



**UNIVERSITATEA ECOLOGICĂ DIN
BUCUREȘTI**

FACULTATEA DE PSIHOLOGIE

Program de studii universitare de licență: Psihologie

Forma de învățământ: cu frecvență redusă

Suport de curs pentru disciplina:

NEUROPSIHOLOGIE ȘI NEUROCIBERNETICĂ II

Titular de disciplină:

Acad. Constantin Bălăceanu Stolnici

București

2021-2022

CUPRINS

Introducere.....	5
a. <i>Date privind titularul de disciplină</i>	<i>5</i>
b. <i>Date despre disciplină</i>	<i>5</i>
c. <i>Obiectivele disciplinei</i>	<i>5</i>
d. <i>Competențe acumulate după parcurgerea cursului</i>	<i>6</i>
e. <i>Resurse și mijloace de lucru</i>	<i>7</i>
f. <i>Structura cursului</i>	<i>7</i>
g. <i>Cerințe preliminare</i>	<i>8</i>
h. <i>Durata medie de studiu individual</i>	<i>8</i>
i. <i>Evaluarea</i>	<i>8</i>
Capitolul I. Considerații generale.....	9
1.1. <i>Introducere</i>	<i>9</i>
1.2. <i>Conținut</i>	<i>9</i>
1.3. <i>Rezumat</i>	<i>17</i>
1.4. <i>Test de autoevaluare a cunoștințelor</i>	<i>17</i>
1.5. <i>Bibliografie recomandată</i>	<i>17</i>
Capitolul II. Scoarța cerebrală	18
1.1. <i>Introducere</i>	<i>18</i>
1.2. <i>Conținut</i>	<i>18</i>
1.3. <i>Rezumat</i>	<i>25</i>
1.4. <i>Test de autoevaluare a cunoștințelor</i>	<i>25</i>
1.5. <i>Bibliografie recomandată</i>	<i>25</i>
Capitolul III. Căile principale din sistemul nervos central.....	26

1.1. Introducere	26
1.2. Conținut	26
1.3. Rezumat	39
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	39
1.5. Bibliografie recomandată	39
Capitolul IV. Generalități despre cibernetică, neuro și psiho-cibernetică	40
Capitolul V. Teoria informației, automatelor și sistemelor	40
Capitolul VI. Substratul informațional al activității nervoase superioare	40
Capitolul VII. Sistemul de răsplată și pedeapsa.....	40
1.1. Introducere	40
1.2. Conținut	40
1.3. Rezumat	45
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	46
1.5. Bibliografie recomandată	46
Capitolul VIII. Durerea	47
1.1. Introducere	47
1.2. Conținut	47
1.3. Rezumat	51
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	51
1.5. Bibliografie recomandată	51
Capitolul IX. Bazele neurobiologice ale memoriei	52
1.1. Introducere	52
1.2. Conținut	52
1.3. Rezumat	65

1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	65
1.5. Bibliografie recomandată	66
Capitolul X. Neurobiologia somnului	67
1.1. Introducere	67
1.2. Conținut	67
1.3. Rezumat	73
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	74
1.5. Bibliografie recomandată	74
Capitolul XI. Asimetria cerebrală	75
1.1. Introducere	75
1.2. Conținut	75
1.3. Rezumat	82
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	82
1.5. Bibliografie recomandată	83
Capitolul XII. Neuropsihologia sexualității	83
Capitolul XIII. Bazele neurofiziologice ale stresului	83
Capitolul XIV. Conștiința	83
1.1. Introducere	83
1.2. Conținut	83
1.3. Rezumat	93
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	94
1.5. Bibliografie recomandată	94
Răspunsuri la testele de autoevaluare a cunoștințelor	95

Introducere

Cursul este destinat, în principal, studenților Facultății de Psihologie din cadrul Universității Ecologice din București – învățământ cu frecvență redusă (IFR), dar poate constitui un util material de studiu și pentru studenții la învățământ cu frecvență (IF).

a. Date privind titularul de disciplină

Nume și prenume:	Acad. Constantin Bălăceanu Stolnici
E-mail:	

b. Date despre disciplină

Anul de studiu:	I
Semestru:	II

c. Obiectivele disciplinei

Obiectivul general al disciplinei	Cunoașterea structurii și funcționării sistemului nervos la nivel subneuronă, neuronal și al diferitelor structuri nervoase
Obiective specifice	Obiective informaționale: - să cunoască evenimentele fizice și chimice (moleculare) care stau la baza activităților psihice - să înțeleagă posibilitatea prin care datorită plasticității rețelelor neuronale psihismul uman poate fi influențat utilizând

	psihoterapia, consilierea și psihofarmacologia Obiective operaționale: - să obțină capacitatea de a face corelații între diferitele aspecte ale funcțiilor psihice și suportul lor neurologic
--	--

d. Competențe acumulate după parcurgerea cursului

Competențe profesionale	CP1. Operarea cu concepte fundamentale domeniului neuropsihologiei - cunoaștere și înțelegere a principalelor repere anatomice (formațiuni, circuite, funcționare) - explicare și interpretare a relației dintre conștiință și creier CP2. Proiectarea și realizarea unui demers de cercetare în neuropsihologie CP3. Evaluarea critică a situațiilor problematice și a soluțiilor posibile în neuropsihologie CP4. Evaluarea psihologică a individului din punct de vedere neuropsihologic - explicarea activității psihice prin prisma teoriei sistemelor, neurociberneticii, a datelor experimentale și clinice CP5. Proiectarea și realizarea intervențiilor neuropsihologice CP6. Relaționarea și comunicarea interpersonală specifică domeniului neuropsihologiei
Competențe transversale	CT1. Executarea responsabilă a sarcinilor profesionale conform principiilor deontologice specifice în exercitarea profesiei CT2. Aplicarea tehnicilor de muncă eficientă în echipă multidisciplinară pe diverse paliere ierarhice CT3. Autoevaluarea nevoilor de formare continuă în vederea adaptării competențelor profesionale la dinamica oricărui context social - acceptarea limitelor cunoașterii date de condiția umană la un moment dat și a provocării constituite de depășirea acestora

e. Resurse și mijloace de lucru

Pentru o pregătire temeinică, vă sugerăm să efectuați toate testele de evaluare, astfel încât rezultatul pregătirii dumneavoastră să fie cât mai obiectiv. De asemenea, vă sugerăm să vă alcătuiți propriile dumneavoastră planuri și scheme, acestea ajutându-vă la o mai bună sistematizare a cunoștințelor dobândite.

Fiecare curs este structurat astfel: *introducerea, continutul, rezumatul teste de autoevaluare și bibliografie recomandată*.

Testele de evaluare prezente la sfârșitul fiecărui curs vă vor ajuta să verificați modalitatea specifică de învățare și să vă îmbunătățiți cunoștințele. Timpul recomandat rezolvării testelor este de 30 de minute. Rezolvați testele numai după studierea în întregime a unui curs și nu vă uitați la răspunsuri decât după rezolvarea testului și numai dacă nu reușiți să găsiți răspunsul prin recitirea cursului.

La fiecare curs există indicată o bibliografie selectivă pe care vă sfătuim să o parcurgeți.

f. Structura cursului

Cursul de ***Neuropsihologie II*** este alcătuit din **XIV** capitole (fiecare capitol fiind aferent unei **unități de învățare**):

Capitolul I. **Considerații generale**

Capitolul II. **Scoarta cerebrală**

Capitolul III. **Caile principale din sistemul nervos central, ascendente și descendente**

Capitolul IV. **Generalități despre cibernetică, neuro și psihocibernetică**

Capitolul V. **Teoria informației, automatelor și sistemelor**

Capitolul VI. **Substratul informațional al activității nervoase superioare**

Capitolul VII. **Sistemul de răsplata și pedeapsa (tonalizatorii afectivi)**

Capitolul VIII. **Durerea**

Capitolul IX. **Bazele neurobiologice ale memoriei Sistemul endocrin**

Capitolul X. **Neurobiologia somnului**

Capitolul XI. **Asimetria cerebrală**

Capitolul XII. Neuropsihologia sexualitatii

Capitolul XIII. Bazele neurofiziologice ale stresului

Capitolul XIV. Constienta

La sfârșitul fiecărui capitol beneficiați de modele de teste de autoevaluare care vă vor ajuta să stabiliți singuri ritmul de învățare și necesitățile proprii de repetare a unor teme. La sfârșitul suportului de curs sunt prezentate răspunsurile corecte la testele de autoevaluare a cunoștințelor.

Cursul de *Neuropsihologie II* poate fi studiat atât în întregime, potrivit ordinii prestabilite a capitolelor, dar se poate și fragmenta în funcție de interesul propriu mai accentuat pentru anumite teme. În vederea susținerii examenului este obligatorie parcurgerea tuturor celor *XIV* capitole și efectuarea testelor prezentate.

g. Cerințe preliminare

Neuropsihologie II este o disciplină care se studiază în anul I, semestru II.

h. Durata medie de studiu individual

Durata medie de învățare estimăm a fi de aproximativ 14 de ore.

În vederea susținerii examenului considerăm necesar, de regulă, un studiu de o săptămână.

Studierea fiecărui capitol necesită un efort de cca. 2 ore, astfel încât cunoștințele specifice acestui domeniu să se fixeze temeinic.

i. Evaluarea

La încheierea studierii cursului, este obligatorie realizarea celor trei teme de control.

Înainte de examen este indicat să parcurgeți din nou toată materia, cu atenție, durata estimată pentru această activitate fiind de aproximativ o săptămână.

Forma de evaluare (E-examen, C-colocviu/test final, LP-lucrări de control)		E
Stabilirea notei finale	- evaluarea finală	50%
	- activități aplicative /laborator/lucrări practice/proiect	20%

(procentaje)	etc.	
	- teste pe parcursul semestrului	20%
	- teme de control	10%

Capitolul I.

Considerații generale



1.1. Introducere

În cuprinsul acestui capitol sunt prezentate cunoștințele referitoare la scoarta cerebrală care este formată dintr-o patură de materie cenușie alcătuită din straturi suprapuse de neuroni, care învelește ca o manta (de unde numele de *pallium*) substanța albă a emisferelor cerebrale. Pe secțiuni se prezintă ca un tiv cenușiu la periferia emisferelor.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

În evoluția filogenetică a sistemului nervos, cel mai mare câștig a fost realizarea *scoartei cerebrale*, una din cele mai extraordinare „inventii” ale Naturii.

Mamiferele sunt singurele ființe care dispun de o scoartă cerebrală propriu-zisă, atât sub forma sa veche (paleocortex limbic), cât și cea nouă (neocortex). Ea este cea mai complexă și performantă structură informațională *din sistemul nostru solar*.

Scoarta cerebrală este formată dintr-o patură de materie cenușie alcătuită din straturi suprapuse de neuroni, care învelește ca o manta (de unde numele de *pallium*) substanța albă a emisferelor cerebrale. Pe secțiuni se prezintă ca un tiv cenușiu la periferia emisferelor.

La mamiferele inferioare, scoarta cerebrală neavând nevoie de o suprafață prea întinsă, este netedă (creiere netede, „liscencefalice”), în timp ce la mamiferele superioare întinderea ei este necesară este prea mare în raport cu craniul și restul encefalului, astfel încât se încreteste (creiere cu circumvoluțiuni girencefalice).

În speța umană această scoarță are o maximă dezvoltare. Ea este adânc cutată, astfel că suprafața creierului este brăzdată de șanțuri, care o împart în circumvoluții multiple și variate, ca forma și dimensiuni.

S-a considerat că numărul circumvoluțiilor este un indicator de evoluție intelectuală, dar oia are mai multe circumvoluțiuni decât omul și unii debili mintali au de asemenea o scoarță mai cutată decât omul normal.

Unul din aspectele cele mai impresionante ale antropogenezei este creșterea și perfecționarea encefalului de la Australopithecii la Homo sapiens.

S-a crezut că greutatea absolută (1250-1400 gr. pentru bărbați și 1150-1300 gr. pentru femei) poate servi drept criteriu. Elefantul are un creier de 4000-4800 gr., balena de 2000-3000 gr. Un idiot epileptic avea un creier de 2850 gr., un debil mintal de 10 ani avea un creier de 2069 gr. În schimb, Gall avea un creier de 1109 gr., Bunsen de 1295 gr., Morsen de 1425 gr., Schuman de 1475 gr., Kant de 1600 gr., iar Turghenieff de 2012 gr.

S-a luat atunci drept element de comparație raportul greutate creier / greutate corp: la om 1/40; la șobolan 1/28; la gorilă 1/100; la vultur 1/150; la câine 1/300; la leu 1/500; la struț 1/1200.

Singurul criteriu mai just, cel puțin din punct de vedere filogenetic, îl constituie raportul greutatea măduvei/greutatea creierului. La om 2/100; la gorilă 6/100; la câine 23/100 ș.a.m.d.

Aspectul exterior

Descrierea scoartei cerebrale revine la a descrie aspectul exterior al emisferelor cerebrale. Elementele care o compun (lobi, circumvoluțiuni sau șanțuri) **nu** au semnificație funcțională, ci sunt doar niște repere anatomice.

A. Pe *fața laterală* se găsesc cinci lobi:

- a) *Lobul frontal* este situat între *polul frontal* și *șanțul lui Rolando* (șanțul central).
- b) *Lobul parietal* este situat între șanțul lui Rolando și *șanțul perpendicular extern*.
- c) *Lobul occipital* este plasat înapoia liniei teoretice, care reprezintă șanțul perpendicular extern și cuprinde de sus în jos, occipitala I, II și III.
- d) *Lobul temporal* așezat sub *șanțul lui Sylvius*, cuprinde de sus în jos temporala I, II și III
- e) *Lobul insulei* se vede numai după căscarea șanțului lui Sylvius. Este brăzdat de o serie

de mici circumvoluțiuni oblice, grupate într-un lob anterior și un lob posterior. În lobul posterior se află o circumvoluțiune mai mare, care se desprinde de pe marginea superioară a temporalei I, în treimea ei posterioară. Este *gyrus transversus*, al lui Heschl.

B. Fața bazală (inferioară) prezintă doi lobi:

a) *Lobul orbital* sau *fronto-orbital* se întinde înaintea șanțului lui Sylvius. În partea lui medială se afla *gyrus rectus*, mărginit lateral de *sulcus rectus*, care adăpostește bulbul olfactiv. În afara acestuia se află *șanțul în H* al lui Broca înaintea căruia, din regiunea numită „*carefurul*” olfactiv, se desprind cele trei frontale I, II și III.

b) *Lobul occipito-temporal* este întins de la polul occipital la polul temporal. El cuprinde medial *lobul lingual*, care se continuă anterior cu *circumvoluția hipocampului*, sau circumvoluția temporală V; lateral temporală III ce se continuă cu occipitală III și între acestea, în zona medie, *lobul fuziform* sau circumvoluția temporală IV.

C. Pe fața medială se găsesc cinci lobi:

a) *Lobul limbic*, *lobul cingular* sau *lobul corpului calos* al lui Broca (vezi rînen- cefalul). pe care l-am prezentat în capitolul despre sistemul limbic Deasupra circumvoluțiunii limbice se află dinainte înapoi:

b) *Circumvoluțiunea frontală I*, aparținând lobului frontal.

c) *Lobul paracentral* (care leagă frontală ascendentă cu parietală ascendentă) aparține lobului central.

d) *Lobul pătrat* sau *precuneus*-ul (înaintea *șanțului perpendicular intern*)

e) *Lobul cuneusului*, cuprins între șanțul perpendicular intern și *șanțul calcarin*, care se reunesc la vârful cuneusului. Aparține lobului occipital.

D. Evident că circumvoluțiunile sunt separate prin *șanțuri* sau *scizuri*, care se pot vedea pe schemele înfățișând scoarța cerebrală.

Cele mai importante scizuri sunt:

1) *Scizura lui Sylvius* sau *Valea Sylviană* se află pe fața externă a hemisferei, între operculul lui Rolando și girul supramarginal, deasupra și prima circumvoluție temporală, dedesubt. Dacă se îndepărtează cele două margini, în fundul ei apare *insula lui Reil*.

2) *Scizura lui Rolando* sau *scizura centrală*, de pe fața externă a emisferei, împarte în două

lobul central sau separă lobul frontal de cel parietal.

3) *Scizura calcarină* se află pe fața internă a emisferei, la nivelul polului ei occipital. Ea separă cuneusul de circumvoluția temporală V (lobul lingual).

4) *Scizura perpendiculară internă* (sulcus parieto-occipitalis) separă pe fața internă lobul parietal de cel occipital și formează un unghi cu scizura calcaurina, ce delimitează cuneusul.

5) *Scizura temporală superioară* separă pe fața externă circumvoluțiunea temporală I de cea temporală II.

6) *Șanțul cingular* separă pe fața internă lobul cingular de restul cortexului.

7) *Santul calosomarginal* separa lobul cingular de corpul calos.

Menționăm că toate aceste elemente anatomice (lobi, circumvoluțiuni, șanțuri) nu au semnificația unor structuri funcționale, ci doar aceea a unor *repere morfologice*.

Apectul interior

Arhitectura histologica a scoarței cerebrale

Scoarța cerebrală este numele dat stratului cenușiu care se găsește la suprafața creierului mare, pe toate circumvoluțiunile ei și în toate șanțurile, formând mantaua (pallium) sau „substantia cerebrealis”.

Există un *model general* valabil pentru toată scoarța și care cuprinde 6 straturi, care definesc *izocortexul neocerebral*.

În izocortex distingem:

Stratul I (zonal) cu celule mici tangențiale, fuziforme sau piriforme.

Stratul II (granular extern) este format din celule mici triangulare sau poligonale, strânse unele lângă altele, de *tip asociativ*.

Stratul III (piramidal extern) este format din celulele piramidale de *tip motor*, cu cilindrul descendent.

Stratul IV (granular intern) este format din celule mici polimorfe de *tip asociativ*.

Stratul V (piramidal intern sau ganglionar) este format dominant din celule piramidale mijlocii și mai ales mari.

Stratul VI (multiform) este format din celule mari fusiforme și polimorfe.

Ori de câte ori găsim bine definite și delimitate cele 6 straturi, avem un *izocortex homotipic*.

În cadrul lui distingem, în funcție de localizare, un tip frontal, unul parietal și unul polar (la polii frontal, parietal și occipital).

Ori de câte ori unul din straturi dispare, mascat de considerabila dezvoltare a altuia, avem un *izocortex allo-tipic*. Există două tipuri extreme:

- 1) Tipul *piramidal agranular*
- 2) Tipul *granular*

Brodmann (1907) a împărțit scoarța cerebrală umană în 52 de câmpuri, pe care le-a desemnat cu numere. *Von Economo* și *Koskinas* (1925) au împărțit scoarța cerebrală în 107 câmpuri, pe care le-au desemnat cu litere.

Aceste câmpuri sunt o realitate morfologică ce se produce cu o regularitate matematică, așa că s-au putut face *hărți* ale scoarței cerebrale (cea mai folosită este cea a lui *Brodmann*).

Diferitele câmpuri le găsim în scoarța mamiferelor, ocupând locuri asemănătoare, doar întinderile lor sunt variabile, de la specie la specie.

Din punct de vedere mieloarhitectonic s-au descris, în funcție de aspectul striilor lui *Baillarger* trei tipuri: *bistriar* (cu două strii), *unistriar* (cu o singură strie) și *astriar* (fără nici un fel de strie *Baillarger*).

În funcție de bogăția sistemelor tangențiale s-au descris alte trei tipuri *bi-*, *tri-* și *quadrizonale*.

În fine, în funcție de lungimea fibrelor verticale zise *radiare*, s-au descris din nou trei tipuri; un tip *infraradiar* în care fibrele nu ajung decât la stratul V; *medioradiar* în care ajung la stratul III și *supraradiar* în care ajung la stratul I.

Organizarea microscopică a scoartei cerebrale.

S-a constatat că *dispoziția laminară* orizontală **nu exprimă organizarea funcțională** a cortexului, ci doar un *aspect statistic* al distribuției diferitelor celule corticale. Scoarta cerebrală are o *structurare verticală*.

În cortexul cerebral uman și în cel al maimutelor antropoide se găsesc niste *celule speciale* care *nu se găsesc la alte specii*. Ele sunt un ultim produs al evoluției filogenetice a sistemului nervos al mamiferelor, cu o vechime de circa 15 milioane de ani. E vorba de *celulele fuziforme*, descrise de *Nimschinsky* în 1999 și bine studiate de *Allman* și col. în 2005, care le-a numit (pentru

a evita confuziile cu alte celule fuziforme descrise în stratul VI) *neuronii lui v. Economo (VEN)*, deoarece acesta le-a semnalat prima dată fără să le atribue nici o importanță.

Ei se găsesc în *aria cingulară anterioară* (campul 24 Brodmann) și în *regiunea fronto-insulară*, situați în stratul V, fiind mai mari decât celulele piramidale printre care se află. Sunt celule alungite, cu o prelungire apicală ce urcă spre suprafața scoartei, și ar avea un rol în formarea *intuițiilor*, care sunt operații cognitive ce se realizează rapid și se pare că sunt deficitare în autism. Ar putea juca un rol în dezordinile compulsiv-obsesive, unele psihopatii și în demența frontotemporală.

Tot acest dispozitiv neuronal este solidarizat funcțional *în direcție verticală* prin fibre descendente (de exemplu dendritele apicale ale celulelor piramidale sau ale celor a lui v. Economo și axonii celulelor piramidale) și ascendente (de exemplu axonii celulelor Martinotti).

Conexiunile scoartei cerebrale

Am văzut că scoarta cerebrală înveliște substanța albă, care formează miezul hemisferelor. Ea este formată din milioane de fibre nervoase mielinice, care îi conferă culoarea albă și reprezintă sistemul de cablaj al cortexului cerebral.

A) Fibrele asociative

Cele mai multe dintre fibre sunt cele asociative.

1) Unele fibre asociative leagă circumvoluțiile alăturate. b) Acestor sisteme asociative scurte li se alătură *sisteme asociative lungi*, care leagă regiuni mai îndepărtate. Cele mai de seamă sunt dispuse în *sens sagital*:

1) În sânul mării circumvoluții limbice avem *cingulumul*

2) De la lobul frontal spre lobul occipital merge *fasciculul longitudinal superior*. Unele fibre ale sale merg spre lobul temporal sub numele de *fascicul arcuat* (Burdach).

3) Între lobul frontal și lobul temporal se află *fasciculul uncinat*

4) De la lobul occipital spre lobul temporal merge *fasciculul longitudinal inferior*.

5) În fine, mai există un vast sistem care pleacă din lobul occipital și merge în lobul frontal. Este *tapetum-ul* sau *fasciculul occipitofrontal* (Forel-Onufrowicz).

Toate aceste fascicule conțin fibre în dublu sens.

În lobul occipital se adaugă unele sisteme transversale, care reflectă o cooperare operațională foarte

complexă legată probabil de vedere .

- 1) Stratum cunei (Stratum proprium - Sachs);
- 2) Stratum calcarinum;
- 3) Fascicolul transvers al cuneus-ului (Sachs);
- 4) Fascicolul vertical al lobului lingual (Violet);
- 5) Fascicolul vertical al lobului occipital.

Lobul occipital este, străbătut și de sistemele asociative antero-posterioare ca :

- 6) Fascicolul longitudinal inferior;
- 7) Radiațiile optice (vezi mai jos);
- 8) Fascicolul occipito-frontal (tapetum).

B) *Fibrele comisurale*

Tot printre fibrele asociative trebuie sa le asezam si pe cele care asociaza regiuni ale unei hemisfere cu altele din cealalta hemisfera, fibre care au fost denumite comisurale. Toate fibrele comisurale ale neopaliumului merg prin *corpul calos*.

Fibrele sale, odată ajunse în substanța albă, formează *radiațiile anterioare* , *radiațiile medii* și *radiațiile posterioare*.

Din punct de vedere fiziologic, corpul calos asigură sinergia funcțională a emisferelor. În sensul acesta însă apare uneori, într-un anumit fel, ca o *comisură de lux*, deoarece secționarea lui nu antrenează *totdeauna* tulburări semnificative.

Dezvoltarea mare a corpului calos la om trebuie legată de un fapt de o importanță covârșitoare: *inegala valoare funcțională a celor două emisfere*.

Secționarea patologică a corpului calos (de ex. în tromboza arterei cerebrale anterioare) duce la un *sindrom de disconexie interhemisferică* (Geschwind; Bălăceanu-Stolnici și colab.).

Rolul corpului calos a fost studiat în cadrul problemei creierului despicat - „*Splinter brain*” (Sperry; Gazzaniga), în care se constată o disociere a activității celor două emisfere, vizibilă la probe speciale, asupra cărora nu putem insista aici.

C) *Sistemele de proiectie*

Tot sistemul ariilor cerebrale, bogat conexionate între ele, formează o vastă superstructură, al cărei sens de a fi nu se explică decât prin existența multiplelor infrastructuri cu care

„colaborează”. De aceea în substanța albă a emisferelor suie și coboară contingentele fibrilare, care mijlocesc legăturile (*proiecțiile*) cortexului în dublu sens cu restul nevraxului.

Toate aceste proiecții formează un ansamblu sagital de evantaie, denumit *coroana radiată*.

Cele ce pătrund în inelul format de caudat, de lenticular și talamus alcătuiesc *capsula internă*, cu un braț anterior (continuarea segmentului anterior al coroanei), un braț posterior cu un genunchi (continuarea segmentului superior), unul retrolenticular (continuare a segmentului posterior) și unul sublenticular (continuare a segmentului inferior).

În cadrul acestor grupe topografice de fibre de proiecție distingem conexional:

- 1) fibre scurte (cu talamusul);
- 2) mijlocii (cu sistemul extrapiramidal și vegetativ) și
- 3) lungi (cu maduva și trunchiul cerebral).

1) *Fibrele scurte* sunt numite și *radiații talamice* și se grupează în patru pedunculi:

- a) *Pedunculul anterior*;
- b) *Pedunculul superior*
- c) *Pedunculul posterior*
- d) *Pedunculul infero-intern*

2) *Fibrele mijlocii* cuprind două sisteme ce leagă scoarta de cerebel:

- a) *Sistemul frontal al lui Arnold*
- b) *Sistemul temporo-parieto-occipital*

3) *Fibrele lungi* parasesc hemisferele cerebrale :

a) Majoritatea merg către neuronii motori din coarnele anterioare ale măduvei, formând *fascicolul piramidal* ce coboară din câmpul 4.

b) Altele merg la neuronii din nucleii motori ai nervilor cranieni din axul cerebral, formând *fascicolul geniculat* (și apoi calea aberantă a lui Dejerine).

D) *Aferentele corticale*

Printre fibrele de proiecție un loc deosebit îl constituie aferentele corticale.

Coloanele astfel structurate sunt „puse în funcțiune” de către semnalele care le vin din substanța albă. În general se pot distinge morfologic două tipuri de aferențe:

- 1) *Aferențele specifice*

2) Aferențele nespecifice



1.3. Rezumat

În evoluția filogenetică a sistemului nervos, cel mai mare câștig a fost realizarea *scoartei cerebrale*, una din cele mai extraordinare „inventii” ale Naturii.

Scoarta cerebrală este formată dintr-o patură de materie cenușie alcătuită din straturi suprapuse de neuroni, care învelește ca o manta (de unde numele de *pallium*) substanța albă a emisferelor cerebrale. Pe secțiuni se prezintă ca un tiv cenușiu la periferia emisferelor.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Lobul occipito-temporal este întins:

- a) de la polul occipital la polul temporal;
- b) de la polul temporal la lobul lingual;
- c) de la lobul fusiform la lobul occipital.

2. Fibrele scurte sunt numite și radiații talamice și se grupează în patru pedunculi:

- a) pedunculul anterior;
- b) pedunculul superior
- c) pedunculul posterior
- d) pedunculul infero-intern



1.5. Bibliografie recomandată

1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, bibliotecă electronică;
2. Nicolau E., Bălăceanu-Stolnici C., *Neurocibernetica*, Ed. Științifică, 1967;
3. Bălăceanu-Stolnici C., Borosanu A., Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna, Constanța, 2006.

Capitolul II.

Scoarța cerebrală



1.1. Introducere

Scoarta cerebrala (cortexul cerebral) este suportul celor mai complexe functii ale organismului, culminand cu emergenta *constientei* si trairile ei.

Scoarta cerebrala sta la baza *senzatiilor*, *perceptiilor*, a cortegiului de *functii cognitive* si *afective* si a unei serii de *actiuni motorii*.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

Organizare anatomofunctionala

Scoarta cerebrala (cortexul cerebral) este suportul celor mai complexe functii ale organismului, culminand cu emergenta *constientei* si trairile ei.

Scoarta cerebrala sta la baza *senzatiilor*, *perceptiilor*, a cortegiului de *functii cognitive* si *afective* si a unei serii de *actiuni motorii*.

Nivelul cel mai simplu al activitatii scoartei cerebrale este acela al *functiilor receptive* si al celor *motorii*. Acestora li se adauga functii neuropsihice mai complexe ca *recunoasterea formelor*, *organizarea activitatii motorii* si *limbajul*. Pe un plan si mai complex se afla *functiile cognitive* si *organizarea comportamentului* si in final totul este incununat de emergenta *constientei*. Primului plan ii corespund *zonele de proiectie* senzitivosenzoriale si cele motorii, care pot fi cartografiate pe scoarta cerebrala cu multa precizie. In ceea ce priveste *activitatea constienta* ea este expresia activitatii *intregii scoarte* cerebrale, care functioneaza ca un **tot**, fara sa se poata stabili o localizare clara a diferitelor ei aspecte. Zonele corticale, care elaboreaza formele superioare de activitate nervoasa si care se afla intercalate printre zonele de proiectie, au fost numite *zone de asociatie*.

Dintre zonele de asociatie unele apartin numai omului, asa cum ar fi unele *arii implicate in limbaj*(ariile 39,40) care dupa Tobias apar odata cu primul hominid Homo habilis. Altele sunt proprii omului si maimutelor superioare, ca *aria 10 Brodmann* din partea anterioara a lobului

frontal (regiunea frontopolară), care are însă, la om, o dezvoltare considerabil mai mare decât la maimutele antropoide. Aceste arii, caracteristice pentru creierul uman, sunt cele mai recent aparute în filogeneza. De aceea Eccles le-a reunit sub numele de *neo-neocortex*.

Ariile de proiecție

a) Ariile senzitivosenzoriale

Ariile senzitivo-senzoriale sunt zonele la care ajung fibrele ascendente *specifice* pentru fiecare tip de receptori.

1) *Aria olfactivă*, se află la baza creierului, în *zona entorinală*, situată la extremitatea anterioară a circumvoluțiunii hipocampului (langa uncus) .

2) *Aria senzitivă primară* este cea unde ajung fibrele corticopete din nucleul ventrolateral posterior și mediu al talamusului.

În această arie se găsește o *reprezentare topografică* a jumătății controlaterale a capului și corpului. Această reprezentare se numește *somatotopie*.

Excitarea experimentală sau patologică a acestei arii produce furnicături (parestezii) sau dureri, localizate sau generalizate în jumătatea opusă a corpului. Sunt crize senzitive, numite uneori crize jaksoniene senzitive.

La această arie primară, după unele cercetări se adaugă o *arie senzitivă secundară*.

Trebuie să mai specificăm că în aria senzitivă primară ajung și semnale de la viscere (*sensibilitatea interoceptivă*), prin intermediul nucleului dorsomedial al talamu

3) *Aria gustativă* este porțiunea din cortex la care ajung fibrele din nucleul semilunar (ventral posterior medial) al talamusului.

Ea se află în partea posterioară a *operculului rolandic*. Avem o suprapunere a senzațiilor gustative cu cele tactile, termice și dureroase ale limbii.

4) *Aria auditivă primară* este o mică porțiune din cortexul lobului temporal, la care ajung fibrele eferente ale corpului geniculat medial.

Se află situată pe mica *circumvoluțiune transversală* a lui Heschl.

În vecinătatea ariei auditive primare se află *aria auditivă secundară*.

Menționăm că la nivelul ariilor auditive sosesc semnale de la *ambele urechi*, care se suprapun.

5) *Ariile vestibulare* sunt mai puțin clar delimitate.

6) *Aria vizuală primară (V1)* este locul de proiecție al fibrelor eferente ale corpului geniculat lateral. Se numește și *aria striată* fiindcă poate fi identificată cu ochiul liber, grație striei albe a lui Gennari, care străzeste substanța cenușie (în dreptul stratului IV). Din cauza relației ei cu scizura calcarină se mai numește și *aria* sau *zona calcarină*.

În aria vizuală avem *neuroni elementari*, care detectează punctele excitate sau nu din retina și *neuroni supraelementari*, care sintetizează informațiile elementare provenite de la primii.

Distrugerile ariei vizuale duc la dispariția vederii în hemicâmpul vizual controlateral (hemianopsii totale sau în cadran). Excitarea ei produce fosfene (senzații luminoase elementare).

Aria vizuală este înconjurată de *aria parastriată* și aceasta de *aria peristriată*, care formează o *arie vizuală secundară*. Aceste arii, care primesc fibre din aria striată și din pulvinar, operează la un nivel de analiză mai complex, asupra informațiilor prelucrate de aria 17. Este posibil ca aici să se elaboreze și vederea în relief. Conține neuroni sau microcircuite care combina în structuri complexe semnalele vizuale venite din aria 17 („binding problem”).

b) *Ariile motorii*

Ariile motorii sunt cele care acționează prin fibre descendente (axonii celulelor piramidale din straturile III și V) asupra formațiunilor motorii subcorticale, nucleilor motori ai nervilor cranieni și motoneuronilor din coarnele anterioare ale măduvei. Nu trebuie uitat că sunt arii bogate în celule piramidale și sărace în celule granulare.

1) *Aria motorie principală* se află la originea *fascicolului piramidal* (și a *fascicolului geniculat*). Se află pe *circumvoluția frontală ascendentă*. Ea se întinde din porțiunea inferioară a *opercului rolandic* până în *lobul paracentral* (pe fața internă a hemisferei).

La nivelul ariei motorii principale există o somatotopie în care însă proiecția de tip „punct la punct” nu se referă la unitățile motorii periferice (motoneuron + fibrele musculare dependente), nici la mușchii individuali, ci la grupaje de motoneuroni care corespund mișcărilor elementare.

Menționăm că această arie „comandă” doar mișcări fine, mai mult sau mai puțin individualizate.

2) Sugar și colab. au descris o *arie motorie secundară* (contestată de unii), în prelungirea

ariei motorii principale în *opercul*, în care ar exista o somatotopie inversă față de aria principală.

3) *Ariile motorii extrapiramidale* controlează tonusul muscular și „comandă” unele *mișcările globale* care constituie *fondul motor* pe care aria motorie principală asigură mișcările fine.

- *Ariile motorii extrapiramidale corticale* acționează asupra formațiilor motorii de la baza creierului (corp striat, locus niger, nucleu roșu, corpul subtalamic al lui Luys, zona incertă a lui Forel etc.)

Aceste arii se află în *lobul frontal*, înaintea ariei motorii principale și în *lobul parietal*. Excitarea acestor câmpuri produce, în general, o mișcare globală de torsiune: capul se întoarce (împreună cu ochii) de partea opusă, membrul superior controlateral se ridică, cel homolateral coboară, trunchiul se răsucesce și el. O astfel de mișcare se numește *criza adversivă* (apare și în unele forme de epilepsie), de aceea aceste arii extrapiramidale se mai numesc și *arii adverse*. În aceste arii nu există nici o somatotopie.

- *Ariile motorii extrapiramidale cortico-cerebeloase* acționează asupra activității motorii prin circuitele cortico-ponto-cerebelo-corticale.

Aceste arii se află în *lobul frontal*, în *lobul parietal* și în *lobul temporal*.

Se pare că *aria cortico-cerebeloasă frontală* are un *rol în organizarea temporală* a mișcărilor, a previziunii, programării lor în timp și că *ariile cortico-cerebeloase parietală și temporală* au un *rol în organizarea spațială* a mișcărilor (în special în raport cu imaginea corporală). Și aceste arii, când sunt excitate, pot produce crize adverse.

- *Ariile motorii extrapiramidale oculocefalogire* își exercită acțiunea asupra sistemului oculocefalogir din trunchiul cerebral.

Aceste arii se află în *lobul frontal* și în *lobul occipital*.

Ele asigură în primul rând *oculogiria (oculocefalogiria)* voluntară, hemisfera stângă determinând deplasarea ochilor (și rotirea capului) spre dreapta (dextrogirie), în timp ce hemisfera dreaptă determinând levogiria.

Sunt autori care consideră că în *lobul temporal* ar fi un al treilea câmp oculo(cefalo)gir.

- *Ariile motorii extrapiramidale supresoare* au rolul de a inhiba sau bloca anumite mișcări, inhibând comenzile date de aria motorie principală. Aceste arii se află în *lobul frontal*, în *lobul*

parietal , în *lobul occipital* și în *lobul cingular* .

4) *Aria motorie suplimentara* se afla inaintea ariei motorii primare in partea superioara a acesteia si mai ales pe fata interna a emisferei inaintea lobulului central .

Eccles, inca din 1982, a aratat ca aceasta arie **nu** executa actiunii motorii ci *initiaza* actiunile motorii ale ariilor prelimare si extrapiramidale. Orice *intentie* de a executa un act motor activeaza aceasta arie. Orice act motor voluntar (motivatat) *incepe* prin activarea ariei motorii suplimentare, care activeaza apoi ariile motorii de executie.

5) In imediata ei vecinatate se afla aria cingulara anterioara care, printre altele, are si unele functii motorii (de unde si numele de *aria motorie cingulara*), legate de afectivitate.

c) Ariile vegetative

Ariile vegetative (*creierul visceral* al lui Gloer) sunt cele ce acționează asupra funcției viscerelor și aparatului cardiocirculator, prin intermediul centrilor vegetativi din talamus (n. dorso-medial) și din hipotalamus.

Se află în *circumvoluția limbică* și în regiunea *uncusului* , apoi în *lobul orbital* , *lobul insulei* și pe fața internă a *lobului frontal*.

Ariile asociative

Printre aceste arii de proiecție, din care unele sunt ecrane receptive și altele sunt zone de comandă motorie sau vegetativă, se află ariile numite *asociative*. Aici nu sosesc contingente de aferente specifice senzitivo-senzoriale și nici nu pleacă fibre eectorii motorii.

Primesc *fibre aferente* de la diferite formații subcorticale .

Prezenta aferentelor *serotoninerigice* venite din portiunile superioare ale nucleului rafeului este deosebit de importanta, caci joaca un rol in determinarea somnului lent si in mentinerea echilibrului emotional.

Ariile asociative sunt legate în *dublu sens* între ele și cu ariile receptive și motorii.

a) Ariile de recunoaștere

Ariile de recunoastere se află dispuse în vecinătatea imediată a ariilor receptive.

Posterior față de aria senzitivă primară se află *aria perceptivă senzitivă*.

b) Aria imaginii corporale

Aria imaginii corporale se află la o răscruce între zonele de percepție senzitivă, vizuală și

auditivă, în special în *hemisfera minoră*, în circumvoluția parietală inferioară, în *girul angular* (*plica curba*).

c) Zona integrării spațiale

În zona *girusului supramarginal*, în mod special în cel din *hemisfera minoră* (dreapta la dreptaci și stânga la stângaci), rețelele neuronale construiesc *cadrlul spațial* al existenței noastre.

d) Zona eupraxiei

Zona eupraxiei (care organizează, planifica, programeaza) *temporo- spațial* mișcărilor) se află între aria sensibilității și cea vizuală, în circumvoluția parietală inferioară, în *girul supra-marginal* și probabil și în cel angular, în special cel din *hemisfera minoră* (dreapta la dreptaci și stânga la stângaci). Lezarea acestei zone duce la un tip special de tulburare foarte subtilă a motilității, numită *apraxie* (care nu este nici paralizie, nici distonie, nici ataxie), asupra careia vom mai reveni.

e) Zona limbajului

Zona limbajului se află în *hemisfera majoră* (stânga la dreptaci și dreapta la stângaci). Ea ocupă o porțiune patrulateră (P. Marie) din scoarța cerebrală, care a fost precizată atât pe baza unor studii anatomoclinice cât și a unor explorări cu tehnicile moderne.

Leziunile afectând acest patrulater produc alterări ale *comportamentului simbolic* (alterări ale limbajului vorbit și scris), care se numesc *afazii*.

Această zonă este *specific umană* și nu se găsește decât foarte parțial și foarte rudimentar la unele antropoide (Maus 1911).

Scoarta cerebrala si functiile psihice

Un aspect important l-ar reprezenta posibilitatea de a localiza *funcțiile psihice* pe scoarța cerebrală și de a întocmi o *hartă* a lor. Deși au fost autori (Kleist) care au susținut o astfel de anatomie psihologică (teoriile localiciste sau psihomorfologice), tendința actuală este de a considera că, la nivelul scoarței cerebrale, *funcțiile psihice au o reprezentare globală* (holistă).

În general se consideră că marea circumvoluție limbică (lobul cingular) și lobul orbital au un rol dominant în *funcțiile afective*, în timp ce restul scoarței are un rol în special în diferitele *funcții cognitive*.

Rolul în psihism al cortexului cerebral a fost stabilit prin studierea cazurilor clinice cu

diferite leziuni(excitative sau distructive) ale hemisferelor cerebrale.ca si prin inregistrarea imaginilor prin PET in cursul executarii de activitati si teste psihologice S-a incercat si s-a reusit partial precizarea rolului diferitelor *lobi*.

Cu acest prilej s-a demonstrat că *lobul frontal* are o contribuție principală în realizarea funcțiilor cognitive.

Rolul lobului frontal nu trebuie să ne mire, dacă luăm în considerare marea sa dezvoltare la *omul modern* (*Homo sapiens sapiens*).

Afectarea lobului frontal, antrenează o serie de tulburări psihice care definesc *sindromul frontal* și care au fost sintetizate de Ajuriaguerra și Hecaen. Se produc tulburări *cognitive* (intelectuale), *decizionale* (ale activității), dar și *afective*.

Tulburările cognitive sunt dominate de o scădere a *atenției* și mai ales a *memoriei* (în special pentru faptele recente), realizând uneori un aspect de pseudodemență (Bagdasar și Arseni). La acestea se adaugă adesea tulburări de *orientare în timp și spațiu*.

Tulburările decizionale constau într-o lipsă de activitate, o inerție (*Antriebsmangel*), o întârziere în inițierea oricărei acțiuni și o lentoare în executarea ei (*bradikinezie*) care merge în paralel cu o lentoare (o împăstare) a mecanismelor ideative (*bradipsihie*).

Tulburările afective, în general, se manifestă printr-o *euforie* nejustificată, cu tendință la calambur (denumită „*moria*”), cu tendințe spre grandomanie, puerilism și/sau erotism, însoțite câteodată de o *bulimie*. E drept că uneori pot apărea și forme de depresie.

În afară de lobul frontal și cel *temporal*, când este lezat (tumori, leziuni traumatice, hemoragii, topectomii, lobectomii),determina dezordini psihice semnificative (Kluver și Bucy, Penfield, Ajuriaguerra și Hecaen, Botez și colab.).

In leziunile temporale stangi tulburarile psihice sunt foarte des mascate de afazie

O serie de autori (Pellegrini, Ajuriaguerra și Hecaen, Botez și colab.) au arătat că și în leziunile occipitale apar tulburări psihice, uneori decelabile numai la examinări psihometrice fine. În leziunile unilaterale, dar mai ales în cele bilaterale de lob occipital apar *tulburări de memorie* (în special de memorie de fixare), tulburări de *percepție a timpului*, ale *calculului aritmetic*; însoțite de *indiferență afectivă* (rareori euforie), *lipsă de inițiativă* și unele tulburări de comportament.

Lobul parietal este și el generator de tulburări psihice, când este lezat (Botez și col.). Apar tulburări de memorie și dezordini afective de diferite intensități la aproape jumătate din cei cu afecțiuni parietale (Arseni și Constantinescu).

După cum se vede, *toată* scoarța cerebrală, oriunde ar fi lezată, produce tulburări psihice, din seria psihoorganică, ceea ce justifică modelul holist.

Evident ca marea enigma ramane modul in care scoarta cerebrala determina *emergenta constientei*.



1.3. Rezumat

Scoarta cerebrala (cortexul cerebral) este suportul celor mai complexe functii ale organismului, culminand cu emergenta *constientei* si trairile ei.

Scoarta cerebrala sta la baza *senzatiilor, perceptiilor*, a cortegiului de *functii cognitive* si *afective* si a unei serii de *actiuni motorii*.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Aria imaginii corporale se află:

a) la o răscruce între zonele de percepție senzitivă, vizuală și auditivă, în special în *hemisfera minoră*, în circumvoluția parietală inferioară, în *girul angular (plica curba)*;

b) în zona *girusului supramarginal*, în mod special în cel din *hemisfera minoră* (dreapta la dreptaci și stânga la stângaci), rețelele neuronale construiesc *cadrul spațial* al existenței noastre;

c) între aria sensibilității și cea vizuală, în circumvoluția parietală inferioară, în *girul supra-marginal* și probabil și în cel angular, în special cel din *hemisfera minoră* (dreapta la dreptaci și stânga la stângaci).

2. Zona limbajului se află în:

a) hemisfera majoră;

b) scoarța cerebrală;

c) hemisfera sudică.



1.5. Bibliografie recomandată

1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, biblioteca electronică;

2. Nicolau E., Bălăceanu- Stolnici C., *Neurocibernetica* , Ed. Științifică, 1967;
3. Bălăceanu-Stolnici C.,Borosanu A.,Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna , Constanța, 2006;

Capitolul III.

Căile principale din sistemul nervos central



1.1. Introducere

Cum scoarta cerebrala este etajul principal al nevraxului, caile sistemului nervos au fost impartite in *cai ascendente*, ce merg de la periferie spre cortex (care sunt *senzitivo senzoriale*) si *cai descendente* (care sunt *motorii*).



1.2. Conținut

Sistemul nervos este un complex dispozitiv de prelucrare, stocare si *transmisii* de informati. Aceste transmisii sunt efectuate de *fibrele nervoase*,alcatuite din *dendrite* si *axoni*, ale caror lungimi pot varia de la ordinul micronilor la cel al metrilor. In desisul practic indescifrabil al acestor miliarde de conexiuni stiintele creierului au precizat, inca de la sfarsitul veacului XIX dar mai ales din prima jumatate a secolului XX, marile bulevarde, pe care le-au sitematizat sub numele de *cai ale sistemului nervos*, care sunt un concept morfofunctional.

I Caile ascendente

Receptorii

Caile ascendente isi au originea in *receptorii* din organele de simt, piele, mucoase, muschi, tendoane, articulatii, viscere si vase.

Receptorii sunt structuri microscopice care sunt formate dintr-o componenta *aneurala*, structurata ca sa fie sensibila la semnalele externe de intrare si una *neurala*, care este extremitatea fibrei nervoase sensitive (aferente) cu care incep la periferie caile nervoase ascendente.

Receptorii sunt clasificati in:

- *Exteroceptori*, care capteaza semnalele din afara corpului

- *Proprioceptori*, care primesc semnale de la aparatul locomotor (muschi, tendoane, articulații) și
- *Interoceptori*, situați în viscere și vasele sanguine.

Pe baza porțiunii aneurale, receptorii sunt grupați în 4 categorii:

- *mecanoreceptori*, sensibili la presiuni, tracțiuni, forfecări;
- *termoreceptori*, sensibili la cald și rece;
- *fotoreceptori*, sensibili la radiațiile luminoase;
- *chemoreceptori*, sensibili la diferite molecule specifice.

Porțiunea aneurală este activată de către semnalul detectat, care generează un *potential de acțiune modulat în amplitudine*, care durează atâta cât durează excitarea și care este imediat „tradus” de către membrana neurală într-un *potential de acțiune modulat în frecvență*, care apoi este transmis spre sistemul nervos central.

Calitatea stimulului (atingere, cald, sărat etc) este codificată prin structura receptorului (deci prin locul de unde vine fibra aferentă).

Intensitatea excitantului este codificată prin frecvența potențialelor de acțiune ale fibrei aferente. În cazul aplicării prelungite a unui stimul constant, se constată că, de la un moment dat, frecvența potențialelor de acțiune se rarește și revine la valoare de repaus ceea ce constituie fenomenul de *adaptare*. Pentru ca receptorul să funcționeze, am văzut că trebuie ca stimulul să depășească în intensitate un prag numit *prag inferior*. Toți receptorii au și un *prag superior* de excitabilitate.

Durata stimulului ar trebui să fie codificată de către durata potențialului de acțiune pe care-l determină, atâta timp cât acționează. Din cauza fenomenului de adaptare, menționat anterior, acest mecanism nu este totdeauna fiabil.

Ansamblul receptorilor formează *interfața de intrare* în sistemul nervos și locul de plecare al cailor sale ascendente.

Toate cercetările științifice riguroase au precizat că toate senzațiile și percepțiile noastre provin prin excitarea receptorilor prin această interfață unică și că percepția extrasenzorială este o ficțiune.

a) Calea olfactivă

Originea ei se află în *mucoasa olfactivă*, care se află în partea superioară a foselor nasale,

unde ocupa in fiecare fosa o suprafata de 250 mmp, de culoare galbuie. La nivelul ei se gasesc niste *neuroni bipolari*, ale caror dendrite se termina cu *cili* care contin chemoreceptorii membranari specifici, asupra carora actioneaza moleculele mirositoare.

Tot in mucoasa nazala se afla *organul lui Jakobson*, ce contine alti chemoreceptori relativ identici, sensibili in special la *feromonii* sexuali.

Receptorii olfactivi sunt *chemoreceptori* sensibili la molecule relativ mici, care pot fi vaporizate

Axonii celulelor bipolare olfactive formeaza *fibrele (filetele) olfactive*.

Bulbii olfactivi sunt două mase ovoide (de 12 pe 5 mm), așezate sub partea medială a feței inferioare (lobul orbital) a lobului frontal și deasupra lamei ciuruite a osului etmoid. Ei sunt *prima stație* pe calea olfactivă. Axonii olfactivi (din filetele olfactiv) se termina in bulbi, in niste mici rețele sferice (*glomeruli olfactivi*).

Aici se articulează cu ramificațiile dendritice ale neuronilor olfactivi centrali, numiți *celule mitrale*, ce formează și ele un strat continuu, în cadrul căruia ele sunt interconectate orizontal, prin niște prelungiri dendritice orizontale.

Cilindraxii celulelor mitrale se curbează, devin orizontale, formează *fibrele olfactive centrale*, care părăsesc bulbii olfactivi prin polii lor posteriori.

Fiecare bulb olfactiv se continuă posterior cu *bandeleta olfactiva*, care ajunge la *spațiul perforat anterior*. Ajunsă aici, se împarte în trei ramificații, numite *rădăcinile olfactive*.

Rădăcina mijlocie se termină în spațiul perforat anterior, la nivelul unui mic relief, numit *tulbercul olfactiv*.

Rădăcina medială ocolește medial spațiul anterior și se termină în extremitatea inferioară (de sub genunchiul corpului calos) al circumvoluției limbice, într-o regiune specială anumită *aria septală*.

Rădăcina laterală (cea mai importanta) ocolește lateral spațiul perforat anterior și se termină în polul anterior al celei de a V-a circumvoluțiuni temporale (numită și *circumvoluția hipocampică*). La nivelul acestui pol se află *regiunea entorinală* (campurile 34 si 28 Brodmann), cu o structură celulară caracteristică. Aici se afla punctul terminus al caii olfactive, aceasta regiune fiind *aria senzoriala pentru miros*.

b) Calea optica(vizuala)

Originea căii optice se afla în celulele cu *bastonașe* (specializate pentru detectarea intensitatilor luminoase) și în cele cu *conuri* (specializate pentru detectarea culorilor vizibile) din *retină*.

Retina este o *membrana sferica* ce captuseste interiorul globului ocular, pe care cristalinul proiecteaza imaginile vizuale. Ea este impartita într-o jumătate nasală (interna) și una temporală (externă). În centrul ei se afla pata galbenă (regiunea maculară sau foveea), unde acuitatea vizuală este cea mai dezvoltată.

La nivelul ei se afla neuroni specializați ce formează fotoreceptorii. *Bastonasele* sunt cei mai sensibili și cei mai numeroși fotoreceptori din retina. Ele asigură vederea numită *scotopica*, în alb negru (*fără culori*) și sunt dispuse mai mult la *periferia* retinei. *Conurile* sunt concentrate în regiunea centrală a retinei, *regiunea foveală*. Asigură vederea *fotopica* și sunt sensibile la *trei culori*. Unele (conurile L) sunt sensibile la *roșu* (64%), altele (conurile M) la *verde* (32%) și altele (conurile S) la *albastru* (4%).

Conurile și bastonasele sunt adevărate fisicuri de discuri, realizate prin invaginarea și lamelizarea membranei lor. Pe aceste *discuri* se afla moleculele fotoreceptoare (*rodopsina* sau *purpura retiniana*), care transformă energia fotonilor în potențiale de acțiune neuronale.

Axonul receptorilor ajunge la *neuronii bipolari* ai retinei, care formează prima etapă pe calea optică.

Axonii neuronilor bipolari ajung la *neuronii ganglionari* ai retinei (a doua etapă a căii optice). Neuronii bipolari sunt interconectați formând o rețea.

Axonii celulelor ganglionare parasesc retina și formează *fasciculul optic* (impropriu numit nervul), ce conține aproximativ 1 milion de fibre. Sectionarea lui duce la pierderea vederii ochiului respectiv.

Fibrele nazale ale ochiului opus cu fibrele temporale ale ochiului de aceeași parte formează *bandeleta optică*.

O parte din fibrele optice trimite colaterale spre *zona septală* (prin care influențează epifiza) și altele (mai numeroase) spre *hipotalamus* (în special *nucleul suprachiasmatic*), care imprimă organismului ritmul zi-noapte (circadian).

Altă parte ajung la *pulvinar*. În fine, unele ajung la *tuberculi quadrigeni anteriori*. Mai importante sunt fibrele colaterale ce determina acomodarea la lumină, care ajung la *nucleii preectali* și la *nucleii nervului III* (nucleul lui Westpal Edinger, componenta sa pupilară).

Stația a III-a de pe calea vizuală e formată însă în mod dominant de *corpilor geniculați externi* (Monakov, Henschen, Balado și Franke).

Axonii neuronilor corpilor geniculați externi formează *radiatiile optice* ale lui Gratiollet, care formează pediculul posterior al talamusului și ajung la câmpul 17 Brodmann sau *unde se află stația finală a căii optice*.

c) Calea auditivă

Sunetele din mediu sunt captate de *pavilionul urechii* cu o formă anatomică ce favorizează această operație. Ele străbat *conductul auditiv extern* și ajung la *membrana timpanică* care transmite vibrațiile către *urechea medie*. Aici vibrațiile sunt conduse mai departe pe două căi. Una directă prin aerul urechii medii până la *fereastra rotundă*, alta folosește lanțul de *osioare* (ciocan, mănecă și scarită) până la *fereastra ovală*.

Vibrațiile celor două membrane se transmit *lichidului endolimfatic* ce umple *melcul*. Interiorul acestuia este compartimentat prin două membrane în trei canale longitudinale paralele numite *rampe* sau *scale* (timpanică, cochleară și vestibulară).

Pe membrana bazilară se află o structură ca un tub sau tunel microscopic longitudinal numit *organul lui Corti* care se întinde pe toată lungimea canalului cochlear.

Calea auditivă începe în *celulele senzoriale* din *organul Corti*. Acest organ este o formație microanatomică ce se află în *rampa cochleară a melcului* (din urechea internă), așezat pe *lama bazilară*, o membrană formată din juxtapunerea unor fibre conjunctive care vibrează prin rezonanță, ca niște corzi de pian de lungimi diferite. Organul lui Corti conține celule senzoriale (*mecanoreceptori*), așezate în patru rânduri, ce se întind pe toată lungimea melcului. Fiecare celulă senzorială dispune de circa 100 de *cili*, a căror extremitate liberă aderă de *membrana tectorială*, ce se află deasupra organului lui Corti. Când fibrele conjunctive din membrana bazilară vibrează sub influența sunetelor, celulele senzoriale se deplasează și ciliile suferă diferite distorsiuni mecanice, care generează apoi în terminațiile nervoase cu care vin în contact, potențiale de acțiune.

Intensitatea sunetului este codificată prin frecvența descărcărilor neuronale, care depinde

de intensitatea deformatiilor mecanice ale cililor.

Calitatea (tonalitatea) sunetelor este codificată *spatial*, căci pentru fiecare ton al sunetelor excitante *vibrează preferențial* (conform mecanismului fizic al rezonanței descris de Helmholtz) o coarda sau un grup de corzi din lama bazilară, care transmit această vibrație unui anumit grup de celule receptoare, care prin *poziția* lor în organul lui Corti codifică tonul respectiv.

Celulele senzoriale auditive activează terminațiile dendritice ale neuronilor din *ganglionul spiralat*, întins pe toată lungimea melcului. Axonii acestora formează *nervul auditiv sau cochlear*, una din componentele perchiei aVIIIa de nervi cranieni, ale cărui fibre trec prin unghiul pontocerebelos și ajung în axul cerebral la nucleii auditivi de la frontiera bulbopontină, *nucleul dorsal* (care formează tuberculul auditiv) și *nucleul ventral*, unde se află *deutroneuronii* căii auditive.

De aici pornesc două căi *una dorsală*, mai lungă și *una ventrală*, mai scurtă, care ajung la cel de-al treilea „releu” acustic, reprezentat de *oliva superioară* sau pontină și nucleul *corpului trapezoid*.

Din oliva superioară și corpul trapezoid suie de fiecare parte a punții fibrele acustice, reunite sub numele de *panglia lui Reil laterală* (lemnisc lateral). Această cale, în mezencefal, ajunge la *tuberculul quadrigemen posterior*, un nucleu care răsfânge spre substanța reticulată o serie de incitații auditive, mai ales în legătură cu oculogiria și cefalogiria. Grosul panglicei lui Reil laterală însă se oprește în *corpul geniculat medial* („releu” talamic). De aici căile auditive formează *lama auditivă*.

d) Calea vestibulară

Calea vestibulară își are originile în *mecanoreceptorii* din *vestibulul* urechii interne care formează împreună cu melcul, *labirintul*

Vestibulul este format din două vezicule numite *sacula* și *utrícula* ce comunică între ele. Din ele se desprind trei *canale semicirculare* dispuse în trei planuri perpendiculare: canalul frontal sau anterior, canalul orizontal și cel sagital sau posterior. Fiecare din aceste canale are la una din extremitățile sale câte o dilatare numită *ampula*

Mecanoreceptorii vestibulari se prezintă ca niște *celule ciliate*, care dispun de un cil central (kinocil) și un manunchi de cili (stereocili), în jurul acestuia. Unii receptori se află în *otoliti* iar alții

in *crestele ampulare*.

Exista *doi otoliti* plasati in doua plane *perpendiculare* unul fata de celalalt, situati unul in *sacula* si altul in *utriclea*. Fiecare otolit cuprinde receptorii respectivi plasati intre niste celule de suport, deasupra carora se afla o *lama gelatinoasa* ce contine *concretiuni calcare*, care le confera o anumita greutate. In cursul *miscarilor liniare* ale capului, lama gelatinoasa se deplaseaza si distorsioneaza cilii.

Exista *trei creste ampulare* situate in cele trei *ampule*. Celulele senzoriale ciliate se afla situate pe convexitatea crestei. Ele sunt cofate de o *cupula* gelatinoasa. Cand capul se roteste sau se opreste brusc dupa o rotire, lichidul din interiorul canalelor se deplaseaza si deplaseaza creasta, care se *inclina*, realizand o *miscare de forfecare* fata de cupula. Aceasta forfecare *distorsioneaza cilii* si celulele senzoriale respective genereaza, in dendritele cu care vin in contact, un potential de actiune. *Existenta* unei deplasari, *sensul* deplasarii si intensitatea (*acceleratia*) acesteia, genereaza semnale diferite in cele trei perechi de canale semicirculare, prin care sistemul nervos este informat cu privire la miscarile de rotatie ale capului.

Celulele receptorii, din otoliti si crestele ampulare, actioneaza asupra unor dendrite care converg spre ganglionul lui Scarpa, unde se afla protoneuronii vestibulari. Axonii acestora se grupeaza formand nervul vestibular, ce se alatura celui acustic, pentru a forma perechea a VIII a de nervi cranieni.

e) Calea gustativa

Își are originea în *celulele gustative* ale mucoasei linguale. Acestea sunt niste *chemoreceptori* grupati in interiorul unor *corpusculi (muguri) gustativi*, ce se afla in mucoasa bucala si faringiana.

Receptorii gustativi sunt de *cinci* tipuri, fiecare avand un mecanism propriu de actiune.

Receptorii gustativi sunt situati in niste mici cavitati ale mucoasei numite *papile gustative*, care comunica cu exteriorul printr-un por.

Exista patru tipuri de papile pe limba:

- *Papilele filiforme*, care nu sunt gustative ci mecanoreceptoare;
- *Papilele fungiforme*, care sunt situate in cele doua treimi anterioare ale mucoasei linguale;
- *Papilele foliate*, sunt situate pe marginile limbii;

- *Papilele circumvalate*, asezate in partea posterioara a limbii.

In plus mai exista 2500 de corpusculi gustativi, situati pe valul palatin, pe epiglota, in mucoasa laringiana si cea faringiana.

Perceptia fiecarui tip de gust elementar este localizata preferential in zone diferite ale limbii. *Dulcele* este perceptut dominant la varful limbii, *amarul* la baza limbii iar *saratul* si *acrul* sunt detectati dominant pe marginile limbii.

Semnalele din cele doua treimi anterioare ale limbii sunt preluate de *nervul lingual*, continuat cu *coarda timpanului*. Ele fac parte din componenta sensitiva a facialului (nerv VII), numita si *nervul intermeduar a lui Wrisberg* cu protoneuronii situati in *ganglionul geniculat*. Semnalele gustative de la marginile limbii si din partea ei posterioara sunt preluate de fibre apartinand *glosofaringianului* (nerv IX), cu protoneuronul in *ganglionul lui Andersh*. Unele semnale venite tot din partea posterioara a limbii, din faringe si laringe, urmeaza calea *nervului vag* (nerv X) si au protoneuronii in *ganglionul jugular*.

Axonii protoneuronilor din acesti ganglioni patrund in bulb si ajung in *nucleul solitar* (*nucleul gustativ a lui Nageotte*).

De la nucleul solitar fibrele gustative ajung în *talamus*, (alăturându-se *panglicei lui Reil mediană*), în n. ventral lateral posterior, partea sa medială (n. *semilunar*). De aici urcă spre scoarță, unde ajunge în porțiunea posterioară a operculului rolandic, la extremitatea inferioară a circumvoluțiunii parietale ascendente, unde se află *aria gustativă a lui Bornstein* (câmpul 43). **f)**

Calea sensibilitatii generale

Calea sensibilitati generale isi are punctul de plecare la nivelul receptorilor sensitivi din piele si mucoase (*exteroceptori*) si din sfera aparatului locomotor (*proprioceptori*).

Pielea si mucoasele sunt o vasta suprafata sensitiva, umpluta cu un numar mare de receptori de diferite tipuri:

- *Terminatii libere* de dendrite, ce ajung in *papilele dermului*, pana sub stratul germinal.

Sunt sensibile la atingeri usoare, dar mai ales la stimulari nocive ce genereaza *durere* (algoreceptori).

- *Terminatiile libere termoreceptoare* de dendrite din derm, unele sensibile la *cald* de tip C, cu conducere lenta, iar altele sensibile la *rece*, rapide de tip A.

- *Terminatiile libere* de dendrite din *foliculii firelor de par*, care sunt mecanoreceptoare si sensibile la deplasari ale perilor.

- *Corpusculii lui Merkel* din papilele dermice, care sunt sensibili la atingeri usoare si activeaza fibre rapide.

- *Corpusculii lui Meissner* din papilele dermului, care sunt sensibili in special la vibratii (de 20-40 Hz) si activeaza fibre rapide.

- *Corpusculii lui Krause* din mucoase (linguala, labiala, genitala), care sunt sensibili la atingeri si presiuni si activeaza fibre rapide.

- *Corpusculii lui Ruffini* din profunzimea dermului, care sunt sensibili la presiuni si activeaza fibre rapide.

- *Corpusculii Vatter-Pacini* (cu o structura in foi de ceapa) din profunzimea dermului, care sunt sensibili la presiuni si la vibratii (in speciaial de 150-300 Hz) si activeaza fibre rapide.

Proprioceptorii sunt mecanoreceptori de diferie tipuri:

- *Corpusculii lui Ruffini* in muschi si in capsulele articulare

- *Corpusculii Vatter-Pacini* in tendoane si ligamente

- *Corpusculii lui Golgi* la jonctiunea dintre fibrele musculare si tendoane, sensibili la tractiuni si care activeaza fibre rapide Alfa.

- *Fusurile neuromusculare* in muschi

La acestia se adauga numeroase *terminatii libere* algoreceptoare, in muschi.

Dendritele ce pleaca dela acesti receptori formeaza fibrele sensitive ale *nervilor periferici*. Aceste fibre pentru sensibilitatea *corpului* ajung in maduva spinarii sub forma *radacinilor posterioare* Pe aceste radacini se afla *ganglionii spinali* ce contin *protoneuronii* caii sensibilitatii generale .

În *rădăcina posterioară*, care leagă ganglionul spinal de măduvă, apare o specializare topografică, în sensul că fibrele tactului, dar mai ales ale sensibilității profunde, se grupează posteromedial, iar cele termoalgezice antero-lateral.

Odată ajunse în măduvă, fibrele rădăcinii posterioare se împrăștie și urmează drumuri diferite după specializarea lor funcțională. Unele din aceste cai aparțin sistemului cerebelos. Acestea le-am prezentat in capitolul despre cerebel. Dealtfel nici nu aparțin caii

sensibilitatii caci semnalele ce le conduc nu se constientizeaza

În cadrul căii sensibilității generale, fibrele ajung toate la *talamus*.

-Fibrele ce vin dela *proprioceptori* si care conduc semnalele *sensibilitatii profunde* nu se intrerup la nivelul maduvei.Ele se situeaza in *cordoanele posterioare* ale maduvei (*cordoanele lui Goll si Burdach*)si ajung pana in partea inferioara a bulbului unde se termina in *nucleii lui Goll si Burdach* unde se afla deuteroneuronii acestei cai. Axonii lor se incruciseaza formand *decusatia lui Spitka* si apoi se aseaza langa rafeul median inapoia caii piramidale formand *panglica lui Reil medialis(lemniscul medial)*. Aceasta panglica sue pastrand aceeaa asezare in lungul truchiului cerebral ,se strecoara pe langa nucleul rosu(dedesubt si lateral) si se termina in *talamus*.

-Fibrele ce vind dela *mecanoreceptorii pielii* ,patrund in *cornul posterior* al maduvei unde se termina conectanduse cu deuteroneuronii din nucleul acestui corn.Axonii lor urca cateva neuromere in cornul posterior,apoi trec in partea controlaterală si se grupeaza in *fascicolul spinotalamic anterior* din cordonul lateral maduvei.Acesta urca pana in trunchiul cerebral,ocoleste lateral decusatia lui Spitka si apoi se aseaza dorsal fata de panglica lui Reil cu care sue pana in *talamus*

-Fibrele ce provin dela *terminatiile libere* din piele si mucoase si care conduc semnalele *termice si dureroase* patrund in cornul posterior si se conecteaza cu neornii din *substanta gelatinoasa a lui Rolando* .Axonii acestor deuteroneuroni trec imediat in partea *controlaterală* a maduvei prin comisura cenusie si formeaza *fascicolul (tractul)spinotalamic posterior* din cordonul lateral.

II Caile descendente

Caile descendente principale pornesc din ariile motorii ale scoartei si se termina la motoneuronii din coarnele anterioare ale maduvei spinarii si din nucleii motori ai nervilor cranieni.Deaceea se numesc si *caile motorii* .

a)Fascicolul piramidal corticospinal

Calea piramidala își are originea principală în celulele piramidale in special in *celulele gigante ale lui Betz* din cele trei patrimi superioare ale circonvolutiei *frontala ascendentă* si anume din *aria motorie primară*(campul 4 Brodmann).

Ea incepe sub forma unui larg evantai cu trei porțiuni: una superioară provine din lobul

paracentral și corespunde m. inferior, una mijlocie ce corespunde corpului și una inferioară cea mai amplă ce corespunde membrului superior și în special mâinii care are o reprezentare corticală majoră. Fibrele străbat substanța albă a hemisferei (*centrul oval*) unde se strâng și se rotesc, pătrunzând în spațiul mult mai restrâns al *brațului posterior al capsulei interne* (între n. lenticular și talamus).

Aici găsim o porțiune posterioară ce corespunde m. inferior, o porțiune medie ce corespunde corpului și una anterioară ce corespunde membrului superior.

Calea piramidală trece apoi între regiunea subtalamică (medial) și cea sublenticulară (lateral) și pătrunde în *piciorul pedunculilor cerebrali* (sub locus niger), între fasciculul temporopontin și cel frontopontin.

În punte fibrele motorii piramidale cortico-spinale sunt grupate aleatoriu în mănunchiuri mici separate de fibrele pontocerebeloase (orizontale) prin *piciorul protuberanțial*.

Ele se adună (mai jos) în bulb, în partea anterioară, în *piramidele bulbare*. De unde îi vine numele. În 1/5 inferioară a bulbului, fibrele piramidale se *încrucișează* parțial, cele directe (10%) coboară în *cordoanele anterioare* ale măduvei, cele încrucișate (90%) în porțiunea posterioară a *cordoanelor laterale* medulare. Fibrele directe se încrucișează și ele în măduvă (în comisura albă) și treptat până se epuizează (la nivelul măduvei toracice superioare).

În final fibrele piramidale se termină la nivelul *rețelelor de neuroni intercalari* din coarnele anterioare ale măduvei, prin intermediul cărora acționează asupra *motoneuronilor*.

b) Fasciculul geniculat corticonuclear

Fasciculul geniculat își are originea în *celulele piramidale* (și celulele lui Betz) din partea inferioară a câmpului 4 Brodmann la nivelul porțiunii anterioare a *operculului rolandic*.

De aici coboară prin substanța albă a *centrului oval* așezat pe marginea inferioară a evantaiului format de începuturile fasciculului piramidal. Apoi se situează în *capsula internă* anterior față de fasciculul piramidal la nivelul *genușului* acestuia de unde îi vine și numele.

Apoi coboară în trunchiul cerebral în *mesencefal* pe marginea internă (medială) a fasciculului piramidal formând ceea ce unii au numit *calea piramidală aberantă*. Din aceasta se desprinde un *picior mesencefalic* ce se distribuie nervilor III și IV și unul *pontin* ce se distribuie nucleilor motori ai nervilor V, VI și VII. În fine se termină cu un *picior bulbar* ce se distribuie nucleilor motori ai

ultimilor patru nervi cranieni

Atat fascicolul piramidal cat si cel cortical sunt *caile de comanda* prin care se executa comenzile motorii voluntare la om si la maimutele antropoide. Asa cum este organizat, sistemul piramidal si ca atare vointa noastra *nu pot* comanda fibre musculare sau muschi izolati, ci numai *grupe organizate de muschi* care executa *miscari* in care unii sunt *contractati* (cu intensitati diferite) iar altii sunt *decontractati* (la nivele diferite). Aria motorie primara este programata sa execute *doar miscari* dar aceste miscari sunt extrem de fine si nuanate

c) *Caile extra piramidale*

Caile extrapiramidale formeaza un *ansamblu* mai mult sau mai putin sistematizat de căi motorii care, în totalitate, formează *sistemul extrapiramidal*.

Aceste cai isi au originea in formatiile motorii ale encefalului din afara ariei motorii principale. Sistemul extrapiramidal in conditii normale nu initiaza ci doar asista si mentine unele miscari automate, si contribuie alaturi de sistemul neuronilor gama la realizarea tonusului motor.

În cadrul sistemului extrapiramidal se disting mai multe etaje suprapuse.

Etajul cortical format din ariile motorii secundare (extrapiramidale) frontale, si parietale, (la care se pot adauga eventual si cele temporale și occipitale.) si de aria supresoare (4s Brodmann)

Etajul subcortical format din *nucleii de la bază* (corpul striat și talamusul) și formațiunile extrapiramidale *subtalamic* (zona incertă, corpul subtalamic al lui Luys, locus niger, n. roșu, nucleii câmpului lui Forel) și *sublenticulare* (substanța nenumită a lui Reichert, nucleul lui Meynert).

Etajul mezencefalic format din n. pretectali, tuberculii cuadrigemeni (mai ales cei anteriori), locus niger, n. roșu, formațiunea cupuliformă periretrorubrică n. interpeduncular al lui Gudden și poate nucleii comisurii albe posterioare a lui Cajal și Darkschewitsh.

Etajul bulbar ce cuprinde în special olivele bulbare și parolivele interne și externe.

La acestea trebuie adăugată *formația reticulată* a trunchiului cerebral (componentele ei descendente), cu acțiune în special asupra tonusului muscular

Unele din aceste fibre sunt răspândite difuz și nu pot fi grupate în căi propriu-zise.

Altele formează mici fascicule ce s-au putut identifica (f. tecto-spinal al lui Meynert din tuberculii quadrigemeni anteriori, rubro-spinal al lui v. Monakov ce isi are originea in portiunea

magnocelulara a nucleului rosu, fasciculul olivo -spinal al lui Helweg ce porneste din complexul olivar bulbar , fibre si fascicule reticulo-spinale ce pleaca dela diferiti nucleii ai formatiei reticulate).

d)Unitatea motorie

Toate caile descendente motorii actioneaza asupra sistemului motoneuronilor care reprezinta *calea finala unica a motricitatii* . Aceasta e formata din *unitatile motorii* medulare si ale nervilor cranieni.

O unitate motorie e formata dintr-un motoneuron si totalitatea fibrelor musculare striate pe care le „comanda”prin intermediul unor *sinapse neuromusculare* acetilcolinice numite si *placi motorii*(Ch.Sherrington)

Aceste unitati motorii sunt *efectorii* sistemului nervos central in domeniul motilitatii

Fibrele descendente (motorii) nu actioneaza direct asupra motoneuronilor ci indirect prin *intermediul neuronilor intercalari*(de tip Golgi II)care roesc in jurul lor si care ii trimite mii de sinapse excitatorii(predominant glutaminergice)si inhibitorii (gabaergice sau glicinerigice)

Mentionam ca asupra pool-ului neuronal actioneaza si conexiunile scurte ale *arcului reflex elementar* si cele mai lungi ale sistemelor automatismului medular sau ale trunchiului cerebral

Motoneuronii sunt de doua feluri:

-*Motoneuroni alfa* cei mai numerosi care determina contractia fibrelor muschilor striati scheletici si

-*Motoneuronii gama* mult mai rari ce detrmna contractia doar a fibrelor musculare intrafuzuale al fusurilor musculare

Axonii acestora determina contractia *fibrelor musculare* care sunt ultimul element al tuturor cailor descendente motorii, care transforma semnalele nervoase in contractii mecanice (si caldura). Fibra musculara este o celula invelita de o membrana (*sarcolemma*) ce contine in citoplasma ei (*sarcoplasma*) un sistem canalicular (reticulul sarcoplasmic) mitocondrii (*sarcosomi*) mai multi nucleii si *fibrilele musculare* care sunt masina contractila.

O *fibrila musculara* este un filament format dintr-o succesiune alternanta de portiuni intunecate (*banda A*) in mijlocul carora se afla *zona H* si altele palide (*benzile I*) in mijlocul carora se afla *linia Z* care confera fibrilelor si apoi fibrelor si chiar muschiului un aspect *striat* caracteristic de unde ii vine si numele

Ele sunt determinate de existenta a doua tipuri de molecule liniare: *miosina* din banda A si *actina*(combinata cu troponina si tropomiosina) din banda I

Cand axonul neuronal descarca in sinapsa neuromusculara acetilcolina,aceasta amorseaza un proces care duce la *eliminarea calciului* din reticulul sarcoplasmic.Calciul(Ca^{++})declanseaza o cascada de reactii in care este implicat ATP(ce confera energia provenita din metabolismul glucozei si oxigenului)si care duc la o *glisare* a moleculei de actina in lungul celei de miosina,glisare care duce la scurtarea muschiului(*contractie izotonica*)sau la o crestere a tensionarii sale (*contractie izometrica*) .

Motilitatea voluntara si cea involuntara este realizata prin motoneuronii alfa si fibrele musculare pe care le comanda in timp ce neuronii gama functioneaza ca un mecanism de reglare a tonusului muscular controlat in special de formatia reticulata



1.3. Rezumat

Caile sistemului nervos au fost impartite in *cai ascendente*, ce merg de la periferie spre cortex (care sunt *senzitivo senzoriale*) si *cai descendente* (care sunt *motorii*).



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

În cadrul sistemului extrapiramidal se disting mai multe etaje suprapuse, acestea sunt:

- a) etajul cortical și cel subcortical;
- b) etajul mezencefalic și etajiul bulbar;
- c) etajul bulbar.



1.5. Bibliografie recomandată

1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, biblioteca electronică;
2. Nicolau E., Bălăceanu- Stolnici C., *Neurocibernetica* , Ed. Științifică, 1967;
3. Bălăceanu-Stolnici C.,Borosanu A.,Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna , Constanța, 2006;

Capitolul IV.

Generalități despre cibernetică, neuro și psiho-cibernetică

Capitolul V.

Teoria informației, automatelor și sistemelor

Capitolul VI.

Substratul informațional al activității nervoase superioare

Capitolul VII.

Sistemul de răsplată și pedeapsa



1.1. Introducere

Unul din aspectele cele mai caracteristice ale psihismului uman este modularea trăirilor noastre, de către *afectivitate*. Toata viața noastră conștientă este colorată de *stări emotionale* pozitive sau negative, care ne modulează calitatea vieții, ne dirijează comportamentul, ne interesează motivațiile, catalizează procesele de învățare, ne selectează amintirile și ocupă un loc central în cultură, căci toate creațiile literare sau artistice sunt axate în jurul trăirilor afective.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

Din punctul de vedere al științelor creierului, stările emoționale sunt determinate de seturi de semnale, ce sunt “injectate” în “mecanismele conștientei” de către niste *dispozitive neurale*, pe care N. Wiener le-a postulat teoretic și le-a numit plastic, *tonalizatori afectivi*

Acești tonalizatori formează ceea ce a fost numit *sistemul de răsplata* (și pedeapsa).

Acest sistem este esential pentru invatarea selectiva, in care se invata ceea ce e util (si placut) si ceea ce este periculos sau nociv (si neplacut). El adauga experientelor directe conotatiile subiective care le fac acceptabile sau neacceptabile operand astfel ca un instructor intern care da note bune sau proaste. Deaceea este un dispozitiv esential pentru *conditionarea instrumentala* (skineriana).

La mamifere *rasplata* genereaza trairi pozitive (ca cele pricinuite de mancare cand ti-e foame, apa cand ti-e sete, sau de sexualitate) in timp ce sistemul de pedeapsa genereaza trairi negative in special *durerea*. Aceste trairi pozitive ca si cele negative au fost obtinute prin stimulari si autostimulari, cu ajutorul unor electrozi introdusi in diferite puncte din sistemul nervos central (J. Olds si P. Milner -1954; R. Hess -1956), stabilindu-se astfel un fel de harti ale punctelor care produc placere sau neplacere.

Sistemul de rasplata este prezent la *nivelul tuturor etajelor* sistemului nervos, incepand cu caile aferente ascendente (prin care circula semnalele de la receptori), trecand prin formatiuni din trunchiul cerebral, diencefal, sistemul limbic, si terminand cu cortexul.

Unul din nivelele importante implicate in starile afective este reprezentat de *trunchiul cerebral*, unde se gasesc *nucleii rafeului* (seroto- ninergici), *locus coeruleus* si *portiunile laterale ale formatiei reticulate* (noradrenergice) ca si *aria tegmentala ventrala* (dopaminergica), ultima fiind una dintre “piesele principale” ale sistemului de rasplata.

Aria tegmentala ventrala se afla in mesencefalul superior, unde este situata supero- medial, fata de locus niger si sub nucleul rosu.

Neuronii ariei tegmentale ventrale isi trimit un mare numar de axoni, grupati sub forma *tractului mesostriat*, catre striatul ventral, in mod special catre *nucleul accumbens*, ai carui neuroni dispun de *receptori dopaminergici* (D₁ si D₂).

S-a constatat ca nivelul starii de placere depinde in primul rand de nivelul descarcarii de *dopamina* catre neuronii nucleului accumbens.

Aceste descarcari pot fi modulate in paralel de peptidele neuromodulatoare, care actioneaza asupra unor receptori situati in regiunea presinaptica a axonilor dopaminergici apartinand neuronilor din aria tegmentala ventrala, regiune unde exista receptori Mu pentru *enkefalina* si receptori pentru *dinorfina* si *clorocistochinina*.

Enkefalina determina sedare si euforie si are un efect antidepresiv (facilitand sinapsa dopaminergica), in timp ce celelalte doua peptide determina vigilență, alerta si anxietate, ca si depresie (frenand sinapsa dopaminergica). In felul acesta, axul dopaminic este dirijat in doua directii, ca de niste haturi de catre peptidele sistemului endorfinelor (B.Roques).

Neuronii nucleului accumbens actioneaza prin axoni glutaminergici asupra unor formatiuni diencefalice (*hipotalamusul posterior, nucleul dorsomedial al talamusului*) determinand *efectele vegetative* ale starilor emotionale, asupra *striatului ventral* si prin acesta asupra corpului striat determinand *manifestarile motorii* legate de starile afective, asupra unor structuri limbice (*n. amigdalian, nucleii septului, tuberculul olfactiv si ariile cingulare*) ca si asupra *cortexului cerebral prefrontal si orbital* generand trairile afective ca fenomen subiectiv existential

Aria tegmentala ventrala mai trimite axoni dopaminergici catre *ariile prefrontale si orbitare* si catre *ariile cingulare*, prin *tractul mesocortical* si catre *nucleul amigdalei* si alte formatiuni limbice profunde, prin *tractul mesolimbic*.

Acest cuplu **aria tegmentala ventrala - nucleu accumbens** este calea comuna de realizare a rasplatei in sistemul nervos central.

Asupra acestui cuplu actioneaza **inhibitor** neuroni gabaergici, precum si neuroni ce folosesc ca neuromodulator *adenosina*.

Deasemenea, o actiune extrem de importanta o are *sistemul opioid*. Actiunea sa este o inhibitie a celulelor inhibitorii gabaergice, asa ca, in final, endorfinele sunt niste activatori ai sistemului dopaminergic al placerii. Un efect similar l-ar avea si polipeptidul denumit *substanta P*.

Activarea sistemului de rasplata este determinata de semnale generate de unele senzatii sau perceptii, in special de satisfacerea motivatiilor biologice sau a motivatiilor de ordin superior, a motivatiilor ludice sau de ordin cultural.

Din nefericire sistemul de rasplata poate fi indus in eroare prin actiunea unor anumite molecule. In acest fel el devine tinta drogurilor, atat a celor slabe cat si a celor tari.

In felul acesta, drogurile actioneaza prin acelasi dispozitiv (si mecanism) ca si satisfactia de a manca ceva bun, de a asculta muzica de calitate, de a avea o reusita sociala, sau un orgasm etc.

Aceasta este posibil ca starea de placere este o functie a cantitatii de dopamina descarcata de catre neuronii ariei tegmentale ventrale, sau cea de glutamati descarcati de catre neuronii corticali si limbici, in n. accumbens. Orice stimulare naturala sau cu molecule exogene poate astfel determina starea de placere in diferite grade de intensitate

Paralel, dar cu un rol mai putin important, intervin *neuronii serotoninergici* din *rafeul median* al trunchiului cerebral (mai ales cei mesencefalici), care actioneaza asupra talamusului, cortexului cingular si cortexului cerebral si cei *noradrenergici* din *locus coeruleus* si *portiunea laterala a formatiei reticulate* care actioneaza asupra cortexului cerebral mai ales asupra lobului cingular. Aceste doua sisteme sprijina sistemul dopaminergic, pentru a crea o stare de confort afectiv. Cand unul din acestea doua functioneaza deficitar, se realizeaza un fond emotional negativ, cu tendinta spre *depresie*, uneori cu o *irascibilitate necontrolata*.

Datele de mai sus fundamenteaza demersul farmacologic in tratarea dezordinilor afective. Un mare numar de medicamente *antidepresive* actioneaza asupra acestor sisteme. Unele sporesc activitatea sistemului serotoninergic, prin blocarea resorbtiei (up-take) serotoninei (“selectiv serotonin reuptake inhibitors” SSRI ca lexapo sau floxetina), la nivelul sinapselor, iar altele activeaza sistemul noradrenergic inhiband monoamino- oxidaza, care reduce noradrenalina din regiunea presinaptica (inhibitorii de monoamino oxidaza IMAO, ca iproniazid sau phenelzin).

Am vazut ca nucleul accumbens isi trimite semnalele in trei directii:

- Unele ajung in *corpui striati*, prin intermediul carora realizeaza *aspectele motorii* legate de starile afective.
- Altele ajung dominant in *nucleul amigdalian* si *hipotalamus*, prin intermediul carora determina toate *manifestarile vegetative*, ale starilor afective.

Detectarea acestor “accesorii” vegetative ale starilor emotionale sta la baza detectorului de minciuni.

- In fine, altele sunt proiectate spre *etajul limbic* (ariile cingulare si hipocampice, bine cunoscutul circuit al lui Papez) si *cortexul cerebral* (ariile prefrontale, orbitare si insulare anterioare). Structurile mesencefalice esentiale ale sistemului de rasplata asigura o *emotionalitate primitiva* sau un echivalent primordial al emotionalitatii propriu vertebratelor inferioare. Ele se inscriu in ceea ce unii au numit *creierul reptilian*.

Organizarea etajului limbic imbogateste viata afectiva, care ramane tot primitiva si este caracteristica mamiferelor inferioare.

Aparitia si dezvoltarea etajului cortical, mai ales la nivelul ariilor prefrontale (unde se afla si aria 10 specifica antropoidelor superioare dar in special omului), duce la realizarea *bogatei vietii afective a lui Homo sapiens sapiens*.

Sistemul de rasplata actioneaza acum in “colaborare” cu structuri extrem de complexe si participa indirect la mecanismele cognitive. Aceasta face ca interventia sa, sa nu se rezume numai la placere si pedeapsa (neplacere) ci sa determine aparitia gamei de stari afective, probabil specifica speciei noastre. Ele nu numai ca imbogatesc si coloreaza viata noastra constienta, dar sunt si un instrument esential in procesele de motivatie si invatare.

Participarea scoartei cerebrale la viata emotionala explica aplatizarea emotionala a pacientilor carora prin leucotomie frontala li s-au sectionat conexiunile dintre sistemul de rasplata si lobii prefrontoorbitari

Enumerarea si ierarhizarea starilor afective a fost si este o preocupare a psihologiei. In acest sens exista mai multe variante:

- In general sunt ordonate in functie de un *gradient de placere-neplacere* (criteriul *hedonic*).
- O alta dimensiune interesanta este reprezentata de un *gradient intre tensiune si relaxare*, care este controlat de *sistemul noradrenergic* si posibil de *vasopresina*, responsabila de unele manifestari de agresivitate.

- Mentionam ca in general se face o distinctie intre starile afective de *fond si de durata*, mai putin intense, numite si *dispozitii*.

- Sunt autori care, luand in considerare stransa relatie dintre motivatii si starile afective, au numit *emotii* afectele legate de motivatiile primare biologice si *sentimente* cele legate de motivatiile superioare

Una din particularitatile sistemului de rasplata este faptul ca evenimentele ce se petrec in cadrul sau *se memoreaza*. Am vazut ca receptorii dopaminergici determina *modificari de durata* in citoplasma neuronilor din nucleul accumbens si in special in genomul lor, la nivelul genelor guvernate de factorul FosB. In acest sens au fost identificate pana acum *doua gene*: una numita delta-FosB, care sintetizează o proteina ce controlează dopamina si gena Cdk5, care sintetizează o

proteina (Cyclin dependentkinaza 5), care in general actioneaza asupra diviziunii celulare,dar care s-a dovedit a juca un rol important in memorarea evenimentelor din sistemul de rasplata. Deasemenea sistemul de rasplata, prin conexiunile sale cu formatiile limbice, actioneaza asupra *hipocampului*, care stim ca este o componenta nevraxiala extrem de importanta in special pentru realizarea memoriei declarative,cum vom vedea in capitolul despre memorie

Sistemul de rasplata are ca sarcina sa *intareasca*, prin trairile emotionale ce le realizeaza, anumite experiente ale individului si prin memorarea lor sa dirijeze comportamentul, in asa fel incat sa adopte strategii care ii servesc pentru supravietuirea sa si a speciei (L.T. Troland 1928).

Ultimele insa pot dirija comportamentul spre satisfacerea unor placeri care nu servesc la nimic sau care sunt periculoase. Cand acestea devin *dominante* asistam la o *intoxicare comportamentala* (M. Bozarth - 1994), ce poate fi dezastruoasa pentru individ si care definește *dependentă* (addiction), asa cum se intampla in cazul *consumului de droguri*. Aceasta dependentă nu este doar psihologica, ci este si fizica. Ea este functie de doi factori: *intensitatea placeii produse* de drog, care intervine in special in prima perioada si depinde de cresterea dopaminei in nucleul accumbens si apoi *intensitatea neplacerii* produse de lipsa consumarii drogului si de scaderea dopaminei (si uneori si a numarului receptorilor pentru dopamina) din n.accumbens. In cazul opiaceelor, moleculele drogului respectiv inlocuiesc moleculele normale de endorfine, asa ca devin neurobiologic o necesitate, pentru ca sistemul sa functioneze, ceea ce agraveaza considerabil dependentă.

Dezintoxicarea duce la incetarea consumului (abstinenta) de agent hedonic (drog, joc de noroc etc).

Din cele de mai sus rezulta ca astazi cunostintele noastre despre substratul neurofiziologic si despre mecanismele neurobiologice moleculare ale afectivitatii sunt bine cunoscute ceea ce deschide orizonturi noi in psihofarmacologie si in abordarea toxicomaniilor



1.3. Rezumat

Toata viata noastra constienta este colorata de *stari emotionale* pozitive sau negative, care ne moduleaza calitatea vietii, ne dirijeaza comportamentul, ne intereseaza motivatiile, catalizeaza

procesele de învățare, ne selectează amintirile și ocupă un loc central în cultura, căci toate creațiile literare sau artistice sunt axate în jurul trăirilor afective.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Activarea sistemului de răsplăta este determinată de:

- a) semnale generate de unele senzații sau percepții, în special de satisfacerea motivațiilor biologice sau a motivațiilor de ordin superior, a motivațiilor ludice sau de ordin cultural;
- b) de gândirea logică;
- c) de reprezentări.



1.5. Bibliografie recomandată

- 1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, bibliotecă electronică;
- 2. Nicolau E., Bălăceanu- Stolnici C., *Neurocibernetica* , Ed. Științifică, 1967;
- 3. Bălăceanu-Stolnici C.,Borosanu A.,Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna , Constanța, 2006;

Capitolul VIII.

Durerea



1.1. Introducere

Durerea este o senzație specială imposibil de definit, însoțită de o trăire neplăcută, uneori chinuitoare, provocată de stimuli care în general au un potențial distructiv (nociv) asupra organismului. Ea este un fenomen pur subiectiv, ce se petrece doar în conștiință. Este o “*quale*”, adică doar o trăire provocată de o serie de evenimente ce au loc în anumite structuri ale sistemului nervos, care fac parte din sistemul durerii.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

Durerea, ca fenomen subiectiv, este un *epifenomen* suprapus sistemului neurofiziologic al *nociceptării*. Acest sistem este un sistem vital, care asigură supraviețuirea, căci semnalizează stimuli primejdiosi determinând reacțiile reflexmotorii și vegetative, ca și acțiunile comportamentale de protecție.

Evenimentele care se *constientizează* sub forma de *durere* au loc la nivelul *scoartei cerebrale*, în aria primară a sensibilității generale (campurile 3, 1 și 2 Brodmann), în aria secundară a sensibilității generale din circumvoluțiunea parietală superioară (campul 5 și 7), în aria terțiară a sensibilității generale din operculul rolandic (camp 43) în partea anterioară a insulei, în lobul prefrontal și orbital (camp 10, 11, 12, 13, 47) și în lobul cingular (camp 24). Localizarea durerii se face deci în ariile primare și secundare ale sensibilității generale.

Aceste evenimente sunt determinate de semnale glutaminergice ajunse în cortex din *sistemul durerii*, sau mai exact al *nociceptării*. Acest sistem este -cum am mai spus- un dispozitiv neurofiziologic și neuropsihologic de apărare a organismului, el semnalând existența impactului unor *agenți nocivi*.

a) Impactul acestor agenți se face asupra unor receptori specializați, așa numiți *algoceptori*

sau *nociceptori* din piele, mucoase, muschi si unele organe interne. Nociceptorii din muschi, viscere si vase raspund la stimuli ce apar numai in *conditii patologice* (durerea neuropata).

Nu exista formatiuni microanatomice *specifice* pentru durere, ca in cazul altor forme de receptori. E vorba doar de *terminatiile dendritice libere*, ale neuronilor sensitivi din ganglionii spinali ai nervilor rahidieni sau din ganglionul lui Gasser (al nervului trigemen).

Stimulii pot fi *termici* (pentru cald dar si pentru rece), *mecanici* - cu un prag de excitabilitate mai scazut - (intepaturi, presiuni mari) sau *chimici*, produsi de substante ce apar in general prin alterari celulare (clorura de potasiu, bradichinina, prostaglandine, substantaP, serotonina). Exista nociceptori specifici (*unimodali*) care raspund la cate un singur tip de stimuli: termici, mecanici sau chimici si *polimodali*, care raspund la excitanti de mai multe feluri. Deasemenea exista algoreceptori *muti* in viscere ce nu raspund la excitanti in mod normal ci numai in conditii patologice (de ex. in inflamatii).

b) De la acesti receptori pleaca spre sistemul nervos central *doua* categorii de fibre. Unele sunt amielinice, subtiri (fibre tip C) si au o viteza de conducere mai *lenta* (0,5-2 m/sec), altele sunt mielinice, mai groase (fibre tip A delta) si au o viteza de conducere mai *rapida* (6-30 m/sec). De aceea o durere acuta, produsa de un stimul unic, este adesea perceputa ca doua senzatii dureroase successive.

O excitare mecanica (compresiune etc.), chimica sau electrica directa a acestor fibre produce si ea *dureri* de intensitati diferite, ce sunt percepute ca localizate in zona lor de origine, unde se afla algoreceptorii.

Fibrele rapide au al doilea neuron in zona marginala a cornului posterior (stratul I) al maduvei. Axonii de aici trec in partea *controlaterală* si urca in cadrul cordonului posterolateral al maduvei pana la nucleul *ventrolateral posterior* al *talamusului* (unde exista somatotopia deja amintita).

Fibrele lente au deuteroneuronul in substanta gelatinoasa a lui Rolando din cornul posterior (straturile II si III). Axonii acestora trec in partea *controlaterală* unde se alatura fibrelor rapide in cordonul posterolateral. De aici insa 90% din fibre se distribuie pe parcurs catre neuronii *formatiei reticulate* a trunchiului cerebral si numai 10% ajung in nucleul ventrolateral posterior al *talamusului*. De aceea localizarea durerii lente este vaga. Sistemul lent al durerii ajunge si in

nucleul *dorsomedial* al talamusului.

Mentionam ca in cazul *trigemenului* fibrele aferente ale durerii au al doilea neuron in nucleul descendent al acestui nerv, unde se ordoneaza de jos in sus fibrele oftalmice, cele maxilare si cele mandibulare.

Caile rapide ale durerii formeaza sistemul algoreceptor *neospinotalamic* si asigura o discriminare fina si o localizare precisa a stimulilor. Ele ajung in nucleul ventrolateral posterior al talamusului unde exista o somatotopie precisa. Fibrele dela cap ajung in portiunea mediala a acestui(n.ventrolateral posteromedia,n.semilunar a lui Flessich,n.arcuat)iar cele dela corp,membre si gat in potiunea laterala(in n ventrolateral posterolateral).

Caile lente ale durerii formeaza sistemul nocireceptor *spinoreticulo- diencefalic*, care asigura o perceptie vag localizata (non discriminativa), dar confera *componenta afectiva* neplacuta a durerii, ca si declansarea *fenomenelor vegetative* ce insotesc stimularile dureroase (tahicardie, polipnee, transpiratii, midriaza etc).

c) Ceaeace este extrem de important este faptul ca fluxul semnalelor din sistemul nociceptiv este supus unei *filtrari*, potrivit *teoriei portii* (gate), a lui Patrik Wall si Ron Melzack. Pebru aceasta, paralel cu caile ascendente ale durerii se afla *sistemul analgesic endogen*.

El este format in primul rand de niste *cai descendente* (evidentiate de Mayer in 1970), neuromodulatoare, care controleaza fluxul semnalelor ascendente ale sistemului durerii, prin interventii frenatoare.

Ele isi au originea in *substanta cenusie periapeductulara* si in cea *periventriculara a ventriculului III*, de unde ajung in *nucleii rafeului* (in special nucleus magnus), din portiunea superioara a bulbului. Axonii acestuia coboara apoi spre deuteroneuronii cailor ascendente ale durerii, din coarnele posterioare ale maduvei si din nucleul descendent al trigemenului. Actiunea lor este *serotonergica*. Ei stimuleaza niste neuroni intercalari, care actioneaza asupra deuteroneuronilor din sistemul nociceptiv prin *enkefalina*. Stimularea sistemului analgezic endogen, cu scopul de a micsora durerea, a fost facuta *electric* (stimularea periapeductulara)cu efecte remarcabile .

Pe de alta parte neuronii sistemului nociceptiv dispun de numerosi *receptori* pentru

neuropeptide modulator (endorfine, enkefaline, substanta P). Acestea formeaza *sistemul opioid* care este o alta componenta (cea mai activa) a sistemului analgezic endogen.

De mult se cunoaste actiunea analgesica a opiaceelor care a fost si este folosita in terapia durerii cu mult succes gratie interventiei acestui sistem analgesic endogen.

d) Sistemul durerii mai dispune de o poarta (un filtru) situata in nucleul *dorsolateral al talamusului*, a carui neuroni gabaergici actioneaza frenator asupra cailor sensibilitatii generale si implicit asupra celor ale durerii.

e) Un aspect important al organizarii sistemului durerii a fost identificat in urma *leucotomiilor* prefrontale, efectuate la bolnavii psihici. Se stie ca aceste interventii au fost curent folosite in anii 40-50 ca mijloc terapeutic in psihiatrie. Cu acest prilej s-a constatat ca sunt eficiente si ca *tratament paliativ al durerii*, in formele rebele de durere din fazele terminale ale bolnavilor de cancer. Esential este faptul ca acesti bolnavi leucotomizati continuau sa perceapa durerea, pot sa o localizeze, dar aceasta nu-i mai deranjeaza. Au si toate reactiile reflexe pricinuite de durere (dilatare pupilara, tahicardie, etc.). Perceptia stimulului nociceptiv este conservata, numai componenta afectiva neplacuta (chinuitoare) a durerii este suprimata.

Se stie ca leucotomia frontala sectioneaza in special caile talamocorticale care merg spre ariile prefrontale si orbitare. Aceste cai se dovedesc astfel a fi esentiale pentru *trairea durerii* ca pe un fenomen neplacut.

Aceasta constatare, dincolo de importanta ei practica terapeutică si teoretică privind organizarea sistemului durerii, are si o importanta speculativa pentru cei ce se ocupa de aspectele filosofice ale durerii.

Tot atat de importanta pentru intelegerea durerii este posibilitatea de a o suprima sau diminua prin *stimulari electrice*.

Tot gratie sistemului analgezic central, care este controlat de *cortexul cerebral*, se explica si posibilitatea de a influenta, prin diferite forme de *activitate psihica*, durerea. Se cunoaste rolul *sugestiei* (de exemplu in hipnoza) si al *autosugestiei* (de exemplu analgezia isterica) in suprimarea sau diminuarea durerii.



1.3. Rezumat

Durerea, ca fenomen subiectiv, este un *epifenomen* suprapus sistemului neurofiziologic al *nociceptarii*. Acest sistem este un sistem vital, care asigura supravietuirea, caci semnalizeaza stimulii primejdiosi determinand reactiile reflexmotorii si vegetative, ca si actiunile comportamentale de protectie.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Evenimentele care se *constientizeaza* sub forma de *durere* au loc la nivelul *scoartei cerebrale*:

- a) in aria primara a sensibilitatii generale;
- b) in aria secundara a sensibilitatii generale din circumvolutiunea parietala superioara;
- c) in aria terciara a sensibilitatii generale din operculul rolandic.



1.5. Bibliografie recomandată

- 1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, biblioteca electronică;
- 2. Nicolau E., Bălăceanu- Stolnici C., *Neurocibernetica* , Ed. Științifică, 1967;
- 3. Bălăceanu-Stolnici C.,Borosanu A.,Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna , Constanța, 2006;

Capitolul IX.

Bazele neurobiologice ale memoriei



1.1. Introducere

Existenta noastra se desfasoara guvernata de scurgerea unidirectionala si ireversibila a *timpului*, de la trecut, prin prezent spre viitor. Evident ca aceasta se resfrange si asupra vietii noastre psihice, dar si asupra mecanismelor neuropsihologice.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

Encefalul, cu toate structurile sale, suporta efectele timpului sub doua forme:

- a) In primul rand e vorba de modificarile produse de *ontogeneza*, care duc la formarea creierului adultului si apoi de modificarile impuse de procesul de *imbatranire*;
- b) In al doilea rand e vorba de modificarile produse in retelele nervoase prin procesul de *memorare* a evenimentelor, ce au loc in sistemul nervos.

Memorarea este *esentiala* pentru activitatea sistemul psihic. Ea este tot atat de necesara mecanismelor neurofiziologice. De aceea bazele ei neurobio- logice au fost in centrul preocuparilor stiintelor creierului.

Acest proces de memorare (istoricizare) presupune persistenta, un anumit interval de timp, a unor “*urme*”, lasate de aceste evenimente.

In sistemul nervos, in functie de durata de persistenta a urmelor respective, exista *trei tipuri de memorie*:

- 1) *memoria imediata*, cu o persistenta de ordinul fractiunilor de secunda;
- 2) *memoria de scurta durata*, cu o persistenta de ordinul minutelor ;
- 3) *memoria de lunga durata*, cu o durata de ordinul deceniilor.

În sistemul nervos există *două mecanisme* de bază, care permit memorarea mesajelor nervoase:

a) *Exploatarea postefectelor și timpilor de latență* ale neuronilor, care intervin în memoria imediată și cea de scurtă durată;

b) *Transferarea informațiilor* din semnalele nervoase, pe un anumit substrat, care intervine în memoria de lungă durată.

Postefectele și timpii de latență

Procese care au loc în membranele neuronale (deplasările de ioni, modificările de canale ionice sau de molecule receptoare etc) nu sunt instantanee, ci au o anumită durată, o anumită inerție. Ea se exprimă prin persistență, după încetarea unei stimulări, a unor evenimente electroionice, sub forma unor *potentiale de acțiune*, definind astfel *postefectele*, care reprezintă o primă formă de urmă lăsată de un semnal nervos.

De asemenea, propagarea semnalelor nervoase nu se face instantaneu, ci cu o anumită viteză, care introduce o decalare în timp între momentul când sunt inițiate într-un punct și momentul în care ajung în alt punct. Acest decalaj definește *latența*.

Când sistemul nervos are nevoie să mențină un timp scurt un mesaj în rețea, îl obligă să treacă prin *siruri liniare de neuroni de lungimi diferite* care însumează postefectele și mai ales timpii de latență.

Când e nevoie ca mesajul să fie menținut mai mult timp, el este “plimbat” printr-un *sir circular de neuroni* și este “ciclat de câte ori este nevoie. Evident că, după un anumit număr de circuite, mesajul se pierde în zgomotul de fond.

Prin anii 40, R. Lorente de No a descris, folosind clasică metoda de impregnare cu argint a lui Golgi, existența în scoarta cerebrală a unor moduli, formați din câteva zeci sau sute de neuroni, dispuși fie în *siruri liniare*, fie în circuite numite *circuite reverberante*.

Gratie acestor dispozitive sau moduli neuronali, sistemul nervos dispune de memoria imediată și de memoria de scurtă durată.

Memoria imediată este folosită în special de neuroni pentru a realiza diferitele forme de *însușiri temporale*. Se știe, de exemplu, că membrana corpului neuronal exploatează întârzierile produse de durată de propagare a semnalelor de intrare, cât și de postefectele lor, ca să realizeze

combinarea aditiva (între doua sau mai multe semnale excitatorii) si cea *subtractiva* (între semnale excitatorii si semnale inhibitorii), care definesc procesul de *sumatie temporală* descris de Ch.Sherrington.

Memoria de scurta durata este cea pe care sistemul nervos o foloseste pentru operatiile curente; este o memorie de lucru tranzitorie, in care datele memorate sunt pastrate doar un timp limitat, dupa care sau se pierd sau sunt transferate in memoria de lunga durata. Durata de memorare este variabila si depinde de natura informatiilor respective, de varsta subiectului, abilitatea intelectuala a acestuia (Hunter) si de unele conotatii motivationale si emotionale, la care se adauga si elemente contextuale. Broadbent a aratat ca memoria de scurta durata este foarte vulnerabila in fata interventiei *atentiei*, care poate interfera negativ sau pozitiv cu ea.

Substratul neurobiologic al memoriei de lunga durata

Toti cei ce se preocupa de neurobiologia memoriei sunt de acord ca memoria de lunga durata implica imprimarea informatiei pe un anumit substrat. Nimeni nu poate preciza insa cu certitudine *cum* se realizeaza acest proces si *care este substratul* ce “primește” informatia respectiva. Cu toate acestea exista mai multe *modele* care incearca sa explice la nivel celular si/sau molecular memoria de lunga durata.

a) Remanieri in organizarea morfologica a retelelor neuronale

In acest sens un prim aspect este procesul de *neurogeneza* care a fost descris in special in hipocamp (P.Eriksson, F. Gage, E. Gould s.a.).

Neurogeneza a mai fost mentionata in regiunea cingulara si in unele arii asociative corticale (Gould). Din aceste celule primordiale nediferentiate se dezvolta noi neuroni, care intra in structura retelei neuronale si ii modifica modul de functionare. Folosind markeri chimici, aceste *celule nervoase noi* au fost identificate si la batrani de peste 70 de ani. Ele se produc continuu in girul dentat (corpul godronat) al hipocampului si numarul lor sporeste in cursul proceselor de memorare. Initial noii neuroni sunt numerosi, dar dupa ce invatarea s-a consolidat, numarul lor scade. Astfel, plasticitatea neuronală ce sta la baza memorarii, se manifesta prin combinarea unui proces de neurogeneza cu unul de apoptoza.

Alt aspect interesant este reprezentat de *sporirea numarului dendritelor neuronale* in cursul memorarii, care a fost demonstrata de Rozenzweig (1984). Prin aceasta inmugurire dendritica,

conectivitatea rețelei neuronale sporește, ceea ce ar fi unul din modelele propuse pentru a explica memoria de lungă durată, e drept contestat de unii neurobiologi ca P.A.Wozniak (1998).

În afara de sporirea numărului dendritelor s-a constatat și o *creștere a numărului spinilor* de pe dendrite (spinogeneza). Aceasta ar fi mijlocită de o serie de molecule, ca cele ce acționează pe receptorii EphB 1-3 și ar fi determinată de potențările de termen lung (LTP), din membranele postsinaptice (F.Engert și T.Bonhoeffer 1999).

În cadrul remanierii rețelelor neuronale, din cursul învățării (memorării), un rol important îl au *contactele sinaptice*. Secenov, S.R. y Cajal, dar mai ales D. Hebb au dezvoltat modele teoretice (și mai târziu și matematice) pentru memoriile naturale și cele artificiale, ale caror elemente cheie sunt *contactele sinaptice*. În acest sens, un prim aspect al rolului sinapselor în memorare, ar fi *sporirea numărului lor*.

În realitate procesele sunt mult mai complexe, căci sporirea sinapselor în cursul memorării este urmată de o *diminuare* parțială a lor în cursul consolidării ei, când se elimină sinapsele inactive sau cu o activitate slabă. Aceste două aspecte remaniază geometria conexiunilor interneuronale și ca atare realizează plasticitatea lor, ceea ce reprezintă unul din mecanismele memoriei de lungă durată.

Toate aceste remanieri structurale de durată, necesită o *modificare de durată la nivelul genomului*, care să le determine și să le mențină.

b) Rolul genomului în memoria de lungă durată

Eficacitatea sinapselor nu este constantă, ci *variază* în timp, în funcție de activitatea lor. Pentru problema memoriei de lungă durată, importante sunt descoperirile făcute de T.Lomo și T.Bliss (1973), ale unor *potențări* și *depresii pe termen lung (LTP și LTD)* a sinapselor. În cursul LTP, pragul de funcționalitate al sinapsei este scăzut (sinapsa este activată) în timp ce în cursul LTD pragul este crescut (sinapsa este frenată). Când sinapsa este activată răspunsul la un stimul este mai amplu decât răspunsul la același stimul, înainte de activare, după cum, când sinapsa este frenată, răspunsul este diminuat. Modificările de mai sus *pot dura mai multe zile, dar pot fi și permanentizate*.

Potențările și depresiile de lungă durată ale sinapselor sunt rezultatul unor *cascade biochimice intraneuronale*, care reprezintă un mecanism molecular verificat al memoriei de lungă

durata. Se cunosc doua variante:

De exemplu stimularea sinapsei prin dopamina activeaza receptorul postsinaptic (de tip G), care activeaza sistemul cAMP (cu consum de energie). Acesta la randul lui activeaza o secventa de proteinkinaze (PKA-R >PKA-C >PKA-C) ce fosforilizeaza canalele de potasiu din membrana postsinaptica si le blocheaza (ceea ce mareste excitabilitatea sinapsei). Concomitent proteinkinazele pot patrunde si in nucleu, unde actioneaza asupra genomului.

Stimularea sinapsei prin glutamati opereaza diferit. Ea deschide canalele de calciu (receptori NMDA sau nonNMDA). Ionii de Ca^{++} patrunti in citoplasma activeaza o secventa de enzime numite *calciu-modulin-kinaze* (CaMKII>CaMKK>CaMKIV), ce blocheaza canalele de potasiu(ceea ce mareste excitabilitatea sinapsei) si patrund in nucleu, unde actioneaza asupra genomului.

Aceste gene modificate se exprima apoi printr-un proces de transcriptie, care actioneaza asupra organizarii neuronului, modificand functional sau structural unele componente (de ex. *multiplica* sinapsele, spinii sau dendritele, sau numai un anumit tip de receptori membranari ca cei AMPA etc)modificari pe care le pot mentine timp indelungat.

c) Mecanisme moleculare

De mult s-a sustinut ca suportul memoriei de lunga durata ar fi realizat de *remanieri ale unor macromolecule* complexe din citoplasma neuronală (O.F.Smitty).

Candidatele cele mai favorizate au fost *nucleo- proteinele* din citozolul neuronal, care au o structura foarte complexa si o imensa capacitate de a realiza variante stereoizomerice care sa le faca apte de a codifica diferite mesaje (Hyden, Marrel).Ele se afla in citoplasma mai ales la nivelul corpusculilor lui Nissl. De altfel se stie ca sistemul ADN-ARN format din nucleoproteine este suportul informatiei genetice. Nu exista insa date stiintifice concludente care sa atribuie memoria de lunga durata unor remanieri de nucleoproteine intracitoplasmatic, ci numai a ADN-ului cromozomial.

d) Rolul neurotransmitatorilor

Dinamica retelelor neuronale este intretinuta de neurotransmitatori si modulata de neuromodulatori. Am vazut rolul glutamatilor pentru realizarea de LTP si LTD. Unele date obtinute, printre altele prin studiul substratului biochimic al tulburarilor de memorie din boala lui

Alzheimer au aratat rolul epinefrinei (noradrenalinei), serotoninei, dopaminei si somatostatinei dar mai ales pe cel al *acetilcolinei*.

Ultima este implicata in stimularea plasticitatii sinapselor (L.R Squire si E.R. Kandell 1989) si sursa ei principala se afla in *nucleul bazal a lui Meynert* (care se depopuleaza in b. lui Alzheimer).

e) Rolul nevroglii

Am vazut ca astazi optica noastra fata de nevroglii s-a modificat, caci, in loc sa fie considerata doar ca un sistem de sustinere, de protectie si de nutritie, este privita drept o *componenta importanta functionala* a sistemului nervos, care opereaza ca un *sistem paralel* cu cel al neuronilor, avand o constanta de timp operationala mai mare. In cadrul acestor functiuni paralele, celulele nevroglice se implica si in *procesele de memorare*.

Procesele de uitare (stergere informatiilor stocate)

Sistemul nervos este bombardat zi si noapte de informatii pe care le transmite, prelucreaza si stocheaza. In retelele neuronale se acumuleaza clipa de clipa informatii, care desigur ar duce la sufocarea sistemului prin epuizare capacitatii de memorare. De aceea stocarea de informatii este urmata de o *stergere partiala si selectiva* a acestora, constituind procesul de *uitare*, indispensabil pentru o buna functionare a sistemului psihic uman.

Aceast proces de uitare selectiva si partiala intervine doar *la nivelul memoriei de lunga durata*, caci in cazul memoriei imediate si a celei de scurta durata, stergerea totala a mesajelor se produce automat, prin insusi modul lor de functionare.

Am vazut ca memoria de lunga durata are ca substrat o modificare a genomului, care persista, caci celula nervoasa nu este divizibila. Aceasta modificare *determina si mentine* modificarile functionale si structurale, care reprezinta “urma” memorata.

In acest caz “urma” nu dispare decat odata cu disparitia neuronului (prin necroza sau apoptoza).

Exista insa si un sistem molecular care permite stergerea sau blocarea efectului produs prin CREB.

D. Genoux si colab (2002) au aratat ca enzima PP1 blocheaza actiunea proteinei CREB si astfel impiedea sau sterge modificarea genetica, care este suportul memorarii.

Din cele de mai sus se vede ca memoria in retelele nervoase este dinamica nu statica, ca cea de pe un CD-Rom. Ea este intr-o continua fluctuatie dialectica, intre memorare si uitare.

Ca si in cazul calculatoarelor unele date sunt doar *ascunse* si nu mai pot fi evocate decat in conditii speciale normale dar mai ales patologice (o criza de epilepsie temporala sau uncinata) sau farmacologice (unele amfetamine sau halucinogene). Nu cunoastem mecanismul acestei pseudouitari sau ascunderi. Alteori datele sunt *sterse* si am vazut rolul PP1 in realizarea acestei eradicari.

Problemele sunt inca foarte putin cunoscute, caci intre stergere si ascundere nu exista o limita clara ci un gradient, asa cum se poate vedea in cursul procesului de reamintire al unei denumiri, realizat in etape succesive (fenomenul *varfului limbii*). Aceste aspecte pot insa sa se datoreze mecanismelor de retea nervoasa, care gestioneaza memoria neuronală.

Organizarea macroscopica a sistemului memoriei

Pana acum am vazut modul in care procesul de memorare se realizeaza la nivel neuronal, prin modificari ale pragurilor si numarului sinapselor. Acest lucru demonstreaza ca in sistemul nervos memoria nu este atributul unui compartiment anatomo-fiziologic separat, ca unitatile de stocare de informatie din calculatoare, ci este realizata de *toate elementele retelei*, ca in modelul perceptronului lui Rosenblatt.

Aceste forme elementare de memorie sunt insa gestionate si exploatate de sistemul nervos. Pentru aceasta exista adevarate *dispecerate*, care asigura functionarea coerenta a memoriilor microscopice neuronale, dispecerate care au fost identificate de anatomoclinica, de imagistica si metodele de explorare electrice moderne ca si de experimentul pe animale. Ele au dus la conceptul gresit de *centre de memorie* care trebuie considerat doar o *metafora*.

In sistemul nervos central exista mai multe astfel de “centre de memorie”.

a) Cerebelul

Cerebelul a fost considerat doar drept suportul unor functii de coordonare motorie. Cercetari experimentale minutioase au demonstrat ca cerebeleul, prin cortexul si nucleii sai, intervine in *memoria procedurala*.

Memoria procedurala este inconstienta si se refera la memorarea unor anumite activitatii motorii ca mersul pe bicicleta, inotul, patinatul etc.

Alte experiente au aratat rolul cerebelului in realizarea unor *reflexe conditionate simple* ca de ex. clipitul, declansat de un stimul conditionat de un sunet, de o anumita tonalitate.

Mecanismul neuronal de functionara a memoriei cerebeloase ar fi realizarea unor depresii de lunga durata (*LTD*) la nivelul celulelor lui Purkinjie, prin insumarea unor stimuli aferenti adusi de fibrele acatatoare si cele muschioase.

b) *Hipocampul*

Structura citologica a hipocampului a intrigat inca de mult pe neuroanatomisti. Ea corespunde insa exigentelor unui sistem de memorare. Astazi o serie de date experimentale foarte minutioase si complicate au aratat ca neuronii hipocampului sunt sediul unor potentari si depresii de lunga durata (*LTP si LTD*), datorate insumarilor de semnale venite de la nucleii septului (colinergice), de la aria tegmentala ventrala (dopaminergice), de la nucleii rafeului (serotonergice) si de la locus coeruleus (noradrenergice). La acestea se adauga aferente de la nucleul amigdalian. De asemenea am vazut ca hipocampul este sediul unor procese de *neurogeneza*, care ii amplifica mult plasticitatea (la nivelul corpului godronat sau girului dentat).

Rolul hipocampului in memorie a fost demonstrat de unele cazuri anatomoclinice, de unele date electrogenetice si de unele imagini PET.

Cel mai celebru caz anatomoclinic a fost acela al bolnavului H.M. caruia, in cadrul unui tratament pentru o epilepsie grava, dr.W.Scoville i-a extirpat in 1953 ambii hipocampi. Dupa aceasta interventie a fost incapabil sa mai memoreze date noi, desi cele vechi si capacitatile sale cognitive au ramas intacte. Cazul a fost amplu studiat de Suzanne Corkin intr-o serie de lucrari, incepand din 1968. Acest caz demonstreaza fara echivoc faptul ca hipocampul **nu** este depozitarul informatiilor memorate ci este "*masina*" care asigura trecerea informatiilor din memoria de scurta durata (echivalenta cu RAM-ul computerelor), in memoria de lunga durata.

Unele leziuni tranzitorii ale hipocampului pot produce amnezii temporare (adevarate scotoame amnestice).

Hipocampul este principalul dispecerat pentru *memoria declarativa*.

Tot hipocampul este implicat si in *memoria semantica*, in contextul careia intervine si limbajul. A.Papanicolaou si colab.(2002) au aratat ca hipocampul stang (la dreptaci) este implicat dominant in memoria semantica, pe cand cel drept in cea declarativa si episodica.

Deși există această specializare nu trebuie să uităm că cei doi hipocampi sunt bogat interconectați prin comisura trigonală.

Hipocampul intervine în *memoria spațială*, grație acelor *neuroni spațiali* (“*place cells*”), descriși de Ed. Tolman (1948), care au “învățat” să se activeze la detectarea unor anumite zone spațiale din mediu memorate. Acești neuroni surprinzători realizează o adevărată *hartă cognitivă* în hipocamp (H. Eichenbaum și col. 1999). Este unul din aspectele cele mai interesante ale rolului hipocampului.

Alături de hipocamp mai intervin și alte formațiuni limbice în gestionarea memoriei:

Printre acestea *corpii mamilari* au un rol deosebit. Către ei ajung semnalele hipocampice prin trigon (fornix) și de la ei pleacă semnale prin fasciculul lui Vicq d’Azyr către nucleul anterior al talamusului și de aici către cortexul cingular și cel frontal. Amanda Parker și D. Gaffan (1997) au arătat experimental că atât distrugerea corpilor mamilari cât și sectionarea fornixului produc mari tulburări în procesele de memorie de lungă durată, ca și distrugerile de nucleu anterior al talamusului (J. P. Aggleton și colab 1995), asemănătoare cu cele produse de distrugerile de hipocamp.

O a doua formațiune limbică importantă este *nucleul amigdalian*.

Studii recente au arătat că la nivelul amigdalei există neuroni la care se pot determina LTP și LTD. Alte studii au arătat că leziunile amigdalice perturbă profund memoria de lungă durată. Acest nucleu limbic în afară de rolul său în geneza emoțiilor (mai ales a furiei sau fricii), are *un rol cheie* în memorarea datelor *cu conotații afective*. M. Gabriel consideră că amigdala decide dacă o experiență sau o trăire merită sau nu să fie stocată, în funcție de încărcătura sa emoțională.

c) *Cortexul cerebral*

Este evident că imensul număr de neuroni al cortexului cerebral este cea mai adecvată componentă a sistemului nervos central pentru *stocarea* datelor memorate. Grație acțiunilor inițiatore și filtrante ale hipocampului și amigdalei, rețelele neuronale corticale înregistrează informațiile ce îi vin prin sistemele sensitivo-senzoriale, sau pe care le generează ele înșiși și le *conserva uneori toată viața*. Dacă mecanismele elementare microscopice și moleculare încep să fie cunoscute, noi nu știm încă în ce mod se realizează în cortexul cerebral configurația sinaptică ce exprimă o imagine, o idee, sau o trăire emoțională memorată.

În nici un caz nu e vorba de o reprezentare fotografică sau de una de tipul DVD, ci de una dinamică, extinsă pe mari întinderi corticale, sau definită pe întreg cortexul, așa cum o propun *modele holistice*, pe care le datorăm experiențelor lui Lashley.

Unele date experimentale sau clinice sugerează posibilitatea unei stocări de *tip holografic* (Pribram, Balaceanu Stonici și G. Dona s.a.), care implică printre altele o distribuție generalizată difuză și nu una punctiformă (punct la punct) sau riguros geometrică. De aceea nu se poate vorbi de o regiune a cortexului *specială* pentru formarea și conștinerea engramelor.

De asemenea se atribuie *lobului prefrontal* un rol dominant. Aceasta se explică prin efectuarea la acest nivel a unor operații cognitive mai subtile, datorită prezentei foarte dezvoltate a ariei 10 (Brodmann) și a celulelor fusiforme ale lui v. Economo.

Totodată în cazul leziunilor frontale tulburările cognitive și mnemonice sunt mai evidente, căci nu sunt parazitate (uneori acoperite) de alte tulburări (afazii, apraxii, agnozii etc.), ca în cazul lezării celorlalți lobi cerebrali.

Trebuie să menționăm că activitatea mnemonică a cortexului depinde printre multe altele de *sistemele de neurotransmitori*. Dintre acestea rolul principal îl are sistemul *glutaminergic*, dar mai ales cel *colinergic*. Ultimul este reprezentat în mod esențial de axonii colinergici ai neuronilor din *nucleul bazal* al lui Meynert. Gratie acestui fapt acest nucleu este o piesă importantă pentru funcția mnemonică, care apare clar în boala lui Alzheimer, în care degenerarea lui contribuie la apariția tulburărilor de memorie caracteristice pentru această boală.

Exploatarea memoriei

Învățarea (engramarea)

Toate mecanismele și dispozitivele menționate până acum sunt structuri care, datorită plasticității rețelelor neuronale pe care o asigură și gestionează, permit teaurizarea de date și proceduri, prin *procesul de învățare*, una din cele mai extraordinare funcții ale sistemului nervos central.

a) Cea mai simplă formă de învățare este cea care înregistrează *coincidente*, ce se repetă. Este vorba de învățarea *asociativă* sau *pavloviană* (Bechterev, Pavlov). Prin această metodă, un stimul care nu produce nici o reacție, sau o reacție ce nu ne interesează (de ex. sunetul unui clopotel), ajunge să declanșeze o anumită reacție (de ex. secreția salivară), doar dacă *este asociat de un anumit număr de ori* cu alt stimul, care determină, printr-un mecanism înăscut reacția

respectiva (de ex prezentarea unei mancari). In felul acesta, un stimul indiferent devine *stimulul conditionat* al unui raspuns reflex sau automat, care inainte de invatare nu putea fi declansat decat de stimulul lui *neconditionat* (inascut). Intre cei doi stimuli nu exista nici o alta relatie decat coincidenta (asociatia), care realizeaza potentarea sau depresia de lunga durata (LTP sau LTD), care o memoreaza. Simpla asociere de un numar de ori statistic semnificativ este suficienta. Acesta este nucleul modelului *asociationist* sau *conexionist* al invatarii.

Invatarea pavloviana se intalneste si la nevertebratele inferioare. Deasemenea in sistemul nervos se realizeaza si la nivele simple. S-au descris conditionari simple, de tip pavlovian, efectuate pe preparate de maduva izolata.

b) Un mecanism mai complex de invatare este cel *instrumental* sau *skinnerian*. In acest caz intervine *sistemul de rasplata si pedeapsa*. Este o invatare bazata pe incercare si eroare („trial and error”) (E.Thorndike 1932).

Un animal de experienta, situat intr-o cusca speciala, invata sa apese pe anumite pedale obtinand o *traire placuta* si sa evite alte pedale care, atunci cand sunt apasate, ii pricinuesc o *traire neplacuta* (dureroasa). Aceasta selectie o face astfel pe baza „notelor” ce i le da sistemul de rasplata-pedeapsa, care intervine ca un *instructor intern* (intracerebral). In acest model, sistemul de rasplata-pedeapsa intervine ca un *mechanism de intarire* (B.P Skinner 1950,1954). Invatarea instrumentala a fost elegant formalizata matematic de catre Clark Hull, in cadrul modelarii matematice a performantei (1940, 1952).

Semnalele de placere sau suferinta faciliteaza realizarea LTP sau LTD necesare.

Acest tip de invatare este in general grefat functional pe *sistemul motivational*, care opereaza impreuna cu sistemul rasplata-pedeapsa. In felul acesta se adauga o *componenta intentionala*, care ii confera un caracter predictiv, bazat pe placerea scontata a fi produsa de satisfacerea trebuintei impuse de motivatia respectiva si pe speranta eliberarii de neplacerea pricinuita de tensiunea (drive) produsa de nesatisfacerea obiectivului motivatiei.

c) *Invatarea cognitiva* este mult mai complexa. Ea cuprinde doua aspecte:

Invatarea cognitiva procedurala, consta in invatarea unor actiuni, unor acte comportamentale, unor procedee.

Invatarea cognitiva declarativa este cel mai complex proces de invatare, a carui mecanism

este inca foarte putin cunoscut. A fost numita de Suppes si Atkinson *invatare strategica*.

Ea duce la construirea *tezaurului* de date referitoare la obiecte, evenimente, relatii intre ele si abstractizari (in general clasificate si organizate cu ajutorul *limbajului*), care „mobileaza” memoria declarativa umana si care este definita (poate holografic) pe miliarde de neuroni si mii de miliarde de sinapse, la nivelul carora se realizeaza configuratii de LTP si LTD, mentinute de modificari de ADN, potrivit mecanismului molecular pe care l-am prezentat mai sus. Aceasta forma de memorie sta la baza culturii si stiintei. Ea duce la realizarea unui model al lumii prin „harti cognitive” (Tolman) si la amplasarea Eului, cu toate relatiile sale, in acest context. Nu cunoastem nici modul in care se realizeaza aceasta teaurizare, nici modul in care informatiile stocate sunt clasificate si etichetate prin simbolurile limbajului. Este evident ca informatiile sunt *clasificate* intr-un *clasor* de *multimi vagi (fuzzy)*, ierarhizate, insotite de *adrese de memorie*. Pe acest clasor poate fi definita o algebra fuzzy, care poate descrie formal modalitatile de utilizare a datelor memorate.

Reamintim ca organizarea clasorului se face in *timpul somnului*, cand accesul informatiilor aferente este blocat. Am aratat ca aceasta ordonare a datelor memorate se face in special in timpul *somnului paradoxal* si ca visele ar putea fi un epifenomen al aceste ordonari. Aceasta presupune o stransa colaborare intre mecanismele somnului si cele ale memorarii. Unul din punctele cheie ale acestei conlucrari ar putea fi *hipocampul*, care are o activitate electrica interesanta si in timpul invatarii dar si in timpul somnului.

S-a formulat conceptia potrivit careia datele din memoria declarativa sunt conservate sub forma unor configuratii complicate, alcatuite din multimi mari de neuroni si foarte mari de sinapse. Aceste configuratii au fost numite *engrame* care au o anumita distributie si forma. Ele insa nu pot fi considerate fotografii, dischete sau DVD-uri, caci sunt structuri dinamice, substanta vie in general, retelele neuronale in special, fiind intr-o permanenta fluctuatie morfofunctionala. Ceea ce este sigur, este ca enramele sunt niste *constructe* dinamice, realizate de catre retelele neuronale, in retelele neuronale. Ele insa nu pot fi identificate morfologic. Nu se poate preciza nici localizarea lor, nici forma sau dimensiunile lor.

Activarea (evocarea, ecforarea)

Toate aceste memorari ar fi inutile daca nu ar putea fi activate si folosite.

În cazul *învatării pavloviene* sau *skinneriene* procesul este mai simplu. În cadrul acestor memorari de tip behaviorist, a caror schema generală este *stimul-răspuns* (S-R), este suficient ca stimulul învățat (stimulul condiționat, stimulul selectat) să fie aplicat, pentru ca structura „creată” prin învățare să se activeze. Este mecanismul general (evident extrem de simplificat) de activare în cazul memoriei procedurale.

Problema este mult mai complicată în cazul *memoriei declarative*. Nu există nici un model acceptabil care să explice modul cum se activează o engramă (cum este adusă în câmpul conștientei). Sistemul nervos trebuie să dispună de un mecanism foarte subtil, căci permite uneori în fracțiuni de secundă constientizarea unei amintiri, fie mecanic asociativ, fie voluntar (rememorări tinite). În schimb, alteori e vorba de un proces lung și dificil, ca în cazul când tatonăm până ne reamintim un nume „pe care-l simțim în varful limbii” (fenomenul „tip of the tongue”, bine studiat de Wedworth și colab).

Oricum *nu s-a putut încă evidentia* nici un model neurobiologic sau neurofiziologic al eforării.

Uitarea

Așa cum am mai spus utilizarea memoriei ar fi extrem de dificilă și poate chiar imposibilă dacă nu ar exista procesele de *uitare*. Cert este că sunt mai multe mecanisme care duc la fenomenul de uitare, iar cercetările mai vechi de pionierat ale lui H. Ebbinghaus, ca și cele mai recente ale lui Moscovitz și Orgel, au arătat complexitatea fenomenului de uitare, care se desfășoară foarte selectiv (și nu mecanic), mai ales în domeniul memoriei declarative.

Cel mai simplu mecanism al uitării este *stergerea „urmei”* lăsată („trace decay theory”), prin efectele *împulului* (uzură, turn-over molecular, zgometului în sens informațional s.a.).

Fenomenul nu este chiar atât de simplu, căci uzura nu este provocată de utilizarea urmei ci dimpotrivă de *neutilizarea* ei. Urmele mnezice sunt structuri dinamice moleculare (așa cum am văzut), ce se mențin prin utilizare. Ele trebuie în continuu întreținute de mecanisme, care la rândul lor trebuie să fie antrenate.

Acest aspect a fost luat în considerare de școala lui Pavlov, care însă l-a interpretat printr-o complicată dialectică între fenomene de excitație și inhibiție (două concepte esențiale pentru pavlovism, dar rămase la faza de abstracțiuni ipotetice fără conținut concret).

Am vazut ca procesul de uitare este uneori *activ* prin interventia protein-fosfatazei PP1, ceea ce complica mult intelegerea mecanismelor uitarii.

Imposibil este de explicat cum se realizeaza *selectia* in procesul de uitare, in cazul memoriei declarative, cand intervin criterii ca semnificatia, conotatiile motivationale si/sau cele afective, existenta sau nonexistenta unor relatii intre stimulii memorati (ca in cazul recitarii unui text memorat, o poezie sau o rugaciune), ca si unii factori contextuali.

Unele urme memorate se sterg *definitiv* ceea ce defineste o *uitare propriu zisa*, dar altele devin doar *inaccesibile* (se sting cum zicea Pavlov), prin mecanisme poate analoage cu cele folosite in informatica (ascundere, trimetere la „cos”s.a.).

In sprijinul acestei ipoteze vin doua manifestari. Una este *reminiscenta* in cursul careia, date sau procedee care pareau uitate definitiv revin in constienta automat (in conditii speciale, aleatoriu, provocate de un inerlocutor, pe baza unor simple asociatii etc.) sau se activeaza in vise. Alta este *activarea paroxistica* a unor amintiri, deseori extrem de detaliate, in cursul unor crize de epilepsie uncinata sau temporala, cand realizeaza uneori o *viziune recapitulativa panoramica* a unei perioade a vietii, sau alteori acele *stari de vis* („dreamy states”), descrise de Jakson si Barbizet in tumori din vecinatatea uncusului hipocampic si de Penfield in cursul unor excitari experimentale ale lobului temporal. Nu cunoastem bazele moleculare sau neurofiziologice ale acestor fenomene de pseudouitare. Fenomenele amintite atrag insa atentia asupra rolului jucat de lobul temporal si regiunea hipocampica in ecforarea engramelor pseudouitate.



1.3. Rezumat

Existenta noastra se desfasoara guvernata de scurgerea unidirectionala si ireversibila a *timpului*, de la trecut, prin prezent spre viitor. Evident ca aceasta se resfrange si asupra vietii noastre psihice, dar si asupra mecanismelor neuropsihologice.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. In sistemul nervos, in functie de durata de persistenta a urmelor respective, exista trei tipuri de memorie:

- a) memoria imediata, cu o persistenta de ordinul fractiunilor de secunda;
- b) memoria de scurta durata, cu o persistenta de ordinul minutelor;
- c) memoria de lunga durata, cu o durata de ordinul deceniilor.



1.5. Bibliografie recomandată

- 1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, biblioteca electronică;
- 2. Nicolau E., Bălăceanu- Stolnici C., *Neurocibernetica* , Ed. Științifică, 1967;
- 3. Bălăceanu-Stolnici C.,Borosanu A.,Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna , Constanța, 2006;

Capitolul X.

Neurobiologia somnului



1.1. Introducere

Teoria umorală a reglării somnului propusă de Ishimori și Pieron postulează că în timpul stării de veghe în organism se acumulează substanțe somnogene, care asigură homeostaza somnului. Prostaglandina D2, adenzina și citokinele au fost propuse drept substanțe somnogene efective. De asemenea, s-a descoperit faptul că reglarea ciclului somn-veghe este realizată prin interacțiunea dintre diverși neuroni ce controlează starea de veghe și somnul. În această lucrare, realizăm o scurtă trecere în revistă a neurobiologiei somnului.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

a) Starile de vigilență

Starile de vigilență normale sunt:

- Starea de alertă
- Starea de veghe
- Starea de somnolentă
- Starea de somn clasic sau lent
- Starea de somn paradoxal(REM)

Starile de vigilență patologice

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| Letargia | Stări crepusculare și oniroide |
| Coma vigila | Stări confuzo-onirice |
| Coma superficială | Stări de depersonalizare |
| Coma profundă (carus) | Stări halucinatorii delirante |
| Moartea clinică | |

b) Starea de veghe

Descriere

Starea de veghe este caracterizata prin *activitatea constienta* a sistemului psihic uman, in cursul careia se desfasoara activitatea cognitiva, trairile afective si comportamentul.

In starea de veghe electroencefalograma (EEG) este caracterizata in stare de relaxare (stand by) prin *ritmul alfa* (de 8-13 Hz), regulat, modulat in amplitudine, uneori sub forma unor fusuri. In proportie de circa 10% se gasesc si unde mai lente *theta* (4-8Hz). In stare de atentie, de atentie marita sau de alerta, ritmul alfa este inlocuit de unde mai rapide, *beta* (13-30Hz), mai putin ample si relativ neregulate.

Mecanismul neurofiziologic

Starea de veghe este mentinuta de un sistem neurofiziologic complex, format din cinci dispozitive de activare a cortexului cerebral, ce se inscriu in *sistemul activator ascendent al formatiei reticulare*.

Sistemul de trezire talamic

Acest sistem isi are originea in *neuronii colinergici pontini*, ai caror axoni ajung la nucleii nespecifici ai talamusului. Axonii neuronilor acestor nucleii talamici sunt *glutaminergici* si se distribuie scoartei cerebrale. Asupra neuronilor colinergici pontini actioneaza activator unui neuron din *nucleul solitar*, ce apartin sistemului vegetativ aferent (nu numai caii gustative), fibre colaterale din caile senzitivosenzoriale si din alte portiuni ale formatiei reticulare.

Sistemul de trezire extratalamic

Este format din doua componente principale paralele, care ajung la scoarta cerebrala prin *fasciculul frontal bazal*.

Una este *colinergica* si isi are originile in *nucleul bazal a lui Meynert*, de unde fibre colinergice se distribuie intregii scoarte cerebrale. Este activat de *formatia reticulara bulbara*

Cealalta este *histaminergica* si isi are originile in *nucleul hipotalamic posterior* (*nucleul tuberomamilar*).

Prin inhibarea acestei cai, medicatia antihistaminica genereaza somn sau somnolenta.

La acestea se adauga fibre reticulare ascendente *noradrenalinice* si *dopaminergice*, din *locus coeruleus* si unele fibre serotoninergice, din *nucleii rafeului pontomesencefalic*.

c) Starea de somn clasic (lent)

Descriere

Somnul lent este caracterizat printr-o estompare treptată și apoi *dispariție, a fluxului conștientei*. Subiectul este *izolat senzitivosenzorial* de mediu. Numai unii stimuli foarte importanți, pentru motivațiile celui ce doarme, sau puternici (mai ales cei dureroși) pot străbate bariera de izolare. Aspectul clinic al celui ce doarme este bine cunoscut, așa că nu este cazul să-l descriem aici.

Somnul lent se însoțește de *modificări vegetative* bine cunoscute. Respirația se rarește și devine mai amplă, ritmul cardiac scade, secrețiile mucoaselor diminuează, temperatura corporală scade ș.a.m.d.

În cadrul somnului lent se disting mai multe grade de profunzime, sau stadii, care au și caracteristici electroencefalografice care au permis stadializarea lui:

Stadiul I (somnolenta, atipire) se exprimă printr-un *ritm alfa* regulat.

Stadiul II (somn ușor) se exprimă printr-un ritm *theta* mai rar, peste care se suprapun *fusuri* de unde rapide și *complexele K*;

Stadiul III (somn profund) se manifestă prin apariția unor unde și mai lente *delta* (2 Hz) care invadează ritmul *theta*. Complexele K și fusurile continuă să fie prezente;

Stadiul IV (somn foarte profund) se caracterizează printr-un ritm foarte lent (*unde delta*), continuu, *fără fusuri sau complexe K*

Mecanismul neurofiziologic

Instalarea și menținerea stării de somn se face prin două dispozitive neurofiziologice:

Sistemul de adormire reticular este reprezentat de fibre *serotonergice*, care își au originea în nucleii *rafeului median* ce se distribuie scoartei cerebrale.

Sistemul de adormire hipotalamic este cel ce asigură adormirea și menținerea somnului. El este un sistem gabaergic, ce își are originile în *nucleul ventrolateral preoptic (nucleul V.L.P.O.)* din hipotalamusul anterior.

Acest sistem exercită o acțiune de *inhibare* (de blocare), prin acidul gama amino butiric (GABA), a neuronilor celor cinci formații ce mențin starea de veghe : nucleul lui Meynert, nucleul tuberomamilar, locus coeruleus, nucleii de trezire ai rafeului și neuronii colinergici pontini.

După cum se vede, somnul este rezultatul în special al *suprimării stării de veghe*. Deci este un fenomen *negativ*, spre deosebire de starea de veghe care este un fenomen activ, pozitiv.

d) Somnul paradoxal (REM)

Descriere

Aspectul exterior nu difera de cel din somnul clasic. Se constata totusi o *relaxare musculara* mult mai mare, mai ales o hipotonie (chiar *atonie*) a *muschilor* cefei, la care se adauga o erectie peniana sau clitoridiana.

Fenomenul cel mai caracteristic este existenta unor *miscari rapide* neregulate a *globilor oculari*, ce se pot vedea prin pleoapele ce raman contractate. Ele se obiectiveaza clar in inregistrarile poligrafice din timpul somnului. De aceea, Kleitmann si Asserinski au numit acest somn, somnul cu ” miscari rapide ale globilor oculari”, sau *REM*.

Spre deosebire de somnul lent cand activitatea contienta este complet suspendata, in timpul somnului REM, apar *visele*. Putem spune ca somnul paradoxal este starea de vis, sau a *activitatii onirice*

Visele sunt trairi halucinatorii, predominant vizuale (dar si polisenzoriale), de scurta durata, organizate sub forma unor clipuri mai mult sau mai putin coerente, insotite adesea de conotatii emotionale. Cand aceste conotatii devin terifiante, avem de-a face cu *cosmaruri*.

La realizarea viselor contribuie *cortexul* occipital, cel prefrontal (si orbital) si cel de la rascrucea parieto-occipito-temporala.

Una din caracteristicile viselor este ca *memorarea* lor se face deobicei sub forma de scurta durata, asa ca majoritatea continuturilor onirice este *uitata*.

Din punctul de vedere al EEG, in timpul somnului REM exista trasee foarte asemanatoare cu cele din starea de veghe, desi subiectul doarme. De aceea Juvet a numit acest somn *somn paradoxal*. Traseul cuprinde un *ritm alfa* desincronizat, cu unde rapide regulate, la care se adauga bufeuri de descarcari in vertex, de unde rapide in *dinti de fierastrau*.

Mecanismul neurofiziologic

Somnul REM implica interventia unor formatiuni care *suprapun* efectele lor peste cele ale mecanismului somnului lent, ce continua sa suspende starea de veghe.

Responsabile pentru aparitia somnului REM sunt doua clase de neuroni, numiti *PGO-on* colinergici (care declanseaza si mentin somnul REM) si *PGO-off* (care suprima somnul REM). Sunt situati in calota pontina orala (M.Juvet; Siegel si colab 1984). Neuronii PGO-on sunt

colinergici si glutaminergici, in timp ce neuronii PGO-off sunt serotonergici, noradrenergici si gabaergici.

S-a constatat ca in mecanismele somnului REM intervine un polipeptid, descris in 1998 de L.De Lecea si T. Kilduff, sub numele de *hipocretina* si de Masashi Yanagisaw sub numele de *orexina*.

Acest hormon este produs de niste neuroni din hipotalamusul lateral, unde formeaza un roi de circa 1500 de celule nervoase secretorii. El are doua functii. Una este de stimulare a *apetitului* si joaca un rol in geneza unor forme de obezitate (de unde numele de orexina). Alta - care ne intereseaza- este de *frenare a somnului paradoxal* indirect, prin stimularea sistemelor histaminergic (n.tuberomamilar), noradrenergic (locus coeruleus) si serotonergic (n.rafeului), care determina starea veghe.

e) Ceasul circadian

Starile de veghe si somn se succed regulat. Aceasta se datoreste faptului ca periodic, odata la 24 de ore, starea de veghe este blocata si se instaleaza starea de somn.

Durata somnului, odata instalat, este variabila de la individ la individ. De cele mai multe ori dureaza 7-8 ore, dupa care starea de veghe se instaleaza din nou.

Declansarea periodica si durata somnului sunt determinate de neuronii din *nucleul suprachiasmatic*, din hipotalamusul anterior, care stimuleaza prin conexiuni directe nucleii hipnogeni (in primul rand nucleul VLPO) (C.A.Czeisler si M.Reppert - 1972).

Acesti neuroni au o activitate bifazica, *ritmica, intrinseca*, asemanatoare cu un oscilator sau ceas, cu o perioada de circa 24 de ore (*ritm circadian*). Ei isi pastreaza acest ritm si cand sunt scosi din hipotalamus si sunt mentinuti in culturi in laborator. Este vorba de unul din ceasurile biologice cele mai importante si cele mai vechi, deoarece exista de 4 miliarde de ani la algele albastre, ca Euglena (M.Juvet).

Mentionam ca incepe sa fie activ inca din perioada fetala (M.Mirmiran si colab 1992).

Cercetari minutioase incepute la o musculita (*Drosophila*), continuate la mamifere si apoi la om, au aratat ca periodicitatea neuronilor respectivi se datoreste unui mecanism cibernetic (cu o bucla retroactiva) biochimic, in care rolul cheie il joaca niste gene. Aceasta periodicitate este generata individual in fiecare neuron (nu este generat de retea) si are la baza un mecanism

filogenetic foarte vechi, care s-a pastrat.

Ritmurile individuale ale fiecarui neuron sunt apoi sincronizate printr-un mecanism, in care intervine un inhibitor al sintezei unor proteine (S.Yamaguchi si colab.- 2003) si unele sinapse electrice (M. Long si colab. 2004).

f) Rolul ritmului planetar zi-noapte

Ciclul veghe-somn, pentru a fi optim si a nu periclita supravietuirea speciei, trebuie sa fie sincronizat cu ritmul planetar zi-noapte. Pentru aceasta trebuie ca *retina* sa influenteze nucleul suprachiasmatic. In felul acesta, ritmul circadian devine un *ritm nichthemeral*.

Totodata *nucleul suprachiasmatic* informeaza si alti nuclei hipotalamici despre gradul de iluminare a retinei. Asa cum am mai aratat acestia prin fibrele eferente din fasciculul lui Schutz, actioneaza pe neuronii vegetativi din *maduva cervicala* care la randul lor controleaza *glanda pineala* sau *epifiza* prin cai eferente *simpatice* (cu un releu in *ganglionul cervical superior*), ce merg in lungul arterelor, (J. Axelrod 1970). Am vazut ca aceasta secreta, cand este intuneric, *melatonina*, un hormon ce intareste dispozitivul de adormire.

f) Ritmul ultradian

In cursul perioadei de somn al unui om adult normal, se succed *cinci cicluri* de cate 90 de minute.

Fiecare ciclu cuprinde o prima parte de somn lent, urmata de o a doua parte de somn paradoxal de 10-15 minute. In primele cicluri ale somnului, duratele somnului paradoxal si ale ciclurilor sunt mai scurte. In medie, la un adult normal, durata totala a somnului paradoxal reprezinta 20% din durata totala a somnului.

In portiunea de somn lent, somnul se adanceste de la stadiul 1 la stadiul 4 si apoi isi revine spre stadiul 1. Pe masura ce ciclurile se succed, durata stadiului 4 scade (in ultimele cicluri poate chiar sa lipseasca).

g) Rolul somnului

Am vazut ca, pentru realizarea somnului, este nevoie de o „masina” extrem de complicata si costisitoare. De asemenea nu trebuie sa uitam ca starea de somn este extrem de periculoasa, caci lasa individul izolat, fara nici o aparare in fata prinejdiilor venite din mediu. Rezulta ca somnul trebuie sa fie *foarte necesar*.

Datele experimentale obtinute prin *deprivare de somn* in totalitate, sau numai de somn lent,

sau REM, au confirmat cele de mai sus. Aceste deprivari duc la tulburari mari si chinuitoare, *psihice* (cu alterari ale personalitatii) mergand pana la stari confuzionale si *organice*, care pot merge pana la moarte. Ele au fost folosite ca mijloc de tortura, in anchetele din vremea comunista.

Nu stim astazi decat ca, somnul sub toate variantele sale, este necesar, nu este un repaus al encefalului si ca, probabil, are un rol major, fara sa stim cu certitudine care este acel rol.

Este mai mult decat probabil, ca in timpul somnului lent au loc *reajustari metabolice* si *fenomene reparatorii neurobiologice*. Este posibil ca somnul lent sa intervina, ca si operatia de resetare a calculatoarelor care stim ca are un rol in reordonarea datelor, drive-urilor si programelor si la suprimarea unor disfunctionalitati.

In ceea ce priveste rostul somnului paradoxal si mai ales al viselor, el ramane un mister. Este posibil (asa cum unul din noi (C,B,S,) a sustinut inca din anii 70) ca visele sa fie reflectarea in planul constientei a prelucrarii, ordonarii si revizurii datelor si programelor, acumulate in cursul starii de veghe. Aceasta ar insemna ca activitatea cerebrala in cursul somnului este extrem de complexa si necesara.

Caracterul trairilor onirice a impresionat omenirea de la zorile ei si a generat o serie de interpretari de ordin speculativ, de la visul premonitor sau samanic, la modelul freudian, care, cu toate ca sunt fascinante, nu-si au locul aici, intr-o prezentare neurobiologica si neuropsihologica.

Baza lor neurobiologica sau neurochimica este demonstrata de posibilitatea de a genera trairi onirice, cu ajutorul substantelor halucinogene (beladona, scopolamina, mescalina, hasis, LSD etc).

De asemenea cunoastem *activitati onirice* sub forma halucinatiilor sau halucinozelor, pricinuite de leziuni in calota mesencefalica (halucinoza pedunculara a lui L.van Bogaert - 1923 descrisa de L'Hermitte in 1922), in leziunile hipocampice (dreamy states, crize uncinate), de lob temporal (de tipul halucinatiilor lui Dostoyewsky studiate de Alajouanine -1963) sau de lob parietal (Penrose si Wilder- 1968), ceea ce dovedeste complexitatea suportului anatomic al viselor.



1.3. Rezumat

În capitolul de mai sus a fost exemplificată neurobiologia somnului



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Sistemul de trezire extratalamic:

- a) este format din doua componente principale paralele, care ajung la scoarta cerebrala prin fascicolul frontal bazal;
- b) se manifesta prin aparitia unor unde si mai lente delta (2 Hz) care invadeaza ritmul theta;
- c) se caraterizeaza printr-un ritm foarte lent (unde delta), continuu, fara fusuri sau complexe K.



1.5. Bibliografie recomandată

- 1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, biblioteca electronică;
- 2. Nicolau E., Bălăceanu- Stolnici C., *Neurocibernetica* , Ed. Științifică, 1967;
- 3. Bălăceanu-Stolnici C.,Borosanu A.,Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna , Constanța, 2006;

Capitolul XI.

Asimetria cerebrală



1.1. Introducere

Una din particularitățile de construcție ale vertebratelor este *simetria* lor dreapta-stanga, pe care o regăsim și la om, inclusiv în organizarea sistemului nervos. Cu toate acestea, la o analiză atentă morfologică și funcțională, se constată, mai ales la nivelul hemisferelor cerebrale, o *asimetrie*.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

Această asimetrie *nu* este cum s-a crezut specifică omului și ca atare legată doar de apariția limbajului acum circa 2 milioane de ani (la *Homo habilis*), ci se întâlnește la maimuțele antropoide, dar și *la alte animale* chiar nevertebrate (cum ar fi unii crabi care sunt dreptaci).

a) Cauzele asimetriei cerebrale

Cauzele invocate pentru a explica asimetria cerebrală sunt multiple:

Cea mai importantă cauză este însăși *procesul de bioconstrucție* al creierului, care folosește o programare ce implică asimetria. Acest proces, determinat de genom, ar avea după unii și o condiționare *ereditară*.

S-a susținut că, favorizarea bioconstrucției hemisferei stângi ar fi condiționată de faptul că fluxul sanguin este mai bogat prin *carotida stângă*, ce se desprinde direct din arcul aortic, decât prin carotida dreaptă ce se desprinde din trunchiul brachiocefalic.

Previc, în 1991, a susținut că deoarece *poziția fetală* normală în ultimele trei luni este cu partea sa dreaptă către exterior, urechea dreaptă percepe mai mult și antrenează o dezvoltare mai bogată a emisferei stângi.

Nu trebuie uitat că plasticitatea sistemului nervos poate întări sau inversa asimetria

cerebrala, printr-un proces de *invatare* si prin noi adaptari functionale (A. Toga si P. Thompson).

La aceste cauze normale se adauga uneori si *cauze patologice* (diferite boli sau procese teratologice), ce pot duce la asimetrii aberante, asupra carora nu vom insista aici.

Asimetria hemisferica este in general mai marcata la *barbati* decat la *femei* (B.A.Schaywitz si col.-1995;D.Kimura 2000). Acest dimorfism sexual nu este determinat de genom, ci de nivelul androgenilor si al hormonilor sexuali feminini din circulatie.

b) Asimetrii macroscopice

In general se constata ca polul frontal stang este mai retras, in timp ce cel occipital stang depaseste pe cel drept, ceea ce a fost denumit *torsiunea antiorara a luiYakovlev* (*Cheverud si col 1990*).

Planul temporal (partea superioara a portiunei posterioare, a primei circonvolutiuni temporale) este mult mai dezvoltat (uneori de zece ori mai mare) in stanga la dreptaci. Este o regiune implicata in realizarea limbajului, dar aceasta asimetrie exista si la primatelor superioare care nu au limbaj. Este cea mai semnificativa asimetrie a creierului uman (M.LeMay 1976). Aceasta asimetrie se reflecta in aspectul asimetric al portiunei terminale a *scizurei lu Sylvius*.

Sunt autori care au gasit o mai mare dezvoltare in dreapta a *circonvolutiei lui Heschel* (unde se afla aria primara auditiva).

Aria lui Broca (camp 44 Brodmann) este si ea mai dezvoltata in stanga, inca de la antropoide (care nu au limbaj).

Santul lui Rolando este mai adanc in dreapta (la dreptaci), la care si *fascicoulul piramidal drept* este mai dezvoltat.

Aceste asimetrii macroscopice au fost confirmate de imagistica moderna digitala, tridimensionala si de studiul statistic al hartilor cerebrale astfel obtinute

Din punct de vedere *evolutiv* s-a constatat ca zona motorie primara si fascicoulul piramidal din stanga incep sa se maturizeze mai devreme si se maturizeaza mai repede decat cele din dreapta(R.Joseph 2000).In schimb componentele non- motorii ale lobului frontal se maturizeaza mai devreme si mai repede in dreapta(Chi si col. 1977;Scheibel 1993)ceea ce confera o oarecare dominanta a emisferei drepte in domeniul functiilor senzoriale si ale sistemului limbic(Chiron si col. 1997)

c)Asimetrii microscopice

Cercetarile lui Galaburda si col. (1968) au aratat ca si la nivel *citoarhitectonic* se confirma o dezvoltare mai mare a planului temporal stang, insa fara remanieri structurale, fata de cel drept, iar cercetarile lui Scheibel si col (1985) au aratat ca in zona lui Wernike, a limbajului, *arborizatiile dendritice* sunt mai extinse.

In rest nu se constata diferente intre ariile corticale corespunzatoare din cele doua emisfere.

In schimb s-a aratat ca in hemisfera stanga se gasesc mai multi receptori pentru *dopamina* decat in cea dreapta, in care sunt mai multi receptori pentru *noradrenalina*, diferentele fiind mai accentuate la nivelul nucleilor de la baza (D.M. Tucker si P.A. Williamson 1984). Hemisfera stanga ar fi organizata in jurul sistemului dopaminergic, ceea ce ii confera o mai mare *eficienta* in domeniul motilitatii precum si finetea necesara limbajului, in timp ce hemisfera dreapta noradrenergica ar interveni in *procesele de arousal*, care determina *starea de alerta si interesul* catre stimuli noi.

c) Asimetrii functionale

-Utilizarea preferentiala

Asimetria functionala cea mai frapanta (care a si impus denumirea ei) este *utilizarea preferentiala* a mainii drepte (dar si a piciorul, ochiului si urechii din dreapta). Aceasta se manifesta si printr-o aparenta fiabilitate mai buna in dreapta si o forta musculara mai accentuata (probabil insa prin utilizare) a membrilor din dreapta. Ea atribuie un rol preponderent emisferei stangi, la dreptaci.

-Integrarea spatialitatii

O alta asimetrie se refera la domeniul complicat al *integrarii spatialitatii*. De data aceasta rolul principal, este atribuit *hemisferei drepte* la dreptaci. Este vorba de *organizarea spatiala a miscarilor*, a scrisului si desenelor. De aceea lezările parietotemporale ale acestei hemisfere duc, printre altele, la o *apraxie constructiva* in care pacientul este incapabil sa organizeze spatial un desen, sa aseze corect piesele unui ansamblu sau sa ordoneze cifrele unele langa altele, sau unele sub altele, pentru calcul.

Tot aceasta hemisfera asigura *orientarea noastra spatiala, distinctia dintre dreapta si stanga*. Lezarea ei determina uneori absenta constientizarii (*neglijarea*) hemispatiului stang.

Hemisfera dreapta are un rol dominant in formarea *imaginei noastre corporale*. E vorba de un construct mental care se organizeaza treptat (Piaget) in primii 8-9 ani ai vietii si care este reflectarea la nivelul constientei a formei, dimensiunilor si pozitiei corpului nostru, a membrelor si a componentelor acestora chiar daca suntem in intuneric sau cu ochii inchisi.

-Apraxiile

Apraxia este o dezorganizare a motilitatii voluntare care nu este un deficit motor, o distonie musculara, o tulburare de coordonare, si nici expresia unei tulburari psihice

Este o dezorganizare care exprima imposibilitate a de a structura o miscare care sa corespunda finalitatii dorite de subiect. Este o tulburare a planificarii (programarii) miscarii. Aceasta dezorganizare se poate ivi la diferitele nivele ale organizarii unui act motor voluntar. De aceea avem mai multe forme de apraxie.

a) Cea mai elementara forma de apraxie este *apraxia melokinetica* (apraxia motorie a lui Kleist) in cursul careia miscarile fine elementare ale degetelor (incheierea unui nasture, legarea unor sirturi, etc) numai pot fi organizate. Ele sunt de obicei limitate la o mana

b) O forma mai complexa este *apraxia ideomotorie* (apraxia lui Liepmann) in cursul careia toate miscarile voluntare gandite si comandate sunt desorganizate in special din punct de vedere spatial, desi bolnavul stie foarte bine ce trebuie sa faca, ce scop urmareste miscarea respectiva si o poate descrie cu precizie chiar daca nu o poate executa.

c) Forma cea mai complexa este *apraxia ideatorie* care se petrece la nivel mental si care totdeauna este bilaterala. E ca si cand suferindul ar avea o “dementia circumscrisa exclusiv la domeniul miscarilor voluntare”, pe care in general nu le poate descrie (spre deosebire de cazurile de apraxie ideomotorie).

-Limbajul

In speta noastra hemisfera stanga este locul unde se afla “*masina cerebrala a limbajului*”, asa cum au demonstrat prin metode anatomoclinice inca din secolul XIX Broca, Wernicke, Dejerine si altii si au confirmat apoi prin metode mai moderne Penfield, Geschwindt, Kreindler, Voinescu, Fradis, Milner, Curtis, Creutzfeldt si multi altii in secolul XX. Faptul ca doar una dintre hemisfere “vorbeste”, a dus la conceptul de *hemisfera dominanta*, care insa nu tine seama de rolul important (pe care l-am vazut) al hemisferei cealalte numita, *minora*.

Aceasta masina a limbajului este *construita in creier*, prin genele respective. Initial, in primii 4-5 ani, ambele hemisfere dispun de cate o “masina de vorbit”, primordiala, in curs de constructie. Ulterior, numai hemisfera stanga este acaparata de dezvoltarea acestui dispozitiv, care foloseste in special arii cerebrale *specific umane* (39,40).

Limbajul uman este rezultatul evolutiei antropoidelor si reprezinta cel mai perfect *sistem de comunicare biologic* de pe planeta noastra.

Dupa Popper si Eccles (1977), limbajul incepe in filogeneza, dar si in cursul dezvoltarii noului nascut si al copilului, prin a fi un simplu *sistem de expresii sonore si mimince*, ce exprima stari emotionale (placute sau neplacute). Lui i se adauga apoi un *sistem de semnalizare*, prin care cel ce emite cauta sa informeze pe altii despre ceva (o primejdie, o sursa alimentara etc.), cum ar fi strigatele de alarma ale pasarilor. Aceste *doua aspecte* definesc limbajele tuturor animalelor.

La om limbajul devine *descriptiv*, caci este utilizat pentru descrierea lumii din afara, a evenimentelor, obiectelor etc. si a lumii interioare a trairilor, a gandurilor etc. Dupa acesti autori, aspectul cel mai evoluat este cel al *discutiilor argumentate*, care e legat de *gandirea rationala* (forma cea mai evoluata a functiilor cognitive) si de arta *discutiei critice*.

Dupa N. Chomsky (1967), pentru ca limbajul sa fie posibil, trebuie sa existe o *limba*, definita de un *inventar de semnale* elementare (foneme, grafeme, gesturi elementare), care constituie **alfabetul** (in sensul cel mai general al termenului) limbii respective si de un *set de reguli* de combinare al lor, o **gramatica** ce permite formarea cuvintelor (*morfologia*) si deci a **dictionarului** si a **sintagmelor** (*sintaxa*) (modelul **gramaticilor generative**).

Tot Chomsky (unul din marii matematicieni ai secolului XX) a aratat ca limbajul e constituit din cinci nivele:

- 1) *Nivelul biofizic* (al organelor si fenomenelor fizice generate de ele);
- 2) *Nivelul statistic*, al distributiei fonemelor (literelor) si cuvintelor. Aici intervin unele *legi statistice*, proprii fiecarei limbi (legile lui Estoup, Zipf sau Nicolau) si niste concepte apartinand *teoriei informatiei* ca entropia informationala a lui Shannon, energia informationala a lui Onicescu sau cantitatea de informatie.
- 3) *Nivelul sintagmatic* (al sintagmelor construite cu ajutorul gramaticilor generative).
- 4) *Nivelul paradigmatic*, al sensului exprimat de diferitele sintagme. Aici intervine

complexa problema analizata de F. de Saussure, *al relatiei* dintre ceea ce este desemnat si ceea ce desemneaza (*semnificat-semnificant*). Este una dintre cele mai dificile probleme de psiholingvistica, legata de functiile cognitive.

5) *Nivelul pragmatic*, al intentiei sau scopului urmarit, al efectului scontat, care situeaza limbajul in cadrul comportamentului uman.

Limbajul sub formele sale *verbale* (vorbit, scris, etc) si *nonverbale* (gesturi, mimica, modularile afective ale limbajului vorbit etc) este *sistemul de comunicare* intre oameni. Totodata este si *sistemul de ordonare a functiilor cognitive* umane (adrese de memorie, etichete ce denumesc obiecte, relatii sau fenomene, enunturi si rationamente logice etc).

Se disting doua forme ale limbajului, cel exprimat (*extern*), pentru a stabili o relatie cu cineva si cel *interior*, acel monolog, tacut, pe care nimeni nu-l poate detecta din afara, care insoteste marea majoritate a proceselor noastre cognitive.

Schematic (didactic) se disting mai multe forme de afazie, care depind de localizarea leziunilor in zona limbajului:

1) *Afazia motorie a lui Broca* (numita uneori anartrie) este o *afazie expresiva*, in care bolnavul *nu poate vorbi* deloc sau cu foarte mari alteratii, dar *intelege* orice i se spune sau scrie.

2) *Afazia senzoriala a lui Wernicke* este o afazie receptiva, in care bolnavul *nu intelege* cele ce i se spun sau scriu, dar poate sa-si *exprime* gandurile, atat in scris cat si vorbit.

3) *Afaziile de disconexie si cele transcorticale* sunt polimorfe si cuprind tulburari in *intelegerea si exprimarea*, verbala sau grafica. Structura gramaticala a sintagmelor este alterata, frazele sunt scurte in *stil telegrafic*.

4) *Afazia globala sau mixta* se manifesta prin tulburari de intensitate variabila, atat ale exprimarii cat si ale receptarii mesajelor linguistice vorbite si scrise.

5) *Surditatea verbala* este o afazie cand doar *comprehensiunea mesajelor verbale* este abolita.

6) *Cecitatea verbala sau alexia* se manifesta doar prin pierderea capacitatii de a citi, cu conservarea celor de a intelege cele vorbite, de a vorbi si de a scrie.

7) *Agrafia* este rara si se manifesta exclusiv prin imposibilitatea de a scrie, desi motricitatea este perfect conservata. Leziunile se afla in cortexul prefrontal, in aria 8, din stanga.

Muzica

Perceptia si trairea muzicii se realizeaza prin procese complexe si multiple, la care contribuie in mod *asimetric* cele *doua hemisfere* cerebrale.

Hemisfera stanga (majora) realizeaza dominant *integrarea lingvistica* a muzicii, structura ei gramaticala, ca si scrierea si lectura partiturilor. Hemisfera dreapta este angajata mai mult in *structura melodica* sau *armonica* a muzicii si asigura impactul ei emotional.

In general exista o *mare variabilitate* individuala in ceea ce priveste zonele corticale implicate in perceptia muzicala. Ele se gasesc in lobii temporali, in zona lui Wernicke(rascrucea parieto-occipito-temporala) si in lobul prefrontal. Cercetarie prin tomografie PET au aratat ca zona care se implica in cursul trairii muzicate la melomani si muzicanti este mai extinsa dar numai in hemisfera stanga

Asimetrii psihologice

Exista o vasta literatura privind participarea diferita a celor doua hemisfere la activitatea psihica. Datele sunt deseori contradictorii si e greu de facut o sistematizare clara.

In general *hemisfera stanga*, dopaminergica (cea care vorbeste) este mai implicata in *functiile cognitive*, in gandirea rationala, in procesele de abstractizare, de formare a notiunilor, in timp ce *hemisfera dreapta*, noradrenergica participa mai mult la viata emotionala, la generarea trairilor afective, la fenomenele de stress.

Tulburarile psihice din leziunile de hemisfera dominanta sunt de obicei mascate de tulburarile de limbaj.

Tulburarile psihice din leziunile de hemisfera minora sunt mai evidente si sunt dominate de o *aplatizare afectiva*, adevarata robotizare (P. Mac Caffrey-2001), pe fondul careia pot apare scurt circuitari emotionale necontrolate. La acestea se adauga *deficiente cognitive*, mai ales in domeniul rezolvarii de probleme si o tendinta la *confabulatii* (Brownwell si col.- 1995).

Deasemenea are un rol mai mare decat hemisfera stanga in realizarea viselor (a somnului paradoxal).

d) Split brain

Studiul asimetriei hemisferelor a fost facut si prin *separarea* celor doua hemisfere, realizata prin sectionarea corpului calos de catre neurochirurghi, sau in urma unor embolii ale arterei

cerebrale anterioare. Ceea ce rezulta a fost denumit *split brain* (creier despicat). Cercetarile cele mai importante in acest sens le datoram lui R. Sperry si apoi cele ale elevului sau, M. Gazzaniga.

Ca o concluzie generala, Sperry scria: ”...fiecare hemisfera are propriile sale senzații si percpetii, propriile sale concepte, ca si propriile sale impulsuri de a actiona, legate de propriile sale experiente memorate, volitionale si cognitive’.

“Hemisfera stanga este marea specialista in a gandi, a calcula si mai ales in a vorbi. Hemisfera dreapta departe de a fi o imbecila, este doar o analfabeta (stie doar sa se balbae), ce foloseste intuitia si are o viata emotionala mai intensa. Este melomana si plina de umor, este visatoare si are o mare dexteritate in a manui spatiul” (P. Pietsch).

Desi avem doua hemisfere diferite, avem o singura personalitate. Aceasta *unicitate* se mentine si in cazul de split brain, ceea ce este surprinzator, intr-o prima aproximatie.

Unicitatea eului si a comportamentului se explica prin *numeroasele comisuri* care leaga cele doua hemisfere cerebrale, in afara de corpul calos (toate comisurile rinencefalice si diencefalice pe care le-am mentionat in alte capitole).



1.3. Rezumat

Una din particularitatile de constructie ale vertebratelor este *simetria* lor dreapta-stanga, pe care o regasim si la om, inclusiv in organizarea sistemului nervos. Cu toate acestea, la o analiza atenta morfologica si functionala, se constata, mai ales la nivelul hemisferelor cerebrale, o *asimetrie*.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Se disting doua forme ale limbajului, și anume:

- a) cel exprimat (*extern*) pentru a stabili o relatie cu cineva;
- b) cel *interior*, acel monolog, tacut, pe care nimeni nu-l poate detecta din afara, care insoteste marea majoritate a proceselor noastre cognitive;
- c) cel ambivalent.



1.5. Bibliografie recomandată

1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, biblioteca electronică;
2. Nicolau E., Bălăceanu- Stolnici C., *Neurocibernetica* , Ed. Științifică, 1967;
3. Bălăceanu-Stolnici C.,Borosanu A.,Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna , Constanța, 2006;

Capitolul XII.

Neuropsihologia sexualității

Capitolul XIII.

Bazele neurofiziologice ale stresului

Capitolul XIV.

Conștiența



1.1. Introducere

În cuprinsul acestui capitol sunt prezentate cunoștințele referitoare la noțiunea de conștiență.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

Definiii

Psihologia moderna dispune de doua demersuri. Unul clasic care se refera la fenomenele psihice *traite* si explorabile prin *introspectie* si unul mai recent care se refera la comportamentul

privit exclusiv din afara si la structurile nervoase ce asigura *realizarea* lui Exista si abordari interesante care combina ambele demersuri de mai sus

Ansamblul trairilor (senzatii, perceptii, nevoi, emotii, procese cognitive, vise etc) a fost denumit *constienta*.

Constienta este gestionata de **Eu**, ca centru de percepere si traire, dar si ca centru de putere, sau decizional. De aceea J.Locke o considera drept *baza identitatii personale*.

Constienta este traita de Eu in mod dinamic, ca o *curgere unidirectionala* (fluxul constientei), care se “misca” de la trecut spre un prezent, care “inainteaza” continuu spre viitor.(H.Bergson s.a.)

Eul constient “percepe” activitatea sa mentala, identitatea sa (*constienta de sine*), dar si raporturile sale cu realitatea ce-l inconjoara (constientizarea, reflectarea *lumii*.)

Noi nu stim insa despre trairile *celuilalt* decat ceea ce ne *comunica* prin *limbajele* verbale, scrise si nonverbale (gesturi, mimica, intonatiile s.a.m.d.) Nu avem decat o *informare simbolica*, pe care o interpretam pe baza ipotezei plauzibile ca trairile noastre sunt asemanatoare cu cele ale celorlalti, desi nimeni nu poate certifica de exemplu ca toti oamenii traiesc culoarea rosie, durerea de dinte sau bucuria unui succes, la fel. Constienta este *solipsista*, este deci proprie subiectului care o traieste si nimeni din afara nu o poate investiga.

Rolul limbajului este mult mai complex, caci el organizeaza fluxul constientei, ceea ce l-a facut pe L. Blayla sa vorbeasca despre *fluviul narativ* al constientei, iar pe D. Dennett sa defineasca eul drept *centrul narativ al constientei*. Constienta nu depinde insa de existenta limbajului verbal (cum afirmase Stalin si este sustinut de J.Jaines), caci exista la copii inainte de a invata sa vorbeasca si se mentine la afazici si in cazurile grave de autism.

Constienta este **corelata** cu *starea de veghe* (veghe simpla, veghe in alerta) si sub o forma diferita cu *starea de vis*, in care, perceperea relatiilor sale cu realitatea externa obiectiva este suspendata.

Constienta dispare in mod normal in starea de *somn lent*, iar in mod patologic in cadrul unor nivele de constienta negative, pe care le-am prezentat in capitolul despre somn si care sunt pricinuite de leziuni encefalice, ceea ce demonstreaza rolul acestuia in emergenta constientei.

Constienta este pur *subiectiva*. Ea are un aspect nematerial, metafizic Ceea ce defineste

constienta este tocmai acest caracter *virtual*.

Constienta si activitatea cognitiva

In contextul fluxului constientei, trairile respective se pot desfasura in aparenta aleatoriu si dezorganizat (ca in reverie), ceea ce constituie *gandirea autista*. De obicei trairile sunt incadrate lingvistic, clasificate si supuse unor anumite ordonari, ceea ce defineste gandirea propriu-zisa si sta la baza *activitatii cognitive*, componenta de baza a fluxului constientei.

Gratie acesteia, in cursul constientei se realizeaza o „*harta*”, sau *image coerenta cognitiva a lumii* si a *propriei persoane* si se rezolva *probleme* („problem solving systems”), procese studiate si realizate in cadrul *inteligentelor artificiale*.

Cea mai simpla forma de cunoastere este cea *nonrationala*, in care nu intervin procesele gandirii logice. specific umane Este forma primordiala a cunoasterii, proprii intregului regn animal.

In cadrul cunoasterii nonrationale se afla si *intuitia*.

Forma cea mai evoluata a cunoasterii este cea *rationala*.

Modele mecanice de gandire logica au fost realizate inca din secolul XIII, de catre R.Lullus, iar prima masina de calcul a fost construita de B.Pascal. Erau insa modele foarte aproximative si putin performante.

In 1943, W.Mac Culloch si W.Pitts au facut un pas, de o exceptionala importanta pentru intelegerea modului in care s-ar putea realiza activitatea cognitiva umana. Ei au aratat rolul *retelelor neurale*, demonstrand ca *numai trei neuroni binari* (care au doar doua stari posibile: excitat=1 si inhibat=0), cu praguri variabile, pot realiza *toate operatiile logice*, asa cum au fost formalizate de G. Boole, in prima jumatate a secolului XIX. Aceasta a fost inceputul aventurii care avea sa duca la realizarea inteligentelor artificiale teoretice si a tuturor dispozitivelor electronice de calcul digital, inclusiv a calculatoarelor performante din zilele noastre.

Pasul urmator a fost *realizarea sistemelor cognitive instruibile*, de tipul perceptronului lui Rosenblatt (1962), in care *toate elementele din retea dispun si de capacitatea de a memora* (formand o *memorie distribuita*, nu concentrata intr-o unitate de memorie).

In fine Newell si Simon, si scoala lor, au inventat *programe* (The Logic Theorist, The General Problem Solving s.a.) ale unor *sisteme de rezolvat probleme*, care pot fi realizate de retelele de calcul binare si care sunt modele de comportament cognitiv.

Marile si complexe *programe si realizari de inteligenta artificiala*(de masini care gandesc logic) ofera modele teoretice si constructii tehnice ce **pot explica prin analogie** modul cum ar putea opera structurile nervoase pentru implementarea activitatii cognitive.”.

Trebuie sa specificam in primul rand ca *neuronii naturali* nu sunt simple rele binare(ca cei artificiali), ci microprocesoare care functioneaza in regim analogic, care au uneori mii de contacte sinaptice si se afla in numar de ordinul miliardelor, ceea ce le confera un grad de performanta superior celor al retelelor artificiale.

Concluzia general acceptata in zilele noastre este ca substratul activitatii cognitive umane este reprezentat de *retele neuronale*. In acest sens putem distinge in primul rand retele cu neuroni putini(*retele paucineuronale* sau *modulii neuronali*)care pot functiona determinist si realiza operatiuni elementare dela simple distributii spatiale sau secventiale de mesaje pana la formarea de asociatii si reflexe conditionate,etc.C.Balaceanu-Stolnici si Edm. Nicolau au reprezentat grafic si descris prin functii caracteristice numeroase astfel de retele care executa atat operatii cognitive(de ex.recunoasteri de forme)cat si operatii neurofiziologice(de ex.actiuni motorii automate)Pe de alta parte exista si *retele plurineuronale* mult mai complexe si mai performante,care realizeaza operatii cognitive de ordin superior.Reprezentarea lor grafica este imposibila din cauza numarului mare de neuroni si mai ales de contacte interneuronale.Functionarea lor nu poate fi determinista ci doar probabilista.In ultima vreme se admite(Freemann)ca pot exista si modalitati de functionare haotice de tipul celor descrise de Lorenz sau Prigogin

Luand in considerare cele de mai sus, conditiile optime structurale pentru activitatea cognitiva sunt realizate la nivelul *cortexului cerebral*, unde gasim cele mai complexe si extinse retele neurale. Totodata *anatomia comparata* ne arata ca scoarta cerebrala capata la om (care dispune de o activitate cognitiva superioara) cea mai mare complexitate structurala, in special prin dezvoltarea tuturor **ariilor asociative**, dar mai ales prin aceea a **ariilor specifice pentru antropoide** (campul 10 Brodmann) si cele **specifice umane**_ (ariile 39 si 40 Brodmann).

Rolul scoartei in generarea proceselor cognitive este confirmata si de *imagistica PET*, care arata ca ariile asociative, mai ales cele prefrontale si orbitare, ca si cele de la rascrucea temoporo-parieto-occipitala, se activeaza in cursul executarii diferitelor texte cognitive.

Costienta si activitatea creatoare

Complementar fata de activitatea cognitiva, in fluxul constientei se desfasoara si activitatea creatoare, care este cea mai subtila forma de activitate a sistemului psihic uman. *Solipsista*, ca si activitatea cognitiva, ea ramane ascunsa in intimitatea mentalului (intrapsihic) si *celalalt* o poate cunoaste doar prin *exteriorizarile* ei (creatii tehnice, teorii si concepte, procedee practice sau teoretice, creatii literare sau artistice etc).

Activitatea creatoare nu genereaza nimic *ex. nihilo*, ci doar „*combina in combinatii noi*”.structuri detectate prin organele de simt din *mediu* sau ecforate din *tezaurul memoriei*, ca atare, sau dupa ce in prealabil au fost *descompuse* in componentele lor. Uneori se multumeste sa *transforme* (sa modifice) aceste structuri, alteori le *substituie* pe unele cu altele.

Procesele de creatie definesc *imagarul*, care este o forma a activitatii constiente. In cadrul acestuia gasim doua *stiluri* de realizare.

In cazul *stilului creativ perceptiv* (al „gandirii orizontale” a lui Piaget), procesele creative se desfasoara in afara oricaror constrangeri logice sau lingvistice.

In cazul *stilului creativ cognitiv* (al „gandirii verticale” a lui Piaget), procesele creative sunt disciplinate de limbaj si de reglementarile logico-matematice.

Activitatea creatoare se desfasoara in mod obisnuit in cursul starii de veghe, dar se poate desfasura, in special sub forma perceptiva, in reverie si in cursul somnului paradoxal, cand genereaza productiile onirice.

In cazurile patologice activitatea creatoare (imagarul) sta la baza trairilor halucinatorii delirante, a delirurilor sistematice, a ideilor obsesive si fobice.

Activitatea creatoare care se intalneste la om trebuie corelata cu dezvoltarea *scoartei sale cerebrale* si a retelelor sale neuronale. Ca si in cazul activitatii cognitive, in cursul testelor de creativitate, pe imaginile PET se activeaza regiuni variabile din cortex si uneori *hipocampi* si *amigdalele*.

Atentia

Fluxul constientei se scurge pe un *canal unic* (Wedford). In cadrul acestui canal *evenimentele* ce definesc constienta (trairile) *sunt secven -tiale* si niciodata paralele. Se traieste cate un eveniment constient (perceptie, idee, engrama ecforata, emotie) singur, unul cate unul si

unul dupa altul. Uneori exista *impresia unor tratari paralele*, cand doua sau mai multe trairi se desfasoara (sunt prelucrate) simultan. In aceste cazuri insa prelucrarile respective se fac prin *salturi sau comutari succesive alteranative rapide* de la un domeniu, sau subiect, la altul (asa numitul procedeu de „*time sharing*”, folosit si in tehnica telecomunicatiilor) *Durata minima* a unui eveniment constient a fost numita *momentul de atentie* (de circa 0,1 sec). Legat de acesta sa definit o *capacitate de constientizare* (de ex. s-a constatat ca in 0,1 sec pot fi constientizate maximum 7 unitati distincte (bile, cuburi etc)asa numitele”chunku-ri” de informatie ale. lui Miller.

Capacitatea de prelucrare a informatiilor in cadrul activitatii constiente este foarte limitata, din cauza complexitatii lor.

Gatuirea de la intrarea in canalul constientei impune un *proces de selectie*, care sa limiteze aleatoriu, sau in general pe baza unor criterii, accesul in campul constientei al semnalelor generate de stimularea receptorilor. Acest proces este cunoscut in psihologie sub numele *atentie, care poate fi distributiva sau concentrata*.

Filtrarea mentionata se face periferic si central.

a) *Periferic*, fiecare receptor nu este numai un detector, ci un detector cu un *prag de accesibilitate*.

b) In *sistemul nervos central* are loc o preselectie, urmata de o selectie propriu-zisa:

-*Preselectia* (bine studiata de Sperling si Broadbent) *alege* domeniul din care se vor selecta ulterior semnalele (de ex. portiunea din corp, zona din spati, tezaurul mnezic etc). Tot in cursul preselectiei se opereaza *selectarea semnalelor utile* din contextul celorlalte semnale concomitente, care vor forma zgomotul de fond.

-*Selectia propriu-zisa* este o operatiune de triaj extrem de complicata, care se executa automat (*atentia spontana*) sau sub controlul vointei (*atentia voluntara*), ca o actiune comportamentala.

In ceea ce priveste *substratul neurofiziologic* al atentiei el este foarte putin cunoscut.

Elementul principal este reprezentat de *sistemul activator ascendent al formatiei reticulare*, care determina starea de veghe si de alerta (cand procesele de atentie functioneaza in regim maxim). Aceasta activare areala si inhibitie circumareala sunt realizate prin *circuite* reticulo-cortico-reticulare si talamo-cortico-talamice (H.Peon). Rolul *talamusului* in mecanismul atentiei

este puțin cunoscut, dar trebuie să fie important. O contribuție a *sistemului limbic* nu poate fi exclusă.

Inconstientul

Am văzut cât de limitată este capacitatea canalului activității conștiente față de ansamblul activităților sistemului nervos. Tot ceea ce rămâne în afara conștientei formează, din punct de vedere neurofiziologic și neuropsihologic, *inconstientul*.

Dacă privim ființa umană ca un tot, cadrul inconstientului poate fi extins la *toate activitățile corpului* care nu se constientizează, ca: diviziunile celulare, contractiile fibrelor musculare netede sau cardiace, secrețiile glandulare, filtrările renale etc.

Evident că *pare* mai ortodox să se circumscrie inconstientul la activitățile sistemului nervos ce nu se reflectă la nivelul conștientiei, ca: activitatea automată și reflexă a sistemului vegetativ, eforturile diencefalului pentru menținerea homeostaziei, comenziile pe care nucleii hipotalamici le dau hipofizei, activitatea reflexă și automată a sistemului motor, care asigură tonusul muscular, postura corpului și mișcările neconstientizate memorate de cerebel, semnalele proprioceptive și vestibulare fiziologice, ”dialogurile” dintre diferitele formații centrale (între amigdală și hipocamp, între talamus și corpii striati, între cerebel și nucleul roșu etc.etc.), la care se adaugă tumultul activităților miliardelor de neuroni și celule nevroglice.

Toate aceste activități inconstiente se pot desfășura și în absența conștientiei, ca în somnul lent, sau în diferitele forme de comă sau de stări pur vegetative, din patologie.

Bazele anatomice ale constientiei

Analiza diferitelor *leziuni* patologice sau experimentale și explorările dinamicii funcționale a encefalului prin tehnicile moderne (elettroencefalografie, electro-cortocografie, imagistica PETetc) au permis o serie de precizări privind suportul anatomic al conștientiei.

Eliminarea maduvei spinării sau cerebelului nu au nici o influență asupra conștientiei, ceea ce circumscrie *encefalului* rolul de „sediul” al ei.

În ceea ce privește *trunchiul cerebral*, el este *esential* pentru activitatea conștientă, prin sistemul activator ascendent al *formației reticulare*. și a neuronilor din nucleii și formațiile celor cinci sisteme ce mențin *starea de veghe*. În capitolul despre somn am arătat care sunt formațiile și mecanismele prin care formația reticulară menține starea de veghe (dar și ceași somn REM),

conditie sine qua non pentru activitatea constienta.

Am vazut importanta *striatului ventral* (n.accumbens), a *amigdalelor* si *hipotalamusului*, pentru generarea starilor afective primare si aceea a *formatiunilor limbice*, pentru realizarea trairilor afective mai evolute, care se constientizeaza. Tot formatiunile limbice (mai ales prin *hipocamp*) intervin, prin gestionarea memoriei de lunga durata si a proceselor mai complexe de invatare, esentiale pentru desfasurarea activitatii constiente.

Rolul *talamusului* este foarte complicat. El intervine prin sistemul ascendent de recrutare.

In fine *neocortexul* cerebral, cum am mai spus, reprezinta nivelul cel mai complex, care contribuie la generarea trairilor si comportamentului constient. Cercetari minutioase efectuate in ultima vreme (C.Koch si F.Crick, S.Weise, Lebedev s.a.) au demonstrat rolul dominant al *lobului prefrontal*.

Cercetarile asupra creierelor despicate (split brains) au aratat, asa cum am prezentat in alt capitol, ca fiecare hemisfera contribuie in *mod izolat* la procesul de constientizare, dar in final, prin comunicari interhemisferice, realizeaza *unicitatea constientei* si a Eului. care insa se pastreaza insa si dupa sectionarea completa a corpului calos. Aceasta unicizare a fost atribuita de catre Penfield portiunii superioare a calotei mesencefalice, pe care a denumit-o *regiunea centrencefalica*.

Bazele neurobiologice ale constientei

In ultima vreme s-au propus o serie de teorii care sa explice *emergenta constiintei*, dintr-o serie de procese fizice la nivel celular, molecular atomic si chiar subatomic.

a) La *nivel celular si subcelular* este clasic sa se considere ca procesele constiente emerg din *activitatea membranelor neuronale si sinaptice*, pe care le-am prezentat in capitolul privind functiile neuronului. Migratiile ionice (Na^+ , K^+ , Ca^{++}), deformarile moleculare ale receptorilor (canale ionice, pompe ionice, receptoriG), potentialele de actiune sau secretiile de neurotransmitatori si neuromodulatori, ar fi pietrele de constitutie ale evenimentelor ce duc la aparitia constientei, daca se desfasoara in sistemele anatomofiziologice implicate in generarea acesteia.

b) Sunt autori care, pornind de la modelul biologic de mai sus, au ajuns la un *model al campului electromagnetic*. Acesta considera *potentialele electrice de actiune* neuronale drept elementul de baza. Activitatea aceasta electrica genereaza un camp electromagnetic individual,

pentru fiecare neuron activ.

c) Alti autori au considerat ca activitatile electrice ale neuronilor interfereaza intre ele, ca intr-o *holograma* (Pribram, Balaceanu-Stolnici si Dona).

d) Unii biofizicieni, pornind tot de la potentialele de actiune neuronale, au dezvoltat un model al constientei bazat pe *mecanica quantica*. Pentru aceasta au facut apel la conceptul de *qubit* care in mecanica cuantica este echivalentul bitului din sistemele informationale H.Hu si M.Mu au considerat ca astfel de qubit-i ar functiona ca niste *pixeli* ai constientei. In acest model, potentialele de actiune creaza la nivelul membranelor si proteinelor neuuronale, *retele de stari quantice*, (care supravietuiesc fenomenelor de decoerenta) din care ar emerge constienta. Acest model deplaseaza substratul constientei la nivelul evenimentelor cuantice.

G. Penrose, si el tot fizician, a considerat ca procesele de constienta nu pot fi interpretate prin analogie cu modelele computationale algoritmice ale inteligentelor artificiale, ci prin analogie cu *modele noncomputationale*, in care intervin *evenimente quantice*, ceea ce a denumit *reducere obiectiva* („OR”). Aceste evenimente pot fi modelate matematic si in modelele respective, conceptul de qubit (mentionat mai sus) joaca un rol important (P.Benioff, R.Feynman s.a.). Aceste modele sunt foarte complexe si reunesc elemente din mecanica cuantica, a lui Max Plank si din relativitatea einsteiniana. Impreuna cu S.Hameroff (alt fizician), Penrose a considerat ca acei qubiti, responsabili de emergenta constientei, se afla in moleculele de *tubulina* din microtubulii neuronali si sunt generati de potentialele de actiune dendritice (nu axonale), cu o frecventa medie coerenta de 40Hz, *sincronizata pe populatii largi neuronale* (20.000 - 200.000 de neuroni), care se implica in activitatea conștienta la fiecare 25msec. In acest model (numit *modelul „Orch-OR”*), fluxul constientei este asadar o *secventa de stari*, care se succed cu frecventa de 40Hz. Am avea astfel o *secventa coerenta laser-like de stari quantic*, generata de energia biochimica a moleculelor de tubulina, sub influenta potentialelor dendritice.

Incertitudini

Caracteristicile fenomenelor constiente, aspectul aproape metafizic al conceptului de qualia, constientizarea unui Eu unic si permanent, in ciuda multiplicitatii structurilor ce compun organismul si a continuului „turn over” a moleculelor ce-l alcatuiesc, sunt atat de *diferite* de procesele din lumea materiala a stiintelor exacte, incat creaza o *imensa dificultate*, privind

înțelegerea modului în care fenomenele macroscopice, microscopice moleculare, sau quantice generează conștiința. Orice om al științelor exacte, onest, trebuie să recunoască faptul că, posibilitățile de cercetare și aparatul conceptual al zilelor noastre, nu pot pune în evidență mecanismele ce generează conștiința din firămatul evenimentelor cunoscute, ce au loc în creierul uman.

Pentru a trece peste aceste dificultăți unii au comparat raportul dintre fenomenele de conștiință și evenimentele cerebrale, cu cel dintre informație (în sensul de conținut semantic) și suportul ei material din sistemele de comunicare (vechea problemă lingvistică a lui Ferdinand de Saussure). Aspectul metafizic al acestui conținut semantic (acel element care se menține invariant când un text este tradus în mai multe limbi), a fost comparat cu aspectul nonmaterial al conștiinței. Complexitatea conștiinței face din acest model o încercare reductionistă, simplificată, de a menține conștiința în domeniul științelor exacte.

Alții au încercat să facă o analogie între caracterul complex, antinomic, și nedeterminist al evenimentelor din lumea quantică și o anumită interpretare a conștiinței. Pornind de la modelul lui Hugh Everett, privind existența mai multor lumi quantice suprapuse (modelul *many worlds*), H.D Zeh a formulat un model al conștiinței, care propune mai multe conștiințe suprapuse, ce funcționează coerent, potrivit mecanicii quantice (modelul *many minds*). În felul acesta fenomenele conștiinței ar fi o clasă de evenimente de „același tip” cu cele quantice, cu care ar fi corelate într-un anumit fel, încă greu de explicat. Aceasta implică o *structură quantumlike a conștiinței*, care rămâne de demonstrat.

J.Levine în 1983 a formulat principiul săntului sau faliei explicative (*explanatory gap*), care susține că între fenomenele subiective, ce definesc conștiința și evenimentele, ce caracterizează lumea materială, nu se poate stabili nici o relație care să poată fi explicată științific. Nimeni nu poate să aducă nici o dovadă, chiar incompletă, ipotetică sau foarte speculativă, privind modul în care evenimente fizice pot genera fenomene conștiinței (R.Block și R.Stalnaker 1998).

D.Chalmers a susținut mult conceptul „*explanatory gap*” și a subliniat că el poate fi înțeles ca un sănt *epistemic*, sau unul *ontologic*.

În primul caz săntul respectiv este determinat de incapacitatea noastră de a-l umple, neavând mijloacele experimentale, dar nici fondul conceptual, necesare. Unii susțin că este nevoie de o

revizuire completa a intelegerii stiintifice a lumii materiale (R.van Gulick, G.Strawson, G.Rosenberg s.a.), pentru a intelege lumea qualiilor si in genere a fenomenelor subiective.

S-a considerat, de catre unii, ca imposibilitatea de a umple santul se datoreste insuficientei puteri a mecanismelor noastre cognitive, care sunt prea limitate (in sensul teoremelor limitative ale lui Goddel), pentru o problema atat de complicata.

In cazul in care santul este considerat ontologic, rezulta ca fenomenele subiective si evenimentele materiale apartin la doua lumi distincte. Este pozitia adoptata de Chalmers si care lasa poarta deschisa interpretarilor spiritualiste.

Conform acestuia, constienta ar fi o entitate spirituala (un fel de zombi cum sustinea Chalmers), care utilizeaza creierul (si corpul) uman pentru a patrunde in lumea materiala, a o cunoaste si a o folosi.

Pentru ca aceasta constienta sa poata patrunde cognitiv si comportamental in lumea materiala, a trebuit sa apara in univers masina biologica.

Aceasta poate sa fie rezultatul unui proces evolutiv bazat pe intamplare si selectie naturala, asa cum a fost gandit de Ch. Darwin, sau poate fi rezultatul unui proces planificat de o inteligenta hipercosmica, ce a inceput cu big-bangul cosmogonic, a continuat cu cel biologic si apoi cu filogeneza, care, prin antropogeneza, a dus la aparitia instrumentului necesar pentru ca, ceea ce numim constienta, sa se manifeste.



1.3. Rezumat

Ansamblul trairilor (senzatii, perceptii, nevoi, emotii, procese cognitive, vise etc) a fost denumit *constienta*.

Constienta este **corelata** cu *starea de veghe* (veghe simpla, veghe in alerta) si sub o forma diferita cu *starea de vis*, in care, perceperea relatiilor sale cu realitatea externa obiectiva este suspendata.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. In cadrul imaginarului gasim doua *stiluri* de realizare:

a) *stilului creativ perceptiv* (al „gandirii orizontale” a lui Piaget), procesele creative se desfasoara in afara oricaror constrangeri logice sau lingvistice.

b) *stilului creativ cognitiv* (al „gandirii verticale” a lui Piaget), procesele creative sunt disciplinate de limbaj si de reglementarile logico-matematice.



1.5. Bibliografie recomandată

1. Bălăceanu-Stolnici C, *Neuropsihologie 1*, suport curs, biblioteca electronică;
2. Nicolau E., Bălăceanu- Stolnici C., *Neurocibernetica* , Ed. Științifică, 1967;
3. Bălăceanu-Stolnici C.,Borosanu A.,Berescu M., *De la neurobiologie la neuropsihologie*, Ed. Fundația Andrei Șaguna , Constanța, 2006.

Răspunsuri la testele de autoevaluare a cunoștințelor

Capitolul I. Considerații generale

1) a;

2) a, b, c, d.

Capitolul II. Scoarța cerebrală

1) a;

2) a.

Capitolul III. Căile principale din sistemul nervos central

1) a,b.

Capitolul VII. Sistemul de răsplată

1) a

Capitolul VIII. Durerea

1) a,b,c.

Capitolul IX. Bazele neurobiologice ale memoriei

1) a,b,c.

Capitolul X. Neurobiologia somnului

1) a.

Capitolul XI. Asimetria cerebrală

1) a,b.

Capitolul XIV. Conștiința

1) a,b.