

MANCOMUNITAT DE CATALUNYA  
TEXTOS D'ENSENYAMENT POSTAL AGRICOLA



FISIOLOGIA DELS ANIMALS  
DOMÈSTICS

PER

LEANDRE CERVERA



BARCELONA  
ESCOLA SUPERIOR D'AGRICULTURA  
1923

C  
1  
496




C-1-496



FISIOLOGIA DELS ANIMALS  
DOMÈSTICS

FISIOLOGIA DELS ANIMALS DOMÈSTICS



FISILOGIA DELS ANIMALS DOMÈSTICS

---

A. LÓPEZ LLAUSÁS. IMPRESSOR : DIPUTACIÓ, 95 - BARCELONA

MANCOMUNITAT DE CATALUNYA

DEPARTAMENT D'AGRICULTURA

TEXTOS D'ENSENYAMENT POSTAL AGRICOLA

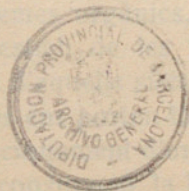
INTRODUCCIO

# FISIOLOGIA DELS ANIMALS DOMÈSTICS

PER

LEANDRE CERVERA

DEL LABORATORI DE PATOLOGIA ANIMAL



BARCELONA

ESCOLA SUPERIOR D'AGRICULTURA

URGELL, 187

1923

P. 400

MANCOMUNITAT DE CATALUNYA  
DEPARTAMENT D'AGRICULTURA  
TEXTOS D'ENSENYAMENT POSTAL AGRICOLA

FISIOLOGIA DELS ANIMALS  
DOMESTICS

LEANDRE CERVERA

DEL CARTELLER DE VITICULTURA I AGRICULTURA



BARCELONA  
ESCOLA SUPERIOR D'AGRICULTURA

1927

## INTRODUCCIÓ

*Fisiologia* és la branca de la Biologia que estudia els organismes vius en activitat. D'acord amb el regne natural, al qual aquests perteneixen, la Fisiologia es divideix en *Fisiologia animal* i *vegetal*. Les espècies animals i vegetals en condicions de salut perfecta presenten en llurs activitats vitals una fenomenologia que s'anomena *normal* i que és en molts aspectes diferenciable de la que és pròpia dels mateixos éssers en circumstàncies patològiques. Per això en el primer cas la Fisiologia s'anomena *normal*, i en el segon *patològica*. Nosaltres en el present text sols ens ocuparem de la Fisiologia normal; la segona serà tractada en altre volum junt amb la Patologia general.

Però els organismes superiors, animals i vegetals, estan formats, talment com les màquines complexes, per un conjunt de peces o elements molt més senzills, cada un dels quals intervé, proporcionadament a les respectives possibilitats, en la producció dels fenòmens de conjunt. Així, doncs, de la mateixa manera que s'anomena *Anatomia general* aquella que s'ocupa del estudi dels elements que formen l'arquitectura dels orgues, s'anomena *Fisiologia general* l'estudi dels fenòmens vitals d'aquells mateixos elements primaris.

I anàlogament, a l'*Fisiologia especial*, que s'ocupa de les funcions dels orgues, aparells i sistemes orgànics, correspon una *Fisiologia especial*, encarregada de l'estudi de les formes d'activitat d'aquells orgues, d'aquells aparells i d'aquells sistemes orgànics.

Aquestes consideracions ens porten lògicament a dir que, de la mateixa manera que el funcionament d'una màquina requereix el previ coneixement de la seva constitució, la Fisiologia és un estudi que reposa damunt d'un basament, no solament anatòmic, sinó també histològic i químic, de l'organisme en qüestió.

Els animals vius neixen, creixen, lluiten per a conservar llur estructura, es relacionen amb l'ambient i amb els altres éssers de la Naturalesa, es reproduïxen i moren: heu's aquí amb poques paraules

l'abast de la Fisiologia animal, que des de les obres clàssiques ha conservat la divisió per capítols: *funcions de nutrició, funcions de relació i funcions de reproducció.*

L'ensenyament de la Fisiologia normal dels animals domèstics no pot desèixer-se de les dificultats que comporta la pràctica de tot ensenyament. Aquestes dificultats augmenten quan, com en el cas present, l'ensenyament té un caràcter elemental. Acceptant, doncs, aquesta realitat, l'ordre convencional que seguim en aquest llibre és purament resultat del desig que tenim de fer-lo assequible a aquells que cerquin amb la seva lectura la comprensió en forma abreujada dels principals fenòmens vitals dels animals domèstics. També, per a simplificar, reduïm la majoria de vegades al cavall les descripcions de funcions que, degut a llur complexitat, si ens entretinguéssim a fer-les separadament per a cada espècie d'animals domèstics, resultarien difícilment comprensibles en una obra elemental com vol ésser aquesta.

# FISIOLOGIA DELS ANIMALS DOMÈSTICS

## I. LA SANG

**1** La sang és un teixit integrat per elements cel·lulars, d'estructura adaptada a funcions diverses, units per una substància intercel·lular líquida, que és molt susceptible de glevar-se en sortir del seu ambient natural.

La fisiologia de la sang podriem dir que és la suma de la fisiologia particular dels seus components. La sang nodreix tots els teixits, perquè és el vehicle portador de les substàncies alimentícies. La sang és també la riera on van a parar tots els productes de destrucció dels diferents teixits que formen l'organisme. Aquesta doble propietat justifica que la composició química i els caràcters físics de la sang siguin afectats per notables variacions, les quals no deixen, però, d'ésser compreses entre uns límits perfectament normals que marquen les oscil·lacions de la salut de l'organisme, car per damunt i per sota d'ells comença la malaltia. Des d'un punt de vista fisiològic la sang pot ésser *arterial* i *venosa*.

**2** La sang dita arterial té l'apariència d'un líquid vermell escarlata, opac i viscos; la sang venosa és un líquid de color roig més fosc, més opac i més viscos encara. Aquesta diferència de color és deguda a que en la primera els glòbuls roigs contenen una quantitat considerable d'oxigen, la qual és substituïda en la segona per anhídrid carbònic. També s'explica que la sang venosa sigui més opaca que l'arterial, perquè, procedint aquella dels teixits, conté molts productes de destrucció que han d'ésser foragitats.

**3** La sang examinada amb el tornassol és alcalina. En canvi, els moderns procediments per a l'estudi de la reacció dels líquids a base de la recerca de la concentració dels ions de H i d'OH (hidrogenions i hidroxilions respectivament), demostren que la sang és molt lleugerament alcalina.

4 L'olor de la sang és variable segons les espècies que considerem. Així, per exemple, ningú no confondrà mai l'olor de la sang de gallina amb la de porc, i aquells que hagin treballat en laboratoris de fisiologia saben diferenciar per l'olor p. e. la sang de gos de la sang de conill.

5 La sabor de la sang és sempre salada, però aquesta salabor varia amb les diferents espècies.

La densitat o pes específic de la sang també varia en els diferents animals. Segons Colin, la de la sang de cavall, de bou i de porc és de 0,060; la de l'ovella oscil·la entre 1,050 i 1,058, i la de gos és de 1,050.

La viscositat sanguínia varia també d'una manera específica; però en termes generals pot dir-se, que com a terme mig, és quatre o cinc vegades superior a la de l'aigua.

6 Ja havem dit en començar que, en la composició de la sang, s'hi han de tenir en compte elements globulars i líquid intermediari; anem, doncs, a estudiar ara aquests dos elements d'una manera desglossada, començant pel darrer.

El líquid intercel·lular del *teixit hemàtic*, que és el nom que en Histologia es dona a la sang, s'anomena *plasma*. El plasma no deu, però, confondre's amb el *sèrum*, o xerigot que s'obté quan la sang es gleva dins d'un recipient. Cal tenir-ho ben present.

El plasma, que representa en volum el 66 per 100 del de la sang total, és un líquid grogós, gairebé tan viscos com la sang, extraordinàriament coagulable i molt ric en matèries proteiques i ferments. D'entre les primeres convé citar, per llur importància, el fibrinogen, la paraglobulina i la seroalbúmina. Cada una d'aquestes substàncies juga un paper diferent: així s'atribueix a la seroalbúmina una valor considerable com element nodridor; a la paraglobulina, dita també seroglobulina, se la suposa, ultra una col·laboradora al procés de la coagulació, l'element productor de la viscositat sanguínia i, per tant, el frenador de les pèrdues aquoses de l'organisme; el fibrinogen és, malgrat la seva menor proporció quantitativa respecte les altres dues substàncies proteiques, l'element sobre el qual radica d'una

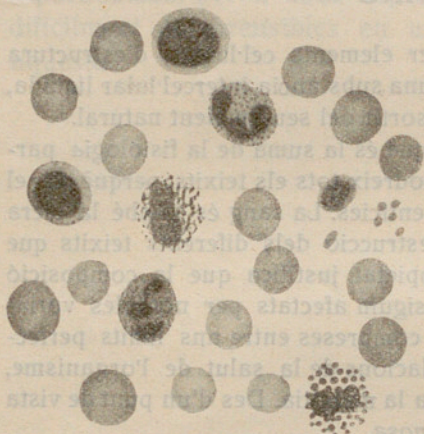


Fig. 1. Sang normal vista amb el microscopi. Els glòbuls més abundants i sense nucli són *hemàties*; els cinc globulets que es veuen a la dreta formant un grup són *plaquetes*; els glòbuls nucleats de les parts central superior i central esquerra són *leucocits mononuclears grans*; el corpuscle nucleat situat al costat de les plaquetes és un *limfocit*; els altres quatre elements nucleats són *leucocits polinuclears*; amb granulacions diverses. (Delafield-Prudden.)

manera preferent el fenomen de la coagulació, car aquest no és en el fons res més que la transformació del fibrinogen líquid en substància sòlida. Ja en parlarem més endavant.

**7** Quan el fibrinogen perd l'estat líquid en virtut de l'acció modificadora dels coagulants, desapareix com a tal i es transforma en fibrina. Aleshores el plasma deixa d'ésser plasma i apareix el sèrum. Podríem, doncs, definir aquest, dient, d'una manera esquemàtica, encara que no rigorosament exacta, que és el plasma menys la fibrina.

**8** Els elements cel·lulars de la sang poden considerar-se pertanyents a tres grans grups: *glòbuls roigs* o *hemàties*, *glòbuls blancs* o *leucocits*, i *plaquetes* o *hematoblastes* (fig. 1).

Els glòbuls roigs o hemàties representen en la sang el 33 per cent. Llur forma, dimensions i nombre varien en moltes circumstàncies (fig. 2).

Examinats amb el microscopi, els hemàties són uns corpuscles unicel·lulars, formats per una membrana de revestiment i un contingut protoplasmà-

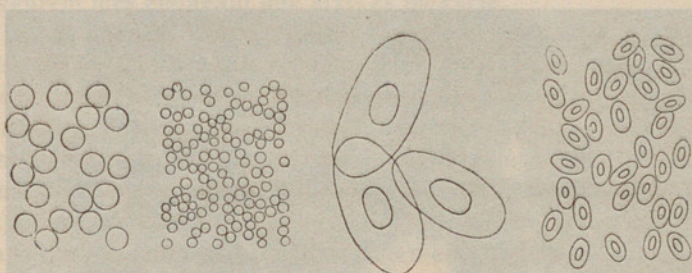


Fig. 2. Silueta comparativa dels hemàties d'elefant, cabra, proteus i ànec, vistos amb un augment de 300 diàmetres. D'esquerra a dreta. (J. Jolly.)

tic estructurat com una xarxa de matèria incolora que reté entre les malles una substància colorant (hemoglobina), molt àvida de combinar-se amb l'oxigen, amb el qual forma, però, combinacions fàcilment separables (oxi-hemoglobina), i amb l'anhidrid carbònic i altres gasos.

El tamany dels hemàties ja havem dit que varia. D'una manera específica, podem dir ara que els hemàties humans tenen un volum que oscil·la entre 7 i 8 *micres* (mil·lèsimes de mil·límetre); els de la cabra, 5 micres; els de l'ovella, 4; els del gat, 6'5; els de l'elefant, 9'4; els de la granota, 22; els de la salamàndria, 40, etc.

En la majoria d'espècies mamíferes domèstiques i en l'home la forma dels hemàties és la d'un disc de cares bicòncaves; en el camell són elíptics i biconvexes.

En els peixos, en les aus i en els amfibis tenen forma ovalada i presenten nucli ben manifest en la part central del corpuscle.

Els glòbuls roigs de la sang, malgrat llurs petitíssim tamany, són

comptables per medi d'aparells d'ús molt senzill. Així sabem que en un mil·límetre cúbic de sang de cavall n'hi ha per terme mig, 7.212.500, i en un mil·límetre cúbic de sang de bou, 5.073.000. Si calculem, com Ellenberger, que un cavall adulte té 29 litres de sang, podrem dir que, en xifres generals, el cos d'aquest animal conté uns 204.113.750.000.000 de glòbuls roigs.

**9** Quan els hemàties experimenten mecànicament o químicament una acció destructora, el contingut globular queda lliure i es dissol en el plasma. També s'observa aquesta dissolució de l'hemoglobina pel plasma quan, en virtut d'un corrent d'exòsmosi, el glòbul roig és buidat d'hemoglobina a través de la coberta globular intacta. En tots aquests casos es diu que hi ha *hemolisi*, i els causants d'aquest fenomen són coneguts amb el nom d'*agents hemolítics*.

**10** Quan la sang surt dels vasos i es coagula, pot veure's amb el microscopi que els glòbuls roigs s'apilonen primerament com monedes; però,

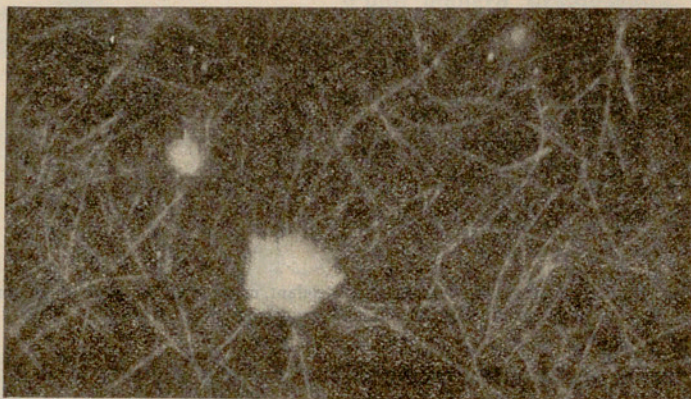


Fig. 3. La coagulació de la sang vista amb l'ultramicroscopi. (Stübel.) Les taques blanques són agrupaments de plaquetes de les quals irradien els filaments de la xarxa de fibrina.

a mida que el procés avança, va formant-se un apinyament inextricable. Hi ha una causa mecànica que justifica aquesta etapa del procés de formació de la gleva, la *xarxa de fibrina*, que sembla irradiar de les *plaquetes* (fig. 3).

**11** Plaquetes o hematoblastes és el nom que es dona a uns corpuscles sanguinis molt més petits encara que els hemàtics, i que es troben en la sang circulant i en les preparacions sanguínies obtingudes per la tècnica especial de Bizzozero. Sembla que llur paper en l'organisme es circumscriu a col·laborar d'una manera decisiva en la coagulació de la sang.

**12** El glòbuls blancs o leucocits són uns corpuscles sanguinis incoloros, nucleats i proveïts de moviments amiboides que es troben a la sang,

a la limfa i als teixits. Els glòbuls blancs en estat de repòs i en ple torrent circulatori tenen forma esfèrica; però quan estan en període d'activitat, dintre i fora del torrent circulatori, adopten formes irregulars. Aquesta irregularitat morfològica és conseqüència dels moviments amiboides, que són peculiars als leucocits. Mercès a ells és possible als leucocits traslladar-se d'uns llocs als altres dintre de l'organisme i travessar les parets dels vasos sense, però, lesionar-los.

**13** Quan una partícula estranya a l'organisme es posa en contacte d'un leucocit, aquest experimenta un estímul que l'obliga a fer-ne presa, a qual objecte emet una expansió protoplasmàtica (*pseudòpods*) per cada costat del cos estrany, les quals en sumar-se novament pel darrera d'ell l'empresonen. La partícula estranya englobada pel leucocit és digerida i eliminada. Aquest fenomen tan extraordinàriament curiós s'anomena *fagocitosi*. S'havia cregut que aquest era el mecanisme únic pel qual l'organisme lluita i es defensa contra els microbis productors de les malalties infeccioses. Ja veurem més endavant que això és inexacte.

**14** Dels treballs d'Ehrlich i dels seus deixebles se'n desprèn que de leucocits n'hi ha de diverses menes (fig. 1): a) *Limfocitis*, que són els més petits de tots (8 a 9 micres), representen el 25 per 100 del total de glòbuls blancs, tenen un nucli rodó i escassíssima quantitat de protoplasma. b) *Mononucleats grans*, els més grans de tots els tipus leucocitaris, tenen un nucli molt gran i poc protoplasma al seu voltant i són en nombre molt escàs. c) *Polinuclears*, que són més petits que els del grup anterior, però més grans que els del primer. Representen el 60 o 70 per 100 dels leucocits de la sang. Estan proveïts d'un nucli en forma tuberosa i polilobular, que moltes vegades fa l'efecte de que sigui múltiple. Aquesta disposició del nucli facilita llur moviment amebiforme i sobretot llur emigració pels intersticis dels teixits. Són els que posseeixen en major grau la propietat fagocitòsica. d) *Leucocits granuloses*, que són una espècie de cèl·lula de transició entre el glòbul hemàtic i la cèl·lula conjuntiva. Hi ha dos grans subgrups dintre d'aquest gènere leucocitari: les cèl·lules farcides d'Ehrlich i les cèl·lules plasmàtiques de Waldeyer. Ambdues semblen estar encarregades d'una doble funció nodridora i defensiva.

**15** Dintre del protoplasma dels leucocits hi ha unes granulacions que tenen avideses químiques diferents. Fonamentant-la en aquesta propietat s'han dividit els leucocits polinucleats en *neutròfils*, *acidòfils* o *eosinòfils* i *basòfils*.

**16** Les diferents espècies leucocitàries tenen un volum que oscil·la entre 9 i 12 micres. També el total de glòbuls blancs de la sang oscil·la entre 5,000 i 10,000 per mil·límetre cúbic, ço que vol dir que guarden, respecte els hemàties, una proporció de 1 per 250 o 300. Les xifres que corresponen a cada classe de leucocits d'una sang per mil·límetre cúbic constitueixen la *fórmula leucocitària*.

**17** Quan la sang surt dels vasos i es posa en contacte de l'aire s'observa que al cap de poca estona deixa d'ésser líquida. Aquest fenomen, denominat *coagulació*, triga un temps variable segons les espècies; així pot dir-se, en termes generals, que la sang del cavall es coagula dels 5 als 13 minuts d'haver sortit del vas; la dels bòvids triga aproximadament un temps igual; la del gos ho fa de 1 a 3 minuts d'haver rajat, i la del porc i de l'ovella, de  $1\frac{1}{2}$  a  $1\frac{1}{2}$  minuts.

**18** Observada microscòpicament (o sigui sense cap aparell) la marxa de la coagulació dintre d'un recipient de vidre, es veurà que la sang que ha rajat completament líquida adquireix una color més fosca i s'espesseix per un igual al cap de pocs minuts d'haver estat recollida; a mida que passa el temps, aquella massa sòlida i fosca es va retraient i el lloc que ocupava se'l veu ara ocupat per un líquid gairebé transparent (sèrum). També s'observa que la gleva retràctil que així apareix va essent més fosca de dalt a baix. La retracció de la gleva és deguda a que la xarxa de fibrina, que ja havem dit abans que pot veure's amb el microscopi, es contreu i obliga als elements cel·lulars sanguinis a apinyar-se més fortament. L'enfosquiment de dalt a baix de la gleva és degut a que aquells elements cel·lulars es disposen per capes en virtut de llur diferent densitat específica. Aquesta obliga, doncs, als leucocits a restar a la part més alta, i als hemàties a anar-se'n al fons. Per això a les sangs procedents de malalts amb grans processos inflamatoris, i riques, per tant, en leucocits, es forma en la part alta de la gleva una capa molt gruixuda, completament incolora (zona flogística). Els metges i menescals antics ignoraven el mecanisme íntim d'aquest fet, però coneixien la seva existència. Per això prenien la zona flogística de la gleva sanguínia com una mena de guia de llurs pràctiques desinflamants, que, com sap tothom, en aquell temps estaven reduïdes quasi exclusivament a les sanguinies.

**19** Si les parets dels vasos estan sanes, la sang permaneix líquida dintre d'ells, inclús separada del cos. Aquest experiment és d'una tècnica facilíssima. En efecte: es disseca, prèvia anestèsia, una vena de cavall, gos, conill o d'altre animal viu qualsevol; es lliga per dos punts distants, emprisonant-hi la sang corresponent, i es talla la vena lligada una mica més enllà de les lligadures. En aquesta secció vascular, la sang, en virtut del repòs, es sedimentarà per ordre de densitats, però no es coagularà.

**20** La coagulació de la sang reconeix causes acceleradores i causes frenadores o retardadores. Entre les primeres cal citar: *a)* Les temperatures superiors a la del cos. *b)* El contacte amb matèries estranyes. *c)* Les alteracions de les parets vasculars. *d)* L'agitació. *e)* L'addició de sals de calç. També l'injecció de nuclioproteïds produeix coagulació en els primers moments (fase positiva), però alguns minuts després queda entorpidida definitivament (fase negativa).

Entre les segones cal esmentar: a) Les temperatures baixes. b) L'addició de gran quantitat de sals neutres (sulfat de sosa o de magnèsia). c) L'addició d'oxalat, florur o citrat solubles. d) L'injecció de peptona comercial (molt carregada d'albumoses) a la sang circulant. e) L'addició d'extret de caps de sangonera o la injecció d'aquest extret a la sang circulant. f) El contacte amb les parets vascular vives. g) El contacte amb oli o parafina.

**21** En parlar de la composició química del plasma sanguini ja diguem, tot passant, que una substància proteica que es troba en ell perfectament dissolta, i que es coneix pel nom de *fibrinogen*, es transforma en fibrina quan la sang dels vasos surt a l'exterior. Ara afegirem que aquesta transformació és deguda a que la molècula de fibrinogen es descompon en dues: una que és la globulina (fibrino-globulina), que continua dissolta; una altra que és insoluble i és la fibrina. Encara que els treballs més recients no semblen, però, acceptar del tot aquest mecanisme, en el fons les coses sembla que passen d'aquesta manera, i nosaltres, des d'un punt de vista exclusivament didàctic, ho acceptem.

La causa productora de la transformació del fibrinogen soluble en fibrina insoluble sembla que s'ha de cercar en un ferment especial anomenat *trombina* o *fibrinofement*. Aquest ferment no s'ha trobat mai en la sang circulant dels animals amb perfecta salut; però, en canvi, és fàcil demostrar la seva presència en la sang quan, un cop sortida dels vasos, experimenta una destrucció de plaquetes i leucocits. D'aquesta desintegració sembla que en procedeix un gros alliberament de trombina. La sang circulant no es coagula dintre dels vasos perquè la trombina està reclosa en el si de les plaquetes i dels leucocits, i, encara que normalment alguns d'aquests elements cel·lulars experimenten l'acció destructora del temps i de l'ús, les petites quantitats de ferments que queden en llibertat dissoltes en el plasma sanguini són compensades i anul·lades per l'acció antagònica d'un altre ferment anticoagulant (l'antitrombina) que fabriquen les cèl·lules de revestiment epitelial de la paret interna dels vasos i en gran quantitat les cèl·lules hepàtiques.

**22** La trombina, quan surt dels glòbuls blancs o de les plaquetes no és activa (per això en aquest estat se la coneix per *pretrombina*). En això s'assembla a la majoria dels ferments. Perquè la seva activitat es manifesti és necessari que un activador denominat *tromboquinasa* entri en joc en presència de sals de calci. En aquestes condicions el ferment completa la seva estructura i és capaç de transformar el fibrinogen en fibrina i coagular la sang.

Per aquest senzill esboç del mecanisme de la coagulació es comprèn que, ultra les circumstàncies generals que atenuen els ferments, sigui retardadora de la coagulació de la sang la privació de les sals de calci.

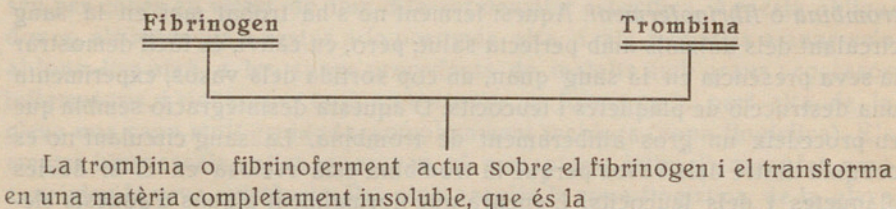
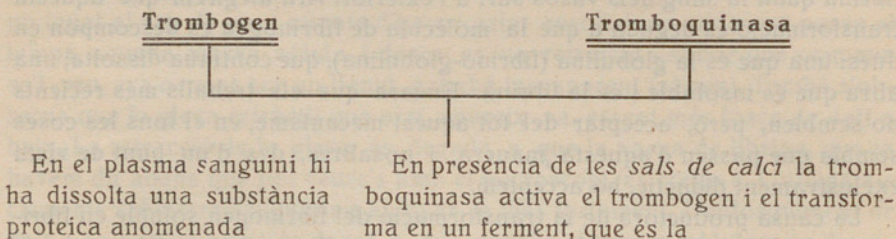
**23** Resta per explicar l'acció aparentment misteriosa de la injecció d'albumoses i peptones retrassadores de la coagulació. Aquesta acció s'ex-

plica però, tenint present que l'antitrombina és fabricada sobretot per les cèl·lules del fetge, i que la injecció de peptones i albumoses actua sobre d'aquestes excitant llur funció secretora.

**24** Resum esquemàtic de la coagulació de la sang, segons Halliburton:

De les plaquetes, i també, encara que en menor quantitat, dels leucocits, en prové una substància, el

Dels glòbuls roigs i blancs, i també dels teixits pels quals s'escorre la sang vessada, se'n desprèn una substància activadora de la coagulació, que rep el nom de



Fibrina

**25** Més com a curiositat que no pas com a important s'acostuma a parlar dels procediments enginyats per a escatir la quantitat de sang que té el cos dels diferents animals. Sussdorf, comparant-la amb el pes total de l'organisme, dona les xifres següents:

Cavall. . . . .	6'6	per 100 del pes total del cos
Bou. . . . .	7'71	» » » » » » »
Ovella. . . . .	8'01	» » » » » » »
Porc . . . . .	4'6	» » » » » » »
Gos . . . . .	5'5 a 9'1	» » » » » » »

**26** La sortida de la sang dels vasos per ruptura d'aquests és coneguda pel nom d'*hemorràgia*. La quantitat de sang perduda per aquest mecanisme és regenerada ràpidament. Aquesta regeneració es verifica, però,

d'una manera provisional. El plasma necessita poques hores per a ésser restituït; en canvi, les cèl·lules amb hemoglobina requereixen dies, i de vegades setmanes i tot, per a refer-se. Observacions fetes en un gos al qual per hemorràgia se li fan perdre de 2 a 3 per 100 del pes del cos, ço que representa la meitat de la sang, són generalment fatals. Una injecció de sang d'altre gos, o simplement una solució salina isotònica a base d'aigua i clorur sòdic, és suficient per a evitar la mort i donar temps a la reposició total de la sang perduda.

**27** La limfa és un líquid que juga un paper de mitjancer entre la sang i els teixits; omplena tots els espais dels teixits i banya els elements cel·lulars individualment. Als espais buids que resten entre els teixits (*saquets limfàtics*) els donen sortida, a tall de drenatge, els vasos limfàtics, per via dels quals la limfa és transportada als ganglis limfàtics i d'allí a la sang a través del conducte toràcic.

La limfa és més variable en composició i estructura que la sang. La limfa obtinguda del pericardi, de la pleura o del peritoneu té una color de palla clara i és poc coagulable. A l'examen microscòpic es presenta pobre en elements cel·lulars (escasses cèl·lules limfàtiques i sobretot limfocits de petit tamany). La limfa obtinguda directament dels vasos limfàtics és més rica en glòbuls i fàcilment coagulable, degut a què, en passar pels ganglis limfàtics, ha rebut l'aportació de nous elements.

La limfa dels vasos limfàtics procedents del tub digestiu té, després d'un repàs abundant, un aspecte lletós i s'anomena *quilo*.

## II. FISIOLOGIA DE L'APARELL CIRCULATORI

Per comoditat expositiva la dividirem en fisiologia del cor i fisiologia dels vasos.

**28** La sang dintre de l'organisme es mou constantment per acomplir les dues funcions cabdals que li estan reservades: portar oxigen i nodriment als teixits i arregar d'aquests les desferres de llur funcionament. Aquest moviment ininterromput d'anada i de retorn el presideix el cor en concepte d'orgue o bomba central impel·lent i aspirant. Per tal de verificar aquest doble treball, el cor té una estructura muscular diferent de la dels altres muscles i es contreu amb periodicitat i ritme constant. En els mamífers adults pot considerar-se anatòmicament format per quatre compartiments: dues orelletes i dos ventricles; però fisiològicament se'l judica com la suma de dos, format cada un per una orelleta i un ventricle. Així des del punt de vista funcional, el cor del cavall, com el dels mamífers quadrúpedes, representa la suma d'un cor dret i un cor esquerre, o potser, parlant més correctament, anterior i posterior, respectivament dividits en porció superior o auricular i porció inferior o ventricular. Per l'Anatomia saben que de cada ventricle en surt una artèria i que a cada orelleta hi van a parar venes diverses.

Esquemàticament cal començar l'estudi del funcionament cardíac indicant el curs que segueix la sang dins de l'aparell circulatori i sobretot fent remarcar el pas de la mateixa per les cavitats cardíques. La sang roja (*arterial*), que, procedent dels pulmons, va a parar a les venes pulmonars, és abocada per aquestes a l'orelleta esquerra; des d'aquest compartiment es dirigeix al ventricle del mateix costat; del ventricle esquerre, per l'artèria aorta abandona el cor i va a escampar-se per tot el cos, cedint als teixits l'oxigen que ha captat als pulmons. Després d'haver cedit aquell element vivificador perd les seves característiques arterials i esdevé fosca per pèrdua d'oxigen i per causa de les matèries de destrucció orgànica que els teixits li han cedit. Aquesta sang *venosa* surt dels teixits pels capil·lars venosos i torna al cor per la vena cava, la qual desemboca a l'orelleta del cor dret. Des d'aquest compartiment es dirigeix al ventricle del mateix costat i d'aquest, per l'artèria pulmonar, va als pulmons a proveir-se novament d'oxigen i descarregar-se de gasos de desperdici provinents de les combustions que tenen lloc en el sí dels teixits. La sang venosa, en proveir-se d'oxigen, perd la color fosca, es torna més roja i s'*arterialitza*, i, un cop transformada així, passa pels capil·lars pulmonars a les venes d'aquest nom, i seguint llur trajectòria torna a l'orelleta esquerra. Del circuit descrit s'en desprèn que la sang passa pel cor dues vegades, una després

d'haver fet una gran volta (gran circulació) i una altra després d'una altra de més petita a través del parènquima pulmonar (petita circulació). També de ço que portem dit fins ara se'n desprèn que la sang que circula pel cor dret és venosa i la que circula per l'esquerre és arterial. Cal remarcar tot passant, que la sang que porta l'artèria pulmonar és venosa i la que porten les venes pulmonars és arterial (fig. 4).

**29** Ultra les dades anatòmiques que sobre l'orgue cardíac han de posseir a guisa de preparació els llegidors d'aquest llibre, cal que per a comprendre bé el funcionalisme del cor diguem quelcom sobre la seva embriologia i la seva estructura.

El cor dels mamífers adults està format per teixit muscular de fibra estriada i ramosa. Algú ha dit que la part muscular del cor (miocardi) està constituïda per una sola fibra infinitament anastomosada i pluricotomitada. Però el cor dels mamífers adults ha passat abans per fases embrionàries de gran simplicitat estructural i morfològica si se les compara amb les que presenta quan assoleix el seu estat de desenrotllament definitiu. Efectivament, el cor dels mamífers en un primer període de vida embrionària té la forma d'un tub doblegat en figura d'esse, que comença a l'extrem venós central i acaba a l'extrem central arterial. Mercès a un simple moviment vermiforme i rítmic, la sang venosa passa de llarg per aquest tub als vasos arterials. L'estructura de les parets d'aquest tub primitiu es concreta a un teixit excitable, intermediari entre el conjuntiu i el muscular. A mida que va creixent i desenrotllant-se l'organisme, es marca l'esboç d'uns primers compartiments cardíacs, que són una *bossa auricular*, que funciona com cambra receptora, i una *bossa ventricular*, que fa el paper d'impulsor. Les parets d'aquests primers compartiments (fig. 5) són ja integrades per un teixit muscular de fibra estriada i ramosa, però s'hi poden observar sempre uns residus de teixit embrionari intercalats. El cor dels peixos adults presenta una disposició anatòmica i funcional que concorda amb aquesta fase embrionària del cor dels mamífers. En aquells animals el teixit primitiu forma una anella a nivell de la desembocadura cardíaca de les venes i una franja estreta en la zona limitant auriculoventricular (fig. 6).

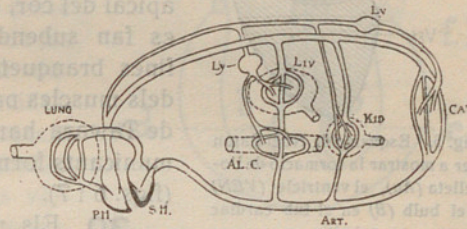


Fig. 4. Esquema de la circulació. (Noël Paton.) SH, meitat cardíaca que trameta la sang cap als capil·lars dels teixits (Cap). La sang retorna al cor per les venes, i la limfa exudada, pels limfàtics (Ly), travessant ganglis. En aquest trajecte de retorn rep l'aportació dels elements provinents del tub digestiu (ALC), del fetge (Liv) i del ronyó (Kid). Però la sang, abans d'ésser emesa cap als teixits, ha fet una volta prèvia pels pulmons (Lung).

En els mamífers, que, com sabem, tenen el cor doble, una part del teixit primitiu—el *nòdul sinusaucular* o de Keith-Flak—es troba en el punt d'unió de la vena cava amb l'aurícula dreta, i l'altra—el *nòdul artículoven-*

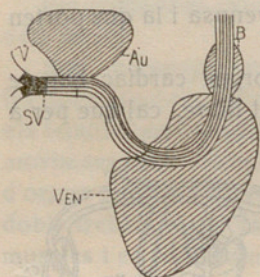


Fig. 5. Esquema de Noél Paton per a mostrar la formació de l'orelleta (Au), el ventricle (VEN) i el bulb (B) en el tub cardíac primitiu

*tricular* o de Tawara—està incrustat per sota i a l'esquerra del sinus coronari i emet fibres que, reunides en cordó, passen per l'interior de l'embà interventricular. Aquest cordó, que té una valor extraordinària, s'anomena *fascicle d'His* i es divideix en dues branques que, en arribar a la part apical del cor, es dobleguen en sentit ascendent, es fan subendocàrdiques i, multidividint-se en fines branquetes, s'escampen per tota la zona dels múscles papil·lars. Des del nucli de Keith al de Tawara han estat descrites unes fibres comunicants formades també per teixit embrionari (figs. 6 i 7).

**30** Els moviments del cor normal es produeixen d'acord amb un ritme. Observant el cor posat al descobert, es veu que les dues orelletes es contreen d'un plegat i que després es contreen també conjuntament els dos ventricles. A la contracció del múscle cardíac se li dona el nom de *sístoli*. Aqueixes contraccions van naturalment seguides d'una relaxació, la qual porta involucrada una dilatació de la zona cardíaca corresponent. Aquesta relaxació i la dilatació transitòria que li és inherent s'anomenen *diàstoli*. Després de la sístoli ventricular hi ha una *pausa* o fase de repòs cardíac.

**31** Es dona el nom de *cicle cardíac* a la successió de fenòmens que es produeixen en el cor des de que es produeix una contracció cardíaca fins que es torna a presentar. Intentarem fer-ne una exposició abreujada. Suposem, per a començar, que el cor està en període de relaxació completa, és a dir, en diàstoli. En aquest estat la sang de la vena cava i de les vènes pulmonars, sotmesa a una pressió vascular superior a la que hi ha dins de les orelletes, passa mecànicament d'aquelles a aquestes. Ultra la diferència de pressió, cal invocar també, per a explicar aquest omplenament auricular, l'acció de la gravetat, la contracció de les parets abdominals i la conse-

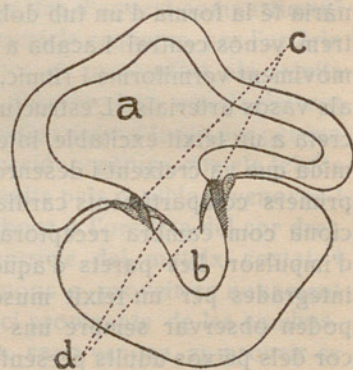


Fig. 6. Cor de peix. (Külbs.) La cavitat auricular (a) i la ventricular (b) estan unides per un anell de teixit embrionari (c), que és el sistema de conducció cardíaca elemental i propi d'aquells animals

güent pressió visceral durant cada acte espiratori, empenyent la sang de la vena posterior cap a l'orelleta. Finalment, els actes inspiratoris, per disminució de la pressió intratoràcica, faciliten també el pas de la sang extratoràcica cap a les cavitats auriculars. Per l'associació d'aquests mecanismes les orelletes en diàstoli s'omplenen de sang. Acabada aquesta primera fase, les parets flàccides es contreuen sobtadament. Aquesta contracció obliga a la sang a passar cap als ventricles sense la més feble resistència per part de les vàlvules auriculoventriculars, car durant tot aquest temps estan flàccides. La sang comprimida per la contracció de les parets auriculars no pot tornar a les venes per impedir-li-ho les vàlvules semilunars dels bulbus venosos; no obstant, en aquest moment la sang que arriba a l'orelleta recula en forma d'onada, que en el cavall és fàcilment apreciable en la cava anterior. La ràpida entrada de la sang empesa per la sistòli auricular acaba d'omplir i augmenta la pressió intraventricular. Aquest augment de pressió, tramesa en tots sentits, tanca les vàlvules auriculoventriculars, i aquest tancament dona lloc al *primer so cardíac*. A seguit d'aquest tancament valvular les parets ventriculars es contreuen fortament, i, fent que la pressió augmenti encara més, obliga a la sang a forçar la resistència que oposen les vàlvules semilunars dels bulbus arterials, aòrtic i pulmonar, i, un cop vençut aquest obstacle, a passar al torrent arterial. Acte seguit d'haver-se contret els ventricles es produeix una relaxació de les parets d'aquests que permetria un retrocés de la sang arterial acabada d'expulsar. Aquest retrocés és, però, impossible, perquè les vàlvules sigmoidees aòrtiques i pulmonars es tanquen ràpidament i enèrgicament. Aquest nou tancament valvular s'exterioritza per un so ben perceptible, *segon so cardíac*. A partir del tancament dels orificis ventriculoarterials, el cor resta en repòs durant un període relativament llarg. Durant aquesta *pausa* la sang venosa va omplint novament les orelletes en diàstoli. Aquesta pausa o repòs total del cor s'interromp en produir-se altra vegada una sistòli auricular que recomençarà un altre cicle cardíac (fig. 8).

**32** Durant el cicle cardíac descrit a grans trets cal remarcar: a) que les vàlvules auriculoventriculars estan obertes sempre, excepte durant la sistòli ventricular; b) que les vàlvules semilunars ventriculoarterials sola-

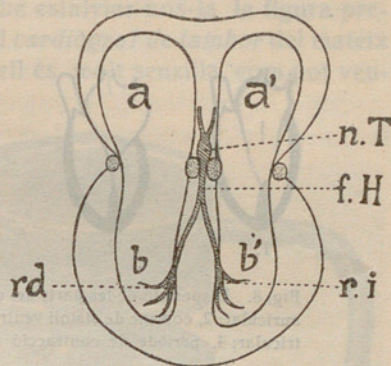


Fig. 7. Esquema, del fascicle de His, del cor dels mamífers superiors. (Külbs.) a a', orelletes; b b', ventricles; n.T, nucli de Tawara; f.H, fascicle de His; rd, branca dreta; ri, branca esquerra

ment són obertes mentre dura el pas de la sang del ventricle a l'artèria, al final de la sistòli ventricular.

**33** En iniciar-se la contracció ventricular i augmentar-se la pressió de la sang continguda en aquella cavitat el cor va adquirint una forma



Fig. 8. Disposició de les parts del cor durant les fases d'un cicle cardíac. 1, sistòli auricular; 2, començ de sistòli ventricular (període latent); 3, període d'expulsió ventricular; 4, període de contracció residual; 5, començament de diastòli ventricular.

arrodonida, les seves parets van fent-se dures, la distància entre la base i el vèrtex va escurçant-se i al mateix temps verifica un moviment de rotació d'esquerra a dreta sobre el seu eix vertical, i de davant en darrera, apropant el ventricle esquerre cap a la paret toràtica. A propòsit d'aquest moviment cardíac, direm que antigament s'havia cregut, erradament, que els sons cardíacs corresponien als cops del cor contra la caixa toràtica.

**34** El *batec cardíac*, *pulsació cardíaca* o *xoc del cor*, perceptible en el cavall entre la cinquena i sisena costelles, no és pas degut a la punta del cor, sinó a la meitat inferior de la paret del ventricle esquerre. A la successió cronològica dels batecs cardíacs se'n diu el *pols cardíacs*. En el cavall sa el nombre de pulsacions cardíques per minut oscil·la entre 36 i 40, ço que equival a dir que cada cicle cardíac dura aproximadament un segon i mig.

**35** Dels batecs cardíacs se'n pot fer un registre gràfic per mitjà d'uns aparells anomenats *cardiògrafs*. La pulsació cardíaca és isòcrona amb la sistòli ventricular, fet completament demostrable per l'exploració extratoràctica associada a l'exploració de la pressió intracardíaca feta amb les

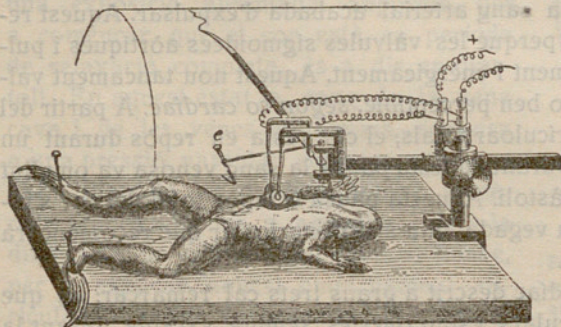


Fig. 9. Pinça cardíaca o miògraf del cor de la granota. (Marey.)

sondes de Chauveau i Marey. De cardiògrafs n'hi ha de dues menes: extra i intratoràcics. Aquests darrers s'apliquen sobre el cor descobert; aquells són més aviat aparells d'exploració clínica i no requereixen mecàniques quirúrgiques. Com a tipus dels primers citarem la *pinça cardiogràfica de Marey* (fig. 9), la descripció de la qual pot molt bé estalviar-nos-la la figura precedent. Com exemple dels segons citarem el *cardiògraf de tambor* del mateix Marey (fig. 10). L'estructura d'aquest aparell és molt senzilla, com pot veure's en l'esquema del seu funcionament (fig. 11): un tambor metàl·lic que té una cara elàstica, en el centre de la qual hi ha un botó destinat a aplicar-se damunt del lloc de la caixa toràcica on es nota el batec cardíac; aquest tambor es connecta, pel mitjà d'un tub de goma, amb un altre tambor metàl·lic que també té una cara elàstica, però al damunt de la qual hi descansa l'extrem d'una palanca inscriptora de palla. Cada vegada que el bategar cardíac apretarà el botó del tambor receptor,

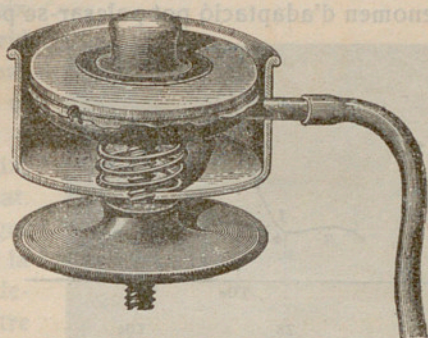


Fig. 10. Cardiògraf de tambor. (Marey.)

augmentarà la pressió de l'aire de la seva caixa, i a conseqüència d'això s'augmentarà també la pressió del contingut en el tambor inscriptor. La membrana elàstica d'aquest darrer, en rebre l'aire procedent del primer, s'abombarà i farà aixecar la palanca inscriptora. Aquest moviment dibuixarà damunt del paper fumat del cilindre en moviment rotatori una gràfica o *cardiograma*, en la qual s'hi poden llegir els detalls de la manera de produir-se la pulsació cardíaca i el ritme i amplitud amb què es vagin succeint.

**36** En el cardiograma extratoràcic (fig. 12) s'hi constata una línia ascendent en sentit gairebé vertical, iniciada per un petit escaló, un petit escaló descendent, una horitzontal tremolosa, una descendent ràpida i una horitzontal insegura. El primer escaló correspon a la contracció auricular; la línia ascendent brusca i el cim tremolós són deguts a la sistòli ventricular, amb sos períodes de tensió de les parets i evacuació, la línia descendent, el relaxament, amb el tancament isocrònic de les sigmoidees.

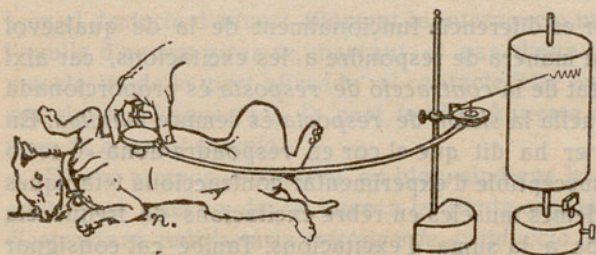


Fig. 11. Esquema de la manera d'obtenir un cardiograma extratoràcic

**37** El cor fa circular la sang, és a dir, mou una massa; per tant, verifica un treball. En realitat, se'ns planteja aquí un doble problema si volem mesurar aquest treball: quina càrrega té d'alçar i quina és la resistència que ha de vèncer. La càrrega és evidentment representada per l'ona sanguínia empesa cap a les artèries a cada sistoli ventricular. La resistència a vèncer està representada per la pressió arterial, que manté tancades les vàlvules sigmoidees.

**38** Aquest treball el regula el cor d'una manera automàtica. Aquest fenomen d'adaptació pot palesar-se pel mètode de les circulacions artificials

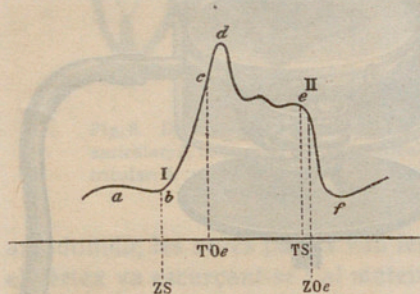


Fig. 12. Anàlisi dels elements d'una corba cardiogràfica. (Langendorff.) ZS i ZOe, tancament i obertura de les vàlvules auriculoventriculars; TOe i TS, obertura i tancament de les vàlvules sigmoidees; a, contracció arterial; b, sistoli ventricular; bc, temps de tancament; ce, temps d'expulsió; ef, diàstoli; I i II, primer i segon tons cardíacs. (Zuntz i Loewy)

a través del cor separat de l'organisme. Pel mitjà d'aquest procediment és possible observar la manera de comportar-se el cor enfront de les variacions de pressió i temperatura a les quals l'anem sotmetent. En virtut d'aquesta observació, Cyon i Marey arribaren a llur famosa llei de la uniformitat del treball cardíac, per la qual s'afirma que, existint una perfecta relació entre el ritme cardíac, la quantitat de sang empesa a cada sistoli i les pressions a vèncer, el treball del cor és una valor constant. Les elevacions de temperatura acceleren el ritme i enriqueixen la glopada sanguínia corresponent a cada sistoli. Les elevacions de pressió relenteixen el ritme i aminoren la glopada.

**39** El cor, com tot orgue muscular, es contreu quan rep una acció excitadora adequada. Aquesta *excitabilitat* cardíaca es conserva encara més enllà de la mort de l'animal. L'excitabilitat del cor respon a excitants mecànics, físics (tèrmics i elèctrics) i químics (càustics, àlcalis i àcids, alcohol, etc.).

La musculatura del cor es diferencia funcionalment de la de qualsevol altre orgue muscular en la manera de respondre a les excitacions, car així com en aquests la intensitat de la *contracció de resposta* és proporcionada a la de l'excitant, en aquella la *sístoli de resposta* és sempre *màxima*. En virtut d'aquest fet, Ranvier ha dit que el cor en respondre dona «o tot o res». Tampoc el cor és susceptible d'experimentar contraccions tetàniques perfectes com ho fan els demés múscles en rebre excitacions de freqüència suficient per a donar lloc a la suma d'excitacions. També cal consignar com curiosa particularitat de la musculatura cardíaca el fet de respondre a

les excitacions d'acord amb un ritme constant. Aquesta propietat s'explica admetent, amb Marey i Kronecker, que, mentre dura la sístoli, el cor no és susceptible a les excitacions. Aquest *període refractari* és perfectament visible en la gràfica de la figura 13.

**40** Es un fet general que la reacció química de tot muscle que treballa es torna àcida. Aquesta acidesa és en gran part deguda a la formació d'àcid làctic. En el miocardi, degut a la intensa activitat que li és pròpia, s'hi fa un gros consum de glucogen. Tambè, com a conseqüència de les combustions músculocardiàques, es produeix una considerable quantitat d'anhídrid carbònic, substància altament tòxica per al funcionament del cor i de la qual el cor sa ràpidament se n'allibera.

**41** El cor, en contreure's, produeix, com tots els muscles, calor i electricitat. El primer d'aquests fenòmens és degut a les combustions produïdes durant la contracció. El segon és degut a la diferència de potencials que s'estableix entre les parts que en un moment donat es contreuen i les que durant el mateix resten en repòs. Els muscles mai es contreuen en bloc, sinó que llur contracció es produeix a la manera d'una onada que té el seu punt de partida en el lloc on s'exerceix l'excitació. La desintegració química que experimenta la fibra muscular durant la contracció és semblant, encara que menor en intensitat, a la que origina un cop o una ferida. Es un fet conegut que quan un muscle experimenta

una d'aquestes dues accions darreres, si s'aplica un dels extrems d'un fil bon conductor a la part lesionada i l'altre a la superfície intacta (fig. 14), i en el trajecte d'aquest filament hi interposem un galvanòmetre, es veurà l'agulla d'aquest girar-se, marcant el pas d'una corrent que, per dintre del muscle, va de la part alterada al contacte filar amb la part sana i, fora del muscle, des d'aquesta a la part ferida. Aquesta corrent es coneix amb el nom de *corrent d'acció*.

El cor tampoc es contreu en bloc, sinó que ho fa seguint una onada de contracció que va de la base a la punta seguint el sistema de connexions d'estructura embrionària (*sistema de conducció de l'excitació*) que suara i'avem descrit. La contracció iniciada en el bulbus venós, va des del nucli



Fig. 13. Excitacions d'un cor de granota en diferents moments de la seva revolució. La línia OO' representa l'origen comú de les revolucions cardíaques, durant les quals es produeix l'excitació. (Marey.)

de Keith-Flak al nucli d'Aschof-Tawara. En arribar a aquest nivell experimenta un reforç i s'escorre pel fascicle d'His cap a la punta del cor, i d'allí, finalment, pujant altra vegada, va a parar als múscles papil·lars. El curs

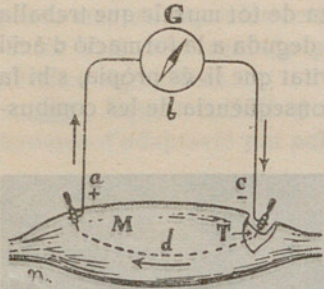


Fig. 14. Esquema del corrent d'acció. M, múscul; G, galvanòmetre; T, traumatisme; a b c, corrent d'acció.

d'aquesta ona de contracció coincideix amb una ona d'electro-negativitat que l'acompanya fins al final. Col·locant, doncs, un galvanòmetre, com en el cas del múscle ferit, en el trajecte d'un fil que per un extrem contacti amb la base del cor i per l'altre amb la punta, veurem com la corrent d'acció que es produeixi farà oscil·lar l'agulla en forma adequada als fets de cada moment. El galvanòmetre d'Einthoven o l'electròmetre capil·lar de Lippmann, que són aparells d'una sensibilitat exquisida, permeten seguir d'una manera perfecta aquests fenòmens que avui tenen una valor clínica extraordinària.

Aquestes variacions elèctriques, inherents a la contracció cardíaca, poden registrar-se sense necessitat d'aplicar els elèctrodes damunt del cor descobert, car aquestes variacions irradien cap a les regions perifèriques del cos de l'animal (fig. 15), i és suficient, per tant, que un dels elèctrodes s'apliqui damunt de la pell de la part alta del tòrax, aprop de la creu, i l'altre en la part baixa de l'abdomen, o dintre del recte o de la vagina.

**42** A base del registre fotogràfic de les variacions elèctriques del cor que es contreu, denunciades pel galvanòmetre, s'ha introduït en la Fisiologia i en la Clínica un nou capítol, l'*electrocardiografia*, que ens dona

dades molt estimables sobre el funcionament del miocardi. Les gràfiques obtingudes per aquest mètode es diuen *electrocardiogrames* i són completament cotejables amb les que proporciona el mètode gràfic clàssic.

**43** El cor isolat del reste del cos és susceptible de continuar bategant

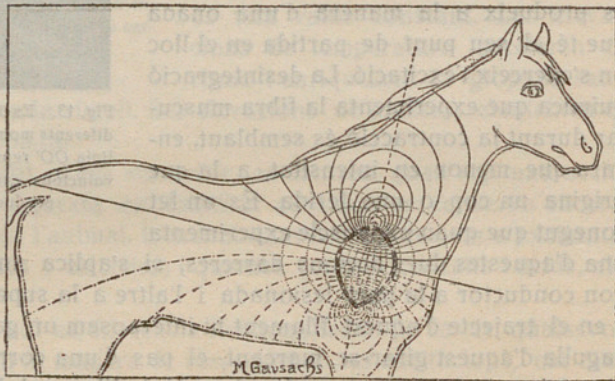


Fig. 15. Esquema de la repartició de les línies equipotencials pel cos del cavall.

hores i fins, segons de quina espècie, dies inclusiu, conservant el seu ritme constantment. El descobriment dels ganglis nerviosos intracardiàcs, féu pensar en la possibilitat de què aquests orgues fossin una espècie de sistema autòmic que comandés el dinamisme cardíac. Però l'embriologia ha demostrat que el tub cardíac, abans d'estar proveït de ganglis, ja es contrau rítmicament i espontàniament. Els fisiòlegs estan encara repartits avui dia en dos grans grups: *miogenistes*, que creuen que l'autonomisme cardíac rau en la manera d'ésser de la fibra cardíaca, i *neurogenistes*, que l'atribueixen als elements nerviosos que hi ha en les parets del cor. A part de aquest autonomisme el cor rep la influència de nervis del sistema cerebrospinal i del simpàtic. Així, el nervi pneumogàstric tramet fibres que actuen com inhibitoris (l'excitació elèctrica intensa d'aquest nervi arriba a deturar el cor). El simpàtic actua d'una manera antagonica, és a dir, es comporta com accelerador.

**44.** El cor, malgrat ésser l'orgue central de la circulació de la sang, requereix un sistema circulatori particular per tal de nodrir-se i subvenir a les elevades despeses que li causa el seu treball intens i constant. Aquesta funció està reservada a les *artèries coronàries*. L'obstrucció total i sobtada del sistema arterial coronari va seguida de l'atur del cor; però si l'obturació interessa únicament una branca, l'atur queda limitat també al ventricle que es queda sense irrigació. Aquest atur cardíac va precedit d'una fase de tremolor (*contracció fibrilar*) que els clínics anomenen *delirium cordis*.



Fig. 12. Aparat de Marey per a demostrar el paper de l'arteria coronària.

### III. FISIOLOGIA DELS VASOS SANGUINIS

**45** La sang que surt del ventricle a cada cop sistòlic entra al sistema arterial i, seguint la trajectòria que aquest li marca, va a escampar-se per tot el cos. Els tubs arterials, que durant el curs d'aquesta circulació van multirramificant-se, no es comporten pas com tubs inerts que es concretin a deixar-se travessar per una columna líquida, sinó que, mercès a una doble qualitat, *elasticitat* i *contractilitat*, es comporten d'una manera activa col·laborant a l'impuls primer i més enèrgic, que és la contracció del ventricle. Aquesta doble qualitat és deguda a l'estructura peculiar de les parets arterials.

**46** Les parets arterials estan formades per tres túniques: una de revestiment extern, una de revestiment intern i una intermitja. Aquesta darrera, que és la més important, està integrada per una barreja de teixit elàstic i muscular, predominant el primer en les artèries grosses, que són també les més pròximes al cor, i essent més abundant el segon en les artèries petites, que són les més allunyades de l'orgue cardíac. D'aquesta particularitat estructural se'n dedueix que les grosses artèries són més elàstiques que contràctils i que, en canvi, les artèries petites es comporten al revés.

Marey va demostrar amb un experiment senzillíssim (fig. 16) com la

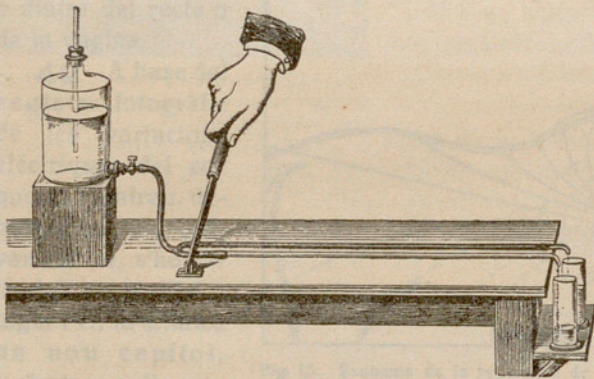


Fig. 16. Aparell de Marey per a demostrar el paper de l'elasticitat del tub.

circulació d'un líquid per un tub de parets rígides s'estronca sobtadament cada vegada que s'interromp el pas del corrent a distància de l'orifici de sortida, mentre que si la mateixa operació es verifica amb un tub de parets elàstiques el corrent no experimenta cap atur.

L'elasticitat transforma en constant la

circulació empesa per l'esforç intermitent del cor, car a cada impuls sistòlic les parets arterials amagatzemen una quantitat d'energia que es posa en joc durant el període que separa un impuls de l'immediat següent.

Així l'elasticitat és un coadjuvant del factor cardíac en l'assegurament de la continuïtat de la circulació.

**47** La *contractilitat* de les artèries és la regulatriu de la quantitat de sang que a cada moment donat cal que aflueixi també a un lloc donat.

En virtut de la contractilitat la llum arterial és susceptible d'enxiquir-se o engrandir-se, i en cada cas la quantitat de sang capaç de passar-hi en la unitat de temps serà diferent. L'elasticitat es manifesta automàticament; la contractilitat respon a un mecanisme nerviós (vasomotor).

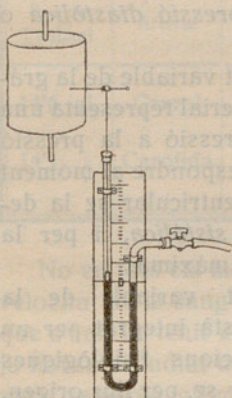


Fig. 17. Mesuració directa de la pressió arterial (Zuntz-Loewy).

**48** Quan accidentalment es fereix una artèria, o quan experimentalment seccionem un d'aquests vasos, la sang surt amb fúria. Això vol dir que dintre de les artèries la sang circula a pressió superior a l'atmosfèrica. Aquesta pressió lateral de la sang contra les parets arterials provoca una reacció de les parets disteses anomenada *tensió arterial*. La pressió arterial i la tensió arterial són en una mateixa matèria quantitats iguals.

**49** Conectant directament una artèria amb un manòmetre de mercuri sabrem la valor de la pressió, llegint simplement damunt de la taula graduada (fig. 17) l'altura baromètrica de les oscil·lacions del menisc distal. Col·locant damunt del menisc un flotador que suporti un estilet inscriptor, podrem registrar les oscil·lacions baromètriques damunt del paper d'un quimògraf. Aquesta gràfica té un aspecte característic (fig. 18) que la fa inconfusible. En ella s'hi observa, al primer cop d'ull, una sèrie d'oscil·lacions que per la banda inferior no baixen per sota d'un nivell, però que per la part superior experimenten variacions d'altura bastant manifestes. Pot dir-se, doncs, que en les gràfiques de pressió arterial s'hi constata un element constant, representat per aquell nivell inferior, i un element variable, que està representat per les oscil·lacions que es verifiquen per damunt d'aquella constant.

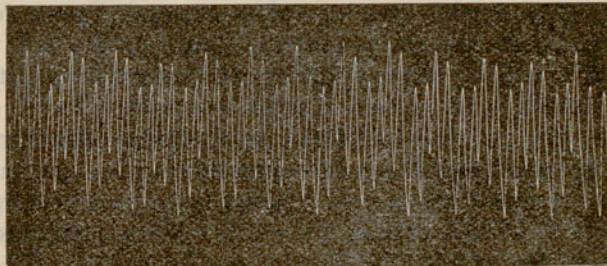


Fig. 18. Corba de la pressió sanguínea del gos. (Zuntz-Loewy.) La caròtida està en connexió directa amb el manòmetre de mercuri.

Pot dir-se, doncs, que en les gràfiques de pressió arterial s'hi constata un element constant, representat per aquell nivell inferior, i un element variable, que està representat per les oscil·lacions que es verifiquen per damunt d'aquella constant.

**50** La valor constant registrada en les gràfiques de la pressió arterial depèn de la combinació de tres factors: *energia cardíaca*, *quantitat de sang* i *resistència vascular*, i representa la *càrrega permanent* de les artèries, perquè es produeix inclús durant les fases de diàstoli ventricular. Per això s'anomena *pressió diastòlica* o *mínima*.

**51** L'element variable de la gràfica de pressió arterial representa una sobrecàrrega de pressió a la pressió mínima. Per correspondre al moment de la contracció ventricular se la denomina *pressió sistòlica*, i per la magnitud, pressió màxima.

**52** L'element variable de la pressió arterial està integrat per un conjunt d'oscil·lacions fisiològiques que poden resumir-se, per llur origen, en tres grups: *oscil·lacions cardíques*, que responen a l'onada bruscament emesa per cada sistòli ventricular; *oscil·lacions respiratòries*, que marquen alternàncies de grups d'oscil·lacions

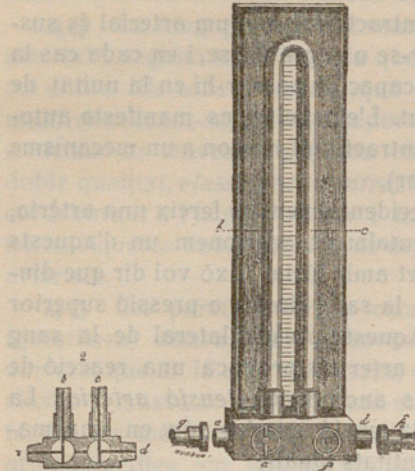


Fig. 19. Hemodromòmetre de Volkmann. Vista del conjunt de l'aparell i disposició de les claus de tres passos en el moment de connectar l'artèria amb el tub en ferradura.

més altes, corresponents a cada vegada que l'animal verifica un acte inspiratori, i grups d'oscil·lacions baixes en produir-se l'expiració; *oscil·lacions vasomotrius*, degudes a la contractilitat vascular.

**53** Sembla que les valors corresponents a les pressions diastòlica i sistòlica estan en raó inversa. Com més alta és la pressió diastòlica, menors són les oscil·lacions de la sistòlica, i viceversa. La pressió arterial és sempre més alta prop del cor que a la perifèria, però aquesta diferència és més notable en el cas de la pressió sistòlica que en el de la diastòlica. Heu's aquí algunes xifres: en el cavall la pressió aòrtica oscil·la entre 150 i 320 mil·límetres i la carotídea, entre 115 i 190; en el gos és de 119 a 170 en la caròtida, i en l'ovella, de 160 a 210. En el gos la pressió tibial varia entre 105 i 130 mil·límetres.

**54** Per tal de determinar el temps que triga una onada de sang a travessar una porció fixa del tram circulatori han estat enginyats aparells (*hemodromòmetres*) diversos, dels quals els més coneguts són el Volkmann (fig. 19) i en el de Ludwig (fig. 20).

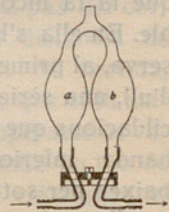


Fig. 20. Hemodromòmetre de Ludwig. (Stromuhr).

En la caròtida del cavall la velocitat durant la sistòli és de 520 mil·límetres, i durant la diàstoli, de 150. Tigerstedt ha donat les xifres següents d'experiències fetes sobre el gos:

Pes de l'animal	Artèria	Volum per segon	Velocitat lineal per segon	Diàmetre arterial	Pressió baromètrica	Observacions
14'6 ql.	Crural	1'69 c.c.	275 mm.	2'8 mm.	88 mm. Hg.	Nervis tallats
14'1 »	Caròtida	1'95 »	241 »	3'3 »	93 » »	Nervis intactes

No en tots els moments ni en totes les branques del sistema arterial la velocitat de la sang és, però, la mateixa. Aquesta variació depèn de factors que s'han de tenir en compte. Un d'aquests és la pressió arterial, en la qual ja havem estudiat un element constant i un element variable. Aquest element variable influeix també sobre la velocitat sanguínia. Així, entre pressió i velocitat pot establir-se aquesta relació:

	Pressió	Velocitat
Força del cor	+	+
	-	-
Quantitat de sang (glopada sistòlica)	+	+
	-	-
Resistència dels vasos	+ (vaso constricció)	-
	- (vaso dilatació)	-

**55** Si amb la punta d'un dit comprimim una artèria sobre una superfície dura, notarem una sèrie de cops o batecs ritmats. Això s'anomena *pols arterial* i és l'objectivació del pas d'una ona líquida que segueix el trajecte que li marca l'arbre arterial. Aqueixa ona arterial és susceptible d'ésser registrada mitjançant aparells especials anomenats *esfigmògrafs*, els quals proporcionen gràfiques (*esfigmògrames*) com la de la figura 21.

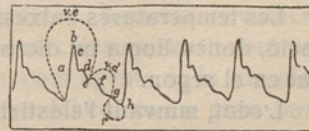


Fig. 21. Esfigmògrama normal

Analitzem els elements d'un esfigmògrama. La línia ascendent, gairebé vertical, marca l'amplitud del pols i representa la batzegada pulsàtil produïda per l'ingrés de la glopada ventricular al torrent arterial. El cim

d'aquesta línia marca una inflexió en angle agut que representa la reacció, igualment ràpida, de les parets arterials, reacció que es sosté uniforme fins a c, que és on s'acaba la porció de l'esfigmògrama corresponent a la fase sistòlica del cycle cardíac i representa l'ona primària del pols. A partir de c els elements de l'esfigmògrama que segueixen són reflexe de fenòmens diastòlics. Efectivament, en deixar de verificar-se la compressió ventricular, la reacció de les parets minva una mica, les vàlvules sigmoidees es tanquen i es produeix en la gràfica un petit ascens d, que s'anomena ona secundària o dicrotisme del pols. Aquest element té molt interès com a símptoma clínic en algunes malalties.

**56** Prescindint d'aparells de mètode gràfic, poden obtenir-se gràfiques força eloqüents produint una ferida arterial i recollint el raig sobre un full de paper blanc. Aqueixos autoesfigmògrames (fig. 22) per meten comprovar la repetició dels elements assenyalats en els esfigmògrames que acabem de comentar.

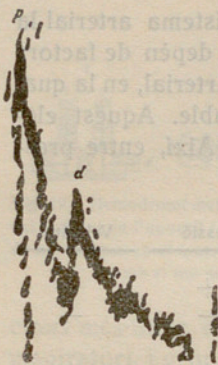


Fig. 22. Autoesfigmògrama de la tibial posterior. P, ona primitiva; d, ona dicròtica.

**57** L'auscultació i el mètode gràfic permeten demostrar que el batec cardíac i el pols arterial són fins a cert punt fenòmens sincrònics. Aquest darrer mètode d'exploració indica, però, que, si bé a cada batec cardíac en correspon un d'arterial, aquest últim es produeix amb un cert retràs respecte al primer. L'ona pulsàtil nascuda en la sistòli ventricular és propagada amb una velocitat aproximada de 9 metres per segon. Per això el retard del batec arterial respecte al cardíac és més pronunciat a mida que la seva constatació és buscada més lluny del cor. La velocitat de propagació de l'ona pulsàtil no es deu, però confondre amb la velocitat de la circulació arterial. Són dos fenòmens diferents; recordi's que aquesta darrera representa únicament uns

30 o 40 centímetres per segon.

**58** L'amplitud del pols depèn de l'energia cardíaca i de la tensió arterial, essent directament proporcional a la primera i inversament proporcional a la segona.

Les temperatures baixes, produint vasoconstricció, i les altes, vasodilatació, donen lloc a un dicrotisme, discret en el primer cas i fortament marcat en el segon.

L'edat, minvant l'elasticitat de les parets arterials, fa que el pols sigui modificat en el sentit d'allargar la producció de la reacció parietal, de manera que en les gràfiques de pols senil la curva corresponent a l'ona secundària perd la verticalitat i s'acosta a l'horitzontal. També la digestió i l'exercici muscular influeixen sobre el pols arterial, fent que augmenti l'amplitud de les pulsacions i s'accentuï el dicrotisme.

La respiració actua de manera diferent segons el període. Així, durant la inspiració l'ona primària disminueix i la dicròtica augmenta; en canvi, mentre dura l'expiració l'ona primària és més ampla i el dicrotisme s'enxiqueix.

El nombre de batecs arterials en condicions de normalitat perfecta oscil·la en els diferents animals adults i per minut entre les xifres següents: elefant, de 25 a 28; camell, de 28 a 32; cavall, de 36 a 40; bou, de 45 a 50; ovella, de 70 a 80; porc, de 70 a 80, i gos; de 90 a 100.

**59** Si examinem al microscopi la membrana interdigital de la pota d'una granota viva, tal com indica la figura 23, o la membrana mesentèrica o el pulmó del mateix animal estesos damunt d'una rodanxa o disc de tap de suro perforat, veurem un camp, representat en la figura 24, format per una xarxa més o menys densa de capil·lars sanguinis, pels quals circulen,

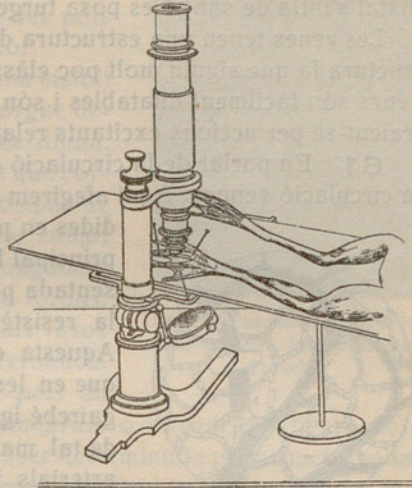


Fig. 23. Manera d'examinar la circulació en els capil·lars de la pota de la granota.

formant un espectacle formosíssim, els glòbuls de la sang, arrencats en fileres d'un o de més segons el calibre de cada conducte. En la forma de produir-se aquesta processó globular notarem totseguit l'existència de dues menes de conductes vasculars. En uns d'ells (*capil·lars venosos*) la marxa de la desfilada és uniforme; en canvi, en uns altres (*capil·lars arterials*) es verifica en forma de batzegades que segueixen un ritme constant.

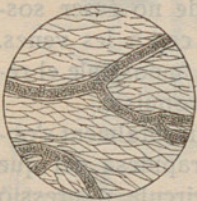


Fig. 23 bis. Camp que es descobreix amb el microscopi (Abderhal-den).

Histològicament i funcionalment els capil·lars representen el trànsit entre els sistemes arterial i venós. A nivell dels capil·lars la sang de les artèries passa a les primeres branquetes venoses i comença la circulació de retorn cap a l'orelleta cardíaca. Aquesta circulació es verifica a base de forces exercides en sentit contrari de les que havem vist actuar com agents de la circulació arterial. La força impulsiva del cor és en gran part consumida per la resistència capil·lar, però la poca que en resta (*força vis a tergo*) és ajudada per l'*aspiració cardíaca*, que es produeix en el moment de la diàstoli, i la *pressió toràctica negativa*, de les quals tornarem a parlar en ocupar-nos de la circulació venosa, i mercès a aquest conjunt és possible el curs de la sang pel sistema capil·lar.

**60** Les venes són les vies de conducció centripeta de la sang. La sang torna al cor per les venes després d'haver circulat per les artèries i els capil·lars. Aquesta direcció centripeta es demostra lligant una vena i observant que la seva part proxima al cor queda buida, mentre que la seva part distal s'infla de sang i es posa turgent (experiment clàssic d'Harvey).

Les venes tenen una estructura diferent de la de les artèries. Aquesta estructura fa que siguin molt poc elàstiques i bastant contràctils. Per això les venes són fàcilment dilatables i són també susceptibles de reaccionar, contraient-se per accions excitants relativament febles.

**61** En parlar de la circulació capil·lar ja havem esboçat les causes de la circulació venosa. Aquí afegirem que aquestes causes algú les ha dividides en principal i coadjuvants, admetent com a principal l'anomenada *vis a tergo*, que està representada per l'energia cardíaca no consumida per la resistència dels sistemes arterial i capil·lar. Aquesta energia cardíaca, traduïda per pressió, que en les grans artèries ja havem vist que és gairebé igual que dintre dels ventricles, s'afebleix de tal manera dintre dels darrers branquillons arterials i dels capil·lars, que en arribar a les venes té una valor que no passa d'uns 15 mil·límetres de mercuri en el gos. Els elements coadjuvants de la *vis a tergo* són l'*aspiració toràctica* i la *impulsió abdominal*, inspiratòria la primera i espiratòria la segona, i de les quals havem parlat en les generalitats de la circulació.

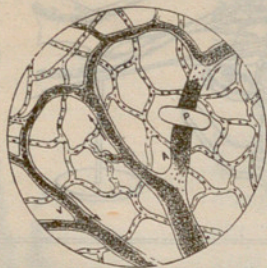


Fig. 24. La circulació capil·lar vista amb el microscopi. (Poisuille). P, pes col·locat damunt d'un capil·lar; A, capil·lar arterial; V, vas venós.

Elements coadjuvants són també l'*aspiració cardíaca*, que es produeix a cada diàstoli del cor, i les *contraccions musculars*, que, de no ésser sostingudes (tipus tetaniforme), empenyen la sang dels teixits cap a les venes. Finalment, l'existència de vàlvules que miren cap al cor fa impossible el retrocés de la sang venosa i, per tant, col·labora a la seva propulsió.

**62** Quan una vena és ferida accidentalment o experimentalment s'observa que la sang raja d'ella babejant i amb molta menor rapidesa del que no ho fa la sang arterial. Això indica que la sang venosa circula a pressió inferior a l'arterial. Aquesta pressió va fent-se més feble des de la perifèria al centre; així en la jugular del cos, prop de la desembocadura cardíaca, és nul·la i de vegades negativa. La mesura d'aquesta pressió pot fer-se amb baròmetres de columna plena d'una solució anticoagulant, car els de mercuri serien massa poc sensibles.

La velocitat de la circulació venosa és, en canvi, gairebé igual a l'arterial (uns 15 centímetres).

**63** Les venes grosses, en llur part més pròxima al cor, presenten un

batec visible a simple vista. Les altres porcions del sistema venós no aparenten bategar; però mitjançant l'esfigmògraf, es poden obtenir gràfiques de pols venós com la de la figura 25.

Per comparació amb la gràfica de la pulsació cardíaca es pot veure que els elements del pols venós guarden una relació amb els del cor.

**64** Cada vegada que es produeix una sistòli ventricular les artèries que irriguen un orgue determinat reben un aflux sanguini que les dilata. Aquest conjunt de dilatacions parcials fa que l'orgue en qüestió augmenti de volum al compàs de les contraccions sistòliques; però aquest ritmat augment de volum alterna amb un encongiment anàleg, degut a la tensió dels teixits que formen aquell orgue i que impel·leix la sang cap als vasos de la circulació venosa. Aquesta alternància d'augment i disminucions de volum, o *pols de l'orgue*, pot registrar-se amb els *pletismògrafs* o *oncògrafs* (figura 26).

**65** La durada de la circulació va ésser determinada per primera volta en el cavall per Hering procedint així: injectà en l'extrem central de la jugular una solució de ferrocianur potàssic (substància fàcil de constatar), i cada segon, a partir del moment de la injecció, extreia una mostra de sang per l'extrem perifèric de la jugular del costat contrari. Amb aquest procediment va trobar per al cavall una valor mitja de 31,5.

La circulació al gos dura 16'7 segons; la del conill, 7'5, i la de l'home, 22'23 segons.

**66** Les artèries i les venes són extraordinàriament sensibles a les excitacions externes, mercès a llur estructura histològica i sobretot a l'íntima dependència que mantenen amb el sistema nerviós.

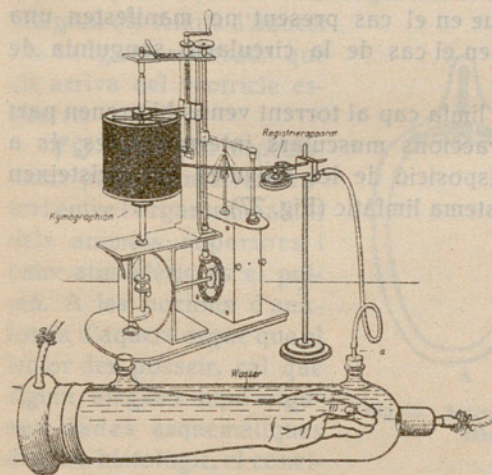


Fig. 26. Pletismògraf. (Abderhalden).

Les venes i les artèries responen a totes les excitacions contraient-se o dilatant-se. Aquests canvis de calibratge vascular es produeixen pel mitjà dels nervis vasomotors, dels quals n'hi ha que actuen com vasoconstrictors i d'altres que es comporten com vasodilatadors.

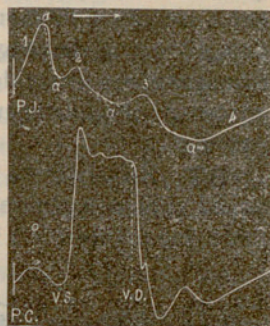


Fig. 25. Esquema del pols de la vena jugular. P.J. (François-Franck).

Mercès als nervis vasomotors el repartiment de la sang per l'organisme es verifica d'una manera convenient. En aquelles regions en les quals s'està produint un treball que fa indispensable un major aflux sanguini, mercès al funcionament combinat dels nervis dilatadors i constrictors, el corrent de sang augmenta cap a elles, mentre una vasoconstricció compensadora s'estableix en altres llocs. També la regulació de la pressió vascular i el repartiment del calor animal són fruit immediat de la inervació vascular.

**67** En parlar de la composició i estructura de la limfa havem exposat també quelques generalitats sobre la seva distribució per l'organisme. La limfa que omplena els intersticis que deixen lliures els teixits és el plasma traspuat pels vasos sanguinis i modificat per l'addició de productes del treball de les cèl·lules dels voltants. La limfa reunida en els espais limfàtics s'escola cap als vasos limfàtics, recollint durant aquest passatge nous elements d'elaboració cel·lular, i, finalment, seguint pel canal toràcic o per la gran vena limfàtica dreta, va a parar a la circulació venosa.



Fig. 27. Disposició de les vàlvules dintre dels vasos limfàtics.

La limfa és empesa cap a les venes per una força propulsora anàloga a la *vis a tergo* venosa, ajudada per la mateixa *aspiració toràcica* i la mateixa *pressió abdominal*, encara que en el cas present no manifesten una intensitat d'acció tan notable com en el cas de la circulació sanguínia de retorn.

Finalment, a la propulsió de la limfa cap al torrent venós hi prenen part d'una manera important les contraccions musculars interrompudes, és a dir, no tetaniformes, i l'especial disposició de les vàlvules que existeixen dintre dels vasos que formen el sistema limfàtic (Fig. 27).

Finalment, a la propulsió de la limfa cap al torrent venós hi prenen part d'una manera important les contraccions musculars interrompudes, és a dir, no tetaniformes, i l'especial disposició de les vàlvules que existeixen dintre dels vasos que formen el sistema limfàtic (Fig. 27).



#### IV. FISIOLOGIA DE LA RESPIRACIÓ

**68** *Respiració* és la funció en virtut de la qual l'organisme pren de l'ambient que el volta l'oxigen indispensable per a la seva vida i elimina del seu si, l'anhidrid carbònic que resulta de les combustions dels seus teixits.

Tots els éssers vius necessiten verificar aquest intercanvi de gasos amb l'ambient. Els organismes inferiors l'acompleixen a través de llur embolcall cel·lular. Els éssers superiors disposen d'aparell especial anomenat *respiratori*.

Els animals que viuen en contacte de l'aire atmosfèric utilitzen l'oxigen d'aquest, però els que desenrotllen llurs funcions vitals en altre ambient estan capacitats per a servir-se de l'oxigen combinat. Els primers són anomenats *aerobis*; els segons, *anaerobis*.

**69** Per a fer l'estudi de la respiració en els animals proveïts d'aparell respiratori, la totalitat de la funció respiratòria ha de considerar-se dividida en dos temps, el primer dels quals, *respiració pulmonar* o *externa* representa l'arterialització de la sang venosa dins dels alveols pulmonars, i el segon, *respiració interna* o *dels teixits*, comprèn la sèrie d'intercanvis d'ordre químic que s'estableix per tot el cos entre els elements cel·lulars que integren els teixits d'aquest i la sang arterialitzada que els arriba del ventricle esquerre.

**70** L'orgue especialitzat per al canvi respiratori entre l'organisme adult dels animals superiors i l'aire atmosfèric és el pulmó. A les nocions d'anatomia d'aquest orgue que el lector deu posseir, cal que siguin afegides aquí algunes dades esquemàtiques d'ordre histològic, el coneixement de les quals judiquem indispensable, per tal de comprendre la fisiologia de la respiració.

El pulmó, que per al fisiòleg ve a ésser una mena de sac bilobat contingut dins de la caixa toràcica bipartida, és per a l'històleg una mena d'esponja formada de mil·lions de cel·les microscòpiques (*alveols pulmonars*), integrades per una membraneta minsa de teixit endotelial de cèl·lules unies-

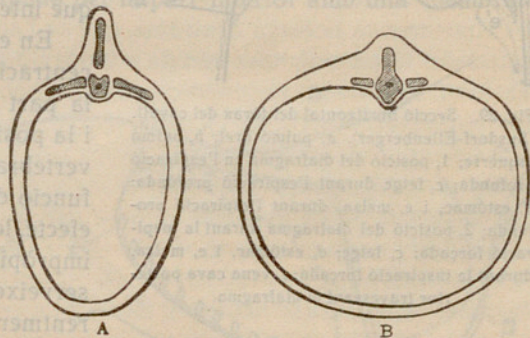


Fig. 28. Secció vertical del cos del cavall a través de les vèrtebres dorsals vuitena A i dissetena B.

traticades i aplanades (*endoteli pulmonar*). Pels espais limitats entre les cel·les s'exten la xarxa dels capil·lars sanguinis pulmonars, per dintre dels quals la sang circula activíssimament. La gran extensió d'aquesta xarxa i la minsa gruixària de les parets que separen la sang del contacte directe de l'aire contingut dins de les cel·les pulmonars, permeten un abundant intercanvi gasós en aquells indrets. Les cel·les pulmonars o alveols ja sabem per l'Anatomia que són la terminació de les darreres branquetes de l'arbre bronquial.

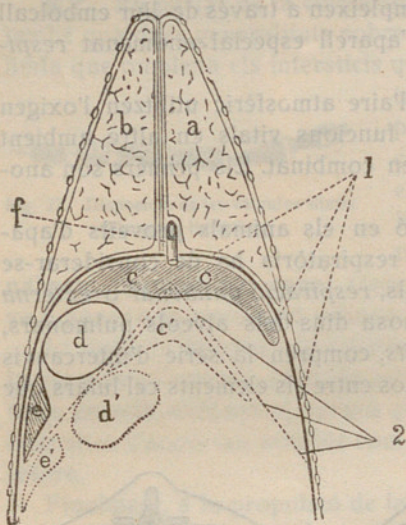


Fig. 29. Secció horitzontal del tòrax del cavall. (Susdorf-Ellenberger). a, pulmó dret; b, pulmó esquerre; 1, posició del diafragma en l'inspiració profunda; c, fetge durant l'inspiració profunda; d, estómac, i e, melsa, durant l'inspiració profunda; 2, posició del diafragma durant la inspiració forçada; c, fetge; d, estómac, i e, melsa, durant la inspiració forçada; f, vena cava posterior travessant el diafragma.

Entre els alveols pulmonars s'estableix una solució de continuïtat que fa que cada pulmó pugui, fins a cert punt, ésser mecànicament comparat a un sac clos i en comunicació amb l'exterior pel mitjà del tronc bronquial.

71 Per tal que la sang que circula pels espais interalveolars pugui proveir-se convenientment d'oxigen, és indispensable que l'aire alveolar sigui renovat sense interrupció. Aquesta renovació, *ventilació pulmonar*, és el resultat de la acció mecànica i combinada de l'esquelet i la musculatura que integren la caixa toràcica.

En els animals quadrúpedes la concentració del cor i els grans vasos a la part anterior de la caixa toràcica, i la posició horitzontal de la columna vertebral, exigeixen a les costelles una funció diferent que en els bípedes. En efecte, les costelles d'inserció esternal, impròpiament anomenades *veritables*, serveixen en els quadrúpedes preferentment per a formar la caixa pro-

jectora, gairebé rígida, dels òrgans centrals de la circulació, i actuen també de puntal sostenidor de la columna vertebral. Les costelles pròpiament respiratòries són, en aquests animals, les que injustament s'anomenen *falses*. La part anterior del tòrax, coberta lateralment per les primeres costelles, acaba de sentir-se obligada a guardar una gairebé absoluta immobilitat, per causa d'estar enclavada entre les dues extremitats anteriors.

La figura 28 dóna idea de la grandària respectiva dels segments toràcics a nivell de les costelles vuitena i dissetena. La part del tòrax que per la seva mobilitat mereix el nom de *respiratòria*, és la compresa entre les cos-

telles setena i divuitena. La mobilitat d'aquesta part rau en la contracció periòdica dels múscles intercostals, la qual fa que les costelles, en virtut d'una rotació sobre llur inserció vertebral i un desplaçament endavant i enfora, aixampli considerablement el diàmetre transversal de la caixa toràcica.

La caixa toràcica queda tancada per la part posterior pel diafragma en la forma que pot veure's en les figures 29 i 30.

Els moviments combinats de les costelles i del diafragma permeten l'ingrés de l'aire als alveols pulmonars (*inspiració*); el retorn passiu a la posició primitiva obliga a l'aire a sortir novament de la caixa toràcica (*espiració*).

**72** Esquemàticament hem dit de quina manera les costelles es mouen per tal d'augmentar la cabuda de la caixa toràcica. Cal que diguem aquí que el diafragma, mercès a les seves contraccions, col·labora a l'acció de les costelles per tal d'amplificar encara més les dimensions del tòrax. Durant l'acte inspiratori el diafragma recula i empeny cap al darrera les vísceres abdominals. Durant l'acte espiratori la relaxació de les mateixes fibres musculars permet el retorn d'aquelles vísceres cap a llur lloc normal, i, a conseqüència d'això, la caixa toràcica retorna també a les primitives dimensions.

**73** L'esquema del treball del diafragma i la dilatació pulmonar durant els actes respiratoris pot fàcilment improvisar-se, com indica la figura 31, amb una campana de vidre tapada per la part inferior amb una membrana de cautxú que representa el diafragma. Dintre de la campana s'hi tanca, suspès per un tub de canya, metall o vidre, el sistema broncopulmonar extret a un conill acabat d'escorxar. Estirant per l'anella A (acte inspiratori) veurem els pulmons dilatar-se. Deixant anar l'anella, la membrana tornarà a la posició de repòs i els pulmons es desinflaran (acte espiratori).

**74** L'experiment anterior ens permet formar una idea de l'elasticitat dels pulmons. Però encara podrem donar-ne una pro-

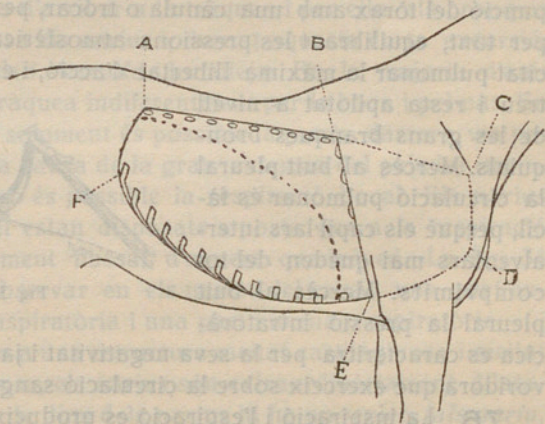


Fig. 30. Esquema de l'abast del tòrax cavalli i posició del diafragma (Smith). La zona *B C D E* és subescapular, i això fa que pràcticament no sigui auscultable; la superfície *A B E F* de la zona toràcica accessible al reconeixement. La línia puntejada *A E* correspon al diafragma

va més palesa procedint de la manera següent: El mateix aparell respiratori que ens ha servit per a aquell experiment s'enxufa ara, pel tronc traqueal, a un tub proveït d'aixeta de pas. Bufant per l'extrem d'aquest tub

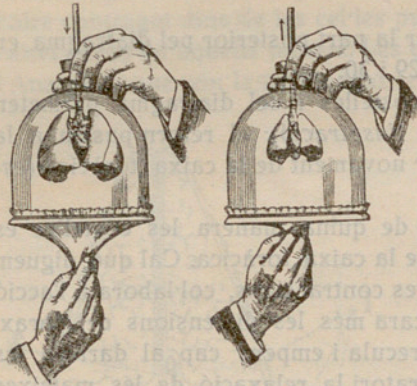


Fig. 31. Experiment senzillíssim per a demostrar l'expansionament i el col·lapse dels pulmons del conill com resposta respectiva a la disminució o a l'augment de la pressió circumdant. (Tiegerstedt)

amb la clau oberta, o injectant aire amb una pera de Richardson, els pulmons es dilaten a mida que els envaeix l'aire insuflat. Si en aquest moment tanquem la clau de pas l'aire retingut dins dels pulmons els manté distesos fins que el deixem escapar donant un tomb a la clau. La sortida de l'aire és empesa per la retracció pulmonar consecutiva.

**75** Malgrat que l'elasticitat pulmonar té una tendència natural a retreure totalment el pulmó després de l'acte inspiratori, l'examen dels animals acabats de morir sense lesió pulmonar i l'observació dels fenòmens consecutius a l'obertura quirúrgica del tòrax demostren que el pulmó es troba sempre relativament distès. Això és degut a que entre les fulles parietal i visceral de la pleura hi ha una pressió negativa, dita *buit pleural*, que contrarresta la força contrària, que és l'elasticitat pulmonar. La simple punció del tòrax amb una cànula o tròcar, permetent l'entrada de l'aire i, per tant, equilibrant les pressions atmosfèrica i pleural, ofereix a l'elasticitat pulmonar la màxima llibertat d'acció, i en virtut d'ella el pulmó és retreu i resta apilotat a nivell de les grans branques bronquials. Mercès al buit pleural la circulació pulmonar és fàcil, perquè els capil·lars interalveolars mai queden del tot comprimits. Mercès al buit pleural la pressió intratoràcica es caracteritza per la seva negativitat i ja havem vist la influència afavoridora que exerceix sobre la circulació sanguínia de retorn.

**76** La inspiració i l'expiració es produeixen en tots els animals amb una alternància i ritme constants. Així pot dir-se que, com a terme mig, cada minut el cavall fa de 8 a 10 inspiracions i altres tantes expiracions; el bou, de 12 a 15; l'ovella i la cabra, de 12 a 20; el gos, de 15 a 20, i el porc, de 10 a 15. Es un fet fàcilment demostrable que l'exercici muscular i la

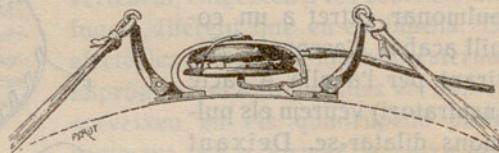


Fig. 32. Pneumògraf de Marey

fadiga augmenten el nombre de respiracions per minut. També pot establir-se una relació entre el nombre de batecs cardíacs i el de respiracions. En el cavall oscil·la entre 4: 1 i 5: 1.

Marey construí un aparell, el *pneumògraf* (fig. 32), que, aplicat a la paret toràcica i conecat amb un tambor inscriptor, permet registrar, damunt del paper d'un quimògraf, gràfiques de la respiració, dites *pneumògrames*, i en les quals és possible estudiar tots els detalls dels moviments de expansió i retracció toràciques.

D'una manera experimental, Paul Bert obté gràfiques respiratòries molt més perfectes (fig. 33). Paul Bert quirúrgicament uneix, amb un tub de cautxú i una cànula traqueal, l'arbre respiratori a un recipient ple d'aire i registra amb un tambor inscriptor de Marey les variacions de pressió que es produeixen dins d'aquell recipient durant els actes inspiratori i espiratori.

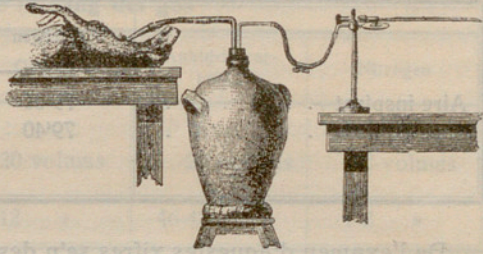


Fig. 33. Registre directe dels moviments de l'aire respirat. (Paul Bert).

**77** Com a complement del resum que fins ara portem fet dels fenòmens mecànics de la respiració, i abans d'entrar al dels fenòmens químics, cal que diguem quelcom, molt resumidament també, del pas de l'aire per les vies respiratòries altes.

Efectivament, l'aire, abans d'arribar a la tràquea i per ella als bronquis i després als pulmons, travessa els narius i, durant aquesta curta excursió, es neteja de partícules de pols i s'escalfa i humiteja. En la majoria d'animals l'aire pot arribar a la tràquea indiferentment per la boca i pel nas. En el cavall solament és possible aquesta darrera via per tal com, a causa de la gran extensió del paladar membranós, no és possible la respiració bucal. Els narius del cavall estan disposats a posta per a la respiració exclusivament nassal d'aquest quadrúped. La fig. 34 permet observar en els narius del cavall una part externa o inspiratòria i una part interna o espiratòria.



Fig. 34. Narius del cavall.

Mercès a una estructura meitat cartilaginosa i meitat membranosa, els narius són extraordinàriament dilatables. Part de dins dels narius hi ha un replec, *fals nariu*, en forma de cul de sac, que serveix per augmentar la cabuda del nas. Durant la inspiració es dilata la part externa, que és la que comunica més francament amb el fals nariu; durant l'espiració la part externa del nariu es contreu (colapse) i, en canvi, el segment intern es dilata.

La part interna de les conques nassals forma múltiples replers que obliguen a l'aire a passar per una llarga via. Durant aquest trajecte les partícules de pols són aturades pels pèls i per la humitat de les membranes.

**78** D'una manera aproximada, la composició de l'aire atmosfèric difereix de la de l'aire espirat segons ho indiquen les xifres següents:

	Nitrogen	Oxigen	Anhidric carbònic
Aire inspirat . . . . .	79'00	20'96	0'04
Aire espirat. . . . .	79'40	16'50	4'10
		4'46	4'06

De l'examen d'aquestes xifres se'n desprèn que el volum de l'aire espirat és menor que el de l'inspirat. Això fa que la quantitat relativa del nitrogen de l'aire espirat augmenti lleugerament. La relació existent entre l'anhidrid carbònic espirat i l'oxigen inspirat i no reaparegut en l'espiració

representada per  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  s'anomena *quocient respiratori*. En el quadro superior

el quocient respiratori és  $\frac{4'06}{4'46}$

L'aire espirat està saturat de vapor aquós. La demostració de l'anhidrid carbònic de l'aire espirat pot fer-se per mitjà d'un senzill experiment: Dintre d'una copa de vidre es col·loca una quantitat d'aigua de calç. Amb una canyeta o amb una palla submergida dins del líquid, per un dels seus extrems es fa passar, bombollejant, aire espirat (bufant). Al cap de molt poca estona l'aigua de calç pren una color blanquinosa i es torna opaca. Això és degut a que l'anhidrid carbònic de l'aire espirat ha reaccionat amb l'aigua de calç, formant carbonat càlcic insoluble. Si en comptes de fer passar a través de l'aigua de calç l'aire espirat, repetim l'experiment utilitzant aire atmosfèric (enxufant al tub del cas anterior un joc de peres de Richardson), l'aigua es manté sense experimentar cap transformació aparent.

**79** Si dintre d'una campana de vidre hermèticament tancada s'hi col·loca un ocell, o un altre animal viu qualsevol, podrem observar que al cap d'un quant temps la respiració se li fa fadigosa i arriba un moment en el qual l'animal mor asfixiat. Aquesta mort és deguda a que l'animal ha consumit tot l'oxigen de l'aire que hi havia dins de la campana, i també a l'agombolament de l'anhidrid carbònic espirat. Si quan la respiració és fadigosa i l'animal manifesta els primers símptomes d'asfíxia s'injecta dins de la campana una determinada quantitat d'oxigen, l'animal torna a eixirir-se i la mort s'allunya.

**80** La sang sotmesa a l'acció del buit deixa escapar una considerable quantitat de gasos que en circumstàncies normals reté. L'examen ulterior d'aquests gasos permet dir que, en termes generals, 100 volums de sang desprenen 60 de gas. La composició d'aquesta massa gasosa varia segons es tracti de sang venosa o arterial.

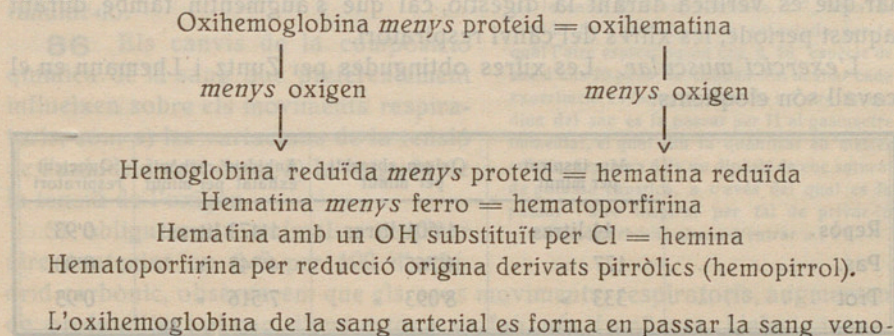
#### Gasos de la sang del gos

	Oxigen	Anhídric carbònic	Nitrogen
100 volums de sang arterial donen llibertat a . . . . .	20 volums	20 volums	1-2 volums
100 volums de sang venosa es desprenen de . . . . .	8-12 »	46-48 »	1-2 »

S'anomena *capacitat d'oxigen* la quantitat d'oxigen que la sang és capaç de retenir.

**81** No tots els elements que integren la sang són igualment capaços d'absorbir l'oxigen. Aquesta propietat d'absorció resulta ésser patrimoni gairebé exclusiu de l'*hemoglobina*, que és, com ja havem dit en la lliçó primera, la matèria colorant del glòbul roig. Aquesta propietat de l'hemoglobina fa que li hagi estat assignat el nom de *pigment respiratori*. L'hemoglobina de la sang venosa és de color fosca i en lloc d'oxigen conté anhídrid carbònic. L'hemoglobina és químicament una substància albuminoïda integrada per carboni, hidrogen, nitrogen, oxigen, sofre i ferro, cristal·litzable i dialitzable. L'hemoglobina de gairebé tots els animals cristal·litza en prismes ròmbics. La molècula de l'hemoglobina és dissociable en dues: una *globina* (del grup de les histones) i un pigment, l'*hematina*, la qual reté tot el ferro de la molècula matriu.

D'una manera esquemàtica deriven de l'oxihemoglobina els següents cossos:

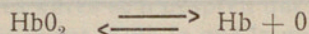


sa pels capil·lars pulmonars. Però aquesta oxihemoglobina es transforma en hemoglobina reduïda en arribar la sang arterial als teixits àvits d'oxigen.

L'oxihemoglobina i la hemoglobina reduïda es diferencien fàcilment pel mitjà de l'espectroscopi, aparell que serveix també per a diferenciar tots els derivats de l'hemoglobina.

**82** Si l'oxigen de l'aire absorbit per la sang fos contingut per aquesta formant una senzilla dissolució, sabem per la Física que la quantitat d'aquest gas absorbida per la sang seria directament proporcional a la seva pressió parcial. Aquesta proporcionalitat, però, no existeix, per més que un determinat volum de sang pot retenir una quantitat d'oxigen varies vegades superior al que pot retenir, en igualtat de circumstàncies, un mateix volum d'aigua.

Aquesta combinació de l'oxigen amb l'hemoglobina és revertible:



En els alveols pulmonars la pressió parcial de l'oxigen és relativament alta, i per això la sang es satura d'aquest gas. En els teixits la pressió parcial de l'oxigen és relativament baixa, per això, quan arriba la sang, l'oxigen es desprèn d'ella i passa als teixits. Un fenòmen invers es produeix respecte a l'anhidrid carbònic.

**83** La *intensitat dels canvis respiratoris* que tenen lloc a nivell del pulmó varia a compàs de factors diversos. Cal citar:

*L'espècie.* Els animals de sang calenta (homoterms) tenen una activitat respiratòria superior a la dels de sang freda (poiquiloterms).

*La talla o tamany.* Un animal petit perd per irradiació una quantitat de calories, en relació a un quilogram de pes, molt superior a la que perd un animal gros de la mateixa espècie; això obliga, doncs a forçar les combustions i, per tant, a augmentar l'absorció d'oxigen.

*L'edat i el sexe.* En els joves i en els mascles són més intensos.

*La digestió.* Augmentant les combustions per causa del treball glandular que es verifica durant la digestió, cal que s'augmentin també, durant aquest període, les xifres del canvi respiratori.

*L'exercici muscular.* Les xifres obtingudes per Zuntz i Lhemann en el cavall són eloqüents:

	Aire inspirat per minut	Oxigen absorbit per minut	Anhidrid carbònic exhalat per minut	Quocient respiratori
Repòs. . . . .	44 litres	1'601 litres	1'473 litres	0'93
Pas. . . . .	177 »	4'765 »	4'343 »	0'90
Trot . . . . .	333 »	8'093 »	7'516 »	0'93

La *son*. Disminuint totes les funcions fa innecessàries grans combustions i, per tant, baixa la xifra dels canvis respiratoris.

La *temperatura de l'ambient*. En els animals de sang freda les combustions i, per tant, els canvis respiratoris augmenten amb la temperatura; en canvi, en els animals de sang freda succeeix el contrari.

I, finalment, la *pressió baromètrica*. Exerceix una acció, si bé indiscutible, no probable.

**84** La mesuració d'aquest recanvi es porta a terme pel mitjà d'aparells adequats. Les figures 35 i 36 representen el dispositiu utilitzat per a mesurar els canvis respiratoris del cavall. La llegenda que les acompanya ens estalviarà tota descripció aquí.

**85** Una qüestió cabdal de fisiologia de la respiració és el coneixement del mecanisme pel qual es manté el ritme dels moviments respiratoris. Aquest mecanisme té un estímul de naturalesa química i es produeix pel mitjà del sistema nerviós. El ritme alternant de moviments inspiratoris i espiratoris està, efectivament, controlat i coordinat per un centre respiratori situat en la substància gris del sòl del quart ventricle i molt pròxim al vertus del *calami scriptorius*. Qualsevol excitació que caigui damunt d'aquest centre es propaga pels nervis dels muscles respiratoris: el vagus o pneumogàstric, que inerva els muscles de la laringi; els nervis cervicals, els muscles del coll; els nervis intercostals, els muscles intercostals; i el frènic, el diafragma. Aquest centre nerviós, que és bilateral i està molt ben protegit contra les injúries del món exterior, és influït intensament pels canvis químics de la sang que l'irriga i que no deixa mai d'estimular-lo.

**86** Els canvis de la composició química de la sang que preferentement influeixen sobre els moviments respiratoris, són: a) les variacions de la tensió de l'anhidrid carbònic; b) la caiguda de la tensió de l'oxigen.

Si obliguem un animal a respirar aire contenint un 2-3 per 100 d'anhidrid carbònic, observarem que els seus moviments respiratoris augmenten de profunditat i al cap d'una estona es fan més freqüents. L'efecte im-

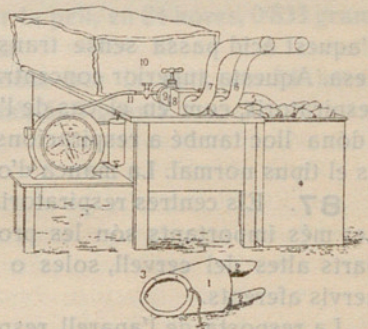


Fig. 35. Aparell mesurador de la respiració. (Smith). 1, màscara facial; 2, tubs per a la connexió amb 6 i 7; 3, morrió pneumàtic que permet ajustar hermèticament la màscara contra la cara; 6, boca d'entrada, i 7, boca de sortida de l'aire; 8, caixa valvulada per la qual l'aire espirat passa cap a 10, espècie de sac d'uns 20 peus de cabuda. En acabar cada experiment es tanca la clau 9, i l'aire tancat dins del sac es fa passar per 11 al gasòmetre immediat, el qual diu la quantitat en metres cúbics. La caixa 4 és un dipòsit de coc saturat de potassa càustica, a través del qual es fa passar l'aire inspirat per tal de privar-lo d'àcid carbònic abans d'entrar a 5 i 6.

diat del respirar l'aire carregat d'anhidrid carbònic és l'augment de la proporció d'aquest gas en l'aire alveolar, la qual cosa fa que disminueixi el passatge del gas carbònic de la sang cap als alveols pulmonars. Aquesta disminució d'excreció de l'anhidrid carbònic fa que el percentatge d'aquest cos en la sang augmenti, i aquest augment, actuant sobre el centre respiratori, augmenta la seva activitat. Durant l'exercici muscular l'augment de les combustions orgàniques produeix

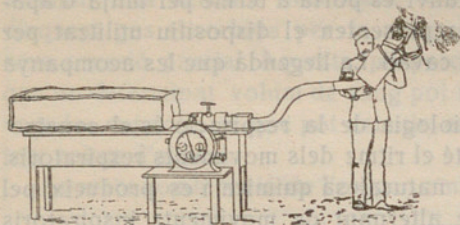


Fig. 36. Disposició del conjunt de la figura 35 en ple funcionament.

una sobrecàrrega d'anhidrid carbònic en la sang, i aquesta quantitat de gas a excretar actua sobre el centre respiratori com el gas respirat del cas anterior.

Quan la sang s'oxigena defecuosament, l'àcid làctic que normalment es forma en els teixits no rep la quantitat d'oxigen que li és indispensable per a transformar-se, per oxidació, en anhidrid carbònic i aigua, i aleshores una part

d'aquest àcid passa sense transformació a la sang i augmenta la seva acidesa. Aquesta superior concentració d'hidrogenions actua sobre els centres respiratoris, com en el cas de l'augment de l'anhidrid carbònic circulant, i dona lloc també a respiracions més profundes i més freqüents de ço que és el tipus normal. La manca d'oxigen és, doncs, un excitant indirecte.

**87.** Els centres respiratoris poden rebre excitacions per via nerviosa. Les més importants són les procedents dels pneumogàstrics i les de les parts altes del cervell, soles o associades a estímuls provinents d'alguns nervis aferents.

La resposta de l'aparell respiratori d'un animal íntegre a l'estímul de l'anhidrid carbònic és diferent a la del mateix animal després de tallar-li els pneumogàstrics. La diferència constant entre aquestes dues respostes rau en què, després de tallar els pneumogàstrics, hi ha un retard i una certa irregularitat i inadequació de la resposta. El pulmó i les últimes ramificacions bronquials són sensibles a certes excitants químiques que, rebudes pels pneumogàstrics, poden donar lloc a reflexes respiratoris. Els estats de dilatació i retracció pulmonars exciten les terminacions sensibles dels pneumogàstrics, i aquesta excitació es fa sentir sobre el centre respiratori.

L'adaptació de la funció respiratòria a les necessitats de cada moment és el resultat de la concurrència d'excitacions químiques sobre les terminacions pulmonars i bronquials del pneumogàstric, i d'excitacions centrals produïdes per la concentració de l'anhidrid carbònic sanguini i per l'augment dels hidrogenions de la sang.

**88** La respiració que té lloc a nivell dels pulmons està, doncs, ínti-

mament relacionada amb la que es verifica en els teixits. Aquesta respiració, anomenada *interna*, per tal de diferenciar-la d'aquella, consisteix en un aport d'oxigen que l'oxihemoglobina fa als teixits i en una excreció d'anhidrid carbònic d'aquests cap-al torrent capil·lar que irriga la regió. Aquell intercanvi d'oxigen i anhidrid carbònic es produeix en virtut de la indiferència de tensions d'aquests gasos continguts en la sang i en los teixits respectivament. La demanda d'oxigen que fa un teixit a la sang, en circumstàncies normals, augmenta quan aquest teixit està en plena activitat, perquè aleshores es produeix un aflux de sang superior i aquesta major aportació fa possible una major cessió.

**89** En els animals de sang freda la pell té una activitat respiratòria tan considerable, que en circumstàncies especials pot substituir la respiració pulmonar. En els animals de sang calenta la respiració cutània és relativament insignificant comparada amb la pulmonar. Les següents xifres són eloqüents:

Un gos de 7'350 quilograms exhala per la pell, en 24 hores, 0'458 grams d'anhidrid carbònic, i pel pulmó, 120 grams.

Un conill de 2'425 quilograms exhala per la pell, en 24 hores, 0'833 grams d'anhidrid carbònic, i pel pulmó, 120 grams.

Una gallina de 1'940 quilograms exhala per la pell, en 24 hores, 0'553 grams d'anhidrid carbònic, i pel pulmó, 52'3 grams.

## V. FISIOLOGIA DE LA DIGESTIÓ

**90** En virtut de la funció digestiva l'organisme es refà de les pèrdues orgàniques i energètiques sofertes. Totes les substàncies capaces d'ésser transformades per l'aparell digestiu en matèria organitzada o energia són anomenades *aliment*. El procés digestiu, fonamentalment, consisteix en un esmicolament de molècules alimentícies que dona naixença a altres molècules més petites i d'estructuració més senzilla, fàcilment absorbibles a través de la mucosa del tub digestiu.

**91** Aquesta desintegració o escissió molecular l'acompleix l'aparell digestiu pel mitjà d'un conjunt d'actes mecànics i químics que mirarem d'anar esquematitzant per tal de fer-los comprensibles. Interessa, però, que comencem per parlar, d'una manera general, de certs elements que actuen com factors decisius de transformació molecular, anomenats *ferments* o *enzimes*. Aquestes substàncies, que no són pas patrimoni exclusiu del regne animal, sinó que també les posseeixen moltes cèl·lules vegetals, es caracteritzen: 1.<sup>er</sup>, per ésser de naturalesa col·loidal i no passar a través de les membranes animals; 2.<sup>on</sup>, per ésser actives en solució i inactives en estat sòlid; 3.<sup>er</sup>, per posseir, gairebé sempre, un poder específic; 4.<sup>rt</sup>, per ésser molt susceptibles als canvis de temperatura, essent l'òptima per a llur acció la temperatura del cos (37<sup>u</sup> C. - 40<sup>u</sup> C.) i perdent tota activitat a temperatura de l'ebullició de l'aigua; 5.<sup>è</sup>, per produir llur acció sense combinar-se ni amb la substància transformable ni amb els productes de la transformació, quedant, doncs, sempre, teòricament i indefinidament, en condicions d'activitat. En aquest respecte els ferments actuen d'una manera semblant als catalitzadors inorgànics.

**92** El primer acte mecànic a considerar en la fisiologia digestiva és la prehensió dels aliments. Cada espècie animal disposa, en aquest punt, d'un mecanisme especial. En el cavall els llavis juguen un paper importantíssim; per això tenen en ells molta mobilitat, molta força i una sensibilitat extraordinària. Quan el cavall té de verificar la prehensió d'aliments situats arran de terra, per exemple, quan pastura, fa avançar un dels rems anteriors i facilita així ço que d'altra forma fóra impossible; amb els incisius, o pales davanteres, talla l'herba que els llavis ajuden a pessigar. En aquesta posició l'animal no veu l'aliment que va a mossegar. La sensibilitat olfactiva i la tàctil dels llavis actuen com guiadors de la prehensió. En els bòvids la llengua, actuant com una dalla, talla l'herba per comptes de fer-ho els incisius.

**93** Mentre l'animal fa la prehensió alimentícia les venes jugulars i totes llurs arrels facials s'inflen, la circulació sanguína de les glàndules

salivals es fa més intensa i consecutivament s'augmenta en gran manera la secreció de saliva. Quan l'aliment ha estat portat a la boca, els moviments combinats de la mandíbula inferior i de la llengua fan que sigui trinxat (*masticació*) i empapat de saliva (*insalivació*). Els queixals del cavall mastegen els aliments amb un doble moviment laterolateral i lleugerament anteroposterior (fig. 37). La masticació en el cavall és molt lenta. Colin ha comprovat que un cavall, per a mastegar un quilògram d'herba, requereix d'una hora a sis quarts d'hora, amb un promig de 70-80 mastegades per minut.

**94** Quan l'aliment està suficientment mastegat i empapat de saliva és *deglutit*. Es comú veure l'acte de la deglució descrit com un complex de tres temps. En un primer temps es verifica el transport de la bola alimentícia cap a la base de la llengua, mitjançant una compressió d'aquesta contra el paladar tou. En un segons temps la bola alimentícia o la glopada líquida té de passar per damunt de l'orifici que condueix a la tràquea i pel que mena a les fosses nasals. En el cavall el paladar tou s'aixeca i tanca la part posterior de les vies nasals. Simultàniament la llengua es fa enrera i la farinx i la laringi avancen. Aquest doble moviment fa que la base de la llengua apreti per damunt l'epiglotis i tanqui la laringi, tancament que es completa per una contracció dels cartílags aritenoids i de les cordes bucals. La bola alimentícia humida de saliva, en un tercer temps, llisca per aquesta zona faringia i entra dins del tub esofàgic empesa per una ona de contracció que comença en els muscles faringis i no para fins a l'estómac.

Aquesta forma esquemàtica de descriure l'acte de la deglució no és una fidel traducció dels mecanismes veritables que intervenen en la verificació d'aquest acte, per quant avui encara es discuteixen punts interessantíssims, i no precisament de detall, relacionats amb ell. Però el caràcter elementarlíssim d'aquest llibre ens obliga a circumscriure a ella fent aquesta indispensable confessió.

**95** Prehensió dels líquids o acte de beure el verifiquen el cavall i els animals bovins movent la llengua en contracció anteroposterior, a la manera del pistó d'una bomba aspirant. Aquest moviment lingual provoca el buit en la part bucal anterior, a conseqüència del qual les galtes es xuclen i els llavis es tanquen en tot el volt, excepte en la part anterior, on queda

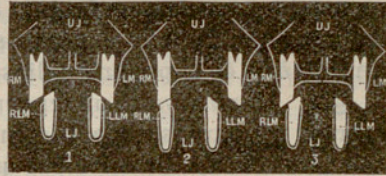
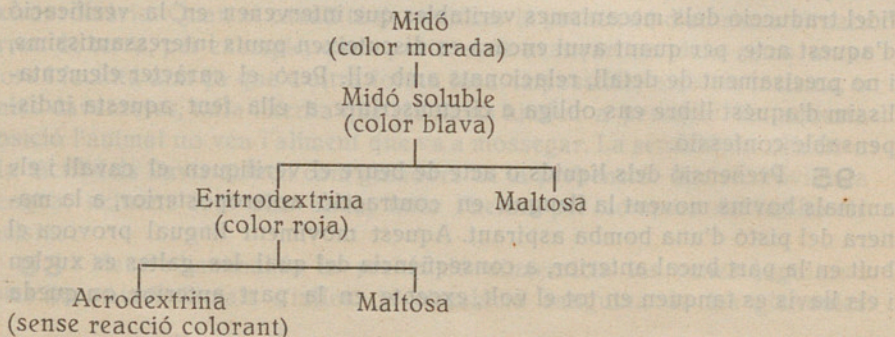


Fig. 37. Secció transversal (esquemàtica) de les mandíbules superior i inferior del cavall, entre els queixals tercer i quart, per tal de demostrar la posició de les cares dentals durant el repòs i durant l'acte de mastegar. (Smith). UJ, barra superior; LJ, barra inferior; RM, queixal dret; LM, queixal esquerre; RLM, queixal inferior dret; LLM, queixal inferior esquerre. 1, posició dels queixals durant el repòs; 2 i 3, posicions durant la masticació.

una petita secció mig-oberta, que és la que es submergeix dins del líquid. El gos pren l'aigua a *cullerades*, mercès a tenir la llengua la facultat de disposar-se en forma de cullera. La deglució del líquids es verifica per un mecanisme semblant al de la dels sòlids.

**96** La saliva, producte de secreció de les glàndules salivals, ultra el paper mecànic que li havem vist exercir durant la masticació i la deglució, està encarregada d'una funció química de primer ordre. La saliva segregada per les glàndules paròtides, submaxilars i sublinguals té una composició diferent. Nosaltres, en parlar de saliva, ho fem aquí considerant-la com la suma de les tres procedències. Aquesta saliva mixta és un líquid incolor, transparent, viscos, feblement alcalí, que conté un 99 per 100 d'aigua i un 1 per 100 de components sòlids dissolts: entre aquests hi ha albuminoids coagulables, mucina, un ferment anomenat *ptialina* o *diastasa salival* i sals inorgàniques. De totes aquestes substàncies la que té una importància extraordinària és la *ptialina* o *diastasa salival*.

**97** La *ptialina* és un ferment amilolític, és a dir, un ferment que actua sobre el midó transformant-lo en dextrina i maltosa. La *ptialina*, però, no ataca les cobertes de cel·lulosa que embolcallen els granets de midó. Això equival a dir que, perquè l'acció del ferment amilolític de la saliva actui, és indispensable que el gra de midó estigui despullat d'aquella capa protectora, la qual cosa s'aconsegueix per l'ebullició. Barrejant en un tub d'assaig una mica de midó bullit (engrut de midó) i una mica de saliva, i deixant la barreja uns moments a 40<sup>m</sup> C., veurem que, a mida que passen els segons de temps, van succeint-se una sèrie de canvis químics. Primerament es veu que la color opalina de la solució es fa més transparent, degut a que una part del midó es fa soluble. En aquest moment una gota de solució feblement iodo-iodurada dóna amb la barreja una coloració blaumorada. Al cap d'uns moments la color que s'obté tirant una nova gota de solució iodo-iodurada és la blava; deixant transcórrer uns quants segons més, la color va tornant-se rogenca i, finalment, la gota de solució iodo-iodurada no dóna lloc a cap reacció tintòria. Aquestes matitzacions corresponen a les transformacions que indica el quadro:



**98** El poder amilolític d'una saliva és el poder digestiu d'aquesta saliva enfront del midó, i es calcula per la quantitat de maltosa que en la unitat de temps són capaços de produir 5 c. c. de saliva mixta sobre 50 c. c. d'una solució de midó al 3 per 100.

El poder amilolític s'activa en un medi lleugerament alcalí i a temperatura de 37<sup>a</sup> C. - 46<sup>a</sup> C. En canvi, s'afebleix en medi àcid i a temperatures inferior a 37<sup>a</sup> C. i superiors a 46<sup>a</sup> C. La ptialina, com tots els ferments, es destrueix a temperatura inferior a la d'ebullició de l'aigua.

**99** Les glàndules salivals són glàndules de secreció constant. La boca està sempre humida. Però quan les circumstàncies ho exigeixen, la secreció salival augmenta convenientment. L'observació demostra que les més importants són: 1.<sup>er</sup>, la presència dels aliments en la boca, i 2.<sup>on</sup>, la visió, l'olor o el tacte dels aliments. Les glàndules salivals funcionen en virtut del que més endavant estudiarem amb el nom de *reflexes*. En el cas concret de la secreció salival l'arc reflexe té una via aferent, l'origen de la qual rau en la mucosa bucal, i una via eferent, que va a parar a les glàndules salivals.

**100** La *digestió gàstrica* és un capítol que cal desenrotllar amb estreta connexió a cada una de les diverses espècies animals. La disposició anatómica de l'estómac del gos ha permès fer de la digestió gàstrica una observació i una experimentació detalladíssimes. La major part dels coneixements actuals sobre digestió gàstrica és resultat d'estudis fets sobre el gos. La breu notícia que sobre digestió gàstrica anem a fer aquí es refereix també a aquest animal. Després afegirem unes notes complementàries referents al cavall, als rumiants i al porc.

Els aliments ensalivats arriben a l'estómac mercès al mecanisme que ja coneixem. La saliva, durant el trajecte, va fent la seva acció sobre els hidrocarbonats. Aquesta acció es continua durant el primer temps de permanència dins de la cavitat gàstrica. Però les parets de l'estómac segreguen un suc digestiu (*suc gàstric*) que, per la seva marcada acidesa, esmortueix i després estronca del tot l'acció de la ptialina. El suc gàstric, ajudat mecànicament pels moviments propis de la paret de l'estómac, produeix sobre els aliments una sèrie de modificacions interessantíssimes.

**101** El suc gàstric, recollit, bé pel mitjà d'una sonda, bé per la col·locació d'una cànula, bé per la disposició quirúrgica de l'anomenat *petit estómac* de Pawlow (figs. 38, 39 i 40), és un líquid transparent, de reacció àcida molt marcada, deguda a la presència de l'àcid clorhídric. El

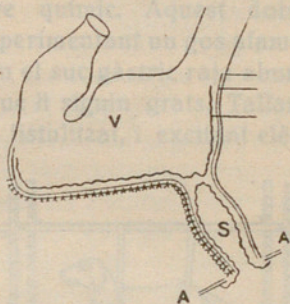


Fig. 38. Esquema del petit estómac de Pawlow. AA, paret abdominal; S, estómac apendicular o petit estómac. (Pawlow).

suc gàstric conté tres ferments digestius; un que actua sobre les proteïnes, i s'anomena *pepsina*; un altre que actua sobre la llet, i s'anomena *renina*, i un altre que és actiu damunt les grasses neutres, i s'anomena *lipasa*.

Si en un tub d'assaig hi posem un trosset de clara d'ou solidificada per ebullició, i, després d'afegir-hi suc gàstric fresc, el deixem a temperatura de 37<sup>u</sup> C. dins d'una estufa, al cap d'un temps més o menys llarg el boci

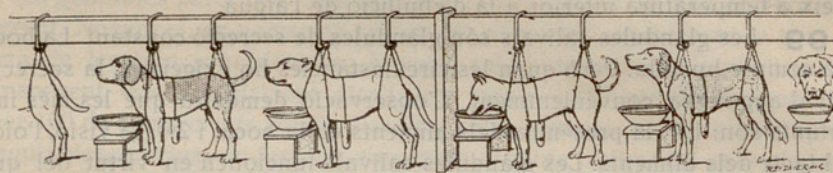
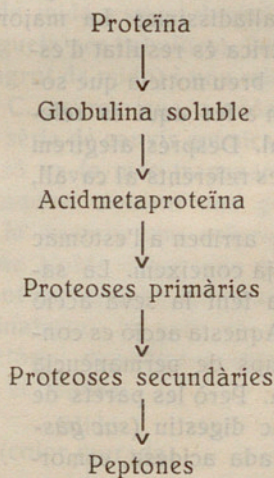


Fig. 39. Gossos operats de fistula gàstrica i de fistula esofàgica. (Le Play).

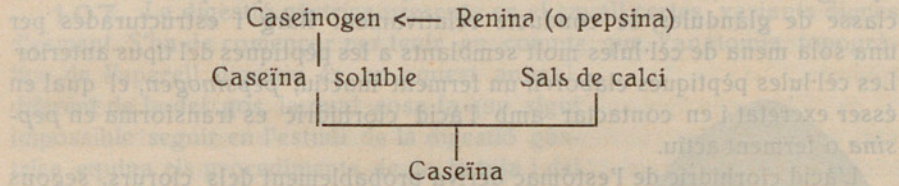
d'albúmina coagulada s'ha dissolt en virtut de l'acció digestiva de la pepsina del suc macerador. Els canvis químics experimentats per aquella proteïna atacada es poden esquematitzar així:



Si el suc gàstric utilitzat es sotmet prèviament una estona a temperatura a 60<sup>u</sup> C., la pepsina es destrueix i el suc és incapaç d'atacar les proteïnes. Si l'àcid clorhídric és neutralitzat per l'addició d'una substància alcalina, el suc perd també l'activitat.

El suc gàstric actua sobre el caseinogen, fofoproteïna de la llet, transformant-lo en caseïna, que és un cos relativament insoluble. Aquesta acció és imputable a la *renina*, encara que darrerament se la creu pròpia de la

pepsina. La propietat coagulant del suc gàstric sobre la llet és coneguda de temps llunyans. Cal, però, que es tingui present que el procés de formació del coàgul de llet és degut a la confluència de tres elements: caseinogen, renina i sals de calci. Es possible que la renina, o si es vol la pepsina, actui sobre el caseinogen formant caseïna soluble, i que aquesta substància, reunint-se amb les sals de calci, formi la caseïna:



Finalment, el suc gàstric, mercès a una *lipasa* (ferment esteatolític), actua sobre les substàncies grasses finament emulsionades, per exemple, les del rovell d'ou i les de la llet, dividint llur molècula en glicerina i àcid gras.

**102** La secreció del suc gàstric comença, als cinc minuts d'haver arribat els aliments a l'estómac i va progressivament intensificant-se. La secreció inicial sembla produïda per acció nerviosa, però després es manifesta clarament deguda a un estímul d'ordre químic. Aquest doble mecanisme secretor és fàcilment demostrable. Experimentant un gos afamat i portador de fístula d'estómac, pot veure's com el suc gàstric raja abundantment en mostrar-li o fer-li olorar aliments que li siguin grats. Tallant els nervis pneumogàstrics d'un gos amb estómac fistulitzat, i excitant elèctricament l'extrem distal, pot obtenir-se una clara secreció gàstrica al cap de cinc minuts d'haver començat l'excitació.

L'estímul químic pot estudiar-se observant en gossos portadors de fístula gàstrica els efectes secretors produïts per les diverses substàncies introduïdes a l'estómac per la fístula. Hi ha una general tendència a admetre que les proteïnes parcialment digerides per les primeres quantitats de suc gàstric, segregades pel mecanisme nerviós, formen, en contactar amb la mucosa gàstrica, una substància anomenada *gastrina* (del grup de les hormones), la qual és absorbida per aquella mucosa i transportada per la sang circulant cap a les glàndules secretores del suc gàstric, excitant-les d'una manera específica.

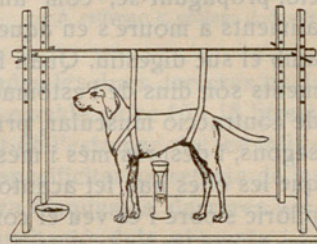
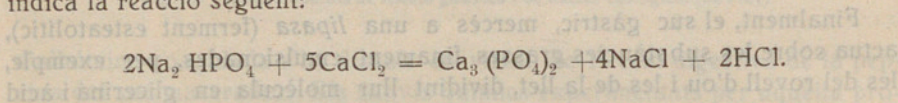


Fig. 40. Manera de recollir suc gàstric d'un gos amb petit estómac de Pawlow. (Abderhalden).

**103** Les glàndules microscòpiques que hi ha en la mucosa gàstrica responen a dos tipus principals. N'hi ha unes que són tubulars i tenen un conducte extretor curt. Aquestes glàndules estan formades per cèl·lules cúbiques de protoplasma carregat de granulacions i s'anomenen *cèl·lules pèptiques* o *principals*, i per cèl·lules ovoidees, anomenades *oxíntiques*. Les primeres fabriquen pepsina; les segones, àcid clorhídric. Fora d'aquest tipus glandular, comú al cos de l'estómac, hi ha en la part pilòrica una altra classe de glàndules, de conducte relativament llarg i estructurades per una sola mena de cèl·lules molt semblants a les pèptiques del tipus anterior. Les cèl·lules pèptiques elaboren un ferment inactiu, *pepsinogen*, el qual en ésser excretat i en contactar amb l'àcid clorhídric es transforma en *pepsina* o ferment actiu.

L'àcid clorhídric de l'estómac deriva probablement dels clorurs, segons indica la reacció següent:



**104** El suc gàstric, malgrat la seva força digestiva, no ataca les parets de l'estómac. Això és degut a què la mucosa gàstrica fabrica un ferment antagonista de la pepsina i a què la superfície interna de l'estómac està coberta de mucina, substància altament entorpidora de l'acció de la pepsina.

**105** Fent ingerir una papil·la de bismut barrejada amb els aliments es poden seguir amb els raigs X els *moviments de l'estómac*. Les parets musculars de la part corresponent al càrdies, fons i cos gàstrics, en arribar per l'esòfag la bola alimentícia, es contreen tònicament, i aquesta contracció, propagant-se, com una onada cap a la regió pilòrica, obliga als aliments a moure's en aquest sentit, mentre va fent més íntim llur contacte amb el suc digestiu. Quan fa uns vint minuts, aproximadament, que els aliments són dins de l'estómac s'inicien en la regió del càrdies unes onades de contracció muscular, primitivament febles i periòdiques, de deu en deu segons, i després més i més enèrgiques. A mida que la digestió avança i que les ones han fet acantonar l'aliment cap a la regió pilòrica, l'esfínter pilòric s'obre i es veu el contingut gàstric passar a glopades cap al duodé, empès per les ones contractils no interrompudes.

Els moviments de l'estómac es produeixen en virtut d'excitants mecànics i químics. La dilatació de l'estómac, mecànicament produïda per l'aliment contingut o experimentalment provocada pel mitjà de bufetes col·locades dins de la cavitat gàstrica i insuflades a voluntat, es comporta com indiscutible excitant de la motilitat de la musculatura gàstrica. També és fàcilment demostrable l'acció excitant dels àcids clorhídric i làctic i de les albumoses sobre la contractilitat gàstrica.

**106** La motilitat de l'estómac és, des del punt de vista de la innervació, perfectament comparable a la del cor. En efecte, la motilitat gàstrica no s'interromp després de tallar els seus nervis extrínsecs. Això no vol dir, però, que l'estómac no experimenti els efectes d'accions exteriors trameses per via nerviosa. Experimentalment pot veure's que l'excitació de l'extrem perifèric d'un pneumogàstric tallat excita la motilitat, i, en canvi, una excitació de l'extrem perifèric de l'esplànic atura les contraccions.

**107** La digestió gàstrica presenta en el cavall certes variants dignes d'esment. S'ha de començar per tenir en compte que l'anatomia topogràfica de l'aparell digestiu és, en aquest animal, diferent de la del gos, la qual cosa fa que sigui impossible seguir en l'estudi de la digestió gàstrica equina els procediments de la fístula i del petit estómac de Pawlow utilitzats en el gos. La figura 41 ens il·lustra sobre les relacions de les parets gàstriques, i per si sola ens demostra la impossibilitat de pensar en aquells mètodes experimentals. És difícil en aquests animals sorprendre l'estómac completament buit. Suposant-lo, però, en aquesta condició, els primers aliments d'una ingesta normal que hi arribin aniran a raure a la porció pilòrica, i allí, aprofitant-se de l'alcalinitat o de la reacció neutra de l'ambient, seguiran experimentant l'acció digestiva de la ptialinasalival. Les noves arribades d'aliment ensalivat van dilatant el sac estomacal, i aquesta gradual distensió de parets gàstriques va acompanyada d'una creixent secreció àcida, assolint-se el grau òptim d'aquesta secreció i, per tant, de la digestió, quan l'estómac té ocupades les dues terceres parts de la seva cabuda total (aquesta, segons Colin, oscil·la entre 15 i 18 litres). També cal retenir com particularitat interessant de l'estómac del cavall la constricció gairebé espasmòdica del càrdies i l'especificitat secretòria de les diferents parts de la mucosa gàstrica. La primera d'aquestes darreres particularitats explica la impossibilitat de la regurgitació dels aliments i la gran dificultat del vòmit dels cavalls, i la segona justifica la continuació de l'acció amilolítica de la saliva dins de la bossa de l'estómac.

**108** L'estómac del cavall està de 12 a 26 hores per digerir la palla. Millor dit, la palla mastegada i ensalivada, un cop arribada per deglució a la cavitat gàstrica, triga de 12 a 26 hores a passar totalment al duodè. També és molt variable la durada de la digestió gàstrica de la civada. Hi ha un factor que cal no negligir: l'entrenament. Un estómac habituat a digerir

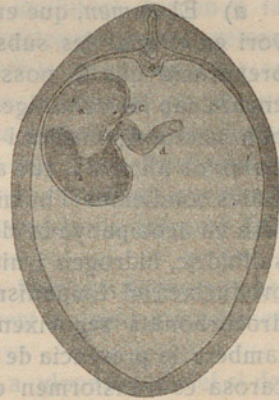


Fig. 41. Posició de l'estómac del cavall en l'animal viu. (Ellenberger-Baum). Secció transversovertical del cos congelat, feta a nivell de la catorzena vèrtebra dorsal. a b, estómac; c, esòfag; d, duodè.

una determinada mena d'aliment adquireix, respecte d'ell, una facilitat digestiva progressivament creixent. Aquesta observació ha de tenir-se molt present des del punt de vista industrial. L'estómac *aprèn a dirigir i conèix els aliments*, diu Turró.

**109** La digestió dels rumiants o remugadors és una mica més complicada. L'Anatomia ens ha ensenyat que l'estómac d'aquests animals està dividit en quatre departaments. Fisiològicament direm que els tres primers, rumen, reticle i omàs, són gairebé pures cavitats de magatzematge; en canvi, el quart, o abomàs, ha de considerar-se com el veritable estómac.

a) El *rumen*, que en el bou és capaç de retenir 100 litres, és el reservori en el qual les substàncies fibroses s'estoven i en el qual té lloc la preparació que fa possible la digestió de la cel·lulosa. No coneixem avui encara cap ferment digestiu especial per a la cel·lulosa, però sabem que hi han microorganismes i certes substàncies enzimàtiques que van amb els mateixos aliments, que actuen sobre ella quan hi col·laboren unes determinades condicions d'humitat i calor. La transformació digestiva de la cel·lulosa va acompanyada de desprendiment de gasos (anhídrid carbònic, àcid sulfhídric, hidrogen i nitrogen), els quals, en circumstàncies patològiques produeixen el timpanisme abdominal (botiment). Dins del rumen els hidrocarbonats segueixen essent atacats per la ptialina salival, i, mercès també a la presència de microbis, determinades quantitats de midó i de sacarosa es transformen en glucosa. També els microbis de la putrefacció, abundants en aquest departament gàstric, actuen sobre les substàncies nitrogenades i donen lloc a petites quantitats de peptona.

b) El *reticle*, o segon compartiment de l'estómac, és molt més petit que el rumen: la seva cabuda és, en el bou, d'uns dos litres escassament; la seva missió en la digestió és molt discutida. Flourens l'extirpà en una ovella i no notà cap transtorn digestiu després de l'extirpació. Ellenberger el considera com un departament que regula el passatge de l'aliment des del primer al tercer compartiment gàstric i des del rumen a l'esòfag. La proximitat del reticle gàstric al cor (vegi's l'Anatomia) explica la possibilitat de les ferides d'aquest per filferros ingerits barrejats amb els aliments, accident freqüentíssim en el bestiar boví.

c) L'*omàs*, o tercer departament gàstric, situat entre el reticle i l'abomàs, rep els aliments, bé directament per l'esòfag, bé dels compartiments anteriors; quan arriben per aquesta segona via l'orifici esofàgic està tancat per tal d'impedir el reflux cap a l'esòfag. Però sempre que l'omàs rep aliments — per qualsevol de les dues vies — l'orifici de comunicació amb l'abomàs roman tancat. L'omàs no és cavitat digestiva, perquè no té mucosa secretòria; el seu contingut és neutre o alcalí, i si per atzar manifesta una acidesa més o menys marcada, és deguda a un reflux de l'abomàs. La moti-

litat i la força extraordinàries de les parets de l'omàs han fet a Ellenberger anomenar-lo *aparell triturador* i *estómac mastegador*. Cal remarcar també en l'omàs durant la digestió la poca fluïdesa del seu contingut.

d) L'*abomàs*, o quart departament gàstric, és el veritable estómac dels rumiants, perquè únicament és ell el que poseeix glàndules secretòries de suc gàstric. Mercès a aquest suc les proteïnes són transformades en peptones. En l'abomàs dels vedells s'hi troba el ferment coagulador de la llet anomenat *renina*, del qual havem parlat en altre lloc.

**100** Provem d'esquematzar la *rumiació*. Quan els aliments han romàs dins del rumen el temps necessari per a estovar-se i experimentar acció dels ferments bacterians de la digestió de la cel·lulosa tornen a la boca a grans glopades per tal d'ésser novament mastegats. Aquest retorn a la boca es fa amb tanta força, que si l'animal no té la boca ben closa es projecta papil·la alimentícia fora d'ella. La nova masticació dura uns 30 segons. Un cop acabada aquesta operació, torna a deglutir-se la glopada, essent conduïda ara cap al tercer compartiment si la seva trituració és prou ben feta, car en el cas contrari torna al rumen per tal d'ésser novament regurgitada. La rumiació és un procés lentíssim que la major part dels rumiants verifiquen ajaçats.

**111** Els aliments, per acció successiva dels ferments salivals i gàstrics, adquireixen un aspecte de papil·la i des d'aquest moment s'anomenen *quimo*.

**112** El quimo passa de l'estómac al duodè a glopades. En el si del tub intestinal es completa la digestió mercès a l'acció del suc intestinal, de la bilis i el suc pancreàtic.

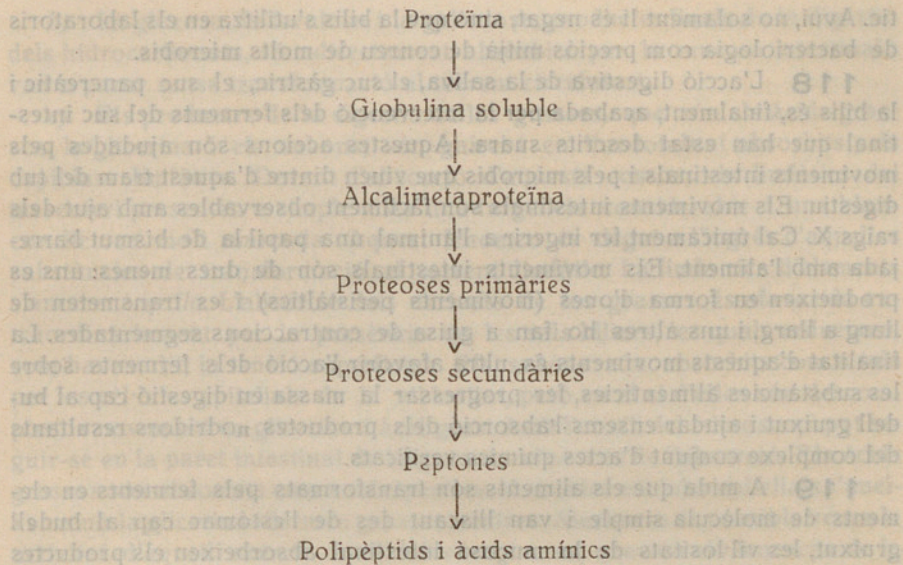
El suc intestinal és el producte de secreció de les glàndules de Brunner del duodè i dels folicles de Lieberkühn dels intestins prim i gruixut. Segons Colin, l'intestí del cavall segrega en 24 hores uns 10 litres de suc digestiu. La reacció alcalina del suc intestinal neutralitza l'acidesa del suc gàstric i permet l'acció de tres classes de ferments, que són els seus components més importants: l'*enteroquinasa*, que transforma el tripsinògen del suc pancreàtic en tripsina; l'*erepsina* ferment proteolític que acaba d'arrodonir l'acció proteolítica de la tripsina actuant sobre les deuteroalbumoses i peptones, descomposant-les en àcids amínics i bases exòniques; i, finalment, els *ferments inversors*, que transformen els sucres dobles en senzills, i són la *maltasa*, que transforma la maltosa i la dextrina en glucosa; la *invertasa*, que transforma la sacarosa en glucosa i levulosa, i la *lactasa*, que transforma la lactosa en glucosa i galactosa.

**113** Cada glopada de quimo àcid que arriba al duodé excita un reflexe que tanca l'esfínter pilòric. Aquesta excitació desapareix quan l'acidesa és neutralitzada per l'alcalinitat duodenal. Quan l'alcalinitat prepondera, el suc pancreàtic actua sobre el quimo mercès a tres ferments que

li són propis: la *tripsina*, que actua sobre les proteïnes; la *lipasa* o *esteapsina*, que saponifica les grasses, i l'*amilasa*, o *amilopsina*, que hidrolitza els hidrocarbonats.

**114** Utilitzant el gos, que és l'animal de laboratori per excel·lència, s'obté el suc pancreàtic pel mitjà d'una cànula o d'una fistula pancreàtica temporal o permanent. Però la secreció pancreàtica no és constant, sinó periòdica. El pàncreas únicament segrega quan rep l'acció estimuladora de la seva secreció. Aquest fenomen es produeix: En arribar al duodè la globada de químo àcid, una substància (la *presecretina*) que elaboren les parets intestinals reacciona amb l'àcid clorhídric i es transforma en *secretina*. Aquesta substància, en ésser absorbida per la paret duodenal, passa al torrent circulatori i és portada per ell a les cèl·lules pancreàtiques, les quals, en presència d'aquest cos, es desperten de llur ensopiment i segregen. Aquesta secreció dura mentre dura l'arribada de secretina al parènquima pancreàtic. Experimentalment pot també obtenir-se del gos fistulitzat una gran quantitat de suc pancreàtic, humitejant amb solució aquosa d'àcid clorhídric a lo 1 per 100 la mucosa duodenal o injectant intravenosament una maceració de mucosa duodenal en solució clorhídrica al 1 per 100.

**115** Pel procediment dit de les *digestions artificials* pot estudiar-se la valor digestiva del suc pancreàtic. En estudiar la digestió salival ja havem vist la manera d'estudiar en tubs d'assaig la força digestiva de la ptialina salival. De la mateixa manera podem estudiar la propietat amilolítica del suc pancreàtic. Els ferments pancreàtics actuen en medi alcalí o neutre, però són inactius en medis àcids. El suc pancreàtic que raja d'una cànula enxufada dins del conducte de Wirsung és inactiu sobre les substàncies protèiques. En canvi, el que raja d'una fistula és directament actiu. Això és degut a que el ferment tríptic (o sigui el que actua sobre les proteïnes) surt del pàncreas en forma de *tripsinogen*; però en contactar amb les parets intestinals, l'acció de l'*enteroquinasa* transforma el tripsinògen en *tripsina*, que és un ferment actiu. Col·locant dins d'un tub d'assaig una mica de carn, una petita quantitat de suc pancreàtic amb enteroquinasa, i alcalinitzant la barreja i deixant-la a 37<sup>u</sup> C., al cap d'un nombre d'hores relativament curt veurem consumada una digestió. Esquemàticament la tripsina produeix sobre les proteïnes les següents transformacions:



**116** El suc pancreàtic actua damunt les substàncies grasses posant en joc les propietats inherents al seu ferment esteatolític la *lipasa pancreàtica*. Aquest ferment desdobra les grasses en glicerina i àcid gras. Aquesta acció pancreàtica és ajudada per la presència de la bilis. Alguns dels àcids grassos posats en llibertat per aquest mecanisme es combinen amb els àlcalis intestinals i formen sabons.

**117** La bilis, que és el líquid que el fetge aporta, pel conducte biliar, al duodè, no és pas un suc digestiu de la categoria dels que hem consignat fins aquí. És més aviat un producte d'excreció que accidentalment participa de l'acte digestiu propi del pàncreas. La producció de la bilis és un acte constant que s'augmenta, però, en els moments àlgids de la digestió duodenal. La bilis és un líquid sirupós, amargant, de color verdós en els herbívors i brú en els carnívors, format sobretot per aigua, mucina, nucleoproteïnes, sals biliars (glucocolat i taurocolat de sosa) i pigments biliars (bilirrubina i biliverdina), colessterina i lecitina. Les sals biliars precipiten en forma sòlida les metaproteïnes i proteoses resultants de les digestions pèptica i triptica, i les obliga d'aquesta manera a romandre un temps més llarg sota l'acció del suc pancreàtic. Les sals biliars es comporten com coferments dels tres ferments pancreàtics, probablement mercès a que les sals biliars redueixen la tensió superficial i fan així més fàcil el contacte dels ferments sobre les substàncies. També, pel que es refereix a les grasses, la bilis dissol els àcids grassos i els sabons i facilita l'acció digestiva de la lipasa pancreàtica. S'havia atribuït a la bilis un paper d'antisèp-

tic. Avui, no solament li és negat, sinó que la bilis s'utilitza en els laboratoris de bacteriologia com precíus mitjà de conreu de molts microbis.

**118** L'acció digestiva de la saliva, el suc gàstric, el suc pancreàtic i la bilis és, finalment, acabada per la intervenció dels ferments del suc intestinal que han estat descrits suara. Aquestes accions són ajudades pels moviments intestinals i pels microbis que viuen dintre d'aquest tram del tub digestiu. Els moviments intestinals són fàcilment observables amb ajut dels raigs X. Cal únicament fer ingerir a l'animal una papil·la de bismut barrejada amb l'aliment. Els moviments intestinals són de dues menes: uns es produeixen en forma d'ones (moviments peristàltics) i es transmeten de llarg a llarg, i uns altres ho fan a guisa de contraccions segmentades. La finalitat d'aquests moviments és, ultra afavorir l'acció dels ferments sobre les substàncies alimentícies, fer progressar la massa en digestió cap al budell gruixut i ajudar ensems l'absorció dels productes nodridors resultants del complex conjunt d'actes químics verificats.

**119** A mida que els aliments són transformats pels ferments en elements de molècula simple i van lliscant des de l'estómac cap al budell gruixut, les vil·lositats de la mucosa intestinal absorbeixen els productes útils d'aquella transformació. L'estructura de les vil·lositats intestinals, vista amb el microscopi, és digna d'esment. Cada vil·lositat emergeix de la superfície de la mucosa formant a la manera d'un dit. En la part central de la prominència hi ha un vas limfàtic acabat en cul-de-sac, però conecat per la base amb la xarxa dels limfàtics submucosos. Tota la superfície de la vil·lositat està coberta per una capa epitelial de cèl·lules prismàtiques. Entre aquesta funda externa i el limfàtic central hi ha una capa de teixit lax infiltrat de leucocits i algunes fibres musculars llises, i finíssimes branquetes vasculares sanguínies procedents de l'arterieta nodridora que circula per la base.

**120** El procés d'absorció, o sigui el pas de les substàncies des de l'intestí als vasos limfàtics i sanguinis submucosos, no és un simple fenomen de filtratge, difusió i osmosi, com s'havia cregut abans, car la pressió de la sang i del mateix sistema limfàtic és superior a la intrainestinal, i la diferència de tonicitats entre la sang i el contingut intestinal tampoc ho permetria. L'absorció és un fenomen actiu degut al treball de les cèl·lules epitelials de la mucosa i a l'activitat dels leucocits.

a) Respecte a les substàncies proteíniques, direm en aquest resum que les proteoses i les peptones poden ésser agafades per les cèl·lules epitelials i experimentar dintre d'elles una hidrolització mercès a l'erepsina, hidrolització que les descompon en àcids amínics. Aquests derivats proteínics passen de les cèl·lules epitelials al limfàtic de la vil·lositat, o directament als capil·lars sanguinis, i d'aquests als ramellons limfàtics i arterials que van a parar, després de repetides anastomosis, al conducte toràcic o a la vena porta.

b) La glucosa, la levulosa i la galactosa, productes finals de la digestió dels hidrocarbonats, són directament absorbits per la mucosa intestinal i van a parar sense transformació al torrent circulatori.

c) Els productes de la digestió de les grasses, que són els àcids grassos, la glicerina i els sabons, són gairebé en llur totalitat absorbits pels capil·lars limfàtics. Durant l'absorció d'aquests cossos, els limfàtics del mesenterí presenten a simple vista una turgència considerable i una blancor lletosa molt marcada. Aquest fenomen és degut a l'ingrés d'aquelles substàncies de transformació al torrent limfàtic. La limfa rica d'elements s'anomena *quilo*. L'absorció dels derivats de les grasses és afavorida extraordinàriament per la presència de les sals biliars, les quals redueixen, com havem dit, la tensió superficial. Els sabons són absorbits com a tals per les cèl·lules epitelials de la vil·lositat, però en el si d'elles són descompostos novament en glicerina i àcid gras. Amb l'auxili del microscopi pot seguir-se en la paret intestinal de la granota el procés de l'absorció. Els àcids grassos són absorbits com a tals, però en el si de les cèl·lules epitelials s'uneixen amb la glicerina i formen grasses neutres. Aleshores és possible veure la activitat d'aquell exèrcit de cèl·lules trágneres, que són els leucocits de la capa que separa l'epiteli i el vas limfàtic central de cada vil·lositat.

**121** La fisiologia del budell gruixut té una importància variable segons les diferents espècies animals que considerem. En el cavall sorprèn a primera vista el seu gros volum. Vegem de resumir el funcionament de cada una de les tres parts més importants de que s'ha de considerar fisiològicament compost: el cec, el còlon simple i doble i el recte.

a) El cec ha estat descrit per Ellenberger com el segon estómac equí, car en ell s'hi verifica en gran escala la digestió de la cel·lulosa. Però també sembla actuar com una mena de cambra que impedeix el reflux del contingut de l'intestí gruixut cap al prim. Aquesta funció mecànica la verifica mercès a la seva forma i a estar proveïda d'un esfínter la desembocadura de l'íleum.

b) El còlon és en els solípedes un orgue d'absorció, car des del seu origen, a nivell del cec, fins al recte el seu contingut va espessint-se i fent-se cada vegada més sòlid. Les primeres porcions del còlon, en efecte, contenen una pasta gairebé líquida, després una papil·la més espessa, i les últimes uns amuntegaments en forma de pilotes, que són els *excrements* o desferres inaprofitables de la digestió.

c) El recte és el magatzem de les boles excrementícies que han d'ésser foragitades per la defecació.

Dintre de l'intestí gruixut experimenten els aliments transformacions químiques, no degudes a ferments digestius propis de la paret intestinal, sinó a microbis i a ferments dels vegetals que són ingerits com aliments.

**122** En els rumiants la digestió intestinal no té de bon tros la importància que té en els solípedes. Això és un fet inherent a la complicació de

llur digestió gàstrica. Pot dir-se que el rumen substitueix les funcions de l'intestí gruixut. Els intestins del bou són llargs, però de petit calibratge i gairebé sense segmentacions, tot fet a posta perquè l'absorció pugui verificar-se intensament.

**123** La defecació és l'acte d'expel·lir del recte les matèries excremèntícies. Aquest acte es verifica en la majoria d'animals mercès a la contracció simultània dels múscles abdominals i de les parets rectals. En el cavall és suficient la contracció d'aquestes darreres, la qual cosa fa que aquests animals puguin defecar sense interrompre, però, ni el treball ni la marxa. El recte està clos per dos esfínters: un extern, voluntari, i un altre intern, involuntari. Ambdòs estan governats per un centre medul·lar. La destrucció d'aquest centre va seguida d'incontinència rectal. La plenitud del recte excita la via centrífuga d'un arc reflexe que té el seu transformador en el dit centre medul·lar i dona lloc a la contracció de les parets rectals, obertura anal i defecació.

**124** El sistema nerviós actua sobre els intestins bé excitant-los bé inhibint-los. En la part anterior la funció estimuladora és pròpia sobretot dels pneumogàstrics. En canvi, l'intestí gruixut és estimulat per branques procedents del plexe sacre. La funció inhibidora pot dir-se que, en general, és pròpia de les fibres que, provinents del gran simpàtic, van a les parets intestinals.

## VI. LA NUTRICIÓ

**125** Les substàncies alimentícies, després d'ésser digerides i absorbides, circulen pels vasos limfàtics i sanguinis i van a parar, bé als teixits que en senten necessitat, bé als orgues d'amagatzematge. Els teixits tenen en llur vida normal unes despeses orgàniques i energètiques mínimes, les quals han d'ésser satisfetes, bé directament, a base dels aliments, bé indirectament, servint-se dels elements de reserva amagatzemats en forma de greix en els intersticis interorgànics o en forma de glucogen principalment en el parènquima hepàtic. Aquestes despeses augmenten durant el treball. Els teixits, després d'una despesa normal o extraordinària, experimenten la sensació de *fam*, i aquesta no s'apaivaga fins que s'han rescabalat de les pèrdues sofertes. En desaparèixer la sensació de *fam*, deixa de verificar-se l'acceptació de l'oferta d'elements reparadors. Aquesta *fam* dels teixits, admirablement descrita per Turró, és específica. És a dir, hi ha *fam* de cada grup de substàncies, sals, aigua, sucre, etc. La suma de les *fams* parcials fa néixer en l'individu la *fam global*. A requeriment d'aquesta, els animals mengen. L'*apetit* és la manifestació subjectiva moderada de la necessitat que té l'organisme de reparar un dèficit material o energètic.

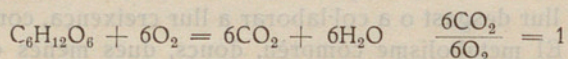
**126** Les operacions químiques que es verifiquen en el si de les cèl·lules dels teixits, entre llurs protoplasmes i les substàncies alimentícies que van a reparar llur desgast o a col·laborar a llur creixença, constitueixen el *metabolisme*. El *metabolisme* comprèn, doncs, dues menes de fenòmens: uns de transformació o assimilació de les substàncies alimentícies en matèria viva i energia (*anabolisme*), i uns altres de desassimilació o de desgast (*catabolisme*).

Aquest conjunt d'actes químics, que són la característica de la vida, porten aparellat un gros consum d'oxigen i la producció d'energia en forma de calor i treball animal. Les substàncies alimentícies, proteïnes, grasses i hidrocarbonats que entren en la composició d'una dieta normal, són aprofitades per l'organisme en un 90-94 per 100. Les grasses i els hidrocarbonats són, en últim terme, completament transformats en aigua i anhídrid carbònic, i les proteïnes ho són també parcialment, però la resta d'aquestes forma compostos nitrogenats que són excretats per l'orina en forma d'urea i d'altres compostos incompletament oxidats. L'anhídrid carbònic és foragitat del cos pels pulmons; l'aigua ho és per l'orina, pels pulmons i per la pell. Tot això ens permet assegurar que els canvis experimentats dintre de l'organisme pels aliments absorbits poden ésser estudiats indirectament per qualsevol dels següents procediments: a) mesurant la quantitat d'oxigen que ha estat necessari utilitzar per a l'acompliment d'aquells canvis; b) me-

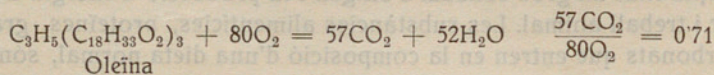
surant les quantitats dels diferents productes finals excretats; c) mesurant la calor generada en les oxidacions que s'han produït.

**127** Per a mesurar la calor animal s'utilitza una unitat de mesura fixa, que s'anomena *caloria*, equivalent a la quantitat de calor necessària per a pujar la temperatura d'un gram d'aigua a 1<sup>a</sup> C. Totes les substàncies tenen una valor calorimètrica constant. Així es diu que un gram de grassa equival a 9,3 calories; que un gram de glucosa és igual a 4,1 calories, i que un gram de proteïna representa també 4,1 calories. Aquesta última substància, si fos totalment oxidada, donaria una valor de 5,6 calories, però mai arriba a la seva total oxidació. La calor produïda pel cos d'un animal es registra col·locant l'animal en qüestió dins d'aparells especials anomenats calorímetres.

**128** En estudiar la respiració apuntarem breument quelques idees sobre l'anomenat *quocient respiratori*. Caldrà que aquí fem remarcar la seva valor com mitjà d'estudi del metabolisme. Els canvis respiratoris vénen a ésser una mena d'índex del total dels processos d'oxidació que es verifiquen en l'organisme. No és influenciat per la naturalesa dels aliments consumits, però experimenta modificacions considerables per acció de les activitats funcionals de l'animal. El quocient respiratori és, però, determinat, gairebé del tot, pel caràcter dels aliments consumits per l'animal. Si l'animal s'alimenta exclusivament d'hidrats de carbó, tot l'oxigen ingerit sortirà de l'organisme en forma d'anhidrid carbònic:



Si la dieta és exclusivament de grasses, l'oxigen no sortirà exclusivament formant anhidrid carbònic, sino que una gran part es combinarà amb l'hidrogen i formarà aigua, i, per tant, el quocient serà inferior a 1:



Si la dieta és exclusivament de proteïnes, part de l'oxigen es combina amb el nitrogen i el sofre, i part amb l'hidrogen, i el quocient respiratori és aproximadament igual a 0,8.

Durant l'exercici muscular el quocient respiratori s'eleva notablement, degut a què, durant aquest procés, es consumeixen quantitats superiors d'hidrocarbonats.

**129** La determinació quantitativa dels productes finals del metabolisme dóna xifres que representen la intensitat de les combustions que tenen lloc en el si de l'organisme. La totalitat del carbó de les grasses i dels

hidrocarbonats, i una gran quantitat del de les proteïnes, és foragitat del cos completament oxidat, formant anhidrid carbònic; el nitrogen de les proteïnes és excretat per l'orina en forma d'urea, àcid úric i altres cossos. Si les proteïnes contenen un 16 per 100 de nitrogen, és possible calcular la quantitat de proteïnes aprofitades investigant simplement el nitrogen total de l'orina.

**130** Les grasses ingerides com aliment, havem vist com són hidrolitzades pels suc digestius, resintetitzades en les parets de les vil·lositats i arrossegades pel torrent limfàtic del conducte toràcic cap al corrent sanguini venós, transformades en grasses neutres. En els omnívors la major part del greix dels teixits procedeix de les grasses ingerides com aliment. El greix dels herbívors és sobretot derivat dels hidrats de carbó. L'experiència clàssica de Lawes i Gilbert és aposta per a ésser citada aquí. Aquests fisiòlegs prengueren dos porcells d'una mateixa cria. Un d'aquests porcells fou excorxat i tot seguit es determinaren escrupolosament les quantitats de grasses i de proteïnes de la seva còrpora. L'altre fou sotmès a un règim format de quantitats conegudes de proteïnes i hidrats de carbó, i al cap d'unes quantes setmanes es procedí a fer el mateix anàlisi que es feu abans amb el seu germà. La quantitat de greix que es trobà era molt superior a la registrada setmanes abans en el germà, i per tant, havia de considerar-se deguda bé als hidrats de carbó, bé a les proteïnes. Però la quantitat de greix trobada era superior a la de proteïnes ingerides, i era, doncs, lògic suposar-la provinent dels hidrats de carbó ingerits. El greix animal procedent de la transformació dels hidrocarbonats conté una gran proporció d'estearina i palmitina (substàncies de punt de fusió alt); això fa que el greix del bestiar boví sigui, en refredar-se, molt més fort que el dels omnívors.

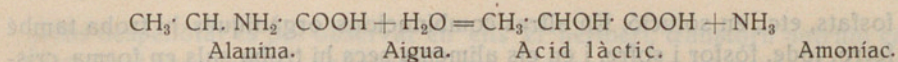
Quan l'organisme no es refà suficientment de les seves despeses a base dels aliments, utilitza, a mida de les necessitats, el greix amagatzemat entre els teixits. Aquest greix de reserva, abans d'ésser utilitzat pels teixits passa pel fetge, i en el parènquima hepàtic experimenta una sèrie de modificacions que el fan més fàcilment aprofitable. Quan les grasses modificades pel fetge arriben als teixits, el protoplasma de les cèl·lules d'aquests es combina íntimament amb elles; però en circumstàncies anormals, o en presència de certes substàncies tòxiques (per exemple, el fòsfor), aquesta compenetració no es verifica i queda la grassa dintre de les cèl·lules completament destriada. Aquest fenomen ha estat injustament denominat *degeneració grassosa* per haver-lo considerat com un estat anormal en el qual les proteïnes es transformen en greix. Normalment les grasses s'oxiden completament en el si dels teixits, donant lloc a anhidrid carbònic i aigua. Aquesta combustió o oxidació deixa d'ésser completa si no es verifica en presència d'hidrocarbonats. En aquest cas es produeixen cossos

intermitjos, com són els àcids bútiric i diacètic i l'acetona, la presència dels quals en la sang (*acidosi*) és un símptoma greu de trastorn del metabolisme.

**131** Els hidrats de carbó són absorbits per la mucosa intestinal i circulen principalment per la sang en forma de glucosa, però també, encara que en menor quantitat, en forma de levulosa i de galactosa. La sang arterial conté una quantitat fixa de glucosa en cada espècie animal, i normalment aquesta quantitat no varia després de la ingestió d'hidrocarbonats. Aquesta quantitat és, en canvi, molt variable en la sang de la vena porta. En aquesta es registren xifres molt altes durant l'absorció d'un repàs hidrocarbonat. El sucre és conduït per la vena porta al fetge i, un cop allí, es transforma en *glucogen*, que és la forma en la qual es fa el seu magatzematge. Quan els teixits estan mancats de sucre, el fetge els trameta la quantitat requerida, prèvia descàrrega d'una part adequada de seu glucogen. Ultra el fetge, també es troben dipòsits de glucogen en altres llocs de l'organisme (múscles, cor, leucocits, etc.).

Els hidrats de carbó en tots els animals, però especialment en els herbívors, són susceptibles de transformar-se en greix. Els hidrocarbonats són la principal deu d'energia de l'organisme. Starling ha calculat que per al normal funcionament cardíac són necessaris 4 mil·lígrams de sucre per gram de cor i per hora. Després d'un treball violent queda gairebé exhaurit el dipòsit de glucogen del fetge, la qual cosa indica que, durant la seva verificació, s'han requirit amb avidesa els hidrocarbonats. Anàlogament al que s'ha dit respecte a les grasses, direm també que en certes condicions l'oxidació del sucre pels teixits es verifica incompletament, i aleshores es formen cossos intermediaris, dels quals l'àcid làctic és el més interessant. També en circumstàncies anormals una determinada quantitat del sucre de la sang no experimenta transformacions i surt del cos per l'orina. Aquest fenomen s'anomena *glucosúria*. La glucosúria pot ésser deguda a diferents causes: a) una ingestió excessiva de sucre feta per un organisme amb fetge de funció fixadora lenta (*glucosúria alimentícia*); b) la injecció d'adrenalina o de floridicina (*glucosúria adrenalínica i floridcínica*), que són unes substàncies que en circular per la sang i arribar al fetge li provoquen una descàrrega de glucogen; c) una lesió a nivell del quart ventricle (*diabetes per picadura*), de la qual parlarem en tractar de les glàndules endocrines; d) l'extirpació del pàncreas o la seva inhibició funcional (*diabetes pancreàtica*).

**132** Els productes de la digestió de les proteïnes són absorbits gairebé en la llur totalitat en forma d'àcids amínics, i en aquesta forma pot trobar-se'ls en la sang circulant. Els àcids amínics al cap de poca estona d'ésser absorbits experimenten un canvi anomenat *desaminació*, que consisteix en la substitució del grup amínic de llur molècula per un àtom d'oxigen o per un oxhidril. Prenem com exemple d'àcid amínic l'alanina i vegem:



Després de la desaminació els àcids amínics són susceptibles de transformar-se, per reducció, en àcids grassos ordinaris. A les parets intestinals i al fetge hi ha uns ferments que s'encarreguen de la producció d'aquest canvis. La desaminació dona lloc al desprendiment d'amoníac, el qual, mercès sobretot a l'activitat de les cèl·lules hepàtiques es transforma en urea. La quantitat d'urea que s'elimina de l'organisme per l'orina és l'índex de la quantitat de proteïnes ingerides com aliment.

Les proteïnes, o millor dit els àcids amínics derivats d'elles en virtut de l'acció dels suc digestius, tenen una doble finalitat: 1.<sup>er</sup> Gairebé tots els àcids amínics, després de desaminar-se, són menats per la sang als teixits, i un cop allí s'oxiden totalment, descomposant-se en aigua o anhídrid carbònic. Aquesta oxidació és per a l'organisme una deu d'energia. 2.<sup>on</sup> Una part d'àcids amínics és, però transformada en matèria viva, substituint la que ha estat destruïda pel desgast o col·laborant a la creixença de l'organisme. Aquests àcids amínics *constructors* tenen una estructura molecular diferent dels àcids amínics *energètics*.

**132** Entre les substàncies nitrogenades ingerides com aliments hi ha les anomenades *nucliproteïnes*. Aquestes substàncies, sota l'acció dels suc de l'aparell digestiu, es descomposen en nucleïna i proteïna; la nucleïna es descompon després, deixant en llibertat àcid nucleic, el qual és absorbit per les parets intestinals. L'àcid nucleic per hidròlisi en el laboratori o per acció intracel·lular es descomposa en àcid fosfòric, bases puríniques, guanina i adenina, bases pirimídiques i un hidrocarbonat (generalment una pentosa). L'àcid nucleic, un cop absorbit, és atacat per uns ferments, d'origen principalment hepàtic i esplènic, anomenats *nucleases*, i dona naixença a uns grups complexos (*nucleòtids*) i després a la guanina i a l'adenina. Per ulterior acció enzimàtica l'adenina i la guanina sofreixen una desaminació i es transformen en xantina i hipoxantina. Finalment, un tercer ferment oxida la xantina i la hipoxantina i dona lloc a la presència d'àcid úric, que és el producte final de la transformació de l'àcid nucleic deguda als ferments. No tot aquest àcid úric és, però, eliminat per l'orina, sinó que una gran part d'ell va al fetge i als teixits, i allí és transformat en altres cossos, un dels quals és la urea. La quantitat d'àcid úric de l'orina no procedeix tampoc exclusivament de les nucliproteïnes de l'aliment, sinó que una part d'ell correspon a la destrucció de les nucliproteïnes de les cèl·lules desgastades pel treball.

**133** L'organisme té unes despeses de matèria mineral que cal atendre. La deu de les sals utilitzades per l'organisme és els aliments. En els vegetals tendres o frescs hi troba l'organisme clorurs, sulfats, carbonats,

fosfats, etc., en solució. En altres combinacions orgàniques hi troba també ferro, iode, fòsfor i sofre, i en els aliments secs hi troba sals en forma cristal·lina, que la saliva s'encarregarà de dissoldre. La majoria de sals ingerides amb els aliments passen de llarg per l'aparell digestiu, sense experimentar cap transformació. Algunes, però, un cop dissoltes pels líquids digestius o per l'aigua de la beguda, són absorbides per simple difusió i circulen per la sang a disposició dels teixits que en sentin la manca com elements constructors o de les glàndules que les necessiten per a finalitats secretòries. Aquelles que hi són de més, bé s'amagatzemen per a ésser requerides a l'hora oportuna, bé són eliminades per via renal o cutània.

**134** Una xifra molt alta correspon, entre els components de l'organisme animal, a l'aigua, i sorprèn extraordinàriament veure que aquesta xifra és gairebé una quantitat constant per a un mateix teixit, sigui el que es vulgui l'animal que es consideri. L'organisme, però, perd molta aigua en forma de vehicle de les excrecions i com resultat final del metabolisme. La constant proporció d'aigua en els teixits i aquesta pèrdua tan considerable en forma d'excreció fan que l'aigua sigui un element de primera necessitat per a la vida. La fam d'aigua s'anomena *set*. La set és per a tots els animals difícil de resistir. El cavall resisteix més fàcilment contra una escassetat d'aliments que contra la manca d'aigua. Un animal assedegat mor quan ha perdut d'aigua un 10 per 100 del pes total del seu cos. La digestió dels ruminants i dels solípedes, i en general dels herbívors, exigeix molta aigua, car el contingut del rumen en els primers, i el del cec i el còlon en els segons, ha d'ésser forçosament fluid. També la sang exigeix per a circular un grau de dilució convenient. Si la sang s'espesseix i no venen noves quantitats d'aigua a diluir-la, l'animal mor fatalment.

**135** Si alimentem un animal, amb un rigor químic absolut, fent-li ingerir una barreja, perfectament calculada, de proteïna, grassa, hidrats de carbó i un complement adequat de sals i d'aigua, observarem amb sorpresa que l'animal, en comptes de prosperar, presenta senyals d'estar defectuosament nodrit, malgrat i que les quantitats d'aquelles substàncies responen perfectament a les teòricament necessàries. Si l'animal en qüestió és jove i es troba en període de creixement, veurem que la creixença s'atura. N'hi ha prou, però, amb afegir a la barreja alimentícia una petita quantitat d'aliment natural, per exemple, llet, i l'animal es nodrirà perfectament i creixerà amb tota normalitat. Existeix, doncs, quelcom, la naturalesa del qual ens és encara completament desconeguda, que actua fins en petitíssimes quantitats, però que és absolutament indispensable en tota dieta alimentícia.

La manca d'aquests elements misteriosos dona lloc també a les anomenades *malalties per carència*, que, cas de no ésser aciençadament atacades, porten irremeiablement a la mort. Aquestes substàncies han estat batejades amb el nom de *vitamines*. Alimentant coloms o gallines exclusivament amb

arròs despelolat es pot observar en ells el beriberi, transtorn nutritiu caracteritzat per paràlisi i polineuritis, que ocasionen la mort, però que poden guarir-se simplement donant-los l'arròs amb la pellofa i tot. Però de dia en dia van descobrint-se propietats vitamíniques en moltes substàncies alimentícies vegetals i animals. La farina de blat, p. e., té una valor nodradora superior a la que li correspondria si ens concretéssim a considerar els seus components químics, i això es degut a la seva gran riquesa de vitamines. La quantitat de vitamines, o l'activitat de les contingudes en els aliments, és molt variable; així, per a evitar el beriberi en un colom alimentat amb arròs pelat són necessaris 2½ grams de carn, o 3 grams de rovell d'ou, o mig gram de llevat.

Es coneixen i descriuen tres tipus principals de vitamina: Les vitamines A, que són les solubles en les grasses i es troben amb abundància en l'oli de fetge de bacallà i en la mantega. Les vitamines B, que són solubles en l'aigua i l'absència de les quals dona lloc al beriberi. Les vitamines C, que són les pròpies dels sucus de determinades fruites (taronja i llimona principalment) i d'algunes altres matèries vegetals (els naps les contenen en abundància). L'absència de les vitamines C en els aliments és responsable de l'escorbut. Les vitamines A i B són indispensables per al creixement dels animals joves.

**136** Ha estat sempre motiu de l'atenció dels fisiòlegs la determinació de les anomenades *ració de manteniment* i *ració de treball*. La *ració de manteniment* o *d'entreteniment* és la integrada per les quantitats mínimes de proteïna, grassa, hidrats de carbó, aigua i sals que són necessàries per a cobrir les despeses de l'animal en repòs. Amb aquesta ració purament conservadora l'animal manté invariable el seu pes. La *ració de treball* o *de producció* és la integrada pels aliments que són necessaris per a subvenir, ultra a les despeses de la conservació, a les de la creixença, treball, engreix, producció de llana o producció de llet.

L'organisme de l'animal en estat de repòs aconsegueix un treball intern que està integrat sobretot per la respiració, les contraccions cardíaques, la masticació, els peristaltismes, les secrecions glandulars, l'hidròlisi i les fermentacions dels aliments, el desprendiment de calor digestiva, l'anàlisi i la síntesi metabòlica i la producció de la calor animal. Una ració conservadora haurà de subvenir a les exigències materials i energètiques que aquest conjunt funcional requereix.

L'organisme animal considerat com objecte d'una explotació haurà de percebre una ració nodradora proporcionada a les despeses que requereixi la producció de treball o de matèria que d'ell s'hagi d'exigir.

Aquestes qüestions formen per si soles un capítol importantíssim de la Zootècnia, i per aquesta raó remetem a aquella ciència als que vulguin conèixer-les detalladament.

## VII. L'ORINA I LA SEVA SECRECIÓ

**137** L'orina és el líquid integrat per la suma de les matèries del desgast cel·lular i pels restes inaprofitables de les reaccions de naturalesa digestiva. Esquemàticament pot dir-se que està composta de:

Aigua

Productes finals del metabolisme nitrogenat: urea, àcid úric, alantoïna, àcid hipúric i creatinina.

Matèria orgànica

Cossos aromàtics: àcid benzoic, eterosulfats de fenol, cresol, etc.  
Substàncies no nitrogenades (en els herbívors) d'origen desconegut.  
Substàncies colorants i moc.

Sals.

Sulfats, fosfats, clorurs i carbonats de sodi, potasi, calci i magnesi.

Per tot el que havem dit en la lliçó anterior es comprèn la presència d'aquestes substàncies en l'orina. Fóra, doncs, per demés que en una obra elemental com aquesta ens entretinguesim ara amb descripcions i amb estudis més detallats de la gènesi dels components de l'orina. Cal, però, que diguem algunes de les característiques més notables de l'orina del cavall, dels bovins i del porc, i passem tot seguit a estudiar la secreció i excreció urinària.

**138** L'orina del cavall no té una *densitat* tan fixa com la d'altres animals. Això depèn de la dieta i sobretot de la seva quantitat d'aigua; de totes maneres pot dir-se que oscil·la entre l'014 i l'050. També, pel mateix motiu, la *quantitat* d'orina eliminada pel cavall en 24 hores és de 4 a 7 litres. L'*olor* de l'orina del cavall és característica i depèn de les substàncies aromàtiques del grup fenòlic que conté. L'orina del cavall és sempre tèrbola a causa de la gran quantitat de carbonats de calç i de magnèsia que té en suspensió; aquesta terbolència es fa encara més intensa si es deixa reposar, sobretot si es produeix en ella la fermentació amoniaca. La *viscositat* d'aquesta orina és deguda a la quantitat variable de mucina, que sempre hi ha en ella. L'orina del cavall quan és fresca té una color groga o groc-vermellosa, degut a l'*urocrama*; però a mida que passen les hores va tornant-se bruna i cada vegada més fosca. La *reacció* de l'orina del cavall és, com la de tots els herbívors, alcalina; però si l'animal està sotmès a una dieta massa rica de proteïnes, es torna àcida.

Heu's aquí, segons Smith, un model d'anàlisi d'orina normal de cavall en repòs i treballant:

	En repòs	Treballat
Quantitat . . . . .	5 litres	4'5 litres
Densitat . . . . .	1'030	1'030
Matèria sòlida (total) . . . . .	230 grams	232 grams
Matèria sòlida orgànica . . . . .	146 »	152 »
Matèria sòlida mineral . . . . .	83 »	80 »
Urea . . . . .	98'4 »	98'4 »
Carbonat amònic. . . . .	13 »	13 »
Amoníac . . . . .	2'5 »	5'4 »
Àcid benzoïc . . . . .	6'5 »	—
Àcid hipúric. . . . .	—	15'6 »
Anhídrid fosfòric. . . . .	1'13 »	1'7 »
Anhídrid sulfúric. . . . .	10'5 »	15'3 »
Altres compostos de sofre . . . . .	7'37 »	7'6 »
Clorurs. . . . .	31'7 »	21'8 »
Oxid càlcic . . . . .	3'4 »	1'7 »
Oxid magnèsic . . . . .	2'8 »	2'5 »
Oxid potàsic . . . . .	33'7 »	27 »
Oxid sòdic . . . . .	2'5 »	1'7 »

**139** L'orina dels bovins s'assembla moltíssim a la del cavall. La seva quantitat en 24 hores és, però, superior, car oscil·la entre 6 i 23 litres; és clara, grogosa i d'olor aromàtica característica; té una densitat inferior a la del cavall, car fluctua únicament entre 1'015 i 1'030. La matèria nitrogenada està aquí representada sobretot per urea i àcid hipúric; aquest àcid no hi manca mai; però en aquesta orina es pot notar que quan la quantitat d'urea és alta la d'àcid hipúric és baixa, i viceversa. Els bous de treball orinen grans quantitats d'àcid hipúric. L'orina dels bovins, com la del cavall, conté molt pocs fosfats.

**140** L'orina del porc s'assembla molt a la dels carnívors. La seva densitat oscil·la entre 1'003 i 1'025. La quantitat diària d'orina fluctua en aquest animal entre 1'5 i 8 litres. Segons l'alimentació, la reacció és alcalina o àcida, i entre els seus components hi ha una gran quantitat d'urea i no hi manca mai àcid úric, àcid hipúric, xantina i guanina. També en les cendres hi ha una grossa proporció de fosfats.

Anem a veure com s'elabora l'orina i el mecanisme pel qual és excretada.

**141** A les nocions de morfologia i topografia del ronyó que havem après en l'Anatomia cal que afegim aquí un breu resum de l'estructura d'aquest orgue. Si partim el ronyó fent un tall longitudinal, veurem a simple vista que s'hi destaquen una zona externa, anomenada *cortical*, de color roja fosca, i una zona interna o medul·lar, de color més pàl·lida. Examinades aquestes zones amb ajut del microscopi, se'ns presenten amb una

estructura molt complexa, els elements de la qual estan esquematitzats en la figura 42. Vegem d'interpretar-la: El ronyó està constituït per una mena de feix de tubets aguantats per teixit connectiu. Cada tubet comença en la zona cortical per una càpsula o dilatació rodona, que és la *càpsula de Bowman*, formada per una sola capa de cèl·lules epitelials. Dintre de la

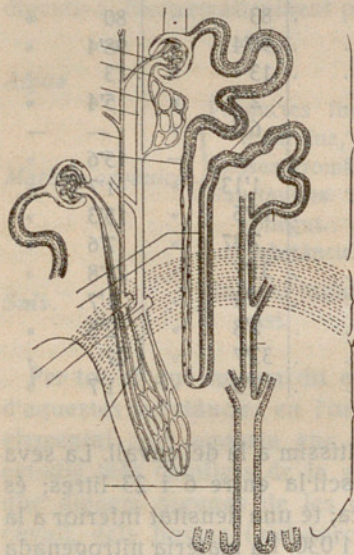


Fig. 42. Esquema de l'estructura tubular i vascular del ronyó. (Gray).

la càpsula de Bowman s'hi apilota un capil·lar arterial, que forma un *glomèrul vascular*. El conjunt de la càpsula de Bowman i el glomèrul vascular s'anomena *cos de Malpigi*. Pel pol oposat a l'entrada vascular es continua la càpsula amb el tubet pròpiament dit, la primera part del qual s'anomena *tub serpiginós proximal*, per ésser tortuós i pròxim a la càpsula; després es fa medullar en forma de ganxo (*nansa de Henle*) i recula cap a la cortical. En arribar novament aquí torna a fer-se tortuós (*tub serpiginós distal*) i va, finalment a desembocar a un tub col·lector, que desaigua (*tub o conducte de Bellini*) a nivell d'un àpex piramidal convergent a la pelvis renal. Els tubs serpiginosos i la part ascendent de la nansa de Henle estan formats per cèl·lules prismàtiques o cúbiques, proveïdes d'un protoplasma granulós, amb grànuls arrengrats en angle recte respecte a la llum del tub, ço que els dona un aspecte de bastonets. La part descendent de la nansa de Henle està formada per un epiteli aplanat. Les parets dels tubs col·lectors estan integrades per cèl·lules cúbiques.

L'artèria renal a nivell de l'origen de l'urèter es divideix en dues branques, cada una de les quals trameta al ronyó múltiples branquetes, les quals en arribar a la zona limitant de la mèdulla i l'escorxa renals, emeten branquillons aferents que van a cada càpsula de Bowman i formen el glomèrul del cos de Malpigi. El calibre d'aquestes arterietes és més gran en entrar a la càpsula que en sortir d'ella. Els capil·lars que formen la terminació dels petits vasos eferents es continuen amb els capil·lars d'origen de les venetes renals, les quals, per anastomosis consecutives, formen les venes renals.

**142** La funció del ronyó és la d'una mena de guardià de la constància de composició química de la sang, fent passar cap a l'orina no solament les substàncies anormals que entrin a la sang sinó també les

quantitats excessives d'elements normals que pugui contenir. L'extirpació d'ambdós ronyons, o llur destrucció o supressió funcionals, produeix la mort de l'animal en un plaç no superior a tres dies i amb un quadro d'intoxicació (*urèmia*). Incidentalment, en el transcurs de les qüestions que havem tractat fins aquí, en diferents lliçons d'aquest llibre, havem citat l'excreció urinària. Els conceptes que havem, doncs, apuntat, ens permetran abreujar i ens serviran per a comprendre el que, a guisa de complement, anem a exposar.

El ronyó és també l'orgue regulador de la reacció sanguínia. Aquesta depèn de la concentració de la sang i de la dels teixits en ions (hidrogenions). Ja sabem que, per virtut de la respiració, s'impedeixen les concentracions d'anhídrid carbònic en la sang; doncs bé, mercès a la funció renal són impossibles les concentracions d'altres àcids, car el ronyó és un orgue extraordinàriament sensible als canvis de reacció sanguínia i respón a les seves variacions eliminant amb l'orina tot excés, bé sigui àcid, bé alcalí. Hi ha en aquest respecte una relació funcional molt íntima entre el ronyó i el pulmó.

És comú entre els fisiòlegs assegurar que el ronyó funciona exclusivament sota l'influència de l'excitant químic que li arriba per via sanguínia, de manera que s'accepta generalment la no existència de veritables nervis secretoris. Darrerament hi han treballs que demostren que el ronyó necessita, per funcionar, ultra l'excitant químic, la perfecta col·laboració dels nervis tròfics, la missió dels quals és conservar la completa integritat dels epitelis de l'estructura renal (Bellido).

**143** S'han enginyat diverses teories per a explicar la formació de l'orina dintre del parènquima renal. Ludwig ha suposat l'orina com el resultat d'un filtratge de la sang a través dels glomèruls de Malpigi i una reabsorció ulterior d'aigua i determinades quantitats de sals. En virtut d'aquel filtratge atravessaria el glumèrul el plasma sanguini sense les proteïnes, i aquet plasma desproteïnat, en arribar als tubets renals, perdria per reabsorció uns quants elements, que tornarien a reingressar al torrent sanguini. Aquesta teoria no és admissible, entre altres motius, pel fet de que, explicant la presència dels composts de l'orina com procedents d'un simple filtratge, caldria suposar que, si en la sang circulant hi ha un 0'02 a un 0'05 per 100 d'urea, i en l'orina n'hi ha un 2 per 100, foren necessaris filtratges de 60 litres de sang o més per arribar a tal xifra.

Heidenhain considera en els glomèruls i els tubets una funció secretòria, a diferència de Bowman, que considera el glumèrul com un orgue de filtratge de l'aigua i les sals, i els tubets com orgues secretòris de la resta dels components de l'orina.

Avui dia sembla poder-se afirmar: a) Que a través dels glomèruls es filtra la sang passivament, passant a les càpsules de Bowman un líquid

que té una composició química idèntica a la del plasma sanguini sense proteïnes; aquest filtratge depèn exclusivament de l'augment de la pressió sanguínia dintre dels glomèruls de Malpigi. b) Que el líquid filtrat i recollit de les càpsules de Bowman es dirigeix cap als tubets i, durant el seu passatge, arreplega més aigua i urea, àcid úric, fosfats, sulfats i altres components urinaris, tots ells en proporcions que varien a compàs dels fenòmens metabòlics de l'organisme. c) Que els tubets posseïxen un poder d'absorció selectiva, per la qual algunes substàncies importants per al cos poden ésser retingudes d'acord amb les necessitats de l'organisme.

**144.** La secreció urinària és constant. La pelvis renal fa de receptacle en forma d'embut, que mena les gotes d'orina cap a l'urèter, i aquest, per una mena de *vía a tergo* i contraccions fibrilars, s'encarrega de fer-les arribar al reservori màxim, que és la bufeta. La superfície interna de la bufeta està revestida de epiteli impermeable. L'orina recollida aquí no torna per reflux cap a l'urèter degut a l'especial disposició anatòmica de la desembocadura vesical d'aquest. Si per circumstàncies qualsevolgues la bufeta no buida el seu contingut, va dilatant-se progressivament de tal manera, que arriba a ocupar, no solament la cavitat pelviana, sinó també una bona part de la cavitat abdominal. Aquesta distensió es verifica sense que, però, augmenti d'una manera proporcional la tensió intravesical, com a primera vista sembla lògic suposar.

L'orifici de sortida natural de la bufeta està regulat per un esfínter que es pot moure a voluntat. L'acte de buidar la bufeta s'anomena *micció* i és ordinàriament voluntari. L'acte de la micció voluntària comprèn dos fenòmens successius: la dilatació de l'esfínter vesical i la contracció de les parets de la bufeta; aquest darrer va acompanyant i ajudat de la contracció dels muscles abdominals i d'una fixació del diafragma.

## VIII. ENDOCRINOLOGIA

**145** Claudi Bernard ha dividit les glàndules en dos grans grups: *glàndules de secreció externa*, que són les que, pel mitjà d'un conducte glandular, aboquen llur secreció a l'exterior, i *glàndules de secreció interna*, que, per no tenir conducte excretor, ho fan directament a la sang. Claudi Bernard descobrí en el fetge propietats de glàndula pertanyent ensems als dos grups. En efecte: el fetge fabrica la bilis (*funció biligènica*), que, ultra ésser un líquid excrementici, és utilitzada pel budell com suc digestiu; però el fetge verifica també l'anomenada *funció glucogènica*, en virtut de la qual transforma la glucosa de la sang en glucogen i aquest novament en glucosa, que torna a la sang. Claudi Bernard, amb sos estudis sobre la glucogènia hepàtica, ha de considerar-se el fundador de l'*endocrinologia*, que és l'estudi de les glàndules de secreció interna anomenades també *endocrines*.

**146** Gley, per a conferir a un orgue el títol de glàndula endocrina, exigeix en ell la concurrència de varies condicions: a) que l'orgue tingui una estructura glandular; b) la possibilitat de regonèixer el producte de la seva secreció, no solament dins de les cel·lules elaboradores, sinó també en la sang provinent de l'orgue en qüestió; c) la demostració d'efectes fisiològics especials de la sang provinent de l'orgue.

Es molt comú veure que es procedeix a l'estudi dels orgues suspectes de posseir funció endocrina utilitzant el mètode elemental d'observar els transtorns inherents a l'extirpació de l'orgue (interpretats com defecte de funció), i contràriament, veient els efectes produïts per la injecció d'extrets d'aquell orgue, bé sobre animals intactes (efectes considerats en aquest cas com excesos de funció), bé sobre animals als quals prèviament s'ha extirpat l'orgue a estudiar. Aquestes maneres de procedir en l'estudi de l'endocrinologia ha sigut font de disputes que encara duren, però ha permès depurar els coneixements actuals sobre un dels capítols més importants de la Fisiologia.

**147** Seguint el criteri eminentment didàctic de Gley, els productes de secreció interna poden dividir-se en:

1<sup>er</sup> Les *substàncies nutritives*, que serveixen per al consum energètic (glucosa d'origen hepàtic, grasses) o per a la reparació sanguinària (proteïnes específiques de la sang).

2<sup>on</sup> Les *substàncies morfogenètiques* o *harmozones*, que són les que serveixen per a la formació dels teixits durant el desenrotllament ontogènic. Els orgues que les segreguen constitueixen el grup de les *glàndules d'acció morfògena* (intersticial del testicle, cos groc, tiroide, timus i hipòfi-

si), o millor dels *productes de secreció amb acció química morfògena*, de naturalesa i manera d'actuar completament desconegudes i per a les quals Gley proposa el nom d'*harmozones*.

3<sup>er</sup> Les *hormones*, que són substàncies que actuen com excitadors específics de funcions. Poden dividir-se en hormones químiques i hormones fisiològiques, segons la mena de funcions que excitin. Una hormona fisiològica típica és la *secretina*, que ha estat estudiada en parlar de la digestió pancreàtica.

4<sup>rt</sup> Les *parahormones* són, finalment, aquelles substàncies excrementícies que tenen propietats excitadores; tal, per exemple, l'anhidrid carbònic sanguini, que excita el funcionalisme respiratori en actuar sobre el centre bulbar; tals, també, la urea i l'amoniac, que exciten el treball defensiu hepàtic i renal.

**148** En el quadre que segueix, degut a Gley, poden veure's classificats els productes de secreció interna segons llur paper:

**PRODUCTES SEGREGATS ORGUES SECRETORS**

		Glucosa . . . . .	Fetge.	
<b>I. Substàncies nutritives. . .</b>	}	Grassa . . . . .	Mucosa intestinal. Cos adipós.	
		Albúmines de la sang . . . . .	Mucosa intestinal (?) i fetge.	
		Substàncies que regulen la producció de sucre . . . . .	Pàncreas.	
<b>II. Harmozones</b> (substàncies reguladores de processos químics o de funcions) . . . . .	}	1. Substàncies mantenidores del recanvi nutritiu . . . . .	Adrenalina com substància mobilitzadora del sucre. . . . .	Suprarenals.
		2. Substància mantenidora del medi intern. . . . .	Antitrombina . . . . .	Fetge.
		3. Substàncies morfogèniques (o d'acció química morfògena). . . . .	(Desconegut)	Glàndula intersticial del testicle i cos groc. Tiroide. Hipòfisi. Timus. Pineal.

## PRODUCTES SEGREGATS ORGUES SECRETORS

<b>III. Hormones . . . . .</b>	D'acció química.	Substància activadora de la tripsina. . . . .	Melsa.
		Substància catabolitzadora (augmentadora dels canvis nitrogenats i respiratoris) . . . . .	Tiroide.
	D'acció fisiològica. . . . .	Secretina. . . . . Adrenalina. . . . . Substància galactogoga. . . . .	Mucosa duodenojejunal Suprarrenals. Placenta.
<b>IV. Parahormones. . . . .</b>		Anhidrid carbònic . . . . . Urea . . . . .	Muscles i glàndules. Fetge.

En la impossibilitat d'estudiar-les totes, degut a la fàlisi d'aquest llibre, resumirem, com poguem, les característiques més notables d'algunes d'elles.

**149** Les *glàndules suprarrenals* o *adrenalíniques*, la topografia i morfologia externa de les quals ja coneixem per l'Anatomia, tenen una estructura força interessant. En efecte, partint per la meitat una suprarrenal, crida l'atenció, de primer antuvi, l'existència d'una *zona externa* o *cortical*, blanca, atapeïda i densa, i d'una *zona interna* o *medul·lar*, de color fosc, i molt menys densa i menys atapeïda. Si la glàndula procedeix d'un animal que fa moltes hores que és mort, la part interna gairebé no hi és. Per això es dona a aquests orgues el nom de *càpsules suprarrenals*. Les cèl·lules que integren l'estructura cortical són polièdriques i granuloses, i es disposen en columnes radiades i formen tres capes: *glomerular* o *externa*, *fasciculada* o *mitja*, i *reticulada* o *interna*. Les de la part medul·lar es reparteixen irregularment; llur protoplasma és molt granulós i pigmentat, i tenen una gran avidesa per les sals de crom, motiu pel qual se les anomena *cromafines*, i a la substància medul·lar, *substància cromafina*. Embriològicament, les zones cortical i medul·lar tenen diferent origen: originàriament la medul·lar forma part del sistema simpàtic primitiu; en canvi, la cortical té origen mesodèrmic. En alguns animals (alguns peixos) la cortical i la medul·lar continuen separades tota la vida, formant orgues anatòmicament independents.

Adisson, en 1855, havent observat que en una malaltia humana, que s'anomena *tisi bronzejada*, les càpsules suprarrenals presenten grans trastorns, assajà en els animals els efectes de llur extirpació i pogué constatar que després d'aquesta operació moren en un plaç de dos a tres dies.

La injecció d'extret de càpsules suprarrenals produeix un augment considerable de la pressió arterial, degut a l'*adrenalina*, que és l'hormona segregada per la part medul·lar. Takamine l'ha obtingut sintèticament, i avui és substància d'un ample camp d'acció en la terapèutica, perquè, ultra la propietat vasoconstrictora, se li coneixen moltes altres propietats. Una injecció d'adrenalina equival, moltes vegades, a una excitació directa sobre el sistema simpàtic. L'adrenalina, en virtut d'això, és un gran excitador de la contracció cardíaca, inhibeix en molts animals els moviments del tub digestiu, produeix l'erecció dels cabells, dilata la pupil·la, etc. L'adrenalina és segregada constantment; però, en virtut d'excitacions determinades, la càpsula suprarrenal augmenta la seva producció. Entre les més eficients hi ha l'excitació de l'extrem perifèric de l'esplànic, que produeix una descàrrega d'adrenalina, palesable per l'augment considerable de la pressió arterial. L'adrenalina actua, com ja sabem, damunt del fetge, descarregant-lo de glucogen, i produeix, per tant, una hiperglicèmia. Aquesta excessiva quantitat de glucosa circulant és neutralitzada tot seguit per la subsegüent activitat del ronyó, que vetlla pel manteniment de la constància de composició química de la sang, i, efectivament, en l'orina pot constatar-se una quantitat de glucosa (glucosúria). El coneixement actual de les propietats funcionals de l'adrenalina ens explica el perquè de la famosa *picadura diabètica* de Claudi Bernard. Claudi Bernard havia observat que punxant el sòl del quart ventricle l'animal orinava glucosa. Avui ens expliquem el fet de la següent manera: La punció del quart ventricle és l'origen de una excitació que es transmet per via nerviosa fins als esplànics, i des d'aquests a les càpsules suprarrenals, descarregant-les de substància cromafina (experiències de Brücke i Negrin). L'adrenalina, o substància cromafina provinent de la càpsula suprarrenal, va a la sang, produint una enèrgica vasoconstricció (experiències de Negrin-Hernández, Guerra, Cervera, Cervera-Houssay i Cannon-Carrasco) i una descàrrega de glucogen hepàtic, seguida d'hiperglicèmia i glucosúria.

Cannon ha demostrat que les excitacions emotives intenses (ràbia, dolor, pór) provoquen també una descàrrega d'adrenalina i els subsegüents efectes (glucosúria i hiperglicèmia).

La part cortical de la glàndula suprarrenal sembla actuar com antitòxica en virtut de lipoides que les seves cèl·lules elaboren i vessen al torrent circulatori.

**150** L'aparell *tiroparatiroide* és la suma de dues estructures glandulars que abans s'anomenaven simplement *tiroides*. Des dels treballs de Gley se sap que el *tiroide* pròpiament dit és una glàndula endocrina d'uns efectes fisiològics diferents dels que són particulars de les *paratiroidees*. En algunes espècies animals el tiroide i les paratiroidees estan més o menys separats, però en la majoria no és molt marcada aquesta separació. El mi-

croscopi ens ensenya, però, que el tiroide és un orgue integrat per cèl·lules glandulars polièdriques que es disposen en fileres tancades a tall de malles d'esponja, dintre de les quals s'hi magatzema una matèria d'aspecte col·loidal, que és el producte de la secreció tiroidiana. Aquest aspecte estructural no es confon amb el de les paratiroidees (fig. 43), les quals estan formades per cèl·lules d'aspecte epitelial, apinyades en massa compacta. Generalment el tiroides consta de dos lòbuls, que estan simètricament situats un a cada costat de la laringi. Les glàndules paratiroidees són comunment quatre i també es tan col·locades simètricament a banda i banda de la laringi.

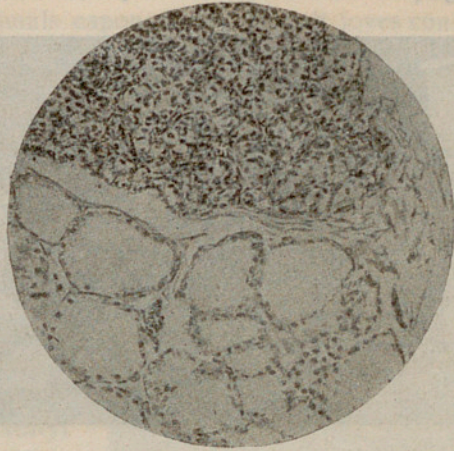


Fig. 43. Tiroide i paratiroide de rata. Preparació histològica vista amb un augment de 200 diàmetres. (Schäfer). Noti's en el tiroide els illots de matèria col·loidal amorfa, i en el paratiroide la seva estructura reticular més rica de cèl·lules.

L'extirpació total de les paratiroidees produeix gairebé sempre la mort de l'animal en un temps que oscil·la entre uns quants dies i unes quantes setmanes. Són molt sensibles els carnívors i, encara que no tant, també ho són els herbívors jovenets. La mort es presenta després d'un quadro de contractures tetaniformes, amb gran rapidesa del ritme cardíac i respiratori i amb augment de temperatura. Algunes vegades es presenta una abundant secreció salival (*ptialisme*), vòmits i diarrea.

Si l'extirpació no ha estat completa (i és suficient deixar una sola paratiroide), l'animal no experimenta el conjunt sindròmic que acabem de relatar; però en els animals deixats així amb una insuficiència paratiroidiana és possible que, en virtut de circumstàncies especials, esclati el quadro de la tetània molt temps després de l'operació (per exemple, durant un embaràs o durant l'alletament).

L'extirpació total del tiroide produeix efectes diferents, segons que l'animal operat sigui adult o jove. En el primer s'observa, al cap d'un temps, engruiximent i sequedat de la pell, amb caiguda del cabell; després l'animal es fa adipós, els múscles perden el to normal, la regeneració dels teixits és lenta, la temperatura baixa, les funcions sexuals es suspensen, una laxitud i apatia es fan ostensibles, i en alguns casos es produeix un mixedema molt visible. Si l'animal operat de tiroidectomia total és jove, el primer símptoma que crida l'atenció és l'atur del creixement, acompanyat d'una defectuosa ossificació de tots els ossos de l'esquelet; el desenrotllament dels orgues

genitals es retrassa i de mica en mica van afegint-se al conjunt els símptomes del cas anterior (fig. 44). La manca total, o gairebé total, d'aquesta glàndula des del naixement produeix en l'espècie humana el *cretinisme*. El



Fig. 44. Dues ovelles germanes de quinze mesos d'edat. La petita fou tiroparatiroidectomitzada als dos mesos. (Sutherland-Simpson).

metabolisme dels animals sense tiroide es verifica amb gran lentitut; es formen dipòsits de greix sota la pell, es disminueix el consum d'oxigen i l'excreta de nitrogen, i s'augmenta la tolerància pel sucre.

Si a un animal sense tiroide se li empelta un tros de tiroide d'animal de la mateixa espècie, desapareixen els símptomes d'aquella *carència*.

Un excés de funció tiroiàtica (*hipertiroidisme*) és experimentalment provocable,

bé pel mitjà de la ingestió de glàndula fresca, bé pel de les injeccions d'extret tiroiàtic. L'hipertiroidisme es caracteritza per rapidesa del pols, gran excitabilitat nerviosa, transpiració molt notable, augment del nitrogen excrementici i del oxigen sol·licitat, desaparició dels dipòsits de matèria grassa, freqüent glucosúria, transtorns digestius, dilatació pupilar i retracció de la tercera parpella (en l'home, *exoftalmia*, tremolors i excitació psíquica, que són símptomes de la malaltia de Graves-Basedow).

**151** El *timus* és un orgue molt desenvolupat en els primers temps de la vida i que va degenerant a mida que l'animal creix. Els dos lòbuls de què, en general, consta el timus, tenen una estructura exacta: una zona cortical i una zona medullar. La primera sembla un conglomerat de cèl·lules limfoidees; la segona és una mena de reticle conjuntiu, dintre del qual hi ha cèl·lules limfoidees i els anomenats corpuscles de Hassal (figura 45), que estan formats per l'apinyament de cèl·lules a l'entorn d'un nucli central, disposició que ha estat comparada a l'aspecte que ofereix una ceba tallada transversalment.

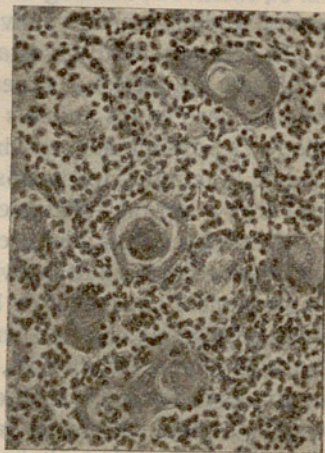


Fig. 45. Microfotografia d'un tall de timus. Vegin-se els corpuscles d'Hassal.

El paper del *timus* com glàndula endocrina és encara molt discutit; sembla, però, que la seva missió és deturar una precoç evolució de les glàndules sexuals. La degeneració del *timus* va, en efecte, seguida d'un despertar dels testicles. Per contra, els animals caponats des de molt joves conserven actiu el *timus* molt més temps que els sencers.

**152** La *melsa* és, d'entre les glàndules sense conducte excretor, la més gran. Més que pel que d'ella sabem anatòmicament que pels coneixements que es tenen avui dia del seu fisiologisme, se la inclou entre els òrgans endocrins. La seva fisiologia és encara enigmàtica. L'opinió de la majoria de fisiòlegs es decanta a considerar-la com un centre de formació dels glòbuls de la sang i el lloc on van a raure les restes dels elements sanguinis, especialment glòbuls roigs, que han sofert un procés de destrucció. En aquest aspecte la *melsa* és una mena de dipòsit del ferro que serveix per a la formació de l'hemoglobina.

Alguns fisiòlegs consideren la *melsa* com glàndula productora del ferment que transforma el tripsinogen en tripsina.

Cal, però, recordar que recents observacions demostren que pot extirpar-se completament la *melsa* sense que l'organisme experimenti cap trastorn greu.

**153** La *pineal*, o *epífisi cerebral*, és una glàndula situada en el tercer ventricle, del qual és una mena d'apèndix. En els animals joves, i especialment en les femelles, és més desenrotllada que en els adults i mascles. La fisiologia d'aquest òrgan, avui encara molt fosca, s'assembla, però, a la del *timus*. Sembla tenir una relació íntima amb la dels òrgans sexuals. Alimentant capgrossos amb glàndula pineal de vedella es retrassa llur metamorfosi, sense impedir, però, la progressiva creixença del cos. L'extret de pineal té uns efectes sedants intensos sobre els casos patològics d'excitació o desvetllament sexual precoç. L'hipopinealisme es caracteritza per aquest excés d'activitat testicular.

**154** La *pituitària* o *hipòfisi*, vista en secció longitudinal, consta d'una part anterior, de naturalesa epitelial, i una part posterior, de naturalesa nerviosa, separades per una substància intermitja. De la part posterior n'ha estat extreta una substància cristal·litzable que al comerç es coneix pels noms de *pituitrina* i d'*hipofisina*. Aquesta substància sembla ésser un complex de substàncies més senzilles, però de funcions diverses.



Fig 45 Dos gossos germans de dotze anys. El de l'esquerra fou hipofisectomitzat als dos mesos. (Aschner).

De la part anterior n'ha estat extret un altre principi actiu, al qual s'ha donat el nom de *tetelina*.

La injecció de pituitrina té uns efectes molt semblants als de l'adrenalina: augmenta la pressió arterial i augmenta el to del múscle cardíac.



Fig. 47. Gossos adults, mascle i femella, poques setmanes després d'haver-los extirpat la hipòfisi. Al costat de cada un d'ells hi ha un control per comparar (Cushing).

També l'extret de lòbul posterior produeix una forta diuresi per acció vascular i per acció específica i directa sobre les cèl·lules renals. La pituitrina fa contraure les fibres musculars de l'estómac, de l'intestí, de la bufeta i de l'úterus, i obra també, fins a cert punt, com galactogoga.

Anàlogament a ço que ha estat dit de l'adrenalina, els extrems de lòbul posterior de la hipòfisi descarreguen de gluco-

gen el fetge i faciliten la producció de la glucosúria alimentícia, per disminució del nivell de l'assimilació del sucre.

L'extirpació completa de la hipòfisi produeix la mort de l'animal en dos o tres dies. Però si els animals són molt joves, es dona el cas que resistixin, segurament degut a la funció compensadora que es deu despertar en altres orgues.

L'extirpació gairebé completa de la hipòfisi en animals juvenets detura llur creixença, retarda l'ossificació, deté el desenrotllament dels genitals i produeix l'adipositat, especialment a nivell dels genitals (figs. 46 i 47).

L'excés de funció hipofisària (*hiperpituitarisme*) no és tan ostensible en els animals com en l'home. Cal, però, fer constar en aquest breu resum, que l'augment de secreció hipofisària dona lloc a l'*acromegàlia* (creixement desmesurat de les extremitats i de la mandíbula inferior) i al *gegantisme*.

**155** El pàncreas ha estat estudiat com glàndula de secreció externa en el capítol de la digestió; cal que el col·loquem ara entre els orgues endocrins. En efecte, dintre del parènquima pancreàtic s'hi troben uns conglomerats de cèl·lules d'aspecte epitelial, denominats *illots de Langerhans*, que tenen una importància extraordinària des del punt de vista del metabolisme hidrocarbonatat (fig. 48).

L'extirpació total del pàncreas produeix la diabetes dita pancreàtica, que acaba amb la mort de l'animal.

La substància que fabriquen els illots de Langerhans ha estat obtinguda per Macleod, s'anomena *insulina* i té unes propietats antidiabètiques intensíssimes, com ha demostrat el mateix Macleod (1923).

**156** En el teixit intertubular del testicle s'hi troben unes cèl·lules de tipus epitelial que foren descobertes per Leydig i el conjunt de les quals s'anomena *glàndula intersticial* (fig. 49).

L'activitat de la glàndula intersticial comença en el testicle jove abans del despertar de les cèl·lules reproductores, i continua manifestant-se en el testicle vell molt després d'haver-se exhaurit la funció reproductora.

Si a l'animal se li suprimeixen la glàndula reproductora i la intersticial (castració completa), experimenta la pèrdua de les característiques sexuals i de l'instint reproductor, i si l'animal castrat és jove, els òrgans genitals no es desenrotllen i resten infantils, i l'esquelet adquireix una fàsis característica, degut sobretot a la major llargada de les extremitats. Aquests trastorns no es presenten si a l'animal operat se l'injecta periòdicament extret testicular. Si l'animal castrat és ja adult, ultra els trastorns d'ordre genital, presentarà una gran laxitud, pèrdua d'energies muscular i nerviosa i tendència a l'adipositat.

En aquests darrers temps s'han polit molt els coneixements que sobre la glàndula intersticial es tenien. Els caràcters sexuals han estat dividits en principals i secundaris, donant-se aquest darrer qualificatiu a tots els que depenen de la secreció interna testicular. En els galls caponats abans de produir-se el desenrotllament complet del testicle, els caràcters secundaris (cresta i barballeres, cant, plomall de mascle i instint reproductor, per no citar sinó els més marcats) no es presenten. En els galls caponats després de la completa formació testicular, els caràcters sexuals secundaris desapareixen ràpidament. És suficient, però, que la castració hagi estat incompletament verificada, és a dir, que hagi quedat sense extirpar una petita part de testicle, perquè el gall, un cop passades les primeres setmanes de l'operació (temps possiblement necessari per a la regeneració de les cèl·lules de Leydig), reprenghi l'interromput desenrotllament dels caràcters secundaris, si es tracta d'un jove, o recobri els caràcters perduts, en el cas d'ésser adult l'animal operat. En ambdós casos l'animal pot aparentment ésser un gall perfecte, però pràcticament és quasi segur que no ho és, perquè el testicle ha deixat d'ésser glàndula de secreció externa.

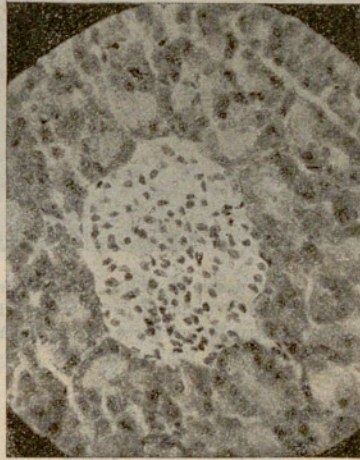


Fig. 48. Illot de Langerhans. Microfotografia d'un tall de pancreas de gos. Vegi's en el centre del teixit pancreàtic (glàndula de secreció externa) un amuntegament de cèl·lules d'estructura diferent (glàndula endocrina)

L'empelt d'un fragment de testicle jove a un animal caponat o a un animal decrepít fa reaparèixer els caràcters sexuals secundaris que havien estat perduts. La lligadura del cordó espermàtic anul·la pràcticament la glàndula externa testicular i sembla produir un augment d'activitat i fins hipertrofia en la glàndula intersticial. Per això Steinach preconitza aquesta operació com pràctica de rejuveniment.

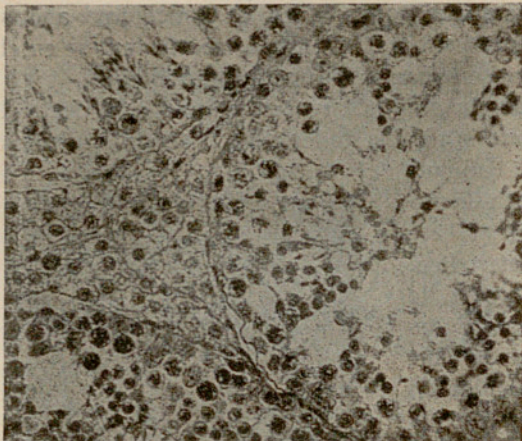


Fig. 49. Cèl·lules intersticials del testicle de gat, formant a la part central esquerra de la preparació un apinyament triangular, comprès entre tres tubs de la glàndula espermato-gènica. (Schäfer).

La castració de la femella jove impideix la presentació de les característiques de la pubertat (úterus i trompes infantils, mamelles atrofiques, etc.) i els dona una marcada propensió a l'adipositat. Tots aquests símptomes no es presenten si a l'animal castrat se li empelta un fragment d'ovari o se l'injecten periòdicament extrems de glàndula ovàrica. Aquests extrems tenen una acció galactogoga molt notable. Si al començament de l'embaràs es suprimeix la secreció ovàrica (castració), l'embrió no segueix el desenvolupament. Aquesta manifestació d'insuficiència lútea no ha estat encara fins avui compensada pels extrems ovàrics.

**157** L'ovari té també una secreció interna, de la qual estan encarregades les cèl·lules del *cos groc*. La supressió d'aquesta secreció és, respecte la femella, una cosa molt semblant a la de la glàndula intersticial en el mascle. La castració de la femella jove impideix la pre-

sentació de les característiques de la pubertat (úterus i trompes infantils, mamelles atrofiques, etc.) i els dona una marcada propensió a l'adipositat. Tots aquests símptomes no es presenten si a l'animal castrat se li empelta un fragment d'ovari o se l'injecten periòdicament extrems de glàndula ovàrica. Aquests extrems tenen una acció galactogoga molt notable. Si al començament de l'embaràs es suprimeix la secreció ovàrica (castració), l'embrió no segueix el desenvolupament. Aquesta manifestació d'insuficiència lútea no ha estat encara fins avui compensada pels extrems ovàrics.

## IX. EL SISTEMA MUSCULAR

**158** Hi ha tres menes de fibres musculars: *fibra muscular llisa*, *fibra muscular estriada* i *fibra muscular cardíaca*. D'aquesta última ja ens n'hem ocupat. Anem, doncs, a ocupar-nos ara succintament de les dues primeres. Les fibres musculars llises, anomenades també involuntàries, són les que formen la túnica muscular de les parets vasculars i digestives, l'úterus i participen en l'estructura de la majoria de les vísceres toràciques i abdominals. Les fibres estriades formen els múscles esquelètics i s'anomenen voluntàries perquè són sota el domini de la voluntat.

Les fibres musculars llises, o *fibrocèl·lules* de Kölliker, són cèl·lules en forma de fus, allargades, una mica més amples a la part central, a causa d'ésser-hi el nucli, que en la resta de llur extensió. El protoplasma, finament granulós, està contingut dins d'una finíssima membrana cel·lular. El nucli és ric de cromatina i molt visible. Aquestes fibres rares vegades són individualment lliures. En general formen feixos units per teixit conjuntiu (figura 50).

Les fibres estriades representen els darrers elements, als quals s'arriba per dissociació mecànica dels múscles esquelètics o voluntaris. En la fibra estriada vista amb el microscopi s'hi han de considerar: a) el *sarcolema*, que és la membrana finíssima que rodeja la fibra muscular; b) els *nuclis*, que són múltiples i estan orientats en el sentit de la longitud fibrilar; c) la *matèria estriada*, que representa el protoplasma de les cèl·lules musculars (figura 51). L'examen de la figura ens estalviarà la descripció dels elements principals de l'estriació. Unes quantes fibres musculars s'uneixen entre si i formen els *primers fascicles* musculars mercès al teixit conjuntiu. Aquests feixos s'uneixen a altres i formen els *fascicles secundaris*; i, finalment, la unió d'uns quants fascicles secundaris relligats per una *aponeurosi*, o membrana comú, formen el múscle. A les fibres musculars estriades van a parar-hi les ex-

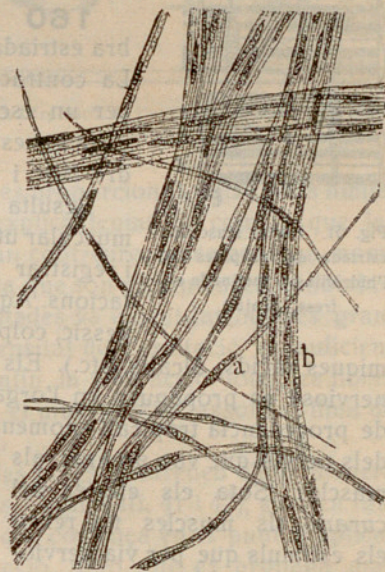


Fig. 50. Fibres musculars llises de la bufeta de la granota. a, fibra solta; b, feix de fibres. (Cajal).

citacions centrals per fibres nervioses motrius. També de les fibres musculars arrenquen filaments nerviosos de naturalesa sensitiva, que porten als centres nerviosos les excitacions musculars.

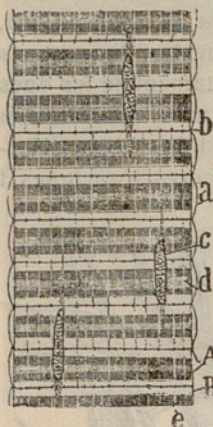


Fig. 51. Fibra muscular estriada de les potes de l'hidròfilus, examinada en fresc. (Cajal).

159 Químicament el teixit muscular conté un 75 per 100 d'aigua i un 25 per 100 de matèria sòlida, un 20 per 100 de la qual correspon a les proteïnes i en la resta s'hi troba grassa, glucogen, inosita i substàncies nitrogenades extractives (creatina, xantina i hipoxantina). Poc després de la mort de l'animal les proteïnes musculars es coagulen i donen a la carn una duresa i rigidesa característiques (*rigor mortis*).

160 Els múscles voluntaris, millor dit, els de fibra estriada, responen a les excitacions contraient-se. La contracció muscular es caracteritza a simple vista per un escurçament i engruiximent del múscle, però, ultra aquests fenòmens, porta involucrats canvis d'ordre físic i químic d'un interès extraordinari.

Resulta molt còmode per a l'estudi de la contracció muscular utilitzar el múscle gastrocnemi de la granota i registrar pel mètode gràfic els efectes de les excitacions. Aquestes poden ésser mecàniques (punxada, pessic, colpeix), físiques (calor, fred, electricitat) i químiques (àcids, àlcalis, etc.). Els estímuls o excitants naturals de la fibra nerviosa es propaguen en l'organisme per via nerviosa. Hi ha substància de procedència tropical, anomenada *curare*, que paralitza les terminacions dels nervis que van a parar als múscles. Sota els efectes del *curare* els múscles no reben els estímuls que per via nerviosa van dirigits a ells; però malgrat l'acció isoladora, del *curare* els múscles són capaços de respondre a les excitacions que se'ls apliquin directament.

161 Els canvis físics experimentats pel múscle durant la contracció poden seguir-se perfectament en una preparació neuromuscular de granota (figura 52), formada per la dissecció en sistema d'un múscle gastrocnemi amb el seu tendó i un bocí de fèmur, corresponent a la banda de la inserció, i el nervi ciàtic del mateix costat. Aquest sistema neuromuscular pot disposar-se en la forma que indica la figura 53,

Fig. 52. Manera de procedir a l'obtenció d'una preparació neuro-muscular de granota. (Abderhalden).

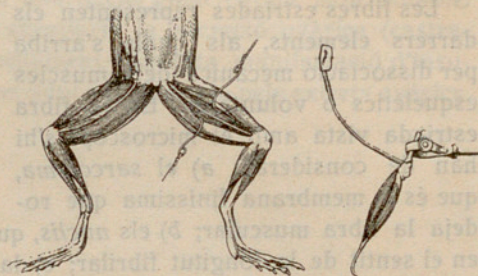


Fig. 52. Manera de procedir a l'obtenció d'una preparació neuro-muscular de granota. (Abderhalden).

i d'aquesta manera damunt del cilindre incriptor aniran dibuixant-se els moviments de la palanca, que són la traducció fidel dels canvis de longitud experimentats pel muscle. A cada excitació simple el muscle respon amb una contracció també senzilla, i la palanca s'aixeca i descriu damunt del paper una línia ascendent. En cada contracció simple (figura 54) s'han de tenir en compte, però, tres parts: una compresa entre el moment de l'excitació i l'iniciament de la contracció (període de latència que és molt variable); una que és la corresponent a l'escurçament del muscle (línia ascendent de la gràfica), i, finalment, una que correspon a la relaxació muscular, en virtut de la qual el muscle retorna a la primitiva condició.

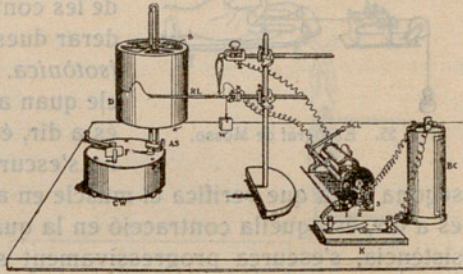


Fig. 53. Disposició de l'utilatge per a registrar gràficament la contracció muscular.

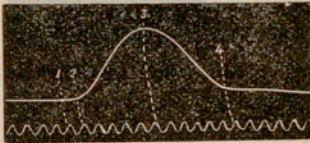


Fig. 54. Contracció muscular simple del gastrocnemi de la granota. (Waller). De 1 a 2 és el període latent; de 2 a 3 correspon a l'escurçament muscular; de 3 a 4, a la relaxació. Les oscil·lacions uniformes de l'ondulada inferior equivalen cada una a una centèsima de segon.

La intensitat de la contracció muscular és proporcional, entre certs límits, a la intensitat de l'excitació. Aquest fet s'explica tenint en compte que les excitacions molt febles sobre un muscle fan contreure únicament un nombre reduït de fibres musculars; però a mida que són més intenses, el nombre de fibres excitades va essent també més gran. Quan la intensitat de l'excitació és suficient perquè en sentin la seva acció totes les fibres que integren el muscle, s'ha assolit el límit de l'excitabilitat.

Els muscles no es contreuen d'una manera global (vegi's Capítol III, 41 i 42), sinó en forma d'onada que comença en el punt d'aplicació de l'excitació, però que es propaga amb una rapidesa considerable (de 5 a 6 metres per segon en els mamífers).

Quan un muscle es contreu s'escalfa, i quan es relaxa es refreda. La temperatura ambient influeix també sobre la contracció muscular: els descensos tèrmics la favoreixen; les elevacions la perjudiquen.

L'amplitud i intensitat de contracció d'un muscle van disminuint a mida que va rebent noves excitacions, i arriba un moment en el qual no respon als estímuls; aquesta indiferència enfront de l'excitació és la *fadiga*. La rapidesa de presentació de la fadiga depèn sobretot del pes que el muscle tingui d'alçar. La fadiga pot registrar-se gràficament pel mitjà dels *ergògrafs*. La figura 55 ens representa el model clàssic de Mosso, amb el qual

s'obtenen gràfiques de fatiga muscular com la representada en la figura 56, la característica de les quals és la minva d'altitud de cada contracció respecte la immediata anterior, fins arribar a la impotència, representada per l'horitzontal.

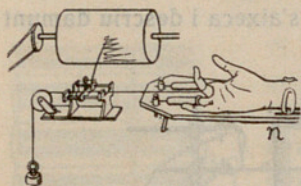


Fig. 55. Ergògraf de Mosso.

**162** En la *miografia*, o registre gràfic de les contraccions musculars, s'han de considerar dues menes de contracció: *isomètrica* i *isotònica*. La primera és la que verifica un muscle quan aixeca un pes relativament molt gran, és a dir, és la contracció en la qual el muscle no s'escurça gaire, però es posa molt tens. La

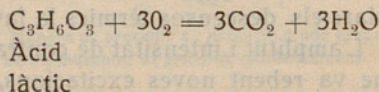
segona és la que verifica el muscle en aixecar un pes relativament lleuger, és a dir, és aquella contracció en la qual el muscle, un cop vençuda la resistència, s'escurça progressivament sense canviar de tensió.

Un *miògraf isomètric* és el representat en la figura 57, i un *miògraf isotònic* serà el representat en la figura 58.

**163** Després de la contracció muscular ve la relaxació. A cada excitació simple el muscle respon amb una contracció senzilla, a la fi de la qual hi ha un retorn a la primitiva condició de repòs; però si a seguit d'una excitació en ve una altra i moltes més, amb una rapidesa tal que no dongui temps a la verificació dels elements terminals, es produeix una *suma d'excitacions* que es tradueix per una forta contracció espasmòdica que s'anomena *tètanus*.

**164** Els muscles durant la vida consumeixen constantment una grossa quantitat d'oxigen del que els ofereix la sang, i fan passar a aquesta l'anhídrid carbònic que resulta de llurs combustions. Durant la contracció muscular aquestes xifres s'augmenten extraordinàriament i al costat de l'anhídrid carbònic s'hi troba també àcid làctic.

Aquest àcid, passada la contracció i en presència de noves quantitats d'oxigen s'oxida i es descomposa en aigua i anhídrid carbònic:



Quan els muscles contenen una grossa quantitat d'àcid làctic experimenten la sensació de fatiga i són

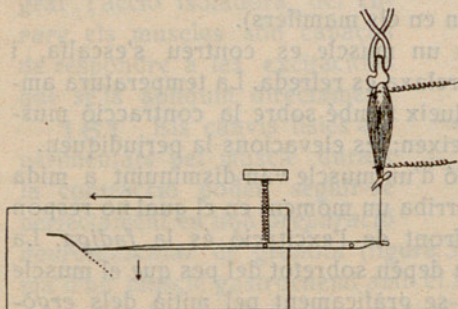


Fig. 57. Miografia isomètrica. (Pi Suñer).

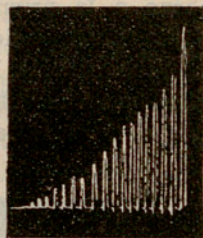


Fig. 56. Ergograma.

inexcitables. L'àcid làctic favoreix la coagulació de les proteïnes; per això en els animals morts en plena fadiga el *rigor mortis* es presenta molt aviat. Desfadigar i retornar la contractilitat als múscles és alliberar-los de l'àcid làctic.

**165** La contracció de les fibres musculars llises és de durada superior a la de les estriades i té un període de latència considerable. L'electricitat induïda és per a les fibres llises menys activa, com excitant, que la contínua, i les contraccions de resposta tenen tendència a produir-se rítmicament.

Les fibres musculars llises tenen una particularíssima tendència a conservar-se indefinidament en un estat de semicontracció o tonus.

Els excitants naturals d'aquestes fibres arriben a elles per via nerviosa. Moltes vegades pot constatar-se que la musculatura de fibra llisa està proveïda d'un doble filament nerviós, amb un dels elements conductor d'estímuls per a provocar la contracció i l'altre per a la conducció dels estímuls relaxadors.

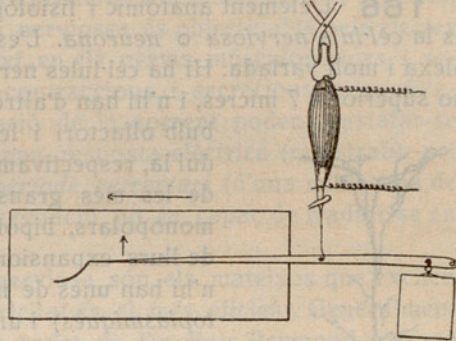


Fig. 58. Miografia isotònica. (Pi Suñer).

## X. EL SISTEMA NERVIÓS

### a) Fisiologia general

**166** L'element anatómic i fisiològic fonamental del sistema nerviós és la *cèl·lula nerviosa* o *neurona*. L'estructura d'aquesta *cèl·lula* és complexa i molt variada. Hi ha *cèl·lules* nervioses que tenen un cos de tamany no superior a 7 micres, i n'hi han d'altres que el tenen de més de 70 (les del

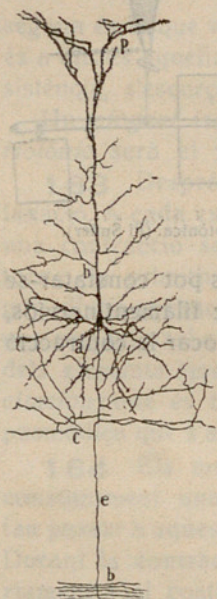


Fig. 59. Cèl·lula piramidal del cervell del conill. a, expansions protoplàsmiques (dendrites); e, cilindre-eix. (Cajal).

bulb olfatori i les de la banya anterior de la mèdulla, respectivament). També la forma és susceptible de les més grans variacions; així n'hi ha que són monopolars, bipolars i pluripolars, segons el nombre de llurs expansions. D'aquestes expansions cel·lulars n'hi han unes de molt ramificades (*dendrítiques* o *protoplàsmiques*) i una que no es ramifica i que en tot cas emet alguna branca en angle recte (*cilindre-eix*, *àxon* o *filament de Deiters*) (fig. 59). El nucli de les *cèl·lules* nervioses és ric de cromatina i molt visible. El protoplasma cel·lular està solcat per una xarxa de finíssims filaments (*neurofibretes*) que, procedents de les expansions dendrítiques, travessen el cos cel·lular i convergeixen cap al cilindre-eix. Ja veurem més endavant que la corrent nerviosa, menada per les *neurofibretes*, es propaga centrípetament en les expansions protoplàsmiques i centrífugament en el cilindre-eix.

Entre les *cèl·lules* nervioses que formen la part noble del teixit nerviós s'hi troben unes *cèl·lules* molt riques d'expansions, però sense cilindre-eix. Aquestes *cèl·lules*, anomenades *cèl·lules de neuròglia*, venen a fer d'esquelet. Darrerament se'ls atribueix un paper de glàndula endocrina.

S'havien cregut dues entitats diferents, la *cèl·lula* i la fibra nerviosa. Avui la fibra nerviosa és admesa com una expansió del cilindre-eix. Els *nervis* són la suma d'unes quantes fibres nervioses que segueixen un mateix curs. Hi han dues menes de fibres nervioses: *mielíniques* o *medul·lades*, i *amielíniques* o *de Remak*. Les primeres estan folrades d'una mena de vernís greixós (banda de mielina); les segones, no.

Les fibres nervioses poden acabar lliurement o poden fer-ho en aparells especials i dels quals ens ocuparem a son torn. Solament direm aquí que

aquestes terminacions nervioses es divideixen en *motrius*, *sensitives*, *glandulars* i *sensorials*.

**167** La missió de les fibres nervioses solament és la conducció de la corrent nerviosa. Aquesta conducció té lloc únicament en un sentit. Des d'aquest punt de vista les fibres nervioses es divideixen en *afereents* i *efe-reents*. Les primeres menen les excitacions cap al centre nerviós; les segones les menen del centre a la perifèria. Les primeres són *sensitives*; les segones, *motrius*. La fisiologia de les fibres nervioses és objectivable pels efectes registrats en els orgues terminals; així, en els nervis músculomotors i se-cretoris glandulars es tradueix per contraccions i secrecions, respectiva-ment. No obstant, durant la propagació de la corrent poden constatar-se en el nervi dos fets interessants: *a*) una resposta elèctrica (registrable pel galvanòmetre); *b*) la presència d'un *període refractari* (d'una mil·lèsima de segon), durant el qual una nova excitació no és capaç de traduir-se en contracció muscular.

**168** Els excitants de la fibra nerviosa són els mateixos que exciten la fibra muscular. No obstant, l'electricitat és el més eficient. Generalment s'usa en Fisiologia la corrent d'un rodet de Du Bois-Reymond, perquè l'electricitat induïda és més enèrgica com estimulant i pot controlar-se fà-cilment. L'aplicació d'un simple xoc d'inducció damunt d'un nervi motor produeix en el punt del contacte una excitació que es propaga cap al mus-cle i el fa contreure. Quan s'inclou el nervi motor d'un sistema neuro-muscular de granota en el circuit d'una corrent contínua s'observa una contracció del muscle en tancar el circuit i una altra en obrir-lo; però entre aquests dos moments, és a dir, mentre es verifica el pas de la corrent, tenen lloc en el nervi un conjunt de canvis d'excitabilitat, conductibilitat i electromotivitat que es coneixen amb el nom d'*electrotonus*. L'excitació d'un nervi varia, en condicions normals, amb la intensitat de la corrent excitadora en la forma que es pot veure en el quadro que segueix (*Ilei de Pflüger*):

Intensitat.	Corrents ascendents		Corrents descendents	
	Tancament del circuit	Obertura del circuit	Tancament del circuit	Obertura del circuit
Feble	Batzegada	Indiferent	Batzegada	Indiferent
Mitjana	Batzegada	Batzegada	Batzegada	Batzegada
Forta	Indiferent	Batzegada	Batzegada	Indiferent

**169** Són molt interessants els canvis electro tòncics de l'excitabilitat i de la conductibilitat dels nervis. Suposem que, tal com marca la figura 60, tenim preparada una pota de granota o simplement un sistema neuromuscular, i damunt de l'extrem més distal del nervi apliquem els elèctrodes impolaritzables d'unes piles de Grove (G) reunides en tensió; intercalem al circuit una clau de curt circuit (c) i un commutador (C) que permeti reinvertir la direcció de la corrent.

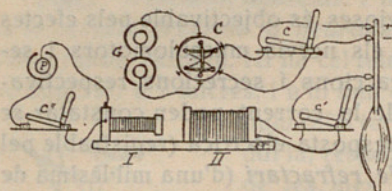


Fig. 60. Influència del pas del corrent sobre l'excitabilitat nerviosa. (Stirling).

Aquesta corrent electrotonitzadora o polaritzant es fa sentir en tancar la clau c. Entre el punt d'aplicació d'aquesta corrent i el múscle s'apliquen els elèctrodes ordinari d'una corrent provinent d'una bobina de Du Bois-Reymond alimentada per una pila (P). Per a procedir a l'experiment comencem per tetanitzar el muscle, separant fins el màxim la bobina secundària de la bobina primària i obrint la clau c d'aquella. Amb els xocs d'inducció molt febles no s'obtenen contraccions, però aproximem gradualment les dues bobines fins a aconseguir que els xocs d'inducció siguin suficientment intensos per a provocar la contracció. La distància de separació de les dues bobines pot, en aquest moment, considerar-se com la mesura de l'excitabilitat del nervi. Fem que passi ara la corrent polaritzant i que es produeixi en sentit descendent, és a dir, que l'elèctrode negatiu sigui el més pròxim al muscle (tal com es veu en la figura). Sota la influència del veïnatge del pol negatiu, o càtode, les parts veïnes del nervi, sobretot les que són per damunt dels elèctrodes excitadors pertanyents al rodet de Du Bois-Reymond, presenten un augment d'excitabilitat (*catalectrotonus*), acusat de tal manera que els xocs d'inducció que abans provocaven una simple contracció donen lloc ara a una perfecta tetanització del muscle.

Invertint el sentit de la corrent polaritzadora, és a dir, fent-lo ascendent, l'excitabilitat disminueix (*anelectrotonus*).

**170** Les fibres nervioses, en circumstàncies normals, actuen de conductors passius de les excitacions: les dendrites les menen al cos de la cèl·lula, però en arribar a aquest nivell es fa sentir l'acció cel·lular operant damunt d'elles una transformació i deixant-les seguir llur curs centrífugament per via cilindreaxil. El cos de la cèl·lula nerviosa radica topogràficament en els centres nerviosos. Pot dir-se, d'una manera esquemàtica, que la matèria gris dels centres nerviosos està formada pels cossos de les cèl·lules nervioses, les expansions dels quals formen primerament la matèria blanca central i després els nervis perifèrics. Les expansions cilindreaxils de les cèl·lules nervioses sensibles estan en contacte, en els centres ner-

viosos, amb les primeres arrels dendrítiques de cèl·lules nervioses motrius que, tenint el cos en plena matèria gris, emeten un cilindre-eix que va a parar a un múscle o glàndula, sobre el quals deixen sentir els efectes de l'excitació que ha estat recollida per les dendrites de les cèl·lules sensitives. Aquest engranatge de cèl·lules sensitives i motrius, del qual pot veure-se'n un exemple en la figura 61, constitueix ço que s'anomenen *arcs reflexes*. La característica essencial de la vida és el poder de reaccionar enfront de tot estímul en forma d'accions reflexes. La vida és un conjunt d'actes reflexes de complexitat variable. Responent a excitants exteriors, els animals ataquen i es defensen i cerquen els aliments. Mercès als reflexes, l'organisme forma un conjunt harmònic, el control del qual és funció encomanada al sistema nerviós central, que és el transformador de les excitacions perifèriques en actes de resposta adequats.

**171** Gley ha definit els reflexes, dient: Són impressions que en els centres nerviosos es transformen en accions sense intervenir-hi per a res ni la voluntat ni la consciència. Perquè un reflexe sigui possible calen tres factors: via sensible o aferent, centre nerviós i via centrifuga o eferent. Totes les variacions que pugui experimentar un reflexe dependran d'aquests tres factors.

Pflüger, experimentant amb granotes, ha concretat en forma de lleis la producció dels fenòmens reflexes:

1.<sup>er</sup> *Llei de la unilateralitat*. — Una irritació de la pell d'un membre posterior determina un moviment reflexe dels múscles del mateix membre, és a dir, dels múscles els nervis motors dels quals surten del mateix costat de la mèdulla i del mateix nivell pel qual hi arriben les fibres sensitives excitades.

2.<sup>on</sup> *Llei de la simetria*. — Si l'excitació és de més forta intensitat, la reacció motriu es fa sentir també en la pota de l'altre costat, és a dir, pels nervis motors simètrics.

3.<sup>er</sup> *Llei de la irradiació*. — Si la intensitat de l'excitació és encara més pujada, la reacció motriu s'estendrà a fibres centrifugues de nivells diferents.

4.<sup>rt</sup> *Llei de la generalització*. — Si les excitacions són suficientment intenses per a guanyar el bulb i la protuberància, la reacció es propaga en totes direccions.

**172** Abans de passar a l'estudi de la fisiologia especial dels òrgues que formen el sistema nerviós central, cal que cloguem el resum d'aquestes nocions de fisiologia general de la cèl·lula nerviosa dient quatre pa-

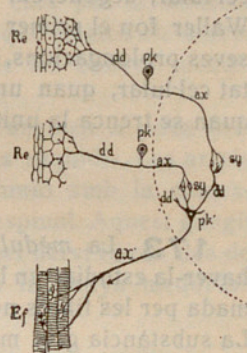


Fig. 61. Esquema d'un arc reflexe. (Sherrington).

raules sobre el paper tròfic de la neurona. La neurona és un centre tròfic, efectivament; si seccionem un nervi motor qualsevol, observarem que el fragment perifèric, al cap de molts pocs dies, deixa d'ésser excitable. Aquest fenòmen és degut a que les fibres nervioses (o cilindreaxils) que el formen han perdut llur continuïtat amb el cos de llurs corresponents neurones, i, mancades de la vitalitat que els prové del cos cel·lular, *degeneren*. Aquesta degeneració s'anomena *walleriana*, perquè Waller fou el primer en descriure-la. La cèl·lula nerviosa, amb totes les seves prolongacions, és, ja ho havem dit, una unitat cel·lular, i en tota unitat cel·lular, quan una part qualsevulla és separada de la resta, és a dir, quan se trenca la unitat, solament segueix vivint la que conserva el nucli.

### b) Fisiologia especial

**173** La *mèdul·la espinal* ens és, morfològicament, coneguda per haver-la estudiat en l'Anatomia (1). La substància blanca medul·lar està formada per les fibres nervioses mielíniques disposades en sentit longitudinal. La substància gris medul·lar està formada per cèl·lules nervioses orientades en el sentit de les dues banyes anterior i posterior. Cercant relacions de contigüïtat o engranatge amb les expansions de les cèl·lules de la substància gris, penetren dins d'aquesta, per la banda posterior o superior, nombroses fibres nervioses mielíniques que en la part terminal estan guarnides de fines arboritzacions. Els cilindre-eixos de les cèl·lules de la banya

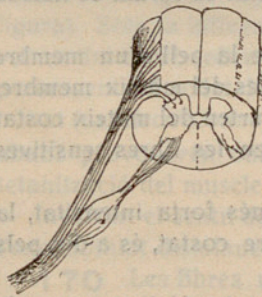


Fig. 62. Origen dels arrels dels nervis raquidis. (Edinger).

anterior o inferior es reuneixen per segments, i en forma de cinta o cordó, travessen la substància blanca i constitueixen l'arrel anterior o inferior dels nervis raquidis. Les arrels posteriors o superiors d'aquests mateixos nervis estan formades pels cilindre-eixos de les cèl·lules que tenen el cos en el si del gangli espinal corresponent. Aquestes arrels posteriors són centrifugues i entren a la matèria gris de la mèdul·la per les banyes posteriors, previ llur passatge a través de la matèria blanca (fig. 62).

En la mèdul·la espinal s'han de tenir present tres regions fisiològicament diferents: cervical, toràctica i lumbar, sota la jurisdicció de les quals hi ha òrgans i regions diversos de l'organisme. D'una manera general, en totes les seccions medul·lars pot constatar-se, però, que les cèl·lules de la banya ante-

(1) Vegi's *Anatomia dels animals domèstics*, de R. Danès i Casabosch. Text d'Ensenyament Postal de l'Escola Superior d'Agricultura de la Mancomunitat de Catalunya, en premsa.

rior són, d'un cap a l'altre de la mèdul·la, més grans que les de la banya posterior, i llurs àxons responen a una certa unitat de trajectòria. Els de la banya posterior no responen a aquesta unitat, car així com n'hi han unes que tenen un cilindre-eix curt que fineix amb arboritzacions que s'expansionen en plena matèria gris, n'hi han d'altres els àxons de les quals van a la matèria blanca, formen branques ascendents i descendents i participen en la formació estructural de les vies que fan curs per la matèria blanca. En les regions toràcica i lumbar, que són les que emeten els nervis de les respectives extremitats, les cèl·lules nervioses de les banyes medul·lars anteriors són molt nombroses.

**174** Les arrels medul·lars anterior i posterior s'uneixen a poca distància del lloc de llur emergència i formen els nervis raquidis. Les arrels posteriors presenten, entre el lloc d'emergència i el d'unió amb la corresponent anterior, un engruiximent, que és el gangli espinal. Aquest gangli està format per fibres nervioses bipolars, que reben pel nervi fibres des de la superfície i emeten, en canvi, llur cilindre-eix cap a la banya medul·lar posterior. Segons la llei de les degeneracions wallerianes que havem estudiat (fig. 63), podrem constatar que: *a*) una secció de l'arrel anterior produeix una degeneració de les fibres motrius del nervi raquidi; *b*) una secció de l'arrel posterior, per damunt del gangli, produeix la degeneració de les fibres sensibles compreses entre el gangli i la banya posterior; *c*) una secció del nervi després de la juntura de les dues arrels va seguida de la degeneració de les fibres motores i sensibles de tot el nervi; *d*) una secció de l'arrel posterior per sota del gangli produeix la degeneració de les fibres sensibles des d'aquest punt fins a l'origen.

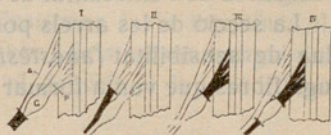


Fig. 63. Esquemes de Yeo per a demostrar la degeneració consecutiva a la secció dels arrels raquidis.

**175** A part de les fibres de les arrels anteriors i posteriors hi ha també un gran nombre de fibres que entren a la substància gris procedents de la substància blanca (fig. 64). Aquestes fibres s'anomenen col·laterals i poden dividir-se esquemàticament en quatre grups: *a*) de la banya anterior; *b*) de la banya posterior; *c*) de la columna de Clarke; *d*) comissurals o de trànsit, que van d'un costat a l'altre de la matèria gris medul·lar.

**176** La missió de la mèdul·la en l'organisme és: 1.<sup>er</sup>, actuar de centre de reflexes, i 2.<sup>on</sup>, menar els impulsos cap als centres cerebrals superiors i cap als nervis raquidis, que són els encarregats de fer-los arribar als teixits.

**177** Les vies medul·lars de conducció d'excitacions són de dues menes: *ascendents* i *descendents*.

## Vies descendents

Fascicle piramidal directe.  
 Fascicles piramidals laterals:  
 a) Creuat o hèterolateral.  
 b) Homolateral.  
 Fascicle rubroespinal.  
 Fascicles pròpiespinals.  
 Fascicle vestibuloespinal.

## Vies ascendents

Fascicle directe o dorsoespino-cerebel·lar (feix de Flechsig).  
 Fascicle superior o posterior mitjà (cordó de Goll).  
 Fascicle superior o posterior lateral (cordó de Burdach).  
 Fascicle ventrolateral ascendent o ventroespino-cerebel·lar (feix de Gowers)

**178** Una secció completa de la mèdul·la a nivell de la part més posterior de la regió toràcica produeix immediatament la pèrdua total dels moviments i de la sensibilitat de les extremitats posteriors, i després una desaparició de la tonicitat vascular amb dilatació passiva dels vasos sanguinis. La regulació tèrmica d'aquestes extremitats deixa d'efectuar-se. La defecació i la micció es converteixen en veritables actes reflexes.

L'hemisecció medul·lar al mateix nivell va seguida de paràlisi muscular i sensitiva de l'extremitat abdominal del mateix costat.

La secció de les arrels posteriors dels nervis raquidis produeix la pèrdua de sensibilitat (*anestèsia*) en tota la regió que emet en direcció centrífuga fibres que van a formar el nervi raquidi corresponent.

La secció de les arrels motores dels nervis raquidis va seguida de paràlisi motora de tots els òrgans inervats pel nervi corresponent.

**179** La mèdul·la és un gran centre de reflexes, i ja havem dit abans ço que a propòsit dels reflexes ens permet dir una obra elementalíssima com vol ésser aquesta. Únicament ens cal afegir aquí que en la mèdul·la espinal hi ha centres locals associats a arcs reflexes corresponents als vasos sanguinis i a les glàndules sudorí-pares. En les regions lumbar i sacra hi ha centres per a la micció, la defecació, l'erecció i el part. Tots aquests centres funcionen sota el control dels centres superiors; però quan llur comunicació amb les parts superiors s'interromp totalment o parcialment, adquireixen

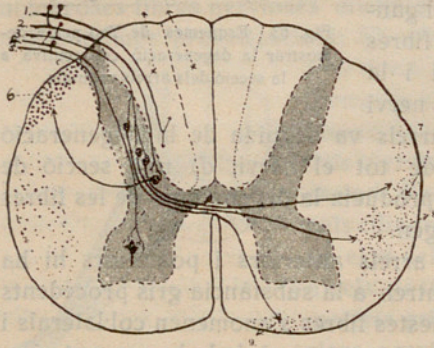


Fig. 64. Esquema per aclarir la terminació medul·lar de les fibres aferents perifèriques i l'origen de les vies centrals secundàries. 1, feixos de fibres que es fan ascendents en arribar al cordó o columna posterior; 2, fibres que van a parar a les cèl·lules de la columna de Clarke; 3, fibres que s'arboritzen prop de cèl·lules situades dintre de la banya posterior i de la matèria gris intermitja; 4, fibres que fan com les anteriors als voltants de cèl·lules de la banya anterior; 5, fibres que s'arboritzen en plena substància blanca de la columna lateral; 6, via directa espino-cerebel·losa dorsal; 7 i 8, cordó de Gowers; 9, tractus ascendent de la columna anterior. (W. Page May).

una més gran autonomia i llur actuació és la de centres exclusivament directores dels reflexes corresponents.

**180** En la massa encefàlica, fisiològicament considerada, cal repartir les funcions en tres grans regions: anterior, mitjana i posterior. La primera comprèn el cervell pròpiament dit; la segona està formada pels tubercles quadrigèmins i els peduncles cerebrals; la tercera és la reunió del cervellet, la protuberància i la mèdul·la oblongada.

La *mèdul·la oblongada* en la seva proximitat mèdul·lo-raquídia té una estructura que difereix molt poc de la que és pròpia de la mèdul·la espinal; però en la part distal canvia extraordinàriament i es continua insensiblement amb la de la protuberància. La mèdul·la oblongada és, com la raquídia, un centre o suma de centres de reflexes i fa de pont de pas d'impulsos medul·lars cap al cervell i d'impulsos cerebrals cap a la mèdul·la. El nexa anatomofisiològic que hi ha entre la mèdul·la oblongada i la protuberància fa que algú les estudiï reunides, formant la regió *bulboprotuberància*. En ella, entre altres centres de reflexes, hi ha el de la secreció salival, el de la masticació, el de la succió i els de la secreció dels sucus gàstric i pancreàtic; els de la motilitat de l'esòfag, l'estómac i els intestins; el del vòmit, el de la regulació dels moviments del cor i dels vasos sanguinis, el respiratori, el glucogènic, el de l'estornut, el del crit, el de la motilitat lateral dels ulls, el del parpelleig i el de la tos.

**181** El *cervellet* ha estat estudiat en els animals pel mètode de les extirpacions. L'extirpació total o parcial del cervellet té uns efectes immediats i uns efectes llunyans. Els primers efectes de l'extirpació total del cervellet que poden observar-se en un colom, per exemple, són l'exageració i la incoordinació dels moviments de les ales en provar de volar; en el gos, per citar un altre exemple, són els moviments *atàxics* (incoordinats) que fa per caminar. Al cap d'unes quantes setmanes els animals operats han aconseguit recobrar un cert domini de la coordinació dels moviments, però aleshores estan *astènics* (no tenen força), *atònics* (llur musculatura ha perdut el to normal) i *astàsics* (han perdut el sentit de l'equilibri).

**182** El *cervell* pot ésser tocat, punxat i tallat sense que es noti en l'animal cap exteriorització de dolor. Durant molts anys se'l considerà, d'una manera difusa, el centre de la intel·ligència. Avui es té d'ell un concepte diferent. Pel mètode de les extirpacions han estat recollides dades molt importants sobre el seu paper en l'organisme. L'extirpació completa del cervell en els peixos no va aparentment seguida de trastorns. La mateixa operació en els amfibis, la granota per exemple, converteix l'animal en una mena de màquina de reflexes. La granota sense cervell resta immòbil on se vulla que es deixi; però, col·locada de panxa enlaire, es gira; tirada dins de l'aigua, neda; excitada fortament, fuig. Col·locades dins d'un pot amb aigua una granota descerebrada i una de normal, i escalfant len-

tament, veurem que, tan bell punt l'aigua comenci a ésser calenta, la granota sana farà un vot i fugirà, mentre que l'altra anirà coent-se i morirà sense reaccionar. En canvi, si dins d'un pot ple d'aigua calenta hi tirem sobtadament dues granotes com les de l'experiment anterior, veurem que en sentir el contacte de l'aigua ambdues granotes fugen del pot.

En els animals de sang calenta l'extirpació del cervell és molt difícil i va gairebé sempre seguida de la mort. No obstant, es consignen alguns casos, com són els bòvids, ases i cavalls de Colin, el gos de Goltz i el de Zeliony. El gos de Goltz visqué divuit mesos sense cervell; era una veritable màquina de reflexes: hi veia, però no comprenia el que veia; experimentava la sensació de fam, però no menjava si l'atzar no li portava el nas a contactar amb els aliments, car no tenia olfacte. Un cop desaparegudes les paràlisis postoperatòries, pogué caminar, però ho feu sempre lentament i tontament amb el cap cot. Grinyolava, bordava i tombava el cap envers els llocs on rebés una excitació, però no mossegava ni perdia el semblant inexpressiu de sempre. Si en tastar els aliments els notava un gust desagradable (per exemple, si se'ls barrejava amb quinina), no els admestia encara que estigués famolenc. El gos de Goltz jamai presentà símptomes d'excitació sexual. Zeliony presentà al Congrés d'Edimburg de 1923 els resultats de l'extirpació dels hemisferis cerebrals en quatre gossos, la sobrevivència dels quals fou d'onze mesos i tres dies, tres dies, quatre mesos i quatre anys i mig, respectivament. Els experiments de Zeliony són un complement de les observacions de Goltz. En efecte: en un dels gossos de Zeliony pogué observar-se (prèvia una segona operació d'*alimentació fictícia*, o sigui l'associació d'una fístula esofàgica i un *petit estòmac* de Pawlow) secreció gàstrica consecutiva al contacte de la boca amb un tros de carn. En un altre gos (femella), observà l'aparició d'escalfors genitals, acompanyades d'excitació general i reflexes sexuals. Un altre es tornà extraordinàriament acadellat, passant-se llargues estones saltant i donant voltes.

L'extirpació d'un dels lòbuls frontals del gos va seguida de paràlisi unilateral motora i sensitiva; però encara que la paràlisi motora desaparegui amb el temps, la insensibilitat dels múscles afectats és definitiva. L'extirpació dels lòbuls cerebrals posteriors produeix ceguera sense paràlisi de cap mena.

**183** L'escorça cerebral s'havia cregut inexcitable. En 1870 es descobrí la seva excitabilitat. Pocs anys després aparegué la doctrina de les localitzacions corticals, sensorials i motrius. El concepte actual dels anomenats *centres de projecció* i *centres d'associació corticals* deriva d'aquella doctrina. L'excitabilitat de l'escorça cerebral en tota la zona dita sensitivo-motriu dona lloc a reaccions característiques. L'estudi de l'excitabilitat cortical és l'anàlisi d'aquestes reaccions. Cada punt de l'escorça cerebral té una funció diferent. Aquestes funcions estan molt ben precisades quant als

centres de projecció, o sigui els llocs terminals de les fibres sensorials centrípetes. Són especialment fàcils de precisar les regions que tenen influència sobre la motilitat. Però hi ha zones d'extensió considerable que en ésser excitades no provoquen efectes motors, i en ésser extirpades o destruïdes donen lloc a fenòmens d'anestèsia (*centres d'associació*).

En el cervell de l'home i de la mona s'hi troben a les vores de la *fissura de Roland*, repartides amb constant regularitat, cèl·lules motores de les quals surten els nervis que van als muscles. En el cervell del gos en el lloc de la fissura de Roland hi ha el *solc frontal* (fig. 65), a les vores del qual hi ha les cèl·lules motores corresponents. De dia en dia van aixamplant-se els coneixements que sobre les funcions motrius de l'escorça cerebral femiem fa quatre dies. La recent Guerra Europea ha permès fer estudis de gran valor en aquest terreny. La figura 66 dóna una idea de la topografia psicomotriu del cavall. El tamany de l'àrea motriu està relacionat amb la complexitat dels moviments de les extremitats: en el cavall aquests moviments són simplement penduliformes; en el gos són un xic més complicats; en el gat encara ho són més, i en els simis adquireixen una complexitat semblant a la dels de l'home.

Colin ha fet notar la dificultat que hi ha de provocar paràlisi muscular en el cavall per lesions dels hemisferis.

**184** En l'escorça cerebral s'hi constata la presència dels centres sensorials superiors de la vista, l'audició, l'olfacció i el tast, i també els corresponents al tacte, la temperatura i el sentit muscular. El centre visual radica en els lòbuls occipitals; el de l'audició, en els lòbuls temporals; quant al centre de l'olfacció, els animals d'olfacte molt agut (gos, conill, guineu, llop, etc.), tenen el bulb i el tractus olfactori molt extensos i radica en la regió de l'hipocamp i lòbul temporal; el centre del tast sembla confondre's amb el de l'olfacció, però, en realitat, encara no sabem exactament on radica.

**185** El líquid cèfalo-raquídi és segregat per la pia màter i el plexe coroideu. La seva finalitat és mantenir constant la pressió en el sistema nerviós central i especialment en la mèdulla. Pot dir-se que, mercès al líquid cèfalo-raquídi, l'encèfal descansa dins d'un encoixinat fluid. Una disminució de la pressió d'aquest líquid actua d'excitant central; un augment d'aquesta pressió fins passar de la normal produeix el coma. Halliburton ha demostrat que el líquid cèfalo-raquídi és segregat constantment i reab-

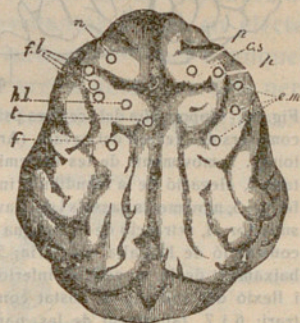


Fig. 65. Àrees motrius del cervell del gos. (Stewart). *n*, coll; *fl*, extremitat toràctica; *hl*, extremitat abdominal; *t*, tronc; *f*, cara; *cs*, solc creu; *p*, dilatació de la pupila d'ambós ulls, però especialment de l'ull del costat contrari.

sorbit amb la mateixa continuïtat. Aquesta reabsorció no es verifica, però, per via limfàtica, sinó que ve a ésser una mena d'intercanvi directe amb la sang. Halliburton considera el líquid cefalo-raquídi com una mena de solució salina fisiològica en la qual es banyen les neurones sensibles per tal d'assolir llur equilibri osmòtic.

**186** Tots els teixits actius de l'organisme tenen isoladament alternatives d'activitat i de repòs, i el conjunt de l'organisme passa també per una

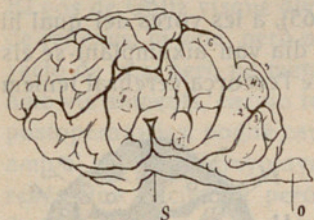


Fig. 66. Topografia dels centres psicomotors del cervell del cavall. (Arloing). 1, moviments de les extremitats; 2, elevació de la mandíbula inferior; 3, moviments nasals i del llavi superior; 4, retracció de la llengua i contracció de la galta contrària; 5, baixament de la mandíbula inferior i flexió del coll cap al costat contrari; 6 i 7, tancament de les parpelles; 8, elevació de la parpella superior i adducció de l'orella.

fase de descans que s'anomena *sòn*. La causa de la *sòn* ha estat i és encara motiu de discussions. És, però, un fet observat que la *sòn* coincideix amb una disminució de l'oxigen i un relatiu augment de l'àcid carbònic de la sang. Experimentalment es demostra que la disminució de l'oxigen respirable, abans dels símptomes de l'asfíxia pròpiament dita, produeix somnolència i pèrdua del coneixement, la qual cosa indica la peculiar susceptibilitat de les cèl·lules de l'escorça cerebral a la manca d'aquell gas.

No tots els animals necessiten dormir un mateix nombre d'hores: els herbívors dormen generalment menys que els carnívors.

**187** De la part intracranial del sistema nerviós central en surten dotze parells de nervis (*nervis cranials*), els noms dels quals

ens són coneguts per l'Anatomia. Per llur particular funcionalisme han estat classificats en tres grups:

I. *Nervis aferents* (sensitius):

Olfactoris . . . . .	Primer parell cranial.
Òptics . . . . .	Segon parell cranial.
Auditius . . . . .	Vuitè parell cranial.

II. *Nervis eferents* (motors):

Motor facial . . . . . (Per als múscles de la cara.)	Setè parell cranial.
Espinal . . . . . (Per als múscles del coll i de l'espatlla.)	Onzè parell cranial.
Hipoglòs . . . . . (Per als múscles de la llengua.)	Dotzè parell cranial.

III. *Nervis mixtes* (sensitius i motors tot d'una):

Motor ocular comú . . . . .	Tercer parell cranial.
Patètic . . . . .	Quart parell cranial.

Motor ocular extern . . . . .	Sisè parell cranial.
(Motors i sensitius dels muscles oculars.)	
Trigènim . . . . .	Cinquè parell cranial.
Glossofaringi . . . . .	Novè parell cranial.
Pneumogàstric . . . . .	Desè parell cranial.
(S'assemblen als nervis raquidis, perquè tenen, com ells, una arrel motora i una arrel sensitiva, amb un gangli en aquesta, com aquells.)	

**188** En parlar del teixit muscular des del punt de vista de la seva psicologia, ja havem dit que la fibra estriada és en els animals superiors un atribut dels orgues que són sota el domini de la voluntat, i que la fibra estriada és gairebé exclusiva dels orgues que treballen sense dependre de la voluntat. El teixit muscular de fibra llisa o involuntari està, en efecte, inervat pel sistema nerviós autonòmic, que està format: 1.<sup>er</sup>, per branques d'alguns nervis cranials i fibres procedents de les arrels anteriors dels nervis sacris segon i tercer; 2.<sup>on</sup>, pel sistema simpàtic, les fibres preganglionars del qual surten de la mèdulla espinal per les arrels anteriors de tots els nervis raquidis (fig. 67), des del primer toràctic al quart lumbar.

Encara que, d'una manera esquemàtica, pot dir-se que tot el sistema autonòmic està construït responnent a una monòtona suma d'elements integrats, tal com mostra la figura anterior (fibra preganglionar, cèl·lula-estació, fibra postganglionar i nervi terminal), la distribució de les fibres i la topografia de les cèl·lules-estació són molt variades. Aquesta topografia ha estat precisada amb l'auxili de certes drogues, per exemple, la nicotina, la qual, a petites dosis, actua primerament com excitant i després com paralizadors de les solucions de contigüitat (*sinapsi*) de les fibres preganglionars i les cèl·lules-estació dins dels ganglis del sistema autonòmic, sense afectar per a res les fibres nervioses.

**189** El sistema autonòmic funcionalment considerat s'agrupa i reparteix així:

1.<sup>er</sup> Les fibres cranials del sistema autonòmic es reparteixen com segueix: a) Les fibres autonòmiques del motor ocular comú van al gangli ciliar, que és el lloc on tenen llurs cèl·lules-estació i enerven els múscles intrínsecs de l'ull. b) Les fibres autonòmiques procedents dels nervis facial

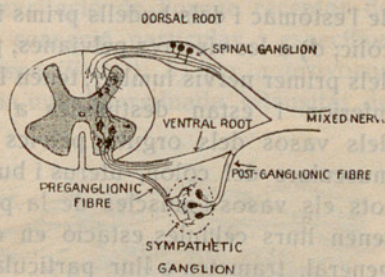


Fig. 67. Relacions entre els ganglis simpàtics i els arrels raquidis. (Smith). *Dorsal root*, arrel dorsal; *ventral root*, arrel ventral; *spinal ganglion*, gangli espinal; *mixed nerve*, nervi mixte; *sympathetic ganglion*, gangli simpàtic; *preganglionic fibre*, fibres preganglionars; *postganglionic fibre*, fibres postganglionars.

i glossofaringi emeten fibres vasodilatadores cap a la llengua i secretores cap a les glàndules salivals. c) El pneumogàstric tramet fibres inhibidores al cor, fibres motrius per a les parets de l'esòfag, estòmac, budells prim; petits bronquis i fibres secretores a l'estòmac i pàncreas.

2.<sup>on</sup> Les fibres autonòmiques de la regió sacra proporcionen fibres dilatadores als vasos sanguinis del penis i motores als muscles del recte i de la bufeta de l'orina.

3.<sup>er</sup> Les fibres simpàtiques que van: a) al cap, surten de la mèdulla espinal a nivell de les cinc primeres branques toràciques i es dirigeixen cap al simpàtic cervical (comprent fibres vasoconstrictores, fibres secretores salivals i fibres dilatadores de la pupil·la); b) al cor, tenen llurs cèl·lules-estació en el gangli estrellat i serveixen per a trametre impulsos acceleradors; c) a les vísceres abdominals, surten de la mèdulla a nivell de les sis darreres branques toràciques i la primera lumbar; la majoria d'elles tenen la cèl·lula-estació en el gangli semillunar o en el mesentèric superior, i llur finalitat és provocar la constricció dels vasos sanguinis de l'estòmac, budell prim, ronyó i melsa, excitacions inhibidores de les parets musculars de l'estòmac i dels budells prim i excitacions motrius sobre l'esfinter ileo-còlic; d) a les vísceres pelvianes, procedeixen de la darrera branca toràcica dels primer nervis lumbar, tenen llur cèl·lula-estació en el gangli mesentèric inferior i estan destinades a la conducció d'excitacions constrictores dels vasos dels orgues pèlvics i excitacions inhibidores de les parets musculars del còlon, úterus i bufeta urinària; e) les que s'escampen per tots els vasos i muscles de la pell i per les glàndules sudorípares i pèls, tenen llurs cèl·lules estació en els ganglis de la cadena simpàtica i, en general, trameten a llur particular destí les fibres postganglionars acompanyant els nervis raquidis corresponents.

## XI. FISIOLOGIA DELS SENTITS

**190** Els orgues dels sentits i llurs nervis especials són el mitjà pel qual les impressions aferents són transportades a l'escorça cerebral. El mecanisme sensorial pot ésser excitat per impressions exteriors, o *exteroceptives*; per excitacions provinents de les vísceres, o *enteroceptives*; o per impressions musculars i de l'equilibració, o *propioceptives*. Al primer grup corresponen les estructures encarregades de la percepció de les sensacions de pressió contacte, tast, olfacció, visió i audició; al segon, les sensacions de fam i de set; al tercer, la sensació del canvi de posició del cap i de les extremitats i la del grau de contracció muscular.

En la producció de tota sensació cal tenir present l'orgue terminal, la cadena de neurones transmissores de l'excitació sensorial i les zones sensorial, psíquica i d'associació de l'escorça cerebral. Anatòmicament i fisiològicament el més variable d'aquests tres elements és el primer. No obstant, pot dir-se d'una manera general que: a) l'excitació de l'orgue receptor de cada sentit dona lloc exclusivament a la sensació particular i específica d'aquest sentit, i no a cap altre (*llei de l'especificitat*); b) per a provocar qualsevol sensació específica és necessària una determinada intensitat de l'excitació compresa entre uns límits mínim i màxim; c) per damunt del mínim, o *dentell d'excitació*, la sensació és, en certa manera, proporcional a l'intensitat de l'excitant.

**191** El sentit del tacte està localitzat en la pell. La pell és també la coberta protectora del total del cos contra les injúries del món exterior, per això la seva gruixària està en cada regió proporcionada al nombre i a la intensitat d'aquelles injúries; també la pell, mercès a ésser mala conductora de la calor, protegeix el cos contra la pèrdua del seu calòric.

Examinant amb el microscopi un tall transversal de la pell hom s'adona de que consta de dues grans zones, una profunda (*dermis*) i una superficial (*epidermis*).

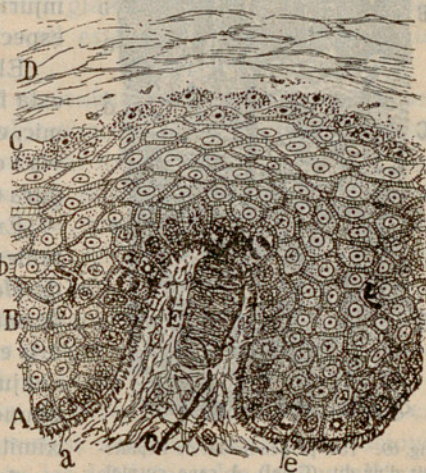


Fig. 68. Tall perpendicular de l'epidermis d'un dit (Cajal). A, capa germinativa; B, cèl·lules intermitges; C, estrat granulós; D, capa cordinal; E, corpuscle de Meisner situa en una papila del dermis. a, capa basal estriada; b, leucocit emigrat; c, fibra nerviosa; e, cèl·lula dividint-se.

La zona superficial, o *epidermis* (figura 68), està integrada per cèl·lules epitelials arrencades en capes sobreposades. La més fonda d'aquestes capes és la *capa germinativa*, i consta d'una sola filera de cèl·lules cúbiques, amb un nucli en ple treball de reproducció, activitat que li és possible mercès a l'abundant nutrició que els pervé de la zona dèrmica, rica de vasos i nervis, que contacta amb llur cara profunda. Cada cèl·lula d'aquesta franja germinativa es divideix en dues segons un pla horitzontal; la cèl·lula que queda damunt del plà és empesa cap a la superfície pel creixement constant de la que s'ha quedat sota. Aquesta, en arribar a plenitud, tornarà a dividir-se en dues, de les quals la inferior tornarà a créixer i dividir-se, mentre que la superior anirà a cada generació allunyant-se més i més dels teixits nodridors i, per tant, experimentarà una lenta consumpció que no pararà fins a la mort. Per això, damunt de la capa germinal hi ha una segona capa (*capa fonamental*), formada per cèl·lules que comencen a presentar senyals de degeneració. Més amunt s'hi troba la *capa granulosa*, formada

per cèl·lules més alterades, especialment en llur protoplasma (iniciació d'un procés de queratinització). Més amunt, finalment, les cèl·lules ja no tenen nucli i són dures al tall (*capa còrnia*). Els estrats granulós i corni són extraordinàriament gruixuts en les regions on la pell rep violentament les injúries del món exterior. En canvi, són especialment prims en els llocs protegits.

El *dermis*, o regió profunda de la pell, està format pel teixit conjuntiu subepidèrmic, els vasos, glàndules, arrels piloses, nervis i extremitats nervioses específiques (figura 69).

Entre les terminacions nervioses subcutànies sensibles tàctils veiem els *corpúscles de Meissner*, especialment abundants en el dermis dels llavis, mugrons i òrgans genitals externs (figura 70); els *de Krause*, de la conjuntiva dels bovins, i els *de Merkel*, abundants en la pell de la llengua i proximitats del bec de les aus.

**192** La pell es conserva elàstica i flexible mercès a la flonjor del dermis, a l'existència de fibres elàstiques barrejades amb les de matèria colàgena del teixit conjuntiu dèrmic, i sobretot mercès a nombro-

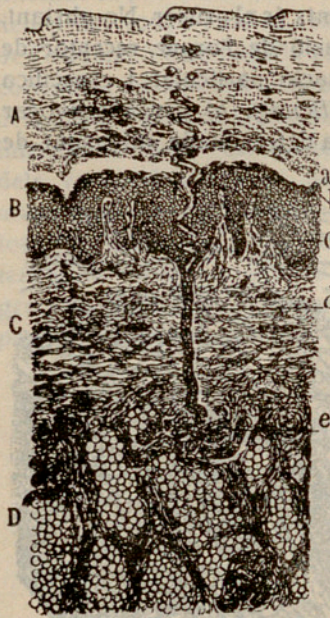


Fig. 69. Tall perpendicular de l'epidermis d'un dit. (Cajal). A, capa corneal; B, cos de Malpigi; C, dermis superficial; D, teixit conjuntiu subcutani amb lòbuls adiposos. a, estrat lúcid; b, zona granulosa; c, papil·la; d, conducte excretor d'una glàndula sudorípara; e, glomèrul terminal de la mateixa.

ses glàndules elaboradores de sèu i de suor. La pell dels animals està més o menys coberta de pèl segons les regions. La finor i suavitat del pèl depen de diversos factors, entre els quals és la nutrició un dels més importants: animal ben nodrit és animal de pèl fi.

Les glàndules salivals, que són de tipus tubulós i microscòpiques, aboquen llur secreció, pel mitjà del tub excretor, a la base dels pèls. Hi ha regions de la pell que suen més que altres. En el cavall la suor comença a manifestar-se a la base de les orelles; després es fa extensiva al coll, tòrax i llom, i finalment a les regions internes. Les extremitats no suen, però es mullen de suor procedent de la pell del cos. La secreció de la suor és continua: el que hi ha es que quan és molt discreta s'evapora a mida que és eliminada. La quantitat de suor segregada en 24 hores és molt variable i difícil de calcular, car depen de moltes circumstàncies.

La secreció de suor i la de l'orina es compensen en la majoria d'espècies animals. A l'hivern s'orina molt i es sua poc, i a l'estiu succeeix el contrari. La composició química de la suor és variable en cada espècie. En el cavall és fortament alcalina i té una olor característica.

Les glàndules sebàcies són petitíssimes glandulettes, de tipus arraïmat simple, que segreguen sèu i que en el cavall estan escampades per tota la superfície del cos.

**193** La fisiologia del tacte és en els animals molt difícil d'estudiar. En l'home, mercès a l'interpretació subjectiva, és, en canvi, relativament fàcil. L'excitació elèctrica i química damunt de les diferents regions cutànies permet constatar l'existència d'una funció específica corresponent a les diverses terminacions nervioses (fred i calor, pressió, dolor, etc.) Les fibres conductores de qualsevol mena d'excitacions cutànies d'una zona o regió formen en llur trajectòria centripeta un sol feix, i per això és fàcil que, a conseqüència d'una pressió intensa o del masegament d'un d'aquests troncs nerviosos regionals, es pugui produir la pèrdua total de la sensació de dolor o del sentit de la pressió i del de la calor de tota la zona interessada.

Sempre que ha estat tallat o lesionat intensament un nervi cutani i es produeix la seva regeneració pot observar-se que les primeres sensacions que reapareixen indicant la guarició són les del dolor i les de l'escalfor a partir de 38<sup>u</sup> C. i del fred per sota de 24<sup>u</sup> C. Aquestes sensacions s'anomenen *protopàtiques*, i en l'home triguen de 6 a 26 setmanes a presentar-se, comptant des del moment de la secció del nervi. Mes endavant, d'un a dos anys després de la lesió, apareix la propietat de diferenciar, desglossar amb de-

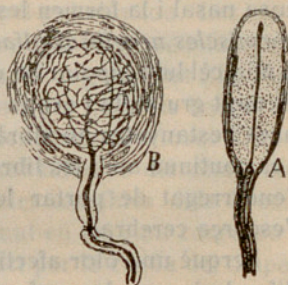


Fig. 70. Corpuscles de Krause. A, corpuscle de conjuntiva del bou; B, corpuscle de la conjuntiva de l'home. (Dogiel).

tall i localitzar les sensacions tàctils doloroses damunt de la pell, i la percepció de la calor i el fred entre 37<sup>u</sup> C. i 25<sup>u</sup> C. Aquesta sensibilitat s'anomena *epicrítica*.

**194** La part receptora del *sentit de l'olfacte* està coberta per la mucosa nasal i la formen les terminacions de les fibres del nervi olfatori, o *corpúscles nerviosos olfactoris*, l'estructura de cada un dels quals es redueix a una cèl·lula bipolar de cos petit i fusiforme, amb l'expansió externa que és molt gruixuda i acaba al mateix nivell de l'epiteli de la mucosa mostrant unes pestanyetes no vibràtils, i l'expansió interna, que es finíssima i varicosa i es continua amb les fibretes que reunides formen el nervi olfatori, que és l'encarregat de portar les sensacions olfactivas als lòbuls olfactoris de l'escorça cerebral.

Perquè una olor afecti als nervis olfactoris és necessari que comenci per difondre's per les aufractuositats superiors de les fosses nasals i que es dissolgui en el líquid que mulla la zona olfactiva de la mucosa nasal. Si la substància en qüestió no és soluble, no excitarà l'aparell receptor de l'olfacte. L'acte inspiratori intens verificat amb la boca closa i asprement (ensumar) permet la ràpida difusió de les partícules aromàtiques i fa ràpida i intensa la percepció olfactiva. Colin observà que en traqueotomitzar un cavall mascle i lligar-li la tràquia per damunt de l'incisió, l'animal es incapaç de reconèixer, amb els ulls tapats, la presència de l'euga.

**195** Cada espècie animal té una sensibilitat olfactiva més intensa que les altres enfront de les diverses substàncies: la carn i la sang són excitants olfactoris de primera classe per als carnívors, mentre que l'herba i el gra ho són per als herbívors. En algunes



Fig. 71. Dos brots gustatius de la llengua. (Kölliker). e, epiteli estratificat; p, obertura del porus gustatiu; s, cèl·lules gustatives; sf, cèl·lules de sosteniment.

espècies animals la finor de l'olfacte els permet descobrir la presència d'enemics a gran distància. El sentit de l'olfacte guia als animals en la cerca dels aliments i serveix d'orgue defensiu. Per l'olor es diferencien les substàncies verinoses de les que no ho són. Per l'olfacte és empès el mascle cap a la femella durant les escalfors sexuals d'aquesta. Per l'olfacte segueixen els animals el rastre de llurs companys de ramada, i troben la casa i diferencien llur amo entre moltes altres persones.

**196** El *sentit del tast* té una gran relació amb el de l'olfacte: hom sap que hi han substàncies la sabor de les quals és impossible de distingir si les tastem amb el nas tapat. Pel sentit del tast les substàncies poden classificar-se en *dolces* i *amargants*, *salades* i *àcides*. És possible que l'apreciació de cada una d'aquestes sabors correspongui a una zona determinada de la llengua.

Els receptors de les excitacions d'aquest sentit són les *papil·les filiformes, fungiformes, circumvalades i foliades* de la llengua, situades, les primeres, en la mucosa de la cara superior; les segones, preferentment a les vores; les terceres, cap a la part posterior del dors; les últimes són abundants cap als pilans del paladar i s'estenen també pel paladar tou. Les papil·les filiformes són més tàctils que gustatives. Les altres són essencialment gustatives i tenen en el centre de llur extremitat els *brots gustatius* (fig. 71), que són uns apinyaments en forma de barril, formats per cèl·lules llargues. L'extremitat interna del brot es continua amb les fibres nervioses. L'extremitat externa s'obre la mucosa pel *porus*. Les substàncies dissoltes, en contactar amb els porus gustatius, exciten les cèl·lules sensibles dels brots i donen lloc a un impuls específic que, si s'ha originat en un punt corresponent als dos terços anteriors de la llengua, es trameta per la corda del timpà i si correspon al terç posterior, ho fa pel glossofaringi, anant a parar, en últim terme, a la columna de substància gris que forma el nucli sensorial del cinquè nervi cranial, el nervi intermediari i el nervi glossofaringi.

**197** Del sentit de l'audició ens és coneguda l'arquitectura per l'Anatomia; la nostra labor descriptiva es concretarà, doncs, ara a la seva part essencial, que és l'anomenat *orgue de Corti* (fig. 72). L'orgue de Corti és una estructura que es

troba dins del caragol descansant damunt de la membrana basilar; examinat en tall transversal se'l veu format per dues fileres de cèl·lules epitelials, anomenades *pilans del túnel de Corti*, allargades en forma de bastó i inclinades de tal manera que formen un túnel. La base cel·lular s'expansiona, i en l'angle que cada una d'elles forma amb la membrana basilar hi ha una petita massa de protoplasma nucliat. L'extremitat cel·lular lliure es doblega en forma de cap de cigne. El túnel que formen aquestes dues fileres de cèl·lules epitelials té per un costat *cèl·lules de Deiters* o de sosteniment, de base implantada en la membrana basilar, alternades amb *cèl·lules ciliades* o acústiques, les quals per una extremitat estan guarnides de pestanyes vibràtils i per l'altra es continuen amb les fibres aferents del nervi coclear. Cobrint les cèl·lules epitelials del túnel de Corti s'estén una membrana (*membrana tetòria*).

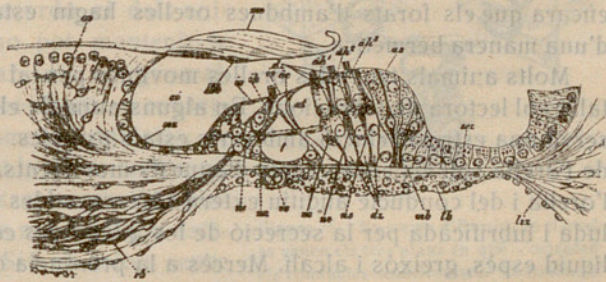


Fig. 72. Orgue de Corti de l'home. (Retzius). *mc*, membrana tectòria; *rb*, fibres nervioses del nervi coclear; *mb*, membrana basilar; *as*, cèl·lules de sosteniment; *dz*, cèl·lules de Deiters; *t*, túnel de Corti; *ic*, cèl·lules del pilar intern; *ac*, cèl·lules del pilar extern; *ah*<sup>1</sup>, *ah*<sup>2</sup>, *ah*<sup>3</sup>, cèl·lules ciliades.

Sota l'acció de les vibracions sonores, menades i modificades respectivament per la part externa i la part mitja de l'aparell de l'audició, l'orgue de Corti, que és el receptor específic del nervi auditiu, dona origen a una excitació que és transportada per aquest a l'escorça cerebral. D'aquesta breu descripció de la forma com s'arriba a la percepció d'una sonoritat se'n desprèn que cada una de les parts que integren l'aparell de l'audició participa a la producció del fenomen.

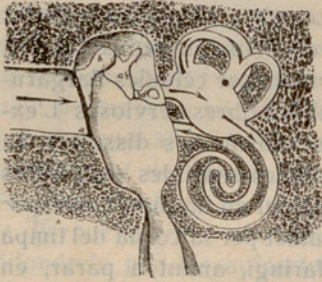


Figura 73. Transmissió de les vibracions sonores per la membrana del timpà i els ossos de la caixa. aa, membrana del timpà; b, martell; c, enclusa; d, estrep. (Gley).

198 Les vibracions sonores es propaguen per l'aire, pels líquids i pels sòlids en forma d'ones. Les vibracions sonores poden arribar a l'orgue de Corti propagades per l'aire, recollides per l'orella i menades pel conducte auditiu a la membrana timpànica, la qual les trameta a la membrana conclear a través de la cadena d'ossos de la caixa timpànica. Però poden també arribar a l'orgue de Corti per via òssea: les vibracions sonores d'un diapasó col·locat damunt del frontal són perfectament sentides encara que els forats d'ambdues orelles hagin estat prèviament obturats d'una manera hermètica.

Molts animals tenen les orelles movibles per tal d'utilitzar-les com pantalla col·lectora de vibracions. En alguns animals el moviment de les orelles serveix una estreta relació amb certs estats psíquics. Els músculs extrínsecs de l'orella són els encarregats d'aquests moviments. Les parets internes de l'orella i del conducte auditiu extern són revestides d'una pell fina poc peluda i lubricada per la secreció de les *glàndules ceruminoses*, que és un líquid espès, greixós i alcalí. Mercès a la presència d'aquest líquid, les partícules estranyes que amb l'aire arribarien a la membrana del timpà són aturades abans d'arribar-hi.

199 La membrana del timpà és excitada, bé per les ones sonores que arriben a ella per via òssea, com per les que hi arriben pel conducte auditiu. Aquesta membrana no és una membrana rígida que vibra únicament amb un so propi o d'acord amb un múltiple d'aquest so, sinó que, mercès a la facilitat que té de canviar de tensió, afavorida per la ventilació de la caixa del tambor per la trompa d'Eustaqui, és capaç de percebre qualsevol so comprès dins de l'interval dels sons perceptibles. Quan la membrana timpànica vibra es posen en joc els ossos que formen la cadena i la vibració d'aquesta es fa sentir a la finestreta oval. La vibració d'aquesta s'encomana a la perilimfa del laberint (fig. 73), travessa el líquid vestibular, passa al caracol i allí fa vibrar el líquid que banya l'orgue de

Corti. L'excitació de les cèl·lules auditives de l'orgue de Corti es tramet a l'escorça cerebral. Helmholtz suposa que a nivell de l'orgue de Corti es verifica l'anàlisi de les vibracions estimuladores. Wrightson recentment suposa que l'orgue de Corti és excitat grollerament i que l'anàlisi de les excitacions el verifica el cervell.

**200** Els *conductes semicirculars* tenen una fisiologia molt especial (fig. 74). Ja sabem, per l'Anatomia, que aquests conductes són tres a cada costat, i que estan situats dins de la part més dura del temporal i orientats en el sentit de tres plànols disposats mútuament en angle recte i corresponents a les tres dimensions de l'espai. La inervació dels conductes semicirculars és a base de les branques procedents de la divisió vestibular del nervi auditiu, la branca coclear del qual és purament destinada a l'orgue de Corti.

Si a un colom (animal al qual pot fàcilment dissecar-se el sistema semicircular) se li destrueixen dos conductes semicirculars simètrics, presenta oscil·lacions del cap en el plànol dels conductes destruïts. Si la destrucció comprèn els tres conductes, l'animal té un aspecte que recorda el dels animals sense cervellet: no pot mantenir-se dret, ni ajegut, ni volar, ni, en general, executar un moviment coordinat, ni conservar cap posició passivament adquirida; en resum, l'animal ha perdut la capacitat d'equilibri que és pròpia dels éssers normals. També en aquells animals es nota *atonía*, *astènia* i *astàsia* musculars. Si a un colom sense conductes semicirculars se li penja amb un fil al bec un pes no gaire gros, i se li fa fer un moviment de pèndol, el cap segueix passivament aquest moviment qualsevol que sigui la posició en que es col·loqui.

**201** L'estudi esquemàtic de la *fisiologia de la visió* exigeix un ordre i una cura particularíssima, car l'abundància i exactitud dels coneixements que avui es tenen de l'ull i dels seus accessoris fan difícil la tasca de resumir. Ja sabem, per l'Anatomia, l'estructura de l'orgue essencial de la visió, que és l'ull. Fisiològicament considerat, l'ull és una mena de cambra fotogràfica que té la lente o les lentes a la part frontal i la placa sensible al fons. En efecte, els raigs lluminosos procedents de cada punt de l'objecte exterior, en virtut d'un procés de refracció, es concentren sobre els punts

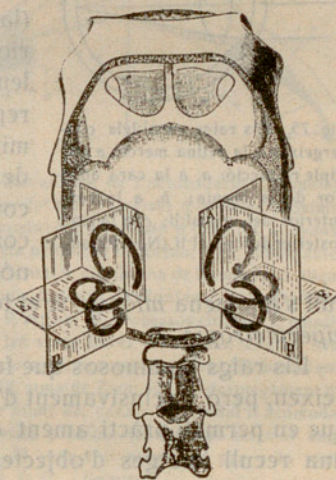


Figura 74. Esquema d'Ewald, en el qual es veuen els tres plans en què s'orienten els conductes semicirculars. El conducte anterior correspon al pla A; el posterior, al pla P; l'extern, al pla E.

corresponents d'una imatge que es forma en la placa. El sistema de refracció el formen la còrnia, l'humor aquós, el cristal·lí i l'humor vidriós, l'índex de refracció de cada un dels quals, prenent per unitat el de l'aire, és 1,33, 1,33, 1,45 i 1,33, respectivament, les quals xifres indiquen que els raigs lluminosos, abans d'arribar a la retina, experimenten una primera refracció en la cara anterior de la còrnia, una altra en la cara anterior del cristal·lí i una tercera en la cara posterior del mateix, i aquestes dues últimes refraccions depenen, ultra de la diferència d'índex de refracció, de la convexitat de les cares del cristal·lí (fig. 75). El cristal·lí és una lente biconvexa les cares de la qual tenen una convexitat diferent (la cara posterior és més convexa que l'anterior); la còrnia i l'humor aquós formen una lente convexocòncava. Es diu que un ull en repòs és normal (*emetròpic*) quan els raigs lluminosos procedents de l'infinít (raigs paral·lels), després de travessar el sistema de refracció, convergeixen en un conus el vèrtex del qual coincideix amb la retina. Si aquest conus lluminós té el vèrtex en un pla anterior a la retina, l'ull s'anomena *miòpic*; si el té en un pla posterior a la retina, s'anomena *hipermetròpic*.

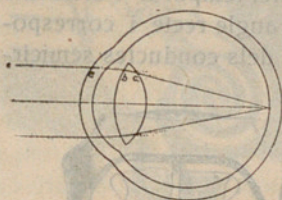


Fig. 75. Els raigs paral·lels convergeixen a la retina mercès a una triple refracció: a, a la cara anterior de la còrnia; b, a la cara anterior del cristal·lí; c, a la cara posterior del cristal·lí. (Nöel Paton)

l'ull s'anomena *miòpic*; si el té en un pla posterior a la retina, s'anomena *hipermetròpic*.

Els raigs lluminosos que formen imatges damunt de la retina no procedeixen, però, exclusivament d'objectes situats a una distància tan llunyana que en permeti pràcticament considerar-los com paral·lels, sinó que la retina recull imatges d'objectes situats a distàncies molt diverses. Aquesta capacitat que té l'ull, de poder fer que el conus de raigs lluminosos procedents d'un objecte situat a distàncies diverses coincideixi amb el pla de la retina, s'anomena *acomodació*. Efectivament, el cristal·lí no és una lente rígida, sinó que és susceptible de canviar de convexitat. Mercès a les contraccions del múscle ciliar les fibres longitudinals del qual (*múscle de Brücke*) s'insereixen per un extrem a la zona d'unió de l'escleròtica amb la còrnia i per l'altre als processos ciliars. Quan l'ull s'acomoda a mirar objectes pròxims, el cristal·lí presenta una més pronunciada convexitat anterior. Quan, per contra, s'acomoda a la visió d'objectes llunyans, la convexitat anterior disminueix (fig. 76). Hi ha, però, una limitació en el procés d'acomodar l'ull a la visió dels objectes: l'ull de l'home normal és capaç de veure (en estat de repòs), netament i sense cap esforç d'acomodació, objectes situats a 65 metres de distància, perquè des d'aquesta distància els raigs lluminosos que arriben a la còrnia són pràcticament paral·lels (*punctum remotum*); però a partir d'aquesta distància l'ull verificarà un treball d'acomodació per a veure amb claretat els objectes situats cada vegada a menor

distància, fins que arribarà un moment en que tots els esforços d'acomodació seran inútils (*punctum proximum*); aquesta distància és en l'home d'uns 12 centímetres.

La imatge que es forma en el fons de l'ull és real i invertida, com pot fàcilment comprovar-se amb un senzill experiment: A una cartolina s'hi fa un petit orifici i s'hi adapta un ull de conill blanc, acabat de matar; si a través d'aquest dispositiu mirem la flama d'una espelma situada davant de l'ull, veurem la imatge reproduïda en miniatura i invertida al dors del globus ocular. Aquesta prova és encara més palesa si es fa en una habitació ben fosca.

**202** Els canvis de convexitat del cristal·lí durant l'acomodació van aparellats a canvis d'amplitud de la pupil·la per les relacions que hi ha entre les fibres iridials i el múscle de l'acomodació. La pupil·la es contreu també per acció reflexa quan els raigs lluminosos, excessivament forts, feixen la retina. Aquest reflexe és simètric, és a dir, n'hi ha prou que l'estímul lluminós actui sobre un sol ull perquè la contracció pupil·lar es manifesti bilateral. D'aquesta manera l'iris actua com un regulador de la llum, de la mateixa manera que en un aparell fotogràfic s'assegura aquesta regulació pel mitjà del diafragma. La pupil·la del cavall reacciona d'una manera especial; sota l'acció directa dels raigs solars la pupil·la es contreu de tal faiscó, que es redueix a una simple esclatxa; en canvi, a la llum solar difusa, baldament sigui concentrada per un mirall, la pupil·la no es contreu, o, en el darrer cas, ho fa molt lleugerament; sota l'acció de la llum artificial la pupil·la equina es dilata, la qual cosa permet examinar oftalmoscòpicament el fons de l'ull sense la prèvia dilatació i fixació de la pupil·la, que en altres animals es fa pel mitjà de l'atropina. S'anomena *midriasi* la dilatació pupil·lar i *miosi* la seva contracció.

**203** La retina, o part de l'ull sensible als estímuls lluminosos, és la terminació del nervi òptic. De la seva complicada estructura només direm, en aquest resum elementalíssim, que consta de deu capes (fig. 77): 1.<sup>a</sup>, *limitant interna*; 2.<sup>a</sup>, *de les fibres del nervi òptic*; 3.<sup>a</sup>, *capa de cèl·lules ganglionars*; 4.<sup>a</sup>, *plexiforme interna*; 5.<sup>a</sup>, *capa de cèl·lules bipolars, o granulosa interna*; 6.<sup>a</sup>, *plexiforme externa*; 7.<sup>a</sup>, *capa dels cossos de les cèl·lules vi-*

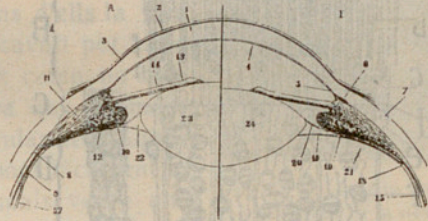


Fig. 76. Mecanisme de l'acomodació. (Beaunis).  
A, ull acomodat per a la visió d'objectes pròxims;  
B, ull acomodat per a la visió d'objectes llunyans.  
1, substància pròpia de la còrnia; 2 i 3, epiteli anterior de la còrnia; 4, membrana de Demours; 5, lligament pectini; 6, canal de Fontana; 7, escleròtica, 8, coroidi; 9, retina; 10, processos ciliars; 11, múscle ciliar; 12, les seves fibres orbiculars; 13 i 14, iris; 15, ora serrata; 16, processos ciliars; 17, membrana hialoide; 18, zona de Zinn; 19 i 20, desplegament de la zona de Zinn; 22, cana; 23, cristal·lí acomodat per a la visió pròxima (convexitat anterior augmentada); 24, cristal·lí acomodat per a la visió llunyana.

suals; o *granulosa externa*; 8.<sup>a</sup>, *limitant externa*; 9.<sup>a</sup>, *capa dels conus i dels bastonets*; 10.<sup>a</sup>, *capa pigmentària*. Els elements primordials d'aquesta estructura són els conus i els bastons, car ambdós són els col·lectors específics de les excitacions lluminoses. Les excitacions lluminoses rebudes pels bastonets retinians són trameses primerament a la zona plexiforme externa, essent recollides allí per les cèl·lules

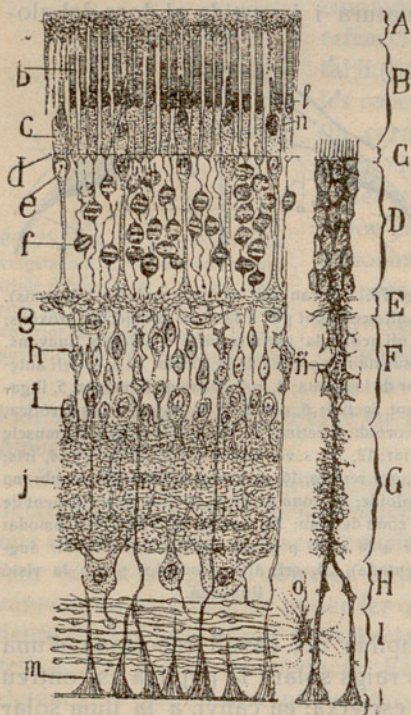


Fig. 77. Tall perpendicular de la retina del gos. (Cajal). A, capa pigmentària; B, capa dels conus i dels bastonets; C, limitant externa; D, dels granets externs; E, plexiforme externa; F, dels granets interns; G, plexiforme interna; H, de les cèl·lules ganglionars; I, de les fibres del nervi òptic; J, limitant interna. a, cèl·lules pigmentades, b, segment extern d'un bastonet; c, conus; d, imitant externa; e, nucli del cos del conus; f, nucli del cos del bastonet; g, cèl·lula horitzontal, h, cèl·lula bipolar; i, espongioblast; j, zones granuloses o pisos de la plexiforme interna; m, conus terminal d'una fibra de Müller; o, cèl·lula de neuròglia; ñ, nucli de les fibres de Müller. A la dreta de la figura s'hi veu una fibra de Müller o cèl·lula epitelial.

bipolars per a menar-les al cos de les cèl·lules ganglionars gegants; des d'aquest lloc l'excitació passa als cilindre-eixos de la capa de les fibres òptiques i, seguint el curs d'aquestes, passa pels nervis i cintes òptiques i va a parar als cossos geniculats externs i als tubèrculs quadrigèms anteriors. Les impressions rebudes pels conus retinians són primerament trameses a la part profunda de la zona reticular externa, en la qual les arrels de les cèl·lules bipolars dels conus les recullen. Després, d'acord amb la naturalesa de la bipolar receptora, l'excitació va a un o altre dels diferents plexes de la zona plexiforme interna, a nivell de la qual hi ha les arrels dendrítiques de les cèl·lules ganglionars. Finalment, els cilindre-eixos d'aquestes s'encarreguen de llur conducció definitiva fins als centres òptics. Una qüestió molt interessant a tenir en compte és que en els animals amb els ulls laterals (peixos, amfibis, reptils i aus) les fibres nervioses procedents de la retina s'encreuen totalment a nivell del quiasma òptic, mentre que en els animals superiors aquest entrecreuament es verifica d'una manera parcial (fig. 78).

**204** S'anomena *visió binocular* (fig. 79) la que resulta de la coincidència dels dos ulls en la formació d'una imatge. S'anomena *visió monocular* la que és pròpia de cada ull independentment de l'altre. En altres termes,

es diu que un animal té visió monocular quan simultàniament pot veure dos camps diferents; per contra, es diu que la seva visió es binocular quan amb els dos ulls veu simultàniament un sol camp o una sola imatge. En la visió binocular els dos ulls actuen com un de sol; en la monocular cada un treballa pel seu compte. La forma del cap, la proximitat d'ambdós ulls i llur prominència són condicions anatòmiques indispensables per a la visió binocular. En els animals que tenen els ulls laterals, la visió monocular és la més comú, però també és possible en alguns d'ells la visió binocular en mirar cap endavant. El cavall pot veure simultàniament ambdós ulls un mateix camp, no solament mirant enfront, sinó que, encara que en major limitació, pot mirar cap endarrera binocularment. Aquesta retrovisió binocular la tenen molt més fàcilment les llebres, ço que permet a aquests animals veure amb relativa comoditat llurs perseguidors.

**205** Els orgues extrínsecs de l'aparell de la visió tenen per finalitat protegir l'ull en tots conceptes i facilitar-li el nodriment i la mobilitat. Les parpelles, ultra llur actuació a guisa de cortines protectores de l'ull contra les injúries traumàtiques de l'exterior, actuen d'una manera complexa d'acord amb llurs elements; en efecte, llur paret interna està folrada amb una pell finíssima (conjuntiva) que en lliscar damunt de l'ull arrossega totes les partícules de pols i de lleganya i reparteix la humitat. La parpella inferior, molt menys activa que la superior, fa com de canal de drenatge per a la secreció llagrimal excessiva, car l'obliga a dirigir-se cap als conductes llagrimals. Les vores d'ambdues parpelles estan guarnides de pèls (pestanyes), que serveixen d'aturador dels cossos estranys, i de desembocadores glandulars microscòpiques, per les quals s'excreta un líquid greixós que impermeabilitzen els límits parpebrals i impideix a les llàgrimes rodolar per la cara. La majoria d'espècies animals tenen una tercera parpella (*membrana nictitant*), la missió de la qual és també repartir la humitat i escombrar les partícules de pols. Aquesta membrana reb el producte de la secreció de la *glàndula de Harder*, espècie de glàndula llagrimal extraordinàriament desenrotllada en els bóvids



Fig. 79. Posició del cap del cavall en la visió binocular.

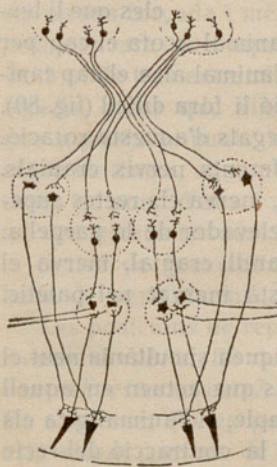


Fig. 78. Esquema de les vies òptiques (Halliburton).

i la funció de la qual és semblant a la de les llagrimals. La secreció de les glàndules llagrimals és en tots els animals una secreció constant, però susceptible d'augmentar-se en determinades circumstàncies, especialment quan una acció irritativa es produeix damunt de la conjuntiva ocular. Es discuteix si alguns animals, a semblança de l'home, poden plorar.

**206** Els múscles motors de l'ull són set: quatre rectes, dos oblics i un retractor. Els quatre primers serveixen per a girar l'ull cap a dalt, cap a baix, cap a fora i cap a dins. El cavall no té la pupila rodona com l'home i com el gos, sinó ovalada i amb el diàmetre major horitzontal. La

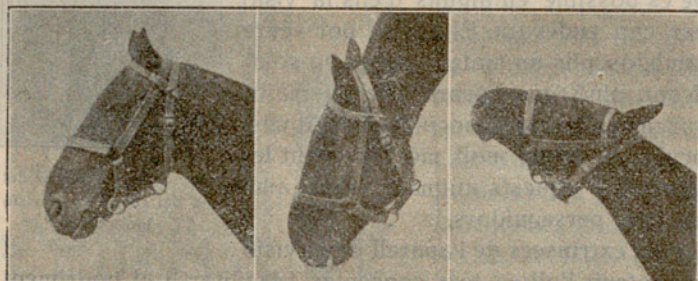


Fig. 80. Posicions diverses del cap del cavall d'acord amb la direcció de les pupil·les (Smith). Les pupil·les no es veuen, però les alteracions de la posició de les òrbites són força ostensibles. Noti's la tendència de l'obertura parp bral a l'horitzontalitat.

visió del cavall exigeix que la pupila conservi sempre aquesta posició. Si l'ull del cavall no tingués altres múscles motors que els quatre rectes, és a dir, si no tingués múscles que li fes-

sin fer un moviment de rotació, la pupila, quan l'animal acota el cap per a pasturar, estaria orientada obliquament, i quan l'animal alça el cap tampoc seria horitzontal, i en ambdues posicions la visió li fóra difícil (fig. 80). Els múscles oblics superior i inferior són els encarregats d'aquesta rotació.

Els múscles motors de l'ull són inervats per diferents nervis cranials. El nervi motor ocular comú, o tercer parell cranial, inerva els rectes superior, inferior e intern, l'oblic inferior, el retractor i l'elevador de la parpella superior. El nervi motor ocular extern, o sisé parell cranial, inerva el recte extern i part del retractor. L'oblic superior està inervat pel patètic, o quart parell cranial.

Quan els ulls tenen una disposició frontal i verifiquen simultàniament el moviment de seguir una mateixa imatge, els múscles que actuen en aquell moment són diferents en ambdós ulls. Així, per exemple, si l'animal gira els ulls cap a la dreta, l'ull d'aquest costat haurà sofert la contracció del recte extern, mentre que l'ull esquerre haurà seguit el moviment de contracció del recte extern. Aquesta mena de moviments s'anomenen *conjugats*. Quan els ulls estan situats un a cada costat de la cara, la visió binocular o frontal és possible a base de verificar ambdós ulls un moviment *oposat*, és a dir, un moviment consecutiu a la contracció dels múscles simètrics.

## XII. FISIOLOGIA DE L'APARELL LOCOMOTOR

**207** L'aparell locomotor, que està integrat, com sabem, pels ossos, les articulacions, els múscles i els tendons, té per missió la trasllació de l'organisme d'un lloc a un altre lloc i la conservació de les seves posicions en l'espai.

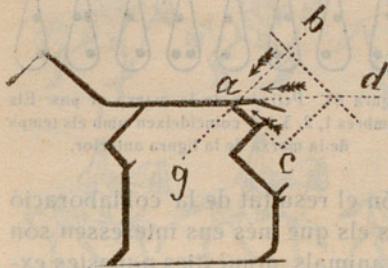


Figura 81. Esquema de Sanson.

Fisiològicament considerat, l'aparell locomotor consta d'òrgues passius i òrgues actius. Entre els primers s'hi compten els ossos, els lligaments i els cartillags articulars; entre els segons, els múscles.

L'organisme animal, en les actituds (*estàtica animal*) i en els moviments (*dinàmica animal*), no pot sostreure's de les lleis de la mecànica. Des d'aquest punt de vista l'organisme s'ha d'anomenar *màquina* o *motor animal*.

**208** L'animal en repòs pot estar a peu dret o ajegut. Les maneres d'aguantar-se dret damunt de les extremitats motores s'anomenen *estacions*. D'estacions n'hi ha de lliures i de forçades, d'estables i d'inestables. L'estació menys forçada i més estable dels solípeds, bòvids i òvids és la *quadrúpeda*, encara que aquests animals poden perfectament mantenir-se drets damunt de tres extremitats. L'estació natural i més estable de les aus és la *bípeda*, sense que això signifiqui, però, que aquests animals no puguin també, sense violència, aguantar-se llargues estones damunt d'una sola extremitat. To-tes les estacions són possibles mentre el centre de gravetat caigui dintre de la base de sosteniment.

Les posicions de repòs ajegut s'anomenen *decúbits*. El decúbit pot ésser *ventral*, *esternocostal*, *dorsal* i *lateral*. En el primer, que és poc comú, l'animal està ajegut damunt de l'esternó i la part central de l'abdomen; el segon, particularment comú a totes les espècies de mamífers domèstics i especialment als remugadors, corresponen aquelles formes de repòs en les quals contacten amb el sòl les regions esternal i una abdòmino lateral; la tercera, que és poc comú i gairebé exclusiva

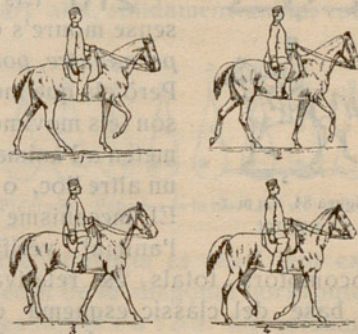


Figura 82. La m. rxa al pas.

del gos, tal i com el seu nom indica, és aquella en la qual la bèstia jeu damunt del dors; finalment, els decúbits laterals són aquells en els quals l'animal reposa damunt tot un costat tòra-coabdominal.

El pas de l'estació al decúbit, i viceversa, o sigui l'acte de jeure's i d'alçar-se, respectivament, el verifica cada espècie animal a la seva manera, però esquemàticament consisteix el primer en una reducció de la base de sosteniment, i el segon en un aixamplament de la mateixa.

**209** Els moviments dels animals poden ésser parcials i generals. Els primers es circumscriuen a una o

vàries regions de l'organisme; els segons són el resultat de la col·laboració de tot el cos. D'entre els moviments parcials els que més ens interessin són els de les extremitats locomotores; en els animals domèstics aquestes extremitats es mouen d'una manera penduliforme; en els felins, els simis i l'home són força més complexes. Els moviments isolats d'una extremitat poden reduir-se als següents tipus: *flexió*, *extensió*, *abducció*, *adducció* i *rotació*.

*Flexionar* una articulació vol dir plegar-la. *Estendre* una articulació vol dir desplegar-la, allargar-la. Moviment d'*abducció* és aquell que allunya de la línia mitja del cos. Per contra, moviment d'*adducció* és el que apropa a l'eix central del cos. El moviment de *rotació* és propi d'algunes articulacions, i el seu nom mateix ens estalvia la definició.

**210** Els animals poden verificar moviments totals sense moure's del lloc, tals són, per exemple: *escarbotar*, *pernabatre*, *potallejar*, *tirar coses*, *estirar-se* i *empinar-se*. Però els que més ens interessin des del nostre punt de vista són els moviments totals que permeten a l'animal anar d'un lloc a un altre lloc, o sigui la *locomoció*. El mecanisme pel qual el cos de l'animal verifica els moviments



Figura 84. La marxa al trot.

locomotors totals és relativament comprensible a base del clàssic esquema de Sanson (fig. 81). En aquest esquema, les ratlles gruixudes, que uneixen en línia recta els centres articulars, representen les palanques teòriques de la màquina. En les extremitats posteriors, la recta corresponent a l'os coxal, o sigui la superior, està inti-

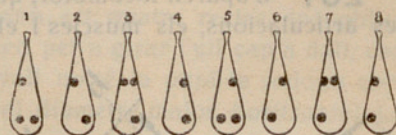


Figura 83. Petjades de la marxa al pas. Els nombres 1, 2, 3 i 4 coincideixen amb els temps de la marxa de la figura anterior.

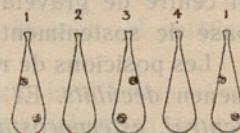


Figura 85. Petjades de la marxa al trot. En el n.º 1 el cos és impulsat per dues extremitats diagonals; en el número 2 el cos resta sospès en el aire (no toca a terra); en el n.º 3 torna a tenir apoi en el terreny però amb les altres extremitats també diagonals.

mament i sòlidament unida a la palanca raquidiana. No succeeix el mateix en les extremitats anteriors, car la palanca escapular manté, per la part superior, una simple relació muscular amb la palanca raquidiana. Considerant la màquina en estació forçada, és a dir, aguantada normalment per les quatre extremitats, succeirà que, si els angles de les extremitats posteriors se obren, per virtut de la contracció dels muscles estensors de les palanques articulars, els punts extrems dels remes es separaran de tal manera que, si imaginéssim una d'aquestes extremitats verificant aquests moviments independentment del conjunt de l'organisme, és a dir, completament lliure, experimentaria un allargament. En el cas de l'esquema, aquest allargament topa per la part inferior amb la duresa del terreny, i per la superior amb el pes de part de l'animal. Si el terreny no és

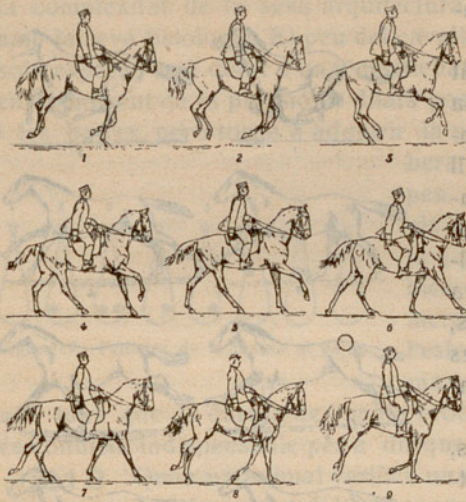


Figura 86 La marxa al mig galop.

extraordinàriament dur, cedirà fins a un cert límit a la pressió del peu, però al límit d'aquesta blenor (fondària de la petjada) trobarà el peu l'indispensable punt d'apoi perquè l'extremitat reaccionï, fent que el moviment d'extensió sigui tramès íntegrament a la part alta, sòlidament unida, com ja havem dit, a la columna vertebral.

Aquesta, aleshores, empesa per una força  $c a$ , fa un moviment d'elevació en bàscula, els punts de fixació o eix de la qual es troben en la part més alta de les extremitats anteriors. Però aquesta força  $c a$  es combina amb la de sentit contrari  $a g$ , que és la de la gravitació. Aquesta doble influència es resol fent experimentar al cos un desplaçament en el sentit de la diagonal horitzontal  $d a$  del paral·lelogram de les intensitats de les forces  $c a$  i  $b a$ . La columna vertebral experimentarà en cada cas una propulsió proporcional a l'esforç, la qual donarà lloc sempre a un desplaçament del centre de la gravitació; aquest desplaçament pot arribar a assolir tal importància, que la perpendicular traçada des del centre de gravitació caigui fora de la base de sosteniment del cos, la qual cosa fa perdre l'equilibri, o pot anar a caure tan

ment per les quatre extremitats, succeirà que, si els angles de les extremitats posteriors se obren, per virtut de la contracció dels muscles estensors de les palanques articulars, els punts extrems dels remes es separaran de tal manera que, si imaginéssim una d'aquestes extremitats verificant aquests moviments independentment del conjunt de l'organisme, és a dir, completament lliure, experimentaria un allargament. En el cas de l'esquema, aquest allargament topa per la part inferior amb la duresa del terreny, i per la superior amb el pes de part de l'animal. Si el terreny no és



Figura 87. Petjades de la marxa al mig galop.

cap a la part anterior de la dita base, que l'equilibri esdevingui inestable; en ambdues circumstàncies l'instint de conservació fa que l'animal avanci les extremitats anteriors, fent que la forma de la base de sosteniment, normalment rectangular, es torni trapezial, després ròmbica, novament trapezial i finalment rectangular. En arribar a aquesta darrera posició es diu que l'animal ha fet una passa completa.

L'esquema de Sanson, altament pedagògic, ens ajuda a comprendre la successió, sempre repetida, dels moviments de les extremitats del cavall en caminar: la primera de bellugar-se és sempre una extremitat abdominal, després la toràctica de l'altre costat; el cap i el coll actuen a la manera de balanç o contrapès, alleugerint alternativament el pes que gravita sobre les extremitats anteriors dreta i esquerra.

S'anomena *passa*, en els bípedes, la distància que hi ha entre la petjada dels peus dret i esquerre mesurada de punta a punta, i s'anomena *gambada* la distància que hi ha entre dues petjades successives d'un mateix peu. S'anomena *passa*, en els quadrúpedes, la distància compresa entre la petjada dels dos rems abdominals i la dels dos toràctics, i *gambada* la distància recorreguda per una extremitat abdominal o toràctica des de què s'aixeca de terra fins què hi torna a contactar.

**211** Cada espècie animal té maneres diverses de traslladar-se d'uns llocs a uns altres llocs pel mitjà de les extremitats. Aquestes formes de trasllació pel mitjà d'orgues de locomoció s'anomenen *marxes*. Les quatre marxes naturals més importants del cavall són: la *marxa al pas*, el *trot*, el *mig galop* i el *galop*.

En cada una d'aquestes marxes la forma de succeir-se els moviments de les extremitats és diferent. Així, en la *marxa al pas* es requereix que la base de sosteniment sigui ampla, i, per tant, cal que en la primera mitja gambada toquin a terra tres extremitats, i en la segona meitat dues, tal com pot veure's en les figures 82 i 83.

En el *trot* la primera meitat de temps trepitjen terra dues extremitats, i en la segona el cos és enlaire (figs. 84 i 85).

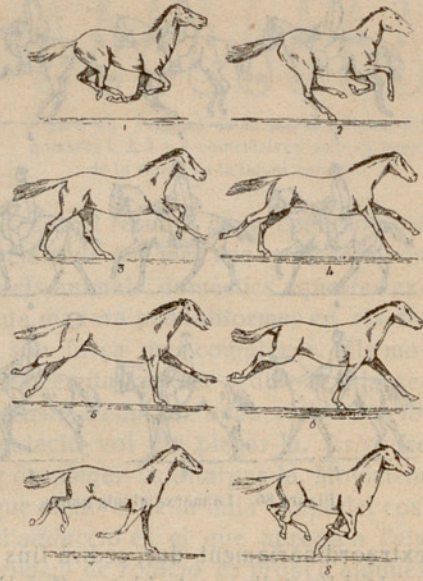


Figura 88. La marxa al galop.

En el mig galop (figs. 86 i 87) i en el galop (figs. 88 i 89) la successió dels moviments de les extremitats pot veure's fàcilment pel mitjà dels esquemes adjunts.

**212** Tant en les estacions com en la marxa el pes del cos gravita damunt dels peus. Per les nocions que tenim de l'anatomia del peu (sabem la complexitat de la seva arquitectura. Aquesta complexitat està d'acord amb la seva fisiologia. El peu del cavall, per reduir la nostra atenció a una sola espècie, està dotat d'una elasticitat remarcable, i, en virtut de la qual, en el moment de la pressió es dilata posteriorment i abaixa la volta palmàr i les barres, però torna a adquirir la primitiva forma immediata que s'allibera del pes de l'animal. L'elasticitat del

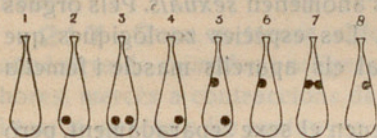


Figura 19. Peujades de la marxa al galop.

peu esmortueix els sofracs inherents als cops de l'ungla contra terra, amb la qual cosa s'estalvia a les parts sensibles el traumatisme consegüent; també, mercès a l'elasticitat del peu, es facilita l'esforç d'impulsió i s'auxilia eficazissimament la circulació a través dels teixits tous que la duresa de l'ungla protegeix. La perfecta elasticitat del peu és condició indispensable per a dir que el peu és normal.

**213** Quan un animal verifica una contracció o un conjunt de contraccions musculars per tal de vèncer una resistència, es diu que fa un esforç. Industrialment s'aprofita l'esforç, car els animals s'utilitzen com màquines productores de treball. Per a mesurar el treball mecànic produït per un animal podem servir-nos de dues unitats de mesura diferents: la *caloria* i el *quilogràmetre*. La calorja ja ens és coneguda; el quilogràmetre és l'esforç que cal desenrotllar per a aixecar a un metre d'altura i en un segon de temps un pes d'un quilogram. El cavall de vapor (HP) equival a 75 quilogràmetres.

En els animals de bast el treball pot calcular-se per una fórmula genèrica, així:

$$T = Pc \times V \times S.$$

En els animals de tir la fórmula anterior queda modificada de la manera següent:

$$T = Pt \times V \times S.$$

$T$  representa el treball en quilogràmetres;  $P$ , el pes;  $c$ , el coeficient de càrrega o esforç, calculat a raó de 0.05 en les marxes lentes i de 0.10 en les ràpides;  $t$ , el coeficient de tir, que el dona, en cada cas, el dinamòmetre col·locat entre l'animal i la resistència que oposa l'objecte a deixar-se arrossegar;  $V$  és la velocitat;  $S$ , els segons de temps.

### XIII. FUNCIONS DE REPRODUCCIÓ

**214** Mercès a les funcions de reproducció les espècies es perpetuen. Tots els éssers vius posseeixen la propietat de reproduir-se, donant naixença a éssers de la mateixa espècie i totalment semblants als progenitors. La reproducció, que en els animals inferiors (*asexual*) és un simple fenomen d'escissió consecutiva a una creixença limitada, és en els animals superiors (*sexual*) un complex anàtomofisiològic molt interessant. Les espècies superiors de l'escala zoològica tenen orgues exclusivament destinats a l'acompliment de les funcions de reproducció, que s'anomenen *sexuals*. Pels orgues sexuals els animals són *mascles* o *femelles*. Les espècies zoològiques que posseeixen conjuntament en un mateix animal els aparells mascle i femella s'anomenen *hermafrodites*.

Totes les espècies animals domèstiques tenen el sexe separatament, però llur reproducció és en els mamífers *vivípara*, i en les aus *ovípara*.

**215** L'instint reproductor, que és el que en totes les espècies zoològiques fa que els éssers d'espècie diferent es cerquin mutuament, es presenta periòdicament (*escalfs, zel*) a partir del moment que els orgues genitals han assolit llur desenrotllament total (*pubertat*). El moment de la pubertat es caracteritza objectivament també per l'aparició dels altres caràcters sexuals secundaris, que havem descrit en parlar del paper endocri de la glàndula intersticial del testicle i del cos groc ovàric (Endocrinologia). Pot dir-se d'una manera general que la pubertat fa la seva aparició, en el cavall, als 2-3 anys; en l'euga, als 2 anys; en el toro, als 2 anys; en la vaca, als 18 mesos; en el boc i en el marrà, a l'any; en el porc i la truja, dels 5 als 12 mesos; i en el gos, als 10 mesos. No obstant, hi ha un gran nombre de factors que influeixen sobre la pubertat, accelerant-la i retardant-la. Entre els primers hi ha la bona alimentació, la durada breu de la vida i el clima càlid. Entre els segons cal consignar l'alimentació insuficient, el clima fred i la vida en llibertat.

**216** L'aparell genital de la femella de les espècies mamíferes ja ens és conegut anatòmicament. La seva missió és elaborar els óvuls (*procès d'ovulació*), pondre'ls periòdicament al pavelló tubàric i menar-los per la trompa a l'úter, per tal de rebre allí l'element fecundat mascle (*espermatozoid*), de la fusió amb el qual en resulti el nou ésser (*fecundació*), que evolucionarà i creixerà en aquell mateix departament (*embaràs*), i quan tingui capacitat per a viure lliurement serà foragitat en virtut de fortes contraccions que les parets uterines verificaran (*part*).

Els óvuls es formen dins de l'ovari en el si d'unes vesícules. Quan la vesícula de Graaf arriba a la seva maduresa esclata i deixa en llibertat

l'òvul. La ruptura del corpuscle de Graaf coincideix amb l'aparició dels signes objectius dels escalfs de la femella. La ruptura del saquet de Graaf representa per a l'ovari una lesió que li cal reparar. Aquest treball de reparació el verifiquen les cèl·lules veïnes del lloc lesionat, i dona origen a la formació d'una mena de cicatriu grogosa, integrada per cèl·lules d'estructura fina i d'activitat fisiològica notable, estudiades en el capítol d'Endocrinologia amb el nom de *cos groc*. L'òvul, histològicament considerat, és una cèl·lula perfecta, de forma rodona i de tamany relativament gran. La seva membrana protoplàsmica s'anomena *membrana vitel·lina* o *zona pel·lúcida*; el protoplasma ovular s'anomena *vitel·lus*; el nucli s'anomena *vesícula de Purkinje* o *germinativa*, i el nucleol es coneix amb el nom de *taca germinativa*.

**217** Quan es trenca el fol·licle de Graaf, l'òvul, embolcallat d'una atmòsfera de *cúmulus proliger*, és recollit pel pavelló de la trompa, i aleshores, mercès a contraccions de les fibres llises de la paret d'aquell orgue, i també mercès a les pestanyes vibràtils de l'epiteli, que vesteix pel dintre el pavelló i la trompa, és transportat fins a la cavitat uterina. Aquest descens ovular triga un temps molt variable. Si en arribar a l'úter no és fecundat, és arrossegat cap a la vagina, i després a l'exterior, pel moc que humiteja les parets d'aquests dos compartiments genitals; però si experimenta l'acció fecundant d'un espermatozoid, es fixa a les parets uterines i comença l'evolució que després veurem.

**218** Per la seva banda el testicle és, en l'aparell masculí, l'encarregat de l'elaboració de l'element fecundador essencial: l'*espermatozoid*. L'espermatozoid és una cèl·lula esdevinguda lliure i formada de tres parts: cap, cua i peça intermitja. El cap té una forma arrodonida, i està format per una massa de cromatina nuclear; el cos intermediari és el protoplasma cel·lular i la cua, o filament caudal, és un filament que permet la locomoció de la cèl·lula. Vist al microscopi l'espermatozoid té l'aspecte d'un capgrós de granota. L'extraordinària mobilitat dels espermatozoids feu atribuir-lis una autonomia gairebé absoluta. Fins s'arribà a suposar l'espermatozoid com una miniatura del cos de l'animal. Morfològicament els espermatozoids de les diferents espècies animals són diferents. La vitalitat dels espermatozoids és molt gran. Colin la suposa durable fins als 5 dies d'haver estat ejaculats; Godard, en canvi, ha constatat la conservació de vitalitat dels espermatozoids recollits de les vesícules espermàtiques d'un toro, deu dies després de la mort de l'animal. Dins de la vagina els espermatozoids es conserven molt bé.

Els espermatozoids, en abandonar el testicle, van a l'epididim, i després al cordó i a les bossetes espermàtiques, on romandran fins al moment de l'ejaculació.

L'aparell genital masculí és també l'encarregat de dipositar els esperma-

tozoids dins de l'aparell genital femení. Aquest acte, que s'anomena *coït* o *còpula*, implica la *secreció espermàtica*, l'*erecció del penis* i del *clitoris*, i l'*ejaculació*.

**219** Ja havem dit que els espermatozoids són retinguts per les vesícules espermàtiques a mida que són elaborats pels testicles. Cal que diguem ara que, ultra aquest treball d'espermatogènesi, el testicle elabora també altres elements complementaris del líquid fecundant que el mascle, durant l'acte del coït, diposita dins dels genitals de la femella. Aquest líquid fecundant, que s'anomena *esperma*, o *licor espermàtic*, és un líquid espès, blanquinós, d'olor característica, format d'aigua, sals, proteïnes i espermatozoids. Aquest líquid té una composició diferent en cada punt del trajecte comprès entre el testicle i el penis. Això és degut a què, a mida que progressa cap a l'exterior, va experimentant l'aport de nous elements i l'acció modificadora de les regions que travessa, de tal manera que el producte ejaculat pot dir-se que és la suma: a) de la secreció testicular pròpiament dita; b) de l'epiteli dels conductes deferents; c) del moc de les bossetes espermàtiques; d) del licor prostàtic, i e) de les glàndules de Cowper. En l'esperma humà s'han comptat 60.000 espermatozoids per mil·límetre cúbic.

**220** L'acte mecànic d'introduir el mascle el penis dins de la vagina de la femella, per tal de dipositar el licor espermàtic, requereix d'una manera indispensable una prèvia *erecció* d'aquell orgue genital. L'erecció és, doncs, el fenomen per virtut del qual el penis es posa túrgid i endurit. La turgència penial resulta de l'aflux de sang que s'agombola en les cel·les del teixit cavernós. L'erecció és un acte reflexe, amb excitacions ensems centrals i perifèriques, les primeres d'ordre psíquic (imatges voluptuoses), les segones purament sensitiu (tàctil, olfactiu, etc.). El centre de l'erecció és a la regió lumbar de la mèdulla espinal.

En les femelles, durant el coït i en períodes d'excitació sexual, el clitoris es posa erètil d'una manera anàloga a la del penis. El mecanisme d'aquesta turgència és el mateix del cas anterior.

**221** L'*ejaculació* és la sortida furient del licor espermàtic. El mecanisme íntim d'aquest fenomen no ha estat encara del tot aclarit; la majoria de les opinions estan, però, orientades a suposar que les coses es produeixen així: les excitacions voluptuoses que són inherents al coït actuen com sol·licitadores d'una activitat testicular i dels moviments vermiformes de l'epidídim i dels conductes deferents; el líquid espermàtic, en virtut d'aquestes excitacions, va lliscant fins arribar a la regió prostàtica de la uretra; la seva presència en aquesta regió excita la secreció de les glàndules de Cowper i, per acte reflexe, l'excreció de les bossetes espermàtiques, i desperta els moviments rítmics i espasmodiformes que projecten brusquement a l'exterior el licor fecundant. L'ejaculació normal, és a dir, la que es verifica dins dels genitals de la femella durant el coït, sembla que és rebuda

purament per la cavitat vaginal, encara que és opinió bastant estesa que en algunes espècies animals el licor fecundant va directament i en gran quantitat dintre de la matriu, car durant el coït l'aparell genital femení no és totalment passiu, sinó que, responen a l'excitació del penis turgent, mentre la vagina es contreu el coll de la matriu es dilata.

**222** Quan els espermatozoids que han entrat a la matriu hi troben un òvul són atrets per aquest en virtut d'un quimiotactisme i s'apressen a acoblar-s'hi; però quan un espermatozoid ha penetrat dins del protoplasma de l'òvul, la coberta d'aquest esdevé inatacable, i no solament deixa d'exercir aquella atracció quimiotàctica, sinó que es fa indiferent a les sol·licituds d'acoblament dels altres espermatozoids.

L'empresonament del cap de l'espermatozoid dins del protoplasma ovular dóna origen a una completa transformació estructural i fisiològica de l'òvul. Una de les primeres fases d'aquesta transformació és la fusió dels nuclis mascle i femella en un de sol, la cromatina del qual és meitat masculina i meitat femenina (*nucli vitel·li*). Quan dintre del protoplasma de l'òvul s'arriba a aquest moment de fusió de les cromatines paterna i materna es diu que l'òvul ha estat fecundat.

**223** A partir de la fecundació l'òvul manifesta una vitalitat extraordinària, que es tradueix en una creixença i una segmentació. Aquesta darrera s'inicia amb la formació de dues cèl·lules filles; tot seguit, cada una d'aquestes es divideix en dues més; a son torn, aquestes es divideixen també d'una manera anàloga, i així successivament la cèl·lula primitiva acaba per formar un apinyament que s'anomena *mòrula*. Seguint l'evolució natural d'aquest procés reproductor, que no acaba fins la completa formació del nou ésser semblant als seus pares, a la part central de la mòrula s'hi forma un líquid que mecànicament empeny enfora les cèl·lules morulars, les quals es veuen forçades a constituir una capa externa, constituint la *blàstula*. A aquesta segona fase de la reproducció segueix la formació de la *gàstrula*, la qual és noresmenys que el resultat de la invaginació de la fulla única de la blàstula, de tal manera que s'estableix un contacte entre les cares internes de les cèl·lules que formaven la capa única d'aquesta.

La gàstrula consta, doncs, de dues fulles: una externa, o *ectoderm*, i una interna, o *endoderm*, les quals es continuen entre si a nivell de límit o circumferència externa de l'invaginació (*blastoporus*). Entre l'ectoderm i l'endoderm es forma, a seguit, una nova capa que s'anomena *mesoderm*. Ectoderm, mesoderm i endoderm són les tres fulles del *blastoderm*. De cada una d'aquestes fulles en pren origen un determinat grup de elements anatòmics i teixits dels que formaran l'organisme fill. De l'endoderm se'n formà el sistema nerviós central, la retina, el laberinte membranós, el cristal·lí, l'esmalt dentari i l'epidermis amb sos derivats. Del mesoderm en

provenen tots els altres teixits de l'organisme (múscles, cor, vasos, teixit conjuntiu, endotelis, aparell gènitorinari) De l'endoderm en neixen els epitelis del tub digestiu i de les glàndules anexas.

**224** Normalment, després de la fecundació l'òvul es fixa a la paret uterina, i les ulteriors transformacions que a partir d'aquest moment experimentarà tenen lloc en plena mucosa. En aquesta s'hi diferencien tres zones: 1.<sup>a</sup>, *decidual basal*, situada entre l'embrió i la capa muscular uterina; 2.<sup>a</sup>, *decidual capsular (reflexa)*, entre l'embrió i la cavitat uterina; 3.<sup>a</sup> *decidual vera*, que cobreix la resta de l'úter. A mida que, a partir de la fase de mòrula, el nou ésser en embrió va creixent, va embolcallant-lo un sac, anomenat *àmnios*, ple d'un líquid anomenat *amniòtic*. Voltant l'àmnios s'estén una membrana vascular (*còrion*), la qual rep i emet vasos sanguinis que, a través del cordó umbilical, asseguren la circulació nodridora del *fetus*. Des del tercer mes després de la fecundació, el fetus rep son nodriment a través de la *placenta*, que és un orgue de nova creació, format amb elements fetals i materns a nivell del lloc ocupat per la decidual basal. Esquemàticament la placenta és un teixit esponjós, al qual van a desembocar les artèries uterines i des del qual la sang materna va a les venes uterines. A les cavitats placentàries hi arriben projeccions de còrion (vil·lositats corials) amb vasos sanguinis fetals, les quals es banyen en la sang materna; la sang fetal arriba per les artèries umbilicals i recula cap al fetus per la vena del mateix nom. Les sangs fetal i materna estan, doncs, separades per una doble capa epitelial, i, per tant, la nutrició del fetus es verifica per difusió.

**225** La duració de l'embaràs és diferent per a cada espècie animal. Quan el fetus ha arribat a un grau de desenrotllament que li permet desprendre's del cos de la mare i viure autònomament, es produeix el *part*, en virtut de contraccions rítmiques de la musculatura uterina. L'estudi del part, a l'igual que el del desenrotllament de l'embrió i el fetus dins del claustr matèrn, tot i essent fenòmens completament fisiològics, queden fora de l'abast d'aquest llibre, car de l'estudi detallat d'aquest procés perpetuador de les espècies se n'ocupen avui amb gran riquesa de coneixements l'Obstetrícia i l'Embriologia.

**226** Un fet interessantíssim que s'observa durant l'embaràs, i particularment després del part, és l'activitat que es desperta en les glàndules mamàries. Efectivament, durant l'embaràs les mamelles augmenten de volum, de turgència i de temperatura, i després del part segreguen llet. Els primers d'aquests fenòmens cal atribuir-los a hormones fabricades pels orgues genitals: en els primers períodes de l'embaràs sembla com si en el cos groc es produís una hormona. Si quirúrgicament s'obre un fol·licle de Graaf, les mamelles de la femella operada presenten tot seguit un augment de volum. També la injecció d'extrets fetals a una femella verge produeix augment de les mamelles.

Després del part les glàndules mamàries segreguen llet, i aquesta secreció es perllonga durant un temps variable segons l'espècie animal. La causa d'aquesta secreció roman encara un xic boirosa. S'atribueixen propietats galactogogues als extrems hipofisaris i placentaris. Moltes femelles es mengen la placenta i les membranes fetals després del part. Hom ha atribuït a aquest instint una importància de primer ordre pel que es refereix a la secreció làctica.

1	Introducció
7	I. La sang
10	II. Fisiologia de l'aparell circulatori
20	III. Fisiologia dels vasos sanguinis
32	IV. Fisiologia de la respiració
40	V. Fisiologia de la digestió
61	VI. La nutrició
68	VII. L'orina i la seva secreció
73	VIII. Endocrinologia
83	IX. El sistema muscular
88	X. El sistema nerviós
92	a) Fisiologia general
95	b) Fisiologia especial
101	XI. Fisiologia dels sentits
113	XII. Fisiologia de l'aparell locomotor
118	XIII. Funcions de reproducció

## ÍNDIX

Introducció . . . . .	5
I. La sang . . . . .	7
II. Fisiologia de l'aparell circulatori . . . . .	16
III. Fisiologia dels vasos sanguinis. . . . .	26
IV. Fisiologia de la respiració. . . . .	35
V. Fisiologia de la digestió . . . . .	46
VI. La nutrició . . . . .	61
VII. L'orina i la seva secreció . . . . .	68
VIII. Endocrinologia . . . . .	73
IX. El sistema muscular . . . . .	83
X. El sistema nerviós . . . . .	88
a) Fisiologia general . . . . .	88
b) Fisiologia especial . . . . .	92
XI. Fisiologia dels sentits . . . . .	101
XII. Fisiologia de l'aparell locomotor . . . . .	113
XIII. Funcions de reproducció . . . . .	118



J. San C4/1

C  
1  
496