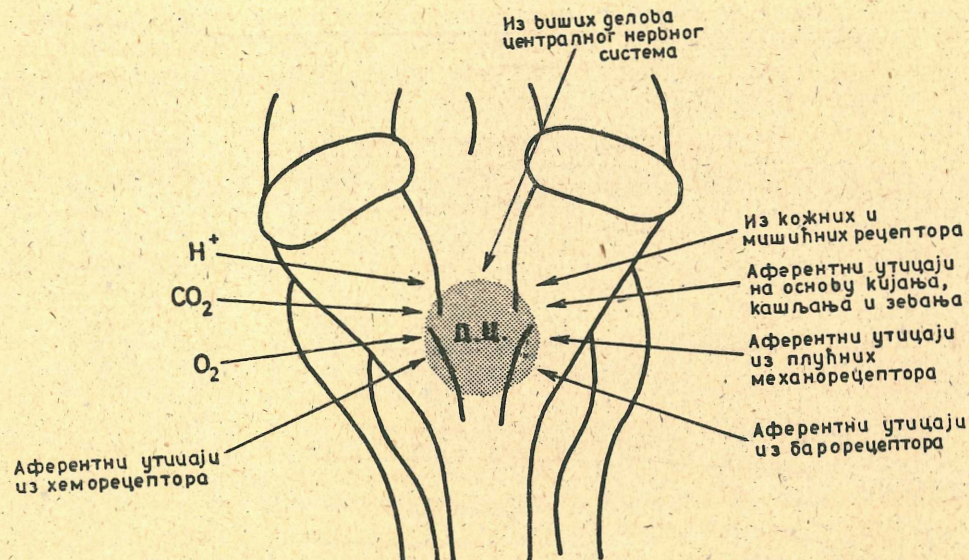




Сл. 64. Изглед централног нервног система човека. На доцнијим сликама видеће се финија грађа кичмене мождине и појединих делова мозга

ПИТАЊА

1. Објасни појам нервног центра илустрованог на примеру бескичмењака и примата.
2. Шта је централна синапса и како се преко ње преносе импулси?
3. Шта се подразумева под сабирањем синаптичких потенцијала?
4. Објасни суштину конвергенције и дивергенције у преношењу акционих потенцијала.
5. Објасни суштину реципрочне инервације.
6. Опиши спонтану биоелектричну активност централних неурона.

КИЧМЕНА МОЖДИНА

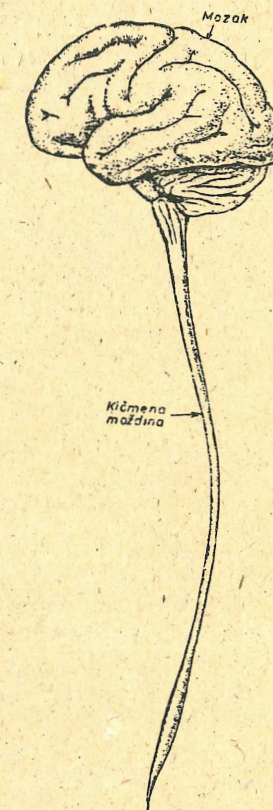
Кичмена мождина (*medula spinalis*) је део централног нервног система смештен у кичменом каналу, дакле, ван лобање. То је нервна структура споља беличасте боје, ваљкастог облика и чине је вратни, слабински и крстачни део. Помоћу дорзалних и вентралних коренова спиналних живаца са кичменом мождином код човека је повезано 30 пари, тзв. леђних или спиналних живаца. Спинални живци су мешовити, што ће рећи да они садрже и сензитивна и моторна нервна влакна. Сензитивним делом спиналних живаца, односно сензитивним нервним влакнима, преносе се преко задњих коренова у

кичмену мождину информације, односно нервни импулси који потичу из кожных и мишићних рецептора и из неких висцералних рецептора. Неуронска тела аксона у саставу сензитивне компоненте спиналних живаца су у спиналним ганглијама на задњим кореновима. Моторна нервна влакна у саставу моторне компоненте спиналних живаца напуштају кичмену мождину кроз предње коренове и њима се преносе командни нервни импулси на попречно-пругасте и глатке мишиће. Нервна влакна којима се преносе нервни импулси на мишиће унутрашњих органа припадају вегетативном нервној систему (види доцније). Као и остале делове централног нервног система, и кичмену мождину чине сива и бела маса, а у њеном средишту је узани каналић (*canalis centralis*) испуњен цереброспиналном течношћу. Као и све друге делове централног нервног система, и кичмену мождину обавијају три заштитне опне: тврда, паучинаста и мека опна. Између њих је такође цереброспинална течност.

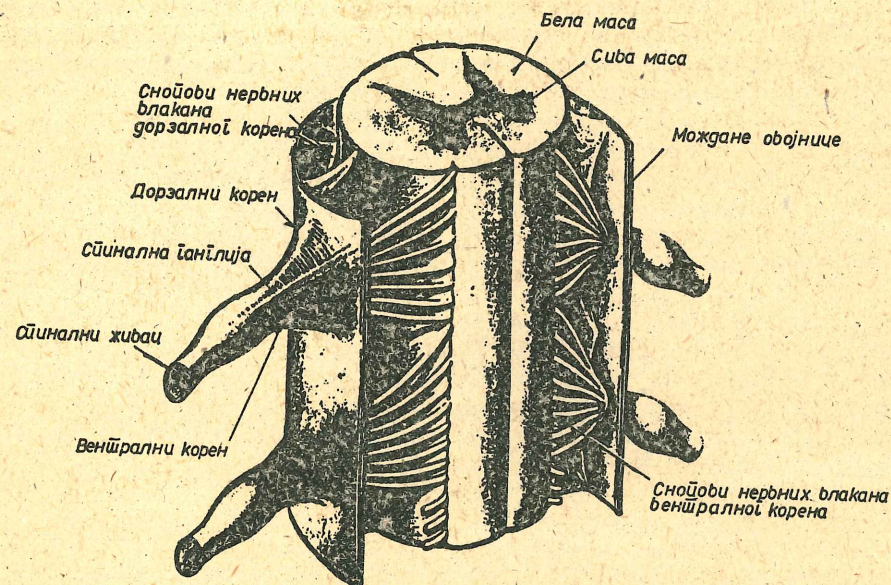
Сива маса кичмене мождине је у облику слова Н и она се може поделити на задње и предње рогове, односно стубове. Сиву масу кичмене мождине чине неуронска тела асоцијативних неурона и мотонейрона. У задњим, дорзалним, стубовима сиве масе кичмене мождине у које улазе сензитивна нервна влакна, налазе се асоцијативни неурони. Предње, вентралне, стубове чине мотонейрони чији аксони инервишу попречно-пругасте мишиће. У неким деловима кичмене мождине уочиви су и бочни стубови сиве масе, где се налазе неуронска тела преганглијских влакана вегетативног нервног система.

Белу масу кичмене мождине чине многобројна нервна влакна груписана у снопове и нервне путеве (трактусе). Помоћу краћих нервних влакана у саставу снопова (фасцикула) преносе се информације из једног у друге делове кичмене мождине, а такође и у продужену мождину. Дужа нервна влакна асоцијативних неурона сиве масе прелази у белу масу и формирају усходне путеве помоћу којих се из кичмене мождине у различите делове мозга шаљу информације које потичу из кожных и мишићних рецептора. Тако, помоћу спиноталамичких путева доспевају нервни импулси у међумозак (у таламус). Те информације потичу из кожных рецептора и са међумозга се преносе даље до коре предњег мозга. Сем спиноталамичких у белој маси кичмене мождине постоје и други усходни путеви.

У белу масу улазе и таква нервна влакна помоћу којих из различитих делова мозга стижу нервни импулси на кичмену мождину.



Сл. 65. Приказ утицаја различитих чинилаца на дисајне центре (ДЦ) (објашњење у тексту)



Сл. 66. Исечак дела кичмене мождине

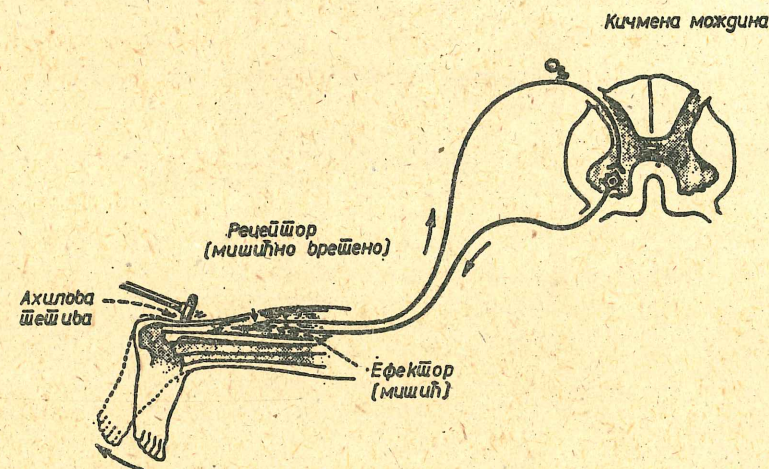
Та нервна влакна чине *нисходне путеве*. Помоћу аксона, нпр. у саставу нисходног пута који се назива *кортикоспинални* или *пирамидални пут*, на неуроне сиве масе стижу нервни импулси — команде за вољне покрете. Овај пут потиче из моторних зона теленцефалона. Осим кортикоспиналног, постоје и други нисходни путеви који потичу из различитих делова мозга и утичу на неуроне кичмене мождине.

ФУНКЦИЈА КИЧМЕНЕ МОЖДИНЕ

Кичмена мождина је центар многих важних рефлексних реакција. Рефлекси чији су централни неурони у кичменој мождини називају се *леђни* или *спинални рефлекси*. Већ су раније помињани рефлекс флексije и екстензије, као и други рефлекси чији су центри у кичменој мождини. На овом месту треба поменути *миотатички рефлекс*. То је реакција мишића на истезање њихове тетиве и зато се он још назива и *рефлекс истезања*. У ствари, рефлекс почиње активацијом мишићних вретена, сензитивних неурона, а затим мотонейрона оног мишића који је истегнут — долази до његове контракције чиме се одупире промени своје дужине. Рефлекс се остварује контракцијом екстензора од којих се неки контрахују брзо (фазни мишићи), а други споро (тонични мишићи), и тиме омогућавају да се одржи стална полугрчкост мишића, међу њима и оних од којих зависи одупирање тела сили гравитације. То су мишићи од којих зависи одржавање усправног положаја тела и зато се називају *антигравитациони мишићи* (на пример, леђни мишићи човека и мишићи задњих екстремитета).

Потребно је нагласити да су рефлекси истезања, као и сви други спинални рефлекси, под утицајем виших делова централног нервног

система. Ако се кичмена мождина одвоји од можданих структура, прво долази до немогућности обављања рефлексних реакција које зависе од централних неурона испод места пресека. То стање *аре-*



Сл. 67. Приказ тетивног (миотатичког) рефлекса. После удара перкусионим чекићем долази до екстензије стопала

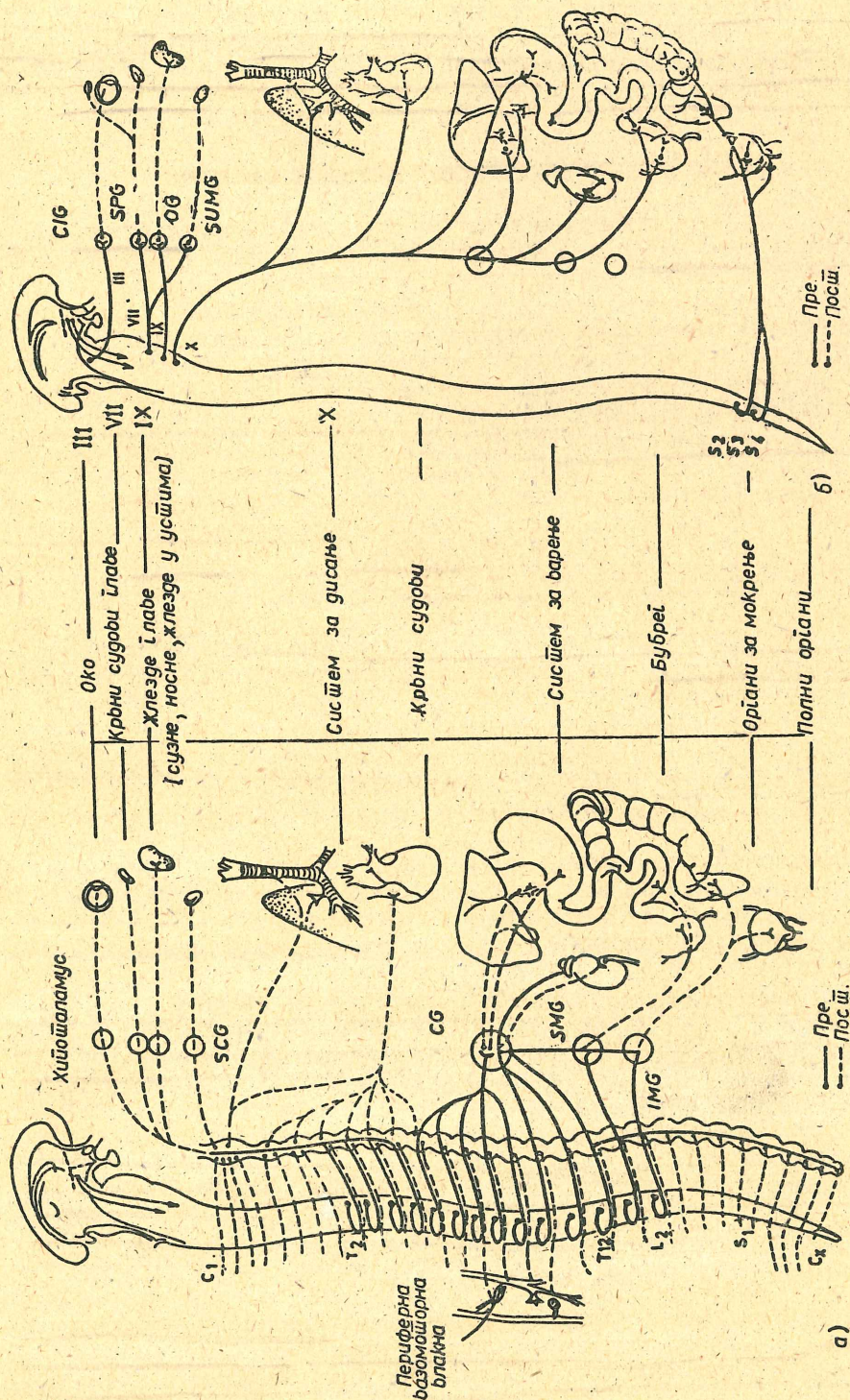
флексije назива се *спинални шок*. По опоравку од спиналног шока који траје дуже код развијенијих организама (код човека неколико месеци) рефлекси се успостављају, али су они знатно промењени, нарочито код организама на вишем ступњу еволуције.

ВЕГЕТАТИВНИ НЕРВНИ СИСТЕМ

Вегетативни нервни систем се још назива и *аутономни нервни систем*. Оба назива односе се на део нервног система који инервише глатке мишиће унутрашњих органа, чија је инервација двојна (види напред о двојној инервацији). У ствари, вегетативни нервни систем састоји се из два дела, *симпатичког* и *парасимпатичког система*.

Симпатички део вегетативног система се још назива и *тораколумбални систем*. Овај термин указује на место одакле потиче тај део вегетативног нервног система. Наиме, симпатички систем потиче из бочних стубова сиве масе грудног (торакалног) дела кичмене мождине и из торње-слабинског (лумбалног) дела. Ту се налазе неуронска тела чији аксони излазе из кичмене мождине, у саставу предњих коренова леђних живаца. То су *преганглијска нервна влакна* и она врше синапсу у *симпатичким* (паравертебралним) *ганглијама* које се протежу поред кичменог стуба. У ганглијама су неуронска тела чији аксони чине постганглијску компоненту симпатичког система. Та *постганглијска нервна влакна* прикључују се спиналним живцима и заједно с њима допиру до ефектора. Дакле, поред соматске, спинални живци садрже и висцералну компоненту.

Парасимпатички систем се назива још и *кранио-сакрални систем*. Неуронска тела преганглијских влакана парасимпатичког си-



Сл. 68. Синергизација унутрашњих органа симпатичким (а) и парасимпатичким (б) нервима

система потичу из моторних једара лобањских живаца (III, VII, IX и X) и из крстачног (сакралног) дела кичмене мождине. Преганглијски неурони стварају синапсу са постганглијским неуронима у парасимпатичким ганглијама које су близу инервисаних органа.

ФУНКЦИЈА ВЕГЕТАТИВНОГ НЕРВНОГ СИСТЕМА

Као што је помињано, вегетативни нервни систем инервише све унутрашње органе. Из нервних центара оба система на унутрашње органе стижу нервни импулси који их активирају или инхибирају. Количина нервних импулса која до тих органа доспева једним или другим делом вегетативног система неједнака је. Ако се организам, нпр. изложи некој неповољној ситуацији (стресу), долази до повећане активности симпатичког дела вегетативног система. Заједно са повећаним лучењем хормона сржи надбубрежне жлезде, адреналина, активација симпатичког дела вегетативног система омогућава организму да се одупре стресу, тј. да се припреми за „борбу или бежање“. Активност симпатичког дела вегетативног система има следеће ефекте: повећава крвни притисак, убрзава рад срца и циркулацију, повећава количину крви у оптицају, повећава оксидационе процесе, концентрацију шећера у крви итд.

Када је организам у стању мировања, на унутрашње органе стиже већа количина нервних импулса из нервних центара парасимпатичког система, што омогућава одмор организма и обнављање енергетских резерви.

Према томе, може се закључити да је основна улога вегетативног нервног система у подешавању стања унутрашњих органа према потребама организма. Јасно је да и на функцију вегетативног нервног система осим централних неурона из којих он потиче, учествују и други делови мозга. О томе ће бити говора приликом разматрања неурофизиолошких основа инстинктивног и емотивног понашања.

ПРОДУЖЕНА МОЖДИНА И ВАРОЛИЈЕВ МОСТ

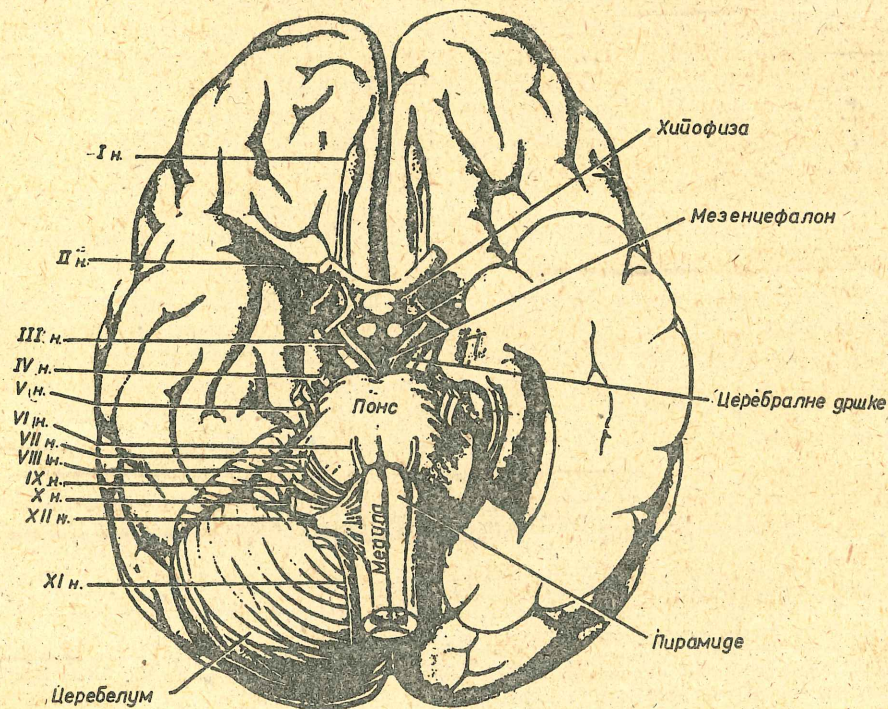
Продужена мождина (medulla oblongata) надовезује се на кичмену мождину. Заједно с Варолијевим мостом (pons Varoli) који је изнад ње, и са средњим мозгом (mesencephalon), продужена мождина чини *мозгано стабло*, издужени део мозга изнад кога се као круна од дрвета шири велики мозак.

У пределу великог лобањског отвора (foramen magnum) на дну лобање, узана кичмена мождина почиње да се шири, а заједно са тим повећава се и централна шупљина (тј. средишњи канал кичмене мождине) и на тај начин она прелази у четврту моздану комору. Продужена мождина и понс су на поду, односно на предњој страни четврте коморе, док мали мозак чини њен кров.

Грађа продужене мождине донекде је слична грађи кичмене мождине. Сиву масу окружује бела маса чији предњи део чини дебео сноп нервних влакана кортикоспиналног (пирамидалног) пута који

се највећим делом овде укршта, тако да команде за вољне покрете доспевају на супротну страну кичмене мождине, а одавде на мишиће. У састав беле масе улазе и други снопови силазних и узлазних нервних влакана која повезују кичмену мождину и мозак. Са продуженом мождином у вези су следећи лобањски живци: XII, XI, X, IX и део VIII. Укупан број лобањских живаца је 12.

Осим моторних једара лобањских живаца у сивој маси продужене мождине налазе се и друга једра. Назив *једро* (*nucleus*, скраћено *ни.*) односи се на скупове неуронских тела у централном нервном систему. Поред моторних једара лобањских живаца, сиву масу продужене мождине чине и друга једра, а у њеном средишту налази се филогенетски најстарији део можданог стабла који се назива *мрежаста (ретикуларна) формација*. Она се тако назива јер је чине растресите масе неурона (нису скупљени у једра) који су повезани многоструким синаптичким везама. Ипак, неки делови ретикуларне формације чине једра.



Сл. 69. Доња страна мозга. Види се продужена мождина, мост, средњи мозак и места порекла из лобањских живаца

Понс Вароли се надовезује на продужену мождину и сличне је грађе. Споља се на њему види мноштво хоризонтално поређаних нервних влакана помоћу којих се понс повезује с малим мозгом. Наиме, на филогенетски нова једра понса стижу нервна влакна из моторних предела коре великог мозга, а затим се из једара понса преносе на мали мозак. Те информације важне су за координацију (усклађивање) вољних покрета, у чему учествује мали мозак.

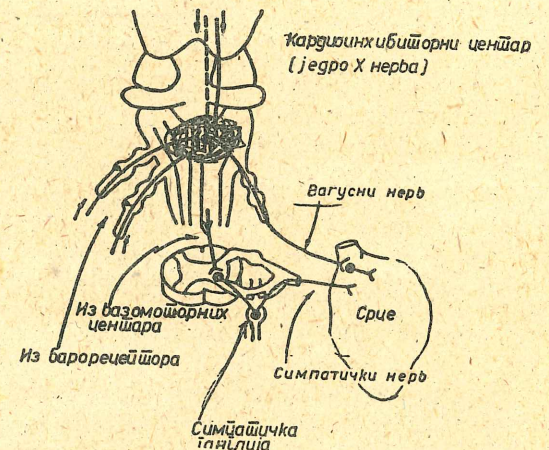
Сиву масу понса чине моторна једра следећих лобањских живаца: део VIII, VII, VI и V, а ту су и друге једарске структуре, заједно са ретикуларном формацијом. Већ поменуто нова једра понса, донекле су измешана с белом масом.

ФУНКЦИЈА ПРОДУЖЕНЕ МОЖДИНЕ И ВАРОЛИЈЕВОГ МОСТА

О продуженој мождини се често говори као о „чвору живота“, будући да је њена повреда опасна због могућег престанка дисања. У ствари, нервни центри за регулацију дисања налазе се како у ретикуларној формацији продужене мождине, тако и понса. За очување нормалне дисајне ритмике неопходни су спонтано активни неурони у продуженој мождини, тј. *центри за инспиријум*, односно *апнеустички центар*, али такође и неуронски скупови у Варолијевом мосту. У Варолијевом мосту су *центри за експиријум*, односно *пнеумотаксички центар*.

Поред регулације дисања, продужена мождина је и *центар за регулацију крвног притиска*. У одржавању сталности крвног притиска, као и његовом подешавању физиолошким потребама организма, учествују два нервна центра: *пресорни* и *депресорни*. У продуженој мождини налази се и *кардиоинхибиторни центар* који помоћу нерва вагуса шаље нервне импулсе на срце. Ти нервни импулси стварају се спонтано, али се у зависности од физиолошког стања, кардиоинхибиторни центар повремено дезангажује и тада се фреквенција срца повећава, чему може допринети и активација симпатичког дела вегетативног нервног система (на пример, приликом симпатичко-адреналинске реакције).

Продужена мождина и понс су и нервни центри за неке важне рефлексне реакције које се могу груписати у две врсте: *одбрамбене* и *алиментарне* рефлексне (тј. рефлексни за исхрану). У одбрамбене рефлексне спадају рефлекс трептања, сузења, кашљања, кијања, као и фонације (пуштање звука) код мале деце. Ови рефлексни зависе од активације различитих рецептора (на пример, рецептори за додир у капку ока) и неурона у саставу моторних једара лобањских живаца. Рефлексни везани за исхрану су рефлекс саливације (лучења пљувачке), рефлекс жвакања, гутања и сисања код одојчади. Ови рефлексни зависе од активације рецептора у усној дупљи и у носу, а такође се у активацији ефектора ангажују неурони моторних једара лобањских нерава.

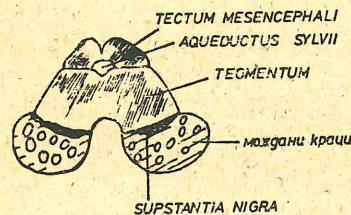


Сл. 70. Инервација срца и вазомоторног центра

Овом најкраћем прегледу функција доњег дела можданог стабла треба додати и то да се у продуженој мождини и понсу налазе једра чији неурони на крајевима својих аксона луче неуротрансмитер *норадреналин*. Ти аксони улазе у састав *норадренергичког пута* помоћу кога се преносе информације из можданог стабла у многе делове мозга. Данас је познато да су те информације важне за расположење, живахност и буђење организма. У доњем делу можданог стабла су и неуронски скупови чији аксони на својим крајевима луче неуротрансмитер *серотонин*. *Серотонинергични пут*, како се назива скуп тих аксона, преноси информације од којих зависи падање у сан, а такође и оне које мењају реактивност организма на бол.

СРЕДЊИ МОЗАК

Средњи мозак (Mesencephalon) сложене је грађе са измешаном белом и сивом масом у чијем је средишту узани каналић (Силвијев аквадукт) који повезује четврту са трећом можданом комором. На задњој (леђној) страни средњег мозга смештена су два пара квржица, доње *слушне* и горње *видне* квржице. Слушне квржице су део слушног пута, а оптичке примају информације како из мрежњаче, тако и из коре великог мозга, и служе за подешавање положаја ока.



Сл. 71. Делови средњег мозга

Средишњи део мезенцефалона чини сива маса у којој су једра следећих лобањских живаца: III, IV и V. У сивој маси је и велико *црвено једро* које је део моторног система мозга (тј. система за кетање). Ретикуларна формација заузима велики део средишта сиве масе средњег мозга. Неурони ретикуларне формације праве сложене мреже унутар самог средњег мозга, а такође постоје њихове бројне силасне и узлазне везе. Информације које се из ретикуларне формације можданог стабла преносе на друге делове мозга и кичмену мождину помоћу *норадренергичних* и *допаминергичних* нервних влакана су, како је наглашено, веома важне за подешавање можданих функција.

На предњој страни средњег мозга су мождане дршке (мождани краци) које садрже аксоне пирамидалног пута, а такође и пута који повезује велики мозак и мождано стабло. Иза можданих кракова налази се мала количина сиве масе, која се због пигмента који садрже њени неурони зове *супстанција нигра*. Она је део моторног система мозга.

ФУНКЦИЈА СРЕДЊЕГ МОЗГА

Мождано стабло чији је део средњи мозак учествује у подешавању надражљивости мотонейрона мишића чијом се контракцијом врши опирање сили земљине теже. Ако на мотонейроне тих мишића не

стижу нервни импулси из можданог стабла, појачава се њихова контракција и јавља се укрућеност тела, тзв. *децеребрациона ригидност*.

У средњем мозгу се налази сложени једарски комплекс III лобањског живца, окуломоторијуса, од кога заједно са два друга нерва (IV и VI) зависе покрети ока. Моторна једра III живца такође инервишу мишиће од којих зависи акомодација сочива (цилијарне мишиће). Она дају и парасимпатичку инервацију сфингтера (стежача) зенице.

Од рефлексних реакција чији су централни неурони у можданом стаблу зависе и *рефлекси усправљања*. Наиме, потребно је знати да је стајање могуће и онда када је кичмена мождина одвојена од осталих делова централног нервног система. Међутим, тада се тело из лежећег положаја не може самостално усправити. Рефлексне реакције од којих зависи усправљање имају своје центре у можданом стаблу и оне започињу 1) *рефлексом са лабиринта (главе) на врат*. Рефлекс започиње, надраживањем рецептора лабиринтског (вестибуларног) апарата унутрашњег ува. Ефектори су вратни мишићи чијом контракцијом глава доспева у физиолошки положај. 2) *Рефлекс са врата на труп* последица је контракције вратних мишића, односно надраживања рецептора за истезање у њима. Нервни импулси који се стварају том приликом доспевају у кичмену мождину и на основу њих се активирају мотонейрони мишића трупа и екстремитета, што доводи до устајања.

Ако је очувано мождано стабло, а оштећен лабиринтски апарат, устајање је отежано, али је још увек могуће и оно започиње надраживањем кожных рецептора трупа једне стране тела. То је 3) рефлекс са трупа на главу, а ако животиња не може да исправи главу, онда устаје помоћу једностране стимулације коже, тј. помоћу 4) рефлекса са трупа на труп. Најзад треба нагласити да се код неких сисара и примата устајање из лежећег става може извршити и на рачун информација које потичу из чула вида, али под условом да је очувана у потпуности функција средњег мозга. То је тзв. 5) оптички рефлекс усправљања.

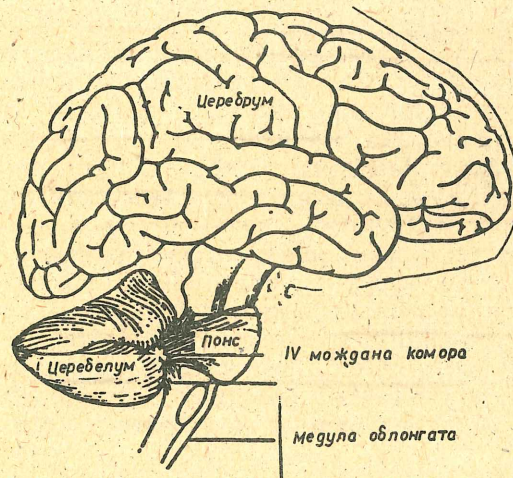
МАЛИ МОЗАК

Мали мозак (cerebellum) налази се на крову четврте мождане коморе, односно код човека заузима њену задњу страну. То је релативно велика мождана структура карактеристичног изгледа који му дају паралелно постављене вијуге и бразде. Састоји се из две хемисфере међусобно спојене *вермисом* (црвом).

Као и друге структуре централног нервног система, и мали мозак се састоји од сиве и беле масе. Сива маса чини спољашњи слој или кору малог мозга, док бела заузима његово средиште. Сем тога, унутар беле масе налазе се 4 једра церебелума која се као и друга једра централног нервног система састоје од скупова неуронских тела.

Преко снопова нервних влакана која чине три пара церебеларних дршки, мали мозак прима велики број информација које потичу

из кожных и мишићних рецептора, а такође и из других делова мозга: из вестибуларних једара, маслинастог једра можданог стабла, црвеног једра, ретикуларне формације, а такође и из коре великог мозга. Нервни путеви, односно аксони у њима, завршавају се на кори малог мозга. Затим се информације преносе даље и утичу на активност церебеларних једара. Из једара малог мозга потичу нервни путеви којима се преносе информације на многе друге делове мозга,



Сл. 72. Положај малог мозга. Велики мозак (церебрум) је подигнут да би се боље уочили други делови мозга.

малог мозга са вестибуларним једрима која примају информације из вестибуларног апарата унутрашњег ува. На основу те везе, односно на основу размене информација са вестибуларним једром, церебелум учествује у одржавању равнотеже. Повреде малог мозга доводе до трајних или мање трајних поремећаја равнотеже, што зависи од величине лезије.

У високоразвијених организама код којих највећи део малог мозга припада филогенетски новијим структурама, он има и додатне функције. То се у првом реду односи на усклађивање вољних покрета. Показано је да се вољни, научени покрети могу обављати и без малог мозга. Међутим, исто је тако познато да повреде малог мозга изазивају поремећаје у вољној моторици које се огледају у непрецизности, нетачности тих покрета. На пример, организам с повређеним церебелумом не може без дрхтања да повеже две тачке, да покаже прстом предмет, да на време заустави покрет итд. При ходању се такође испољавају карактеристични поремећаји: тешко се избегавају препреке, ход је раскречен и сл.

Функцију усклађивања вољне моторике церебелум обавља на рачун информација које на њега стижу из моторних зона коре великог мозга, а такође и из периферних рецептора. На основу упоређивања тих информација, мали мозак шаље информације на те-

посебно на вестибуларна једра и мождано стабло. Из филогенетски новог једра, ну. ден-татуса, које се јавља код си-сара, нервни импулси се пре-носе из малог мозга у кору великог мозга. Између малог мозга и теленцефалона посто-ји кружна веза, што значи да нервни импулси из великог мозга стижу на мали, а одав-де полазе нервни путеви за теленцефалон.

ФУНКЦИЈЕ МАЛОГ МОЗГА

Церебелум је део моторног система мозга. Једна од њего-вих важних функција засни-ва се на реципрочним везама филогенетски старих делова

ленцефалон и тиме може да „коригује“ командну функцију мотор-них зона коре великог мозга.

На основу најновијих сазнања, малом мозгу се приписује и улога у усклађивању информација, тј. у памћењу, нарочито ако је реч о памћењу моторних радњи.

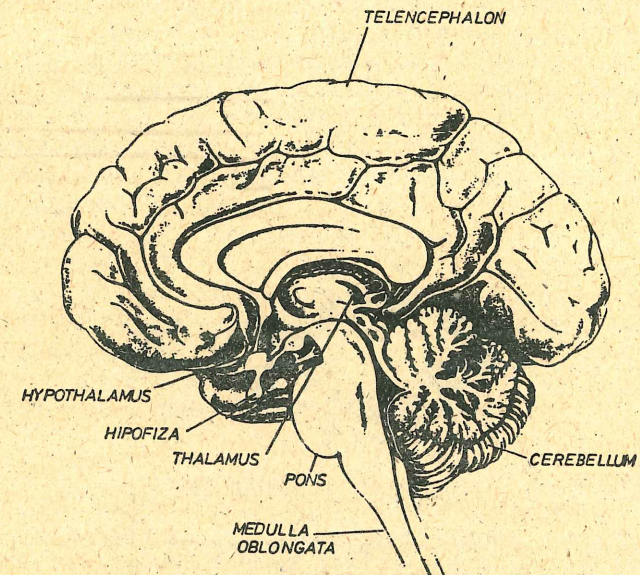
МЕЋУМОЗАК

Међумозак (diencephalon) чине многобројна једра која окружују III мождану комору. Ове једарске групе су код човека покривене великим мозгом те се не виде споља. Тек по одстрањивању коре ве-ликог мозга може се видети цео међумозак.

Део међумозга који се налази на крову (на леђном делу) треће мождане коморе назива се *thalamus*, а део на поду (предњој страни) *hypothalamus*. Обе ове нервне структуре су малих димензија (неко-лико центиметара), али имају изузетно значајне функције.

ТАЛАМУС

Таламус чине једра, која се могу разврстати на основу неколико критеријума. Најједноставнија класификација била би према функ-



Сл. 73. Положај делова међумозга хипоталамуса и таламуса. Бочна страна великог мозга је одстрањена да би се видео међумозак. На слици се може уочити и хипофиза, жлезда са унутрашњим лучењем. Осим међумозга виде се и други делови мозга

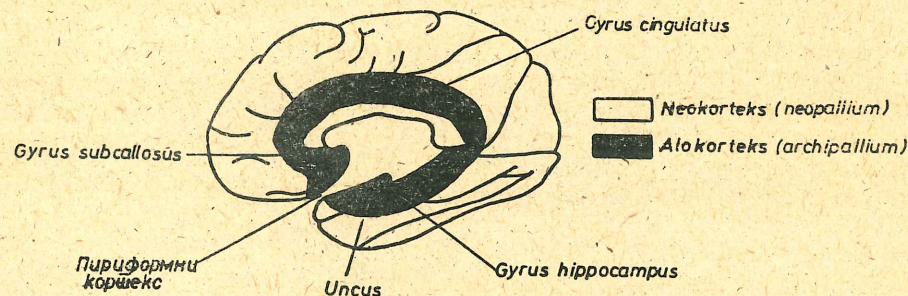
цији тих једара, на основу које се деле на следеће групе: 1) специфична, 2) асоцијативна и 3) неспецифична једра.

За специфична једра таламуса карактеристично је да се на њима завршавају тзв. специфични сензитивни путеви, и то сви осим онога који преноси информације из чула мириса у велики мозак. Због тога што се са тих једра нервни импулси преносе даље до теленцефалона, ова једра се још називају и *кортикална релејна једра*. Међутим, сада је познато да ова једра осим преносилачке имају и неке функције у ишчитавању одређених особина стимулуса који су активирали рецепторе. Нека од специфичних кортикалних једара таламуса имају удела и у активностима моторног система.

Помоћу асоцијативних једара таламуса остварују се везе између појединих његових делова. Што се тиче неспецифичних једара таламуса, може се рећи да су она филогенетски стара и припадају ретикуларној формацији. Показано је да тај део ретикуларне формације учествује у подешавању активности коре великог мозга.

ХИПОТАЛАМУС

Хипоталамус се састоји од једарских група, у којих су нека једра јасно издиференцирана, док су друга филогенетски старија и припадају ретикуларној формацији. У ствари *средишња* (медијална) *једра* хипоталамуса су добро уочљива и њихове функције су релативно добро познате. Иначе, хипоталамус је део мозга који прима информације из различитих других делова мозга, а у њега посредством огранака специфичних сензитивних путева доспевају и информације из неких рецептора. Посебно су многобројни нервни путеви који се простиру на хипоталамус, а потичу из коре теленцефалона, и то највише из њених филогенетски старих средишњих делова, који чине тзв. *лимбички кортекс* (сл. 74). С друге стране, хипотала-



Сл. 74. Шематски приказ филогенетски старих делова коре великог мозга. Филогенетски стари делови коре обележени су црном бојом

мус, помоћу нервних путева који из њега потичу, шаље информације управо на те исте делове коре великог мозга. Дакле, између хипоталамуса и лимбичког кортекса постоје двоструке везе. Због тога, а нарочито зато што хипоталамус и лимбички кортекс чине функционалну целину, тј. регулишу исте функције, они се зову заједничким именом *лимбички систем*. Лимбички систем учествује у регулацији различитих видова понашања, о чему се говори на наредним страницама.

Када се говори о функцији хипоталамуса, потребно је посебно поменути и његову улогу у терморегулацији. Такође треба поменути и улогу хипоталамуса у контроли ендокрине функције. Наиме, хипоталамус је нервним путем повезан с делом хипофизе, тј. са неуро-хипофизом, а крвним путем се ствара веза између хипоталамуса и предњег режња хипофизе, тј. са аденохипофизом.

ПИТАЊА

1. Опиши грађу и функцију кичмене мождине.
2. Шта је вегетативни нервни систем?
3. Опиши грађу и функцију продужене мождине и Варолијевог моста.
4. Које су функције средњег мозга?
5. Опиши основну грађу и функцију међумозга.
6. Зашто се специфична једра таламуса зову и кортикална релејна једра?
7. Шта чини лимбички систем?

НЕУРОФИЗИОЛОШКЕ ОСНОВЕ ПОНАШАЊА

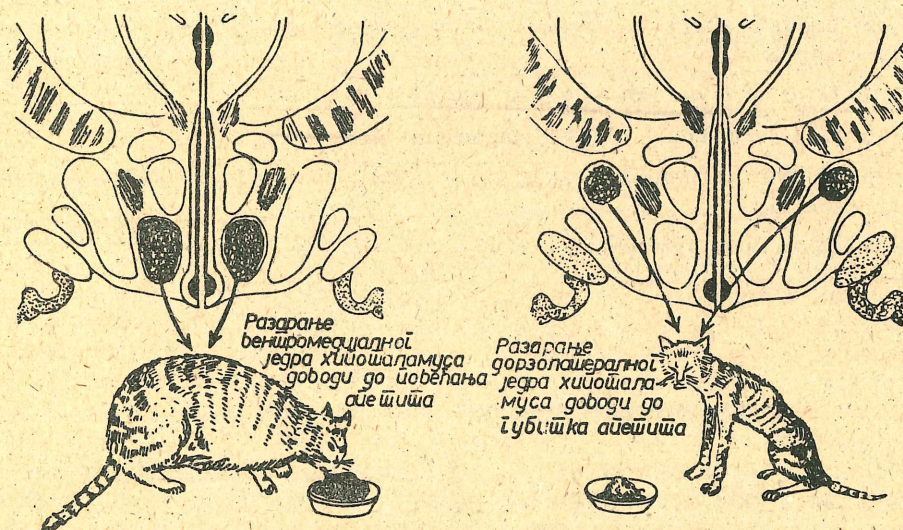
Понашање би могло да се дефинише као свеукупна активност организма током целог његовог живота. Неурофизиологија се бави скоро свим видовима понашања, као што су реакције организма на спољашњу средину, моторне функције, укључујући способност оријентације, циклично и сезонско понашање, понашање у вези са исхраном, сексуално и емотивно понашање итд. Међутим, треба нагласити да се физиологија нервних система бави понашањем са свог посебног становишта. За разлику од других дисциплина, неурофизиологија треба да утврди од којих нервних структура зависи понашање и каква је њихова функција.

НЕРВНА РЕГУЛАЦИЈА УЗИМАЊА ХРАНЕ

На основу многих експерименталних истраживања на животињама, као и на основу клиничких посматрања на људима, утврђено је да у мозгу постоје нервни центри који регулишу понашање у вези са исхраном. У међумозгу, односно у хипоталамусу постоје две такве структуре: *центар за ситост* и *центар за глад*. Поред центара у хипоталамусу, на узимање хране и на целокупно понашање у вези са исхраном утичу и филогенетски најстарији делови предњег мозга, односно лимбички кортекс, заједно са групом супкортикалних једара која се зову *бадемаста једра* (амигдалоидна једра). Осим понашања у вези са исхраном, од тих делова мозга зависе и други облици

инстинктивних и емотивних реакција организма. Овде, наравно, треба, нагласити да код човека на исхрану, као и на друге облике понашања, утичу битно и филогенетски нове мождане структуре предњег мозга (неокортикалне структуре), од којих зависи свест и сви психички процеси.

Разарање центара за узимање хране у хипоталамусу изазива поремећај у исхрани. Ако се повреди тзв. *центар за ситост*, долази до повећаног узимања хране *хиперфагије* и до пораста телесне те-



Сл. 75. Утицај повреде међумозга (хипоталамуса) на апетит мачке

жине. Повреда центара за глад изазива *хипофагију*, смањено узимање хране или чак и *афагију*, потпуни нестанак апетита. Нормално функционално стање двају центара у хипоталамусу услов је, дакле, за складну регулацију апетита и за одржавање нормалног стања организма.

Према мишљењу многих истраживања, на центре у хипоталамусу утичу и многи чиниоци, међу којима пресудну улогу има унутрашња средина (на пример, количина шећера у крви). Из обичног живота, међутим, знамо да стање периферних рецептора утиче такође на центре за исхрану: на пример, истегнут желудац доводи до осећања ситости. Зато се може прихватити мишљење да нервне ћелије хипоталамуса у ствари сабирају, сумирају информације које потичу из унутрашњости тела са информацијама из рецептора. На основу „поређења“ тих информација активирају се центри у хипоталамусу, што затим утиче на узимање хране. У том понашању учествују и други делови мозга. Овде треба нагласити да се у новије време многи истраживачи баве улогом хормона и неуротрансмитера у стварању осећаја глади или ситости.

НЕРВНА РЕГУЛАЦИЈА ЖЕЂИ

Утврђено је да стимулисање одређених тачака у хипоталамусу доводи до узимања воде. Животиња притом не само што изводи покрете пијења већ усмерава своје понашање тако да тражи воду. Повреда истих структура доводи до заустављања узимања воде. Експерименталне животиње или болесни људи са таквим повредама немају осећај жеђи и у том случају може да дође до исушивања организма и до тешких поремећаја. Ове чињенице показују да осећај жеђи зависи од хипоталамуса, а такође и понашање везано за уношење воде у организм.

Као и у случају апетита, и у случају жеђи поставља се питање шта стимулише нервни центар у хипоталамусу и како се у физиолошким условима зауставља његова активација? Сматра се да у међумозгу постоје нервне ћелије (осморецептори или хеморецептори) које при повећању осмотског притиска телесне течности стварају нервне импулсе који се преносе на центар за жеђ и условљавају његову активацију. Други чиниоци такође могу активирати центар за жеђ. Познато је да исушивање усне дупље и ждрела изазива јак осећај жеђи. Нервни импулси који полазе са периферије у стању су, дакле, исто тако да активирају центар за жеђ.

На узимање воде код човека, мада можда у мањој мери него на узимање хране, утичу и психички фактори који умањују прецизност упоређивачке функције хипоталамуса. Човек, на пример, може да ублажи жеђ ако стави коцку леда у уста и тако се уздржи неко време од узимања воде.

У вези с функцијом хипоталамуса у узимању воде, треба нагласити да хормон вазопресин који се синтетише у хипоталамусу, иако посредно, такође утиче на центар за жеђ.

НЕРВНА РЕГУЛАЦИЈА СЕКСУАЛНОГ ПОНАШАЊА

Сексуална функција је изузетно сложена и многи делови централног нервног система учествују у њеној регулацији. Хипоталамус је део сложеног система, од којег зависи одвијање сексуалне функције. У овој функцији учествују сви делови централног нервног система, од кичмене мождине и нижих делова можданог стабла, где су нервни центри за серију рефлекс од којих зависи акт копулације, до хипоталамуса и лимбичког кортекса, као и филогенетски нових структура великог мозга. Кора великог мозга утиче нарочито на сексуалну функцију човека. Као и многе друге функције, и сексуална функција човека је *енцефализована*, тј. под доминацијом великог мозга.

Хипоталамус учествује у регулацији сексуалне функције на тај начин што утиче на лучење сексуалних хормона. Он лучи гонадотропне активне факторе (ГРФ). Осим тога, хипоталамус утиче и на понашање у вези с сексуалном функцијом.

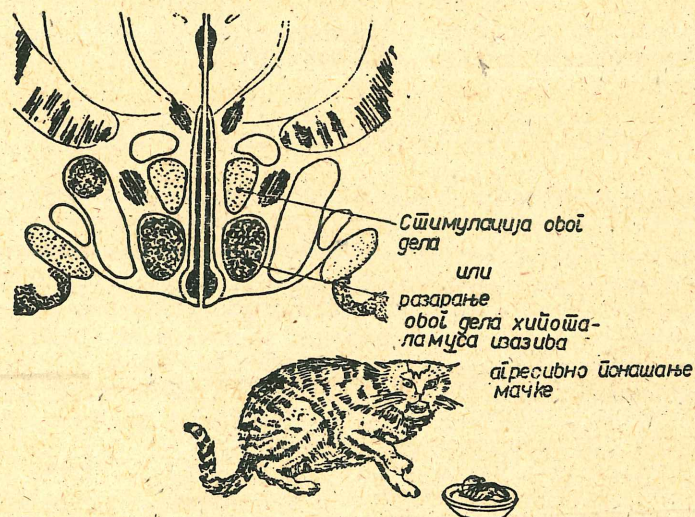
Испитујући улогу хипоталамуса у сексуалном понашању, поједини научници су уносили сексуалне хормоне у хипоталамус пацова и других животиња. Показало се да су неки делови хипоталамуса

како женки тако и мужјака осетљиви на присуство хормона. Уношење малих количина естрогена (женског полног хормона), на пример, у предњи део хипоталамуса женке пацова изазива појаву еструсног жара, иако су претходно одстрањени оваријуми (јајници). Присуство зреле јајне ћелије иначе је услов да код женки супхуманих врста дође до ове појаве. Ако се, међутим, хормон унесе у друге делове мозга, до еструсног жара не долази. Предњи део хипоталамуса је специфичан по томе што су неке тачке у њему осетљиве на присуство полних хормона. Од тих делова хипоталамуса уједно зависи сексуално понашање.

Овде треба нагласити да само присуство хормона или промена његове количине у крви нису једини чиниоци који изазивају сексуално понашање. Како је речено, у одвијању ове функције као ни код других облика понашања, хипоталамус нема искључиву улогу. Треба поново нагласити да код човека у регулацији сексуалне функције веома битну, ако не и одлучујућу, улогу имају и нове структуре великог мозга. Човек је у стању да управља свесно својим инстинкtima и да их усмерава у позитивном смислу.

ЕМОТИВНО ПОНАШАЊЕ

На улогу можданих структура, посебно хипоталамуса, у емотивном понашању указали су експерименти са животињама којима је одстрањивана кора великог мозга. Показало се да по разарању



Сл. 76. Хипоталамус и емотивне реакције мачке

коре, експерименталне животиње (на пример, мачке) испољавају изузетно снажне, агресивне реакције: на најмањи додир добијају нападе беса, убрзани рад срца, ширење зеница, убрзано дисање итд. Напади беса, односно агресије могу се изазвати и електростимула-

цијом задњег дела бочног хипоталамуса. Овакво понашање названо је „псеудобесноћа“ пошто се сматрало да је реч само о моторној манифестацији без емотивне компоненте. Данас се то мишљење до некле променило. Наиме, сматра се да неким ситуацијама стимулисање хипоталамуса, уз псеудобесноћу, изазива и праве емоције. У вези са улогом хипоталамуса у понашању, треба још нагласити да је то један од центара и за *дефанзивно понашање*. Електростимулација неких хипоталамичних једара изазива (понекад) бежање, које прате изразите манифестације страха. И овај облик понашања карактеришу изразите вегетативне реакције.

У описаним реакцијама организма тј. у агесионом и дефанзивном понашању, поред хипоталамуса учествују и други делови централног нервног система, нарочито лимбички кортекс. Тако, на пример, нађено је да електростимулација делова мождане коре у области центара за мирис који су филогенетски стари, као и амигдалоидних једара, изазива реакцију бесноће. Супротно томе, стимулација хипокампуса изазива код човека субјективно осећање страха.

Општем закључку да ови делови великог мозга имају удела у емотивним реакцијама допринела су и многа друга истраживања. Ипак, не може се рећи да је створена тачна слика о томе на које све начине нервни центри регулишу емотивно понашање, посебно ако је реч о субјективној, свесној компоненти емоција које су, за разлику од самих реакција организма, тешко приступачне објективном истраживању. Међутим, може се закључити да су досадашња истраживања показала да емоције, као и други облици понашања, зависе свакако од функције појединих можданих структура.

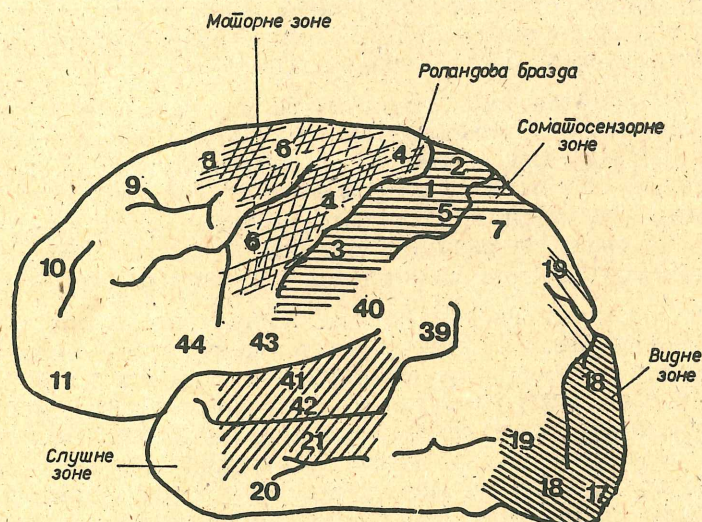
У вези са истраживањима неурофизиолошких основа емотивног, као и других облика понашања, треба истаћи да истраживања у последњих десет година указују да неуротрансмитери у централном нервном систему играју битну улогу у тим процесима. Данас се може рећи да су неурохемијска истраживања веома значајна за разумевање можданих функција, о чему ће се говорити у поглављу о учењу и памћењу.

ПРЕДЊИ МОЗАК

Предњи мозак (telencephalon) се код човека назива *велики мозак* зато што је то највећи део централног нервног система. Велики мозак у човека тежак је у просеку 1 000 до 1 200 g, што чини око 2,5% телесне тежине. Теленцефалон се састоји од две хемисфере повезане на дну великим снопом нервних влакана која чине *жуљевито тело*. Теленцефалон има сиву масу, која је споља и чини кору великог мозга (cortex), и белу масу, у чији састав улази огроман број нервних влакана.

Кора предњег мозга човека има велику површину — око 2 200 m. Таква површина резултат је велике набораности коре чије су две трећине у унутрашњости дубљих и плићих бразда (sulcus) између којих су вијуге (gyrus). Положај појединих вијуга и бразда је рела-

тивно сталан. На пример, једна од двеју највећих бразди која се зове *централна* или *Роландова бразда* дели кору великог мозга на предњу и задњу половину. Велика *бочна бразда* дели кортекс на доњу и горњу половину. Највећи део коре великог мозга у човека филогенетски је новија структура и састоји се од шест слојева нервних ћелија. Остатак, тј. 1/12 филогенетски је стари део и он је трослојан.



Сл. 77. Бочна страна великог мозга. Види се распоред моторних и сензорних зона

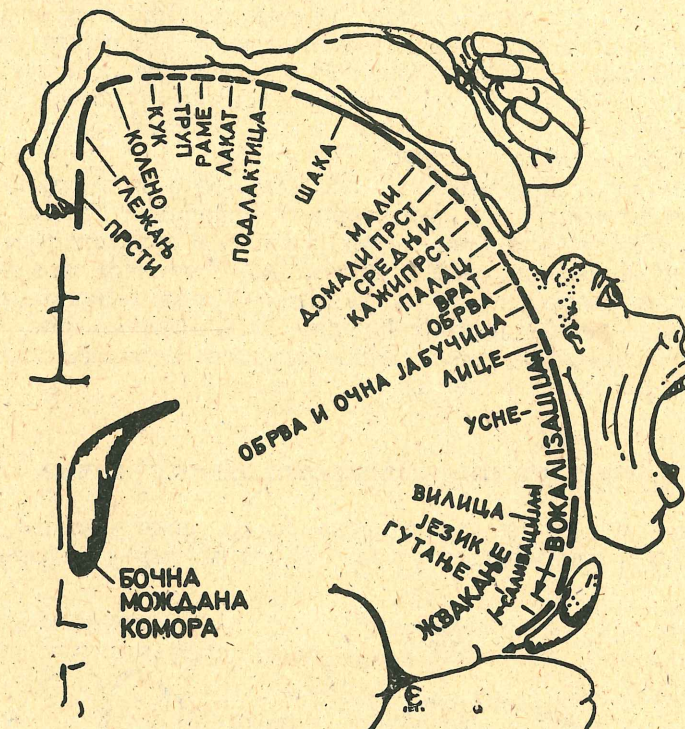
Белу масу теленцефалона чине нервна влакна која повезују две хемисфере, затим поједине делове исте хемисфере и најзад она влакна која повезују кору великог мозга са другим деловима централног нервног система.

ФУНКЦИЈА КОРЕ ВЕЛИКОГ МОЗГА

Теленцефалон врши најсложеније функције нервног система. Кора великог мозга има моторне и сензорне функције, а сем тога, од ње зависе најсложенији облици понашања, а такође и човекове психичке функције. Поред тога, филогенетски стари делови коре великог мозга заједно са другим деловима лимбичког система учествују у инстинктивном и емотивном понашању, о чему је било говора раније (види о неурофизиолошким основама понашања).

Моторне зоне теленцефалона. — Део кортекса теленцефалона непосредно испред Роландове бразде чини моторне зоне коре. Од тих зона зависе вољни, научени покрети и зато повреда тог дела коре изазива *парализу*, тј. немогућност вољних покрета. Команде за такве покрете преносе се аксионима у саставу пирамидалног пута у кичмену мождину, на интернеуроне, а оданде на мотонеуроне који активирају скелетне мишиће. О пирамидалном путу било је говора у оквиру текста о кичменој мождини.

Захваљујући радовима многих научника, а посебно радовима канадског неурохирурга Пенфиелда, данас је познато да на моторним зонама коре великог мозга постоје места од којих зависе покрети одређених делова тела. У ствари, сви делови тела су ту заступљени, али *неједнако*. Наиме, делови тела који су покретљивији



Сл. 78. Приказ распореда делова тела на моторним зонама великог мозга

(на пример, језик, палац) заузимају већу површину моторног дела коре, што је добро приказано на карикатури коју је Пенфиелд направио да би илустровао те чињенице. Треба нагласити још и то да је лева половина тела заступљена у десној хемисфери, и обрнуто, што зависи како је речено, од укрштања пирамидалног пута.

Сензитивне зоне коре великог мозга. — Иза Роландове бразде и око бочне бразде налазе се зоне коре великог мозга које се називају сензитивним зонама. Ти предели коре великог мозга коначно су одређене сензитивних путева, тј. путева којима се преносе информације из рецептора у мозак. У кори великог мозга врши се коначно дешифровање тих информација и њихово довођење до нивоа свести. На слици која приказује бочну страну великог мозга не виде се мирисне (олфакторне) зоне; оне се могу видети тек по одстрањењу бочне стране коре.

На сензитивне зоне коре великог мозга стижу информације посредством таламуса (осим у случају чула мириса). У ствари, информације из таламуса стижу на тзв. *примарне сензитивне зоне*, а са

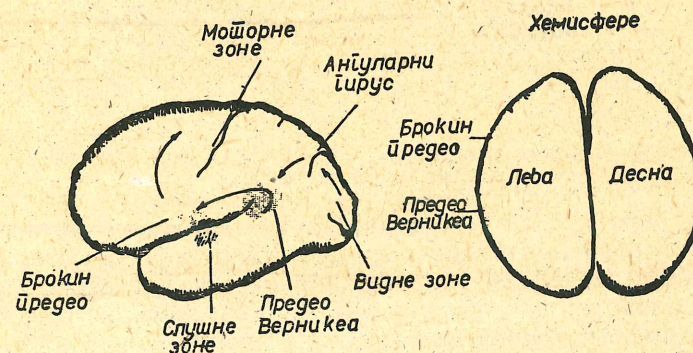
њих на *секундарне* и *асоцијативне* зоне. Сви делови чула заступљени су на сензитивним зонама коре; на њима постоји мапа чула, али она је нетачна, јер неки делови заузимају већу, док други мању површину коре. У ствари, сваком делу чула веће осетљивости (на пример, кожа на прстима) припада већа површина сензитивне зоне.

Повредом примарних сензитивних зона изазива се потпуни губитак осећаја (сензације), док губитак секундарних и асоцијативних зона спречава разликовање суптилнијих (финијих) особина стимулуса и њихово препознавање. На пример, повреда асоцијативних зона кожно осетљивости не спречава сензацију додира, али у том случају долази до *стереогнозиса*; добро познати предмети не могу се препознати на основу додира.

Дакле, поред примарних сензитивних зона за потпуно дешифровање значења стимулуса, неопходни су и додатни делови коре великог мозга. Тако се, на пример, зна да поред примарних и секундарних видних зона, још многи делови коре великог мозга учествују у виђењу и препознавању онога што се види. Захваљујући раду великог мозга, чији је највећи део филогенетски нов, човек има велике способности за разликовање карактеристика стимулуса и препознавање њиховог значења.

НАЈСЛОЖЕНИЈЕ ФУНКЦИЈЕ ПРЕДЊЕГ МОЗГА

Из претходног излагања јасно је да неке функције предњег мозга зависе од одређених делова. Међутим, поред моторне и сензи-



Сл. 79. Говорне зоне коре великог мозга човека. Говорне зоне су приказане затамњено. Виде се и неки други делови коре великог мозга. На десној страни слике је приказана површина коре и ту се види да се говорне зоне налазе у левој доминантној хемисфери. Повреда ове хемисфере изазива говорне поремећаје који се називају *афазije*. Афазije су честа последица можданих удара који обухвати говорне зоне у левој хемисфери коре великог мозга.

тивне функције, кора великог мозга, нарочито високоразвијенијих организама, посебно човека, има и друге, још сложеније функције, као што су говор, памћење и мишљење. Неке од ових функција,

као што је, на пример, говор, локализоване су, тј. везане за одређене делове коре, док се за друге функције ангажује цео теленцефалон.

ГОВОРНЕ ЗОНЕ КОРЕ ПРЕДЊЕГ МОЗГА

Нервне структуре које учествују у говору човека обухватају поред кичмене мождине и све остале делове мозга. Од виших сегмената кичмене мождине и можданог стабла зависи инервација органа за говор. Међутим, да би се говор нормално обављао, неопходна је и кора великог мозга, где се налазе *говорне зоне*. Говорне зоне смештене су у *левој* хемисфери великог мозга. Повреда ове хемисфере изазива говорне поремећаје који се називају *афазije*. Афазije су честа последица можданих удара који обухвата говорне зоне у левој хемисфери коре великог мозга.

У кори великог мозга човека смештене су и слушне зоне на које стижу информације из слушних путева, односно рецептора за слух. Да би човек чуо и разумео говор, слушне зоне коре великог мозга треба да су функционално способне.

НЕУРОФИЗИОЛОШКЕ ОСНОВЕ УЧЕЊА И ПАМЋЕЊА

Учење и памћење није искључиво својство човека, већ и његових ближих па, чак, и далеких предака. Међутим, за разлику од тих организама, човек има способност за најсложеније облике учења и памћења. Зато код њега памћење спада у „највише“ функције нервног система, од којих, иначе, зависе сви психички процеси.

Иако се из свакодневног искуства зна шта је памћење, о тачном научном одређивању овог појма постоје различита мишљења, јер је реч о сложеним процесима. Ипак се може прихватити општи став да је памћење *ускладиштено искуство јединке стечено током њеног живота*.

Пошто је памћење сасвим сигурно резултат учења, истраживање учења може да доведе до одговора на питање шта је природа меморије?

УСЛОВНИ РЕФЛЕКСИ

Условни рефлекс су важан облик учења. Познати су експерименти чувеног руског научника Ивана Павлова на псима. Такође се зна да се рефлекс могу поделити на две групе: 1) *безусловни рефлекс* су урођени, генетски условљени и независни од искуства. Пример таквог рефлекса је одбрамбено повлачење (флексија) екстремитета при болном надраживању коже, присутан је одмах по рођењу и биолошки је изузетно важан. 2) *Условни рефлекс* су стечене, научене реакције и зависе од искуства, од односа организма са средином и другим јединкама.

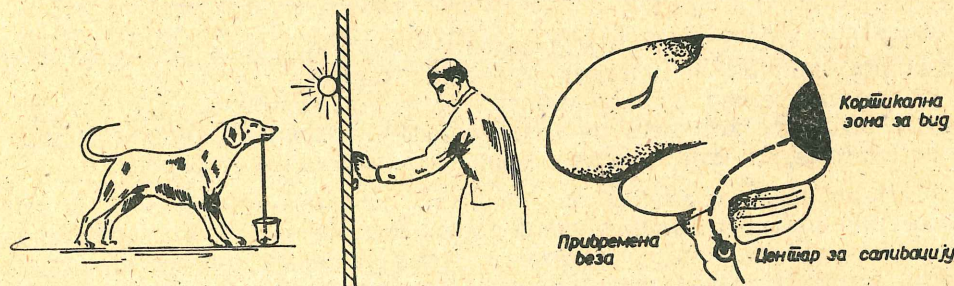
КЛАСИЧНИ УСЛОВНИ РЕФЛЕКСИ

Павлов је на псима на којима је вршио огледе направио мали хируршки захват. У њихову пљувачку жлезду увукао је стаклену цевчицу и пљувачка се, уместо у уста, лучила у малу посуду те се њена количина могла измерити.

Када је животињи давана храна, она је лучила пљувачку. То је безусловни рефлекс изазван безусловним стимулусом (храном). Међутим, у току тих експеримената Павлов је пре давања хране увек палио светло. Кратко време након светла животињи је давана храна. Пошто се овај поступак поновио више пута, животиња је почела да лучи пљувачку на само паљење светла, тј. на раније *индиферентну драж*. Индиферентна драж, тј. драж која иначе не би изазвала рефлексно лучење пљувачке постала је тако *условна драж*, која изазива појаву *условног рефлекса*.

Павлов је сличне експерименте вршио на великом броју паса и примењивао различите безусловне и индиферентне, односно условне дражи, и показао је да се различите условне реакције могу изградити применом многих врста дражи. Условни рефлекс су изграђивани и код других врста животиња.

Установљено је да је неједнако време потребно за изградњу условних рефлекса код различитих врста животиња. Поред тога, зависи и од природе условне и безусловне дражи. Када се условни



Сл. 80. Приказ метода Павлова за стварање условних рефлекса

Сл. 81. Приказ привремене везе између центра за лучење пљувачке и видне зоне у потиљачном делу коре великог мозга

рефлекс изгради, он се одвија и при давању самог условног стимулуса, али то се догађа само извесно време. Ако се условни стимулус дуже не поткрепљује (не даје се храна), животиња ће све ређе реаговати, а затим се условни рефлекс више не може изазивати; долази до његовог гашења.

Потребно је знати да до стварања условних рефлекса, према Павловљевом објашњењу, долази на тај начин што се успоставља функционална веза између неког центра у кори предњег мозга и центра у нижем делу централног нервног система. У описаном експерименту веза се успоставља између видне зоне кортекса теленцефалона и центра за лучење пљувачке у продуженој мозджини.

Иако је Павлов таквим функционалним везама дао назив *привремене везе*, он и његови сарадници сматрали су да гашење условних

рефлекса не доводи до прекида тих веза. Напротив, једном створена привремена веза одржава се током целог живота и гашење условног рефлекса изазивају *инхибиторни процеси*.

Инхибиторни процеси имају велики значај и при стварању условних рефлекса. Осим тога, при успостављању условних рефлекса, према Павлову, догађају се и процеси ексцитације у мозгу. Према томе, условни рефлекс се могу објаснити познатим процесима у централном нервном систему.

ИНСТРУМЕНТАЛНО УСЛОВЉАВАЊЕ

Стварањем условних рефлекса, односно проблемом учења и памћења, бавили су се и данас се баве и други аутори, чије се методе донекле разликују од класичних Павловљевих метода. Они употребљавају метод *инструменталног или операционог условљавања*.

При таквом условљавању животиња на којој се врше експерименти треба да изврши неку радњу како би дошла до поткрепљења или га избегла. Експериментална животиња (на пример, пацов) ставља се у специјални кавез у коме се налази полука на чији притисак у кавез упадне посуду са храном. У другим огледима кавез је подељен на два дела. У под једне стране кавеза кроз решетке се може увести електрична струја. На знак звона или паљење светла, животиња мора да скочи у други део кавеза да би избегла удар. Поред описаних метода, животиње се могу обучавати и сложенијим радњама: на пример, да трче кроз лавиринт, да бирају боје, геометријске фигуре и слично. На тај начин инструментално условљавање може да служи за сасвим сложене облике учења у условима који су сличнији природним.

ФИЗИОЛОШКЕ ОСНОВЕ ПАМЋЕЊА

Без обзира на метод стварања условних рефлекса или учења, у физиологији се у вези с памћењем постављају два основна питања: 1) да ли се могу одредити мождане структуре у којима се примљене информације чувају, ускладиштавају и 2) шта је основа меморије, тј. који процеси у нервном систему омогућавају памћење? Наиме, постављају се питања локализације и механизма меморије.

Локализација памћења

Питањем локализације меморије, односно можданих структура од којих зависи стварање условних рефлекса, бавио се још Павлов. Он је сматрао да је за стварање условних рефлекса неопходно присуство коре предњег мозга. Наравно, то мишљење данас је побијено јер је доказано: 1) да се условни рефлекс могу стварати и код бескичмењака и 2) да се они могу створити и код животиња којима је одстрањен теленцефалон. Ипак, ни данас нико не може да тврди да сложенији облици учења не зависе од коре предњег мозга.

Последице повреде или разарања појединих делова коре предњег мозга изучаване су и на експерименталним животињама и на људима који су претрпели повреде, или су на њима вршене хируршке интервенције. При таквим интервенцијама често је вршена и електро-стимулација мозга свесних пацијената.

У експериментима са пацовима, научник Лешли одстрањивао је различите делове коре предњег мозга, и дошао до закључка да није важно који део кортекса се одстрањује; меморија се не губи ако се одстрани мали део било које хемисфере на било коме месту, али се памћење губи ако је повреда велика. Тако је Лешли закључио да је способност памћења везана за целу кору предњег мозга.

Међутим, данас постоје подаци који указују на посебну улогу појединих делова теленцефалона у памћењу. Познати канадски неурохирург Пенфилд (Penfield) вршио је електростимулацију појединих делова коре код свесних људи, иначе подвргнутих неурохируршким операцијама и нашао да примена надражаја на поједине тачке коре у *слепоочном* (темпоралном) режњу изазива одређена сећања. Из овога изведен је закључак да слепоочни режањ има улогу у ускладиштавању памћења.

Посебна улога у тзв. *краткотрајном памћењу* придаје се фило-генетски старијој структури предњег мозга која се споља не види и назива се *хипокампус*.

Наиме, према тврдњи многих научника, разликују се најмање две фазе или облика меморије: прва је *неучвршћена, краткотрајна* и лако се губи, док се *дуготрајно памћење* задржава током целог живота. Према неким мишљењима, једном учвршћена сећања се не губе; њих само потискују нове информације. Треба нагласити да се данас зна да се памћење ускладиштава у обе хемисфере великог мозга. Запамћене информације преносе се, пресликавају, из једне и другу хемисферу, у чему основну улогу игра велики сноп нервних влакана који повезује две хемисфере и зове се *жуљевино тело*.

Механизам памћења

Иако постоје докази о томе да су у основи памћења, нарочито трајног памћења, биохемијски процеси, јединствено мишљење о томе још увек не постоји. Нема довољно доказа да сви облици памћења зависе од истих процеса.

Неки научници сматрају да се неучвршћено памћење може објаснити стварањем нервних импулса у тзв. реверберантним круговима (осцилаторним везама) у којима нервни импулси могу да круже бесконачно дуго ако се из неких разлога не прекину. Електрошокови, хлађење и друго могу да прекину реверберацију, а овакви поступци доводе и до *амнезије* (до заборављања) скорашњих догађаја.

Што се тиче дуготрајног, учвршћеног памћења, многи научници заступају тзв. *биохемијску или макромолекуларну* теорију памћења. Сматра се да учење доводи до повећане садржине информационих макромолекула у ћелијама мозга. Заправо се мисли да ускладиштавање меморије зависи од повећане синтезе рибонуклеинске киселине

(РНК), а затим протеина у неуронима. Промене које се догађају у нервним ћелијама могле би на тај начин да се одрже током целог живота.

За биохемијску теорију памћења постоје многи докази, али она још увек није до краја прихваћена.

У ствари, треба рећи да биохемијска теорија није једина научна теорија о механизму памћења. Многи истраживачи баве се данас тражењем морфолошких промена које би могле указати на то шта се у мозгу догађа у току учења. Познато је да се нервне ћелије после рођења човека у принципу више не деле. Напротив, многе од њих умиру, тако да број можданих нервних ћелија са старашћу постаје мањи. Ипак, примећено је да је кора предњег мозга животиња које расту у средини у којој се стално нешто догађа, у којој морају да решавају задатке, дебља од коре оних животиња које расту у мраку и неактивне су. Постоји више објашњења за ово посматрање, али оно сигурно указује на утицај активности на функционално стање мозга, на шта указују и наша свакодневна опажања.

НЕУРОФИЗИОЛОГИЈА СПАВАЊА

Смена активности и неактивности саставни је део живота свих организама. Код човека се смена активности и неактивности највише изражава кроз будност и спавање. Иако је човек склон да сматра да је будност природно стање организма, треба нагласити да је и спавање нормални физиолошки процес.

Потреба за спавањем присутна је код човека током читавог живота, али се дужина сна мења. Док одојче спава око 20 сати дневно, потреба за сном опада са старашћу. Несаница је учестала појава код старих људи, али од ње могу патити и млади. Пошто недостатак сна негативно утиче на психофизичке, посебно радне способности човека, наука посвећује велику пажњу изучавању спавања. Посебно зато што данас многи људи користе средства за спавање, без лекарског савета, а она могу штетно утицати на здравље, односно нервни систем.

Неурофизиологија спавања бави се следећим питањима: 1) какво је физиолошко стање организма у току спавања, тј. шта тачно разликује сан од будности? 2) Зашто спавамо и 3) како се организам успављује и буди, односно какав је механизам спавања?

Стање организма за време спавања. — Данас се у савременим „лабораторијама за спавање“ могу изучавати све функције организма за време сна: рад срца, дисање, покрети итд. Нарочито се пажљиво изучава биоелектрична активност коре великог мозга уз помоћ апарата који се зове *электроенцефалограф*. Такође се реги-струју покрети ока и мишићна активност.

Таквим посматрањем може се установити да спавање није једно-лично, већ се стање организма у току сна више пута мења, зависно од дубине спавања. Такође је утврђено да код особа које спавају,

више пута у току сна долази до брзих покрета очне јабучице. Ако се човек пробуди за време тих покрета очне јабучице, он често саопштава да је нешто сањао; овој фази спавања, названој РЕМ сан, посветила се велика пажња. Увидело се да се ове фазе спавања разликују од других, тзв. НРЕМ фаза. Нарочито се уочава да је биоелектрична активност мозга тада слична оној која се види у будном стању: она је брза, док је у НРЕМ сну она знатно успорена. Зато се НРЕМ спавање зове још и *спороталасно спавање*.

Експериментална истраживања показала су да су обе фазе сна присутне и потребне организму. Истина, да код здравог организма лишеног једне или друге фазе сна не настају трајне патолошке последице, али се обе фазе сна морају надокнадити да би се чило и здраво осећали, тј. да би нормално обављали дневне активности.

На питање зашто спавамо, у ствари, шта се у организму дешава и обнавља током спавања, немамо још све одговоре. Зна се да се у току спавања појачава лучење неких хормона (на пример хормона раста) и мисли се да би се у току РЕМ фазе сна могла учвршћивати меморија, али то још није доказано. Међутим сигурно је да су обе фазе сна потребне организму.

Механизам спавања. — Данас се сматра да су падање у сан и буђење *активни процеси*, који подразумевају промену физиолошког стања одређених делова мозга. Сматра се да у нервној регулацији падања у сан и буђења учествују мождане структуре двају система: 1) *систем за буђење* и 2) *систем за падање у сан*, тзв. *хипногени систем*.

Утврђено је да се у нижем делу можданог стабла налазе групе нервних ћелија, једра, од чије активације зависи успављивање. Када се повреди нижи део можданог стабла, долази до несанице. Групе неурона у хипоталамусу, као и у другом делу међумозга, таламусу, такође учествују у успављивању. У систему за буђење изразито учешће имају сложене неуронске групе које чине филогенетски старо средиште можданог стабла. То је тзв. *мрежаста (ретикуларна, формација)* чија активност изазива будност, односно живахност организма. У буђењу такође учествују неки делови доњег хипоталамуса, а и друге више структуре мозга.

У последње време, изучава се улога можданих хемијских трансмитера у успављивању и буђењу. Сматра се да од повећања концентрације трансмитера *серотонина* зависи успављивање, док би *норадреналин* неуротрансмитер мрежасте формације изазивао буђење. Осим тога, нарочито последњих десетак година, истраживања су усмерена на испитивање удела *неуропептида* у спавању. Откривено је да различити пептиди, производи мозга, могу бити неуротрансмитери који значајно утичу на мождане функције. Наиме, неуропептиди за разлику од других неуротрансмитера, често изазивају дуготрајне ефекте на синапси и зато трајније модулишу мождане функције. Да би се разликовали од других неуротрансмитера чије је дејство краткотрајно, неуропептиди се често називају и *неуромодулатори*.

ПИТАЊА

1. Објасни нервну регулацију глади и жеђи.
2. Објасни нервну регулацију емотивног понашања и сексуалног понашања.
3. Које су основне функције предњег мозга?
4. Објасни улогу сензитивних и моторних зона коре великог мозга.
5. У којој су хемисфери говорне зоне?
6. Објасни механизам учења и памћења.
7. Објасни феномен сна и његову неуробиолошку основу.

ВЕЖБА

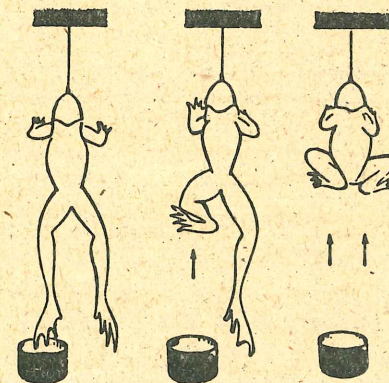
РЕФЛЕКСИ ДЕКАПИТОВАНЕ ЖАБЕ — ЕФЕКАТ РАЗАРАЊА КИЧМЕНЕ МОЖДИНЕ

За регистровање рефлекса код жабе потребно је декапитовати животињу. Обавити је парчетом платна, увући један крај маказа у уста и исећи горњи део главе. Након тога, жаба остаје непомицна и не реагује на надражаје у времену од 15 до 20 минута. После пресецања кичмене мождине, сви делови испод реза постају неосетљиви, парализовани. Ово стање је привремено и после одређеног времена осетљивост се успоставља. То

време се назива спинални шок. Код човека спинални шок траје 2—3 недеље, након повреде кичменог стуба.

Због спиналног шока жабу је после декапитовања, а пре експеримента, потребно оставити 20 минута да мирује. Потом је обесимо за доњу вилицу о неки сталак да виси.

Припремити растворе сумпорне киселине (H_2SO_4) различите концентрације (0,1; 0,3 и 0,5%). Сипати растворе у плитак стаклени суд и умочити жабину ногу у њега. На раствор мање концентрације жаба ће реаговати slabим покретањем мишића ноге, на већу концентрацију нешто



Сл. 82. Рефлекси жабе

јачим, а на највећу потпуним савијањем ноге. Надражај се преноси од рецептора на кожи преко спроводних, нервних путева и центара рефлекса у кичменој моздини до ефектора односно мишића. Ови огледи показују да јачина рефлексног реаговања мишића зависи од јачине надражаја, у овом случају од концентрације киселине. После сваког надраживања киселином, потребно је ногу испрати дестилованом водом.

Уколико надражимо жабу још јачим надражајем, било раствором сумпорне киселине или штипањем ноге пинцетом, доћи ће до грчења обе ноге, иако смо надражили само једну. У овом случају