

настаје тзв. „ширење рефлекса“, који обухвата више делова кичмене мождине.

Ако парче филтар-хартије натопимо 0,5% раствором H_2SO_4 и ставимо га жаби на леђа са десне стране кичменог стуба, животиња ће грчењем десне задње ноге покушати да уклони хартију. Потом обрисати надражено место ватом натопљеном водом, па исти оглед поновити и с леве стране кичменог стуба. Жаба ће покушати да уклони хартију левом задњом ногом, али ако ту ногу придржавамо пинцетом, жаба се употребити задњу десну ногу и скинути хартију.

Када увлачењем игле разоримо кичмену мождину, разарају се рефлексни центри у њој и надражај не може да се преноси од рецептора до ефектора. Када умочимо ногу у киселину, не запажамо никакве мишићне покрете.

ФИЗИОЛОГИЈА ЧУЛНИХ ОРГАНА

Са нервним системом најнепосредније су повезана чула или чулни органи, преко којих се животиње „обавештавају“ о спољашњој средини, као и о променама у самом организму. У најједноставнијем облику чула су представљена нервним завршецима или појединачним чулним ћелијама повезаним са ефекторним ћелијама које реагују на дражи. Такав је случај код дупљара и нижих црва. Међутим, код већине животиња, чулне ћелије су груписане у чулне епителе, који заједно с другим, помоћним ткивима, образују чулне органе.

Чуло додир или тактилно чуло *еволутивно* је најстарије. Оно је и најраспрострањеније чуло у животињском свету. Његове ћелије смештене су у кожи или непосредно испод ње. Иако су распоређене по читавој телесној површини, чулне ћелије за додир нарочито су многобројне на истуреним деловима тела, као што су, на пример, пипци црва, мекушаца, зглавкара и риба. Код виших кичмењака ову функцију обављају различите творевине назване — чулни пупољци или чулна телашца. Њих има више врста и смештени су углавном у кожи и слузокожи.

Код виших животиња и човека постоје специјални чулни органи или чула. У њихов састав улазе рецептори (чулне ћелије или нервни завршеци) на које делују одређене дражи, нервна влакна преко којих се надражаји преносе до центра и нервни центри, односно одговарајуће области у кори великог мозга у којима се стварају осећаји вида, слуха, додир и други. Извесну драж имаће ефекат само ако је надражен одговарајући рецептор. Тако, на пример, светлосни утисак добија се само када светлосни зрак падне на фоторецепторе. Осветљавање центра за вид или видног нерва нема ефекта, то јест не ствара утисак светлости.

КОЖНИ ЧУЛНИ ОРГАНИ

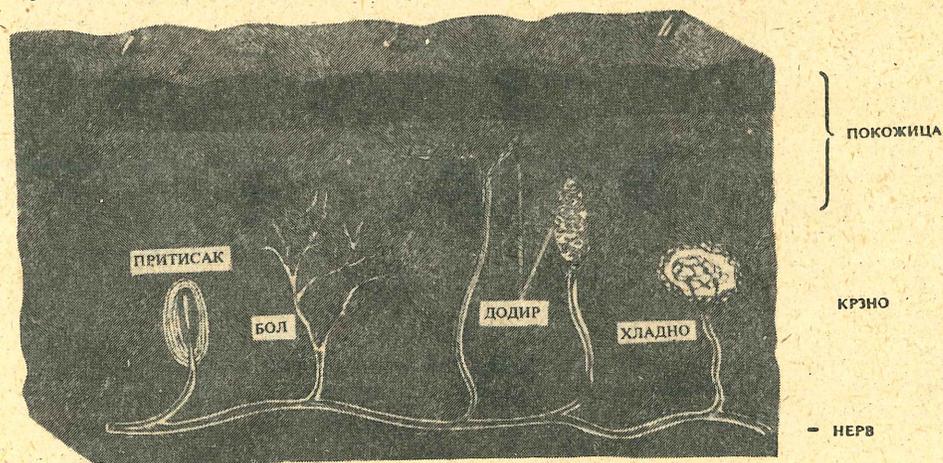
Кожа у човека има заштитну улогу, и као одређену улогу у излучивању. Осим тога, у њој се налази и већи број рецептора: за притисак и додир, за бол и за температуру.

Рецептора за притисак и додир има највише на врховима прстију, на језику, уснама и врату, а најмање на леђима. Разликујемо неколико различитих врста рецептора који реагују на притисак и додир.

На притисак или додир кожа се угиба, а надражај се преко нервних влакана преноси до осећајних центара у кори великог мозга. На тај начин добија се утисак бола или додира, као и утисак о облику, тврдоћи, влажности и другим особинама предмета. И ово чуло може да се адаптира на одређени интензитет дражи. Зато не осећамо додир одела или обуће, осим у случајевима када је притисак веома јак.

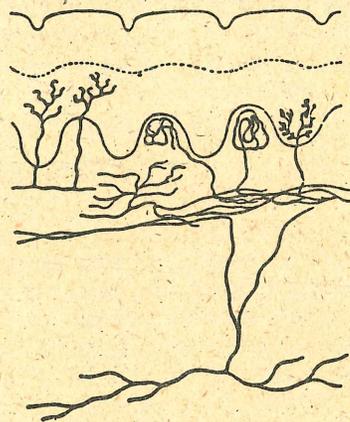
Чуло додира може да стекне знатну изоштреност, на пример, код слепих, тако да они могу добро да се оријентишу у средини, да науче да читају пипајући испупчена слова у специјалним књигама за слепе.

Рецептори за бол су слободни нервни завршеци у кожи. Они су осетљиви на хемијске, механичке и топлотне дражи, а могу се надражити на разне начине. Надраживање рецептора за бол може се вршити, на пример, јаком киселином, високом и ниском температуром, убодом или ударом. Када већи број дражи слабог интензитета делује на рецепторе за бол и додир, осећа се свраб. Такав осећај могу да изазову и разне хемијске супстанције, као и отрови инсеката.



Сл. 84. Тактилна телица у кожи сисара

Рецептори за температуру налазе се на читавој површини тела. Има их двојаких: за топло и за хладно. Рецептори за топло најраспрострањенији су на уснама и образима, док су за хладно



Сл. 83. Слободни нервни завршеци у кожи

најраспрострањенији на леђима. Разлика у температури делује као драж на ове рецепторе.

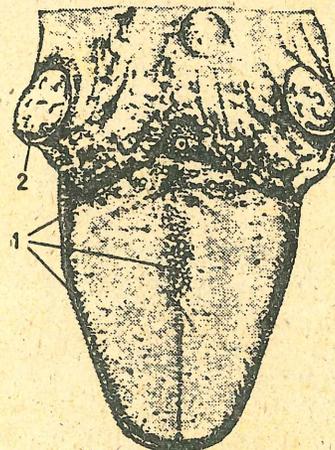
Рецептори за температуру значајни су за одржавање сталне телесне температуре човека, као и осталих топлокрвних организама.

У нашим унутрашњим органима налазе се рецептори преко којих се примају утисци о стању и променама у организму. Њих има, на пример, у крвним судовима, бубрезима, цревима, мокраћној бешици. Преко ових рецептора и нервних влакана обавештавају се аутоматски центри у организму о променама у раду појединих органа. На основу обавештења, рефлексним путем настаје корекција у раду органа и њихово прилагођавање новонасталим ситуацијама.

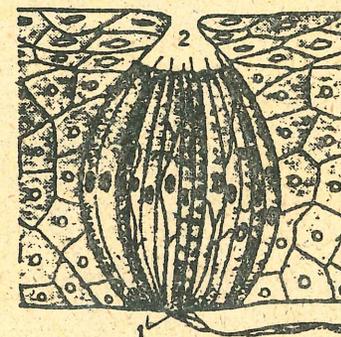
Преко ових рецептора осећају се болови у цревима, бубрезима, мокраћној бешици и другим органима. Њиховим посредством добија се утисак жеђи и глади, настаје потреба за пражњењем црева и мокраћне бешике.

ЧУЛО УКУСА

Чуло укуса спада у групу хемијских чула; оно прима хемијске дражи материја растворених у води, а код копнених животиња хемијска материја која изазива одређени укус раствара се у секрету



Сл. 85. Језик: 1 — густативне квржице у језику човека; 2 — крајници



Сл. 86. Попречни пресек једне квржице (шема): 1 — рецептори и нервна влакна; 2 — пора

пљувачних жлезда. Код већине бескичмењака, са изузетком инсеката, оба хемијска чула су удружена; тако се мирис одражава као укус. Чуло укуса смештено је у непосредној близини усног отвора или у самој усној дупљи.

Код кичмењака, чуло укуса смештено је у слузокожи језика и ждрела и нарочито је добро развијено код копнених кичмењака. Код сисара, ово чуло достиже највећу осетљивост, што је свакако у вези с развитком великог мозга.

Код човека, рецептори за укус налазе се у квржицама језика (густативне квржице) које личе на брадавице. Квржице су нарочито

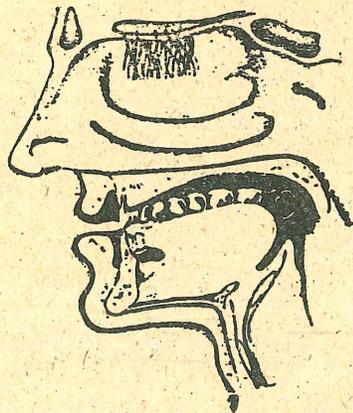
видљиве на ивицама језика и његовом врху, као и на површини према основи језика. Рецепторне ћелије су удружене и повезане с потпорним елементима; на другом крају оне су у вези с нервним влакнима за укус.

Разликујемо укусе слатког, горког, киселог и сланог; за сваки од њих постоји посебан рецептор. Врх језика нарочито је осетљив за слатко и слано, бочне стране језика за кисело, а база језика за горко.

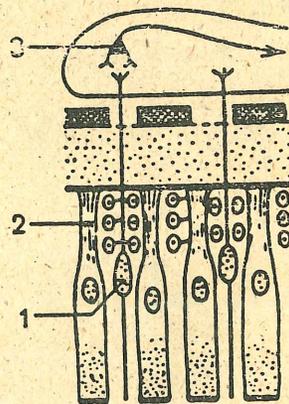
Чуло укуса има значајан удео у варењу хране. Укусна храна изазива обилније лучење сокова за варење. У стварању осећаја укуса важну улогу има и чуло мириса. Из искуства знамо да јака кијавица, на пример, има као последицу смањење осећаја укуса.

ЧУЛО МИРИСА

Чуло мириса прима хемијске дражи од материја у гасовитом стању. Материја мора бити испарљива да би изазвала осећај мириса. Код еволутивно нижих животиња, и то углавном оних које живе у води, чуло мириса и чуло укуса представљена су заједно у виду јединственог хемијског чула. Код зглавкара, чуло мириса смештено



Сл. 87. Рецептори у слузокожи носа



Сл. 88. Шематски приказ рецептора за мирис: 1 — рецептори; 2 — потпорне ћелије; 3 — нервна влакна

је на пишцима; нарочито је добро развијено код неких инсеката. Најбољи пример су лептири, код којих мужјаци могу по мирису да открију женку на великој удаљености.

Код човека, рецептори чула мириса налазе се у горњем делу носне дупље, у слузокожи која облаже носне шкољке и носну преграду. То је област тамножуте боје чија је слузокожа нешто пунија од осталих области — *мирисна област*. Површина мирисне области обе носне шупљине износи око 5 cm².

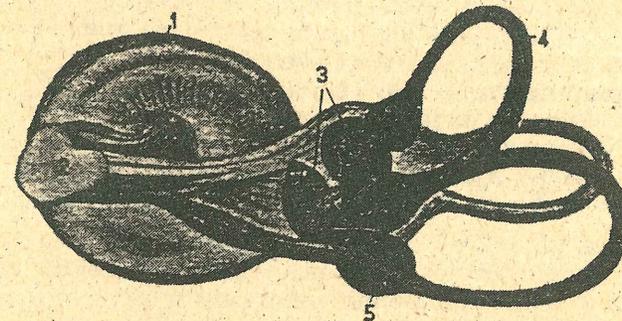
Мирис имају само испарљиве материје чије честице доспевају до мирисне области у носу. Те ситне честице се растварају у влажној слузокожи мирисне области и тек као такве делују на рецепторе.

Рецептори за мирис имају особину да се брзо „адаптирају“, после чега се осећај мириса губи ако се концентрација супстанције у атмосфери не повећа. Ова особина чула мириса може имати негативне последице за особе које раде са штетним материјама које миришу.

На рецепторе за мирис негативно делују прашина и прехлада. Тада се њихова осетљивост смањује.

ЧУЛО СЛУХА

Код бескичмењака, чуло слуха слабо је развијено. Сложеношћу грађе и функције оно се истиче само код инсеката, код којих има важну улогу у препознавању и међусобном комуницирању. Чуло слуха развијено је у кичмењака, код којих је тесно повезано са



Сл. 89. Мембрана лабиринт: 1 — пуж; 2 — нерв; 3 — трем; 4 — полукружни каналићи; 5 — проширење (ампуле)

статичким органима који регулишу равнотежу и положај тела у простору. Тада чине заједнички скуп органа означен као *статоакустички апарат*.

Уво је орган чула слуха. У његовој грађи разликујемо спољашње, средње и унутрашње уво. Рецептори за слух налазе се у унутрашњем уву, а центар је у слепоочној области коре великог мозга.

Спољашње уво представља хрскавичава ушна шкољка и спољашњи слушни канал. Они прикупљају звучне вибрације и управљају их према средњем уву. У спољашњем слушном каналу налазе се жлезде, које луче ушну маст и мноштво длачица. Оне штите уво од прашине, микроорганизама и инсеката. На граници између спољашњег и средњег ува налази се еластична бубна опна, која затрепери под деловањем звучних таласа што продиру кроз спољашњи слушни канал.

Средње уво налази се у коштаном шупљини слепоочне кости и испуњено је ваздухом. Са спољашњим увом је у вези преко бубне опне, а на унутрашњој страни, према унутрашњем уву, налази се

коштана преграда са два отвора (округли и овални прозор). Средње уво је преко Еустахијеве трубе у вези са носно-ждрелном шупљином. Еустахијева труба служи за изједначење притиска са спољашње и унутрашње стране бубне опне, што при великом притиску има улогу заштитне опне од оштећења. У средњем уву налазе се три слушне кошчице: чекић, наковањ и узенгија. Чекић је једним својим крајем срастао са бубном опном, а другим крајем покретно зглобљен са наковњем. Овај је, опет, зглобом повезан са узенгијом, чија основа налаже на овални отвор (прозор).

Унутрашње уво је сложене грађе смештено у дубини слепоочне кости. Почиње од овалног и округлог отвора (прозора) на граници између средњег и унутрашњег уха. У његовој грађи разликујемо два дела: коштани и опнасти. Коштани део се састоји из канала и шупљина — коштани лабиринт; опнасти део састоји се из трема, пужа и полукружних каналића — мембранозни лабиринт. Дупља унутрашњег уха испуњена је течношћу — перилимфом. У њој се налази мембранозни лабиринт, који је такође испуњен течношћу — ендолимфом. У грађи мембранозног лабиринта разликујемо два дела: пуж, који припада чулу слуха, и трем са полукружним каналићима, који припадају чулу равнотеже.

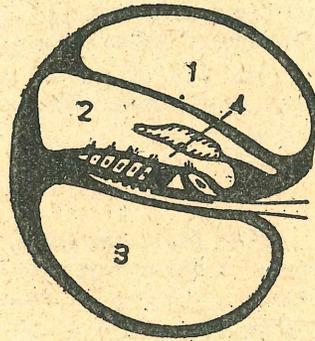
Пуж има облик љуштуре са два и по увојка, по чему је и добио име. Његова унутрашњост је подељена једном коштаном плочицом, која се наставља у опнасту базалну мембрану и дели дупљу на два канала. Опнасти део преградног зида различите је ширине: у бази пужа је најужи, а према врху је све шири. У једном од канала пужа, на базалној мембрани, налази се Кортијев орган, који је у ствари рецепторни део чула слуха.

Кортијев орган састоји се из потпорних и чулних ћелија, које су у вези са нервним влакнима слушног нерва. Те чулне ћелије су рецептори за слух. Оне су снабдевене трепљама, а повезане су са нервним влакнима слушног нерва.

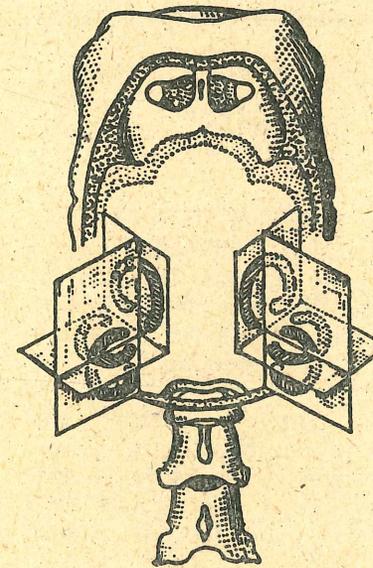
Ваздушне вибрације преносе се на бубну опну, а са ње, преко слушних кошчица, на овални прозор, који затрепери и покрене перилимфу. Треперење перилимфе преноси се на ендолимфу и базалну мембрану, на којој се налази Кортијев орган. Треперење базалне мембране доводи до механичког надраживања рецепторних трепљастих ћелија и до стварања нервног импулса, који се влакнима слушног нерва преноси до централног нервног система — до центра за слух.

Дуготрајно деловање буке смањује осетљивост органа за слух, а може довести и до њиховог оштећења. Позната је наглувост ковача и казанџија услед непрекидног излагања буци велике јачине.

Одржавање чистоће спољашњег уха једна је од мера за неговање органа за слух. Треба, исто тако, обратити пажњу на хигијену



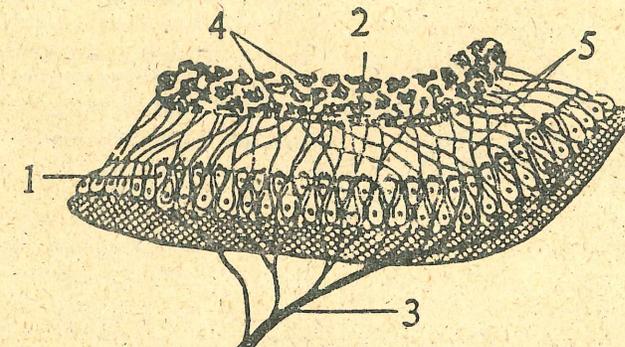
Сл. 90. Грађа пужа:
1 — вестибуларни канал;
2 — кохлеарни канал;
3 — тимпанични канал;
4 — Кортијев орган



Сл. 91. Положај полукружних каналића

су са огранцима слушног нерва, који проводи импулсе у централни нервни систем.

При промени положаја главе напред, назад и у страну, ситна кристална тлаца својом тежином притискају трепљасте завршетке



Сл. 92. Грађа органа за равнотежу: 1 — чулне ћелије; 2 — мембрана; 3 — нерв; 4 — кристали; 5 — влакна

чулних ћелија; тако створен надражај преноси се до центра. Као последица тога настаје рефлексна реакција мишића који одржавају равнотежу тела.

ЧУЛО РАВНОТЕЖЕ

На трему и полукружним каналићима налазе се рецептори чула за равнотежу. Трем чине два мехураста тела испуњена ендолимфом и међусобно повезана једним каналом. Веће од њих, које је у непосредној вези са полукружним каналићима, учествује у одржавању равнотеже тела. У њему се налазе рецепторне ћелије, издуженог облика, које на слободним крајевима имају трепље. Ови трепљасте завршеци чулних ћелија уроњени су у пихтијасту супстанцију, у којој се налазе ситни кристали. Рецепторне ћелије повезане су са огранцима слушног нерва, који проводи импулсе у централни нервни систем.

Полукружних каналића има три, а секу се скоро под правим углом. У ампуластим проширењима, која се налазе на свакоме од њих, налазе се рецепторне ћелије, уз које су потпорне ћелије. При покретању главе, покрене се течност у полукружним каналићима и тиме надражује рецепторе. Од њих, преко огранака слушног нерва, надражај одлази у централни нервни систем.

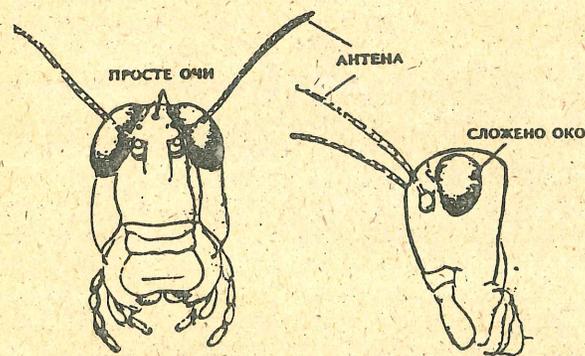
Повреде трема и полукружних каналића изазивају тешке поремећаје равнотеже и мишићног тонууса, тетурање и слично.

ЧУЛО ВИДА

Посебно развијено чуло вида немају сви бескичмењаци, али је и код њих откривена осетљивост на светлосне дражи. Изгледа да код њих већина ћелија на површини тела поседује способност разликовања светлости од таме. Ове ћелије повезане су нервним влакнима са контрактилним елементима који остварују локомоторне реакције. Међутим, код већине врста животиња постоје развијена чула за пријем светлосних дражи. У најпростијем облику се јављају као *очне мрље*. Од њих су сложеније пехарасте и мехурасте очи. Свима је заједничко што садрже рецепторне елементе на које делује светлост, оптичке делове различите сложености који омогућају усмеравање снопова светлосних зракова према рецепторима, и пигментне ћелије.

Просте и комплексне (сложене) очи

Мехурасте и пехарасте очи спадају у апарате једноставне структуре. Њих налазимо код неких црва и амфиоксуса. Ради се о чулним ћелијама обложеним пигментним ћелијама, међусобно повезаних нервним влакнима и нервним центрима. По изгледу, ове очи сасвим мало подсећају на очи кичмењака. Оне могу да детектују промене интензитета осветљености и разликују светлост од таме.



Сл. 93. Просте и сложене очи инсеката

на пример, налази се сочиво, тако да она може да се акомодира према посматраном предмету.

Инсекти имају сложене очи, састављене из већег броја простих очију. Свако од њих остварује функцију за део посматраног пред-

мета. На мрежњачи таквих очију стварају се ликови појединих делова предмета, а у целини се добија мозаичка слика предмета (*мозаички вид*).

Парне очи кичмењака

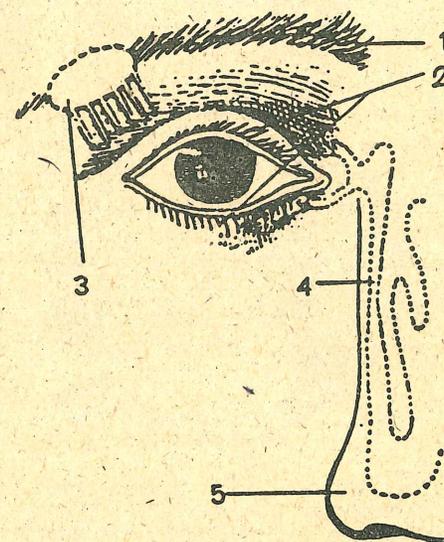
Грађу и физиологију ока виших кичмењака можемо илустровати на примеру човечијих очију. Оне се налазе у очној дупљи. У њиховој грађи разликујемо заштитне и помоћне делове ока, оптички део и фоторецепторе.

Заштитни и помоћни делови ока

Очни капци, вежњача (конјуктива), сузне жлезде, обрве и трепавице су заштитни и помоћни делови ока, а затим и очни мишићи, који покрећу очне јабучице.

Очни капци штите предњу, голу површину ока, при чему им помажу трепавице, вежњача и сузне жлезде. Заштита очних капака је, пре свега, механичка, али њиховим покретима одражава се и влажност површине ока, јер се размазује течност која се ствара у вежњачи и сузним жлездама. Затварање очних капака, као и лучење суза рефлексне су радње чији се центри налазе у продуженој мождини. *Вежњача* покрива предњу белу површину ока и прелази на унутрашњу површину очних капака. Обрве штите очи, а сузне жлезде испирају и штите око од исушивања.

Очни мишићи покрећу око. Једним својим крајем утврђени су за зидове очне дупље, а другим за површину ока.



Сл. 94. Заштитни и помоћни делови ока: 1 — обрве; 2 — трепавице; 3 — сузне жлезде; 4 — канал за одвођење суза; 5 — нос

Оптички део ока

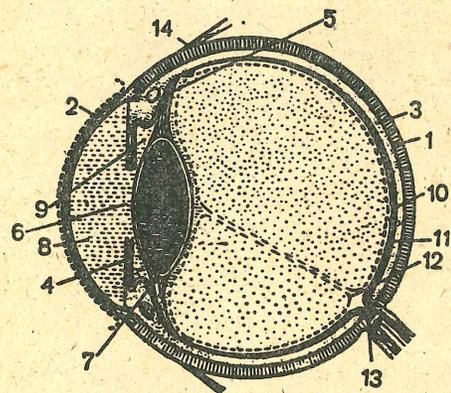
Рожњача, течност предње очне коморе, сочиво и стакласто тело су оптички део ока. Овај део ока сакупља светлосне зраке, прелама их и пропушта до фоторецептора који се налазе на мрежњачи.

Око има облик јабучице, па се назива очна јабучица. Очна јабучица има три слоја: *беоњачу*, *судовњачу* и *мрежњачу*. *Беоњача* је спољни слој беле боје. Њен предњи део покривен је вежњачом.

Предњи део спољне површине ока чини *рожњача*, која је уметнута у *беоњачу*, као стакло на часовнику. Она је провидна и има

заштитну улогу. Испод беоњаче је судовњача, која је богата крвним судовима, а садржи и пигментне ћелије. На месту преласка беоњаче у рожњачу налази се цилијарно тело. Иза рожњаче, а испред очног сочива, на цилијарно тело се надовезује дужица. Цилијарно тело и дужица настају од судовњаче. Боја дужице даје боју очију. У средишту дужице налази се округли отвор — зеница. Судовњача храни око, а својим пигментима спречава расипање светлости и затвара око у праву мрачну комору. Ширина зенице се мења у зависности од јачине осветљења. На јачој светлости она је ужа, док је на слабијој светлости шира.

Између рожњаче и дужице налази се предња очна комора, која је испуњена очном течношћу. Иза њих постављено је сочиво. Даље



Сл. 95. Уздужни пресек ока: 1 — беоњача; 2 — рожњача; 3 — судовњача; 4 — дужица; 5 — цилијарно тело; 6 — зеница; 7 — очно сочиво; 8 — предња очна комора; 9 — задња очна комора; 10 — жута мрља; 11 — мрежњача; 12 — слепа мрља; 13 — очни нерв

према унутрашњости ока налази се стакласто тело, које је саграђено од пихтијасте супстанције. Између дужице и очног сочива налази се задња очна комора.

Мрежњача је веома сложене грађе, а састоји се из више слојева различитих ћелија. Према спољашњости, уз судовњачу, налази се слој пигментних ћелија, а испод њега смештене су чулне ћелије, чепићи и штапићи. Испод чепића и штапића налази се више врста нервних ћелија које су у вези са нервним влакнима очног нерва.

Нервна влакна очног нерва непотпуно се укрштају, тако да оба нерва садрже влакна која полазе из оба ока. Наиме, један део нервних влакана из десног ока прелази на леву страну, а из левог ока на десну страну, до међумозга, а затим у центар за вид једне и друге мождане хемисфере. Други део влакана се не укршта.

У централном делу мрежњаче налази се удубљење са већим бројем фоторецептора. То је *жута мрља*. Она садржи само чепиће,

док штапићастих ћелија у њој нема. Штапићи су углавном на извесној удаљености од ње. Што је место више удаљено од жуте мрље, све је више штапића него чепића. Неколико милиметара од жуте мрље, на месту где влакна очног нерва улазе у око, нема фоторецептора; то место не прима светлосне утиске и назива се *слепа мрља*.

Физиологија мрежњаче

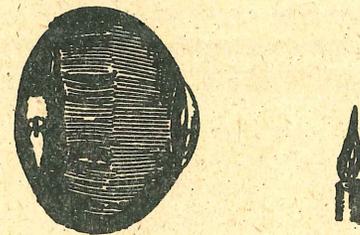
Утврђено је да су чепићи важни за виђење при дневној светлости, а штапићи у сумраку и при слабом осветљењу. Неке особе немају способност виђења у сутону; то је такозвано *кокошје слепило*. Узрок овој појави може бити обољење штапићастих ћелија у мрежњачи или недостатак витамина А.

Сам процес виђења везан је за постојање хемијских супстанција у чепићима и штапићима.

Утврђено је да у мрежњачи постоје најмање три врсте пигмента, који реагују на светлост различитих таласних дужина. Сви чепићи не садрже у истој мери све поменуте пигменте, па и нису подједнако осетљиви на различите боје. Једни су осетљиви на зелену боју, други на плаву, а трећи на црвену. Услед смањеног броја појединих врста чепића, или у њиховом одсуству, јавља се неспособност за разликовање боја.

Прилагођавање ока

Светлосни зраци пролазе кроз читав прозачни део ока: рожњачу, очну течност, сочиво са омотачем и стакласто тело, а затим падају на мрежњачу. При томе се пропуштају зраци видљивог дела спектра, а упијају ултравиолетни и инфрацрвени. Ако се очи изложе јачем деловању ултравиолетних и инфрацрвених зракова, а при томе се не заштите, јавља се запаљење и болови у очима.

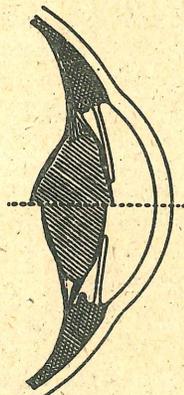


Сл. 97. Формирање лика на мрежњачи

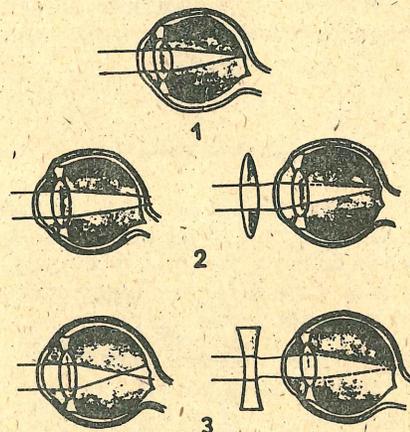
Кад светлосни зраци прођу кроз оптички део ока и падну на мрежњачу, на њој се формира лик посматраног предмета, који је стварни, умањен и изврнут. То што предмете не видимо изврнуто, ствар је искуства које се стиче и корекције коју врше мождани центри.

Око има способност да се прилагођава даљини посматраног предмета. При посматрању далеких предмета, сочиво је максимално спљоштено. Приближавањем предмета, његов лик би падао све даље иза мрежњаче да нема сочива, које мења свој облик и постаје испупченије. Испупчено сочиво више прелама светлосне зраке и доприноси

да лик предмета падне на мрежњачу. Промене пречника сочива су рефлексне. До њих долази захваљујући мишићним влакнима која су повезана са омотачем сочива.



Сл. 98. Прилагођавање ока



Сл. 99. Мане ока: 1 — нормално око; 2 — кратковидост са шематским приказом стварања лика и корекцијом; 3 — далековидост са шематским приказом стварања лика и корективним сочивом

ПИТАЊА

1. Објасни улогу чула.
2. Које је чуло еволутивно најстарије?
3. Опиши локализацију и наведи значај кожних чулних органа.
4. Које су карактеристике чула укуса?
5. Где су смештени рецептори за мирис?
6. Опиши грађу унутрашњег уха и Кортијевог органа.
7. Од каквог је значаја положај полукружних каналића?
8. Опиши оптички део ока човека.
9. Како се око прилагођава на даљину?

ТЕЛЕСНЕ ТЕЧНОСТИ

Размена материја између једноћелијских организама и спољашње средине обавља се дифузијом материја кроз телесни зид или активним транспортом. Најпростије метазое, у принципу, снабдевају се неорганским и органским материјама из спољашње средине на исти начин као и једноћелијски организми. Међутим, већ код црва налазимо специјалну телесну течност којом се до ћелија преносе кисеоник и хранљиве материје и преко које се из организма излучују производи који настају у току катаболизма. Ова течност циркулише и представља унутрашњу течну средину у којој ћелије живе. Разликујемо четири типа телесних течности: хидролимфу, хемолимфу, крв и лимфу.

ХИДРОЛИМФА И ХЕМОЛИМФА

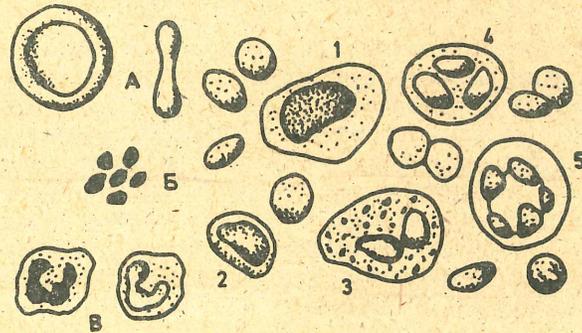
Ова два типа телесних течности карактеристична су за велики број врста бескичмењака. *Хидролимфа* нема стални састав у погледу неорганских и органских материја и није носилац функције везивања и транспорта кисеоника. Хидролимфа циркулише из спољашње средине у гастроваскуларни систем дупљара и нижих црва. Централни део тог система заузима желудац, од кога се разилазе радијални канали обложени трепљастим епителом. Најједноставније грађе и састава је хидролимфа сунђера.

Хемолимфа циркулише кроз сложенији систем и више је одвојена од спољашње средине. Хемолимфа садржи беланчевине, пуферске системе и пигменте, и на тај начин представља унутрашњу течну средину сталнијег састава у поређењу са хидролимфом. Ова телесна течност циркулише у систему крвотока: црва, мекушаца, ракова и инсеката. Пуферски систем који се састоји од бикарбоната, фосфата, аминокиселина и протеина одржава вредност рН унутар одређених граница. Треба истаћи да су те границе знатно шире у поређењу са кичмењацима, посебно сисарима, али су мерљиве. Осмотски притисак и гликемија такође су променљиве величине у извесним карактеристичним границама ширим од оних у кичмењака. Осмотски притисак хемолимфе инсеката, на пример, и концентрација NaCl знатно су већи него у кичмењака, али то није случај са ефемеридима. Још једну одлику треба напоменути која се односи на разлике у току

онтогеније. У ларвеним стадијумима поједине вредности осмотских и других параметара телесних течности хемолимфе, знатно се разликују од вредности карактеристичних за адултне облике.

КРВ И ЛИМФА

Крв је телесна течност сталног неорганског и органског састава која циркулише кроз затворени систем судова карактеристичан за више животиње и човека. Одрастао човек има око пет литара крви. Крв се састоји из крвне течности (крвна плазма) у којој се налазе бела и црвена крвна зрнца и крвне плочице. Крв садржи највише воде (77 до 82%), затим органске материје (17 до 22%) и неорганске материје (око 1%).



Сл. 100. Крвна телашца — А црвена крвна зрнца; Б — крвне плочице; В — бела крвна зрнца; разне врсте белих крвних зрнаца: 1 — моноцити; 2 — лимфоцити; 3 — ацидофилни; 4 — базофилни; 5 — неутрофилни

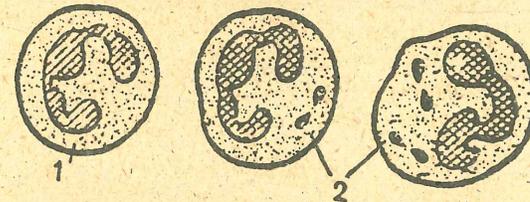
са у ћелијама. До наглих и већих промена у осмотском притиску крви не долази услед тога што постоје регулатори који дозвољавају промене само у извесним уским границама. Међу регулаторима осмотске сталности крви најважнију улогу имају бубрези, неки хормони и нервни елементи.

Осмотски притисак крви зависи углавном од растворених неорганских соли, међу којима натријум-хлорид има најважнију улогу. Хипотонична средина, као што је, на пример, дестилисана вода, оштећује ткива. У дестилисаном води црвена крвна зрнца хемолитирају, то јест услед продирања воде у њихову унутрашњост, опна прска и хемоглобин излази напоље. Због тога се у раду са живим ткивима употребљава физиолошки раствор, који је изотоничан са крвљу. Физиолошки раствор за животиње са сталном телесном температуром садржи 0,9% NaCl. Поред тога, да би и по хемијском саставу био сличан унутрашњој средини, овом раствору се додаје још KCl, CaCl, а у извесним случајевима и гликоза.

Црвена крвна зрнца (еритроцити) су крвне ћелије котурастог облика. У њима се разликује једна безбојна компонента и црвени крвни пигмент — хемоглобин. Црвена крвна зрнца риба, водоземаца, гмизаваца и птица имају једра, док су човечја без једра. У 1 mm³ крви човека има око пет милиона црвених крвних зрнаца. Свако од

њих има пречник од око седам микрона. Облик еритроцита и одсуство једра омогућује боље снабдевање кисеоником, јер он подједнако продире до свих његових делова.

Суспензија црвених крвних зрнаца у плазми прилично је стабилна, чему је узрок њихово електрично пуњење, као и електрично пуњење плазмних беланчевина. У току стајања ван организма, ипак долази до њиховог таложења, али се оно обавља споро. Код извесних обољења, на пример, код туберкулозних болесника, таложење црвених крвних зрнаца (седиментација) је убрзано. И код здравих особа, у неким посебним физиолошким ста-



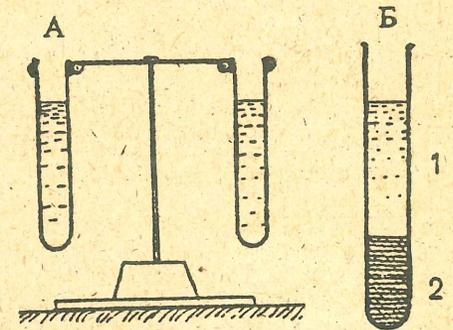
Сл. 101. Фагоцитоза: 1 — бело крвно зрнце; 2 — бактерија

њима, седиментација је исто тако убрзана, на пример код бременитости. Нормална вредност седиментације износи око 4—10 mm за час. То је висина стуба плазме издвојене изнад црвених крвних зрнаца после стајања у капиларној цевчици постављеној у вертикални положај. Да би се спречило грушање, крв се претходно помеша с раствором натријумцитрата.

Црвена крвна зрнца постају у црвеној коштаној сржи. Њихов век ограничен је на два до три месеца, после чега бивају разорена у слезини и јетри. Хемоглобин који се тиме ослобађа, најпре губи гвожђе из свог састава, а затим се претвара у жучне боје које се излучују из организма.

Хемоглобин чини 9/10 тежине црвених крвних зрнаца. Он има особину да се лако везује с кисеоником и гради оксихемоглобин. Овај је нестабилан и лако се разлаже на своје саставне делове, у условима када је напон кисеоника у околној средини низак. На тај начин хемоглобин има улогу преносиоца кисеоника од плућа до ћелија.

Бела крвна зрнца (леукоцити) су безбојна телашца са једром мање-више округлог облика. У човечјој крви налази се више врста белих крвних зрнаца. Она се међу собом разликују по облику, величини и унутрашњој грађи. Бела крвна зрнца имају способност амебоидног кретања, што им олакшава да прелазе из капилара у међућелијске просторе и ткива. У 1 mm³ човечје крви има око 6 000—8 000 белих крвних зрнаца. Тај број је нешто повећан за време варења.



Сл. 102. Центрифугирањем крви одвајамо крвна зрнца од плазме: А — епрувета са крвљу пре центрифугирања; Б — после центрифугирања: 1 — плазма; 2 — крвна телашца

Бела крвна зрнца имају способност да у своју протоплазму уносе бактерије и друга страна тела, разлажу их ферментима или таложу у лимфним органима. Она су главна одбрана организма од инфекције. Постају у лимфним чворовима и коштаном сржи.

Крвне плочице (тромбоцити) су ситна телашца која имају важну улогу у грушању крви. При повреди крвних судова крвне плочице се следе на ивицама ране, распадају се и помажу стварање грушанца, који затвара повређени суд, спречавајући даље крварење. У 1 mm^3 човечје крви има око 250 000 крвних плочица.

Крвна плазма је крвна течност без крвних телашца. Добија се центрифугирањем крви чије је згрушавање спречено додатком специјалних материја. Крвна плазма садржи воду, натријумове, калијумове, калцијумове и фосфорне соли, затим крвне беланчевине, продукте варења, продукте ћелијског метаболизма и хормоне.

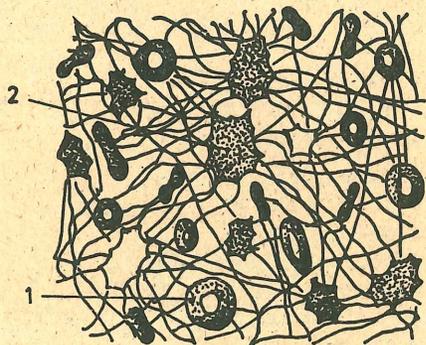
Згрушавање крви. — По изласку из крвних судова крв се згрушава, прелазећи у пихтијасту масу која се назива крвни колач. Он се на ваздуху скупља и из себе истискује жућкасту течност названу крвни серум. Згрушавање крви састоји се у преласку крвне беланчевине фибриногена, која је растворена у плазми у нерастворљиви кончасти облик — фибрин. Ово претварање обавља се под дејством фермента тромбина. При повредама крвних судова једна специјална материја из крвних плочица и околног ткива ране, у присуству калцијумових јона, активира поменути фермент — тромбин. Грушанац који постаје на тај начин затвара повређени суд и спречава даље крварење.

УЛОГА КРВИ

Улога крви је вишеструка. Већ је поменуто да је крв хранљива течна средина која ћелијама доноси хранљиве материје и кисеоник, а односи производе ћелијског метаболизма. У плућима се крв снабдева кисеоником, а ослобађа угљен-диоксида. У цревима крв прима хранљиве материје, а преко бубрега се ослобађа производа размене материја.

Крв циркулише кроз сва ткива и повезује различите органе у јединствену функционалну целину. Хормони, који су производ жлезда са унутрашњим лучењем, преко крви доспевају до ткива у свим деловима тела и утичу на њихов рад.

Поменули смо већ да крв заједно са лимфом чини течну унутрашњу средину организма која је увек истог органског и неорганског састава. На тај начин ћелијама су обезбеђени одговарајући услови за обављање њихове делатности.



Сл. 103. Згрушавање крви: 1 — црвена крвна зрнца; 2 — крвна телашца са влакнима фибрина

Крв има и одбрамбену улогу, која се остварује преко белих крвних зрнаца и антитела.

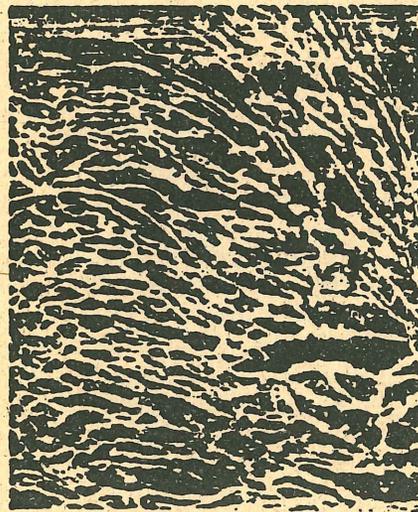
У регулацији сталности телесне температуре код сисара и птица крв има важну улогу, јер се загрева у оним органима у којима је промет материја најживљи, а одаје топлоту преко површине тела и загрева периферне органе.

ЛИМФА

Лимфа се формира од ткивне течности и циркулише кроз посебан систем канала — лимфоток. То је у ствари дренажни систем који прима онај део ткивне течности који није прешао у венске капиларе.

Лимфа је безбојна течност, сличног састава као крвна плазма, а од крвних телашца садржи бела крвна зрнца.

Лимфни чворови. — Ситни лимфни судови и капилари на извесним местима у телу пролазе кроз лимфне чворове. То су посебне анатомске творевине које се у групама налазе у пределу врата, препона, испод пазуха, око корена плућа (хилуси), у трбушној дупљи. Лимфни чворови имају вишеструку улогу. У њима се стварају бела крвна зрнца, задржавају бактерије и страна тела. При инфекцијама лимфни чворови натекну и могу се опипати.



Сл. 104. Сплет лимфних капилара

Слезина и тонзиле (крајници) такође спадају у лимфне органе. У слезини се у ембрионалном животу стварају црвена крвна зрнца, али после рођења детета она губи ту улогу. У слезини постају бела крвна зрнца. Поред тога, она служи као депо крви, гвожђа и још неких материја.

ПИТАЊА

1. Објасни састав хидролимфе и хемолимфе.
2. Објасни улогу телесних течности.
3. Опиши састав крви и улогу појединих компонената.
4. Где настају црвена крвна зрнца?
5. На шта подсећају бела крвна зрнца при свом кретању?
6. Каква је улога крвних плочица?
7. Објасни улогу и састав лимфе?

ИМУНИ СИСТЕМ

Човек и животиње непрекидно су изложени утицају микроскопски ситних организама који могу dospети у тело преко хране, ваздуха, коже или повреда и изазвати разне поремећаје и обољења. Ови организми који изазивају обољења и друге поремећаје углавном су протозое, бактерије и вируси. Они луче отрове који оштећују ћелије, а како се веома брзо размножавају, могу да изазову тешке поремећаје, па и смрт. Да ли ће доћи до обољења, или не, зависи не само од броја и врсте патогених микроорганизама већ и од отпорности организма. Познато је да за време тежих епидемија слаби и неотпорни подлежу болести, док снажнији и отпорнији могу да живе поред оболелих без штетних последица по здравље. У ствари, такве особе преболе у веома лакој форми и не знајући за то, јер је организам успео да својим средствима одбране савлада изазиваче болести пре него што су се они сувице намножили. При томе се у неким случајевима стиче имунитет према тој врсти микроорганизама.

Против страних тела која продиру у организам ступају у акцију бела крвна зрнца и антитела.

Фагоцитоза је један од начина одбране организма против страних тела. Као што је већ речено, бела крвна зрнца су у стању да својим амебоидним покретима прође кроз зидове капилара, уђу у нападнута ткива, увуку страна тела у своју протоплазму и сваре их. Оваква реакција белих крвних зрнаца назива се фагоцитоза. Бела крвна зрнца — *фагоцити* — преносе се крвљу и лимфом, а има их у свим органима, нарочито у јетри, слезини и лимфним жлездама. Ако је инфекција теже природе, долази до увећања наведених органа, па се они могу напипати.

Антитела су активна хемијска тела — специфичне беланчевине (глобулини), које се стварају у организму као одговор на напад страних тела. Антитела се супротстављају страним телима и њиховим стварањем допуњује се одбрамбена моћ организма. Антитела постају у слезини, коштаном сржи, лимфним чворовима и јетри. Због тога вађење слезине смањује отпорност организма према инфекцији. На све те органе у којима постају антитела негативно делује јонизујуће зрачење, које смањује, или чак потпуно онемогућује стварање антитела.

Природни имунитет је природна отпорност према неким болестима. Треба рећи да је природни имунитет у ствари стечен у току неке инфекције коју је организам доживео у младости и коју је преболео у веома лакој форми. На тај начин стечен је довољан број антитела за обрану организма.

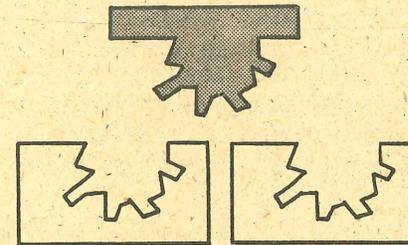
Новорођенчад често не оболевају од неких болести зато што су за време ембрионалног живота добијала мајчина антитела преко крвних судова постељице. По доласку на свет, за време првих недеља дојења, постоји још увек могућност преношења одбрамбених способности организма мајке на одојче преко млека које садржи антитела.

Стечени имунитет настаје у току живота, и то на више начина. Тако, на пример, прележане богиње, заушци, тифус, дифтерија и

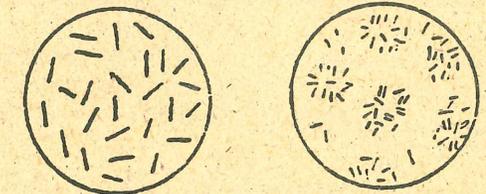
још неке болести стварају имунитет и од њих се више не може оболети. Грип, туберкулоза, дизентерија и још неке друге се, напротив, могу поновити више пута.

Имунитет се може стећи и вакцинацијом. Том приликом се у организам уносе, убризгавањем, ослабљени изазивачи болести — антигени, који изазивају стварање антитела, али до обољења не долази. Створена антитела су узрок отпорности организма према обољењу против које је извршена вакцинација.

Имунитет се може стећи и на тај начин што се у организам уноси крвни серум животиње која је имунизована. То значи да се уносе већ створена антитела. Овај начин не активира одбрамбене способности организма. Он се примењује у току самог обољења. Серум се обично добија од коња који је вакцинисан ослабљеним изазивачима обољења. На тај начин се у крви коња изазива стварање антитела. Коњ се као давалац серума користи због тога што човек лако подноси



Сл. 105а. Шематски приказ односа између антигена и антитела



Сл. 105б. Приказ покретних бацила и стварање група слепљених бацила под дејством антитела (поглед кроз микроскоп)

његове беланчевине из серума а, поред тога, он одједном може дати велику количину крви (6 литара). Крв се узима из вене коња и остави једно време да би се згрушала. После тога одвоји се крвни серум и конзервише у специјалним стерилним судовима, где се припрема за пуњење ампула.

У закључку можемо рећи да је вакцинација најбољи начин стицања отпорности организма против обољења, јер она активира одбрамбене снаге организма. Употреба серума практикује се у хитним случајевима код извесних обољења и тада је врло ефикасна. Такав начин имунизације је брз, али пролазан.

КРВНЕ ГРУПЕ И ТРАНСФУЗИЈА

Антитела се стварају не само кад микроби нападну организам већ и када се крв једне животињске врсте унесе у крвоток животиње која припада другој врсти. Ако, на пример, крв овце унесемо у крвоток зеца, она се понаша као страном телом (антиген) и у крви зеца изазива стварање антитела. И не само то већ и уношење крви другог лица у крвоток болесника који је услед крварења изгубио већу количину крви (трансфузија) представљало је у прошлости велику опас-

ност за примаоца. Често се дешавало да се стање болесника после примања туђе крви нагло погорша. Данас се, међутим, давање туђе крви често практикује на клиникама, и то без икакве опасности, јер се испитивањем претходно утврђује чију крв прималац треба да добије.

Пошто смо упознали реакције антиген — антитело, није тешко да схватимо принципе на којима се заснива трансфузија крви, као и узроке незгодама о којима је било речи. Установљено је, наиме, да крв човека садржи одређена антитела, која се називају хемоаглутинаини, а црвена крвна зрнца садрже антигене — аглутиногене.

Хемоаглутинаини су антитела, нормални састојци крви и наслеђују се.

Аглутиногени су антигени који се, исто тако, преносе наслеђем.

Утврђено је да човек у крвној плазми може да садржи две врсте аглутинаина (α , β), а у црвеним крвним зрнцима две врсте аглутиногена (А и В). У крви истог човека не могу постојати аглутинаин и аглутиноген α и А заједно или β или В заједно. Ако би при трансфузији крви дошло до тога, догодила би се аглутинација — међусобно слеplивање црвених крвних зрнаца даваоца. У том случају у крвотоку примаоца формирају се громуљице које могу запушити мале артерије и артериоле, услед чега се јављају тешки поремећаји у организму.

Установљено је да црвена крвна зрнца могу да садрже аглутиноген (антиген) А или аглутиноген В или обе врсте аглутиногена а могу бити и без њих. Ако немају аглутиногена, онда то означавамо словом О. На основу садржаја аглутиногена у еритроцитима људе делимо у четири групе.

У прву групу спадају људи који у еритроцитима немају аглутиногена; они у плазми садрже аглутинаине α и β . Припадници друге крвне групе садрже у еритроцитима аглутиноген А, а у плазми аглутинаин β . У трећу крвну групу спадају особе са аглутиногеном В у еритроцитима и аглутинаином α у плазми. У четврту групу спадају особе са аглутиногеном АВ у еритроцитима, док у плазми немају аглутинаина.

Крвна група	Аглутиногени еритроцита	Аглутинаини плазме	Могућност трансфузије
I	О (нема)	α , β	Даје свим групама. Прима само од своје.
II	А	β	Даје својој и четвртој. Прима од прве и своје.
III	В	α	Даје својој и четвртој. Прима од прве и своје.
IV	А, В	О (нема)	Даје само својој групи. Прима од свих.

Особе које припадају првој групи су универзални даваоци крви, јер немају аглутиногена, али могу примати само од своје групе.

Припадници четврте групе су универзални примаоци, јер у плазми немају аглутинаине, али крв могу дати само својој групи јер имају оба аглутиногена.

Човек који има другу крвну групу може да прими крв само од припадника исте групе или из прве групе, јер само они немају аглутиноген В.

Особа која припада трећој групи може да прими крв само од своје и прве групе, јер само они немају аглутиноген А.

Према томе, основно је да се пре трансфузије утврди који аглутинаин има прималац, а који аглутиноген садрже еритроцити даваоца.

Поред поменутих антигена — аглутиногена А и В, еритроцити човека могу да садрже још неке беланчевине са антигеним особинама, означене као Rh фактор. Крв која их садржи назива се Rh-позитивном, а она која их не садржи Rh-негативном.

Разлика између Rh-антигена и антигена А и В је у томе што тек већа количина унетих Rh-аглутиногена доводи до стварања Rh-аглутинаина у плазми примаоца, док су аглутинаини α и β стално у њој присутни. Реакција између Rh-аглутинаина и Rh-аглутиногена је слична оној коју смо описали за аглутинаине, α , β , али је нешто слабија. Ипак аглутинаини (слеplвени еритроцити), који при томе настају, могу да затворе капиларе, а касније долази и до хемоллизе.

Већина особа је Rh-позитивна, док је Rh-негативних само око 13%.

ПИТАЊА

1. Шта су антитела, а шта антигени?
2. Дефиниши имунитет и наведи врсте.
3. Које су крвне групе човека?
4. Какве су могућности трансфузије?

ВЕЖБЕ

1. УЗИМАЊЕ КРВИ ЖИВОТИЊА

Крв експерименталних животиња можемо да узмемо на више начина. Ако радимо са ~~зецом~~, онда крв узимамо из вене на ушима. Место где желимо да извршимо увод ~~прво дезинфикујемо ватом~~ натопљеном алкохолном, а затим ~~стерилном иглом или специјалним перцем за увод (ланцетом)~~ брзим покретом извршимо увод у вену. Прве две до три капи обришемо ватом, а следећу увучемо у одговарајући ~~стаклени меланжер који се користи за узимање крви приликом бројања еритроцита и леукоцита.~~

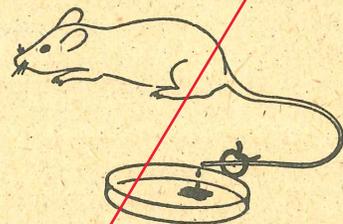
Уколико радимо са *пацовом*, онда га најпре анестезирамо етром на претходно описани начин, а потом исечемо врх репа маказама и исцедимо крв из репне вене у петри-шољу испуњену парафином. Из ње се, одмах по истицању, крв увлачи у меланжер да не би дошло до коагулације.

Крв у *жабе* узимамо одмах након декапитовања, на месту где је исечена глава, јер нема времена да се крв, било где прво скупи због јако брзе коагулације (неколико секунди).

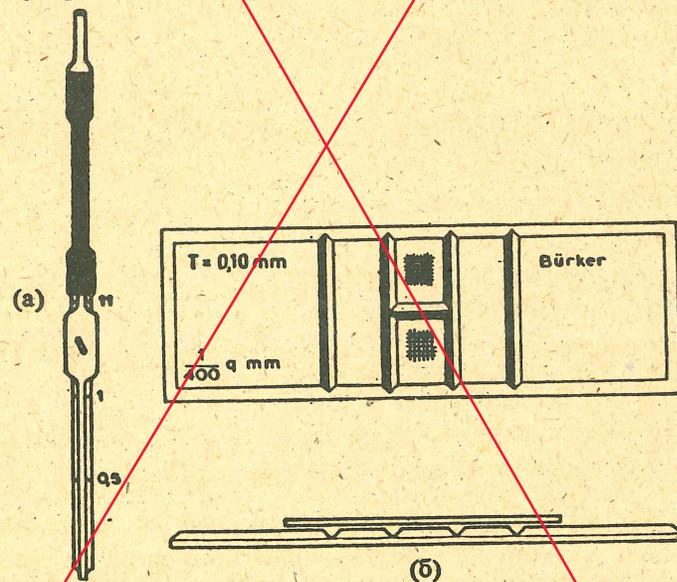
2. ОДРЕЂИВАЊЕ БРОЈА ЕРИТРОЦИТА

У нормалним физиолошким условима број еритроцита код једне животињске врсте креће се у одређеним границама. Овај број се одржава захваљујући равнотежи између стварања нових еритроцита и разарања старих.

Промене у броју еритроцита могу да буду знак за неке физиолошке поремећаје који су наступили у организму, па је због тога бројање еритроцита важан параметар у физиолошком експерименту и клиничкој пракси.



Сл. 106а. Узимање крви из репне вене пацова



106б. а) — Меланжер за узимање крви за бројање еритроцита; б) микроскопска плочица са коморицом за бројање еритроцита

За одређивање броја еритроцита у крви користимо прибор који се састоји од једне микроскопске стаклене плочице у којој се налази специјална коморица за бројање (сл. 106б.) и меланжера за узимање крви.

Коморица има површину 1 mm квадратни, а дубока је 0,1 mm. Ради лакше оријентације приликом бројања коморица је издвојена мрежом хоризонталних и вертикалних линија на 400 малих квадратића. Кроз свако пето поље такође је повучена још једна линија и водоравно и усправно, која сада гради већа поља састављена од 16 малих. (сл. 4).

Крв се помоћу гуменог наставка увуче устима у меланжер до ознаке 0,5 или 1, а потом одмах меланжер пренесе у одговарајући суд са физиолошким раствором. Физиолошки раствор се увлачи до ознаке 101 која се налази изнад проширеног дела на меланжеру. Меланжер потом затворимо прстима на оба краја и добро измешамо крв са физиолошким раствором. У томе нам помаже и црвена куглица која се налази у проширеном делу меланжера. Потом неколико првих капи из меланжера одбацимо, а наредну кап крви капнемо на стаклену плочу са коморицом на коју смо претходно поставили и микроскопску љуспицу. Кап крви се одмах разлије испод љуспице и еритроцити распореде по коморици. Сада, изштравајући препарат под микроскопом, бројимо еритроците одабравши неколико великих квадрата од 16 малих по случајном избору.

Бројање обично вршимо у 4—5 великих квадрата у којима укупно има 64—80 малих. Потом прерачунавамо број еритроцита у 1 mm³ према следећој формули:

$$\frac{A}{B} \cdot 400 \cdot 10 \cdot 100 (200)$$

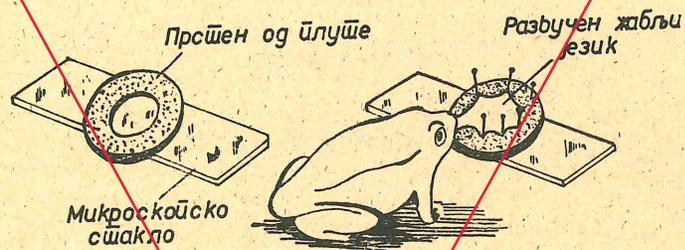
- $\frac{A}{B}$ — просечан број еритроцита у једном малом квадратићу
- A — укупан број избројаних еритроцита на примеру 4 велика квадрата;
- B — укупан број малих квадратића у 4 велика (4 · 16 = 64);
- 400 — пошто у целој коморици на 1 mm² има 400 малих квадратића, množимо овим бројем;
- 10 — пошто је висина коморице 0,1 mm, а ми изражавамо количину у запремини крви од 1 mm³, množимо са 10;
- 100 (200) — množење овим бројевима вршимо у зависности од тога колико смо разблажење крви направили, односно да ли смо крв узели до ознаке 0,5 (онда смо разблажили 200 пута) или до 1 (онда смо разблажили 100 пута), а физиолошки до 101.

По новом Међународном систему мера, број еритроцита се израчунава на литар крви, те стога добијене вредности množимо са 10⁶. Значи, код људи отприлике има четири-пет милиона еритроцита у 1 mm³, односно 4—5 × 10¹² на литар крви.

3. КАПИЛАРНИ КРВОТОК ЖАБЕ

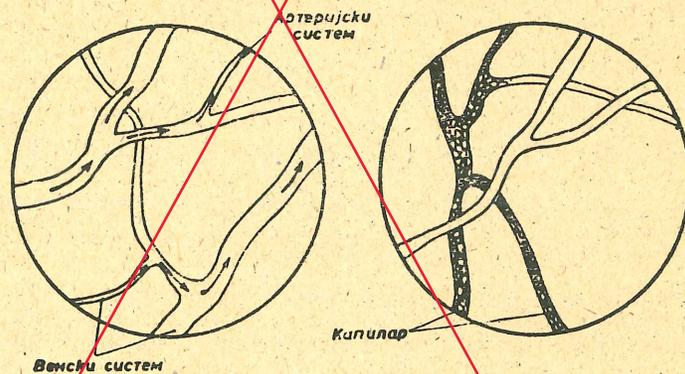
Капиларе је открио Малпиги 1661. године. Они представљају густу мрежу крвних судова (која се налази између артеријског и венског система крвних судова и повезује их међусобно. Ови крвни судови су значајни због тога што се преко њих врши размена материја између крви и ћелија.

Капилари се могу посматрати код жабе у пловној кожици и језику, код зеца на трећем очном капку, код слепог миша на крилима, код човека у корену ноктију.



Сл. 107а. Припрема жабе за посматрање капиларног крвотока

За посматрање капилара код жабе потребно је направити прстен од плуте спољашњег пречника око 5 см, а унутрашњег око 2 см и прилепити га на микроскопско предметно стакло. Поред тога, потребно је припремити сталак за жабу, неколико чиода, микроскопске љуспице, светлосни микроскоп и физиолошки раствор (0,65% раствор NaCl).



Сл. 107б. Микроскопски препарат капиларног крвотока жабе

Поступак рада: жабу је прво потребно анестезирати применом инхалационе анестезије, стављањем у теглу са етарском паром. Потом извадити жабу из тегле и поставити је на сталак. Пинцетом извадити језик и развући га преко прстега од плуте, причвршћујући га чиодама. Потом, пипетом канути на језик мало физиолошког раствора и покрити покровном љуспицом. Поставити препарат под микроскоп, изоштри и посматрати крвне судове.

Померањем плочице потражићемо капиларе, које ћемо препознати по споријем кретању крви у њима и по еритроцитима који се у њима крећу у низу један по један.

Поред тога, можемо да разликујемо артеријски део крвног система у коме се крв креће из већих крвних судова у мање, и обратно, венски део, где се крв креће из мањих крвних судова у веће.

Скицирати крвне судове и обележити.

Уколико у току рада жаба почне да се буди из анестезије, додати јој анестетик помоћу ерленмајера у коме је вата натопљена етром.

4. РЕГИСТРОВАЊЕ СРЧАНИХ КОНТРАКЦИЈА ЖАБЕ — УТИЦАЈ ТЕМПЕРАТУРЕ

Препарат срца жабе припрема се након разарања централног нервног система. Жаба се обавије парчетом платна, тако да јој глава остане слободна. Постави се на подлогу трбушном страном и оштрим скалпелом направи рез на кичменом стубу, одмах иза лобање. Кроз начињен отвор увући дебљу челичну иглу у лобању и покретањем лево-десно разорити мозак. Затим иглу увући у канал кичменог стуба и разорити кичмену мождину. У том моменту јавља се карактеристично трзање и опружање задњих екстремитета.

После разарања централног нервног система жабу поставити на постоље леђном страном. У пределу грудне кости направити четвртаст отвор на кожи димензије 2×2 см. Потом опрати водом инструменте јер је кожа жабе пуна отровних заштитних материја, и онда приступити отварању грудног коша, одстрањивањем телесног зида у пределу срца; код самог врха грудне кости засече се телесни зид у облику слова V, а потом отвор прошири према кључним костима у облику троугла.

Учити срце које је обавијено срчаном марамицом. Нацртати препарат. Посматрати ритмичко грчење срца и одредити број откуцаја у минути (срчана фреквенција).

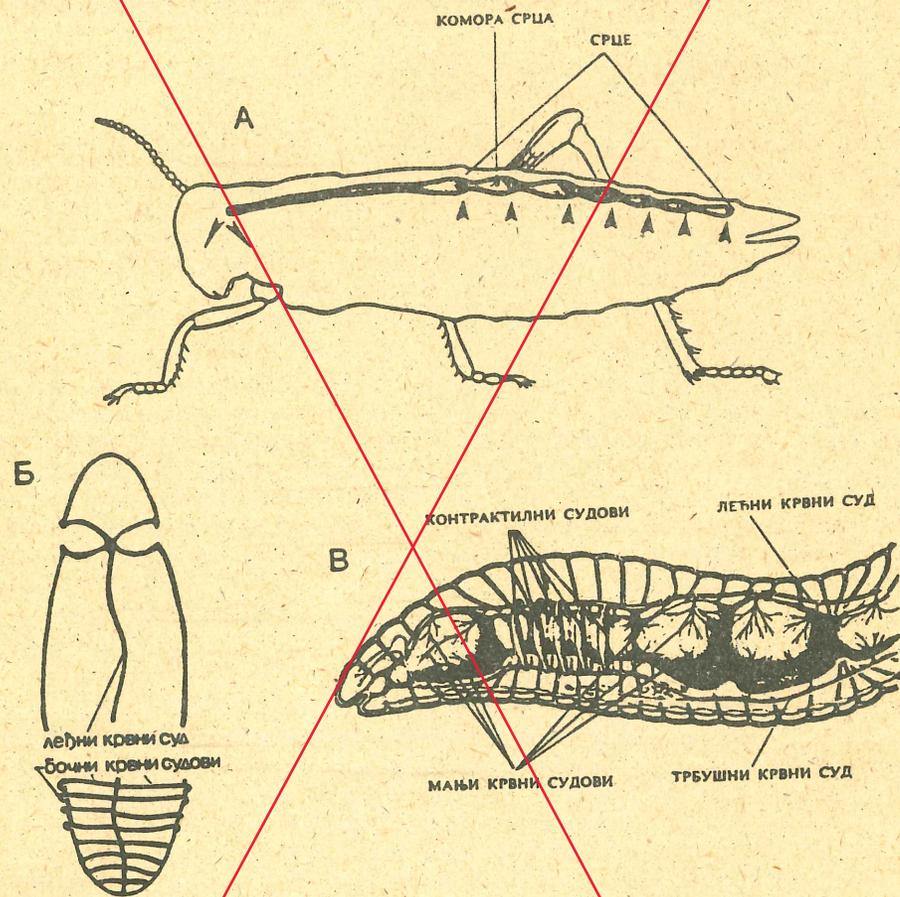
После утврђивања срчаног ритма на собној температури припремити 0,65% физиолошки раствор (0,65 g/NaCl растворити у 100 ml воде) и загрејати једну количину раствора до 30°C , а другу, стављањем посуде са раствором у лед, охладити до 5°C . Канути пипетом прво неколико капи топлог физиолошког раствора на срце и посматрати ритам срца. Под утицајем више температуре, број откуцаја срца ће се повећати. После тога, на исти начин канути неколико капи хладног физиолошког раствора. Констатоваће се успорење срчаног рада под утицајем ниске температуре.

ЦИРКУЛАЦИЈА ТЕЛЕСНИХ ТЕЧНОСТИ

У организму свих метазоа, унутрашњи транспорт неорганских и органских материја, кисеоника, угљен-диоксида и других гасова, као и продуката насталих током метаболизма, обезбеђен је системом за циркулацију телесних течности.

ЕВОЛУЦИЈА СИСТЕМА ЗА ЦИРКУЛАЦИЈУ ТЕЛЕСНИХ ТЕЧНОСТИ

Постоје два типа система за циркулацију телесних течности: отворени и затворени. *Отворени* (лакунарни) систем карактеристичан је за мекушце, зглавкаре, плашташе, а *затворени* систем за црве и хордате. Унутар ћелија, струјање цитоплазме обезбеђује повезивање органа, што интегрише ћелију као сложени систем. Током еволуције животиња, телесне течности у циркулацији кроз отворени или затворени систем

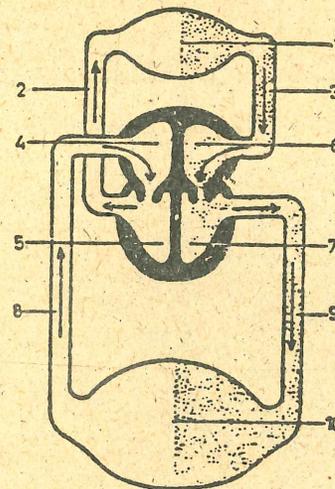


Сл. 108. Изглед отвореног (скакавац А) и затвореног (немертина Б и киша глиста В) крвног система код бескичмењака

судова, заједно са течностима које обливају ћелије и ткива, представљају унутрашњу течну средину организма у којој се одвија живот. Ова чињеница је битна и неопходна за све биохемијске процесе који се одвијају у ћелијама. Осим тога, циркулацијом телесних течности се смањује разлика између појединих делова организма у погледу осмотског притиска, органског и неорганског састава, телесне температуре и сл.

КРВНИ СИСТЕМ ХОМЕОТЕРАМА

Сисари и птице имају четворокоморно срце — две преткоморе и две коморе. У четворокоморном срцу нема венског синуса који је ушао у састав десне преткоморе. Срце птица карактерише изразити развој мускулатуре десне коморе. Оно је прилагођено летењу и интензивној циркулацији у малом крвотоку. У овом четворокоморном срцу десна преткомора одвојена је од десне коморе тролисним залисцима, а лева преткомора од леве коморе дволисним залисцима.



Сл. 109. Шематски приказ правца тока крви: 1 — плућа; 2 — плућна артерија; 3 — плућна вена; 4 — десна преткомора; 5 — десна комора; 6 — лева преткомора; 7 — лева комора; 8 — шупља вена; 9 — аорта; 10 — телесна ткива

Срце је централни орган крвотока који својом снагом пумпа крв у крвне судове. Крвни судови су цевasti органи кроз које крв циркулише од срца до ткива (*артерије*) и враћа се у срце (*вене*). Најмањи крвни судови — *капилари* повезују у ткивима артерије са венама.

СРЦЕ

Срце човека је шупаљ попречно-пругасти мишић смештен у грудној дупљи између левог и десног плућног крила. Врх му је окренут надоле и косо улево. Срце је обавијено двоструком опном — срчаном марамицом. У десној половини срца залиске чине три еластичне творевине, док се у левој половини налазе две.

Зидови преткомора су тањи од зидова комора. Нарочито је снажан зид леве преткоморе. То је у вези са величином рада који обављају преткоморе и коморе.

У десну преткомору срца уливају се доња и горња шупља вена, а из десне коморе полази плућна артерија, која се грана на два огранка — за свако плућно крило по један. У леву преткомору улазе четири плућне вене, које доводе крв из плућа. Из леве коморе срца полази артерија аорта. Отвори између десне коморе и плућне артерије, као и између леве коморе и аорте, снабдевени су полумесечастим залисцима, који спречавају повратак крви у коморе за време њихових дијастола.

У грађи срчаног ткива разликујемо три слоја: перикард, миокард и ендокард.

Перикард чини двострука опна, чији унутрашњи део приања на миокард, а спољашњи је у вези са дијафрагмом и грудним органима. Између ових опни налази се мала количина течности која смањује трење и олакшава срчане покрете.

Миокард чини највећу масу срца. Он се састоји од попречно-пругастих мишића, који се по грађи и по функционисању разликују

од попречнопругастих скелетних мишића. Њихова влакна су краћа, али су међусобно повезана наставцима и граде мрежасту творевину. Мишићна влакна преткомора су готово потпуно одвојена од комора. Разликују се два слоја влакана преткомора: један слој посебан за сваку преткомору, а други заједнички за обе преткоморе. У зидовима комора разликујемо опет један слој мишићних влакана који окружују сваку од комора посебно, и два заједничка слоја за обе коморе. Најдебљи је зид леве коморе, који обавља највећи рад.

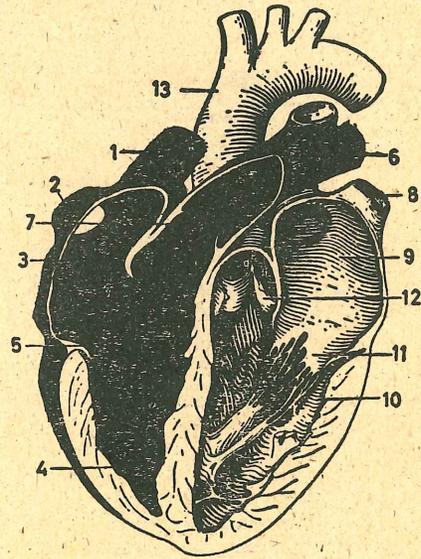
Ендокард је унутрашњи танак слој који облаже срчане коморе и преткоморе, прелазећи и на залиске. Он је ојачан везивним ткивом, нарочито у залисцима.

Крв из тела доспева преко горње и доње шупље вене у десну комору. Из десне коморе излази плућна артерија, коју смо напред већ поменули, и грана се на две гране, од којих свака одговара једном плућном крилу. У плућима се ове артерије гранају у све ситније сгранке и капиларе. У плућним капиларима крв прима кисеоник и хемоглобин прелази у оксигемоглобин. Крв се затим скупља у ситне вене, па у све веће, које се уливају у четири плућне вене. Плућним венама крв из плућа доспева у леву преткомору срца.

Ток крви од десне коморе, па преко плућа до леве преткоморе, назива се мали крвоток.

Из леве коморе, преко аорте, крв се одводи по телу. Аорта се дели на мање судове — артерије, које артеријску крв одводе у главу, горње удове, труп и доње удове. Артерије се даље гранају у ситније огранке — мање артерије и артериоле, преко којих крв доспева до свих ткива. У ткивима се најситније артерије гранају у густу мрежу капилара, преко којих се обавља размена материја између крви и ткива. Пречник капилара износи од 5 до 20 микрона, тако да се кроз најситније капиларе једва провлаче крвна зрнца. Доказ да је мрежа капилара у нашим органима веома густа је и тај што се при сваком убоду јавља крварење. Ток крви кроз капиларе веома је успорен, што је значајно, јер се на тај начин омогућује размена материја.

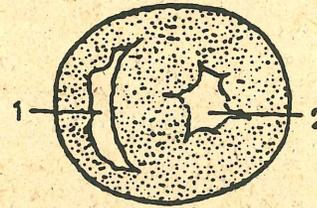
Капилари се међусобно спајају и тако се образују најситније вене. Мање вене се, даље, уливају у веће, све до горње и доње шупље вене, које доводе крв из тела у десну преткомору срца.



Сл. 110. Грађа срца: 1 — горња шупља вена; 2 — доња шупља вена; 3 — десна преткомора; 4 — десна комора; 5 — залисци; 6 — плућна артерија; 7 — полумесечаста залисци; 8 — плућне вене; 9 — лева преткомора; 10 — лева комора; 11 — залисци у левој половини срца; 12 — полумесечаста залисци на улазу у аорту; 13 — аорта

Ток крви почев од леве коморе срца, па кроз крвоток до десне преткоморе, назива се велики крвоток.

Артерије и вене су делови јединственог кружног пута за циркулацију, али у њиховој грађи постоје извесне разлике. Артерије



Сл. 111. Попречни пресек срца у нивоу комора: 1 — десна комора; 2 — лева комора

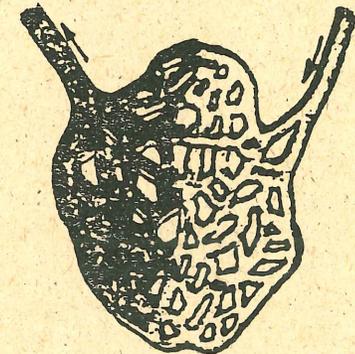


Сл. 112. Отворена вена са залисцима (1)

имају еластичне зидове, који су дебљи од венских. Ако се пресеку артерије, оне остају отворене, док се вене спљоште. Зидови артерија састоје се из мишићних и еластичних везивних влакана. У већим артеријама има нарочито много еластичних влакана, и захваљујући



Сл. 113. Улога венских залисака и мишићних покрета у протицању крви кроз вене



Сл. 114. Капиларна мрежа

томе оне могу да приме већу или мању количину крви. Зидови ситних артерија садрже, углавном, глатка мишићна влакна, а мање других елемената.

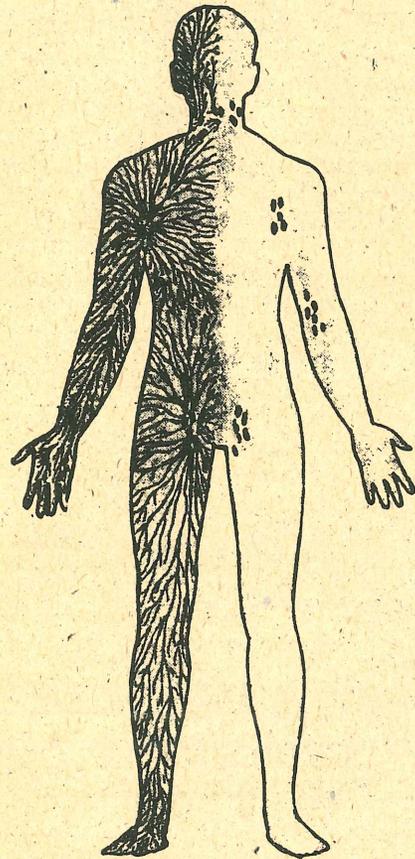
Венски зидови су танки и садрже мање мишићних и еластичних везивних влакана него артеријски. У већим венама унутрашњи слој, који се састоји из еластичног ткива, обложен је ендотелијумом. Он гради венске залиске кесастог облика, чије су шупљине окренуте

према срцу. На тај начин венски записци олакшавају враћање крви у срце. Венских записака нема у горњој шупљој вени, плућним венама, јетриној вени, бубрежним и још неким венама.

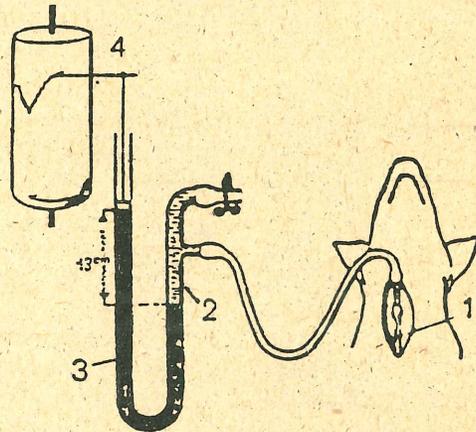
ЛИМФОТОК

Лимфа, која има улогу посредника између ткива и крви, протиче кроз посебан систем судова. То су лимфни судови. Они почињу у ткивима системом капилара који прикупљају ткивну лимфу, одводе је из мањих судова у веће, и, најзад, кроз два велика лимфна суда целокупна количина лимфе (у циркулацији) одводи се у горњу и доњу шупљу вену.

Лимфни судови пролазе кроз лимфне чворове, и то нарочито у пределу врата, препона, у плућима, јетри, бубрезима и цревима.



Сл. 115. Лимфни чворови и судови једне половине човечјег тела



Сл. 116. Мерење крвног притиска на експерименталној животињи директном методом: 1 — артерија; 2 — течност за спречавање згушавања крви; 3 — манометар; 4 — нагарављени ваљак по коме пише игла

ИНЕРВАЦИЈА СРЦА И ЊЕГОВ РАД

Срце је снабдевано огранцима симпатичког и парасимпатичког система. Импулси који стижу преко симпатичких влакана убрзавају, док они који стижу преко парасимпатичких влакана успоравају рад срца.

Срце располаже и посебним аутоматским центрима који шаљу импулсе за његов рад и онда када је изоловано из организма. Тако, на пример, ако срце жабе извадимо из организма, ставимо на сахатно стакло и натапамо га повремено физиолошким раствором, оно ће наставити самостално да ради. То исто могли бисмо урадити и са срцем неког сисара, али је, поред сталног притока хранљивог физиолошког раствора, потребно обезбедити температуру блиску оној која влада у организму животиња са сталном телесном температуром. Аутоматски центри који шаљу импулсе за срчани рад представљају специјалне групе ћелија у срчаном мишићу за које је карактеристично да су веома богате саркоплазмом и гликогеном. Те групе ћелија образују такозване чворове из којих полазе импулси за аутоматски рад срца. Они се налазе у мишићном зиду десне преткоморе, између ушћа шупљих вена у срце и у преградном зиду између леве и десне коморе. Осим тога, постоји још и посебна нервно-мишићна творевина која полази из преткоморно-коморног чвора, а чији се огранци простиру у мишићни зид срчаних комора. Водећи чвор је онај који се налази на ушћу шупљих вена у десну преткомору; од њега полазе почетни импулси који се затим шире по срчаном мишићу.

Мада срце ради аутоматски, његов рад је у вези са радом других органа у човечјем организму. Због тога се срчани рад мења у разним околностима у току живота (физички рад, психичка узбуђења, сан).

СРЧАНА РЕВОЛУЦИЈА

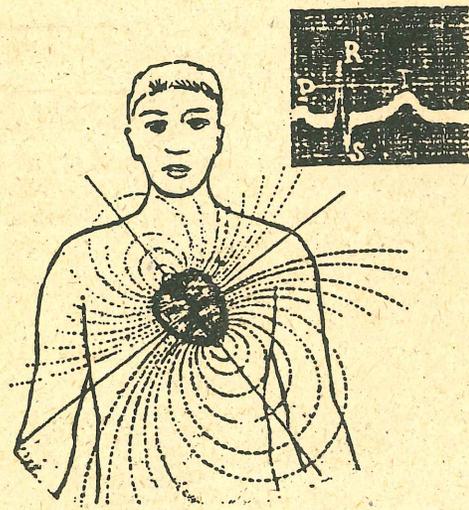
Рад срца може најлакше да се посматра на жаби. Претходно је потребно наркотизовати животињу етером, а затим је поставити на операциони сточић, маказама расећи грудни кош и открити срце. Одмах пада у очи правилна периодичност срчаног рада, који се састоји из грчења (систоле) преткоморе, коме следи грчење коморе, а за то време преткоморе су опуштене (у дијастоли). Грчење увек почиње од венозног синуса, где се уливају шупље вене, и шири на цело срце. Док су преткоморе згрчене, комора мирује, затим се комора грчи, а преткоморе мирују. После тога настаје кратка пауза целог срца и радња се понавља. Ове три фазе срчаног рада, које се међусобно смењују увек по истом реду, чине срчану револуцију.

Код човека и осталих сисара срчана револуција се одвија тако што се најпре једновремено грче обе преткоморе, а потом обе коморе, после чега настаје пауза. За време паузе затворени су записци на ушћу аорте и плућне артерије, јер је притисак у њима већи од притиска који влада у коморама. За то време крв утиче у преткоморе и одмах продужава у комору, јер су дволисни и тролисни записци између преткомора и комора отворени. За време систоле преткомора, сва крв из њих бива истиснута у коморе. После тога настаје систола комора, при чему долази до затварања записака према преткоморама, а када притисак у коморама надмаши онај који влада у аорти и плућној артерији, отварају се полумесечасте записци и крв се истискује у аорту и плућну артерију. После систоле комора, попушта затегнутост њихових мишићних зидова и крвни притисак у њима се смањује, па је онај у аорти и плућној артерији већи од њега. Услед тога се, како смо већ видели, полумесечасте записци затварају.

За време сваке систоле срце одраслог човека убаца у крвоток око 70 cm³ крви, што значи око 6 литара у минуто.

Удар срчаног врха осећа се код човека са леве стране грудног коша у петом међуребарном простору. До њега долази услед затезања зидова леве коморе за време њене систоле. Том приликом врх срца удара о зид грудног коша.

Срчани тонови. — Кад прислонимо уво на грудни кош човеков, чујемо два тона; то су срчани тонови. Први срчани тон одговара систоли коморе (сistolни тон) и настаје услед затезања преткоморно-коморних залистата, као и мишића комора. Други срчани тон одговара дијастолни коморе (дијастолни тон). Он настаје услед затезања полумесечастих затистата, које се збива на почетку дијастоле коморе.



Сл. 117а. Електрокардиографија и електрокардиограм човека

начин мења се разлика електричног потенцијала између појединих делова срца (на пример, врх коморе и преткоморе), или чак између две тачке удаљене од срца. Ове промене могуће је открити и помоћу електрода које се ставе на два међусобно удаљена места на телу између којих се налази срце (на пример, десна рука — лева нога или лева и десна рука) и галванометра. Регистроване промене електричног потенцијала изазване радом срца називају се електрокардиограм (ЕКГ), а метода електрокардиографија.

Електрокардиографија има данас велику примену у медицини и биологији. Код неких срчаних обољења на електрокардиограму се јављају карактеристичне промене, које могу да укажу на природу обољења.

ОСОБИНЕ КРВНИХ СУДОВА

Зидови артерија су еластични и у стању су да се знатно прошире, при чему оне приме већу количину крви. За време систоле леве коморе, отварају се полумесечасте записци и аорта прими крв из коморе, при чему се растеже њен еластични зид. У току дијастоле

срчане коморе, после затварања полумесечастих залистата, еластични зидови аорте теже да се врате у првобитни положај, услед чега долази до истискивања крви у циркулацију. Према томе, ритмичко убацавање крви из срца у аорту не преноси се до хелије и захваљујући особинама артерије сва ткива имају непрекидно притисање крви.

Из свега што је речено закључујемо да артерије нису обичне цеви кроз које крв циркулише, већ активни проводници, који помажу срчаном раду. Губљење еластичности артерија (што се обично јавља у старости) доводи до повећаних напора срчаног мишића.

Ситне артерије и капилари такође могу да мењају свој пречник и у зависности од тога један орган ће добити већу или мању количину крви. Ове промене врше се под утицајем нервног система и хормона. Један мишић, или жлезда која ради, примају неколико пута већу количину крви него за време мировања. Зато су органи у току рада румени и топли.



Сл. 117б. Мерење крвног притиска индиректним методом



Сл. 118. Попречни пресек једне артерије и вене

Зидови вена су танки и могу знатно да се прошире, услед чега ови судови повећавају свој пречник. Тако вене могу да служе као резервоари у којима се задржавају знатне количине крви.

Протицање крви кроз вене знатно помажу мишићни покрети, јер врше притисак на њихове зидове и потискују крв у правцу срца. Потискивање крви кроз вене само у једном правцу омогућено је тиме што су многобројни записци кесастог облика (који се у њима налазе) отворени према срцу и не дозвољавају обрнут ток крви.

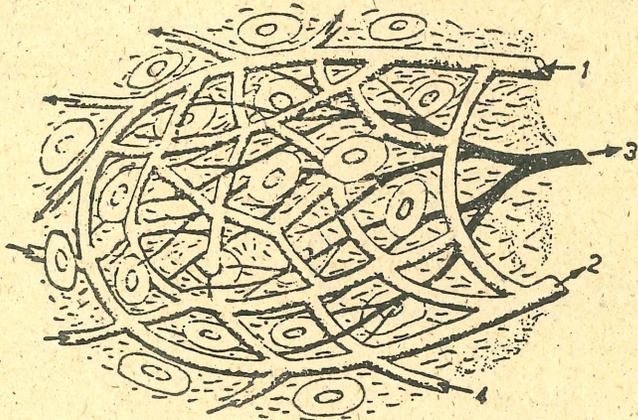
КРВНИ ПРИТИСАК

У артеријама крв циркулише под извесним притиском, који је резултат срчаног рада. Услед велике потискујуће снаге леве коморе срца, крвни притисак је највећи у аорти, а затим опада што се иде даље, према капиларима и венама, а најмањи је на уласку вена у срце.

Пошто крвни притисак директно зависи од потискујуће снаге срца, он се мења у току срчаног рада. Наиме, он показује максимум за време систоле, а минимум за време дијастоле. Крвни притисак је већи у телесном крвотоку (велики крвоток) него у плућном (мали крвоток).

Величина крвног притиска може се мерити на два начина: директном методом, која се примењује на огледним животињама, и индиректном, која се примењује на људима.

При мерењу крвног притиска директном методом, у артерију животиње увуче се танка стаклена или метална цев. Цев је напуњена течном текином која спречава згушћавање крви и везана са живиним манометром, чији слободни крај носи пловач са иглом за писање. Игла манометра исписује висину и промене крвног притиска на награвљеној хартији ваљка. Разликујемо велике осцилације, које одго-



Сл. 119. Дијаграм односа крвних и лимфних капилара у мишићима; 1 — артерија; 2 — вена; 3 — лимфни суд; 4 — капилари

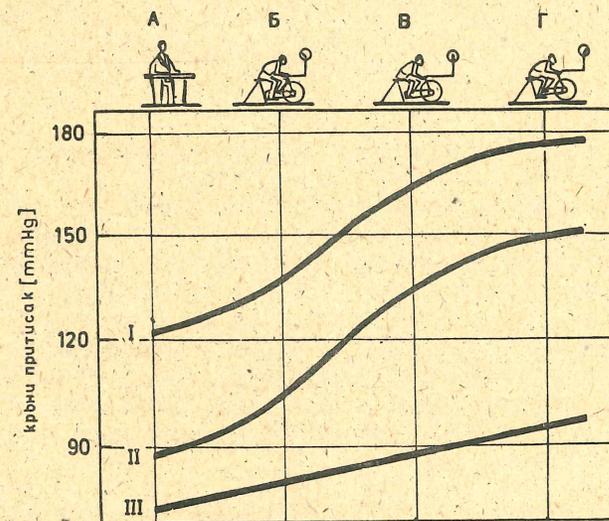
варају покретима грудног коша при дисању, и мале осцилације, које настају услед промена крвног притиска у току срчаног рада. Врхови показују притисак за време систоле, а доњи делови криве притисак за време дијастоле.

Крвни притисак човека мери се специјалним манометром, који је преко гумене цеви везан са једном наруквицом. Наруквица се чврсто затегне око мишице и испуни ваздухом, који тада врши притисак на артерију. Када се прстима изнад ручног зглоба утврди престанак пулса, што значи да се притисак у наруквици изједначио са притиском у артерији, на манометру се директно чита висина крвног притиска. Крвни притисак човека средњег доба износи око 16,0/10,7 Ра живиног стуба. Прва цифра означава систолни, а друга дијастолни притисак.

ПУЛС

Ако напипамо једну периферну артерију, на пример, изнад ручног зглоба или на врату, осетићемо ритам срчаног рада. Тако се на лак и приступачан начин могу избројати откуцаји срца у јединици времена. Свака систола леве коморе изазива нови талас крви у артеријама, што се може осетити као таласасто кретање њихових еластичних зидова. Те осцилације преносе се у виду таласа кроз зидове крвних судова (ситнијих артерија) све до капиларне области. Оне се називају пулс или било. Број пулсација за одраслог човека износи у минути 60 до 80. За време сна он се смањује на 50 до 60, док су код деце вредности увек нешто веће.

Брзина протицања крви у артеријама опада што се иде даље од срца према капиларима. Најспорије је протицање крви у капиларима, чиме је омогућена лакша размена материја између крви и ћелија.



Сл. 120. Промене крвног притиска и пулса при раду: I систолни крвни притисак; II фреквенција пулса; III — дијастолни крвни притисак; А — мировање; Б — возња бицикла без терета; В — са теретом од 600kg; Г — са теретом од 640 kg

Крвоток срца. — Срчани мишић се не снабдева крвљу која се налази у његовим шупљинама, већ преко посебног крвотока. На самом изласку из леве коморе од аорте се одвајају две срчане артерије, које одводе крв у срчани мишић. Венска крв из срчаног мишића улива се у десну преткомору. Недовољна исхрана срчаног мишића штетно се одражава на радну способност и здравље човека.

Крвоток у мозгу. — За разлику од телесних мишића и унутрашњих органа, у којима се ширина капилара мења зависно од њихове активности, капилари у мозгу су увек отворени и њихов пречник се не мења. Тиме је омогућено непрекидно снабдевање можданих ћелија, које су веома осетљиве на недостатак кисеоника и хранљивих материја.