸壁と上肢（腕）をつなぎ、肩

関節を覆う三角筋とともに腕を動かします。頭部には喜怒哀楽などの表情をつくる顔面表情筋がありますが、前頭・後頭・側頭部、顔面にある骨格筋の総称です。筋肉の一方が皮膚に結合していることから、皮筋といいます。

骨格筋の両端の腱で骨に付着している

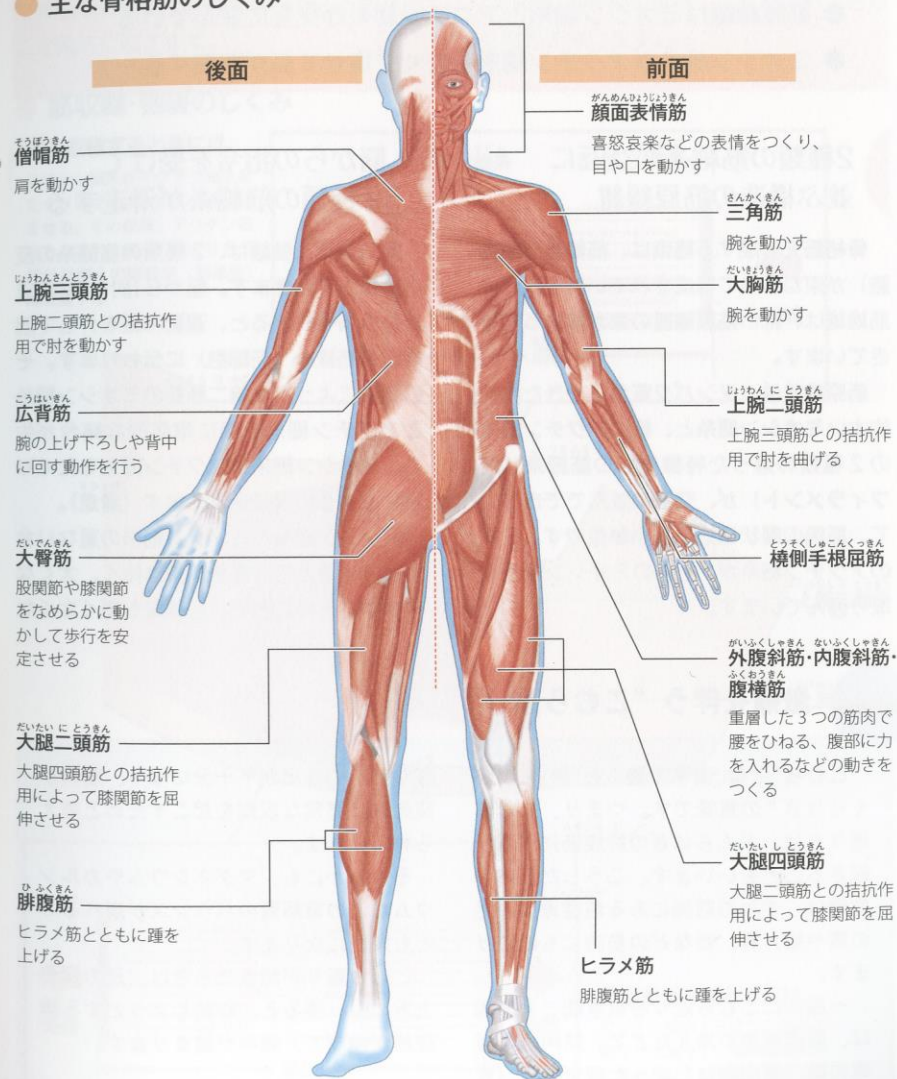
動作をスムーズに、しかも自在にコントロールできるのは、収縮する骨格筋と弛緩する骨格筋が1対になっているからです。

骨格筋は、両端にある腱を介して骨に付着しています。もっとも大きな腱は、足首

の後ろを通るアキレス腱です。アキレス腱は、ふくらはぎの下腿三頭筋を踵骨（踵の骨）に付着させることで足首の動きをつく

りだします。腱はコラーゲン線維でできていて、筋肉の収縮によって片方の骨を引き寄せ、動作をサポートします。

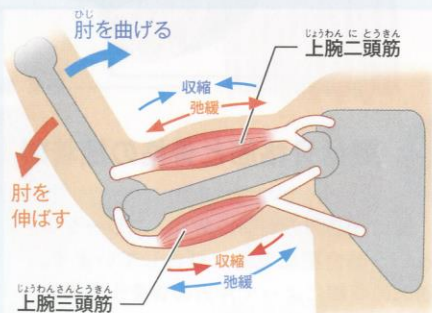
● 主な骨格筋のしくみ



Column 動作をつくりだす骨格筋の拮抗作用

多くの骨には、表側と裏側に骨格筋が付着しています。例えば、上腕では上腕二頭筋と上腕三頭筋、脚では大腿四頭筋と大腿二頭筋がペアになっています。

体のある方向に動かすとき、ペアになっている骨格筋のうち、動かす側の骨格筋が収縮し、もう一方が弛緩します。骨格筋が対になって収縮・弛緩する拮抗作用によって体が動くのです。



動作をつくる“筋収縮・弛緩”

POINT

- 骨格筋は、筋線維（筋細胞）が束になった筋束の集まり
- 筋原線維はミオシン細糸とアクチン細糸が交互に並んでいる
- ミオシン細糸がアクチン細糸をたぐり寄せて筋が収縮する

2種類の筋細糸が交互に並ぶ構造の筋原線維

骨格筋を形成する筋束は、筋線維（筋細胞）が束ねられて構成されています。その筋線維は、細い筋原線維の束が集まってできています。

筋原線維は、タンパク質からできた比較的大きいミオシン細糸と、細いアクチン細糸の2種類の違った特徴をもつ筋細糸（筋フィラメント）が、交互に並んでできていて、筋肉の層状構造の最小単位です。6本のアクチン細糸が、1本のミオシン細糸を取り囲んでいます。

Column 激痛を伴う“こむら返り”

“こむら”とは、漢字で書くと「腓」で、“ふくらはぎ”の意味です。つまり、こむら返りとは、ふくらはぎの腓腹筋に痙攣が起きることをいいます。こうした筋肉の痙攣は、すねの前面にある前脛骨筋、足の裏や指、肩、首などの筋肉にも起こります。

一般的にこむら返りを引き起こす原因は、筋肉疲労や冷えなどで、筋肉への酸素供給、筋肉内にたまった疲労物質（乳

脳からの指令を受けて2種類の筋細糸が滑走する

筋の収縮・弛緩は、2種類の筋細糸の反応によって起きます。脳から「肘を曲げる」という指令が出ると、運動神経を介して腕周辺の筋線維（筋細胞）に伝わります。その刺激によって上腕二頭筋のミオシン細糸とアクチン細糸の間に電気的な結合が生じ、ミオシン細糸がアクチン細糸をたぐり寄せるように滑り込ませます（滑走）。

アクチン細糸とミオシン細糸の重なり合う部分が増えて、筋原線維は短く、太くなります。そのことで、筋線維も短く太くな

酸など）の排出が不十分になり、筋肉が突発的に異常な収縮を起こすためと考えられています。

そのほかにも、マグネシウムやカルシウムなどの電解質のバランスが崩れることも原因になります。

こむら返りが起きたときは、足の指を上方に引っ張ると、収縮しようとする腓腹筋が伸びて、痛みが鎮まります。

り肘が曲がりやす。

このとき、上腕二頭筋と拮抗関係にある上腕三頭筋のアクチン細糸とミオシン細糸の重なりは減り、筋原線維が細く長くなって筋は弛緩します。

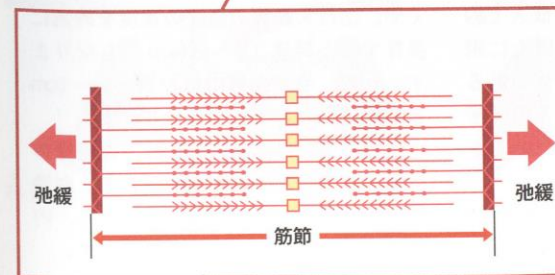
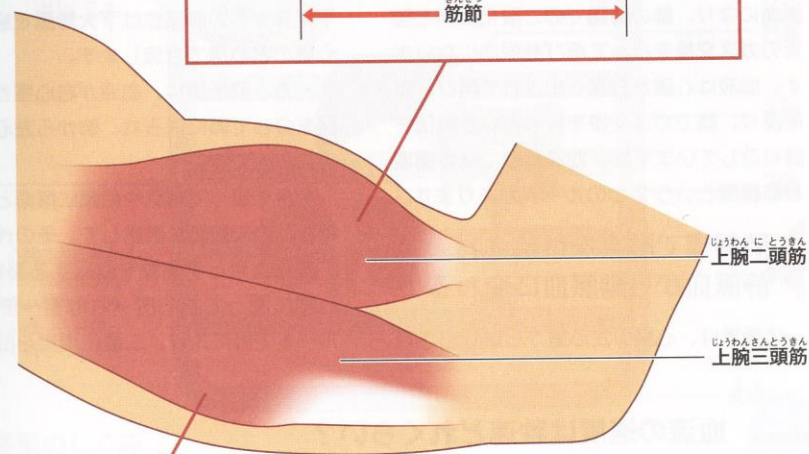
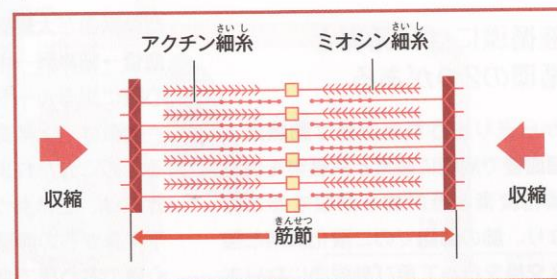
骨格筋の収縮・弛緩は、脳から指令が出ると瞬時に起きます。

一方、自律神経に支配されている内臓や血管の壁を構成する平滑筋は、自律神経からの指令を受けてから反応を起こすまで少し時間がかかります。また、収縮・弛緩は緩やかで、長時間続けることができます。心筋は自律神経の指令によって休むことなく拍動を続けます。

● 筋収縮・弛緩のしくみ

筋が収縮するときには

ミオシン細糸がアクチン細糸をたぐり寄せるようにして滑り込ませる。その結果、アクチン細糸とミオシン細糸の重なり合う部分が増えて筋線維（筋細胞）は収縮する



筋が弛緩するときには

アクチン細糸とミオシン細糸の重なりは減って、筋原線維が細く長くなり、筋線維は弛緩する

酸素と栄養素を供給する“血液循環”

POINT

- 血液循環には体循環と肺循環がある
- 体循環は、心臓→動脈→毛細血管→静脈→心臓のルート
- 肺循環は、心臓の右心室→肺動脈→肺→肺静脈→左心房のルート

血液循環には体循環と肺循環の2つがある

心臓から送り出された血液は動脈血です。毛細血管で細胞に酸素と栄養素を供給し、二酸化炭素と老廃物を回収すると静脈血になり、肺の肺胞での二酸化炭素と酸素のガス交換を行って再び動脈血になります。血液は心臓から送り出されて再び心臓に戻り、肺でガス交換を行うという循環を繰り返していますが、血液循環には体循環と肺循環という2つのルートがあります。

肺循環で酸素を供給され静脈血から動脈血に変わる

体循環は、心臓の左心室から送り出され

た動脈血が大動脈→中動脈→細動脈→毛細血管→細静脈→中静脈→大静脈を経て再び心臓に戻るルートです。

動脈は、上半身と下半身へ血液供給をするために分かれます。心臓に戻ってくるときには、上半身からの静脈血は上大静脈、下半身からの静脈血は下大静脈を経由して心臓の右心房で合流します。

一方、肺循環は、血液が右心室から肺動脈を介して肺に送られ、肺から左心房に戻るルートです。

全身を巡って細胞や組織に酸素とブドウ糖などの栄養素を供給して、その代わりに二酸化炭素と老廃物を回収する静脈血は、心臓に戻って右心房→右心室→肺動脈のルートで肺に入り、二酸化炭素を肺の肺胞

Column 血流の速度は秒速どれくらい？

全身の血管の総延長距離は、成人で約9万kmもあり、地球約2周分以上に相当する長さです。また、人間の体にある全血液量は、体重の約13分の1で、平均約4～5ℓの血液が心臓と肺、血管を循環していることになります。

血流の速度は、上行大動脈で秒速60～100cm、下行大動脈で秒速20～30cm

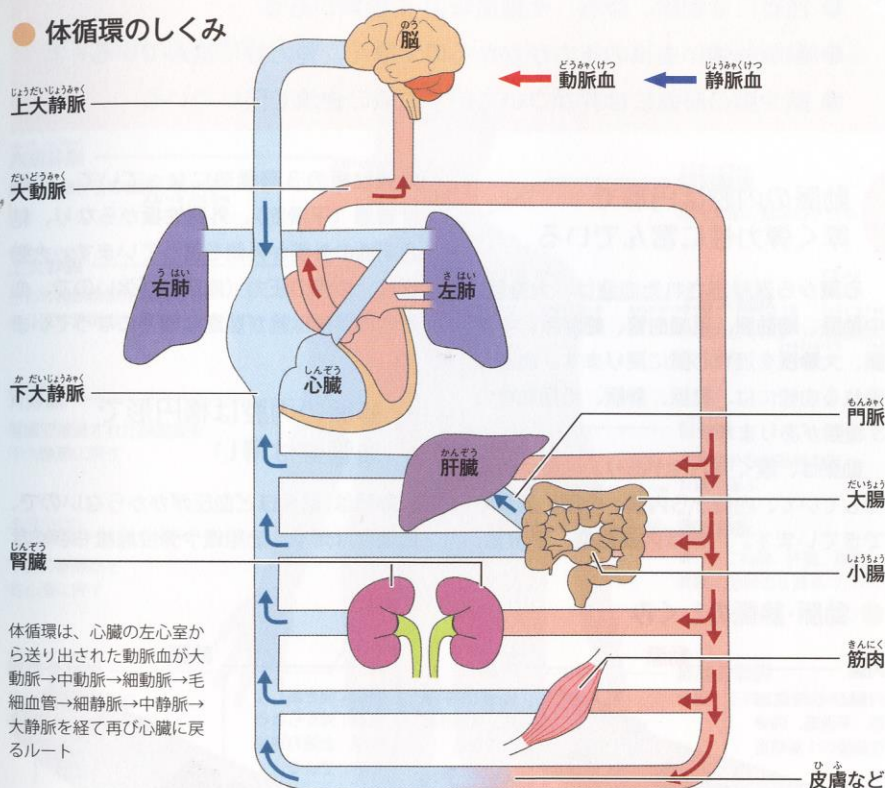
です。上行大動脈の血流の速度を時速に換算すると時速2.2～3.6kmにもなります。一方、毛細血管では秒速0.5～1cmと動脈に比べてとても遅くなります。

血流の速度は、血液の粘性、血管壁の状態、血圧などの影響を受けます。血液がサラサラで血管壁に弾力性があり、内腔が広ければ、血流は速くなります。

に渡し、酸素を供給されます。酸素を受け取った動脈血は、肺静脈を経由して左心房に戻り、左心室から送り出されて体循環に

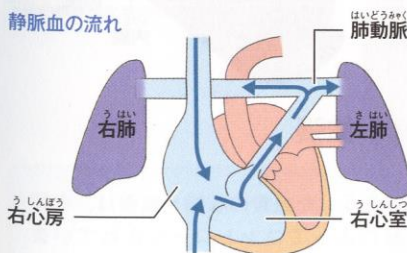
のって再び全身を巡ることになります。ちなみに、体循環の最短時間は約20秒で、肺循環はわずか3～4秒という速さです。

● 体循環のしくみ

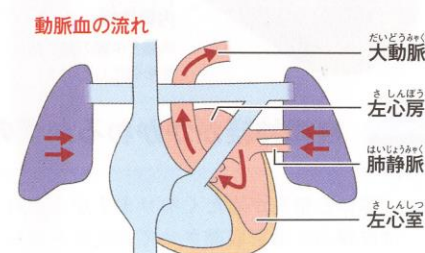


● 肺循環のしくみ

静脈血の流れ



動脈血の流れ



静脈血は、心臓に戻って右心房→右心室→肺動脈のルートで肺に入り、二酸化炭素を肺の肺胞に渡し、酸素を供給される。酸素を受け取った動脈血は、肺静脈を経由して左心房に戻る

血液を運ぶパイプライン“血管”

POINT

- 血管には動脈、静脈、毛細血管の3種類がある
- 動脈は強い血流の圧力がかかるので厚く、弾力性に富んでいる
- 腕や脚の静脈には弁がついていて血液の逆流を防いでいる

動脈の内腔は円形で
厚く弾力性に富んでいる

心臓から送り出された血液は、大動脈、中動脈、細動脈、毛細血管、細静脈、中静脈、大静脈を流れ心臓に戻ります。血液が流れる血管には、動脈、静脈、毛細血管の3種類があります。

動脈は、厚く弾力性があり、内腔は円形をしていて、内側から内膜、中膜、外膜でできています。内膜は内皮細胞、平滑筋、

内弾性板の3層構造になっていて、中膜は輪層（平滑筋）、外弾性板からなり、結合組織の外膜が外側を覆っています。大動脈は、血流の圧力（血圧）が強いので、血管壁は弾性線維が豊富な構造になっています。

静脈の内腔は楕円形で
血管壁は薄い

静脈は、動脈ほど血圧がかからないので、血管壁は薄く、筋組織や弾性線維も多くな

● 動脈・静脈のしくみ



Column 自律神経がかかわる血管の収縮・拡張

寒いと指先が冷たくなりますが、これは皮膚の血管を収縮させて血液量を減らし、体温を奪われないようにするため

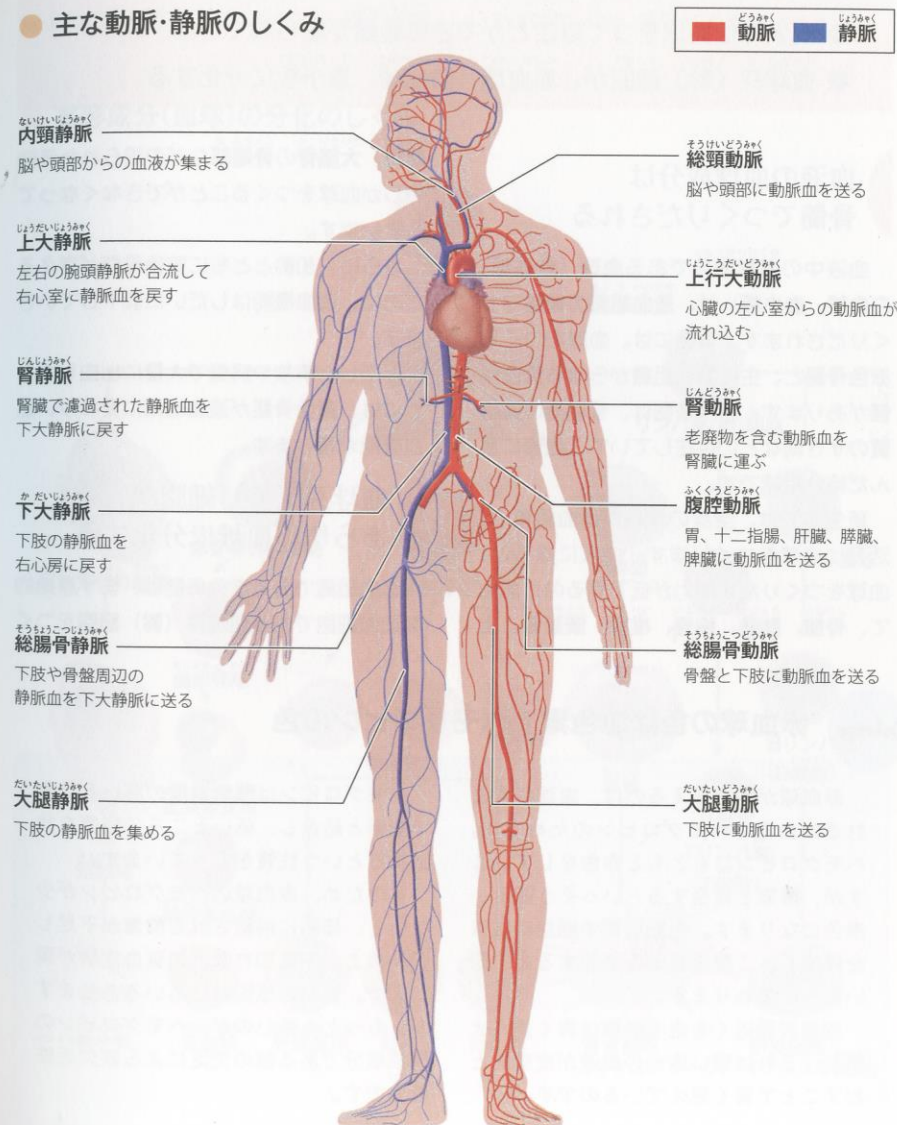
です。こうした血管の収縮・拡張は、自律神経によってコントロールされています。

く、動脈に比べ弾力性に劣ります。内腔は、楕円形をしていて、内膜、中膜、外膜の3層構造です。腕や脚などの静脈（1mm以上）の内腔には、左右1対からなる半月

状の弁があります。血液が逆流しようとする、弁が閉じます。

毛細血管は、直径が約100分の1mmという極めて細い血管です。

● 主な動脈・静脈のしくみ



血液の血球をつくる“造血組織”

POINT

- 血球をつくるのは赤色骨髄である
- 成人では血球をつくることのできる骨髄が限られている
- 血球芽（幹）細胞が、赤血球、白血球、血小板に分化する

血液の血球成分は 骨髄でつくりだされる

血液中の**有形成分**である**血球**（赤血球、白血球、血小板）は、**造血組織**の**骨髄**でつくりだされます。骨髄には、血球をつくる**赤色骨髄**と、主に脂肪組織からなる**黄色骨髄**があります。赤色骨髄は、骨組織の**海綿質**のすき間などに存在していて、血管に富んだ結合組織です。

新生児では、全身の骨髄が造血組織で、活発に血球をつくり出します。大人になると、血球をつくりだす能力が低下するのに加え、**骨盤、肋骨、胸骨、椎骨、頭蓋骨、上**

腕骨、大腿骨の骨端部などの限られた骨髄でしか血球をつくることができなくなってしまいます。

さらに、加齢とともに黄色骨髄が増えるために、造血機能はしだいに低下していきます。

ただし、事故や病気で大量に出血したときには、黄色骨髄が造血組織に変わり、造血機能が増します。

血球芽（幹）細胞が あらゆる血球に分化する

造血組織である赤色骨髄は、まず原始的な造血細胞である**血球芽（幹）細胞**をつく

Column

赤血球の色は血色素・ヘモグロビンの色

赤血球が赤く見えるのは、血球に含まれる**血色素**の**ヘモグロビン**のためです。ヘモグロビンはもともと赤色をしていますが、酸素と結合するといっそう明るい赤色になります。毛細血管で細胞に酸素を供給し、二酸化炭素を回収すると、暗い赤色に変わります。

皮膚表面近くを走る静脈は青く見えますが、これは暗い赤色の血液が皮膚をとおすことで青く見えているのです。

ヘモグロビンは酸素濃度の高いところで酸素と結合し、低いところで酸素を放出するという性質をもっています。

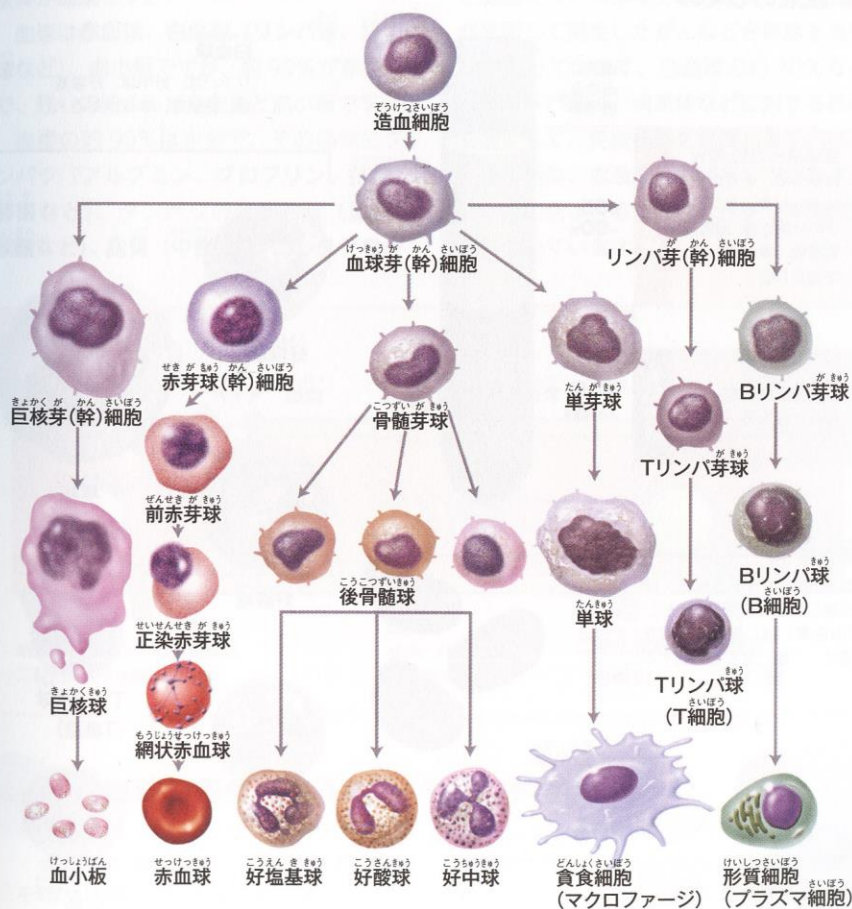
そのため、赤血球のヘモグロビンが少ないと、細胞に供給される酸素が不足して、めまいや息切れなどの貧血症状が現れます。貧血の原因はいろいろありますが、もっとも多いのが、ヘモグロビンの構成成分である鉄の欠乏による鉄欠乏性貧血です。

ります。この細胞は、赤血球、白血球（リンパ球、好中球、貪食細胞など）、血小板など、すべての有形成分（血球）に分化できる能力をもっています。

造血組織は、造血細胞を含む**細網組織**が詰まっていますが、その中には一種の毛細

血管である**類洞**が走っています。類洞の壁には、たくさんの孔が開いていて、造血組織でつくられたさまざまな血球が、この孔から血液中に送り込まれます。造血組織の中では、1秒間に約200万個という速さで血球芽（幹）細胞ができています。

有形成分（血球）の分化のしくみ



酸素と栄養素を運ぶ“血液”

POINT

- 血液は有形成分（血球）と液体成分（血漿）からなる
- 血球には赤血球、白血球、血小板がある
- 血漿の約90%は水分で、ほかに電解質などのさまざまな成分を含む

● 血液のしくみ



血液は有形成分と液体成分からなる

血液は、有形成分（血球）と、タンパクや電化質などを含む液体成分（血漿）からできています。2つの成分の容積率は、血球が40~45%、血漿が約55~60%です。

血液を採取して放置すると、血液凝固して固まって底に沈むのが血球で、上澄みの液体が血漿です。

血球は赤血球、白血球（リンパ球、好中球など）、血小板ですが、約99%が赤血球で、残りの約1%が白血球と血小板です。

血漿の約90%は水分で、そのほかにタンパク（アルブミン、グロブリン、抗体、酵素など）、タンパクの分解物質（尿素、尿酸など）、脂質（中性脂肪、コレステロー

ルなど）、ブドウ糖、電解質、（カルシウム、マグネシウムなど）、無機質（鉄、亜鉛など）などが含まれています。

酸素とブドウ糖を運び、二酸化炭素を回収する赤血球

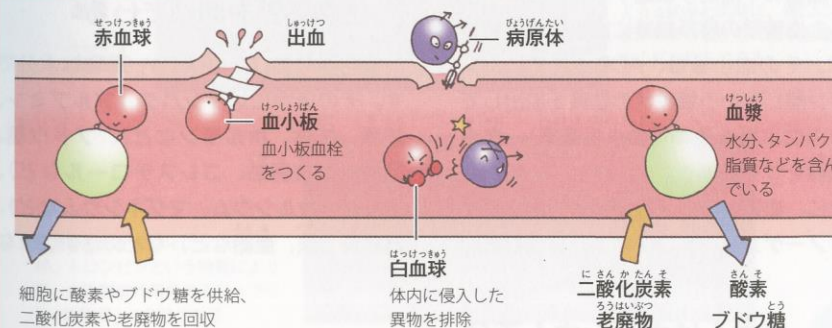
赤血球は、細胞に酸素やブドウ糖を運び、二酸化炭素や老廃物を回収します。

免疫細胞である白血球は、体内に侵入した細菌やウイルスなどの病原体、正常細胞が変異して発生したがんなどを排除する役割を担っています。白血球の約30%を占めるリンパ球は、病原体などに対する抗体を産生して、免疫機能を発揮します。

血小板は、血液凝固に関与しています。

血漿に含まれる成分は、代謝や体調の調整に働いています。

血液の働き



Column 赤血球の寿命は約100~120日

赤血球の寿命は約100~120日です。そのほかの血球では、血小板が約8~11日、白血球のなかのリンパ球はわず

か数時間の寿命です。赤血球は寿命が尽きると、肝臓や脾臓で処理され、白血球は鼻汁や膿として排出されます。

生命活動に欠かせない“血小板・血漿”

POINT

- 血小板は血球のなかでもっとも小さな(直径 $2\sim3\mu\text{m}$)細胞である
- 血小板は血管の傷口に集まり止血に働く
- 血漿中の成分は生命の維持や機能の調整に働く

血小板は血小板凝集によって止血に関与する

血小板は、骨髄中の巨核球の細胞質がぎざれたものです。血小板は脾臓で壊されますが、その寿命は短く約8～11日です。

血小板の直径は $2\sim3\mu\text{m}$ で、血球のなかでもっとも小さな細胞で、血液 1mm^3 中に15万～35万個含まれています。

血小板は、止血に関与します。出血すると、血管の平滑筋が収縮すると同時に、出血した血管壁の膠原線維に血小板が接着します。その血小板は、ADP(アデノシン2リン酸)という顆粒状の物質を放出してほかの血小板を集め(血小板凝集)、血小板血栓をつくりまします。

次に、血漿中の血液凝固因子であるフィブリノーゲンが、トロンビンという物質に

よって血液凝固作用のあるフィブリン(線維素)に変換されます。網状のフィブリンが、血小板や赤血球をからめとって強固な血栓(血餅)をつくって止血します。

血液凝固には、フィブリノーゲン以外にも血漿に含まれるいくつかの血液凝固因子が連鎖的に反応して線維素に変わります。それらの線維素が血球をからめとって止血し、傷口にかさぶたをつくりまします。

血漿に溶け込んだ成分が生命活動を助けている

黄色味を帯びた血漿の約90%は水分です。そのほかにはタンパク(アルブミン、酵素、抗体、ホルモンなど)、ブドウ糖、脂質(中性脂肪、コレステロールなど)、電解質(カルシウム、マグネシウムなど)、無機質(鉄、亜鉛など)などのさまざまな

成分が含まれています。

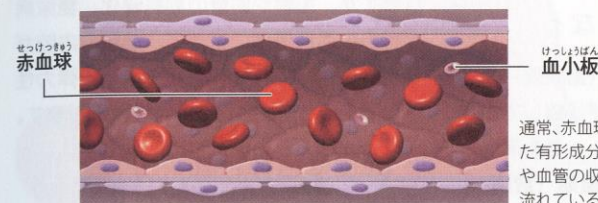
タンパクの3分の2を占めているアルブミンは、血液中の浸透圧を一定に維持し、細胞内と血管の水分比を調整するなどして、血球が体の隅々まで運ばれるために働いています。

酵素やホルモンは、さまざまな機能を維持・調整しています。ブドウ糖や中性脂肪

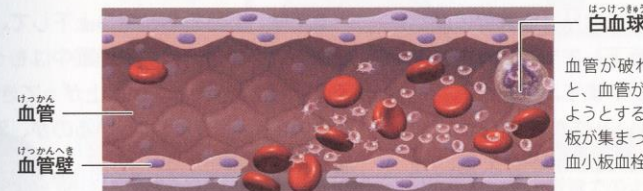
は、細胞に取り込まれてエネルギーになります。コレステロールは、細胞膜や生体膜、ホルモンなどの材料になります。さらに、抗体は、異物を発見して白血球を集めるなどの免疫作用に働いています。

電解質や無機質に含まれるミネラルは、心臓の拍動、血圧調整、さまざまな代謝機能など、生命の維持に欠かせない成分です。

血液凝固のしくみ

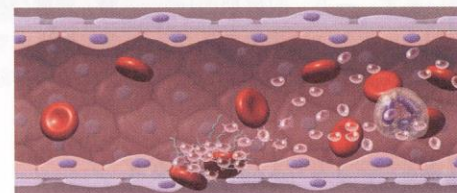


通常、赤血球や白血球、血小板といった有形成分(血球)は、血液の流れや血管の収縮などによって血管内を流れている

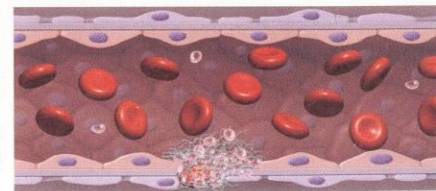


血管が破れて傷口から出血すると、血管が収縮することで止血しようとする同時に、傷口に血小板が集まってきて(血小板凝集)、血小板血栓をつくる

血液凝固因子のフィブリノーゲンが、トロンビンという物質によって、血液凝固作用のあるフィブリン(線維素)に変換される



フィブリンは網状になり、赤血球や血小板をからめとり血液を凝固させ、傷口に血栓(血餅)を形成して止血する
フィブリン以外にも、血漿中のいくつかの凝固因子が連鎖反応を起こすことで、線維素に変化し、血液を凝固させて傷口にかさぶたを形成する



Column 日本人はカルシウム不足

豊かになった日本では、不足している栄養成分はそれほどありませんが、カルシウムの摂取量は厚生労働省が定める基準に達していません。

カルシウムは、リン、マグネシウムとともに骨や歯を丈夫にするのに欠かせない

ミネラルです。それ以外にも、心臓の拍動を規則正しく保つ、筋肉の収縮をスムーズにする、細胞の分化・分裂を促進する、神経の興奮を鎮めて精神を安定させるなど、さまざまな役割を担っています。

液性・神経性調節による“血压調整”

POINT

- 血压は血管の壁（動脈壁）にかかる血流の圧力である
- 血压の高いほうを収縮期血压、低いほうを拡張期血压という
- 血压は、液性調節と神経性調節によって調整されている

加齢、動脈硬化などによって
血压は上昇しやすくなる

血压とは、血流が血管の壁（動脈壁）に加える圧力のことです。心臓が収縮して血液を送り出すと、血管壁にはもっとも高い圧力がかかります。これを収縮期（最高）血压といいます。一方、心臓が拡張したときは、血流が緩やかになり、血管壁にかかる圧力はもっとも低下します。これを拡張期（最低）血压といいます。

もっとも望ましいとされる血压は、成人で収縮期血压が120mmHg未満、かつ拡張期血压が80mmHg未満で、「至適血压」といいます。一方、収縮期血压が140mmHg以上、または拡張期血压が90mmHg以上だと高血圧と診断されます。

Column 見逃されやすい高血圧のタイプ

家庭で測る血压より、医療機関で測定する血压が高いことがあります。これは、医療機関では緊張して血压が上がるため、白衣高血圧といえます。その反対に、医療機関で測定する血压は基準値内なのに、家庭で測ると高いタイプを仮面高血圧といえます。

本来、血压を一定範囲内に保つ機能がありますが、加齢や血管の動脈硬化、糖尿病などの生活習慣病によって、血管の内腔が狭くなったり、血管壁が硬くなって弾力性が低下すると血压が上がりやすくなります。

血压は自律神経や
ホルモンで調整される

血压は、1日のなかでも上下して、常に変化しています。夜間や睡眠中はもっとも低く、目覚めるとしだいに上がってきます。血压の変動にかかわっているのが、液性調節と神経性調節です。

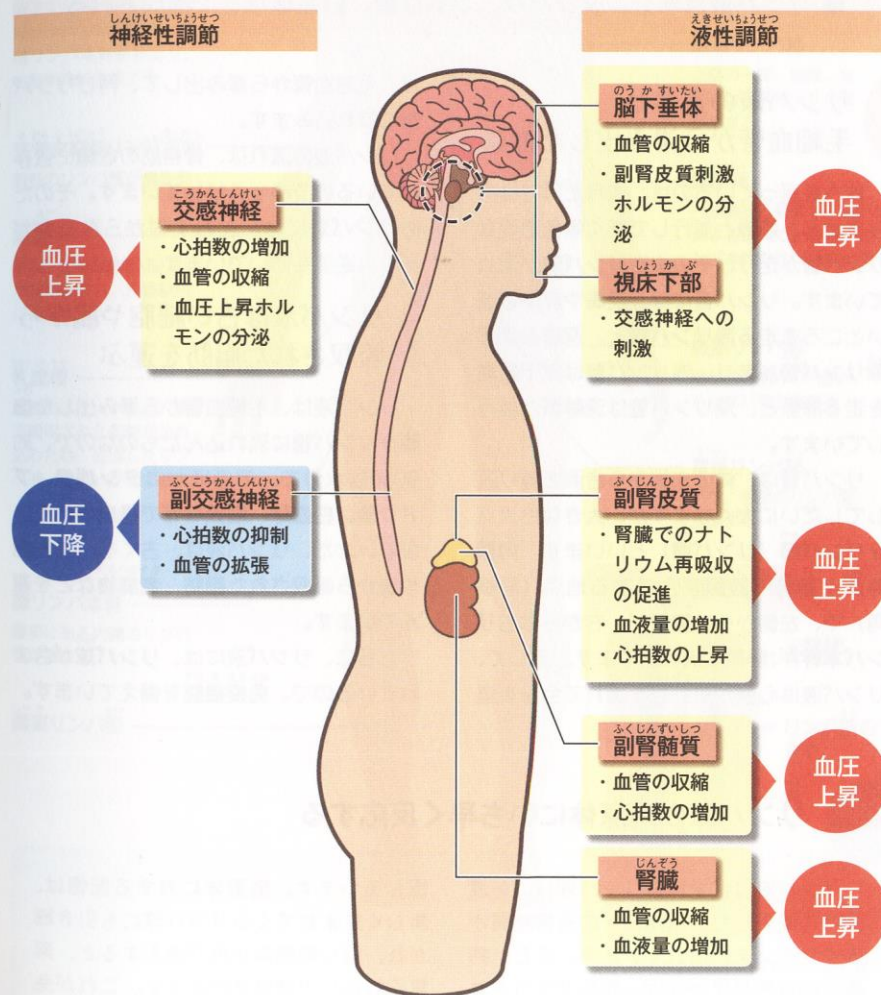
液性調節は、視床下部や脳下垂体、副腎、腎臓などから分泌されるホルモンが調整に働きます。

一方、神経性調節には、自律神経がかか

わっています。動脈には、血压と酸素量を感知するセンサー（受容器）が備わっていて、センサーがとらえた情報は血管運動中枢に送られます。血压が上昇すると、自律

神経のうち副交感神経が刺激されて心拍数を低下させたり、血管を拡張して血压を下げます。下降すると、交感神経を刺激して心拍数を上げて血压を上昇させます。

● 液性・神経性調節による血压調整のしくみ



静脈と並行して走る“リンパ管”

POINT

- リンパ管は細く無色透明な管でリンパ液が流れている
- リンパ管は静脈と並行して走り、静脈角で合流する
- リンパ液は水分、タンパク、ブドウ糖、白血球などで構成される

リンパ液の正体は 毛細血管から滲み出した血漿

体内を巡っているのは、血管だけではありません。静脈と並行して細く無色透明なリンパ管が走り、その中をリンパ液が流れています。リンパ管には、皮膚や皮下の浅いところを走る浅リンパ管と、深部を走る深リンパ管があり、浅リンパ管は皮下組織を走る静脈と、深リンパ管は深静脈と並行しています。

リンパ管は、体の末梢から合流を繰り返してしだいに太くはなりますが、大きな合流点をリンパ節（リンパ腺）といいます。内頸静脈と鎖骨下静脈が合流する地点（静脈角）で、左側からは胸管が、右側からは右リンパ本幹が、静脈に流れ込みます。そして、リンパ液は心臓から動脈を流れて全身を巡

り、毛細血管から滲み出して、再びリンパ管に流れ込みます。

リンパ液の流れは、骨格筋の収縮に依存しているのでゆっくりしています。そのためリンパ管には、左右1対からなる弁があり、逆流を防いでいます。

リンパ液は古い細胞や腸から吸収された脂肪を運ぶ

リンパ液は、毛細血管から滲み出した血漿がリンパ管に流れ込んだもので、約90%は水分で、そのほかにタンパク、ブドウ糖、白血球、塩類などで構成されています。また、リンパ液は、古くなった細胞や腸から吸収された脂肪、老廃物などを運んでいます。

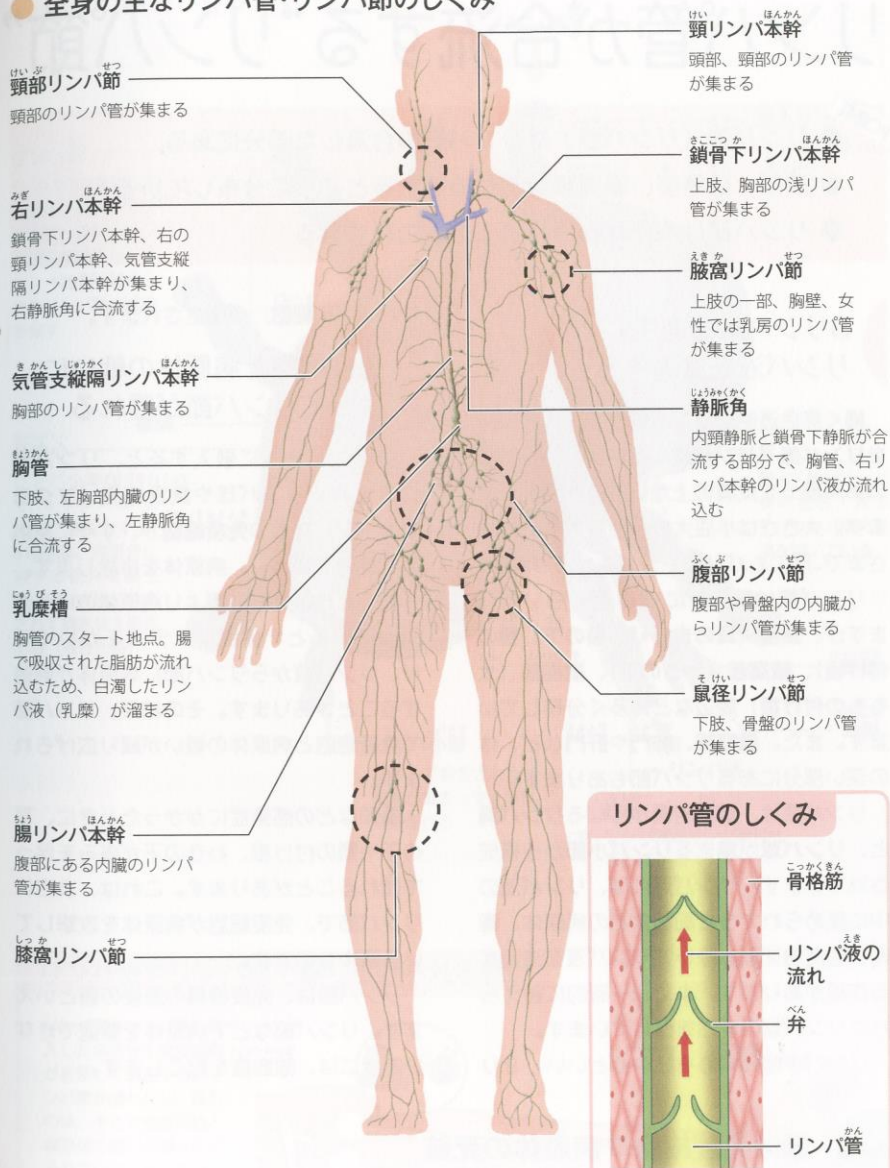
さらに、リンパ液には、リンパ球が含まれているので、免疫機能を備えています。

Column リンパ球が病原体にいち早く反応する

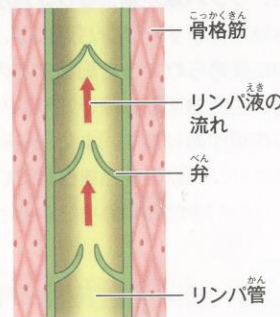
リンパ液に含まれるリンパ球は、一度体内に侵入した病原体などの有害物質が出すサインを記憶しています。また、病原体の増殖が早ければ、薬剤が投与されたときでも、同様に病原体のサインを記

憶しています。病原体に対する記憶は、新しく生まれてくるリンパ球にも引き継がれ、同じ病原体が再び侵入すると、素早く対応して増殖を防ぎます。これが免疫と呼ばれる作用です。

● 全身の主なリンパ管・リンパ節のしくみ



リンパ管のしくみ



リンパ液は骨格筋の収縮によって流れるので、流れ方はゆっくりである。そのためリンパ管には、逆流を防ぐために左右1対の弁がある

リンパ管が合流する“リンパ節”

POINT

- リンパ節（リンパ腺）はリンパ管の合流した部分にある
- 頸部、腋窩部、腸間膜など体のいたるところに分布している
- リンパ節は病原体を排除する最後の砦である

Bリンパ球を産生し、リンパ液を濾過する

細く無色透明なリンパ管が合流する部分をリンパ節（リンパ腺）といい、リンパ節のある部分を皮膚の上から触ると識別できます。大きさは小豆大から空豆大までさまざま、形にもバリエーションがあります。

リンパ節は、全身に800個くらいありますが、頸部（耳のまわり、顎の下、頸の付け根）、腋窩部（わきの下）、鼠径部（太ももの付け根）周辺などに多く分布しています。また、腸間膜、肺門や肝門など、体の深い部分にあるリンパ節もあります。

リンパ節は、細網組織からなるリンパ洞と、リンパ球が集まるリンパ小節から構成されています。リンパ洞には、リンパ液の中に集められてきた細菌などの病原体、毒素、老廃物を取り除いてリンパ液を濾過する作用があります。また、一時的に蓄えられたリンパ球の成熟を促しています。

リンパ小節の中心を胚中心といい、Bリ

ンパ球（B細胞）が産生されます。

免疫細胞と病原体の戦いによってリンパ節が腫れる

病原体が体内に侵入すると、リンパ液に含まれるリンパ球や貪食細胞（マクロファージ）などの免疫細胞が、すぐに反応して抗体をつくり、病原体を排除します。

このとき、免疫作用より病原体のほうが勝っていると、免疫システムをかいくぐり、リンパ管からリンパ節に病原体が到達することがあります。その結果、リンパ節で免疫細胞と病原体の戦いが繰り広げられます。

風邪などの感染症にかかったときに、耳の下や頸の付け根、わきの下が痛みを伴って腫れることがあります。これは、まさにリンパ節で、免疫細胞が病原体を攻撃している最中なのです。

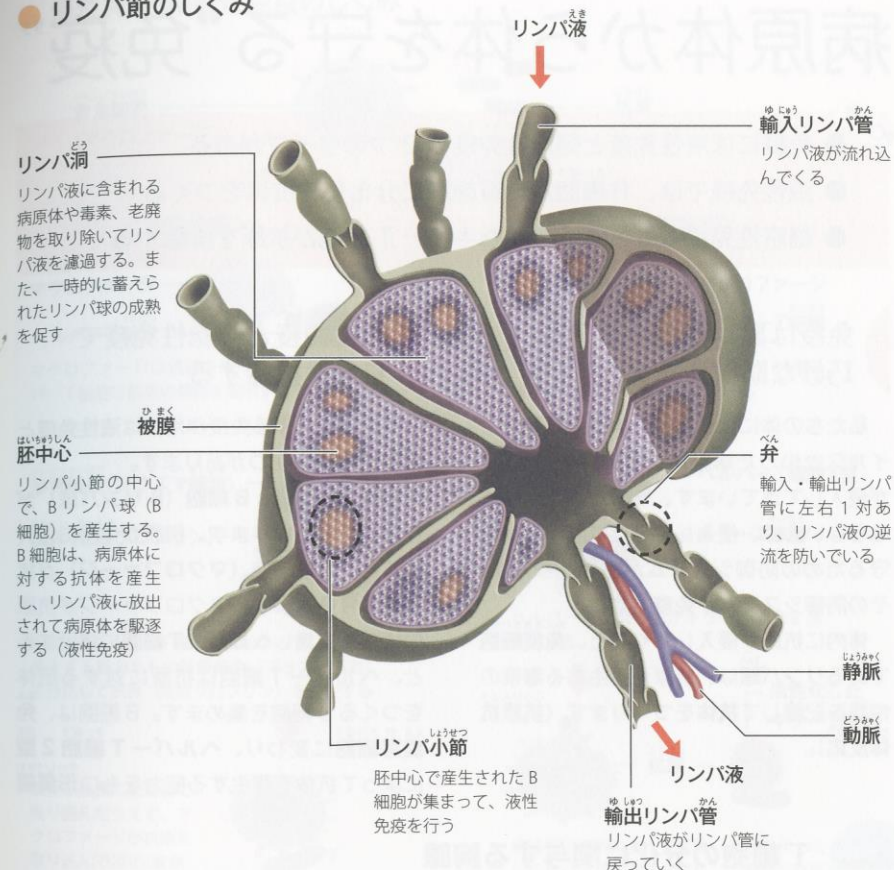
リンパ節は、免疫機構の最後の砦といえます。リンパ節などで病原体を撃退できないときには、敗血症を起こします。

Column 膿は免疫細胞や病原体の死骸

中耳炎や口内炎などでは、膿が溜まる場合があります。この膿は、免疫細胞と

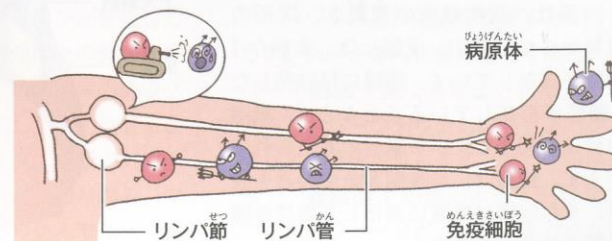
病原体が戦った末の両者を含んだ浸出液です。

リンパ節のしくみ



リンパ管やリンパ節で繰り広げられる戦い

リンパ管やリンパ節に侵入した病原体を免疫細胞が攻撃して駆逐する。リンパ節が腫れたり、痛むのは、そこで免疫細胞と病原体の戦いが繰り広げられているためである



病原体から体を守る“免疫”

POINT

- 免疫には液性免疫と細胞性免疫の2つのタイプがある
- 液性免疫では、B細胞が形質細胞に分化して抗体をつくる
- 細胞性免疫では、活性化したキラーT細胞が抗原を排除する

免疫は異物から身を守る 巧妙な防御システム

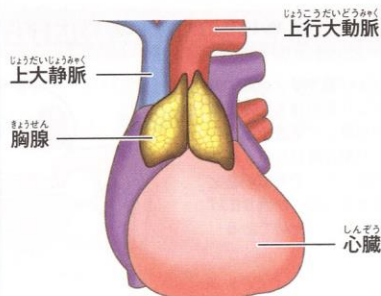
私たちの体には、毎日のように細菌やウイルスといった病原体などの異物（抗原）が侵入してきています。そのたびに病気になるのは、侵入してきた抗原から身を守るための防御システムがあるからです。その防御システムが免疫です。

体内に抗原が侵入してくると、免疫細胞であるリンパ球は、抗原が産生する毒素の性状を記憶して抗体をつくります（抗原抗体反応）。

Column T細胞の分化に関する胸腺

胸腺は、胸骨上部の後ろ、心臓や上行大動脈の前方にあります。形は扁平な三角で、左葉と右葉からなります。

内部は、細網組織の皮質と、深部の髄質からなります。皮質には、未熟なT細胞が密集していて、髄質には成熟したT細胞が存在していることから、T細胞の分化に関与している臓器と考えられています。胸腺は、思春期頃まで発達を続け、それ以降は急速に退化して脂肪組織に置き換えられます。

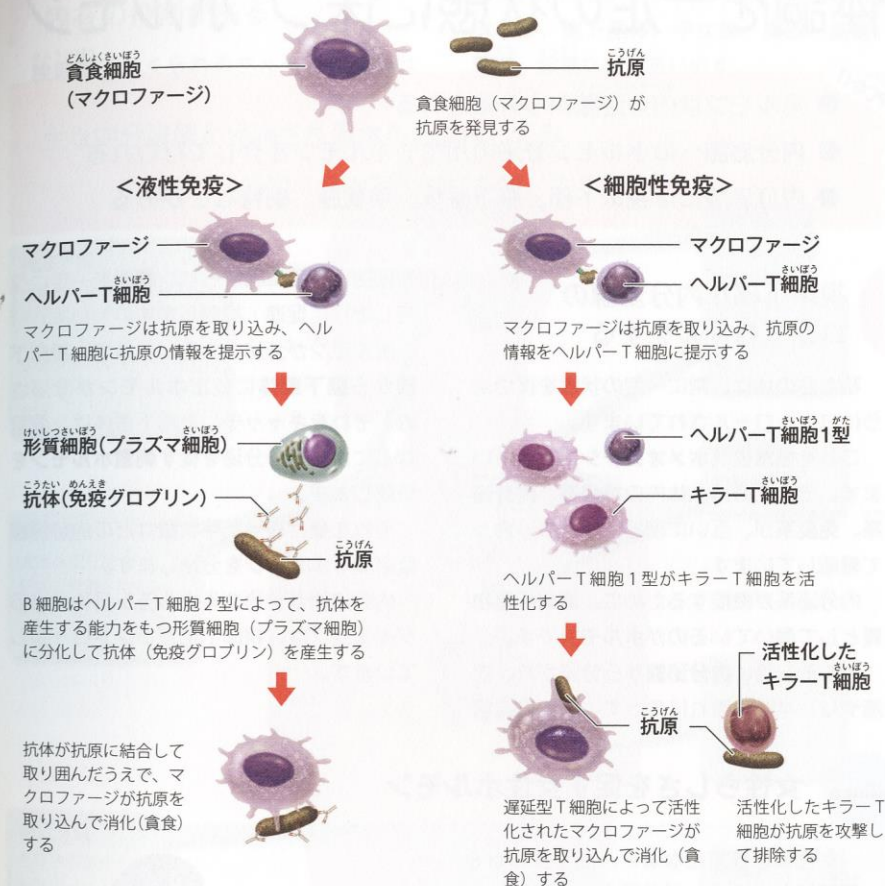


液性免疫と細胞性免疫で 抗原を排除する

リンパ球による免疫作用には液性免疫と細胞性免疫の2つがあります。

液性免疫では、B細胞（Bリンパ球）が免疫の中心になります。抗原が体内に侵入すると、貪食細胞（マクロファージ）が抗原を取り込みます。マクロファージが抗原の情報を収集しヘルパーT細胞に提示すると、ヘルパーT細胞は抗原に対する抗体をつくるB細胞を集めます。B細胞は、免疫芽細胞に変わり、ヘルパーT細胞2型によって抗体を産生する能力をもつ形質細胞

液性免疫・細胞性免疫のしくみ



（プラズマ細胞）に分化します。

産生された抗体（免疫グロブリン）は、B細胞の表面にあるグロブリンが変化したタンパク質です。1億種類以上の免疫グロブリンがあるなかで、B細胞由来の免疫グロブリンは、抗原を中和して無力化するという特異性をもっています。血漿中に放出された抗体は、抗原と結合し取り囲み、マクロファージが抗原を取り込んで消化（貪食）してしまいます。

一方、細胞性免疫は、T細胞（Tリンパ球）の1つであるキラーT細胞とマクロファージが、直接抗原を攻撃するシステムです。抗原が体内に侵入してくると、ヘルパーT細胞1型に活性化されたキラーT細胞が、パーフォリンというタンパク質を使って抗原を攻撃します。また、抗原の刺激で、遅延型T細胞によって活性化されたマクロファージが、抗原を取り込んで消化（貪食）してしまいます。

体調を一定の状態に保つ“ホルモン”

POINT

- ホルモンは内分泌腺から分泌される
- 内分泌腺へのホルモン分泌の指令もホルモンを介して行われる
- 内分泌腺には視床下部、脳下垂体、甲状腺、副腎などがある

視床下部が内分泌腺のコントロールをする

私たちの体は、常に一定の状態を保つようにコントロールされています。

これを恒常性（ホメオスタシス）といいます。そのために、体内の神経系、内分泌系、免疫系が、互いに密接にかかわり合っ

て機能しています。

内分泌系が機能するために、情報伝達物質として働いているのがホルモンです。

ホルモンは、内分泌腺から分泌され、血液やリンパ液の流れによって、目的の器官

や細胞、組織に届けられ、機能を一定に保持したり、促進・抑制します。

ホルモンが分泌されるしくみは、視床下部から脳下垂体に放出ホルモンが分泌され、それをキャッチした脳下垂体は、器官などにホルモン分泌を促す刺激ホルモンを分泌します。

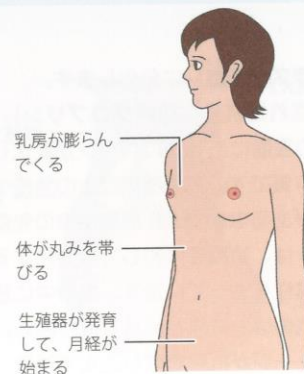
それを受け取った甲状腺などの内分泌腺は必要なホルモンを分泌します。

内分泌腺が分泌するホルモン量や分泌のタイミングは、視床下部がコントロールしています。

Column 女性らしさを促す女性ホルモン

女性は思春期になると、脳下垂体から卵胞刺激ホルモンが分泌されるようになり、その刺激によって卵巣から女性ホルモンの卵胞ホルモン（エストロゲン）が盛んに分泌されます。

エストロゲンには、女性らしい体型、女性としての性機能をもたらす作用があります。体はしだいに丸みを帯び、乳房や子宮、卵巣、膣などの女性生殖器の発育を促し、妊娠・出産の準備がスタートします。また、弾力のあるみずみずしい皮膚、艶のある髪をつくりま

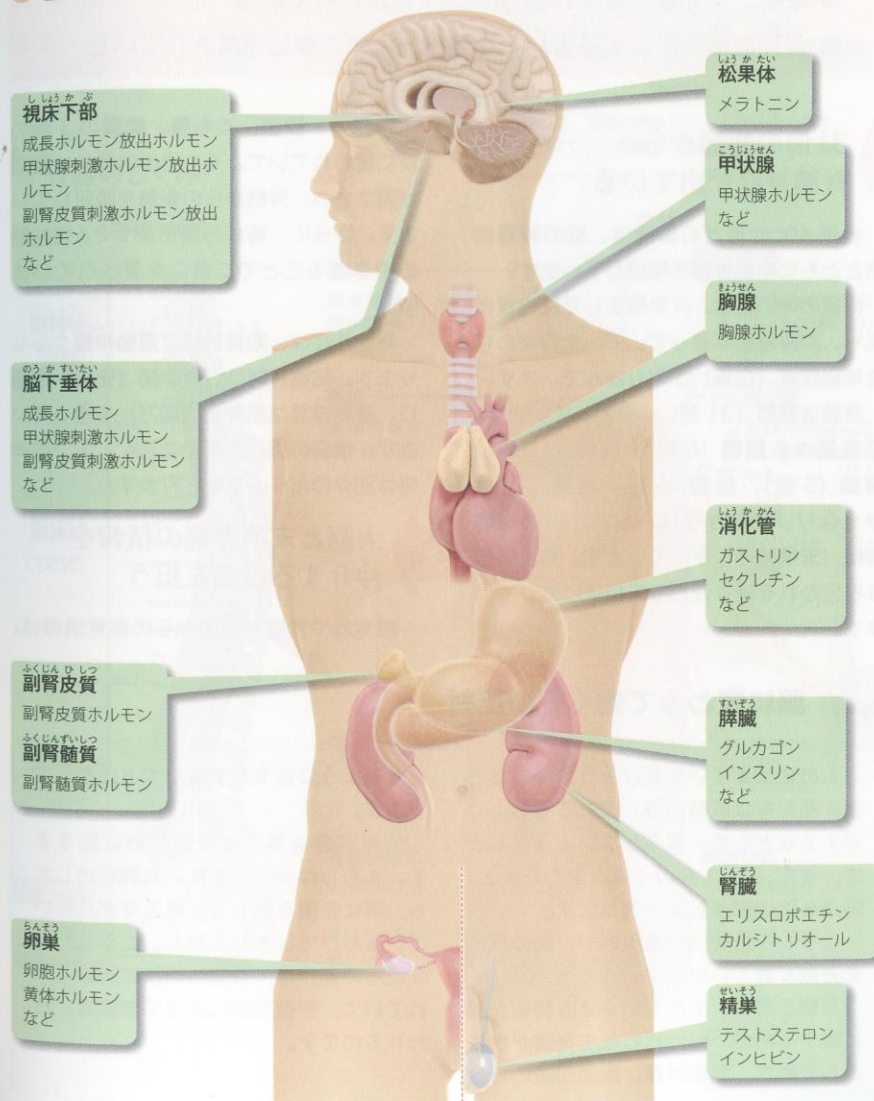


ホルモンにはそれぞれに固有の役割がある

腺細胞でつくられるホルモンの種類は

100以上あることがわかっています。それらのホルモンをつくる内分泌腺には、視床下部、脳下垂体、甲状腺、副腎、精巣、卵巣などがあります。

● 主な内分泌腺と分泌されるホルモンのしくみ



脳と全身を結ぶ“脊髄”

POINT

- 神経線維が神経細胞を取り囲む構造になっている
- 硬膜、くも膜、軟膜の3層の膜で保護されている
- 脊柱の椎孔がつくる脊柱管を通して二重に保護されている

31個の髄節から脊髄神経が出ている

全長40cmほどの脊髄は、脳の神経細胞とともに中枢神経を構成しています。

脊髄の中心には、H字型をした灰白質があり、神経細胞が通っていて、そのまわりを神経線維（白質）が取り囲んでいます。

脊髄は髄節（31個）に分かれています。延髄側から頸髄（8個）、胸髄（12個）、腰髄（5個）、仙髄（5個）尾髄（1個）からなり、髄節からは、左右1対の脊髄神経（末梢神経）が出ています。脊髄神経は枝分かれを繰り返して末梢まで伸びています。

Column 脳に変わって働く脊髄反射

ものにつまづいて転びそうになったとき、私たちは瞬時に近くにあるものにつかまるなどして、転倒しないようにします。また、座って膝のくぼみをたたくと、膝から下の脚がピンと跳ねます。

こうした危険回避の反応や、脚の反応を脊髄反射といいます。

脊髄反射は、危険を知らせる情報が脳に達する前に、脳に代わって脊髄が中枢として働き、運動神経に危険回避の行動

脊髄は、硬膜、くも膜、軟膜の3層の膜に覆われていて、くも膜の内側には髄液が満たされ、外部からの衝撃を吸収しています。さらに、脊柱の椎孔がつくる脊柱管の中を通して二重に保護されています。

脊髄神経は、知覚神経と運動神経からなります。知覚神経は、背中側（後方）を通り、運動神経は腹部側（前方）を通っています。情報の混線を防ぐために、2つの神経は別々のルートをとります。

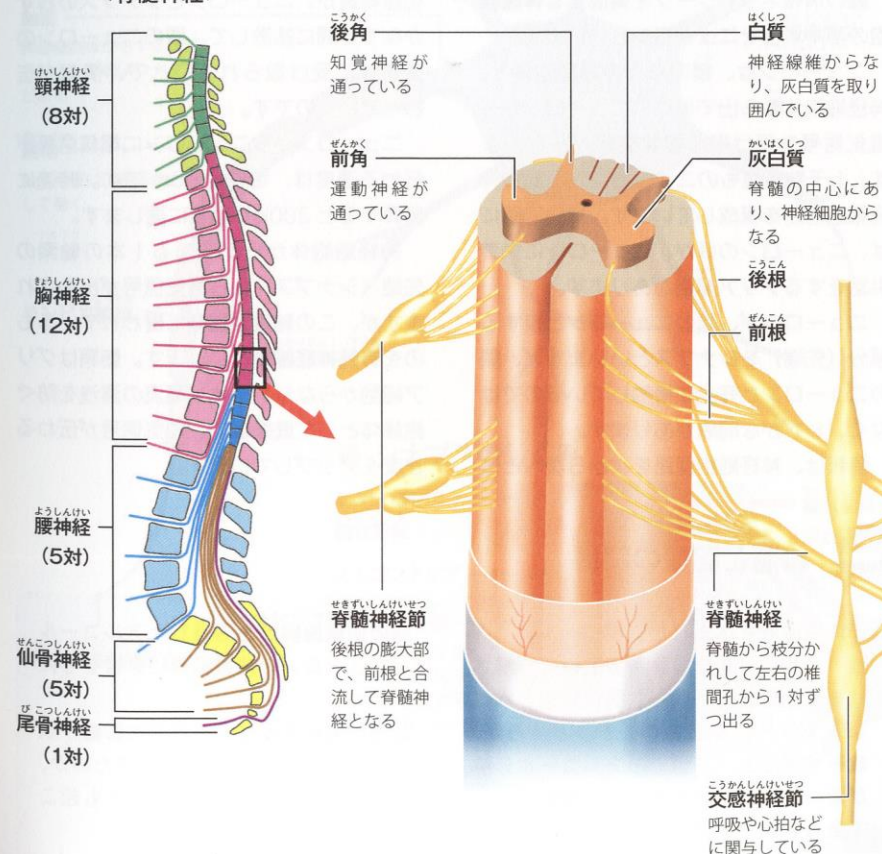
大脳と末梢神経の情報を仲介する役割を担う

感覚器や内臓、筋肉からの感覚情報は、

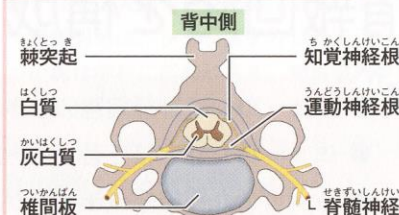
知覚神経から脊髄に送られ、大脳へと伝達されます。その一方、大脳からの指令は、脊髄から運動神経を通して全身に送られます。このように、脊髄は、脳と脊髄神経の情報のやりとりを仲介する役割を担っています。

● 脊髄のしくみ

<脊髄神経>



脊柱管を通る脊髄のしくみ



脊髄は、脊柱の椎孔がつくる脊柱管の中を通して、髄節から脊髄神経が出ている

