

K250.4 1

1

8b

からだはどのように
働いているか

私たちの科学 8
中学校 第2学年用



文
部
省



昭和 23 年度用

私たちの科学 8

からだはどのように 働いているか

中学校第2学年用

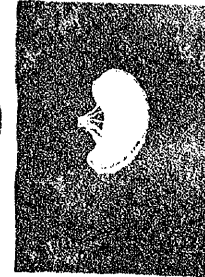
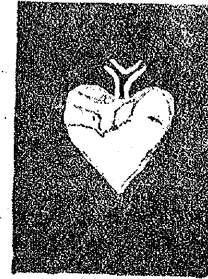


文 部 省

奥谷禎一氏寄贈

目 次

まえがき	2
1. これから何を学ぶか	2
2. なぜからだのでき方や はたらき をしらべるようになったか	3
1. 心臓はなにをしているか	5
1. 心臓はどうなっているか	5
2. 血液はどこを流れるか	9
2. どんなに呼吸をしているか	24
1. 肺はどのようになっているか	24
2. 呼吸はどんな はたらき をしているか	28
3. 血液はどんな はたらき をしているか	31
4. 血液はどんな組成をしているか	37
3. たべ物 はどのようにして消化されるか	40
1. たべ物 はどんなところを通るか	40
2. どのようにして消化するか	47
4. 消化されたものはどうなるか	56
1. 消化されたものはどこに行くか	56
2. リンパはどんなにはたらくか	59
5. からだ はどうして動かせるか	62
1. 活動の力はどこからでるか	62
2. 不用になった物はどのようにして捨てるか	64
3. からだ はどうして動くか	67
6. 神経と感覚器はどうはたらくか	76
1. 神経は何をするか	76
2. 感じはどこで受けいれるか	82
3. 中枢神経はどのようにはたらくか	89
む す び	92



1. いき をするというのは、何を吸って、何をはき出すことか。
2. 心臓の構造と はたらき を説明しなさい。
3. 血はどんな役目をしているか。
4. たべ物 は腹八分めに、よくかんでたべなくてはならない。なぜだろうか。
5. 運動の前と後とで、心臓や脈のうち方がどう変わるか。
6. 腕に力を入れ、まげたりのはしたりして、筋肉の動き方を見なさい。
7. 運動をすると疲れるのはどういうわけか。また、どうしたら疲れが早くなおるか。
8. 脳と せき髄 とはどんな はたらき をしているか。

1. これから何を学ぶか

私たちは、朝起きてから、夜寝るまでたえず何かしている。いや、夜寝ているときでも、私たちのからだは休まずにはたらくているのだ。その証拠に、寝ながら手を胸の左側においてみたまえ。心臓がドキンドキンとうっている。手くびのところを軽くにぎってみると、かすかに脈が感じられる。また、両方の鼻の孔を指先でふさいでみよう。とたんに苦しくなって、長くはがまんできない。それは、ふだんは気がつかないでいるが、たえずいきをしているからなのだ。

このように私たちのからだは、私たち自身が気がつかないでいても、少しも休まずにはたらきつづけている。からだのはたらきがとまるのは、死んだときである。

からだはどのようににはたらくているのだろうか。ある人はこれを蒸気機関車にたとえている。たしかに、からだは蒸気機関車と似たようなしくみで動いているところもある。しかし、からだは運轉士や火夫の力をかりないでも動くし、故障が起っても、ある程度は人手をかりずに自分でなおしてしまふ。さらにいろいろな感じをもったり、考えたり、成長したりするところは、機関車には見られない性質である。したがってからだのはたらくしくみは、もっともっと微妙なものである。

のであるにちがいない。

私たちはこれから、この微妙なしくみをさぐろうとしているのだ。私たちが健康な、幸福な生活を送るためには、こうした知識がぜひとも必要だからである。

2. なぜからだの働きや はたらき をしらべるようになったか

人間がはじめて地球上に現われてから今日まで、病氣にはこまらせられてきた。それで大昔の人も、なんとかして病氣をなおそうと努力した形跡がある。はじめは、あやしげな方法によって、それで望みがとげられると思いこんでいたのであるが、だんだんにもっと合理的な方法を見つけ出そうと努めるようになってきた。その結果、病氣は人のからだのはたらきが、ふつうでなくなったときに起るものだから、これをなおすには、まずからだのはたらきをよく知らなければならぬと考えて、それを知ること努力するようになってきた。

からだのしくみを明らかにするために、はじめて人の解剖をしたのは、今から二千二百年も前、アフリカの北海岸にあるアレキサンドリアという市であった。この市は学問や技藝の研究が盛んな所であったから、学者たちはふるいしきたりにとらわれることなく、自由な研究ができたのである。こうしたわけで、人のからだの研究も、めざましい進歩を

とげたが、当時の学問の進歩の程度では、主としてからだの構造をしらべるだけにとどまっていた。からだのはたらきを直接に知るには、実験を行ったり、さらに進んだ研究方法を使わなければならないのであるが、こうした方法は、まだほとんど発達してはいなかったからである。

私たちはこれから、からだはどのようににはたらいているかをしらべようとしているのであるが、直接人のからだを解剖してみるわけにはいかないから、適当な動物を使ってしらべていくことにしよう。

1. 心臓はなにをしているか

1. 心臓はどうなっているか

昔の人たちの注意は、まず心臓と血管とに向けられたようである。それは、心臓はからだの中心にあって、いつも動いていることが容易に気づかれたからであろう。しかも、心臓は人のいろいろな感情につれて動き方がちがってくる。解剖してみると血が一ぱいにつまっている。さらに、その血はあたたかく、からだじゅうどこを傷つけても流れ出てくるから、よほどからだにとってたいせつなものであると考えたからであろう。それで、昔の人は心臓こそ、からだの中心であって、高しような精神が宿るところと考えていた。現に、私たちも、精神の宿るところをこころといい、心臓の心の字を当てているくらいである。

動物について、心臓や血管のことを最初に科学的にしらべたのは、ギリシアのアリストテレス (Aristoteles, 紀元前 384—322) であった。アリストテレスは、それまでの人がしらべた事がらを整理したほか、自分でもいろいろな動物を解剖して、その構造やはたらきをしらべた。もちろん、今から見ればずいぶん誤りもあったが、とにかく、こうしてからだの研究の第一歩がふみだされた。これにひきつづいて、多くの人が、アリストテレスの研究の誤りをだんだんに訂正し、

足りないところを補っていった。

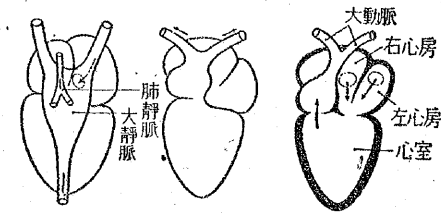
研究 1. 私たちは、心臓と血管について、まずアリストテレスと、その前後の時代に明らかにされた程度のことをしらべてみよう。研究に使う動物はカエルが適当であろう。

カエルをクロロホルムかエーテルで麻酔させてから、手早く胸のところを開いて心臓を露出させ、つぎのようなことをしらべる。

- 1) 心臓はうすい袋で包まれている。
- 2) 心臓や血管を傷つけないように気をつけながら、この袋を切り開く。麻酔したカエルでは、まだ心臓は鼓動しているから、そのようすをよく見る。とくに心臓が鼓動するたびに心臓の色がどう変わるか。その理由も考えてみよう。
- 3) カエルの心臓は1分間に何回鼓動するか。数えた結果をみんなでくらべてみる。
- 4) 心臓からは血管が何本も出ている。おのおのについて、どこから出て、どんなぐあいには走っているかを、できるだけたどってみる。心臓をそっともち上げて、裏側の方もしらべてみなくてはならない。
- 5) 最後に心臓を切り開いて内部を観察する。どんなぐあいに部屋が分かれているか。部屋と部屋の境はどんなになっているか。各部屋に開いている血管はどんなところから

ら来ているか。

以上の事がらを、ここに掲げてある解剖図と比較しながらしらべる。



第 1 図 カエルの心臓

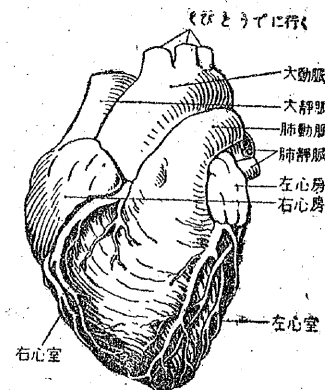
向かって左の図は背なか側から見たところ、他の二つはいずれも腹側から見たところである。

観察を終つ

たら、使ったカエルを70%アルコールか10%ホルマリンのなかにつけておけば保存ができるから、つぎの研究でまた使うことができる。

人の心臓は、カエルとはいろいろな点でちがっている。まず、その位置は胸の中央よりやや左にかたより、少し右に傾いている。下の先端は胸の方につき出ているから、胸に手をあてたとき、この部分の鼓動がはっきりと手に傳わる。

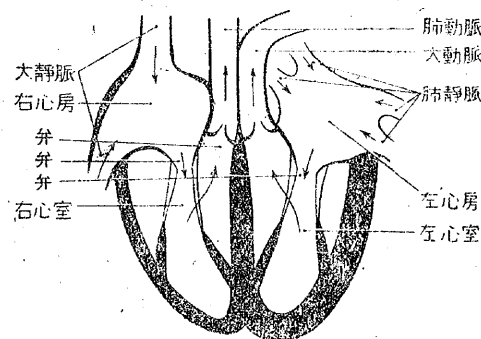
人の心臓もカエルのと同じく、袋で包まれている。



第 2 図 人の心臓

袋と心臓との間には、わずかな液がはいっていて、心臓と袋とのすべりをよくしている。心臓は厚い筋肉でできている。

カエルの心臓は三つの部屋に分かれていた。すなわち、上から1/3ぐらいのところ、上下2部屋に分かれ、上の部屋はさらにたてに二つに分かれていたのだ。上の2部屋を心房といい、背なか側からみて左半分を左心房、右半分を右心房と呼ぶ。下の部屋は心室という。カエルでは心室は一つきりであるが、人では心室もまた、たてに2分されて左心室と右心室になっていて、心臓全体は四つの部屋に分かれる。心臓の右半分と左半分とは筋肉の壁でへだてられていて、たがいにいききができないようになっているが、心房と心室とは、たがいにつながりあって、その境に弁がある。弁はまた、心室とこれにつながっている血管との境にもあって、いずれの場合にも、



第3図 心臓断面の模型図

一方へだけ開くことができるようになっていく。ここは心臓の断面の模型図のせてあるから、それ

について理解することにしよう。

問 この図について、心臓の弁が一方だけに開くしくみを考えてみよう。

2. 血液はどこを流れるか

つぎは、心臓の鼓動によってどんなことが起きるかをしらべよう。

カエルでわかったように、心臓はちぢんだりひろがったりして、ポンプのように血管から血液を取り入れ、さらに別の血管に送り出している。心臓に流れこむ血の通る管を静脈、心臓から出る血の管を動脈という。動脈の血は鮮やかな赤い色をしているのに、静脈の血は黒ずんだ赤い色をしていることから区別される。

はじめて死体の解剖をした人たちは、ここで大きな誤りをしていた。それは、死体で見ると、心臓から出る動脈はからになっているが、これは動脈のなかの血液が、死んだ後によそへ流れてしまうからなのであるのに、このことを知らなかった当時の学者は、生きていたときにも動脈には血がながよっていないと考えたのである。そうして、動脈には、目に見えない靈氣が^{じようき}つまっていて、これが管のなかを流れて、無生物には見られないいろいろな生命のはたらきが営まれるといった。したがって、血液は、ただ静脈のなかを^{ただ}静脈を、海の潮のように満ちたり、ひいたりしていると信じたのである。これが、上で述べたように、同方の血管ともに血液でみたされているといわねば^いだしたのは、二・三世紀のころであった。そうであっても、なお動脈のなかの血の色が鮮やかなのは、や



第4図 アンドレアス=ベサリウス
ベサリウスは1514年にベルギーのブラッセルで生まれた。ベサリウスは科学的な態度で人のからだの解剖をした最初の人であるといわれているが、彼はみずから手をくだして解剖をし、1542年に「人体の解剖」という本を著わした。上の絵はこの本にのっている彼の肖像を写したものである。

はり霊氣がそのなかにとけているからであると思っていた。

人のからだの研究は、これ以後じつに久しい間にわたって、大した進歩をしなかった。それは、西洋では、実物について科学的研究をするかわりに、アリストテレスの著わした書物や聖書について論議していたからである。

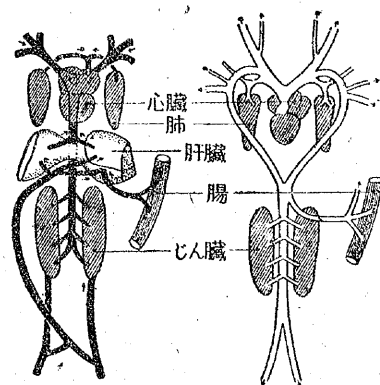
こうして1000年以上もたつうちに、また藝術の上にも学問の上にも、自由に活ばつて活動しようとする運動がもたらがってきだ。15世紀から16世紀にわたったのである。

美術の方面では、昔のギリシアやローマの時代の、人のからだを写した絵や彫刻がいかにすぐれたものであるかが認められ、再び人のからだの美しさを描きだそうとする人がふえてきた。しかし、それには人のからだのでき方が十分明らかにされなくてはならないことに気づいた美術家たちは、解剖学者をもかねるようになってきた。そのなかでもとくに有名なのは、レオナルド=ダ=ビンチ (Leonardo da Vinci, 1452-1519) であった。ダ=ビンチはとくに心臓や、それから出る血管のことをしらべ、前の時代の誤りを訂正した。

人のからだの研究は、こうしたきっかけからまた盛んになってきて、アンドレアス=ベサリウス (Andreas Vesalius, 1514-1564) などの学者が、科学的な態度で人のからだの解剖をはじめた。私たちがこの時代の人々に歩調を合わせて、勉強を進めよう。

研究2 カエルの心臓から出発した血管は、どのような道をたどるであろうか。血管をたどることはなかなかむずかしいが、このなかに適当な色素を流しこむとわかりやすくなる。しかし、それにはそうとうの熟練が必要であるから、ここではこの方法によらずに、おもな血管について、つぎのようなことをしらべてみよう。

1) 大動脈は、心臓のどの部分とつながっているだろう



第5図 カエルの循環系
向かって左は静脈系で、右は動脈系である。

か。これを明らかにするには、大動脈に孔をあけて、そこから、髪の毛かウマの尾の毛を心臓の方に向けてさしこみ、その先が、心臓のどこに現われるかをしらべるとよい。

2) 大動脈は、心臓の近くで枝を出している。この枝は両方の肺へ伸びているから、それをたどってみる。この血管が肺に達するとどうなるか。また、それから先をたどることができるか。

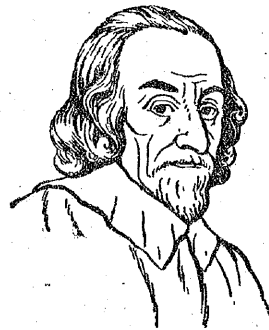
カエルには、心室が一つしかないから、大動脈も肺へ行く動脈も、根もととは一つになっているが、人ではこの二つが別別の心室から出る。すなわち、右心室から出る血管は、まもなく左右2本の枝に分かれ、それぞれ右または左の肺にはいつている。この血管は肺動脈と呼ばれる。肺動脈が肺へはいると、こまかく枝分かれし、そのたびにだんだんと細くなり、ついには肉眼では見られないようになって、肺全体に網の目

のようにいきわたる。このような細い血管を毛細血管と呼んでいる。毛細血管をさらにたどると、こんどは隣りあった2本ずつがたがいに合流して、また、太さを増すようになり、ついには1本の太い血管となって、肺から出てくる。この太い血管は、左右の肺から再び心臓の方に向かってもどってきて、別々に左心房へ流れこむようになっている。肺から心房にもどるまでの血管が肺静脈である。しかし、なかの血液の色からいえば、肺動脈の血は黒ずんでいて、ふつうの静脈のなかを流れている血の色と同じであるが、肺静脈の血は、鮮やかな色あいをしていて、ふつうの動脈のなかの血と同じである。このことからみて、血の色あいの変化は、肺のなかで行われるものと考えなくてはならないことになる。このように、心臓から出る血管の一つは肺に行き、また心臓にもどってくるから、この経路を肺循環または小循環という。カエルでも、この血管の道すじは変わらない。

肺循環が知られたのは、16世紀のなかばごろのことであった。この時代には、真理の探求に目ざめた進歩的な人々が多く出て、16世紀の終りから17世紀にかけて、一般の自然科学は目ざましい進歩を上げていった。有名な物理学者ガリレイ (Galilei, 1564-1642) もこの時代の人である。ガリレイが出て物理学は大いに進歩したといわれるが、かれは多くの貴重な発明や発見をしたばかりでなく、科学の研究に新しい方法を應用した人である。それは、これまでの研究が、主として自然現象をよく見て、それを書き記すだけで終っていたのに、あらたに、大きさ・重さ・時間・速さなどを測定したり、また、実験を行ったりした。そのため、これまで解決できなかったことが、たくさん解決されるよう

になった。

物理学でのこのような進歩が、他の科学にも影響しないはずはない。人や動物のからだの神秘も、この新しい研究方法を取り入れたために、だんだんわかっていくようになった。そのなかでも、とくに大きな仕事をなしとげたのは、イギリスのウィリアム・ハーベイ (William Harvey, 1578-1657) であった。



第6図 ハーベイ

ハーベイは、血液は心臓が収縮するたびに動脈のなかに押し出され、これがからだじゅうをめぐる、さらに静脈のなかにはいり、再び心臓にもどってくることを発見した。ハーベイがこのことを明らかにしたのは、主として動物を観察した結果であるが、これを知った動機はこうであった。

ハーベイは、生きている動物を解剖して、一定の時間内に心臓から大動脈に送り出される血液の分量と、静脈から心臓にはいってくる血液の分量とを測ってくらべてみたところが、ぴったり一致した。それで、ハーベイは、血は同じものがからだのなかを、ぐるぐるまわっているにちがいないと考えたのであった。したがって、ハーベイはこのような測定という方法を応用したことによって、とくにその後の学者から尊敬されている。

ハーベイは、このほかにも、血液の循環や心臓のはたらきについて、いろいろな研究をしているが、それまでの苦勞は、ひとかたならないものであった。ハーベイは、この研究を「人および動物における心臓と血液の運動について」(1628)と呼ばれている書物で発表しているが、その一節でつぎのように苦心を述べている。

「私は心臓の運動と作用とを研究するのに、他人が書いたものに頼らず、自分で実物を観察して知ろうとした。それで、動物を生きたまま解剖したのであったが、その場にあたってみると、いろいろ困難なことが山のように現われてきて、ときにはまったく勇気を失って、心臓の運動を知っているのは神だけだと考えて、あきらめようとしたこともあった。」

しかし、ハーベイは、決してこのような困難に負けなかった。ハーベイは、さらにつづけている。

「しかし、私は毎日毎日根気よく解剖をつづけていった。私が解剖した動物の種類は80以上にも達したのである。こうして得られたたくさんの事実を総合してついに到達した結論こそ、私は真理だと確信することができたのである。」それでも、ハーベイはまた、動脈と静脈がどのようにして連絡しているかは知らなかった。私たちは、この二つが無数の毛細血管でつながっていることをもう知っているのだが、当時はまだ、血管に色素を注入する技術も知られていなかったし、まして顕微鏡も普及していなかったのだから、無理もないわけである。したがって、かれは、この点がはっきりしないまま、動脈と静脈とは何かのつながりをもって、血液は動脈から静脈に移っていくと考えていたのである。

しかし、このころ発明された顕微鏡は、だんだんと学者に使われるようになった。そのなかでも、ハーベイより少しふくれて生まれたイタリアのマルピギ (Malcello Malpighi, 1628-1694) やオランダのレーウェンフック (A. van Leeuwenhoek,

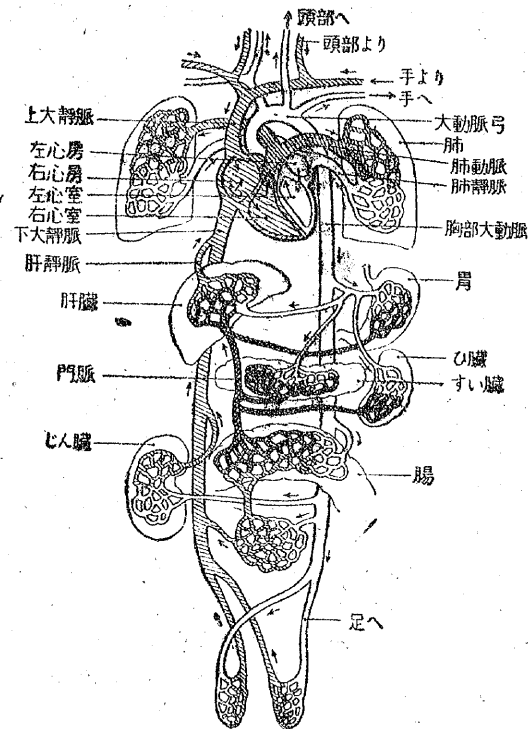
1632—1723) は、これを使っているいろいろな発見をしたので有名である。この人たちの研究は動脈と静脈とのつながりにも向けられ、毛細血管がようやく明らかになった。

研究3. 毛細血管の発見者はレーウェンフックであるということになっている。たしかに、この人によってかなり組織だった研究がなされたのである。しかし、マルピギはこれよりも先に毛細血管を観察していた。マルピギは、これをカエルの肺などで見たのであるが、私たちは、カエルの他の場所でしらべよう。

カエルの みずかき か、あたまじゃくしの尾を顕微鏡の下に置き、毛細血管を観察する。同時に、このなかを血液が流れているありさまにも注意する。

このように、新しい研究方法がうちたてられ、新しい器械が発明されると、それから後は研究の成果も大いにあがって、心臓や血管についての疑問はどんどんと解決されていった。このへんで、私たちは、ひとまず歴史の順序をはなれて、学習をつづけることにしよう。

私たちは、肺静脈のなかの血液は、肺を通る間に鮮やかな色あいが変わって、左心房に流れこむところまで知った。左心房が血液でみたされると、つぎにここがちこんで、なかの血液は左心室に送りこまれる。こうして、左心室が拡張一



第7図 人の循環系

白ぬきになっている血管は動脈、ななめの線の書いてあるのは静脈、こうさした線の書いてあるのは肝臓へはいる血管である。動脈を赤、静脈を青、肝臓へはいる血管を紫色にぬいてみると区別がはっきりする。

方で左心房がちぢむようになっているから、心房のなかの血液は静脈へ逆流することなく、確実に心室に移れるのである。心室が血液を受けて膨らむと、また強くちぢんで血液を押し出す。心室と心房との境には、大きな弁が2枚ある。しかも、この弁は すじ のようなもので、心室の方へ引っ張られていて、心房の方へ裏がえしにできないようにできているから、血液はどうしても大動脈との境の弁を押しかけて、そちらに出て行くより仕方がないわけである。したがって、いきおい

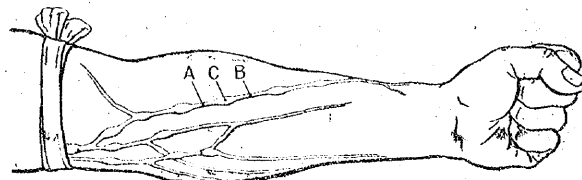


第8図
静脈の弁

よく大動脈を押しあげながらほとばしり出る。大動脈は少し上にのぼった所で大きくまがって、背骨にそって下にさがってくる太い動脈であるが、その途中の方々から、たくさんの枝を出している。枝はさらに、上にのぼって頭の方へも走っている。両方の腕へも、内臓へも、両足のなかへも枝を出している。血液はこれらすべてのなかを流れていくのである。そうして、遠くへ行くほど血管は細くなり、その壁はうすくなって、ついには毛細血管の網に流れこむようになる。

毛細血管に行った血液は、肺循環のときと同じように、静脈をとって、心臓に向かってもどってくる。血液が動脈のなかを流れている間は、心臓の鼓動とだいたい歩調を合わせて、ドキンドキンと脈をうちながら流れるが、毛細血管や静脈に來ると脈がなくなって、同じような速さで流れるように

なる。このころになると、血液はもうだいぶ最初のいきおいをなくしてしまっている。それで、ふつうならばきまった方向に流れて行けないようなことがあるかもしれないが、こうした心配は静脈のところどころに弁がついていることによってたくみに取り除かれている。すなわち、この弁のために、血液は逆の方向に流れないし、また、たとえいきおいがあとろえてもあとからあとからと押されるから、どうしても一定の方向に進むより仕方がないわけである。



第9図 静脈のふくらみ

研究4. 静脈に弁があることを見つけたのは、ベサリウスであるが、ハーベイは簡単な方法で、弁のある場所を示した。私たちも、これをくりかえしてみよう。腕をまっすぐにのばし、指を軽くにぎりしめる。そうしてひじの関節のやや上のところを布きでかたくゆわえてみる。腕の

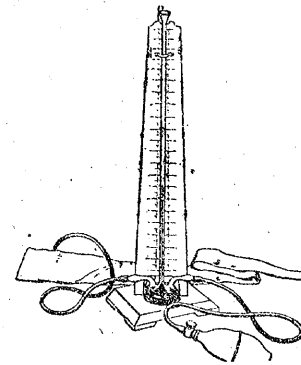
* このようなことは血のめぐりをきまたげるから、長くつづけていてはよくない。実験がすんだらさっそく、指目をほどかなくてはならない。また、布きでゆわえるかわりに、親指と人差し指をひろげてその場所にあてがい、きつくおさえつけてもよい。

内側に血管が何本も青くふくれあがってくるが、これが静脈であって、ところどころに節のようなふくらみが見られる。隣りあった二つの節の間で(図のB)、上から静脈を指で押しつけて、その点の両側で静脈にどんな変化が生ずるかをしらべる。つぎにBはそのままにしておいて、他方の手の指をA点にあてがい、その点のすぐ右側にある血管の節Cのなかの血をBの方向に押しもどすようにして、果して、血液がBの方向に逆流するかどうかをしらべる。ハーベイはこの静脈の節のなかに弁があること、またこの弁は一方にだけしか血液を通さないことを示した。

静脈にはからだの表面に近い所を走っているものがあるが、動脈は、表面の近くにはあまり走っていない。このことは、私たちが生きていくのに、まことにつごうのよいところである。なぜならば、血管の中の血液は、心臓がちむときに、かなり強い圧力を受けて、そのいきおいで押し流されていくから、動脈のなかでは圧力が大きく、毛細血管から静脈に移るにつれて、だんだんと流れが遅くなってくる。したがって、動脈に外から傷を受けると、はげしいいきおいで血をふき出して、そのために生命が危くなるであろう。静脈ならばいきおいが弱まっているのだから、この危険がずっと少ないわけである。

では、血液は血管のなかをどれくらいのいきおいで流れて

いるであろうか。これはすでに18世紀の学者によって研究された。それによると、生きた動物の血管を露出してこれを管をさしこみ、そのなかをのぼってくる血液の高さから圧力を測定したのであった。しかし、今では血圧計というものがあって、簡単に測ることができる。右の図は血圧計である。



第10図 血圧計

血圧は、若い時は比較的低いですが、年をとるほど少しずつ高くなっていく。二の腕のところで測った血圧は、青年ではだいたい110mmの水銀柱の圧力に相当している。

しかし、血圧は人により、また、健康の状態によって様ではないが、年をとった人では血管の壁がかたく、もろくなっているから、あまり血圧が高いと、血管が破れて生命を危くすることが多い。脳いっ血という病氣は脳の血管が破れて血液があふれ出る病氣であって、そのために、死んだり、からだの自由がきかなくなったりすることが多い。それで、私たちは自分の血圧を測って、その値がふつうであるか、異常であるかを知っておくとよい。ことに、年をとった人は時々血

* 血圧計にはいろいろな型があるが、ここの図はその一つである。

圧を測って、あまり高すぎるようなら氣をつける必要がある。

さて、動脈はたいてい からだ の奥深い所を走っているが、手くび のところでは、表面に近い所を走るようになっている。私たちが からだ のぐあいが悪くなると、手くび のところに指をあてて脈を数えるが、これはその場所の動脈に触れることである。このように、動脈も心臓と同じように拡張したり、ちぢんだりすることをくりかえしている。しかし、動脈は心臓のようにみずから動いているのではなく、なかを通る血液によって押し広げられ、また、もとにもどっているのである。

研究5. 測定という方法が、はたらきを知るのに役だつことは、ハーベイの研究以來氣づかれた。私たちも、この方法で心臓や血管の はたらき の一端をさぐることにしよう。

1) 1分間の心臓の鼓動と 手くび の脈の数とを数えて比較する。また、一方の手を心臓にあてがい、同時にもう一つの手で脈に触れて、心臓の鼓動と脈とが同時に起るかどうかをしらべる。脈の数は おとな になると、あなた方よりも少なくなつて、1分間に72ぐらいであるが、赤ん坊では逆に、あなた方よりも多い。

2) 運動をしたあとで、すぐ脈の数を数え、どんなに変化したかをしらべる。それから何分が一定の時間がたったたびに同様に数を数え、もとにもどるまでつづけてみる。

このような変化は、どんな役にたっているのだろうか。この問題については、もっと後で再びとりあげることにしよう。

私たちは、心臓のこと、血管のことについてはこれで一とまり学んだ。しかし、大きな問題をまだ残したままである。血液が、からだ じゅうをめぐるのは、どんな役を果しているのか、さらにまた、血液が肺を通り過ぎる前と後とで、なぜ色あいが変化するのであるか。私たちは、これからこのような問題を解決しなくてはならない。

2. どんなに呼吸をしているか

1. 肺はどのようにになっているか

はじめて人のからだで動脈を見つけたころの人たちは、そのなかからになっていることから、動脈のなかには靈氣がみちていると想像したことは前にも述べた。その靈氣の源らしいところを探し求めると、肺へいきつく。肺は左右に一つずつあって、胸の大部分をしめている。しかも、たくさんの小さな袋がより集まったようになっていて、その袋のなかには眼で見えるものは何もはいっていない。肺こそ、靈氣の源と考えるのに絶好の場所であったわけである。

その後、動脈のなかに血液が流れていることがわかってからでも、この確信は少しもゆるがなかった。それは、肺へはいる血液と、肺から出る血液とは、色あいがちがっていることがわかったからである。すなわち、血液が肺を通り抜ける間に肺のなかの靈氣が血液にまじって、血液が鮮やかな色をもつようになると考えたわけである。靈氣は、血液といっしょにからだをめぐる間に全身に分配されて、生き物に特有なはたらきを現わすものである。そうしてすっかり分配されつくしたら、血液は再び肺にもどって新しい靈氣を受ける。そう考えるとまことによく説明がつくわけである。

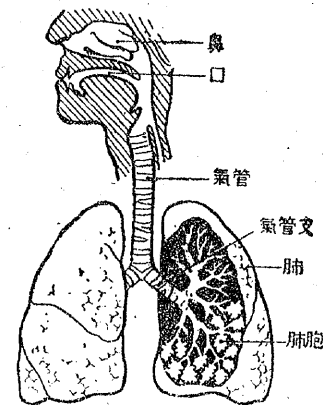
ハーベイなどが肺循環のことを明らかにすると、その後の

人たちの注意は当然肺の研究に向けられてきた。なかでもマルピギは、新しく研究の武器となった顕微鏡を使って肺の構造をしらべはじめた。

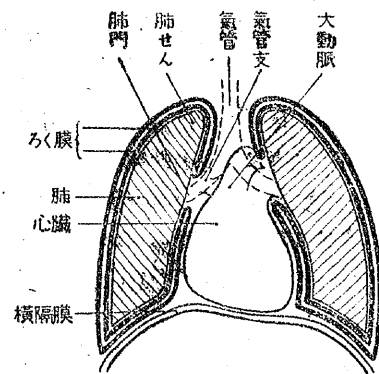
研究1. 私たちも、まず、肺とこれにつながっている部分の解剖からはじめよう。材料はやはりカエルを使うことにする。古い材料では、肺がしぼんでしまっていて観察がしにくいから、麻酔させたものか、死んでまもないものを使うとよい。

カエルの胸のかこいになっている骨を切り開くと、下から肺が出てくる。まず、そのままで位置・形・色あいなどをよく観察しよう。カエルの肺は、簡単で、透明な膜でできているから、外からでもなかの模様をうかがうことができる。

肺の上端に近い所から、1本ずつのややかたくて、弾力のある管が出ている。ここに掲げてある人の呼吸器の解剖図と対照しながら、この管を先にたどってみよう。その間に、



第11図 人の呼吸器



第12図 肺とろく膜との関係

各部分の名まえも図と見くらべながらしらべるとよい。

肺も、人ではカエルよりずっと複雑になっている。私たちの肺がからだのどこにあるかは、あらためていうまでもなからう。私たちが、

胸をはって大きくいきを吸いこむと、両側に横に並んだ骨が、何本も浮き出して見える。ろっ骨である。ろっ骨は、胸の前面の中央で胸骨という骨につながり、背なかの方では背骨につながっていて、胸全体をしっかりと箱のように取り囲んでいる。箱の底はうすい膜になっている。これが横隔膜である。肺はこのような丈夫な箱のなかにおさまっている。

ろっ骨のすぐ下に、袋のような膜があって、外側はろっ骨の箱の内側を裏うちしており、内側は直接肺に触れてこれを包んでいる。これがろく膜である。袋のなかにはわずかの液がはいっている。

肺は弾性があり、表面から見ると、左右どちらにも深い切れこみがある。その数は右と左とではちがっていて、右の肺

は二つ、左のは一つで、そのために、右の肺は三つの部分に分かれているのに、左は二つの部分に分けられているだけである。幼い子供ではきれいなす桃色をしているが、あとなになると黒ずんで、ところどころにしみができています。肺の表面には、あわ粒がたくさんより集まったようなでこぼこが見られるが、それもそのはずで、肺は無数の小さい袋がより集まってできている。この小さな袋を肺胞と呼んでいる。

肺のなかには、血管や毛細血管が縦横に走っているが、なお、これとちがったこまかい管がたくさん枝分かれしている。細い枝の一本の先端は、肺胞のなかにはいつてしまっているが、逆に根もとの方はしだいに太くなって、ついには1本の幹に合流して、肺から外に出て気管支になる。左右の肺から1本ずつ出てきた気管支はまもなく胸の中央で一つに合わさって、くびの方へ向かう。この部分が気管である。気管も気管支も、弾力のある輪をいくつも積み重ねてつなぎ目を裏うちしたような構造をしているから、全体は中空の管になって、しかも自由にまがることできる。

気管は、のどの下のところからはじまり、それから上の道は、のどを通過して口や鼻から外に開いている。このように、肺は長い管によって外と連絡している。

肺やこれにつながっている部分の構造がわかってみると、これをもとにして肺の役割もだいたいふはつきりしてくる。

2. 呼吸はどんな はたらき をしているか

まず、からだ に力を入れないようにして、上体をまっすぐにし、軽く眼をつぶってみよう。氣もちが落ちついてくると、私たちは、たえず鼻から いき を吸いこんだり、はき出したりしていることを、はっきりと感じるようになるだろう。私たちは いき をするたびに、外から空気を吸いこんでいるのだ。吸いこんだ空気は、今たどった道を逆に のど のところから気管・気管支を過ぎて肺のなかにはいり、ついには一つ一つの肺胞まで送られるわけである。では、肺胞まではいった空気はどうなるのだろうか。それは、肺動脈と肺静脈のなかの血液の色をくらべてみると察せられるように、動脈のなかの黒ずんだ血液を、再び鮮やかな色にすることと関係していると考えなくてはならない。

科学の歴史をふりかえってみても、ここまでは比較的順調にわかってきたのである。これからもう一步進んで、なぜ血液は肺を通り抜ける間に色あいが変わるのだろうか、また、こうなることによってどんな はたらき をするのだろうかという疑問を解くことは、なかなかたやすくはなかった。しかし、17世紀になって化学が発達してくると、あらたにその方面から人の からだ の はたらき が考えられ、研究されてくるようになった。

こうした研究の口火をきったのが、イギリスのロバート・ボイル (Robert Boyle, 1627-1691) であった。ボイルは物理

学や化学の方面に大きな仕事をしたが、とくに空気の性質についてりっぱな研究をした。「氣體の彈性法則」はボイルが発見した法則で、「ボイルの法則^{*}」とも呼ばれている。ボイルは空気の研究をしている間に、これが動物の生活にどんなに必要であるかを実験によって確かめた。その実験はこう



第13図 ボイル

であった。びったりと ふた をすることのできる入れ物にネズミを1匹入れて、しっかりと ふた をして、しばらく観察をつづけた。ネズミは、はじめのうちは平気で走りまわっていたが、1時間もたつとだんだん苦しみはじめて、まもなく死んでしまった。そこで、この入れ物に外から空気はいらないようにしながら、あらたにもう1匹の元気なネズミを入れてみた。するとこんどはすぐに苦しみはじめ、3分もたないうちに死んでしまった。この実験によってわかることは、

^{*} 温度が一定である場合には、氣體の体積は、加えた圧力の大きさに反比例する。すなわち、氣體の体積を V 、圧力を P とすれば $PV = \text{一定}$ という関係が成り立つ。

動物が生きていく上に空気は欠くことのできないものであり、一度動物が使った空気はもう他の動物にとって役に立たないものになってしまうということである。

それにつづいて、動物が生きていくのに必要なのは、空気の全部ではなくて、その一部分であることまでわかってきた。このような状態で約 100 年が経過したとき、化学上の大発見が行われた。それは酸素の発見である。ボイルやこれにつづく人たちの研究によって、空気中に酸素のあることを見つける基礎は十分にできあがっていたわけであるが、これを純粹に取り出したのは、スウェーデンのシェーレ (Scheele, 1742-1786) と、イギリスのブリーストリー (Priestley, 1733-1804) の 2 人であった。この 2 人は、別々に研究して、ほとんど同じ時期にこれを発見している。ともに 1770 年代のことである。しかし、この発見に基づいて、酸素のいろいろな性質をしらべて明らかにしたのは、フランスの化学者ラボアジエ (Lavoisier, 1743-1794) であった。ラボアジエは、空気中で物が燃えるのは、空気のなかの酸素と化合するのであることを明らかにした。また、この酸素が、動物が生きていくのに欠くことのできないものであることを、いろいろな実験によって証明し、呼吸のはたらきを、はじめて説明したのである。私たちは、ラボアジエの研究を中心としながら、呼吸の意味をしらべることにしよう。

ラボアジエは、人や動物の呼吸も、物が燃えるのと同じよ

うな現象であると考えた。物が燃えるのは、空気のなかの酸素がこれと化合して炭酸ガスを生じることであるから、呼吸も空気中の酸素を取って、炭酸ガスを出すことにちがいない。それで、動物を入れ物のなかに入れておいて、もはや生きていることができなくなった空気を、生石灰か、かせい



第 14 図 ラボアジエ

ソーダに触れさせて、空気中の炭酸ガスを吸収させた。つぎに、これに一定量の酸素を加えてそのなかで動物を飼うと、またしばらくは動物が生きていることを明らかにした。すなわち、呼吸に適さなくなった空気から炭酸ガスを取り除いて酸素を加えると、また呼吸に適するようになるのである。

3. 血液はどんな はたらき をしているか

私たちが鼻や口から吸いこんだ空気は気管から気管支を通じて肺のすみずみにまで達する。では、肺に達した空気はどこで燃えるのであろうか。また、炭酸ガスはどこでできるの

であるうか。ラボアジエはこうした点についてはっきりした意見を述べるのをひかえている。私たちは現在の知識でこれから先の変化をたどることにしよう。

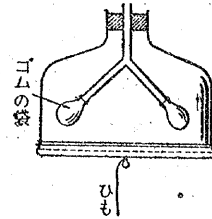
人や動物の血液は、酸素と炭酸ガスを取り入れたり、外に出したりする性質をもっている。血液のなかの酸素よりも周囲の酸素が濃い場合には、血液は周囲から酸素を取り、反対の場合にはたやすく周囲に放出する。炭酸ガスについてもまったく同様である。そして、酸素を多く含んだ血液は鮮やかな赤色であるが、炭酸ガスを多く含んだ血液は黒味を帯びた赤色をしている。したがって、一般に動脈のなかの血液は酸素を多く含み、静脈のなかの血液は炭酸ガスを多く含んでいることがわかる。

動物を解剖してみるとわかるとおり、からだじゅうの静脈を通過して心臓に帰ってくる血液はいずれも炭酸ガスが多く、酸素が乏しい。これが肺動脈から肺に送られて、肺のなかを通り抜け、肺静脈に現われたときは鮮やかな赤色になって酸素をたくさん含んでいる。したがって、肺を通る間に血液は炭酸ガスを肺に放出し、肺から酸素を取り入れていることがわかる。

そのしくみは、このようなものである。私たちがいきを深く吸いこむと、胸が強くはって横隔膜が下にさがり、胸の容積が著しく大きくなり、肺もこれにつれて大きくなるから、しぜんと空気がなかにはいってこなくてはならない。そ

れで、空気は鼻や口からいきおいよく気管・気管支を通過して肺胞のなかに流れこむ。ふつうの呼吸の場合でも程度のちがいはあるだけで、いきを吸いこむときには胸が膨がり、空気が肺のなかにはいってくる。このときのようすは、つぎのような模型をつくってみれば理解できよう。

実験 うすでのゴムのような、うすくて柔らかい材料で空気の通りにくい袋をつくる。それをガラス管の先に糸でしっかりしばりつけて、図のような底のないガラス器にゴムせんで取りつける。器の底にはゴムの膜をはって、そのまんなかにはひもを結びつける。ひもを下に引っ張ってゴム膜を引き下げ、ガラス管にしばりつけた袋がどうなるかを見る。つぎに、ひもをはなして袋の形がどう変わるかを見る。この変化から呼吸のしかたを説明してみよう。



第 15 図

呼吸のしかたの実験

呼吸の場合には、ゴムの膜を上げ下げするかわりに、胸かゝが膨がったり狭くなったりする。そのたびに外の空気は肺のなかに流れこんだり出たりしていく。しかし、私たちの吸いこむ空気はいつも安心して吸いこんでよいとは限らない。とかく、私たちのまわりの空気には、いろいろな傳染病のた

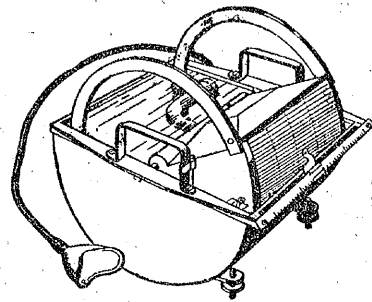
ねがまぎれこんでいたり、ちりやほこりが浮かんでいたりする。うっかりこんなものを吸いこんだならば、肺にはいつて病気を起すであろう。しかし、私たちの鼻のなかにはつごうよくたくなしかけがそなわっている。まず、鼻にはにおいをかぐしかけがあって、これによって好ましくない空気をかぎわけることができる。また、鼻のなかにはいろいろな形の骨がつき出ているので空気の通り路が複雑になり、そのうえ距離も大きくなっている。そうして鼻の孔をはいったところには毛がはえていて、この二つでまずごみがからだの奥深くはいりこむのを防いでいる。さらに、通路全体にわたって表面からねばねばした液がたえず少しずつ分泌され、鼻毛の関所をのがれたごみや病気のたねはこの粘液の流れの上を通るときにたいへん吸いつけられてしまうことになる。なお、鼻は外のつめたい空気をあたため、適当な水気を與えて肺の温度をうばったり、乾燥させたりしないのに役だっている。さらに、気管や気管支の内側の表面にも粘液を分泌する膜があって、その膜にはごく小さい細い毛がたくさんはえている。ここまではいつて来たごみやほこりは再び粘液にすいつけられ、毛の運動によって鼻の方へ送り帰されるようになっている。

問 外出から帰ったときは、必ずうがいをする必要があるというのは、なぜであろうか。

こうしたしくみによって、空気はきれいにこし分けられてから肺にはいり、すべての肺胞に達してこれを押しあげる。肺胞のまわりはたくさんの毛細血管がとり囲んでいるが、そのなかを流れている血液は、酸素が少なく、炭酸ガスを多く含んでいる。したがって、肺胞のなかの空気とは酸素と炭酸ガスとの含む割合が逆になっているから、肺胞の壁と毛細血管の壁を通してガスの交換が行われることになる。すなわち、この部分の毛細血管を通り抜けた血液は、今までとちがって酸素が多く、炭酸ガスが少ないものとなる。

ところで、人の肺は一度にどれくらいの空気を吸いこむことができるだろうか。それは、からだの大きさ、ことに胸の廣さに関係するから、その人の生まれつきや生後の鍛錬の程度によってちがうわけである。しかし、一度に吸いこんだり、はき出したりする空気の量が多いほど、肺のはたらきが盛んであり、環境に対する抵抗力も強いといえるわけである。それで、個人のからだの發育を知る一つの手だてとして、この呼吸の量も測っておくとよい。それには、深いいきをして空気を吸いこめるだけ吸いこんでおいてから、出せるだけはき出したときのいきの分量を測ることにし、これを肺活量と呼んでいる。日本人のおとなでは、男子が約 3.5l、女子が約 2.5l ということになっている。

肺活量を測るための装置には、いく種類もあるが、要するにそのしくみはガスタンクと同様で、水を入れた入れ物に



第16図 肺活量計

びったり ふた をす
ることのできるうき
を浮かせ、管で いき
を ふた の下に送り
こむことができるよ
うにしてある。肺活
量を測ろうとすると
きには、まず、十分
に いきを吸いこん
で、もうこれ以上吸えなくなったところで、管の一端を口にあ
ててそのなかに いきをはき出す。いきが水のなかに送りこ
まれると、水の上に浮かんでいた うき はしだいに上に押し
上げられるから、すっかり いきをはき出したときに うきが
どれくらい押し上げられたかを測れば肺活量が知られる。

研究2. 私たちも自分の肺活量を測って知っておこう。
肺活量計には上の図のようなものが広く使われているが、
手にはいらないときは自分たちで くふう してつくること
もできよう。測った値をみんなでくらべてあってみてもよか
ろう。

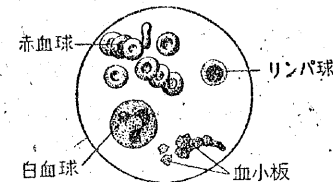
さて、からだ ちゅうの静脈から心臓に集まってきた血液は
肺を通る間に状態を一新して再び心臓にもどり、こんどは動

脈を通して全身に流れ出る。からだ をつくり上げている細胞
は概して外の空気よりも酸素の含み方が少なく、炭酸ガスが
多い。それで、血液が細胞の間を通ると、肺のなかとは反対
におたがいの間の壁を通して酸素と炭酸ガスとの交換が行わ
れ、細胞は新しい酸素を得ることになって、このために酸化
され、熱が発生する。

4. 血液はどんな組成をしているか

血液は、このように からだ のなかでたいせつな はたらき
をしている。だから、けが などのためにたくさんの血液が一
度に流れ出すと、その人は
死んでしまう。

私たちの血を一滴ガラス
板にうすくすりつけて顕
微鏡で見ることにしよう。



第17図 人の血液

ここの図は、その ありさま
を示したもので、赤血球・白血球・血小板が区別できる。こ
のなかで一番目だつのが赤血球で、数もおびただしく、血
液 1 mm^3 のなかに、男ではおよそ 450 万、女では 400 万ある。
これは顕微鏡で見ると黄色をしているが、たくさん集まると
血液の赤い色になる。これは呼吸に必要な酸素を運搬するも
ので、同時に炭酸ガスの運搬にも関係している。

白血球は色がなく、赤血球にくらべるとずっと数が少なく、

血液 1mm^3 のなかに 5000~1,0000 である。このなかには赤血球よりも少し大きくて、アメーバのように動きまわっているものもある。白血球の仕事は、からだのなかにまぎれこんできた不用な物や傳染病の たね をたべて、からだの安全をはかることである。赤血球・白血球はいずれも細胞である。血液はこの二つの細胞と血小板とが水にまじったものであるが、この水は決してふつうの水とは同じでなく、なかにいろいろな物質がとけている。からだにとってたいせつなものも、あるいはいらなくなってしまったものもとけこんでいるのである。たとえば、呼吸の結果生じた炭酸ガスの運搬に関係するのもその役目の一つである。私たちは、この液のはたらきについてはあとでまた学ぶことにして、ここではこれが けっしょう と呼ばれていることだけをおぼえておこう。

とにかく、血液のなかにはこのようにたいせつなものがはいっているから、たやすく外に流れ出されてはたいへんである。しかし、その心配は血液が固まりやすい性質をもっていることによってひじょうに軽くなっている。

それで、血液の固まる しくみ をしらべてみよう。

研究 3. エフトリやウサギなどの動物の血液をガラスの入れ物に取って、はしのようなものでかきまわす。棒や羽にはねばねばした血の塊が付着するから、この塊を水の手で洗い、どんなものが残るかをしらべよう。入れ物に残っ

た血液はもう固まらないが、しばらく静かにしておくと下に 沈でん ができて、黄色い上澄み液が残る。この液を血清^{*}という。

沈でん を少し取って顕微鏡で見よう。何からできているだろうか。

棒や羽についた血液の塊を洗うと、なかに白い綿毛のようなものが含まれている。これはもともと血液のなかにはなかったものだから、血液が固まる間にできてきたことがわかる。いいかえると、血液の固まるのはこの綿毛のようなものでできることで、けっしょう のなかの成分と血小板とが、たがいにはたらき合った結果である。あとに残った血清は、けっしょう からこの成分を取り除いたものということになる。血清も私たちの健康生活にたいせつなものであるが、これについては別の機会にくわしくしらべることにしよう。

* 血液を入れ物に入れてしばらくはおいておくと、上の方に黄色い液がたまってくる。この液も血清である。

3. たべ物 はどのようにして消化されるか

1. たべ物 はどんなところを通るか

私たちの からだ は勉強したり運動したりするために、たえず からだ のなかのものを使っている。だから、それだけの分量を補わなくてはならない。さらに、発育ざかりの年ごろでは、一そう余分に補わなくては大きくなれない。こうした補いをするために人も動物も たべ物 をたべる。

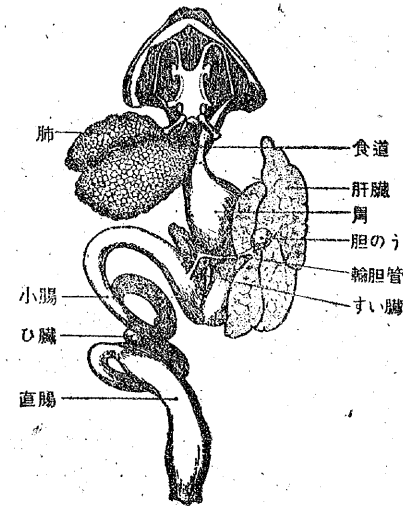
私たちの たべ物 の大部分は植物や動物である。しかし、いくら同じ生き物だからといっても、私たち人間の からだ をつくっている物質と動物や植物のとでは、まったく同じというわけではない。それで、たべ物 が私たちの からだ のなかで血や肉や骨になるまでにはいろいろな道すじを通り、いろいろな変化をするわけである。それで、これからはこの問題を取りあげてみよう。

たべ物 が からだ のなかでどのように変わっていくかを知るには、まず、からだ を解剖して たべ物 の通り路を順にたどっていく必要がある。それで、最初は例によってカエルで解剖をすることにしよう。

研究1. 口からはいった たべ物 は1本の管のなかを移動し、最後に かす だけが からだ の外に出される。この

管が消化管である。

カエルを解剖して消化管を観察しよう。消化管は部分により形がいろいろに変わっている。また、消化管にはいろいろな器官がつながっている。どんな形のものがどこにつながっているかを見きわめよう。ここに掲げてある図は、

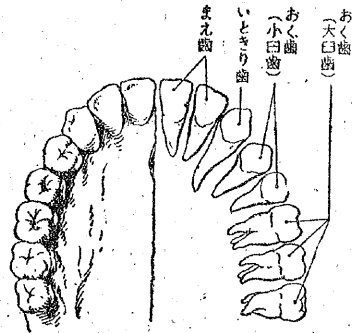


第18図 カエルの内臓

カエルの消化に関係ある器官を示したものである。この図と見くらべながらいろいろな器官の名まえをおぼえておくがよい。

つぎに、消化管をすっかり切り開いて、そのなかで たべ物 がどんなに変わっていくかもしらべてみよう。

たべ物 の体内旅行の第一歩は口からはじまる。人の口には上下の あご に歯がはえていて関門の役をしているが、同じようにカエルにも歯がある。ただ、人とちがって、あるカエル



第19図 歯ならび

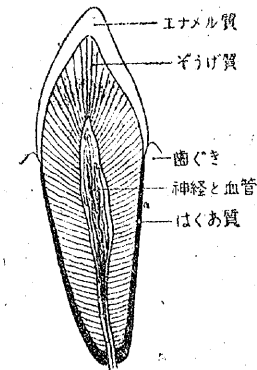
おとなの歯では、図のように上あごと下あごとで、まえ歯8、いとぎり歯4、おく歯20（大臼歯12、小臼歯8）であるが、子供のときは、まえ歯8、いとぎり歯4、おく歯8である。

らしいの間に1回すっかり抜け落ちて、もっとしっかりした歯がはえて変わる。しかも、そのときは全部で32本となり、ずっと数がふえてくる。あなた方の年齢ではきっと大部分の歯は抜けかわって、まだ、ごくわずかに子供のときの歯が残っているころであろう。歯ははえている場所によって形がちがひ、そのはたらきも変わっているから、1本1本に別々な名まえがついている。歯ならびの図が掲げてあるから、これでおぼえることにしよう。

歯は、かたいものでもかみくだかなくてはならないから、

では上あごにだけ、別の種類では下あごにだけしかはえていない。カエルの歯はものをかむためのものではなく、ただ口に入れたえものが外に飛び出さないようにするだけの役目しか果たしていないから、この点で人の歯とは大いにちがひ、構造もずっと簡単になっている。人では、子供の間は歯の数が20本であるが、6歳から20歳ぐ

硬く丈夫にできていなくてはならない。人の歯を縦に断ち切ってその構造を見ると、右の図のようになっている。はぐきから外に現われている部分の歯の表面は、白色のエナメル質というものでおあわれている。エナメル質は人のからだのなかで最も硬いもので、その内側のぞうげ質という割合に軟らかい部分をおあって、ものをかむのにつごうがよいようにできている。



第20図 歯の縦断面

歯はくちびるやほほや舌の助けをうけてたべ物をくり返しかみほぐして細かい塊にするわけであるが、この間にたべ物は口のなかでつばとよくまぜ合わされる。つばのはたらきについては私たちは既に知っている（何をどれだけ食べたらよいか参照）。でもつばはどこでつくられるのだろうか。顔の皮の下には、3対のうす黄色くてふさのような形の塊がある。それは両側の耳の附近から下の方に向かって1対、舌の下側に1対、あごの所に1対である。そして、このおのおのは1本ずつの管によって口のなかに開いている。つばはこれらの塊のなかでつくられて、その管を通して口のなかに出てくるのである。このように、人や動物のからだ

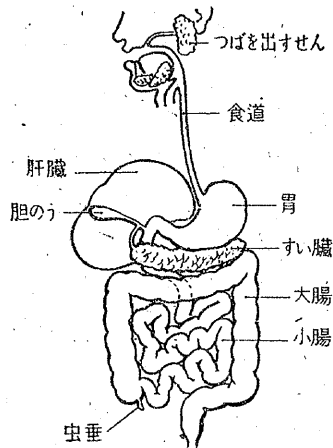
のなかでたいせつな液をつくりだす所をせんと呼んでいる。せんには、つばを出すものだけではなく、いろいろな種類のせんがからだのいろいろな所にちらばっている。

つばは場合によってたくさん出たり、それほどでなかったりする。たとえば、はぐきを指で強くこすったり、舌の上に梅ぼしをのせたりすると、口のなかに盛んにつばがあふれてくるだろう。また、うまさうなたべ物を見たり、においをかいだり、時にはそのことを考えたりしただけでも盛んにつばが出てくる。とにかく、食事をする場合に知らず知らずつばがたくさん出てくるようになっているのは、まことにつごうのよいことと考えなくてはならない。

つばを出すせんはカエルでは見られない。また、鳥にもない。しかし、ネズミやウサギ・ウシ・ウマなどには、人と

同じようにそなわっている。これらのけものでは、人と同じようにつばが出るし、また、人のつばと同じ役を果している。

口のなかで小さくされ、つばとまぜ合わされたたべ物は、つばのためにすべりがよくなってやすやすとのどを通ってのみこまれる。のどを通り過ぎたたべ物は、



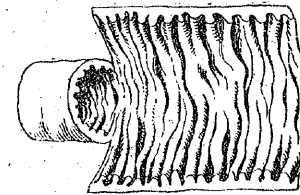
第 21 図 人の消化系模図

つづいて1本の細長い管を通して下にさがっていく。この管が食道である。食道は気管の背な側をこれと重なり合って走っている。

食道は胸を通り過ぎたところで急に太くなって、大きな袋のような部分につながっている。ここが胃である。胃を通り過ぎると再び管は細くなって腸につながる。胃の内側にはたくさんのひだがあり、表面をさわってみるとぬるぬるした感じがする。このような膜を粘膜という。

胃は小腸につながっている。小腸は比較的細い管で複雑にまがりくねっていて、全体を引きのばしてみると4~5mもある。胃の境に近い部分をとくに十二指腸という。この名まえは指を12本そろえたぐらいの長さがあるという意味でつけられたもので、25cmほどの長さで、ウマのかなぐつのような形で胃につながっている。

小腸を切り開いて見ると表面はやはり粘膜でおおわれ、たくさんの横のひだがあつて、顕微鏡でなくては見えなような突起が表面から一面に毛のように出ている。



第 22 図 腸の内面

小腸のまがりくねった管を根氣よくたどっていくと、突然急に管が太くなる。これからが大腸である。大腸は太いかわりにずっと短くて、1mほどでからだの外に開いている。

そのはじめの部分は先のとじた袋のようになっている。この部分の長さは5cmほどで、盲腸といい、先に6~7cmの長さで虫垂という管がくっついている。大腸の終りのところはしだいに細くなり、からだの外に開いている。ここが直腸である。大腸を断ち割って内側を見ると、小腸と同じように粘膜に横しわがあるが、毛のような突起はない。

たべ物は、このように1本の管のなかを順に動いていくわけであるが、この管の近くのところにいろいろの器官があって、これと消化管の間は細い管でつながっている。

そのなかでとくに目だっているのは肝臓で、横隔膜の右下側にあって かつ色 をしている。

肝臓から出る管は十二指腸に開いているが、その途中にイナジクのような形をした小さな袋がついている。これが胆のうで、なかに青色のいがいしるがたまっている。十二指腸にはこの外にもう一つの管が開いていて、その先はすい臓という器官につながっている。すい臓は胃の下方、背なか側に横たわっていて、長細い三角形をしたものである。

これで、消化に関係するいろいろな器官の形やあり場所ははっきりしたわけである。カエルでも、ほとんどこれと同じでき方をしている。それでは、こうした管のなかでたべ物はどんなに変化してからだのやしないとなるのだろうか。カエルを解剖したときに、胃や腸を開いてなかにつまっているたべ物のようすを見たから、胃のなかではたべ物がそ

の姿をかえて、しだいにどろどろしたものに変わっていき、小腸までくると完全にもとの形が認められないようになっていくことを知ったであろう。それが大腸にいくとしだいに水気を失い、ほとんどふんそのものになっている。

胃や腸は生きているうちは、ちぢんだりのびたりしてたえず動いている。歯がたべ物をかみくだいたり、胃や腸が運動して、くだいたたべ物をかきまぜたりする機械的なはたらきと胃や腸やその他の器官でつくられる液の化学的なはたらきとがあいまって、たべ物は消化されるのである。つぎにこの変化をしらべることにしよう。

2. どのようにして消化するか

だが、どうしたしくみでこんな移り変わりが起るかは、直接目で見ることのできない変化をしらべなくてはならないのだから、解決がまったく容易なことではなかった。それで、こうした研究は比較的あとまで残されていた。

17世紀は化学がしだいに進歩してきた時であった。ボイルが動物が生きていくのにたいせつなものが空気に含まれていることを発見したのはこのときであったが、これとちょうど時を同じくして、からだのなかでのたべ物の変化のしくみについて考えられはじめた。

それまでは主として、解剖して胃や腸のなかみのありさまからはたらきを想像していたものだから、ひどいような見当

ちがいない説明もないではなかったが、このころになってようやく すい臓 と肝臓とは消化管のなかに特殊な液体を送りだしている せん の一種であることがわかり、胃や腸に たべ物がはいると、これらの器官の分泌物とまざり合ってそこに変化が起り、たべ物は、かゆ のようなどろどろしたものになると考えられたのである。この考えは決してまちがいでないが、私たちはその変化をもっとつきこんでしらべてみたい。

17世紀から18世紀にかけてフランスにレオミュール(Réaumur, 1683-1757) という学者があった。レオミュールは、たべ物を消化する液を出すのは肝臓とすい臓だけではなく、胃や腸にもこれと同じ はたらき があると考えて、これを実験によって証明しようとした。それにはどうしても胃や腸のなかの液を取り出さなくてはならないが、殺した動物ではもう液が出てこないから、ぜひとも生きているものから取らなくてはならない。それで、いろいろと考えたあげく、ふと目についたのは倒っているタカであった。一般に、鳥にこのれわりの物をたべさせると、一たん腹のなかにおさめてもまもなく吐き出してしまう。これに気がついたレオミュールは、タカやその他の鳥をいく日も えさ を與えないで空腹にさせておいてから、これにかわいた海綿の かけら をのみこませたのである。鳥は思いどおり、まもなくその海綿を吐き出したが、そのときの海綿は水氣を含んではじめの5倍ほどの重さになっていた。海綿からしばらくとった液は胃のなかの液

にちがいない。味わってみると塩からく、青い色の試験紙を入れると赤く変った。そこでこの液の はたらき についての実験である。レオミュールはまず、これを からだの温度と同じくらいにあたため、なかに肉の かけら を入れたところが、肉はまもなくとけてもとの形がなくなってきた。

これで、胃のなかで たべ物 がこなれるわけがはっきりした。胃は、これまで考えられていたように、たべ物を煮ための なべ でもなければ、また、たべ物をつぶすための ひきうす でもない。胃がのびちぢみするのは、たべ物をなかの液とまぜ合わせるためでしかないわけである。

ところで、この液はいったいどこでつくられるものだろうか。このことはまもなく別の学者によって研究され、胃のなかの液は胃全体がつくり出したもので、別の器官から流れてきたものでないことが明らかにされ、さらに、鳥の胃のなかの液でわかったことは、人についても行われていることが知られるようになった。これで、胃は消化液を分泌することが確かにされた。

つぎの19世紀になると、アメリカの軍医でウィリアム・ボーマント(W. Beaumont, 1785—1853) という人が、さらに胃の はたらき についての知識を拡めた。1822年のことだった。ボーマントが属していた部隊の一兵士が、誤って小銃の たま で胃の附近に負傷をしてしまった。ボーマントはさっそく全力をつくして手当をして、その兵士の いのち を救ったが、

傷口はついにふさがらず、一生がいそこの孔を通してなかの胃を観察することができた。ポーメントはその後もつづけてこの兵士の看護にあたり、あわせてからだにできた窓を通して胃のはたらきを直接に観察したのである。たとえば、この孔からいろいろなたべ物を直接胃のなかに入れ、しばらくたってから、それをまた取り出してこねのぐあいをしらべたり、また、胃液はどんなときにたくさん分泌されるかをしらべたりした。さらに、胃液のなかにはどんな成分が含まれているかも明らかにした。その結果、胃液はたべ物はいると盛んに分泌することを知った。胃液は青い試験紙を赤くすることからわかるように、酸を含んでいるが、それは塩酸であることを確かめた。胃液のなかには塩酸のほかに、強い はたらきをもった物が含まれていることもわかった。

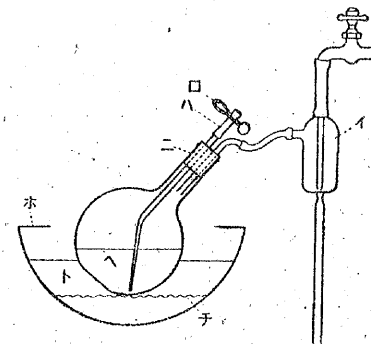
ポーメントの研究をうけて、胃液のなかのこの物の本体をつきとめようとしたのは、ドイツのシュワン^{*}(Schwann, 1801-1882)であった。シュワンは、これがたんぱく質をペプトンという物質に変える はたらきをもっていることを明らかにし、ペプシンという名をつけた。胃に送られてきたたべ物は、まず、塩酸とまぜ合わされて酸性になり、それにペプシンがはたらいてなかのたんぱく質をペプトンにかえるしくみになっているのである。

^{*} シュワンは、動物のからだに細胞でできていることを発見した人として有名である。

研究2. 私たちも、胃がペプシンを出していることを確かめてみたいものである。それで、まず、ウサギかネズミの胃を開いてよく水で洗い、内側の粘膜をはぎ取る。この粘膜のなかにはたしてペプシンがあるかどうかをためそう。

粘膜をよくすりつぶして、これに、粘膜の4倍ぐらいの分量の5%アルコールを注ぎ、4時間ほどほおっておき、木綿の布で液をこしとる。粘膜のなかにペプシンがあればそれはアルコールにとけて、この液のなかに移ったはずである。この液からペプシンを取り出すには、あまり高い温度に熱してはこわれ

てしまうから、この図のように水流ポンプで入れ物のなかの圧力をへらしながら40°でアルコールを蒸発させる。すると、入れ物の底に白いものが残るからよくかわかしておく。これは胃の粘膜のなかにあったものである。この物質を2%の水溶液とし、これに



第23図 動物の胃からペプシンを取り出す装置。

- | | |
|-----------|-----------|
| イ. 水流ポンプ | ホ. 湯せん |
| ロ. ゴム管ばさみ | ヘ. こし取った液 |
| ハ. ゴム管 | ト. 水 |
| ニ. ゴムせん | チ. 金網 |

0.2%の塩酸を1/10ほど加えて、胃のなかと同じような状態にする。別に卵をゆでて、白味を小さくくだし、それを試験管のなかに5~6滴入れ、上の液を 5cm^3 ほど加える。この試験管にせんをして 40° の湯のなかにつけ、10分ごとに白味の変化を見る。いうまでもなく、白味はたんぱく質の一種である。

しかし、これにはいろいろ特殊な器具がいるし、また、方法もややむずかしい。それで、ペプシンのはたらきをみるだけならば、薬としてまちで賣っているペプシンを使ってもよい。

それには、ゼラチンを熱湯でとかし、冷えて固まったらなるべく小さく、うすく切りきざむ。これを試験管に入れ、うすい塩酸を加えた水を 50cm^3 ぐらい入れ、製品となっているペプシンを0.5g加える。入れ物にせんをして、 40° ぐらいの温度に保ちながら、変化を見よう。ゼラチンもたんぱく質の一種である。

消化ということからみると、胃よりも小腸の方がはるかに重要である。

腸のなかでの消化をしらべるには、まず肝臓とすい臓とから分泌する液のはたらきを知っておくのが順序であろう。この二つは、十二指腸に口を開いて液をそそぎこんでいるからである。

すい臓の分泌液を集めてその作用を知ろうとする試みは、レオミュールより以前にされていた。その方法は、生きている動物の腸を開いて、すい臓の開き口に小さなびんをあてがうのであったが、これではいろいろなまざり物が多くて、純粋にすい臓の液を採ることにはならなかった。

これに対してフランスのクロード・ベルナール (Claude Bernard, 1813—1878) は、すい臓の開き口に長い管をつなぎ、他のはしはからだの外に出しておくようにした。

第24図 イヌはたべ物を見て胃液の分泌が盛んになり、これが管から流れ出す。せつかくのたべ物も食道から外に落ちて、胃には達しない。



すい臓の分泌液は、十二指腸に流れこむかわりに管を通して外に出てくるから、ほかの物がはいりこむ心配はほとんどなくなるわけである。この方法は現在でも廣く行われているもので、これを完成したのはソビエットの生理学者バブロフ (J. P. Pavlov, 1849—1936) である。バブロフはイヌの胃にこのような管をつなぎ、よごれていない胃液を取り出すことに成功した。

このようにして集めた液を使って研究した結果、すい臓から分泌する液はたんぱく質をアミノ酸に分解するはたらきと、炭水化物を分解するはたらきと、さらにまた、脂肪

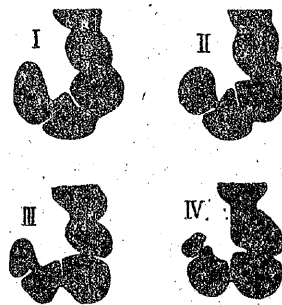
を脂肪酸とグリセリンとに分解する はたらき とをもっていることがわかった。このような はたらき は、すい液 のなかにもいろいろあった物質があるからである。これらの物質は、いずれも反応の前後で自分自身は少しも変化せず、ただその反応をうながすもので、つば のなかの物質、あるいはペプシンなどとともひとまとめて酵素と呼ばれる。酵素を含んだ液は、小腸からも分泌している。したがって、小腸のなかにはたくさんの酵素が集まってきて、自分自身の受もちの物質にはたらきかけてこれを別な物質に変え、どろどろした かゆ のような状態にしてしまうのである。

このように、小腸では胃で消化されなかったか、消化されてもその程度が十分でないままで送られてきた たべ物 を、十分に消化してしまうわけである。

肝臓が分泌する液には酵素は含まれていないが、腸のなかでリパーゼという酵素がはたらきやすくなる作用をもっている。

小腸は、このように化学工場のような役目を果しているほかに、胃と同じく運動もしている。胃の運動については、偶然の機会からボーマントが明らかにしたのであるが、現在ではエックス線を利用して、このような好運をまたなくても生きた人について確かめることができる。エックス線はたいいていの物をおして見せるが、厚い金属などはとおしにくい。それで、たべても害がなく、軽い粉になっている金属を胃や

腸のなかに送りこんでエックス線で照らしてみれば、管のなかの輪郭だけははっきりと観察することができるわけである。このような金属として選ばれたのが そうえん とバリウムである。まず、そうえん のはいつた かゆ をしらべようとする人にたべさせる。もちろん、その前しばらくは食事を断って空腹にさせておかななくてはならない。そうえん の かゆ をたべて数時間後に、胃や腸に達したところを見はからってエックス線で照らしてみれば、胃や腸の内部の輪郭がはっきりとなり、その運動のありさまも直接見られる。



小腸の運動のおもなもの 第25図 エックス線でみた胃の運動は、まず一箇所ですべての管のまわり全体が同時にちぢまって、なかのたべ物を下の方へ送り、またもとにもどる。すると、その隣の部分があらたにちぢんで、たべ物をさらに下に押し下げて、もとにもどる。このような、輪のような形になったちぢみがつぎつぎに下へ傳わって、そのたびに、たべ物を先へ先へと押しやるのである。これと同時に、たべ物は腸のなかの消化液とよくまぜ合わされる。そして最後まで消化されなかった物だけが、太腸の運動によってからだの外に押し出される めくみ になっている。

4. 消化されたものはどうなるか

1. 消化されたものはどこに行くか

たべ物は、胃や腸で消化液とまぜ合わされて消化される。消化した物はその後どうなるであろうか。この問題をとくためにこんな実験がされている。

でんぶんを水にまぜ、それに色素をとかしておいてから、ネズミかモルモットのような生きている動物の小腸のなかに注ぎこんでみる。しばらくたってからその腸を取り出して、その壁になっているところを断ち割ってよくしらべてみると、でんぶん液につけた色がそのなかに認められる。これから、色素をとかした液が、腸の壁のなかにはいりこんだことが知られる。この実験は今から200年近くも前の学者が試みたことである。また、こんな実験もある。イヌのからだから小腸の一部を切り取る。イヌがまだ生きているか、あるいは死んだばかりの時ならば、取り出した腸もまだしばらくは生きていてはたらきをつづけるものである。この腸の管のなかに食塩をとかした水を入れて、腸の両端を糸でかたくしばっておく。このようにして15分ほどたってから、なかの食塩水を出してその分量や濃さをしらべてみると、水と一しょにかなりの分量の食塩がなくなっていることがわかる。このことは水や食塩が腸の壁から吸いとられたと考えなくては説明

できない。

小腸のなかの物を吸いとるのは主としてその壁にある毛のような突起の表面からである。ふつうのたべ物はそのままでは吸いとれないから、消化はこのようなたべ物を吸いとれるような状態に変えるはたらきである。

私たちは、ここでもう一度、小腸の内側の壁のでき方をあらい出そう。消化したたべ物は、小腸の壁が吸いとるのであるから、内側の面積が少しでも広いほど、それだけ余分に養分をとることができるわけである。小腸の内側は、じつにこの要求を十分にみたすことができるような構造になっている。

小腸の壁にくぐりこんだ養分は、まもなくそこに来ている毛細血管のなかに移される。それからあとは血液の流れと一しょに運ばれるわけだが、その大部分はひとまず肝臓に向かうのである。

肝臓が消化をたすける液をつくって小腸にたまえることはもう知っている。肝臓と十二指腸との間には、胆のうがあって、肝臓がつくった液は一時ここにたまっているが、たべ物が十二指腸にくると、胆のうはひとりでに収縮してなかみをしぼり出すしくみになっているのである。しかし、肝臓はこのほかにまだまだ重大なはたらきをしているのである。このことは、前に述べたベルナールがふとした機会から研究のいとぐちを見つけたのであるが、ここでは、ただその結果

だけを知ることにしておこう。肝臓に行きついた血液中の養分はここでいろいろな変化を受けて、一部分はグリコゲンのような物質に変わってそこに貯えられ、残りは再びそこを抜け出して、血管によってからだじゅういたるところに運ばれるようになる。肝臓はからだ全体の目付役のようなはたらきをしていて、送りこまれた養分が必要以上に多いと、余分だけを自分のところに止めてその後必要に応じて小出しにすることもできるし、ある物質が多過ぎてほかの物が不足していると、多過ぎる方にはたらきかけて、不足している物に変えてしまう役目も果しているのである。たとえば、血液中の糖が欠乏すると、肝臓に貯えられたグリコゲンが再び糖に変わって血液のなかに出て不足を補う。しかし、脂肪だけは例外で、肝臓にはいかないで、直接からだじゅうに送られる。

このように、養分を吸収するはたらきの主役は小腸であるにはちがいないが、これ以外の場所もまったく関係ないというわけではない。ごくわずかではあるが胃でも吸収しているし、水は大部分大腸で吸収されるのである。

- しかし、いずれにしても、からだの養分が必ず一度は血液とともに血管を流れることには変わりない。私たちは前に呼吸のところで血液の役割を学んだのであるが、さらに、ここでもう一つの役割を知ることになった。しかも、吸収した養分をになって運搬するのは、主として血液中の、けっしょう

である。

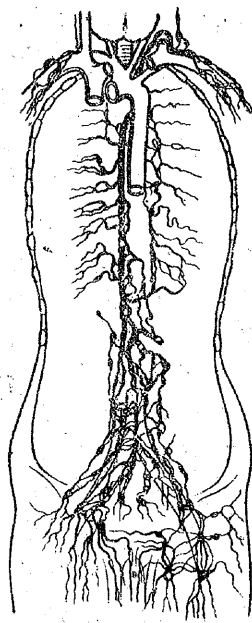
血液のなかの養分は、からだじゅうをめぐるうちに、いろいろなところでからだをつくっている物質に変わったり、あるいは、その部分のはたらきに必要な物質に組み立てられたりする。この間の移り行きは、化学が現在のように目ざましい発達をとげてはじめて明らかにされたのだが、ひじょうに複雑しているから、私たちは今はくわしい移り行きをつきとめることはさしひかえよう。ただ、血液と養分の受け渡しのしくみだけは、もう少し立ち入ってしらべることができ

2. リンパはどんなにはたらくか

血液が運搬している養分を、これを必要としている組織に渡すには、境の壁を通してでなければならない。しかし、血管は円筒形に近い形をしているために組織との間にわずかなすき間が必ずできているから、本来ならばそのために養分の受け渡しが大いにじゃまされるわけであるが、実際には、そのすき間はすきとあった液で満たされていて、両方の間に立って受け渡しを円満にしている。これを組織液という。さらに、組織液と血液との間での養分の受け渡しは、リンパ管といつて血管に似た管のなかにある液がなかだちをしている。この液がリンパである。リンパは主として、血液のなかのけっしょうが、毛細血管の壁をとおして押し出されたもので

ある。リンパは組織に養分を與えるときだけでなく、逆に消化管が吸収した養分を受けるときのなかだちもしている。とくに小腸が脂肪を吸収したときは、必ず一たんはこれのなかにはいることになっている。

リンパ管も養分の受け渡しをするところは毛細管になっているが、これがだんだん集まって太さを増し、からだじゅう



第 26 図 人のリンパ系

を走っている。私たちが手や足にけがをしたり、毒虫にさされたりすると、よくわきの下やももの内側に、ぐりぐりしたものができて、傷口とぐりぐりの間に、赤い糸をひいたようなすじが現われることがある。このすじのところにはリンパ管があって、そのところどころにふくらみがついているのである。けがをしたときにできるぐりぐりは、このふくらみがはれたもので、ここをリンパ節とよんでいる。

リンパ管は、このような形でからだじゅうにひろがっているのであるが、そのちらばり方はここにある図を見て理解することにし

よう。リンパはこのように分かれたり集まったりして、網の目ようになった管のなかを通してしだいにからだの中心に近づき、くびの左の根もとのところで太い静脈に流れこんで、再びもとの血管のなかに帰りつくのである。

リンパ系はまたこのほかにもたいせつなつとめを果している。その一つは、リンパ節でリンパ球をつくって血液に供給していることで、他は、からだのなかにはいつてきた有害なものを除くはたらきである。けがをしたときにリンパ節がはれるのは、傷口からはいったばい菌や毒が、ここでひっかかったためである。

5. からだはどうして動かせるか

1. 活動の力はどこからでるか

ラボアジエは呼吸の研究をして、人や動物の からだ では取り入れた酸素によって燃焼が起ることを証明した。しかし、燃えるといっても、マッチをすったり炭火を起したりしたときのように赤い ぽのお を出して燃えるわけではない。ちょうど、空気中にさらしておいた鉄がだんだんにさびていくのと同じように、血液中の酸素が からだ をつくっている物質にはたらいてこれを分解して熱を出すのであって、その変化は火が燃える場合にくらべるとずっとゆるやかであるから、ぽのお や光を出さないのである。ラボアジエは人の からだ があたたかいのは、この時に出る熱がもとになっていると考えた。

私たちの からだ のあたたかさは体温計ではかる。だれでも あたま が痛かったり さむけ がしたりするとこれを使って熱をはかってみるが、それは病気のときには異常な原因で からだ の温度が、ふつうではみられないようなあがり方をするからである。私たちの からだ の温度は、健康などときにはいつでもだいたいきまっているが、それでもいくらかの上がり下がりがある。このような変化がどんな原因によるのかをしらべてみることにしよう。

研究1. 3〜4日つづけて、朝・昼・夕・夜と時刻をきめて体温をはかる。食事や運動の前後にも、また、静かにしているときにもはかってみよう。どんなときに体温が高くなるだろうか。

人ははげしく活動するときほど、たくさんの熱が出てくる。したがって、このような場合には、からだ のなかでは物質の分解が盛んになっているわけである。

研究2. はげしく運動をしたあとで、呼吸の数・脈の数・心臓の どうか の数をはかってみよう。まだこのほかにも からだ に変化が現われるだろうか。そうして、これらの変化はなんのために起ったかを考えてみよう。

私たちはたくさん仕事をするほど、からだ のなかで分解が盛んになって、熱ができる^{*}。分解のときには炭酸ガスなどが発生し、これによって呼吸の回数がふえたり、脈のうち方が速くなったりする。このために、仕事をした筋肉に酸素を送ったり、分解して生じたものを運び出したりすることができ。したがって、仕事をたくさんするほど熱の発生も盛んであり、からだ をつくっている物質がよけいに使われたこと

^{*} 私たちの からだ のなかでは、あとからあとから熱が発生するが、皮膚から外へにげていくから、体温が上がり過ぎることはない。

になる。いいかえれば、からだのなかで燃焼が起って、からだをつくっている複雑な物質が分解して、私たちが運動をしたりはたいたりする力が出るのである。このような活動の力が出る食べ物^{たべもの}がどんなものか、また、それらをたべるとどのくらいの熱を出し、したがって活動をすることができるか、^何をどれだけ食べたらよいかで既に学んだところである。

2. 不用になった物はどのようにして捨てるか。

からだをつくっている物質が燃えてできた炭酸ガスは、すぐに肺から外に^あい出される。炭酸ガスがたまってくると、血液の性質が変わってからだに害をするようにさえるのである。

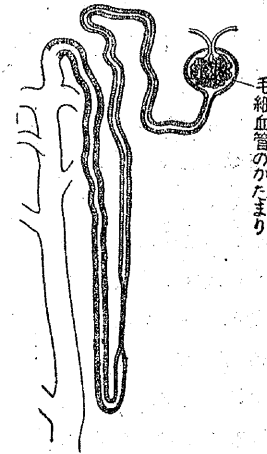
このように、からだのなかにできた不用の物をようしゃなく外に捨ててこそ、からだ^がさわりなくはたらい^ていけるのであるが、炭酸ガスのほかにもまだいろいろな物が、からだのはたらきの結果としてできてくる。これらはじん臓と、これにつながっている器官や皮膚から排出される。

皮膚は外から見たのでは、ただからだの外側をおおって保護をするだけのもののようであるが、からだの1/3以上の面積に塗料を塗りつけてみると、まもなくぐあいが悪くなって、時には死んでしまうことさえある。これは皮膚から出る不用物が十分に^い出られなくなった結果である。

皮膚の1片を縦にうすく切って顕微鏡で見るとなかなか複雑な構造をしているが、なかに細い管が表面に向かっ^たい垂直に走っているのが見られる。管の出口は皮膚の表面に開いていて、反対側は奥深い所で糸くずをまるめたような形で終っている。この球のまわりを毛細血管が網の目のように取り囲んでいる。この管が汗せん^{*}といわれるもので、ここで汗がつくれ、皮膚の表面に流れ出る。汗は毛細血管で運ばれてきた不用のものが球になった管のなかに押し出され、水と一しょに出てきたものである。

しかし、不用物として排出されるおもなものは尿であって、大人では1日に平均して1.5~2.0リットルも出る。尿はじん臓でつくられる。

じん臓は、背骨の両側に一つずつあって、このおのおのから1本の管が下にさがって一つの袋のなかに開いている。この管を尿管、袋をぼうこう^{ぼうこう}という。じん臓の^いき方はたいへん複雑であるが、



第27図 じん臓の構造を示す模型図

* からだの温度が高くなり過ぎると盛んに汗が出て蒸発するから、体温が下がる。逆に寒くなると汗の出がやんで、体温が逃げないようになる。このように汗せんは体温を調節する役目も果たしている。

根本になるのは、外からはいつてきた血管が細かな毛細血管に枝分かれして、方々で糸まりのようになっているものと、このまりを取りまく袋とである。袋の底は細い管につながり、それが一箇所に集まって尿管に連絡している。

研究3. 私たちは人のじん臓やぼうこうを見るわけにはいかないが、カエルを解剖してみることはできる。だいたいのでき方は同じであるから、これからおしはかることにしよう。

血液のある成分と一しょにじん臓に運ばれてきた不用物は毛細血管の糸まりのところにて、水とともに袋のなかに押し出される。水にとけた不用物は細い管のなかを流れてたがいに落ち合ってから尿管のなかに流れこみ、ぼうこうにたまるのである。ある程度ぼうこうがふくれてくると尿を出したいという感じを起させて、からだの外に出ていってしまう。

じん臓のはたらきは血液から不用な物を取り除くだけではない。これはからだにとって役にたっているものでも、あまりたくさんになり過ぎると外におい出す役目も果している。たとえば、塩分はからだにとってたいせつなものであるが、これが多くなり過ぎると塩分の濃い尿を出してこれを減らし、また、少なくなると水っぽい尿を出して排出をさし

ひかえる。こうしてからだの塩分量をいつもだいたい一定であるように調節しているのである。

私たちはこれで、からだのなかにはいったたべ物のゆくえをすっかりつきとめたわけである。それでいよいよたべ物から得た力がどんなことに使われるかを知る番になった。

3. からだはどうして動くか

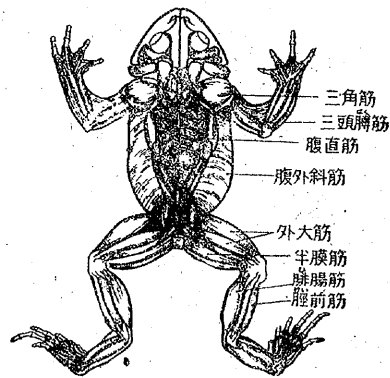
あなた方は、からだ動くのは骨と筋肉とのはたらきであることはもう知っているはずである。ころみに、右でも左でもよいから腕をまっすぐにのばして手をにぎりしめ、腕全体にぐっと力を入れながらひじのところからゆっくりとまげてみよう。そうして、二の腕にできる力こぶとその裏側の筋肉のようすを、もう一方の手でさわってみるとよい。また、くびを左右にまわしたり、まげたり、上体を前にこごめたり、うしろにそらしたりして背なかや胸・腹の筋肉のうかび出してくるようすを見たり、手でさわったりしてもよい。とにかく、筋肉と骨とがどんなにしてからだを動かしているかが、だいたいわかることだろう。それで、からだの運動のしくみをよく知るために、からだの筋肉と骨との組み立てをしらべることから始めよう。

研究4. カエルを麻酔させて、皮膚をはぎとる。それにはまず、腹のところの皮膚をそとつまみあげて、はさみ

でそこに切り口をつけ、そこから はさみ の一方の刃をさしこんで縦に皮膚を切り開いていく。つぎに、手足のつけ根に近いところから前後の足に向かってできるだけ皮膚を切り開くように切れ目をつける。あとは刃物を使わないでも、人形の着物をぬがすようにして皮膚をきれいにはぎとることができる。

皮膚をはいでしまうと筋肉が現われる。なまのままでは一つつ筋肉を区別することがむずかしいが、からだごと湯のなかにつけたり、ホルマリンかアルコールのなかにつけたりしてしばらく置くと、ずっと区別しやすくなる。

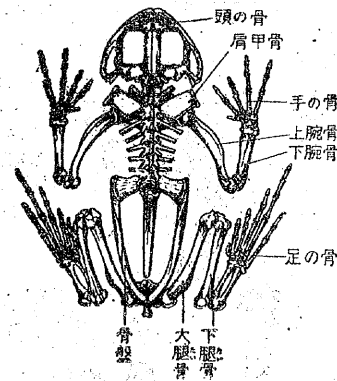
からだ全体は、じつにたくさんの筋肉からできている。その一つ一つにみんな名まえがついているが、それをみなおぼえるのはとてもわずらわしいし、また、その必要もない。それで、そのなかのあんなものだけをわずかにおぼえておけば十分である。ここにあげてある図はヒキガ



第28図 (a) ヒキガエルの筋肉系 (背面)



第28図 (b) 腹面



第29図 ヒキガエルの骨格

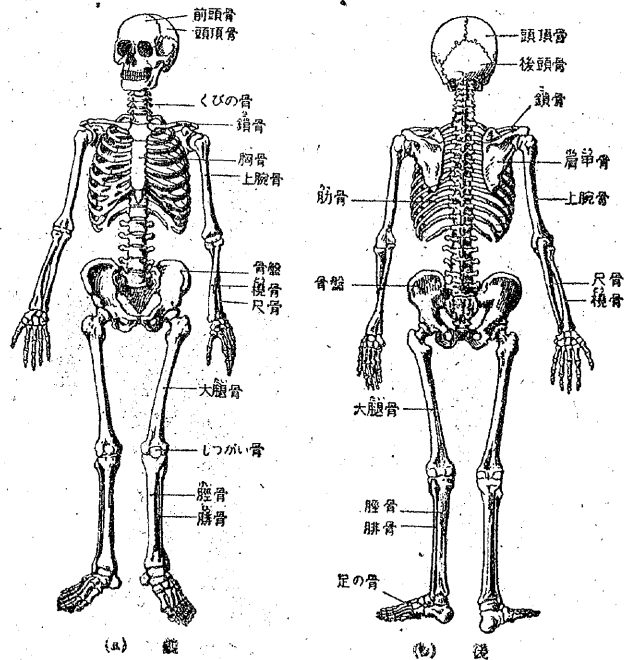
エルの筋肉のようすを示したものである。ほかのカエルでもほとんどちがわないから、これとひきくらべながら実物についてしらべていこう。

研究5. 前足でも後足でもよいから、筋肉を1本ずついためないように注意しながら離してみる。取り出した筋肉について、その形、両端の部分のようす、また、その両端はどこに、どのようについているかをしらべる。また、筋肉の中央あたりで横に断ち切って切り口のようすもしらべておこう。

研究6. 筋肉をはがしていくと骨格が現われる。筋肉をは

がす仕事はなかなか骨が折れるが、70°ぐらいの湯のなかに

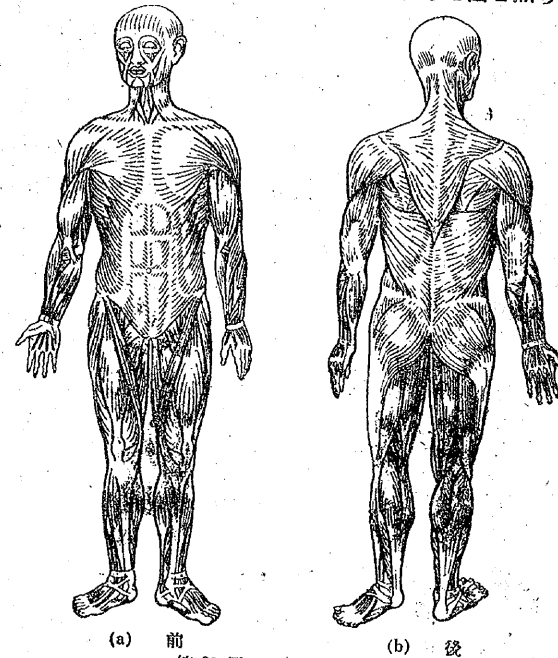
ひたしながらはがすとずっと楽になる。もしできれば、1% ぐらいのうすい かせいソーダ液 のなかに2日ほどつけて おき よく水洗いしてから離すとなおうまくいく。ただ、 かせいソーダが指につくと皮膚がいたむから、気をつけなくてはならない。筋肉をはがしていく間に、これが骨にどんなつき方をしているかを、とくに関節のところでしらべ



第30図 人の骨格

てみよう。また、骨と骨とがつながっているところでは、いろいろなつながり方があるからしらべてみよう。

からだの骨組みをみると、大きな骨、小さな骨がたくさんあって、これらがたがいにつながり合い連絡しあっている。これらの骨にも一つずつちがった名まえがついている。筋肉のときと同じように、おもなものだけを図と照らし合



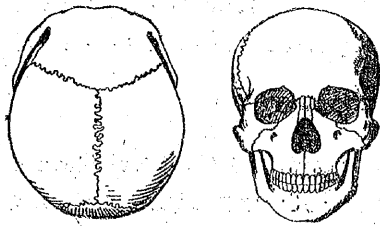
第31図 人の筋肉

わせながら見ていくことにしよう。

さすがに人の筋肉や骨の組立てはカエルより複雑である。図でそれを示しておこう。

一つ一つの筋肉の形は、人でもカエルでも、大きさがちがうぐらいで大差はなく、たいいては中央がふくらんで両端にいくほど細くなって、いわゆる つむ形 をしている。両端の部分は、白い色をしてひじょうに丈夫なものにつながっている。ここを けん と呼び、これで骨にくっついている。足のかかと のところにある けん は、とくに大きくて長いものでアキレスけん と呼ばれている。私たちの腕や足には、外から手でさぐってみて筋肉や けん の ようす がよく感じられるところがある。

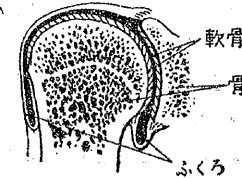
骨が筋肉と反対にかたくて、形を変えることがないのは、おもにカルシウムからできているからである。このかたさのために、骨は からだ の支えになったり、やわらかくてたい



第32図 ぬいあわせ

せつな器官を包んでまもったりできるのである。骨格は多くの骨が組み合い、つながり合っていて、連絡の仕方にはいろいろある。

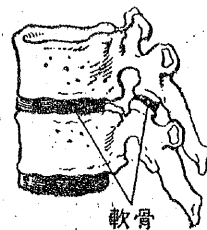
たとえば、人やカエルの頭のいろいろな骨はギザギザになったふちでびったりとはまっていて、びくとも動かない。ところが、ひじとかひざとかのようにまげたりのはしったりするところでは、じつにたくみなしくみになっている。たとえば、ひじのところでは、上腕骨に尺骨ととう骨と2本の骨が接続しているが、上腕骨の下のはしは茶わん形にくぼみ、尺骨ととう骨の上のはしは、すりこ木のように丸くつき出していて、うまくはまりこむようになっている。しかも、両方の骨がすれあうところは、軟骨という、やわらかくて弾性のある物でおおわれている。その上、つなぎ合せ目全体は丈夫な袋で包まれていて、なかに液



第33図 関節

問 私たちのからだのうち、関節でできているところをしらべてみよう。また、関節のしくみをカエルの骨格でしらべてみよう。

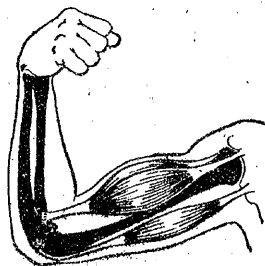
ふびや背骨は前後左右にまげることができるが、関節ほどはげしくは動かない。このようなところの骨のつながり方はまたちがっていて、隣りあった骨と骨との間に軟骨がはさま



第34図 背骨の軟骨接合

っている。軟骨はある程度押しちぢめたりのばしたりすることができるから、こうしたしくみによって背骨全体、あるいはくびの骨全体としてはかなり大きく動くことができるようになっている。

私たちのからだは、こうしたき方の骨格と筋肉との一しょのはたらきによってはじめて動けるのである。たいていの筋肉は両端で二つの別な骨にくっついている。筋肉には、ちぢんだりのびたりする性質がそなわっているから、一つの筋肉がちぢむと骨はそれに引っ張られてまがり、反対側についている筋肉はその結果引きのばされる。また、ちぢんだ筋肉がゆるむと裏側の筋肉はもとにもどり、骨は再びもとの位置に戻る。私たちはからだをいろいろに動かして複雑な動作をしているが、



第35図 骨と筋肉の関係

その動作をいくつかの部分に分けて考えてみると、このような骨と筋肉との共同のはたらきにもっていくことができる。

私たちのからだのなかではいろいろな部分がいろいろに動いているが、私たちは気がつかないことが多い。たとえば、心

臓や胃や腸がたえず動いていることは前で知ったとおりである。もちろん、心臓や胃・腸には骨はないから、こうした器官が動いているというのは、ただ筋肉だけがちぢんだりのびたりをくり返しているわけである。したがって、からだのなかには筋肉だけによって起る動きもあることがわかる。しかし、こうしたところの筋肉は私たちがいくら動かそうとがんばってもどうにもなるものではないし、また、とめようとしてみても手におえない。この点手足の筋肉のように、自分の意志で勝手にのびちぢみできるものとは大いにちがっている。すなわち、筋肉には主人公の意志のままに自由に動くものと、自分勝手に動いて主人公の意志を絶対に受け入れないものとの二種類があることがわかった。

6. 神経と感覚器はどうはたらくか

1. 神経は何をするか

私たちは、手を上にあげようと思えばいつでもそうすることができる。ピクニックに行くのも、野球をするのも、みな私たちがそれをしようと思ってからだや手足を自分の思いどおりに動かしているのである。このことからみて、私たちが考えることと、からだの運動、ひいてはその筋肉ののびちぢみ、との間には深い関係があることがわかる。このことは平常あまり気にもとめないでいるが、考えてみればじつに不思議なことに思われる。

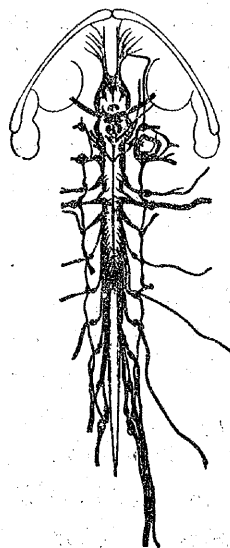
私たちがものを考えるのは、頭のなかにそのはたらきの中心がある。だから、上の問題を解くかぎは脳と筋肉とのつながりを見つけ出すことである。

実験 麻酔させたカエルの、こしから下の皮膚をはぎとる。後足を背なかから見ると、もものところに三頭股筋と半膜筋という二つの大きな筋肉が並んで走っている。この二つに親指と人さし指とをあてがってたがいに引き離すと、その間から太い神経が現われる。この神経はもも全体を走って下の方に向かっていているから、傷つけないようにしながらまわりの筋肉から離す。この神経のどこでもよいから、

ピンセットか指のつめで強くつまんで、足がどうなるかしらべる。この神経をさ骨神経という。

麻酔させたカエルには自分から動く力はもうないわけであるが、さ骨神経を強くつまむと生きているときと同じように足を大きく動かすのが見られる。このことから、カエルの運動にはこれに関係ある筋肉にきている神経のはたらきを考えなくてはならないことがわかる。

大昔の人は筋肉の両端についているけんと神経とをはっきり区別していなかった。けんは神経にくらべるとつやがあり、さわった感じがかたいところがちがうが、そのほかは色あいといい見たところといいよく似ている。そのうえ、神経の一方の端は筋肉のなかにもぐりこんでいるから、とかくこの二つを混同しやすい。しかし、神経はけんとちがってずっと長いひもであるから、行く先をていねいにたどっていけばけっしてまちがいは起らないはずである。神経も血管と同じように、からだのはじめにいくほどだんだん細くなり、枝分かれしており、からだの中心にいくほど太くなり、ついには、頭の骨や背骨をくぐって、脳とせき髄に集まっている。前の研究であつかったさ骨神経はてごろな太さをしているから、カエルでこれの行く先をたどってみるとよい。脳やせき髄からは、たくさんの神経がいろいろな方向に出ている。カエルで、内臓を全部取り去って背なか側のところ



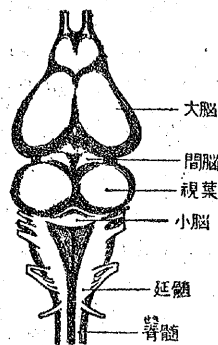
第36図 カエルの神経

脳と せき髄とは、神経全体の中心であるという意味で中枢神経と呼ばれている。中枢神経のうち、まず脳の構造からしらべていくことにするが、いつものように、実際に解剖することのできるカエルで基礎的な知識をもつことにしよう。

研究1. カエルの頭をおおっている皮膚をはぎ取って、骨をむき出しにする。つぎに、はさみの先で氣をつけながら背なか側の骨を切り取って、脳を露出させる。骨がか

を見ると、白い神経のひもがたくさん背骨から出ているのが見られる。人でも同じようにたくさんの神経が全身を走っているが、このようすは図を見て理解することになよう。

図からわかるように、脳と せき髄とは神経全体の中心になっている。この二つがどんなはたらきをしているかについては、2000年も以前にだいたい正しく知っていた学者がいたようである。しかし、多くの人たちはそのころも、また、それ以後も、精神は心臓に宿っていると考えていたのだ。

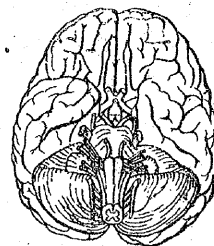
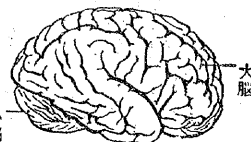
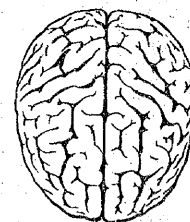


第37図 背なか側から見たカエルの脳

か側から見たり腹側から見たりしてスケッチしておこう。せき髄の方も同じようにしてしらべる。

人の脳はカエルとはちがった形をしているが、それでも同じ部分からできあがっている。形がこんなちがっているのはいろいろな部分の相対的な大きさがちがうからで、この辺に人とカエルとの知能がちがう原因が

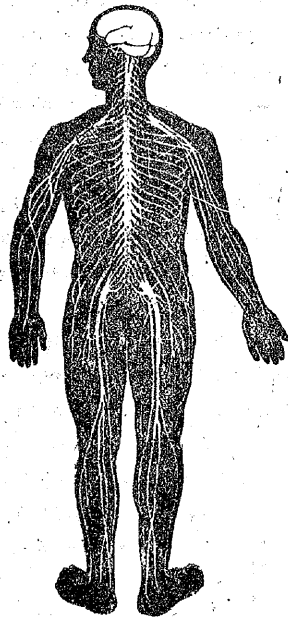
た過ぎたら、1~2日ほどうすい塩酸か硫酸(10%ぐらい)のなかにつけておくと、骨がやわらかくなって仕事が楽になる。脳の形を背な



第38図 人の脳 上、上から見たところ。中、横から見たところ。下、下から見たところ。

ありそうである。

人では大腦が著しく大きく、ほとんど脳全体をおおっている。したがって、脳を 背なか 側から見ると大腦だけしかないようであって、延髄や小脳は横から、あるいは腹側から見ないとわからない。大腦は深いみぞでまんなかから縦に二つに仕切られており、さらに、表面全体にわたって、みぞ と し



第39図 人の神経系

わ とがひじょうに多い。このために見かけ以上に表面の面積が広がっている。このような みぞ と しわ とは小脳の表面にもある。

脳の複雑なのと反対にせき髄の見かけは簡単で、1本の細長い棒のような形をして下の端が急に細くとなっている。

中枢神経から出るたくさんの神経のうち、脳からは眼・耳・鼻などにいくもの、頭・くびなどにいくもの、のどや気管や内臓にいくものなどがあり、せき髄からはおよそ30対の神経が出て、先へいくほど枝分かれして筋肉や皮膚

などにいきわたっている。だいたいからいうと、手にいく神経は せき髄 の くび の下の部分から出ている。

さて、からだ じゅうの神経の走り方がわかってみると、こんどはその はたらき を問題にしたくなるわけであるが、これまでの知識をもとにしても、ある程度の推測をすることができる。

カエルの ざ骨神経 をつまむと足を動かしたことからみて、神経をつままれたことによって足を動かす原因となるものを神経が傳えたのだと考えられる。また、私たちが眼で見たり耳できいたりして物を感じるというのにも、これらの感覚器に行っている神経が何かの かかわり をもっているのだらうと考えられる。このことは今から2000年以上も前の人がすでに考えたことであって、私たちが感覚器で感じた感じは神経を傳わって脳にいき、脳がこれに基づいて適当な判断をくだすと、その命令がまた別の神経を傳わって手足などの筋肉を動かすことになると考え、前の はたらき をする神経を知覚神経、後のを運動神経とって区別した。この考えはまったく正しいのであるが、これが証明されたのはずっと後になって人がいろいろと実験をしてみた結果である。

その実験とは、生きている個体に手術を施して、神経の一部を切り離したりこわしたりして、からだ にどんな変化が現われるかを観察し、その神経の はたらき を知るのである。また、脳や せき髄 にしても、同じような方法でその はたらき を知ることができる。こうした実験は人間でやるわけにはいかないから、サル・イヌ・ウサギ・カエルなどの動物を使い、その結果から人の場合を類推するのであるが、人でも偶然のことからこうした実験をしたと同じ結果になることがあり、また、ある種の病気の人についてしらべた結果からわかることもある。

2. 感じはどこで受けいれるか

私たちは からだ のいろいろなところで物をを感じる。しかも、感じを受け入れる場所には受持範囲があって、一つの場所でどれもこれも受けもてるわけではない。たとえば、眼は物を見るのが専門であり、耳は音を聞くことに関係している。このように感じを扱っているところを感覚器と呼んでいる。感覚器はたいていはどれも複雑な構造をしていて、それと中枢神経との間は知覚神経で結ばれている。

感覚器が感じを伝えるには外から何かの はたらきかけ が必要である。この外からの はたらきかけ のことを しげき という。ところが、感覚器はそうとう好みが強くて、どんな しげき に対しても應じるというわけではない。うまそうなどちそうでも、鼻の前にもっていきからよい におい を感じるわけで、眼の前へもっていったのでは色あいや形を楽しむだけで におい をかぐわけにはいかない。

感覚器にはまた、相当かたくななところもある。よく漫画に眼から火花が出ているところを書いてあるが、じっさい私たちが頭を固いものにぶつけたときなど眼から火が出たような感じがすることがある。このように、ほんとうならば痛いと感じなくてはならないような しげき でも、眼がこれに應じたときは光の感じを伝えてしまうのである。

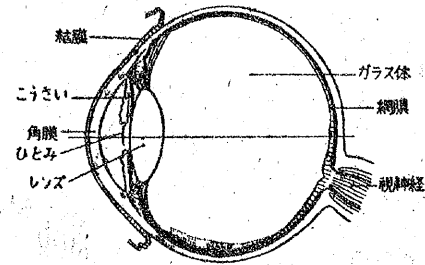
私たちの眼は、よく精密な写真機にたとえられる。そのとおり、写真機の原理をそのまま眼にあてはめることができる。

私たちの眼をおおっているまぶたを裏がえしてみると、赤味をおびた膜でおおわれている。

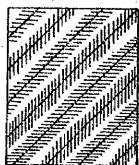
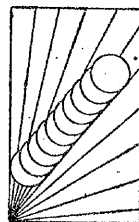
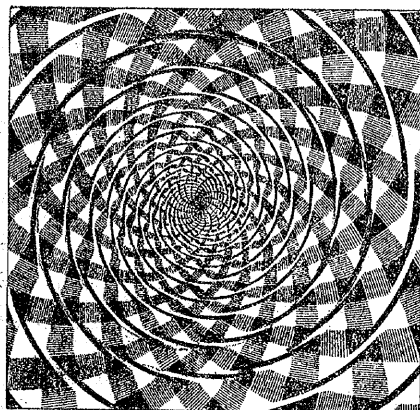
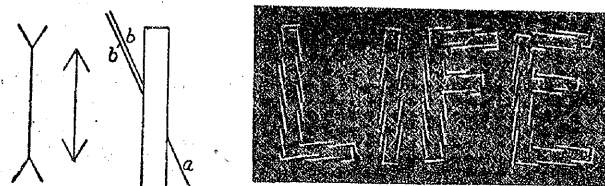
これが結膜である。

眼はいうまでもなく、くろめとしろめになっているが、くろめはさらに茶色がかった外側の輪とまんなかのまっ黒な丸とから成っている。くろめ全体はやや外側にふくれているが、それは角膜(かくまく)という無色ですきとおった膜でおおわれているからである。茶色の輪は角膜の下にある こうさい というものがすいて見えているのだし、まんなかの黒い丸は こうさい の窓をとおして奥の方がのぞけるからである。眼がしらのところにある小さな丸いものから、涙が流れ出る。この涙のためにいつも眼はうるおっているわけである。要するに、眼全体は眼球という大形のボールの一部分が外にのぞいているところである。ここに掲げた図は、眼球をくろめの中央を通して縦に断り切ったところである。

写真機には必ずしぼりがついていて、それで外から箱のなかにはいつく光の量を加減しているが、眼でこの役をつとめるのが こうさい である。私たちが物を見るときに、



第40図 眼の構造



第 41 図 眼のさっ覚のいろいろ

人の眼は時に思いがけないまちがいをする。この絵はその例である。左上の2本の線は同じ長さなのだが、はたしてそう見えるだろうか。上中は a を延長すると b につながるように見えるが、ほんとうはりと一直線になっている。右上は一つ一つの文字がかたむいているようだが、これも眼のあやまりである。下左の同心円はどう見ても うずまき としか見えない。右中の円はどれも同じ大きさであり、右下の線はたがいに平行なのである。

光の強さによって こうさい が拡がったりちぢんだりして、なかの黒い ひとみ の大きさを加減している。眼のレンズはそのうしろにあって、物の像をうしろの網膜という黒い壁に結ぶようになっている。レンズと網膜との間の空所には、ガラス体という寒天のような物がつまっている。写真機だと、物の形が箱のうしろの すりガラス にはっきりと写るようになるために、じゃばら をのばしたりちぢめたりしなければならないが、眼ではその手数をかけないで、レンズ自身がのびちぢみをして像がいつでもうまく網膜の上に結ぶようになっている。網膜には神経がつながっていて、写った像を大脳に伝えるのである。

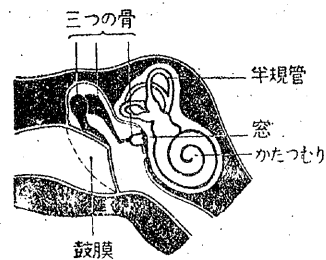
私たちの眼の感覚はときどき誤りをすることがある。それはまわりにいろいろな物があると、見ようとする中心の物の正しい姿を見誤ってしまうのである。こうした誤りを示す例として、よく使われる絵をここにあげておこう。太った人が縦じま の着物をきたり、やせた人が 横じま の着物をきたりして自分の姿をなるべくスマートに見せようとするようなのは、この誤りを逆に利用しているわけである。

これと性質はややちがうが、耳や鼻や皮膚の感覚にもたよりにならないところがある。たとえば、ある におい をしばらくつづけてかいでいるとしまいには感じなくなったり、都会のやかましい音のなかに住んでいる人が案外その音にわずらわされなかったりするように、同じ しげき が長くつづい

ているとしまいには しげき として役にたたなくなる。また、同じ温度の水でも、あたたかい手でさわったときと冷たい手でさわったときとは感じがまったくちがうのは、皮膚の感じの不正確さを示すものである。

では、つぎにこれらの感覚器のことをしらべよう。

眼と同じように複雑な構造をしているのが耳である。私たちの耳の孔の奥はうすい膜で ついたて のように仕切っている。鼓膜である。鼓膜の奥はやや広い部屋になっていて、そこに小さな骨が3箇、たがいに関節でつながり合っている。その一つは鼓膜に接しており、一つは鼓膜と反対の側の壁にある小さな窓に接している。残りの一つはこの二つの間にあって両方を結びつける役を果しているのである。小窓の向こう側にはカタツムリのような形をした骨の管があって、そのなかに液がつまっている。これが耳のおもな構造であって、音が耳の孔のなかにはいると鼓膜をふるわせる。鼓膜のふ



第42図 耳の断面

るえ は、向こうの三つの骨に順に傳わって、最後にカタツムリの形をした管のなかの液がふるえる。こうして最後にその しげき がここにきている神経に傳わり、大脳に行って音の感じになる。