



**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 I

Titular de disciplină:

Acad. Constantin Bălăceanu Stolnici

București

2021-2022

CUPRINS

Introducere	6
a. <i>Date privind titularul de disciplină.....</i>	<i>6</i>
b. <i>Date despre disciplină.....</i>	<i>6</i>
c. <i>Obiectivele disciplinei</i>	<i>6</i>
d. <i>Competențe acumulate după parcurgerea cursului.....</i>	<i>7</i>
e. <i>Resurse și mijloace de lucru</i>	<i>8</i>
f. <i>Structura cursului.....</i>	<i>8</i>
g. <i>Cerințe preliminare</i>	<i>9</i>
h. <i>Durata medie de studiu individual.....</i>	<i>9</i>
i. <i>Evaluarea</i>	<i>9</i>
Capitolul I. Introducere. Considerații generale.....	10
1.1. <i>Introducere.....</i>	<i>10</i>
1.2. <i>Conținut</i>	<i>11</i>
1.3. <i>Rezumat.....</i>	<i>13</i>
1.4. <i>Test de autoevaluare a cunoștințelor.....</i>	<i>13</i>
1.5. <i>Bibliografie recomandată.....</i>	<i>14</i>
Capitolul II. Ontogeneza sistemului nervos	14
1.1. <i>Introducere.....</i>	<i>14</i>
1.2. <i>Conținut</i>	<i>14</i>
1.3. <i>Rezumat.....</i>	<i>18</i>
1.4. <i>Test de autoevaluare a cunoștințelor.....</i>	<i>18</i>
1.5. <i>Bibliografie recomandată</i>	<i>19</i>
Capitolul III. Celulele țesutului nervos.....	19

1.1. Introducere.....	19
1.2. Conținut	19
1.3. Rezumat.....	25
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	26
1.5. Bibliografie recomandată	26
Capitolul IV. Funcțiile specifice ale neuronului și sinapsei	26
1.1. Introducere.....	26
1.2. Conținut	27
1.3. Rezumat.....	31
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	31
1.5. Bibliografie recomandată	32
Capitolul V. Măduva spinării	32
1.1. Introducere.....	32
1.2. Conținut	33
1.3. Rezumat.....	39
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	39
1.5. Bibliografie recomandată	40
Capitolul VI. Trunchiul cerebral	40
1.1. Introducere.....	40
1.2. Conținut	40
1.3. Rezumat.....	57
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	57
1.5. Bibliografie recomandată	57
Capitolul VII. Nervii periferici	58

1.1. Introducere.....	58
1.2. Conținut	58
1.3. Rezumat.....	60
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	60
1.5. Bibliografie recomandată	60
Capitolul VIII. Cerebelul	61
1.1. Introducere.....	61
1.2. Conținut	61
1.3. Rezumat.....	70
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	70
1.5. Bibliografie recomandată	71
Capitolul IX. Creierul endocrin	71
1.1. Introducere.....	71
1.2. Conținut	71
1.3. Rezumat.....	77
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	78
1.5. Bibliografie recomandată	78
Capitolul X. Sistemul endocrin.....	78
1.1. Introducere.....	78
1.2. Conținut	79
1.3. Rezumat.....	91
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	92
1.5. Bibliografie recomandată	92
Capitolul XI. Sistemul vegetativ	92

1.1. Introducere.....	92
1.2. Conținut	93
1.3. Rezumat.....	99
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	100
1.5. Bibliografie recomandată	100
Capitolul XII. Nucleii bazali: talamusul.....	101
1.1. Introducere.....	101
1.2. Conținut	101
1.3. Rezumat.....	107
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	108
1.5. Bibliografie recomandată	108
Capitolul XIII. Nucleii bazali: corpul striat și sistemul extrapiramidal	109
1.1. Introducere.....	109
1.2. Conținut	109
1.3. Rezumat.....	115
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	115
1.5. Bibliografie recomandată	115
Capitolul XIV. Sistemul limbic.....	116
1.1. Introducere.....	116
1.2. Conținut	116
1.3. Rezumat.....	122
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor.....	123
1.5. Bibliografie recomandată	123
Răspunsuri la testele de autoevaluare a cunoștințelor	124

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:	I

c. Obiectivele disciplinei

Obiectivul general al disciplinei	Cunoașterea structurii și funcționării sistemului nervos la nivel subneuronar, neuronal și al diferitelor structuri nervoase Cunoașterea structurilor și mecanismelor neurobiologice care asigură emergența activității psihice umane și a diferitelor sale aspecte Interpretarea neurocibernetică a funcționării creierului uman
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 I*** este alcătuit din **XIV** capitole (fiecare capitol fiind aferent unei **unități de învățare**):

Capitolul I. **Introducere. Considerații generale**

Capitolul II. **Ontogeneza sistemului nervos**

Capitolul III. **Celulele țesutului nervos**

Capitolul IV. **Funcțiile specifice ale neuronului și sinapsei**

Capitolul V. **Măduva spinării**

Capitolul VI. **Trunchiul cerebral**

Capitolul VII. **Nervii periferici**

Capitolul VIII. **Cerebelul**

Capitolul IX. **Creierul endocrin**

Capitolul X. **Sistemul endocrin**

Capitolul XI. **Sistemul vegetativ**

Capitolul XII. **Nucleii bazali: talamusul**

Capitolul XIII. **Nucleii bazali: corpul striat și sistemul extrapiramidal**

Capitolul XIV. **Sistemul limbic**

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

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

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 (procentaje)	- evaluarea finală	50%
	- activități aplicative /laborator/lucrări practice/proiect etc.	20%

	- teste pe parcursul semestrului	20%
	- teme de control	10%

Capitolul I. Introducere. Considerații generale



1.1. Introducere

Nu putem aborda studierea sistemului nervos fără a clarifica unele aspecte generale simple, dar absolut necesare pentru a evita confuzii.

Când vorbim despre sistemul nervos, vorbim despre toate structurile anatomofiziologice care au la baza lor celule nervoase (neuroni). Sistemul nervos astfel definit este foarte vast și pătrunde practic în toate organele și țesuturile organismului.

Acest sistem este împărțit la toate vertebratele în *două* componente distincte și anume :

A) *Sistemul nervos central (nevrxul), craniul și coloana vertebrală, canalul rahidian*

B) Sistemul nervos periferic

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



1.2. Conținut

Sistemul nervos central cuprinde și el două componente majore și anume:

- a) *măduva spinării*
- b) *encefalul*

În etajul subtentorial se află *axul (trunchiul) cerebral*, și *cerebelul*.

Axul cerebral se subîmparte în trei componente care sunt de jos în sus:

-*bulbul rahidian*

- *puntea lui Varoli*

- *pedunculii cerebrali*

Cerebelul cuprinde două *emisfere* (dreapta și stânga) și o parte mediană numită *vermis*.

În etajul supratentorial se află *creierul mare* format din cele două *emisfere cerebrale* reunite prin *corpul calos* și din *diencefal*, care prelungește trunchiul cerebral. Cele două emisfere sunt separate de o expansiune sagitală a durei mater, numită *coasa creierului*.

În organizarea sistemului nervos găsim o particularitate surprinzătoare. E vorba de *principiul încrucișării* unor căi din nevrax.

Tot sistemul nervos central este construit pe o schemă simplă: intrare - ieșire, în care intrările sunt reprezentate de *nervii aferenți* care vin de la *senzorii* ce formează interfața de intrare, iar ieșirile sunt alcătuite din *nervii eferenți* care se duc la mușchi .

Rețeaua neuronală- a cărei structură o vom studia în lucrarea de față - este un foarte complex sistem de transmisie, prelucrare și stocare de semnale nervoase (electrice și chimice). Ca orice sistem, este formată din integrarea unui număr mare de *subsisteme*, de grade diferite de complexitate, care sunt reprezentate de diferitele formațiuni și etaje ale sistemului nervos central; și ca orice sistem e formată de *elementele morfooperaționale* ale rețelei nervoase.

Nivelul elementar e format de *celule nervoase (neuronii)*, contactele dintre ele (*sinapsele*), *fibrele aferente* și cele *eferente*. Ele mijlocesc *reflexele elementare* (ca reflexele osteotendinoase sau miotatice, reflexul pupilar, etc), care se află la nivelul segmentelor medulare (*neuromerele*) și la cel

al trunchiului cerebral.

Nivelul supraelementar asigură realizarea automată a unor răspunsuri motorii (mișcări) mai complexe.

Nivelul de integrare presupune o prelucrare mai nuanțată a semnalelor (informațiilor). Ea se realizează în componente ale sistemului nervos central cu o *structură lamelară* (în care celulele nervoase sunt dispuse în straturi succesive).

În organizarea axiologica a sistemului nervos central există un principiu de *subordonare ierarhică*, definit prima oară de *H. Jackson*. Orice structură (sau etaj) mai complexă (și în general mai nouă din punct de vedere filogenetic) controlează și inhibă structura sau structurile mai simple (și de obicei mai vechi).

Când o structură subordonată este separată (experimental sau patologic) de structurile superioare, ea se manifestă ca o formațiune autonomă care „își face de cap”. Este ceea ce s-a numit *fenomenul de eliberare*, care scoate în relief funcțiile proprii ale structurii respective.

Deoarece sistemul nervos provine dintr-un *tub*, golul central al acestui tub, care se continua cu cel din *veziculele cerebrale*, se menține și la adult. Tot sistemul nervos este străbătut de un ansamblu de *cavități* care cuprind: în interiorul hemisferelor, *ventricolii laterali* (ventricolii I și II - drept și stâng); în interiorul diencefalului, *ventricolul III*; în pedunculii cerebrali, *apeductul lui Sylvius*; între cerebel și trunchiul cerebral, *ventricolul IV* și în măduvă, *canalul ependimar*. Toate comunică între ele și în toate se află *lichidul cefalo-rahidian*, secretat de niste formații speciale din ventriculi, numite *plexurile coroide*.

Morfologia sistemului nervos central se studiaza la trei nivele diferite: *macroscopic* (cu ochiul liber sau cu lupa), *microscopic* (cu microscopul optic) și *ultramicroscopic* sau ultrastructural (cu microscopul electronic).

Stabilirea *rolului functional* al unei formațiuni nervoase se face prin decelarea efectelor produse fie prin excitarea ei (electrică, prin unele substanțe ca stricnina sau prin procese patologice, ca tumorile cerebrale), fie prin distrugerea ei selectivă (experimentală) sau intamplatoare prin leziuni traumatiche, accidente vasculare ischemice sau hemoragice, sau prin leziuni neurochirurgicale.

Un pas interesant pentru cunoasterea sistemului nervos, atât din punct de vedere neurofiziologic cât și din cel neuropsihologic, a fost abordarea cibernetica (neuro- și psihocibernetica

).

Câteva aspecte de orientare

În descrierile anatomice este necesar ca structurile respective să fie orientate fie în cadrul sistemului privit ca un tot, fie unele față de altele (așa numitele raporturi).

De aceea este nevoie de un *sistem de referință spațială tridimensional*.

Tot sistemul nervos central este împărțit în mijlocul lui printr-un plan vertical dispus pe direcția înainte-înapoi. Este planul *mediosagital*. Toate planurile paralele cu el se numesc *planuri sagitale*.

Perpendicular pe acest plan se află *planurile orizontale*, atât în encefal cât și în măduvă și planurile *vertico-frontale*. La nivelul encefalului, cele mai importante planuri din punct de vedere practic sunt însă cele *vertico-frontale*.



1.3. Rezumat

Sistemul nervos este împărțit la toate vertebrele în *două* componente distincte și anume: *sistemul nervos central (nevraxul), craniul și coloana vertebrală, canalul rahidian și sistemul nervos periferic*



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. În câte componente este împărțit sistemul nervos:

- a) 5 componente;
- b) 3 componente;
- c) 2 componente.

2. *Morfologia* sistemului nervos central se studiază la trei nivele diferite:

- a) macroscopic;
- b) microscopic;
- c) ultramicroscopic.

3. Planul mediosagital:

- a) este împărțit în mijlocul lui printr-un plan vertical dispus pe direcția înainte-înapoi;

- b) este împărțit în lateral printr-un plan orizontal dispus pe direcția înainte-înapoi;
- c) este împărțit vertical dispus pe direcția înainte.



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. Ontogeneza sistemului nervos



1.1. Introducere

Unul din aspectele cele mai pasionante ale neurobiologiei este modul cum se „construieste” sistemul nervos. Dincolo de fascinatia pricinuita de extraordinarul proces care duce de la o simpla celula (celula ou) la fiinta adulta, se afla si faptul ca nu putem intelege bine modul in care este alcatuit sistemul nervos fara a sti modul in care a fost construit si fara a cunoaste diferitele aspecte succesive ale organizarii sale, din perioada embrionara, fetala si neonatala.

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



1.2. Conținut

Faptul că structurile sistemului nervos nu apar și nu se maturizează sincron ci diacron, la momente diferite ale bioconstrucției lor, are o deosebită importanță, căci permite ierarhizarea formațiunilor nervoase în foarte vechi (arhi-), vechi (paleo-) și noi (neo-). Aceasta ierarhizare nu este numai cronologică ci și axiologică, deoarece orice formație este cu atât mai performantă cu cât apare

și se maturizează mai târziu. Deasemeni -cum vom vedea- formațiunile noi le domina funcțional pe cele mai vechi, potrivit principiului lui Jakson. Nu trebuie să uităm că această ierarhizare cronologică și axiologică, bazată pe ontogeneza, se suprapune cu cea bazată pe filogeneza, potrivit celebrei legi a lui H. Haeckel: *Ontogeneza repeta filogeneza*.

După fecundarea *oocitului* de către *spermatozoid*, rezultă *celula ou*, care reunește în nucleul său hemigenomurile nucleare ale celor doi părinți și în *mitocondriile* sale o informație genetică provenită numai de la mamă.

Cellula ou începe să se dividă succesiv în 2, apoi 4, 8 ș.a.m.d. celule, până când formează o grămadă globulară de celule embrionare, numită *morulă*.

Încetul cu încetul, *morula*, ale cărei celule continuă să se multiplice, se excavază, realizând o cavitate numită *cavitatea vitelină*. În partea superioară a acesteia, se grupează celulele ce formează *embrioplastul* sau *butonul embrionar*. Este stadiul *blastulă*.

Cavitatea vitelină crește, iar *embrioplastul* crește și el (prin înmulțirea celulelor sale) și se turtește, devenind *discul embrionar*, situat pe partea superioară a oului. Acest disc are două foițe celulare, una externă numită *ectoblast* (sau *ectofilin*) și alta sub precedentă, deasupra cavității viteline, numită *endoblast* (sau *endofilin*).

Celulele nervoase se vor dezvolta din *ectoblast* ca și celulele pielii.

De la a 16-20-a zi, discul embrionar ovoidal este supus procesului de *gastrulare*. Pe diametrul sau longitudinal se produce o aglomerare liniară de celule ale *ectoblastului*, formând *linia primitivă*, între un *nodul posterior* și unul anterior (*nodulul lui Hensen*) situat în mijlocul discului.

Apoi, la nivelul *nodulului lui Hensen*, *ectoblastul* se învaginează și pătrunde ca un deget de mânășă între *ectoblast* și *endoblast*, formând *învaginația cordală* (un fel de tub), *canalul cordal*. Orificiul de intrare în canalul cordal (în *învaginația* amintită) se numește *blastopor*.

Din *învaginația* (canalul) cordală și din *nodulul lui Hensen* se dezvoltă roiuri de celule care se insinuează între *ectoblast* și *endoblast*, pe care le separă, formând un al treilea strat, numit *mezoblast*.

În acest stadiu, embrionul uman se prezintă ca un disc ovalar situat la suprafața oului, format din *trei* foițe: *ectoblast*, *mezoblast* și *endoblast*. Celulele *ectoblastului* din dreptul *corzii* (*învaginației cordale*) se divid mai rapid. Rezultă, pe linia mediană a discului embrionar, o grămadă longitudinală de celule, care se situează în continuarea liniei primitive. Pe suprafața acestei grămezi se adâncește

treptat un șanț longitudinal numit *șanțul neural*, din care se va dezvolta sistemul nervos, al cărui capăt anterior (din care va proveni encefalul), se află la nivelul nodulului lui Hensen (și a blastoporului).

Mezoblastul proliferază și se fragmentează într-o succesiune de felii transversale, numite de Haekel *metamere*, ce corespund și contin neuromerele.

Mezoblastul (mezodermul) continua să prolifereze, mai ales la marginile discului care se ridică (antrenând și ectoblastul) ca două aripi laterale, care se apropie de linia mediană și se unesc, închizând o cavitate numită *cavitatea amniotică*, pe partea dorsală a embrionului.

Se ajunge la o structură numită *nerula*, formată din *două tuburi* longitudinale suprapuse, cel neural deasupra, cu extremitatea anterioară sau cefalică dilatată, și cel intestinal dedesubt, deschis ventral. Anterior este închis prin *membrana faringiană*, iar posterior se încheie cu un diverticul (*cloaca*) și se continuă sub aceasta cu *vezicula alantoidă*, implicată ulterior în formarea placentei. Sub capătul anterior al tubului intestinal (în dreptul membranei faringiene) se formează o aglomerare de celule mezoblastice (*repliul cardiac*), din care se va dezvolta inima.

În acest stadiu, tubul neural comunică printr-un orificiu anterior (*neuroporul anterior*), cu cavitatea amniotică și posterior printr-un orificiu canaliform (*canalul neurenteric*), cu tubul intestinal.

Menționăm că tubul neural este flancat de mezoblastul somitic, care am văzut că este fragmentat (metamerizat) și se dezvoltă ca o succesiune liniară de densificări, fiecare din ele fiind numită o *somită*. Somitele dispun de o cavitate internă și se vor diferenția în *miotomi* - din care se vor dezvolta mușchii - și *sclerotomi* - din care se vor forma vertebrele.

Segmentare, în arcuri branchiale, afectează tubul neural, imediat în continuarea segmentării metamerice. Ea va juca un rol important în bioconstrucția *trunchiului cerebral*, mai ales în ceea ce privește ontogeneza ultimilor 10 perechi de nervi cranieni.

Dincolo de această segmentare, tubul neural se dilată formând o veziculă (*prosencefalul*), care depășește anterior coarda dorsală.

Măduva spinării (porțiunea metamerică) își păstrează forma tubulară și liniaritatea până la adult. Porțiunea branchială și cu vezicula prosencefalică sunt supuse unor *curbări* multiple și unor procese de *creștere diferențiate* care duc la aspectul final al creierului.

Creșterile diferențiate duc la apariția a trei vezicule la capătul anterior al tubului neural: *vezicula prosencefalică* anterior, *vezicula rombencefalică*, în prelungirea măduvei spinării și

vezicula mesencefalică, între ele. Datorită curbării generale a embrionului, apar două curburi concave în jos: *curbura nuchală*, și *curbura vertexului*.

Procesele de creștere relativ rapidă a veziculelor cerebrale într-un spațiu care crește mai lent, au impus accentuarea curburii vertexului și curbarea (concav-dorsala) a rombencefalului (*curbura pontică*), odată cu curbarea (concav-ventrală) a prosencefalului (*curbura uncinată*).

Curbura pontică duce la separarea rombencefalului în mielencefal spre maduva (viitorul bulb) și metencefal, spre prosencefal (protuberanță). Între ele, dorsal, apare *ventricolul IV*.

În stadiile următoare, din peretele dorsal al metencefalului, prin proliferare, se dezvoltă *cerebelul*, iar din peretele lateral al prosencefalului se dezvoltă lateral câte o veziculă. Fiecare veziculă va crește foarte rapid și va deveni o *emisferă cerebrală*, ambele emisfere constituind *telencefalul*, cea mai recentă achiziție filogenetică și ontogenetică.

Ceea ce rămâne din prosencefal și care constituie extremitatea anterioară a tubului neural, devine *diencefalul*, din care se detașează lateral veziculele optice, care vor migra în orbite pentru a forma retinele și a provoca construcția globilor oculari.

În perioadele următoare se constată dezvoltarea din ce în ce mai amplă a veziculelor telencefalice, care se unesc pe linia mediană prin *corpul callos*, care este o conexiune (o comisura) inter-emisferică. Veziculele telencefalice devin cea mai amplă formație a sistemului nervos central, care invaluieste celelalte vezicule cerebrale.

Procesul de creștere a veziculelor telencefalice se face în sens circular, întâi în sus și înapoi, ceea ce duce la formarea succesivă a lobilor frontali, parietali și occipitali și după aceea se continuă în jos și înainte, ceea ce duce la formarea lobilor temporali.

Procesul de rotație a telencefalului explică și de ce o serie de formații vizibile pe fața internă a emisferelor au un aspect circular (marea circumvoluțiune limbică și circuitele rinencefalice).

Cu toate acestea, dezvoltarea cerebrală nu poate fi terminată intrauterin, căci ar implica o creștere a capului dincolo de diametrele bazinului mamei. De aceea noul născut nu are încă organogeneza creierului său suficient de dezvoltată astfel încât să-i asigure autonomia.

Procesul de ontogeneza se continuă și după naștere și noul născut se află încă în stare fetală, care teoretic se prelungește până la vârsta adultă.

Unul din aspectele cele mai extraordinare ale bioconstrucției sistemului nervos este *migratia*

celulelor dela locul unde germineaza la locul unde trebuie sa se plaseze.

Totul incepe cu o proliferare a neuronilor in stratul germinal din peretii ventriculilor laterali care formeaza un strat compact de celule ce reprezinta un fel de *prescoarta* cerebrala. Migrari ulterioare vor imparti acest strat in doua, unul *profund* si unul *superficial*

Celulele acestei *scoarte primordiale* se vor *inmulti* si se vor *deplasa* pentru a forma succesiv cele sase straturi ale scoartei cerebrale incepand cu cel mai profund (stratul VI) si terminand cu cel mai superficial de sub pia mater (P.Gressens 2000).

Cea mai importanta forma de deplasare este *migratia radiara* din profunzime spre suprafata.

Celulele se deplaseaza in lungul unor *fibre radiare* calauzitoare construite in prealabil de nevroglie (*radiatiile gliale*) si formeaza in lungul lor coloanele celulare ce alcătuiesc scoarta cerebrala.



1.3. Rezumat

Faptul că structurile sistemului nervos nu apar și nu se maturizeaza sincron ci diacron, la momente diferite ale bioconstrucției lor, are o deosebita importanta, caci permite ierarhizarea formatiunilor nervoase in foarte vechi (arhi-), vechi (paleo-) si noi (neo-). Aceasta ierarhizare nu este numai cronologica ci si axiologica, deoarece orice formatie este cu atat mai performanta cu cat apare si se maturizeaza mai tarziu. Deasemeni -cum vom vedea- formațiunile noi le domina functional pe cele mai vechi, potrivit principiului lui Jakson. Nu trebuie sa uitam ca aceasta ierarhizare cronologica si axiologica, bazata pe ontogeneza, se suprapune cu cea bazata pe filogeneza, potrivit celebrei legi a lui H. Haekel: *Ontogeneza repeta filogeneza*.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Mezoblastul proliferează și se fragmentează într-o succesiune de felii transversale, numite:

- a) radiare;
- b) metamere;
- c) lineare.

2. Celulele se deplasează:

- a) în lungul unor fibre radiare;
- b) în scoarța cerebrală;
- c) în josul unor fibre perpendiculare.



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. Celulele țesutului nervos



1.1. Introducere

Tesutul nervos, care constituie encefalul (creierul) și maduva spinării, este o masă macroscopic amorfă, cenușie sau albă și gelatinoasă.

În general se consideră că sistemul nervos central este format din *celule specializate*, care pot fi grupate în două categorii. Pe de o parte se află neuropilul, format din *neuroni* și pe de altă parte se află *nevroglia*.

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



1.2. Conținut

Neuronii

Celula nervoasă se numește *neuron*. Ea este formată din *corpul* celular, și de o serie de

prelungiri, dintre care unele sunt celule și se numesc *dendrite*, celelalte sunt celule și se numesc *axoni*. Un neuron poate avea una sau mai multe dendrite dar totdeauna un singur cilindru. La originea axonului (din soma) se află o regiune specială, numită *conul axonal*, iar la sfârșitul axonului se afla *terminațiile axonale* cu *butonii terminali* prin care neuronul vine în contact cu alți neuroni, fibre musculare sau celule glandulare. Menționez că în lungul dendritelor se afla mici excrescențe, numite *spini neuronali*.

Clasificarea morfofuncțională a neuronilor:

- a) neuroni *motori*
- b) neuroni *sensitivi*
- c) neuroni de *asociație*

În interiorul neuronului se află *citoplasmă* care conține în sânul ei numeroase formații vizibile, unele cu microscopul optic, altele mai mici, numai cu microscopul electronic.

Nucleul celulelor nervoase conține una sau mai multe condensări. Conținutul nucleului este format din nucleină. Nucleul neuronilor însă *nu se divide* (ca în cazul celorlalte celule ale organismului).

Neuronii se uzură și uzura aceasta este, alături de scăderea numărului lor, substratul neurobiologic al îmbătrânirii. Expresia morfologică a îmbătrânirii o constituie și acumularea în neuron a unui complex lipoproteic - *lipofuscina* - un *pigment galben de uzură*. Această lipofuscină se găsește și la tineri, în condiții normale, în unii neuroni (ex. neuronii din olivă bulbară, neuronii din coloana lui Clarke din măduvă sau cei din nucleul rădăcinii mesencefalice a trigemenului). Faptul sugerează că acest pigment are și un rol funcțional, iar nocivitatea lui apare doar când se acumulează prea mult.

Menționez că în unii neuroni din locus niger și locus coeruleus se acumulează un *pigment negru*, caracteristic.

Structurile membranare cu forme variabile, plicaturate și împăturite, care servesc drept suport pentru unele procese chimice enzimaticе, realizează două sisteme de compartimentare, cel al *aparaturii reticulare interne* și cel mai regulat al *aparaturii Golgi*. Aceste compartimentare sau cisterne se continuă cu *dispozitive canaliculare* și cu *vezicule* care se pot detașa și deplasa prin citoplasmă.

În citoplasma neuronală se găsesc niste formațiuni mai mari, numite *mitocondrii*. Acestea sunt „uzinele” *energetice* principale ale celulei, în care se produc *processe oxidoreductoare*, catalizate de citocromi și în care activează sistemul ATP-ADP (adenosin tri sau difosforic), donatoarele moleculare energetice principale ale neuronilor.

Din membranele sistemului reticular intern înmuguresc niste formațiuni globulare cavitare, numite *peroxisomi*, în care au loc procese de peroxidare (descrise de mult de Marinescu).

„Textele” genetice sunt „scrise” cu ajutorul unui alfabet ce cuprinde patru „litere”, reprezentate de niste baze (adenina, guanidina, citozina și uracilul). De acolo sunt transcrise, sau copiate, în niste molecule similare nespălate, de *ARN* (acid ribonucleic) mesager care iese din nucleu și invadează citoplasma. Aici se află niste corpusculi foarte mici, vizibili numai la microscopul electronic, bine studiați de G.E. Palade, numiți inițial microsomi și apoi *ribozomi*. Cu ajutorul moleculelor de ARN pe care le utilizează ca pe niste tipare, ribozomii culeg aminoacizii din citoplasma și îi combină în *lanțuri peptidice* bine determinate. Acest proces, numit *traducere*, este cheia de boltă a sintezei proteinelor structurale și active (enzimele).

Ca toate celulele, neuronii sunt înveliți de o *membrană* formată din trei straturi lipoproteice. Ea este o *structură activă*, căci dispune de niste dispozitive numite *receptori*, care mijlocesc *schimburi controlate*, uneori cu consum de energie, de ioni (Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{++}), între interiorul neuronului și mediul perineuronal. Aceste dispozitive sunt molecule complexe, numite *canale ionice* (voltaj dependente sau ligand dependente) și *pompe ionice*, pe care le vom prezenta în capitolul următor.

Membrana neuronală prezintă la suprafața ei, e drept, într-un număr mult mai mic și într-o formă mai rudimentară decât în celelalte celule ale organismului, niste microinvaginări numite *caveole*, descoperite de G.E. Palade (1953).

Prelungirile celulelor nervoase formează *fibrelle nervoase*, care pot fi așa cum am văzut, dendrite sau axoni. Acestea, în cea mai simplă expresie a lor, sunt un tub format de membrana celulară (numită la nivel lor, *teacă lui Mauthner*), înăuntrul căreia se află aparatul neurofibrilar, cufundat în citoplasmă. În jurul acestui tub, nevroglia formează un *sistem protector*, alcătuit în sistemul nervos central de nevroglii, mai ales de „piciorusele” astrocitelor, iar în sistemul nervos periferic de celulele lui Schwann, ce realizează o teacă sincițială cu același nume pe fibrelle

extranevraxiale. Fibră astfel descrisă este *fibră amielinică*, sau fibră lui Remack.

Când fluxul nervos trebuie să treacă mai repede, de jur împrejurul tecii lui Mauthner, oligodendroglia în sistemul nervos central, sau celulele lui Schwann în nervii periferici organizează un dispozitiv special numit *teacă de mielină*. Pe o rețea de neurokeratină ca suport, se depune o substanță *alba* numită *mielină* care se colorează pe preparatele microscopice în negru, numai cu metode speciale, ca cea a lui Weigert. Substanța albă a creierului și maduvei e albă din cauza că este formată dintr-un conglomerat de astfel de *fibre mielinice*.

Teacă mielinică nu este continuă, ci fragmentată într-o serie de manșoane succesive. Din distanță în distanță teacă de mielină dispare și fibră nervoasă rămâne dezgolită pe câțiva microni și învelită doar de membrana neuronală. Sunt strangulațiile sau *nodurile* lui Ranvier. Porțiunea dintre două noduri se numește *internod*.

Sinapsele

Microscopia simplă, dar mai ales microscopia electronică, a arătat că neuronii nu se continuă unul cu celălalt (deși a existat o astfel de *teorie sincițială* sau a unei rețele continue, formulată de Gerlach). Fiecare neuron este o entitate morfologică de sine stătătoare (*teoria neuronală*, formulată de Cajal), care are raporturi numai de *contiguitate* și nu de continuitate cu ceilalți neuroni, prin niste jonctiuni care se observă uneori cu microscopia optică, sub forma butonilor terminali, formând *rețele neuronale*.

O sinapsă poate fi între terminația axonală a unui neuron și dendrita sau corpul altui neuron. Mai există sinapse între doi butoni axonali.

Ea reprezintă *ieșirea* neuronului *presinaptic* sau *intrarea* neuronului *postsinaptic*. Fiecare neuron poate avea o mulțime de *sinapse de ieșire*, la nivelul terminațiilor axonale sau ale colateralelor axonale, după cum fiecare neuron poate avea una, două sau câteva mii de sinapse la nivelul polului său receptor (format din membrana corpului neuronal și a dendritelor sale).

Există două tipuri de sinapse: *electrice* și *chimice*.

a) *Sinapsele electrice* sunt rare, mai ales la vertebrate.

b) *Sinapsele chimice* sunt sinapsele clasice. Ele se caracterizează tot prin două suprafețe membranare (una *presinaptică* și alta *postsinaptică*), care vin în contact printr-o fantă (*fantă sinaptică*)

Legătura funcțională se face într-un singur sens (conform legii de polarizare), numai de la neuronul presinaptic la cel postsinaptic.

Neuronul presinaptic conține, în vecinătatea membranei presinaptice, niște vezicule (*vezicule aposinaptice*), pline cu o substanță „fabricată” de neuron și transportată până la nivelul membranei presinaptice.

Neuronul postsinaptic conține în membrana lui o serie de *receptori* ligand dependenti, care recunosc substanța „secretată” (ligandul) de către neuronul presinaptic, o fixează și când cantitatea fixată depășește un anumit prag, determină un *potențial de acțiune* (potențial postsinaptic) în membrana neuronului postsinaptic, prin activarea pompelor ionice.

Tot acest proces complex, pentru a se desfășura, necesită „curățirea” rapidă a fantei de substanța activă respectivă, care se face fie prin distrugerea ei în fanta sinaptică de către o *contrasubstanță*, fie prin reabsorbția ei („*uptake*” - endocitoză) de către neuronul presinaptic, unde este reciclată.

Substanțele active se numesc *neurotransmițători*.

Unele sinapse sunt *excitatorii* și folosesc neurotransmițători excitanți:

- acetilcolina
- catecolaminele
 - noradrenalina
 - dopamina
- serotonina
- aminele excitante (glutamatii, asparatii, ac. kainic, NMDA, AMPA etc)

Alte sinapse sunt inhibitorii și folosesc ca neurotransmitator în special

-GABA (ac.gama-amino-butaric)

Sunt sinapse care nici nu excită și nici nu inhibă (blochează) neuronul postsinaptic, ci doar îi modifică pragurile de excitabilitate, fie ridicându-l (efect frenator), fie corobându-l (efect facilitator). De această dată e vorba de *sinapse modulatorie*, iar substanțele respective se numesc *neuromodulatori*.

La aceasta se adaugă - în mod surprinzător - drept neurotransmițători - gaze foarte toxice, ca oxidul nitric (NO) sau oxidul de carbon (CO) care au fost identificate recent.

Există o clasă de neuroni specializați care se află în *hipotalamus*, care nu au sinapse de ieșire și nici nu sintetizează neurotransmițători sau neuromodulatori. Sunt *neuroni secretori* care, sub influența semnalelor de intrare pe care le primesc, elimină în circulația sanguină niște neurohormoni (v. cap. Hipotalamusul). Acești neuroni dispun, în afară de sinapse clasice de intrare (prin care se integrează în rețeaua neuronală), în membrana lor și de niște receptori ligand dependenți pentru diferiții hormoni hipofizari sau ai glandelor țintă ale hipofizei.

Mentionam ca procesul de neurosecreție se numește *neuricrinie*, iar „influențarea” neuronilor de către unii hormoni se numește *neurocrinie*.

Nevroglia

Celulele nevroglice formează cea mai mare parte a tesutului nervos. Sub această denumire sunt grupate mai multe tipuri celulare. Avem, în primul rând, celula *ependimară* care formează un singur strat de celule cilindroconice, care căptușește sistemul ventricular și plexurile coroide. Fiecare celulă prezintă o *bază* spre lumenul cavităților ventriculare cu cili vibraționali și un *vârf* în extremitatea opusă care se prelungește sub forma unui *fir* în adâncimea nevraxului. Unele au funcții secretorii.

Celulele astrocitare sau *macroglia* sunt cu mult cele mai numeroase și mai importante. Ele prezintă numeroase prelungiri iradiate în formă de stea. Unele prelungiri, inserându-se pe adventicia vaselor, prezintă ceea ce se numește un picior vascular care contribuie la organizarea *tecilor vasculare*.

Celula oligodendrogială (celula Rio Hortega) mică, rotundă, cu prelungiri mici și subțiri, se află atât în substanța cenușie cât și în cea albă.

Microglia prezintă un nucleu asemănător limfocitelor și realizează un tip de celulă în bastonaș și unul multipolar stelat. Majoritatea se îngrămădesc în jurul vaselor.

Sistemul nevroglic are funcțiuni multiple:

a) În primul rând el constituie, împreună cu vasele pe care se sprijină, scheletul mecanic de *suport* al neuronilor din sistemul nervos central;

b) Elementele nevroglice astrocitare interpuse printre celulele și fibrele nervoase (mai ales cele mielinice) sunt în același timp elemente *izolatoare*.

c) Celulele nevroglice sunt însă și elemente de izolare între vasele capilare și neuroni. În această calitate condiționează trecerea produselor nutritive sau farmacologice, pe care totodată le

modifică. În felul acesta nevroglia constituie o *barieră biologică* de primă importanță. Această barieră împreună cu peretele vascular, cu lichidul cefalorahidian (l.c.r.) și cu membranele neuronilor formează *bariera hematonevraxială*, un vast sistem de apărare biochimică și imunobiologică, descoperit de Lina Stern;

d) Celulele nevroglice participă la *nutriția neuronilor*. Ele asigură transportul unor elemente nutritive (glucoza, acid lactic, acid piruvic acizi grași, aminoacizi, vitamine, saruri minerale etc);

e) Au un rol în *transmiterea semnalelor* din rețelele de neuroni.

f) Este posibil printr-un mecanism încă obscur să contribuie și la *prelucrarea semnalelor* și să constituie un sistem operational paralel cu cel neuronal, cu o viteză de lucru mai mică.

Celulele nevroglice - spre deosebire de cele nervoase - se pot înmulți. Ele nu sunt elemente permanente (de la embrion până la moarte), ci se succed în generații succesive (ca toate celulele organismului).

Datorită capacității lor de înmulțire, celulele nevroglice pot spori ca număr. Ele se îngrămădesc de obicei în locurile rămase vide după dispariția unui neuron sau grup de neuroni (prin necroză sau apoptoză).

Este posibil ca celulele nevroglice să dispună și de o funcție *secretorie* și să contribuie la compoziția lichidului perineuronal.

Celule stem adulte

Cercetări recente au demonstrat că în țesutul nervos se găsesc și *celule stem* sau *celule primordiale nediferențiate multipotente*. Aceste celule au posibilitatea, ca sub acțiunea unor anumite condiții, să se *diferențieze* în neuroni, astrocite sau oligodendrocite.



1.3. Rezumat

Țesutul nervos, care constituie encefalul (creierul) și măduva spinării, este o masă macroscopic amorfă, cenușie sau albă și gelatinoasă.

În general se consideră că sistemul nervos central este format din *celule specializate*, care pot fi grupate în două categorii. Pe de o parte se află neuropilul, format din *neuroni* și pe de altă parte se află *nevroglia*.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Exista doua tipuri de sinapse:

- a) electrice;
- b) chimice;
- c) apoase.

2. În tesutul nervos se gasesc:

- a) celule stem sau celule primordiale nediferentiate multipotente;
- b) celule simple diferențiate;
- c) celule plurimodulare.



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. Funcțiile specifice ale neuronului și sinapsei



1.1. Introducere

Intreaga activitate a sistemului nervos are la baza evenimentele care se petrec in neuroni si sinapse. Toate aceste evenimente pot fi interpretate considerand *neuronul un sistem informational*, asupra caruia actioneaza niste semnale sau marimi de intrare la nivelul sinapselor de intrare (care opereaza ca niste traductori de intrare).

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



1.2. Conținut

Rolul membranei neuronale

Cercetarile de microneurofiziologie au aratat ca in neuron evenimentele ce definesc principala sa activitate sunt evenimente electrice care au loc la nivelul membranei sale. Aceasta membrana lipoproteica este incarcata negativ in interior si pozitiv in exterior, astfel ca intre cele doua fete ale ei exista o diferenta de potential de circa 70 de milivolti (mv). Acesta constituie *potentialul de repaus* al membranei si este determinat de modul in care sunt incarcate moleculele de proteine din membrana si de faptul ca in interiorul neuronului ionii de potasiu (K^+) sunt mai numerosi decat in afara, in timp ce distributia ionilor pozitivi de sodiu (Na^+) este invers. Potentialul de repaus are valoare negativa, datorita existentei in interior a unor anioni, molecule prea mari pentru a trece prin membrana, care contribuie la mentinerea sarcinii negative in interior. Aceste diferente de concentratii ionice sunt mentinute cu *cheltuiala de energie* de niste dispozitive, numite *pompe ionice*, ce se afla in membrana.

Rolul receptorilor, canalelor ionotrope si metabotrope

In structura ei, membrana neuronală dispune de niste molecule complexe ca alcatuire si forma, numite *receptori*, care pot modifica, in anumite conditii, distributia ionilor de Na si K.

Unele din aceste molecule functioneaza ca niste canale selective, care se deschid sau se inchid, lasand sa circule *pasiv* ionii, de unde sunt mai concentrati catre unde sunt mai diluati, deci lasa K sa iasa din celula si Na sa intre in neuron, ori de cate ori se deschid. Sunt receptorii M.

a) *Canalele ionice (canalele M sau ionotropice)*, se deschid automat, de cate ori sunt supuse unei “ excitari ” electrice sau cand se fixeaza pe ele o molecula chimica speciala, numita *ligand*.

b) *Canalele G sau metabotropice* se deschid numai cand sunt activate de o molecula foarte complicata (receptorul G propriu-zis) situata in vecinatatea canalului. Molecula G este cea activata de stimulul electric sau de ligand. Ea, la randul ei, printr-un *proces metabolic* in care intervine si sistemul ATP, deschide canalul.

Rolul potentialelor electrice

Am vazut ca membrana neuronală este ca un izolator electric încărcat negativ în interior și pozitiv în exterior și ca diferența de potențial dintre interiorul și exteriorul celulei este de 70 mV., diferența ce definește potențialul de repaus sau de stand by al neuronului .

Când un impuls electric sau un neurotransmitator deschide canalele de Na și K, apare *potențialul de acțiune*, care în final duce la pozitivarea internă a membranei și la negativarea ei externă. Atât stimulul electric cât și cel chimic trebuie să depășească un anumit *prag de intensitate* și de *durată minimală* și să aibă o anumită bruscă.

a) La nivelul membranei corpului neuronal și în cazul dendritelor mai scurte avem un *potențial analogic modulat în amplitudine*. El începe după o *perioadă de latență* și continuă după încetarea excitației cu o perioadă de *post efect*. Creșterea de potențial (cu pozitivarea către interior) se numește *fază de depolarizare*, în timp ce scăderea lui se numește *fază de repolarizare*.

c) La nivelul axonului potențialul de acțiune are un aspect diferit. El este un răspuns de tip ”tot sau nimic” și se concretizează printr-o succesiune de potențiale scurte (varfuri, spike-uri, descărcări), toate egale în amplitudine și durată. *Fiecare* potențial axonal are un *segment ascendent*, care urcă abrupt de la - 70mV la + 45-50mV, în care timp canalele de Na mai întâi și apoi cele de K, sunt deschise, sodiul intrând în axon în timp ce K iese. După circa 0,5-1ms, diferența de potențial scade domol, urmând o *curbă exponențială*, în care timp pompele ionice restabilesc situația inițială. Această *scădere* a potențialului electric constituie *postpotențialul negativ*.

Transmisia neuronală

Potențialele de acțiune dacă ar rămâne pe loc, ar fi total inutile. Ele trebuie să se deplaseze pe suprafața membranei neuronale a corpului neuronal și în lungul celei a axonului.

a) Transmisia din aproape în aproape este cea mai simplă modalitate.

b) Transmisia din aproape în aproape este foarte lentă (1-1,7 m/sec).

Ambele forme de transmisie există în sistemul nervos uman, care are fibre mielinice cu transmisie saltatorie și fibre amielinice cu transmisie din aproape în aproape.

Perioada refractară

Semnalele electrice neuronale, în condiții normale nu se deplasează decât într-o singură

directie, de la conul de origine a axonului, spre extremitatea distala a acestuia (conducerea ortodromica). Aceasta unidirectionalitate este determinata de faptul ca potentialul de actiune daca vrea sa mearga inapoi se izbeste de inexcitabilitatea temporara a membranei neuronale, care a fost in prealabil stimulata. Aceasta inexcitabilitate sau hipoexcitabilitate defineste *perioada refractara*. In timpul potentialului de actiune avem o *perioada refractara absoluta* cand zona respectiva este total inexcitabila. In timpul postefectului avem *perioada refractara relativa*, in cursul caruia reactivitatea (excitabilitatea) zonei creste treptat, pana la valoarea initiala. Aceasta perioada refractara se datoreste cresterii (ridicarii) pragului de excitabilitate a membranei neuronale.

Fenomenele de sumatie

Experientele au aratat ca membrana corpului neuronal opereaza adunari si scaderi. Doi stimuli aplicati in doua puncte diferite ale acestei membrane isi pot aduna efectele. Daca un punct al membranei este excitat (depolarizat) si altul este inhibat (polarizat) rezultatul exprima diferenta dintre ele. In aceste cazuri avem o *sumatie spatiala*. Astfel de insumari se pot produce si intre doi sau mai multi stimulii aplicati succesiv in acelasi punct, constituind *sumatia temporara*. Au fost puse in evidenta si fenomene de sumatie *temporospatiala*.

Comunicarea intre neuroni

Neuronii comunica intre ei numai in locuri de contact direct (jonctiune) specializate, numite *sinapse*. Exista sinapse electrice (efapse) si sinapse chimice (sinapse propriu-zise).

a) Sinapsele electrice sunt mai rare. Ele implica alaturarea unei membrane presinaptice cu o membrana postsinaptica.

b) Sinapsele chimice sunt mult mai complexe, se afla pe suprafata unui buton sinaptic de 0,5-2 milimicroni si fanta lor este mai larga (20-30 nm).

In cazul *neuromodulatorilor* acestia nu produc decat efecte subliminare, care nu provoaca nici excitare nici inhibitie, ci doar *modificari de prag* ale neuronului post sinaptic, fie in sensul unei facilitari (cand pragul scade), fie in cel al unei frenari, cand pragul urca.

Trebuie sa mentionam ca in ultima vreme se considera ca nevroglia participa la functionarea sinapsei. *Astrocitele* respective ar interveni in *dinamica ionilor de calciu si de potasiu* si a glucozei, din ansamblul neuroni-sinapsa-astrocite, Ele ar participa si la resorbția de catre neuronul presinaptic a neurotransmitatorului secretat. Implicarea in plasticitatea jonctiunilor interneuronale a celulelor

gliale se face in mod dominant prin *factorii neurotrofici*. ***Factorii neurotrofici***

Diferentierea, cresterea, troficitatea si plasticitatea neuronilor nu pot fi realizate fara anumiti factori neurotrofici.

Factorii neurotrofici sunt un subgrup de substante organice (lanturi polipeptidice), numite *citokine*. Ei actioneaza asupra neuronilor ca si hormonii, prin receptori specifici (in general glicoproteine transmembranare) si provoaca in celulele nervoase adevarate cascade metabolice, care rascolesc citoplasma, antrenand pina si modificari ale structurii genomului din nucleu (D.Muresanu).

Mecanismele neuronale ale memorarii (engramarii)

Unul din conceptele de baza ale neurobiologiei este plasticitatea retelelor neuronale. Retelele neuronale nu functioneaza stereotip, mereu cu aceiasi parametri, de la nastere pana la moarte. In mod permanent, anumite constante ale functiilor neuronale se schimba printr-un proces de istoricizare, sau de histerezis. Totodata numarul sinapselor se schimba si el.

Se stie ca spinii si sinapsle nu sunt perene, ci apar si dispar. Schimbarea unor parametri sinaptici (ca de exemplu valoarea pragurilor), sau configuratiei distributiei de sinapse (*numar*, *localizari* sau *dimensiuni*) sunt un aspect esential al plasticitatii neuronale si ca atare unul din mecanisme memorarii la nivelul neuronilor.

a) Am vazut ca evenimentele caracteristice functionarii neuronilor sunt aparitia si deplasarea potentialelor de actiune. Plasticitatea, sau invatarea, consta in “intiparirea” unor urme ale acestor evenimente, care apoi sa modifice intr-un anumit fel comportamentul celulei nervoase. Aceste urme se realizeaza fie in sistemul neuron-sinapsa, fie in cel neuron-sinapsa- nevrogliu.

Semnalul de intrare, care actioneaza la nivelul unei sinapse, nu se multumeste numai cu declansarea potentialului de actiune. Receptorii nu modifica numai starea canalelor ionice ci declanseaza in citoplasma neuronală o cascada de reactii chimice, in care sunt implicate o serie de enzyme sau kinaze. Fiecare tip de sinapsa are lantul sau linia lui de reactii successive pe care le declanseaza, linii care in final actioneaza asupra genomului din nucleu.

Aceste linii enzimatic converg spre o *proteina* din nucleu *CREB* (cyclic- response element binding protein), care actioneaza asupra unor gene din cromozomii nucleari .

Modificarea impusa genomului poate fi *activarea* unei gene (CREB activator) sau blocarea

ei (CREB inhibitor). Rezultatul va fi o expresie genica, ce va modifica un anumit lant de sinteze si va duce la o schimbare de durata a “comportamentului” unor componente neuronale, ceea ce reprezinta suportul neuronal al memorarii.

b) Una din particularitatile mecanismelor neuronale de memorare este ca dispun si de un mijloc de uitare, de stergere a urmelor. Unul din mecanismele acestei stingeri consta din actiunea unei molecule complexe, numita PP1, o proteinfosforilaza, care actioneaza asupra factorului de transcriptie CREB, pe care-l inactiveaza prin defosforilare (D.Genoux s.col.2002).



1.3. Rezumat

Intreaga activitate a sistemului nervos are la baza evenimentele care se petrec in neuroni si sinapse. Toate aceste evenimente pot fi interpretate considerand *neuronul un sistem informational*, asupra caruia actioneaza niste semnale sau marimi de intrare la nivelul sinapselor de intrare (care opereaza ca niste traductori de intrare).



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Neuronii comunica intre ei:
 - a) numai in locuri de contact direct (jonctiune) specializate, numite sinapse;
 - b) numai in locuri de contact indirect, numit neuroblastom;
 - c) numai in locuri de contact imperfect, numit asinaptic.
2. Modificarea impusa genomului poate fi:
 - a) activarea unei gene (CREB activator);
 - b) blocarea ei (CREB inhibitor);
 - c) activarea sistemului osos.



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 V. Măduva spinării



1.1. Introducere

Maduva spinării este cea mai simplă dintre cele două componente principale ale sistemului nervos central.

Maduva spinării singură nu poate asigura existența unui vertebrat, chiar inferior, căci este absolut necesar să fie dirijată sau utilizată de către formațiunile encefalice. De aceea vertebrele spinale (create experimental prin distrugerea encefalului) nu supraviețuiesc decât atâta timp cât sunt menținute vii artificial, cu mijloace din laboratoare, deoarece maduva asigură printre altele mișcările (activitatea motorie) a corpului, membrilor, și gâtului cu excepția mușchilor extremității cefalice.

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



1.2. Conținut

Pe de alta parte insa si distrugerea maduvei cu conservarea encefalului, nu este viabila decat in conditiile asistarii cu tehnici complexe. Encefalul are absoluta nevoie, pentru a-si realiza activitatea, de la cele mai simple acte motorii, pana la formele cele mai complexe ale comportamentului, de maduva spinarii.

Chiar daca activitatea psihica „*proprio sensu*” se poate desfasura in absenta maduvei (de exemplu dupa leziunile inalte cervicale ale coloanei vertebrale, cu sectiune medulara totala), ea nu se poate realiza in planul comportamental.

Aspectul exterior

Măduva spinării este porțiunea din sistemul nervos central care se întinde de la bulb până la extremitatea caudală a nevraxului și care rezultă din fuzionarea neuromerelor. La om există 8 neuomere cervicale (C1-C8), 12 toracale sau dorsale (T1- T12), 5 lombare (L1-L5), 5 sacrale (S1-S5), 1 sau 2 coccigiene, deci în total 31 sau 32 de neuomere.

Cilindrul medular, învelit în cele trei meninge, se află adăpostit în lumenul *canalului rahidian*.

Extremitatea inferioara a măduvei se oprește aproximativ la nivelul corpului vertebrei L₂. Aceasta face să existe un „*decalaj*” între numărul de ordine al corpului vertebral și numărul de ordine al segmentului medular din dreptul său.

Acest decalaj este 0 pentru măduva cervicală, 1 pentru măduva dorsală superioară, 2 pentru cea dorsală inferioară și 3 pentru cea lombo-sacrală, ceea ce condiționează oblicitatea in jos, crescândă, a rădăcinilor nervilor rachidieni. Ultimii nervi (lombosacrați) sunt atât de oblici, încât ansamblul lor a fost numit, din pricina aspectului, *coadă de cal*.

În lungul măduvei spinării avem următoarele *santuri* longitudinale:

- a) șanțul *median anterior*.
- b) șanțurile *laterale anterioare*
- c) șanțurile *laterale posterioare* și
- d) șanțul *median posterior*, care se continuă în interiorul măduvei cu un sept nevroglic, *septul median posterior*.
- e) La nivelul măduvei cervicale, între șanțul posterior și cel lateral posterior, se adaugă *șanțul*

colateral accesoriu

Șanțurile delimitează între ele următoarele *cordoane*:

a) *cordoanele anterioare*

b) *cordoanele laterale*, din care, în primele segmente cervicale, ies rădăcinile spinale ale nervului spinal (XI) și

c) *cordoanele posterioare*, separate între ele prin septul median posterior care, în regiunea cervicală, sunt subîmpărțite de către șanțul colateral posterior în *cordoanul lui Goll* sau *fasciculus gracilis* și *cordoanul lui Burdach* sau *fasciculus cuneatus*

Aspect interior

Constatăm existența următoarelor elemente principale:

a) *canalul ependimar*

b) *substanța cenușie*

c) *substanța albă*

Substanța cenușie se prezintă ca două *mase laterale*, ce se privesc prin convexitățile lor, legate de o punte, numită *comisura cenușie*, punte străbătută de canalul ependimar. Masele laterale prezintă un *corn posterior*, un *corn anterior* și unul *intermediar*.

Substanța albă formează o masă ce învaluiște substanța cenușie .

Substanța cenușie e cu atât mai dezvoltată cu cât metamerul neuromerului respectiv e mai dezvoltat.

Cornul intermediar nu se află decât în măduva toracală și lombosacrată. În măduva cervicală este înlocuit prin *zona reticulată a lui Deiters*

Structura elementară

Substanța cenușie este componenta de bază a măduvei.

Organizarea substanței cenușii a fost făcută de unii sub forma a 9 zone sau lame care se succed de la extremitatea cornului posterior la cea a cornului anterior.

Neuronii din substanța cenușie medulară sunt de trei feluri:

a) *neuroni eferenți*

b) *neuroni sensitivi*

c) numeroase tipuri de *neuroni asociațivi*

Neuronii efectori si cei sensitivi sunt de cele mai multe ori adunati in coloane longitudinale, care pe sectiuni apar ca niste grupari, numite *nuclei*, intre care se afla distribuiti neuronii asociativi.

Neuronii motori, se afla in cornul anterior, cei sensitivi se afla in cornul posterior, iar cei vegetativi in cornul intermediar.

Neuronii motori (motoneuronii) sunt cei mai mari neuroni ai maduvei si dispun de o substanta a lui Nissl intens colorata si distribuita in blocuri de marimi variabile. Ei sunt grupati in coarnele anterioare, in mai multi nuclei (intre doi si noua)

Toți acești nuclei în ansamblu au fost numiți *nucleul miorabdotic* (Massazza). Ei reprezintă sistemul neuronal motor elementar de comanda pentru mușchii striati.

Ingeneral se pot distinge nuclei motori anteriori si posteriori .

Fiecare motoneuron inervează, prin ramificațiile sale axonale, un grup de fibre musculare.

Ansamblul format din neuron si fibrele musculare dependente, se numește *unitate motorie*.

În jurul motoneuronilor se află roiuri de neuroni numiți *intercalari*, care formează o rețea în care se găsesc celule excitatorii și inhibitorii (celulele lui Renschaw).

Fibrele motorii piramidale si extrapiramidale nu vin in contact cu motoneuronii decat *prin intermediul* neuronilor intercalari ,grupati in cate un *roi* prntru fiecare fibra.

Ele formează un fel de microprocesor ce controlează activitatea motoneuronilor. Comenzile motorii venite de la etajele supramedulare nu ajung direct la motoneuroni, asa cum s-a crezut multa vreme, ci numai la acesti neuroni intercalari, care le prelucreaza inainte de a le trimite la motoneuroni. Acestia reprezinta *calea finala comuna*, prin care toate etajele nevraxiale actioneaza asupra fibrelor musculare striate. Cilindraxii acestor motoneuroni formeaza *radacinile anterioare* ale maduvei. Aceste radacini sunt manunchiuri, ce se formeaza pentru fiecare neuromer, asa ca avem 31(32) perechi de radacini anterioare.

Neuronii vegetativi din cornul intermediar sunt si ei grupati in mai multi nuclei, mai imprecis delimitati si cu neuroni mai mici.

În cornul intermediar se găsesc 3 coloane celulare, sau 3 nuclei.

Neuronii vegetativi medulari sunt grupati dupa *efectele* lor. Astfel, găsim neuronii vegetativi *simpatici*

In partea inferioara a maduvei, in zona intermediara a substantei cenusii, se afla neuronii

vegetativi *parasimpatici* lombosacrali, grupați funcțional în așa numiți „centri”.

La nivelul celulelor sensitive, sosesc și se „conectează” prin sinapsa fibrele sensitive, care sunt grupate și ele în manunchiuri numite *radacini posterioare*, dispuse câte o pereche pentru fiecare metamer.

Fibrele acestor rădăcini posterioare sunt aferente, ele reprezentând cilindraxii celulelor bipolare (pseudounipolare) ale *ganglionilor spinali* (dispusi și ei câte o pereche pentru fiecare neuromer).

Datorită acestei organizări metamerice a radacinilor posterioare și a ganglionilor spinali corespunzători, se constată o *zonare* tot metamerică a teritoriilor cutanate, numite *dermatomi*, ce corespund radacinilor (și ganglionilor spinali).

Fibrele radacinilor posterioare, odată pătrunse în maduva, se respiră în zona numită *cornu-radiculară*.

Fibrele sensitive din radacinile posterioare care ajung în neuronii motori (indirect prin cei intercalari) sunt suportul *reflexelor osteotendinoase* sau *miotatice*, în timp ce acelea care ajung la neuronii cornului intermediar mijlocesc *reflexele vegetative*.

Tot din structura elementară a maduvei fac parte și *caii asociative ascendente, descendente* sau *comisurale* (care leagă elemente dintr-o parte cu structurile din partea controlaterală).

Aceste legături se stabilesc, înăuntrul aceluiași neuromer direct, sau prin intermediul unor neuroni intercalari (deci sunt cuprinse în substanța cenușie) sau între mai multe neuromere, relativ vecine.

Arcul reflex

Legăturile: rădăcina posterioară ^ *motoneuroni medulari* sunt suportul reflexelor miotatice sau osteotendinoase. Aceste legături se situează între receptorii din mușchi și tendoane (proprioceptori) și fibrele musculare. Ansamblul acestor formațiuni alcătuiește *arcul reflex elementar*.

Trebuie să subliniem că neuronii motori nu trimit nici un semnal, nici o stimulare către fibrele musculare, în mod spontan, din proprie inițiativă. Ei *trebuie să fie excitați* de un stimul din afară. În cazul arcului reflex, stimularea vine pe calea radacinei posterioare, de la receptorii din mușchi și tendoane.

Fibrele musculare si ca atare muschii nu sunt niciodata relaxati, in stare de veghe. Toti se afla intr-o stare de contractie continua, bazala, de repaus, care defineste *tonusul muscular*. Pe acest fond se suprapun contractiile rapide (fazice), care stau la baza *miscarilor* din aparatul osteo-musculo-articular.

Structura arcului reflex este aceea a unui dispozitiv: *intrare-iesire* sau mai exact, *intrare-stare-iesire*.

Acest model este paradigma fundamentala a functionarii clasice a sistemului nervos, la toate nivelele. Este un model de comanda directa.

În realitate structura arcului reflex este mai complexă și implică și o *conexiune* sau *aferentatie inversă* (Bălăceanu-Stolnici și Edmond Nicolau), care functioneaza ca un *feedback*. ***Automatisme medulare.***

Bogatele *sisteme de legaturi asociative* dintre neuronii, grupurile de neuroni (nucleii) si neuromerele medulare (care formeaza in ansamblu aparatul elementar al măduvei)mijlocesc realizarea *automatismelor medulare*, care se observă bine la animalele și oamenii cu măduva izolată de restul sistemului nervos, printr-o secțiune.

Automatisme medulare reflexe sunt, alaturi de reactiile reflexe elementare, contributia esentiala a maduvei spinarii. Ea pune la dispozitia etajelor superioare o serie de *drivere* sau *servomecanisme* motorii si vegetative, care sunt folosite de etajele superioare ale nevraxului. In mod normal aceste automatisme sunt mascate de interventiile mult mai complexe si nuanțate ale etajelor nevraxiale superioare.

Caile descendente encefalomedulare

Maduva servește drept dispozitiv de executie pentru formatiile encefalice. De aceea gasim la nivelul ei o serie de cai descendente, grupate in *fascicole*. Aceste fascicole, impreuna cu cele ascendente, formeaza substanta alba a cordoanelor medulare.

a) Principala conexiune descendenta este reprezentata la primate, dar mai ales la om, de *fibrele motorii piramidale* care vin din *zona motorie* primara a scoartei cerebrale. Cele mai multe fibre sunt grupate in partea posterioara a cordoanelor laterale, unde formeaza *fascicolul piramidal incrucisat*. Alte fibre se situeaza in cordonul anterior, unde formeaza *fascicolul piramidal direct*, deoarece provine din zona motorie homolaterala.

b) Alte conexiuni descendente *motorii* provin dintr-o serie de formațiuni motorii encefalice, care formează *sistemul motor extrapiramidal*. Aceste *fibre extrapiramidale* sunt grupate mai difuz, în mici fascicule imprastiate în cordoanele anterioare.

c) Tot în cordonul anterior al maduvei se găsesc fibre descendente vegetative, care coboară din corpii mamilari (*pedunculul corpului milar*) și din hipotalamus (*bandeleta lui Schutz*).

Caile ascendente spinoencefalice

Maduva spinării este și marele „bulevard” pe care circula informațiile venite de la receptorii periferici prin nervii sensitivi (afereți), până la *ganglionii spinali*, unde se găsesc primii neuroni sensitivi și apoi prin *radacinile posterioare*, care sunt axonii neuronilor spinali, către etajele superioare ale sistemului nervos. Aceste informații circula prin *caile ascendente medulare*, grupate în fascicule, în cadrul cordoanelor posterioare și laterale ale maduvei.

Caile sensitive ajung până la un al doilea neuron sensibil .

Fibrele spinocerebeloase conduc semnale venite de la receptorii proprioceptivi, din mușchi, tendoane și ligamentele articulațiilor. Aceste semnale nu se constientizează.

a) Unele dintre fibrele radiculare se articulează, *imediat* în *conul posterior* homolateral, cu deutoneuronii al căror cilindru trece de partea opusă (*controlateral*) și constituie, în cordonul lateral controlateral *fasciculul cerebelos încrucișat*, sau *anterior* a lui Gowers.

b) Alte fibre radiculare proprioceptive, odată ajunse în maduva, *suie întâi câteva neuromere* în regiunea cornuradiculară, și se articulează apoi cu neuronii *coloanei lui Clarke*, unde se afla deutoneuronii ai căror cilindri nu se mai încrucișează ci se îndreaptă transversal spre cordonul lateral *homolateral*, unde devin din nou ascendente și formează *fasciculul cerebelos direct*, al lui Flechsig, situat topografic înapoia precedentului, fără ca limita dintre ele să fie prea netă.

Fibrele spinotalamice conduc semnale de la receptorii proprioceptivi dar și de la ansamblul receptorilor exteroceptivi cutanați. Aceste semnale se constientizează sub forma senzațiilor tactile, termice și dureroase (senzațiile *epicritice*) și cele proprioceptive, *protopatice*.

a) Fibrele ce conduc semnalele *proprioceptive* sunt cele mai groase din radacina posterioară și patrund în maduva medială, fata de cornul posterior, de unde urcă spre encefal fără să se întrerupă, căci deutoneuronul lor se afla în bulbul rahidian (în nucleii lui Goll și Burdach) și fără să se încrucișeze. Ele constituie *cordoanele medulare posterioare*.

b) Fibrele ce conduc semnalele de la receptorii pentru *temperatura* si *durere* sunt grupate impreuna si sunt cele mai subtiri. Ele ajung la deuteronuronul din coarnele posterioare, ai caror cilindraxi incrucieaza linia mediana si se aseaza si suie in *cordoanele laterale* controlaterale, imediat anterior fata de fascicolul piramidal incrucisat, formand *fascicolul spinotalamic posterior*.

c) Fibrele ce conduc semnalele de la receptorii *tactili* din piele si mucoase au o grosime mijlocie. Odata ajunse in maduva suie cateva neuromere, apoi se termina in deuteronuronii sensitivi din cornul posterior. Cilindraxii acestora incruciseaza linia mediana si se aseaza si urca spre talamus in *cordoanul lateral*, inaintea celor precedente, formand *fascicolul spinotalamic anterior*. Și în cadrul fasciculelor spinotalamice (anterior si posterior), școala lui Lhermitte admite o somatotopie.

In ceea ce priveste legaturile ascendente ale *sistemului vegetativ*, ele urca difuz, negrupate in fascicule. Cum vom vedea in capitolul despre sistemul vegetativ .



1.3. Rezumat

Maduva spinarii este cea mai simpla dintre cele doua componente principale ale sistemului nervos central.

Maduva spinarii singura nu poate asigura existenta unui vertebrat, chiar inferior, caci este absolut necesar sa fie dirijata sau utilizata de catre formatiunile encefalice. De aceea vertebrele spinale (create experimental prin distrugerea encefalului) nu supravietuiesc decat atata timp cat sunt mentinute vii artificial, cu mijloace din laboratoare, deoarece maduva asigura printre altele miscarile (activitatea motorie) a corpului , membrelor, si gatului cu exceptia muschilor extremitatii cefalice.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Măduva spinării este:

- a) porțiunea din sistemul nervos central care se întinde de la bulb până la extremitatea caudală a nevraxului și care rezultă din fuzionarea neuromerelor;
- b) porțiunea din sistemul nervos osos;
- c) porțiunea din sistemul nervos osos care se întinde de la sinapsă până la extremitatea caudală a

cortexului.

2. La om există:

- a) 8 neuomere cervicale, 12 toracale sau dorsal, 5 lombare, 5 sacrale, 1 sau 2 coccigiene;
- b) 12 neuomere cervicale, 8 toracale sau dorsal, 5 lombare, 5 sacrale, 1 sau 2 coccigiene;
- c) 12 neuomere toracale, 5 sacrale, 1 sau 2 coccigiene.



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 VI. Trunchiul cerebral



1.1. Introducere

Trunchiul sau axul cerebral reprezintă pentru cap ceea ce este măduva spinării pentru corp, membre și gât. Trunchiul însă nu este supus procesului de metamerizare, așa că nu găsim la nivelul sau echivalentul neuomerelor.

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



1.2. Conținut

Axul, sau trunchiul cerebral, face legătura dintre măduva spinării și emisferele cerebrale. Este situat la nivelul *fosei cerebrale posterioare* și este așezat sub restul encefalului.

Cu toate că formează un tot anatomic și funcțional, poate fi împărțit de jos în sus, didactic, în

3 porțiuni:

- a) *bulbul sau măduva prelungită (mielencefalul)*,
- b) *protuberanța sau puntea lui Varoli (metencefalul)* și
- c) *pedunculii cerebrali (mesencefalul)*.

Deși e construit pe același plan cu maduva, pe care o continuă în sens oral, totuși se deosebește profund de aceasta.

Una dintre caracteristicile principale ale trunchiului cerebral este prezența *formației reticulate*. Datorită acesteia, trunchiul cerebral este o componentă extrem de interesantă pentru psihologi, căci această formație determină printre altele, așa cum vom vedea, *stările de conștiință*.

Activitatea automată a trunchiului cerebral este considerabil mai dezvoltată și mai importantă decât cea a măduvei. De aceea, trunchiul cerebral este *componenta vitală* a sistemului nervos, căci asigură realizarea *funcțiilor de supraviețuire*, fapt pentru care leziunile sale pot fi *mortale*. Acest lucru se datorează faptului că, formațiunile din trunchiul cerebral controlează și asigură realizarea unor funcții vitale ca: *respirația*, ce asigură aportul de oxigen și *circulația sanguină* (vasomotricitatea, tensiunea arterială, ritmul cardiac). Totodată asigură funcțiile motorii și secretorii ale *aparaturii digestive*, începând cu automatismele înghițirii alimentelor și cu cele ale văomei.

Activitatea automată a trunchiului cerebral constă și în faptul că dispune de o serie de *driveuri fiziologice* esențiale pentru sistemul locomotor. Astfel, *statul nostru în picioare sau mersul* implică o serie de mecanisme reflexe complexe, fundamentale, care se realizează în trunchiul bulbo-ponto-peduncular, unele dintre ele bazate pe semnale venite de la receptori vestibulari.

Aspectul exterior

Din exteriorul trunchiului cerebral, numai fața anterioară și cele laterale pot fi observate. Fața posterioară este vizibilă doar după îndepărtarea cerebelului.

Fața anterioară(ventrală)

Fața anterioară sau ventrală a trunchiului cerebral, în situ, stă culcată pe *lama bazilară* a endocraniului, de care este despartită prin artera și vena bazilară, cu ramurile lor.

a) La nivelul *bulbului*, pe linia mediană, se află un *șanț median anterior*, continuare a șanțului omonim al măduvei. El se termină în *orificiul orb inferior* și prezintă în fundul lui, puțin deasupra coletului bulbar, fibrele împletite ale decusației (încrucișării) piramidelor.

Șanțul (co)lateral anterior al maduvei se găsește și la nivelul bulbului, unde se bifurcă, cuprinzând *oliva bulbară*, între un șanț retroolivar și unul preolivar (din care se desprinde nervul XII-hipoglosul).

Între șanțul median și cel preolivar se află *piramidele bulbare*.

Deasupra și înapoia olivei se află *foseta supraretroolivară*.

b) La nivelul *punții* găsim o masivă înmănunchiere de fibre transversale, care formează o protuberanță ce ocupă toată fața anterioară și care se prelungește lateral, în pedunculii cerebeloși mijlocii. Din sânul acestor fibre ies rădăcinile nervului V (trigemen), sensitivă (cea mai voluminoasă) și motorie (subțire). Puntea este ușor deprimată la mijloc, de către gutiera bazilară, determinată de artera bazilară.

c) La nivelul *pedunculilor* se observă cele două *picioare pedunculare* care se îndepărtează în sus, cuprinzând între ele *spațiul perforat posterior*, din care iese nervul III (oculo-motorul comun) și care este marginat oral de către cei doi *corpi mamilari*, ce aparțin însă hipotalamusului, cu care trunchiul cerebral se continuă.

Fata posterioară(dorsala)

Fața posterioară, , nu este vizibilă, așa cum am mai spus, decât după îndepărtarea cerebelului.

a) La nivelul *bulbului inferior* avem *șanțul median posterior*, marginat de o parte și de alta de *cordoanele lui Goll*, care se termină în *tuberculul lui Goll* (sau *Clava*). Lateral fața de acestea se află *cordoanele lui Burdach*, care ajung în *tuberculul lui Burdach* (sau *Cuneus*). În acești tuberculi se află nucleii cu același nume, ce contin deuteroneuronii căii sensitive proprioceptive. Dincolo de tuberculii de mai sus, cordoanele posterioare *par* a se continua cu *pedunculii cerebeloși inferiori* sau *corpui restiformi*, care se îndreaptă spre cerebel.

b) La nivelul *bulbului superior* și *protuberanței* găsim *planșeul ventricolului IV*, în formă de romb, mărginit pe laturi de către cei trei pedunculi cerebeloși (inferiori, mijlocii și superiori). Este împărțit în două jumătăți printr-un *șanț median*, numit *calamus scriptorius* (pana scriitorului). Lateral, în acest triunghi se află *tuberculul acusticului*, din care pornesc spre linia mediană *striile acustice* (care fac parte din calea auditivă).

În triunghiul pontin găsim *eminențele rotunde*, care corespund nucleilor nervului VI, prelungite în sus de *funiculii rotunzi*. Pe laturile acestora se află o depresiune lineară, în care se

zărește, colorat în albastru-cenușiu, „*locus coeruleus*”, un nucleu ale cărui celule sunt bogat pigmentate cu melanină.

c) La nivelul *pedunculilor* găsim *tuberculii quadrigemeni anteriori și posteriori*, separați prin *șanțul cruciat*. Tuberculii quadrigemeni anteriori formează ceea ce s-a numit *tectum opticum* sau *zona tectală*, implicată în prelucrarea semnalelor vizuale. Între tuberculii quadrigemeni anteriori se odihnește *epifiza* (venită din diencefal). Tuberculii quadrigemeni se prelungesc lateral cu *brațele conjunctive* anterioare și cele posterioare, spre *corpul geniculați*, laterali respectiv mediali. Tuberculul quadrigemen anterior e legat de *corpul geniculat extern* care face parte din calea vizuală, iar tuberculul quadrigemen posterior e legat de *corpul geniculat intern*, care aparține căii auditive.

Înapoia tuberculilor quadrigemeni posteriori se desprind *nervii patetici* (IV) (trochleari). Sunt singurii nervi care ies dorsal și singurii nervi care, înainte de a ieși din sistemul nervos central, se încrucișează.

Aspectul interior

Ca și în cazul maduvei, trunchiul cerebral este împărțit în două jumătăți (dreapta și stânga) de această dată însă printr-un perete, sau *sept medial*. Partea dorsală a punții și a pedunculilor a fost numită *calota* (pontina sau pedunculară). Ea este bine delimitată de partea lor ventrală, care a fost numită *picioar* (pontin sau peduncular). Această împărțire nu este evidentă la nivelul bulbului.

Nucleii nervilor cranieni

În cadrul structurii interioare găsim, în primul rând, motoneuronii, neuronii vegetativi și deutoneuronii sensitivi, aparținând ultimilor zece *nervi cranieni*. Aceștia nu mai sunt grupați în coloane continue, ca în maduva, ci sunt fragmentați în gramezi, care cu forma globulară sau de coloane longitudinale discontinue numite *nuclei*

a) *Sirurile nucleilor motori* formează în fiecare jumătate de trunchi cerebral două siruri (coloane), unul dorsal chiar lângă sept și unul ventral:

- *Sirul motor ventral* conține: în bulb, *nucleul ambiguu* (format din juxtapunerea de jos în sus a nucleilor spinalului bulbar (nervul XI) al pneumogastricului (nervul X) și al glosso-faringianului (nervul IX) și în punte, *nucleul facialului* (nervul VII) (ale cărui fibre descriu, înainte de a ieși, o buclă în jurul nucleului oculomotorului extern) și *nucleul masticator* al trigemenului (nervul V). În peduncul, acest sir nu este prezent.

- *Sirul motor dorsal* contine: în bulb, *nucleul hipoglosului* (situat sub aripa albă externă), în punte, *nucleul oculomotorului extern* (ce corespunde eminenței rotunde), iar în peduncul, *nucleul pateticului* și *nucleul oculomotorului comun*.

b) *Sirul nucleilor vegetativi* cuprinde: în bulb, *nucleul dorsal al vagului* (situat sub aripa cenușie) și *nucleul salivator inferior* (ale cărui fibre ies prin glosofaringian), în protuberanță, *nucleul salivator superior* și *nucleul lacrimo-muconasal* (ale căror fibre ies prin intermediarul lui Wrisberg ce face parte din perechea VII), iar în peduncul, formează nucleul lui Westphal- Edinger, din complexul nuclear al nervului III.

c) *Sirul nucleilor receptori (sensitivo-senzoriali)* cuprinde: la nivelul bulbului, *nucleul bandetei solitare (nucleul solitar)* sau al *fascicolului gustativ al lui Nageotte*. Acest nucleu reprezintă al doilea neuron al căii *gustative*, dar și o formațiune *vegetativă* implicată printre altele, așa cum vom vedea, în reglarea ciclului veghe-somn. Tot la nivelul bulbului, dar și al punții, se afla *nucleul senzitiv al trigemenului (nervul V)*, care coboară până în substanța lui Rolando din coarnele posterioare ale maduvei cervicale (C₁ și chiar C₂). El este format din doi nuclei, *nucleul protuberanțial*, pentru sensibilitatea tactilă și profundă, conștientă a fetei și *nucleul bulbomedular*, pentru sensibilitatea termică și dureroasă a fetei și pentru o serie de reflexe trigeminale.

La nivelul pedunculilor găsim un al treilea nucleu trigeminal, reprezentat de *radacina mesencefalica a trigemenului*.

La nivelul protuberanței sau, mai exact, al frontierei bulbo-protuberanțiale se află componentele *nervului VIII*.

În cadrul acestora, distingem o componentă *acustică* și una *vestibulară*.

Componenta acustică este reprezentată de un *nucleu dorsal (tuberculul acustic)*, la suprafața bulbului și un *nucleu ventral*.

Componenta vestibulară este una dintre structurile cele mai importante ale trunchiului cerebral. Dispune de un număr de *sase nuclei vestibulari*, situați în unghiul dorsolateral al *calotei pontine inferioare* și în porțiunea dorsolaterală juxtarestiformă, retroolivară a *bulbului superior*.

O originalitate a sistemului vestibular este reprezentată de rolul important pe care-l joacă în cadrul *automatismelor motorii*, proprii trunchiului cerebral.

Unele dintre acestea asigură *ortostatismul*, *mersul* și *echilibrul* corpului în spațiu, fie direct

prin fibre vestibulospinale, fie indirect prin intermediul formației reticulate, cu care nucleii vestibulari sunt conectați.

Altele asigură *poziția și mișcarea conjugată a globilor oculari*, prin sistemul bandelei longitudinale posterioare.

Ansamblul nucleilor vestibulari cuprinde două grupuri de nuclei, unul *lateral* și altul *medial*:

A) *Grupul lateral* este format din trei nuclei.

Grupul lateral trimite în jos (descendent), spre celulele motorii ale măduvei, fasciculul vestibulo-spinal.

Trimite ascendent, fibre directe și încrucișate, care suie în *bandeleta longitudinală posterioară*. Prin acest sistem controlează mișcările globilor oculari.

Niciodată mușchii globilor oculari nu se *contractă izolat*; niciodată nu se deplasează exclusiv *un singur ochi*. Sinergia sau *conjugarea* mișcărilor oculare este garantată de un sistem automat supraelementar, ale cărui elemente de comandă sunt interconectate prin *fasciculul longitudinal posterior și comisura albă posterioară*.

Acest sistem se împarte în 4 complexe funcționale, sau „*centri*” *supranucleari* (fiindcă își exercită funcția indirect prin intermediul nucleilor nervilor oculomotori (III, IV și VI):

Poziția globilor oculari este și ea condiționată de impulsurile vestibulare.

Aparatul otolitic din urechea internă determină reflexele de punere în poziție a ochilor. Înclinarea capului într-o parte determină o deplasare a globilor oculari în sens opus. Așezarea capului pe spate produce o coborâre a globilor oculari, iar așezarea ventrală a capului (cu fața în jos) pricinuieste o ridicare a globilor oculari.

Aparatul canalicular vestibular (al *canalelor semicirculare*) produce, când este excitat prin deplasările (mai ales cele rapide) capului, o deviere tonică *lentă* (de obicei orizonto- giratorie) a ochilor, spre *partea opusă labirintului excitat*. Când devierea tonică depășește o anumită limită, ochii sunt brusc readuși în poziția de repaus, printr-o mișcare inversă, *rapidă*. Apoi labirintul îi deviază din nou ș.a.m.d. rezultând o oscilație caracteristică ce poartă numele de *nistagmus*. El are cum am văzut o fază lentă și una rapidă. Fiindcă este declansat din exterior de excitarea labirintului este nu mit nistagmus de *origina periferică*

Leziunile centrale, care interesează aparatul supraelementar al globilor oculari (de obicei

bandeleta longitudinală posterioară) și/sau nucleii vestibulari și conexiunile lor, determină apariția unui *nistagmus de origine centrală*, care de cele mai multe ori nu se însoțește de vertij.

Tot grupul lateral e bogat conexiionat în ambele direcții cu *cerebelul* (în special cu lobul floculo-nodular) și cu *nucleii cerebeloși* ai acoperișului (fastigiului), globosus și emboliformus. Aceste conexiuni se realizează prin *corpul restiform* (pedunculul cerebelos inferior).

B) *Grupul medial* al nucleilor vestibulari este și el format din trei nuclei:

El e format din *nucleul triunghiular* (al lui Schwalbe), *nucleul lui Fused* - după unii (Spitzer) - și din *nucleul lui Staderini*.

Formația reticulară

Structura

Calota pedunculară (mesencefalică) și cea pontină, ca și o mare parte din interiorul bulbului sunt ocupate de roiuri de neuroni, de dimensiuni diferite, formând o multitudine (circa 2026) de nuclei vag delimitați, al căror ansamblu a fost numit, de Ziehen, *formația reticulară*, considerată multă vreme doar un sistem de umplutură.

a) Formația reticulară cuprinde, în primul rând, o *porțiune medială*, în care se identifică *nucleii rafeului*, grupați într-o secvență sau complex inferior bulbopontin (nucleii B1, B2, B3, B4 și B5) și o secvență sau complex peduncular (nucleii B6, B7, B8, B9). Sunt *neuroni serotoninergici*.

b) În *porțiunea laterală* a formației reticulate se află o secvență bulbopontină de nuclei, cu *neuroni noradrenergici* (A1, A2, A3, A4, A5, A6 și A7), continuată cu o secvență pedunculară (A8, A9 și A10 - după unii și A11, A12 și A13). Dintre aceștia, cel mai mare și important este *locus coeruleus* (A6) cu celule pigmentate, din protuberanța, despre care am mai vorbit.

c) Porțiunea intermediară (centrală) este cea mai dezvoltată. Ea cuprinde *nuclei magnocelulari, medial și parvocelulari, lateral*.

d) Formația reticulară se prelungește discret în măduvă, până în măduva cervicală superioară, iar superior, până în porțiunea posterioară a hipotalamusului.

Sunt autori care încadrează în formația reticulară și *substanța cenușie*, care înconjoară *apeductul lui Sylvius* (care este un canal ce leagă ventriculul III de ventriculul IV, trecând sub tuberculii cvadrigemeni)

Formația reticulară primește ca *aferente* un număr mare de colaterale din căile sistemelor

senzitive si de la nervii glosfaringian si vag (unele din ele prin *nucleul solitar*). La acestea se adaugă aferențe de la cerebel și de la nucleii vestibulari (dintre care unele sunt excitatorii și altele inhibitorii). Aceste aferențe, care acționează *nespecific* (adică independent de calitatea semnalelor, ci în funcție doar de intensitatea lor), mențin activă formația reticulată și îi imprimă un anumit regim de funcționare.

Eferentele formației reticulare sunt *ascendente* si *descendente*. Uneori același neuron are un axon, care se împarte într-o bifurcație descendentă si una ascendentă.

Rolul motor al formației reticulare

Eferentele descendente sunt *fibrelor reticulospinale*, care coboară în măduva spinării, în cordoanele anterioare. Cele mai multe din ele acționează asupra motoneuronilor, mai ales a *motoneuronilor gama* (evident prin intermediul neuronilor intercalari). Prin acestea, formația reticulară contribuie la realizarea *tonusului muscular*.

S-au descris reflexe *statice* si *cinetice*.

a) *Reflexele statice* sunt acelea în care, impulsurile sunt provocate de *poziția* în care se află capul, corpul sau unul din segmentele sale:

- 1) Unele reflexe statice asigură *menținerea poziției corporale*;
- 2) Altele asigură *punerea într-o poziție normală* (standard) a corpului, sau a unuia din segmentele sale, în raport cu câmpul gravitațional terestru:

b) *Reflexele cinetice* sunt cele provocate de *deplasarea globală* a corpului, sau a unuia din segmentele sale. Unele sunt de origine *exteroceptivă* (sunt insignifiante). Cele mai de seamă sunt de origine *vestibulară*.

Rolul vegetativ sau vital al formației reticulare

Unele fibre reticulospinale acționează asupra *neuronilor intermediari vegetativi*:

a) De aceea, această formație are un rol în controlul *circulației sanguine*, reglând tensiunea arterială si ritmul cardiac.

În formația reticulară bulbară există „centrii *cardio-regulatori*”, unii acceleratori (și presori), alții inhibitori (și depresori). Impulsurile le vin de la cele două zone reflexogene vasculare, cea *sino-carotidiană* prin nervul lui Hering ce se continuă centripet cu nervul *glosfaringian* si cea *cardio-aortică* prin ramuri ale nervului *vag* (pneumogastric).

b) Formația reticulară exercită un control și asupra *mişcărilor respiratorii*. El este realizat de trei componente specializate funcțional ale formației reticulate:

- un *centru pneumotaxic*, situat în treimea superioară a calotei pontine între locus coeruleus și linia mediană;
- un *centru apneustic* situat în cele 2/3 caudale ale calotei pontine;
- un *centru bulbar* situat înapoia piramidelor și a panglicei lui Reil mediană, între oliva bulbară și rafeul median și cuprinzând două porțiuni, una inspiratorie și alta expiratorie.

Cele trei componente se influențează reciproc prin numeroase interconexiuni.

„Punerea în funcțiune” a centrilor respiratori este realizată de chemoreceptorii din membranele neuronilor inspiratori și expiratori, sensibili la concentrațiile din sânge ale O_2 și CO_2 și la pH sanguin. Trebuie să specificăm ca acești „centri respiratori” nu sunt formațiuni neuronale clar definite anatomic, ci regiuni difuze din cadrul formației reticulate.

Datorită acestor implicări în reglarea circulației sanguine și a respirației, formația reticulată este vitală.

c) Alături de acești „centri” se află grupate rețelele neuronale ce asigură realizarea *deglutiției*. Numai primul act al acesteia este voluntar, restul se desfășoară automat și folosește în special calea eferentă a n. ambiguu din bulb.

În colaborare cu „centrul deglutiției” funcționează *centrul vomei*, situat în vecinătatea nucleului dorsal al vagului și a ariei postrema și conexiunat cu centrul respirator, ambii inhibându-și unul altuia acțiunea.

Tot la nivelul trunchiului cerebral se află și mecanismele complexe (foarte puțin cunoscute) care determină *cascatul*. Acesta implică cordonari complicate de contractii musculare dar și manifestări vegetative ca modificări de tensiune arterială sau de ritm cardiac. Structurile responsabile ale acestei funcții (numite de unii *pendiculare*) se află situate în formația reticulată în vecinătate centrilor respiratori.

Rolul cascadelor care apar în viața fetală (în a 15 a săptămână) este obscur după ce Provine a demonstrat că nu intervine pentru scăderea bioxidului de carbon sau creșterea oxigenului din sânge cum era clasic. A. Simmons consideră că este un mecanism de activare (alertă, arousal). După Gr. T. Popa ar interveni pentru a modifica presiunea din ventricolii cerebrale.

Tot in corelatie functionala cu centrii respiratori se afla si structurile reticulare ce asigura *tusea* si *stranutul* (ambele cu rolul de a expulsa elemente nedorite din organism).

Ca si cascatul sunt reflexe automate complexe care necesita strarea de *veghe*. Dintre ele numai tusea poate fi declansata sau controlata voluntar.

d) Diferite leziuni bulbare (experimentale sau clinice) au venit să încetățenească ideea unei posibile *termoreglări bulbare* și a unei *hiperglicemii de origine bulbară* (Cl. Bernard).

e) Gratie tesaturii de conexiuni din trunchiul cerebral se realizeaza si o serie de reflexe.

Rolul neuropsihologic al formatiei reticulare

Una din descoperirile cele mai revolutionare in domeniul stiintelor creierului a fost rolul trunchiului cerebral, prin formatia sa reticulara, in *activitatea psihica*.

Am vazut ca neuronii reticulari, in afara de caile lor descendente, au numeroase *conexiuni ascendente sistematizate* in cai identificate, sau *difuze*, negrupate in cai compacte. Aceste cai ascendente ajung la nivelul nucleilor de la baza, a structurilor rinencefalice si a scoartei cerebrale, formand *aferentele nespecifice* ale acesteia. Acesti neuroni, cu caile lor, formeaza ceea ce Magoun a numit ***sistemul activator ascendent***.

Acest sistem este responsabil de realizarea diferitelor *stari de vigilență*.

De asemenea, prin *aria (nucleul) tegmentala ventrala* si conexiunile ei cu nucleul accumbens din corpii striati, intervine in generarea unor stari emotionale, aceste structuri facand parte din *sistemul de rasplata*.

In fine trebuie sa mentionam ca semnalele specifice, venite de la receptorii organelor de simt se *constientizeaza* sub forma de *senzatii* sau *perceptii* decat daca, odata cu ele, ajung in scoarta si semnalele nespecifice din formatia reticulara (si sistemul nespecific talamic).

Un rol deosebit il are formatia reticulata in gestionarea *durerii*.

Trebuie sa mentionam ca formatia reticulara a trunchiului cerebral se continua in *hipotalamusul posterior*, care poate fi considerat o formatie reticulara diencefalica. Formatiei reticulare i se adauga cu functii relativ similare in domeniul psihismului, *sistemul ascendent nespecific talamocortical*, denumit sistemul de recrutare a lui Dempsey si Morrison, asupra caruia vom mai reveni in capitolul despre thalamus.

Alte structuri anatomofunctionale

În sânul substanței reticulate se află câteva formații însemnate.

a) Astfel în bulb avem sistemul *olivei inferioare*. Acesta e compus dintr-o lamă ondulată, dispusă ca o pungă deschisă mediodorsal (*oliva principală*), care crează la exteriorul bulbului, lateral, între piramidele bulbare și corpii restiformi, un relief ovoid alungit ca o maslină, de unde îi vine numele. Ea este însoțită de două *parolive* (internă și externă).

Oliva e legată de măduvă prin fibrele descendente și ascendente (Kaplan) directe, neincrucisate, ale *fascicolului olivo-spinal* al lui Helweg din cordonul anterior homolateral al măduvei.

Fibre din *talamus* (Foix și Niculescu), din **nucleul roșu**, din *globus pallidum* (Winkler), din *nucleii comisurii posterioare* (Ogawa), înmănunchiate în *fasciculul central al calotei* (numit astfel din cauza poziției sale), ajung prin intermediul acestuia la oliva homolaterală.

Oliva este bogat legată de scoarța și nucleii *cerebelului* (în special *nucleii dintati*) controlaterali. Fibrele *olivo-cerebeloase* ies din hil, încrucișează linia mediană, străbat substanța reticulată de partea opusă și merg în porțiunea medială (poate și laterală) a corpului restiform. Sunt *fibrele arciforme interne*. Unele fibre, după ce încrucișează linia mediană (linie numită și rafeul bulbului), ies la suprafața bulbului, între cele două piramide, înconjoară apoi ventral piramida opusă olivei originare și se îndreaptă spre corpul restiform. Sunt fibrele *arciforme externe*, vizibile chiar cu ochiul liber la exterior. Conexiunile olivocerebeloase sunt ascendente (cerebelopete) și descendente (olivopete).

Sistemul olivar se găsește deci la o răscruce însemnată, unde se întâlnesc sistemele descendente ale formațiunilor de la baza creierului (nucleul roșu, talamus, n. palid), cu sistemele eferente și aferente ale scoarței și nucleilor cerebeloși și cu sistemele ascendente și descendente ale măduvei.

Deși este o formație voluminoasă și bogat conectată cu structuri importante ale creierului **nu** stim ce funcțiuni are.

b) O altă formație însemnată o constituie *locus niger*, al lui Sommering (substanța neagră). Este situată în mezencefal, la limita dintre picior și calotă. Oral ajunge în vecinătatea lui *globus pallidum*, de care îl separă doar câteva contingente fibrilare.

Cuprinde două porțiuni distincte. Porțiunea dorsală este formată din celule voluminoase,

multipolare, cu dendrite bogate și cu *pigment melanic* (negru), acumulat la polul de unde iese axonul. Această *zonă neagră* face parte dintr-o familie de centri pigmentați din substanța reticulată, ca locus coeruleus, formația cupuliformă periretrorubrică (în mezencefal), nucleul dorsal al vagului (în bulb).

Cealaltă porțiune ventrală (stratum intermedium) cuprinde neuroni cu un pigment de uzură, care conțin mult fier și care sunt înconjurați de o nevroglie bogată și ea în pigmenți și fier. Această *zonă palid rosacee* se aseamănă prin aceste însușiri cu globus pallidum (Hallevorden și Spatz).

Locul negru nu e negru decât la om și numai după vârsta de 4 ani.

Locul negru ar primi impulsuri din scoarța cerebrală (fibre cortico-nigrice) și din globus pallidum (fibre palido-nigrice) prin *fascicolul vârfului pallidal*.

Cele mai importante conexiuni ale locului negru sunt cele ascendente, care merg la *nucleul neostriat (caudat și putamen)* homolateral.

c) Tot în mezencefal se află încă o însemnată formațiune: *nucleul roșu*. Rotund, înconjurat de o capsulă mielinică, vizibilă chiar cu ochiul liber, nucleul ruber stă în centrul calotei pedunculare.

Este străbătut în plin miez de rădăcina oculomotorului comun.

În constituția lui găsim, în porțiunea laterală a extremității sale caudale, celule mari, multipolare, cu tigroid, de tip motor, formand componenta sa veche (*paleoruber*), iar în rest celule mici, (parvoceleulare) stelate, rare, cu tigroid, de același tip, reprezentand componenta sa recentă (*neoruber*) (Winkler). În ansamblul lui este impregnat cu granulații de coloid ce conțin fier, ce-i conferă culoarea roșie caracteristică (Spatz).

Primește fibre *cortico-rubrice*, din lobul temporal și parietal (Dejerine) și din nucleul lenticular, prin ansa lenticulară și fascicolul lenticular al lui Forel (H2). Cu mult, cea mai importantă conexiune aferentă a sa vine din cerebel (în mod special din nucleul dintat) prin *pedunculii cerebeloși superiori*. Acești pedunculi, odată pătrunși în calota mezencefalică, se încrucișează formând *decusația lui Werneking*. După aceea se termină în nucleul roșu (controlateral deci), înapoia căruia formează o masă compactă de fibre albe, numită *nucleul alb*.

Din nucleul roșu (din porțiunea sa parvovolutară neorubrică) pleacă spre talamus *radiațiile calotei*, sau fibrele *rubro-talamice*, care sunt principala sa conexiune eferentă. Tot din nucleul roșu (porțiunea sa magnocelulară paleorubrică) pleacă spre formația reticulară și spre maduva *fascicolul rubro-spinal* (von Monakov), care se încrucișează în prealabil imediat sub nucleul roșu (*decusația lui*

Forel), spre a coborî în jumătatea opusă din măduvă, unde se situează în cordoanele laterale, imediat înaintea fascicolului piramidal încrucișat.

Nucleul roșu (partea cu neuroni mici) este *un releu* esențial pe calea eferentă *cerebeloasă* (cerebelotalamică). Leziunile respective determină un sindrom cerebelos controlateral.

Prin porțiunea lui cu celule mari este un releu pe calea cerebelo-rubro-spinală (foarte redusă la om), cu funcții motorii încă incomplet cunoscute.

Nucleul roșu este conectat și cu olivă bulbară, prin puternicul fascicol central al calotei, care am văzut că, în ciuda importanței sale anatomice, este încă misterios în ceea ce privește rolul său funcțional.

În jurul nucleului roșu și la polul său posterior se află *formațiunea cupuliformă periretrorubrică*, formată din celule hiperchromice (cu o substanță Nissl intens colorată), ce mai este cunoscută și sub numele de *n. mezencefalic profund*. El face parte din *sistemul extrapiramidal*. Lezarea sa determină o hiperkinezie (un fel de mișcări rapide neregulate ale membrilor mai ales ale celui superior de partea opusă), descrisă de Benedikt.

Funcționarea sinergică a nucleilor roșii este asigurată prin existența unei legături între ei, ce trece prin „comisura posterioară”.

d) O formațiune importantă este *substanța cenușie periapeductulară* din mesencefal, care conține grupe numeroase și vag conturate de neuroni de diferite forme și dimensiuni. Acești neuroni sunt conectați prin fibre descendente cu *cornul posterior al măduvei* (la nivelul substanței gelatinoase a lui Rolando) și cu o serie de nuclei din *formația reticulată pontină* (nucleul magnoelular al rafeului (N.R.M.) și nucleul palid al rafeului (N.R.P.) și cea *bulbară* (nucleul paralemniscal posterior și nucleul retroambiguus). Toate aceste formațiuni sunt implicate în conducerea semnalelor dureroase. Grăție acestora substanța cenușie periapeductulară are un rol deosebit în *gestionarea durerii*.

e) În regiunea orală a mesencefalului, în partea ventrală a rafeului, se află *nucleul interpeduncular* al lui Gudden, care primește un bogat contingent de fibre aferente, numit *fascicolul retroreflex* al lui Meynert, de la *nucleul habenulei*. Acesta este un nucleu important, care aparține *sistemului rinencefalic* și este legat funcțional și anatomic de *glanda epifiză*.

f) În afară de aceste formațiuni mari, în calota mesencefalică superioară se mai află o serie de îngrămădiri celulare sub formă de nuclei. Astfel dorsal față de nucleul roșu, alături de comisura albă

posterioară și de substanța cenușie periaeductulară, se află *nucleul lui Darkschewitsch* (nucleul comisural) și *nucleul lui Cajal* (nucleul interstițial).

g) La extremitatea orală a mesencefalului se afla *comisura albă posterioară*, care trece deasupra apeductului lui Sylvius. Este una dintre cele mai importante comisuri din sistemul nervos central și suficient de mare ca să fie vizibilă cu ochiul liber.

Tuberculii quadrigemeni (regiunea tectală)

În partea dorsală a mesencefalului se afla tuberculii quadrigemeni. Ei s-au dezvoltat din *tectum opticum*, o formațiune constantă la toate vertebratele, care până la păsări joacă un rol major în funcționarea sistemului nervos, fiind etajul suprem de integrare.

a) *Tuberculii quadrigemeni posteriori* nu sunt decât simpli nuclee, legați de *corpul geniculat medial* prin *bratele conjunctivale posterioare*.

b) *Tuberculii quadrigemeni anteriori* sunt o structură complexă, alcătuită din 7 straturi, dintre care 3 (straturile II, IV și VI) sunt cenușii (deci contin neuroni), restul albe (deci contin fibre). Primele două straturi cenușii sunt receptori și primesc dominant *fibre optice* de la retină.

Primele două straturi cenușii își trimit axonii lor spre stratul cenușiu profund (VI) (efector), ale cărui celule mari trimit axoni descendenți spre aparatul elementar al trunchiului cerebral (Pavlov, Munzer) și măduvă (fasciculul tecto-spinal al lui Meynert). Acestea se încrucișează formând *decusația în fântana lui Meynert*, ele aparținând într-un anumit fel sistemului motor extrapiramidal.

Fiziologic, tuberculii quadrigemeni anteriori nu sunt doar un releu pe calea vizuală. În straturile lor se îmbină integrativ impulsurile vizuale, auditive, proprioreceptive și extroreceptive. Rezultatul acestei integrări este proiectat asupra nucleilor nervilor oculomotori și asupra coarnelor anterioare ale măduvei cervicale. Ei determină în special poziția ochilor și capului, în funcție de telereceptori (receptori la distanță: văz și auz). În felul acesta dirijează oculocefalogiria (adică mișcările capului și ale ochilor).

Se pare că au un rol în acomodarea și convergența globilor oculari și mișcările urechilor (când este cazul).

Leziunile de tuberculi quadrigemeni anteriori *nu antrenează tulburări* specifice, ci de vecinătate, prin concomitența afectării sistemelor mișcărilor verticale ale globilor oculari (sindrom Parinaud), prin extinderea spre vermisul anterior (tulburări de mers și de stațiune) sau prin interesarea

nucleilor oculomotorului comun sau pateticului.

Caile nervoase

Axul cerebral este străbătut de *căile nervoase* care fac legătura în ambele sensuri între măduvă, formațiunile din trunchi și etajele superioare ale creierului.

Sunt fascicule importante care contribuie la organizarea anatomică a axului bulbo-ponto-mezencefalic. O mare parte din ele se încrucisează:

Fibrele descendente

a) Din scoarta cerebrală și anume din *lobii temporali și frontali*, coboară câte un mănunchi foarte bogat de fibre, care se reunesc și constituiesc *cincimea laterală* a piciorului peduncular. Ajunse în punte, aceste fibre se articulează cu neuronii distribuiți în piciorul protuberanțial. Axonii acestora încrucișează linia mediană și formează un vast sistem de fibre transversale care, prin *pedunculul cerebelos mijlociu*, merg în emisfera cerebeloasă controlaterală, fiind principala calea aferentă a cerebelului. Ei formează în piciorul punții *toate fibrele transversale*. E vorba de *calea cortico-ponto-cerebeloasă*, implicată dominant în motilitate.

b) Tot din scoarta cerebrală și anume din *circumvoluțiunea frontală ascendentă* (partea superioară și medie), coboară *fasciculul piramidal*. Este, la om, calea principală de control a motilității voluntare a corpului și membrilor controlaterale. Acesta ocupă cele 3/5 medii ale piciorului peduncular, în care putem stabili chiar o somatopie (medial membru superior, apoi trunchiul și lateral membrul inferior).

În piciorul protuberanței, fasciculul e fragmentat de fibrele transversale ale punții care îl împart într-o multitudine de mănunchiuri separate. În bulb se adună din nou și formează, în porțiunea anterioară a acestuia, o cale compactă, denumită *piramida bulbară*, care apare la exteriorul bulbului printr-un relief cu același nume. În partea inferioară a bulbului se împarte în două fascicule. Majoritatea încrucișează linia mediană (*decusația piramidală*) și coboară apoi în cordonul lateral al măduvei (fasciculul piramidal încrucișat).

c) Fibrele provenite din porțiunea inferioară a circumvoluțiunii frontale anterioare sunt destinate nucleilor nervilor cranieni din trunchiul cerebral, pentru cap (nervii motori cranieni). Ele ocupă în pedunculi zona medială (1/5 medială) și formează *fasciculul geniculat*. Fibrele acestea nu urmează drumul fasciculului piramidal, ci se desprind din el, spre a merge în calotă, unde își găsesc

nucleii nervilor cranieni spre care se duc. Mănunchiurile acestea de fibre piramidale, au mai fost numite *calea piramidală aberantă* a lui Dejerine.

d) O parte din fibrele cortico-fugale aparțin *sistemului rubric*. Ele ajung la nucleul roșu (fasciolul *cortico-rubric*). Din nucleul roșu pleacă (asa cum am menționat mai sus) *fascicolul central al calotei*, ce merge în mijlocul substanței reticulate a pedunculilor și punții, până la oliva bulbară și *fascicolul rubro-spinal* care, după decusația lui Forel, se așază în porțiunea laterală a calotei pontine, iar în bulb, înapoia olivei (spațiul retroolivă), după care coboară până în măduva.

e) Din *tuberculii quadrigemeni anteriori* pleacă fasciculele *tectofugale*, care descriu *decusația în fântână a lui Meynert*, dorsal față de nucleii roșii, dedesubtul apeductului lui Sylvius. Se așază apoi în porțiunea mediană și ventrală a calotei bulbo-protuberanțiale, continuându-se cu fascicolul *tecto-spinal*, în măduvă.

f) Puțin cunoscut din punct de vedere funcțional este *pedunculul corpului mamilar*, care coboară din corpii mamilari, din hipotalamusul posterior și străbate formația reticulată, dorsal față de fascicolul central al calotei.

g) Din *hipotalamus* mai coboară și *bandeleta lui Schutz* (fascicolul tuberului), spre *formațiunile vegetative* din bulb și măduvă, mergând dorsal față de fascicolul central al calotei și față de pedunculul corpilor mamilari, în vecinătatea bandeletei longitudinale posterioare. **Fibrele ascendente**

Trunchiul cerebral este și un mare coridor pe unde suie în continuare *caile ascendente* ale măduvei. Aceste cai leagă deutroneuronii diferitelor sisteme aferente, prin axonii lor, cu *talamusul* sau *cerebelul*. Un aspect particular este că din ele se desprind numeroase *colaterale*, care merg spre multitudinea de neuroni ai formației reticulare. Astfel, printre altele, se constituie niste cai ascendente paralele, care însă sunt formate din lanțuri (secvențe) de neuroni. Primele (cele directe) sunt *cai specifice* în timp ce celelalte sunt *nespecifice* și multisinaptice (formate din lanțuri de neuroni).

Avem cinci astfel de cai ascendente:

a) *Fascicolul spinocerebelos direct* intră curând în corpii restiformi și prin *pedunculul cerebelos inferior* ajunge la destinație (în vermisul cerebelului);

b) *Fascicolul spinocerebelos încrucișat* suie în porțiunea laterală a bulbului inferior, trece

apoi în spațiul retroolivă, ajunge în porțiunea laterală a calotei protuberanțiale, pentru ca, în mezencefal, să pătrundă în pedunculul cerebelos superior și printr-un traiect recurent, să ajungă și el în vermisul cerebelului.

Aceste două cai fac parte din *sistemul paleocerebelos* și sunt implicate în coordonarea funcțiilor motorii ale trunchiului și corpului;

c) Fibrele spinotalamice din *cordoanele posterioare ale măduvei, sau fasciculele lui Goll și Burdach* (calea proprioceptivă și tactilă protopatică) ajung în nucleii homonimi, din partea posterioară a bulbului inferior. Axonii neuronilor acestor nuclei se încrucișează pe linia mediană (caci nu au apucat să se încrucișeze în măduva) și formează *decusația sensibilă* (a lui Spitzka), situată deasupra celei piramidale și apoi urcă constituind *panglica (lemniscul) lui Reil medială*, situată pe linia mediană, imediat înapoia fasciculelor piramidale. Această formație (lemniscul median) suie în poziția respectivă până în talamus, trecând lateral față de nucleul roșu;

d) *Fascicolul spino-talamic posterior* rămâne în porțiunea laterală a bulbului

e) *Fascicolul spino-talamic anterior* (calea tactilă epicritică) din cordonul anterior al măduvei este împins lateral în bulbul inferior, de către cele două decusații (piramidala și sensibilă).

f) Din *nucleul solitar* suie *calea gustativă centrală*, cu fibre directe și încrucișate, mergând în fascicolul longitudinal posterior spre talamus .

g) *Trigemenul* (nervul V), cu ansamblul său de nuclei mezencefalo-ponto-bulbari, este un sistem receptor pentru un vast teritoriu cutanat (dominant la nivelul feței) și mucoas (bucal, nazal, conjunctival).

aa) *Calea ventrală trigeminală*, care pleacă din porțiunea bulbară a nucleului senzitiv V și se așază, după o decusație, imediat înapoia panglicii lui Reil medială (este echivalentă fasciculelor spino-talamice anterioare și posterioare și conduce semnale termice, dureroase și tactile);

bb) *Calea dorsala trigeminală*, care se desprinde din nucleul trigeminal protuberanțial (echivalent nucleului lui Goll), încrucișează linia mediană, suie imediat în afara rădăcinii mezencefalice a trigemenului (Wallenberg) și urcă până în talamus.

h) Prin trunchiul cerebral suie și fibrele ascendente ale *sistemului vegetativ sau autonom*, care sunt în general lanțuri polisinaptice și care își au originea în *interoceptorii* din viscere și

vasele sanguine. Sunt difuze si nu sunt grupate in cai anatomic individualizabile. Trimit numeroase *colaterale* spre formatia reticulara si spre nucleii si centri vegetativi din axul cerebral. Ele urca pana in *hipotalamus* si *talamus*. Sunt esentiale pentru functionarea sistemului vegetativ. Semnalele lor sunt insa filtrate la nivelul diencefalului si numai in situatii speciale se constientizeaza, gratie existentei unor proiectii vegetative la nivelul scoartei cerebrale (in special *aria cingulara* anterioara si *lobul orbital*).



1.3. Rezumat

Trunchiul sau *axul cerebral* reprezinta pentru cap ceea ce este maduva spinarii pentru corp, membre si gat. Trunchiul insa nu este supus procesului de metamerizare, asa ca nu gasim la nivelul sau echivalentul neuromerelor.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Trunchiul:

- a) nu este supus procesului de metamerizare;
- b) este supus procesului de metamerizare;
- c) este supus procesului de metabolizare.

2. Axul cerebral este străbătut:

- a) de căile nervoase care fac legătura în ambele sensuri între măduvă, formațiunile din trunchi și etajele superioare ale creierului;
- b) căile ascendente care fac legătura între măduvă, formațiunile din trunchi și etajele superioare ale creierului;
- c) căile descendente care fac legătura între măduvă și etajele inferioare ale creierului.



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 VII. Nervii periferici



1.1. Introducere

Sistemul nervos așa cum am mai spus se împarte în două componente majore: sistemul nervos central închis în craniu și în canalul vertebral și sistemul nervos periferic distribuit în întreg organismul.

Sistemul nervos periferic este constituit din *nervi* mixti, motori, sensitivo-senzoriali și vegetativi.

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



1.2. Conținut

Fiecare nerv sau ramură își are importanța sa funcțională neurofiziologică. De asemenea toți

sunt intr-o anumita masura implicati si in activitatea psihica, pe de o parte pentru ca asigura psihomotricitatea, pe de alta pentru ca sunt caile de acces ale semnalelor aferente, venite de la receptori care reprezinta interfata cu mediul extern. Fiecare nerv (chiar ramura sau ramurica) somatic, sensibil, motor sau mixt participa si la constientizarea corpului nostru (la formarea imaginii corporale).

Sistemul nervos periferic cuprinde nervii rahidieni care sunt legati de maduva spinarii si nervii cranieni care sunt legati de encefal

Nervii rahidieni

Cand am prezentat maduva spinarii am aratat ca nervii spinali ai gatului, corpului si membrilor provin din cele 32 (33) de perechi de radacini motorii si sensitive, care formeaza nervii rahidieni.

Toti nervii rachidieni au aceeasi schema generala si cuprind:

- a) Un manunchi de *axoni eferenti* proveniti din *motoneuronii* cornului anterior al maduvei
- b) Un manunchi de *axoni aferenti* ai celulelor bipolare din *ganglionii spinali*
- c) Un manunchi de *axoni eferenti* care isi au originea reala in *neuronii vegetativi* din *cornul lateral* al maduvei

Nervii cranieni

Cu mult mai interesanti pentru implicarile lor neuropsihologice sunt *nervii cranieni*, care se desprind din encefal intracranian si ies din cutia craniana prin orificii speciale.

Toti nervii cranieni pot fi observati cu foarte multa usurinta pe fata ventrala (inferioara, bazala) a encefalului, unde se insira pe o directie antero-posterioara. De aceea, sunt cunoscuti si denumiti de multa vreme.

Se descriu *douasprezece perechi*, care au fost numerotate dinainte inapoi.

I Nerv olfactiv	VII Nerv facial
II Nerv optic	VIII Nerv acusticovestibular
III Nerv oculomotor comun	IX Nerv glosfaringian
IV Nerv patetic(trohlear)	X Nerv pneumogastric(vag)
V Nerv trigemen	XI Nerv spinal(accesoriu)
VI Nerv oculomotor extern	XII Nerv hipoglos

Primele doua perechi (nervii olfactivi si cei optici) sunt de origina prosencefalica, parasesc nevrasul in regiunea supratentoriala si au o structura cu totul aparte, nefiind vorba de niste nervi

periferici propriu- zisi, mai ales in cazul “nervului” optic care este in realitate doar un *fascicol* asociativ intre retina si encefal.

Celelalte zece perechi isi au originea in trunchiul cerebral, in regiunea subtentoriala. Alcatuirea lor urmeaza schema generala a nervilor rahidieni, cu modificari uneori insa foarte mari, determinate de organizarea non-metamerica a extremitatii cefalice si de curburile suferite de trunchiul cerebral in cursul evolutiei sale.



1.3. Rezumat

Sistemul nervos asa cum am mai spus se imparte in doua componente majore: sistemul nervos central inchis in craniu si in canalul vertebral si sistemul nervos periferic distribuit in intreg organismul.

Sistemul nervos periferic este constituit din *nervi* mixti, motori, sensitivo-senzoriali si vegetativi.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Sistemul nervos periferic este constituit din:

- a) nervi mixti, motori, sensitivo-senzoriali si vegetativi;
- b) nervi motori si vegetativi;
- c) nervi asimetrici și neurovegetativi.

2. Nervii cranieni:

- a) se desprind din encefal intracranian si ies din cutia craniana prin orificii speciale;
- b) se desprind din biencefal si intră în cutia craniana prin orificii speciale;
- c) se desprind din encefal prin orificii biencefalice.



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 VIII. Cerebelul



1.1. Introducere

Cerebelul este o componenta majora a encefalului, care se regaseste la toate vertebretele si care este cu atat mai dezvoltata cu cat activitatea motorie a speciei respective este mai bogata si mai complexa.

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



1.2. Conținut

Este o formatiune mare, cu o organizare celulara complicata si in straturi (ca si scoarta cerebrala), care se manifesta dominant in sfera neurofiziologiei motilitatii, dar este implicata intr-un anume grad si in activitatea psihica in special in memoria procedurala Cum vom vedea coordoneaza, fara sa comande, activitatea motorie si are un rol in *memorarea* actiunilor motorii simple si complexe. Cerebelul, spre deosebire de celelalte etaje superioare ale sistemului nervos

central, **nu** este *incrucisat* in raport cu corpul.

Este situat sub fața inferioară a hemisferelor cerebrale, de care este despărțit prin cortul cerebelului (o formație a durei mater).

Cerebelul, împreună cu axul cerebral, umple *fosa posterioară* a craniului sau fosa subtentorială (de sub cort), pe care o ocupa aproape in întregime.

Aspectul exterior

Cerebelul are o *fața superioară*, peste care se întinde cortul cerebelos și o *fața inferioară*, care se sprijină pe trunchiul cerebral și pe fața internă a osului occipital. Cele două fețe sunt separate prin *marele sant circular sau orizontal* a lui Vicq d'Azyr.

Clasic, după Ziehen cerebelul se împarte într-un *lob* median numit *vermis*, mai vizibil pe fața inferioară și *doi lobi laterali*, numiți *emisfere laterale*, care formează cea mai mare parte a sa. Pe fața sa inferioară, juxta vermis emisferele prezintă două reliefuri relativ rotunde numite *amigdalele cerebeloase*. Înaintea amigdalei, desprinzându-se din extremitatea vermisului, se află o formațiune numită *floccus*.

Suprafața cerebelului, neregulată, e brăzdată de o serie de *șanțuri*, care împart *lobii* în *lobuli*, fiecare lobul fiind la rândul lui împărțit în *lamă* și fiecare lamă în *lamele*. Fiecărui lobul vermisian îi corespunde lob hemisferic.

Prin aceste subimpartiri suprafața cerebelului este cutată și considerabil extinsă, fără ca volumul său să crească.

Această diviziune se bazează doar pe considerațiuni morfologice, de suprafață.

Cercetările de embriologie și anatomie comparată, făcute de E. Smith, Bradley, Ingvar, Larsell etc., au permis împartirea cerebelului în:

- porțiuni foarte vechi-*arhicerebelul*-reprezentată de nodulul vermisian și de floccus;
- o porțiune veche-*paleocerebelul*-alcatuit din vermis;
- una recentă -*neocerebelul*- alcatuit din emisferele cerebeloase.

Diviziunile anatomice ale cerebelului au căpătat o *semnificație funcțională* atunci când s-a putut vedea că sunt definite și prin conexiuni specifice fiecareia. În fine, experimentul fiziologic a arătat și el că noile criterii permit stabilirea unei împărțiri de astă dată în concordanță cu organizarea funcțională a scoarței cerebelului. De aceea, vechii împărțiri a lui Ziehen nu i se mai acordă decât

valoarea unei comode descrieri de anatomie de suprafață.

Bazat pe noile concepții, cerebelul trebuie împărțit într-un *lob anterior*, unul *mediu* și unul *posterior*.

Cerebelul e legat de axul cerebral prin trei perechi de *pedunculi*: a) *Pedunculii cerebelosi inferiori (corpia restiformi)* ce contin fibre ascendente din bulb catre vermisul cerebelului aparținând sistemului proprioceptiv medular și celui vestibular

b) *Pedunculii cerebelosi medii* (cei mai voluminoși) contin fibre care urca din piciorul punții spre cortexul hemisferelor cerebeloase aparținând sistemului cortico-ponto-cerebelos și

c) *Pedunculii cerebelosi superiori (bratele conjunctive)* singurele care se încrucișează contin fibre eferente ce pleacă dominant din nucleii cerebelului și merg în mesencefal spre nucleul roșu și talamus

Acești pedunculi formează pereții laterali ai *ventriculului IV*, al cărui *podîș* romboidal lăm văzut că e format de fața posterioară (dorsală) a punții și a bulbului superior.

Tavanul acestui ventricul e format de fața inferioară a cerebelului și anume de vermisul inferior alcătuit din piramida (sau eminenta cruciată) care proemina, uvula și nodulus.

Anterior, între pedunculii cerebeloși superiori, acest tavan este format de *valvula lui Vieussens*.

Posterior, între pedunculii cerebeloși inferiori, tavanul ventriculului IV e format din vâlul *medular posterior*, alcătuit din endim și pia mater și suportând *plexurile coroide rombencefalice*.

La nivelul inserției pe pedunculii cerebelosi inferiori această pânză se desprinde de pe pedunculii respectivi pe o mică porțiune, așa că rezultă între ea și peduncul un orificiu prin care interiorul ventriculului IV comunică cu exteriorul (*orificiile lui Luschka*) și prin care, se însinuează în afară, „ca florile unui corn de abundență”, plexurile coroide.

În mijlocul său, pânza prezintă un orificiu (nepereche), cu marginile neregulat rupte (*orificiul lui Magendie*). Prin orificiile lui Luschka și Magendie, lichidul cefalorahidian se scurge din sistemul ventricular în spațiile subarahnoidiene.

Orificiile lui Luschka sunt acoperite de *floccus*-ii care ies lateral din nodul și trec apoi deasupra emergenței nervului pneumogastric (de unde numele de lobul pneumogastric dat uneori acestei formații).

Înapoia floccusilor stau *amigdalele* care seamănă cu două pernțe proeminente, de o parte și de

alta a uvulei vermiene și care îmbrățișează bulbul, insinuându-se ușor în gaura occipitală.

Parafloccusii sunt foarte reduși și sunt reuniți de floccusii cu care formează un tot, din care nu pot fi separați.

Aspectul interior

Caracteristic este ca la suprafața cerebelului (urmand toate unduirile lamelor și lamelelor) se afla un strat cenușiu ce formează *scoarta cerebeloasă*. Sub ea se afla *substanța albă* a cerebelului, care umple tot acest organ.

În sânul substanței albe se găsesc *nucleii cerebelului*, în număr de 4 de fiecare parte, care se înscriu de la planul sagital în sens lateral: *nucleul acoperișului* (fastigiului), *globosus*, *embolus* și *nucleul dințat* (oliva cerebeloasă ce seamănă cu cea bulbară).

Structura microscopica

Scoarta cerebeloasă, din punct de vedere histologic este formată din *trei straturi*: superior, mijlociu și inferior. Arhitectura sa este fascinantă prin geometria ei riguroasă, a cărei semnificație exactă ne scapă.

Stratul mijlociu este cel important. Este caracterizat de prezența unor neuroni tipici, *celulele lui Purkinje*. În cerebelul uman adult se află circa 13.000.000 de celule Purkinje (Lojda). Cu un pericarion mare, aceste celule trimit spre nucleii cerebelului cilindraxul lor. La polul opus se ramifică un mănunchi de dendrite *arborescente*, dispuse toate într-un plan, plan care este totdeauna perpendicular pe direcția lamelei respective.

Mai multe celule Purkinje, situate în *același plan* perpendicular pe lamelă, sunt solidarizate prin *celulele stelate cu coșuleț*, situate în stratul superior (superficial). Axonii lor se prelungesc perpendicular pe direcția lamelei formând *fibrele transversale* ale cortexului cerebelos. Din ei coboară câte o ramură fină la nivelul fiecărei celule Purkinje care, ajunsă la nivelul corpului celulei respective, se ramifică formând un *coșuleț* în jurul lui.

Mai multe celule Purkinje din planuri diferite sunt solidarizate de *celulele cu crampoane* sau *celulele granulare* situate în stratul profund sau granular al scoartei cerebeloase. Cilindraxul lor suie până deasupra corpurilor celulelor lui Purkinje și acolo se ramifică în „T”, formând o legătură care leagă ramificațiile celulelor Purkinje „ca un fir de telegraf de la stâlp la stâlp” formând *fibrele paralele* ale cortexului cerebelos. Legătura aceasta merge în lungul lamelei, deci perpendicular pe

direcția prelungirilor celulelor cu coșuleț. Se estimează că în cortexul cerebelos uman există circa 10^{12} celule cu crampoane (C. Bălăceanu-Stolnici și colab.).

Scoarta cerebeloasă este astfel organizată ca o *rețea ortogonală* în care unele conexiuni sunt paralele cu planul lamelelor, altele perpendiculare pe acest plan. În punctele de intersecție ale acestor conexiuni se afla neuronii lui Purkinje cu ramificațiile lor.

Spre acest dispozitiv suie două categorii de fibre aferente, care reprezintă caile de intrare în sistemul cerebelos.

Unele ajung până la celulele Purkinje, în jurul cărora se încolăcesc, suindu-se astfel până la dendritele pe care se cațără ca o viță pe spalier. Sunt *fibrele agățătoare*.

Altele sinuoase, cu îngroșări numeroase în lungul lor, nu ajung decât până în stratul granular. Sunt *fibrele mușchioase*, care se articulează cu crampoanele celulelor cu crampoane, prin intermediul cărora își trimit semnalele spre celulele lui Purkinje. Între terminațiile fibrelor mușchioase și ale crampoanelor se interpun de obicei arborizațiile unei celule asociative, tip Golgi II. Ansamblul acestor trei arborizații formează *glomerulul cerebelos*, care se întâlnește doar în stratul granular.

Organizarea rețelei neuronale cerebeloase, ca un dispozitiv cu încrucișări ortogonale, amintește de modul cum sunt construite unele memorii artificiale bazate pe ferite. Aceasta sugerează că scoarta cerebeloasă ar opera - printre altele - ca un sistem de memorare pentru actele motorii.

Toată scoarta cerebeloasă este alcătuită la fel pe toată întinderea ei, cu o monotonie impresionantă. Nu există diferențe între diferitele porțiuni din scoarta, așa cum este cazul pentru scoarta cerebrală.

Caile aferente

Cerebelul este legat macroscopic cum am văzut, de restul encefalului prin cei trei pedunculi cerebeloși.

Aferențele microscopice și functionale ale cerebelului sunt multiple:

a) Din *receptorii vestibularii* aferențele vin prin pedunculul cerebelos inferior, direct din ganglionul periferic al lui Scarpa din labirint (prin fibrele nervului VIII) și indirect din ansamblul nucleilor vestibulari bulbopontini (în special nucleii lui Deiters și Bechterew).

b) Din *receptorii proprioceptivi* vin prin *caile sensibilității proprioceptive inconștiente*. Unele aferențe sosesc prin pedunculul cerebelos inferior (corpul restiform), provenind din *fasciculul*

spinocerebelos încrucișat (anterior, Gowers), iar altele prin pedunculul cerebelos superior (brațul conjunctiv), provenind din *fascicolul spinocerebelos direct* (posterior, Flechsig).

Pe cortexul cerebelos, la nivelul lobului anterior, s-a putut topografia o *somatotopie* (Snider și Eldred), care realizează imaginea unui homunculus (*homunculus-ul cerebelos vermian*).

c) Din *cortexul cerebral* sosesc conexiunile *cortico-ponto-cerebeloase*, prin pedunculul cerebelos mediu. Există două fascicule importante: unul care pleacă din *lobul frontal* (câmp 6) - *fascicolul lui Arnold* - și altul din *lobul temporal* (câmp 21, 22) și *occipital* (câmp 18, 19) - *fascicolul lui Turck*. Ele ajung la nucleii punții (din piciorul pontin). Axonii acestora încrucișează linia mediană și ajung în scoarța hemisferelor cerebeloase (*neocerebel*) sub forma *fibrelor mușchioase* (Brouwer și Coenon).

d) Un număr important de aferențe vin din *oliva bulbară* prin pedunculul cerebelos inferior, se încruciseaza sub forma *fibrelor arciforme* și se distribuie la tot cortexul cerebelos controlateral, prin fibre agățătoare.

e) Importante sunt și aferențele ce ajung la cerebel de la *formația reticulară*. Ele provin din bulb (n. lateral și n. paramedian) și din punte (n. reticular pontin) și se distribuie cortexului cerebelos, fiecare nucleu având zonele sale de proiecție (Brodal).

Caile eferente

Eferențele cerebelului se realizează aproape în întregime prin intermediul *nucleilor cerebeloși*. Cortexul cerebelos nu trimite în general cai directe (axoni) către exteriorul cerebelului, ci doar către nucleii cerebelului. Numai foarte puține căi eferente cerebeloase ocolesc nucleii. Deci eferențele cerebelului sunt practic *efentele nucleilor cerebeleosi*.

a) *Nucleii acoperișului* (fastigium-ului) primesc aferențe de la vermis (în special piramida și uvula), din lobul anterior al cerebelului și cele mai multe din nodulus și floccus sau *lobulul flocculo-nodular*.

Caile cerebelo-fastigio-vestibulare formează o bulclă cu cele vestibulo-cerebeloase.

b) *Nucleii globosi* primesc fibre de la aceleași zone ale cortexului cerebelos, ca și precedenții.

c) *Nucleii emboliformi* primesc fibre din aceleași zone ca și precedenții, la care se adaugă și unele aferențe din emisferele cerebeloase (*neocerebel*).

Eferențele sunt aceleași ca pentru n. globosus.

d) *Nucleii dințați* (nucleii principali ai cerebelului) primesc aferențe de la hemisferele cerebeloase (neocerebel) și doar foarte puține din paleocerebel.

Din nucleul roșu parvocelular ele se continua prin doua cai eferente deja amintite.

Una -cea mai de seama- ajunge sub forma *radiatiilor rubro-talamice* in nucleul ventrolateral mediu al *talamusului*, de unde se continua pana in *scoarta cerebrala* (in special ariile 4 si 6). In felul acesta se structureaza *calea cerebello-dento-rubro-talamo-corticala*, care completeaza o importanta *bucula* cu calea cortico-ponto-cerebeloasa.

Cealalta se continua prin *fascicolul central al calotei* pana in oliva bulbara, care impreuna cu fibrele olivocerebeloase, formeaza celebrul *triunghi cerebello-dento-rubro-olivo-cerebelos* a lui Guillain.

Din porțiunea inferioară a nucleului dințat cerebelos pleacă o serie de eferențe care ajung prin pedunculul cerebelos inferior, la *oliva bulbară controlaterală*, care se integreaza in acelasi triunghi, ale carui functii sunt inca misterioase.

e) Un rol important, deși încă neclarificat, îl au eferențele cerebelului către *formația reticulată*.

Conexiunile cerebello-reticulare, împreună cu cele reticulocerebeloase formează un circuit probabil implicat în reglarea motilității, în special a *tonusului muscular*.

Din cele de mai sus reiese limpede că cerebelul este intercalat pe o serie de 4 *circuite* (Jelgersma), ceea ce permite să considerăm cerebelul drept un sistem cibernetic:

1) În cadrul *archicerebelului* avem circuitul: sistem vestibular ^ scoarța cerebeloasă (lob. flucolo-nodular) ^ nucleul acoperișului ^ sistem vestibular.

2) În cadrul *paleocerebelului* avem circuitul: neuromer (măduva spinării) ^ scoarța cerebeloasă (vermis) ^ n. globosus și emboliform ^ nucleul roșu (magno-celular) ^ (fascicolul rubro-spinal) ^ neuromer.

3) În cadrul *neocerebelului* avem circuitul: scoarța cerebrală ^ nucleii punții ^ scoarța cerebeloasă (hemisfere) ^ nucleul dințat ^ nucleul roșu ^ talamus ^ scoarța cerebrală.

4) Un alt circuit este *circuitul olivocerebelos* (cu rol funcțional necunoscut) adică: oliva inferioară ^ scoarța cerebeloasă (în întregime) ^ nucleul dințat ^ nucleul roșu ^ (fascicolul central al calotei) ^ oliva inferioară. Se adaugă și o legătură directă: nucleul dințat ^ oliva.

5) Cercetări relativ mai recente au permis descrierea unui ultim circuit - *circuitul*

reticulocerebelos: nucleii formației reticulate ^ scoarța cerebeloasă (în întregime) ^ nucleii cerebeloși (toți) ^ nucleii formației reticulate.

Deci, morfologic vorbind, cerebelul este definit structural printr-o monotonie de alcătuire, iar conexional prin așezarea lui *derivativă* în cadrul a cinci circuite închise.

Funcțiile cerebelului

Nu trebuie să uităm că deși ca volum nu reprezintă decât 10% din masa encefalului, numărul sau de neuroni este aproape egal cu cel al neuronilor restului sistemului nervos central și ca viteza de procesare a semnalelor nervoase în cerebel este extrem de mare (H.C.Leiner și A.Leiner), ceea ce îi permite să prelucreză în timp scurt (la scară sistemului nervos), un număr foarte mare de informații.

Nu trebuie să neglijăm bogăția conexiunilor sale, mai ales cele cu scoarta cerebrală, care se realizează prin circa 40 de milioane de fibre.

De asemenea, constanța prezenței sale la toate vertebrele dovedește însemnătatea sa funcțională. Dimensiunile sale care sporesc într-una, ca și numărul conexiunilor sale, dovedesc că funcția cerebelului se perfecționează și este dependentă de evoluția altor etaje nevraxiale (ceea ce constituie tocmai greutatea interpretării datelor clinice și experimentale). În fine, monotonia structurii sale dovedește unicitatea funcției sale de bază.

a) Au fost autori care au considerat cerebelul drept un „dispozitiv” receptor (Luciani, mai ales Lewandowsky), situat pe *sistemul proprioceptiv* (Sherrington), mijlocind prin conexiunile sale cu scoarta cerebrală constientizarea sentimentului efortului muscular (von Rifeberr), și a posibilității discriminării diferențelor de greutate ale obiectelor (Ingvar, Lotmar).

b) Alții i-au atribuit un rol de regulator (optimizator) al *tonusului muscular*. Acesta poate fi global (Rolando; Luciani) sau parțial, mijlocind în cazul acesta fie echilibrul tonic dintre agoniști și antagoniști (A. Thomas), fie o repartizare optimă a tonusului muscular, în funcție de poziția generală a corpului sau de cea particulară a fiecărui segment al său (Bremer). În cadrul funcției tonice a cerebelului există *programe hipertonzante* și *programe hipotonizante*, care se exercită indirect prin structurile nevraxiale cu care este conectat.

Vermisul este un „organ” hipotonizant și leziunile lui produc hipertonie, iar *hemisferele cerebeloase* sunt, dimpotrivă, un „organ” hipertonzant, leziunile lor ducând la hipotonie.

c) Sunt autori care socotesc că cerebelul asigură *integrarea mișcărilor elementare* în mișcări

complexe. Această coordonare sau, mai exact, sinteza a *contractiilor cinetice* musculare controleaza:

- raportul cinetic agoniști-antagoniști;
- realizarea mișcărilor mai complexe ca mersul sau zburatul;
- organizarea mișcărilor după cele 3 direcții spațiale: anterior- posterior, dreapta -stânga si sus-jos
- menținerea echilibrului corpului (ortostatiunea si mersul).

Pentru aceste functii cerebelul utilizeaza *drivere* speciale pentru anumite configuratii temporospatiale, de contractii musculare. Aceasta *integrare-coordonare* asigura si caracterul liniar *nonperiodic* al miscarilor.

În ceea ce privește funcția cinetică, trebuie subliniat că fiecare mișcare, condiționată de aparatul supraelementar dar si de scoarta cerebrala, implică circuite pe care se află cerebelul.

Toate *pattern-urile* sau configuratiile cinetice *elementare si supraelementare*, generate de maduva spinarii, trunchiul cerebral, nucleii de la baza si cortexul cerebral, sunt *organizate într- un tot*. De îndată ce cerebelul e lezat si nu funcționează, *pattern-urile* izolate continuă să se desfășoare nealterate, dar coordonarea lor este perturbata. Aceasta antrenează două consecințe: 1) programul motor de ansamblu se produce alterat (căci lipsește acțiunea coordonatoare a cerebelului) și 2) se dezlănțuie o serie de sisteme de reacții compensatorii care desi tind să restabilească armonia ruptă în general o perturba si mai mult fiind superdimensionate sau hipermetrice (cum ar fi tremuratura intentionala, hipermetria, adiadocokinezia).

În general, o interpretare modernă (*neurocibernetică*) conferă cerebelului o *funcție de stabilizare (deperiodicizare) a circuitelor feed-back* motorii. Aceste circuite care stau la baza activității motorii au tendința de a intra în oscilație (conform teoriei circuitelor cu reacție sau aferență inversă) și să transforme în lipsa cerebelului mișcările voluntare liniare în *mișcări periodice(oscilatorii)*

Am vazut ca structura ortogonala a cortexului cerebelos a sugerat ideea ca acesta functioneaza si ca un sistem de stocat semnale, deci un *sistem instruibil*. Se considera ca cerebelul memoreaza anumite comportamente motorii, ca mersul pe bicicleta, pe patine, condusul masinii, innotul s.a. Aceasta *memorare motorie sau procedurala* ar interveni si in *organizarea limbajului vorbit si scris*.

Rolul cerebelului in memoria procedurala face ca aceasta componenta a encefalului sa numai

fie socotita ca pur neurofiziologica ci sa i se atribue un rol si in activitatea mneica ce preocupa si pe psihologi

d) Cerebelului i s-a conferit și un *rol vegetativ* (Blok), de *regulator al glicemiei* (Dressel și Lewy; Schinosaki) sau al *tensiunii arteriale* (Lewy; Moruzzi), mai mult decât *discutabil*.

e) Desi activitatea cerebelului nu se constientizeaza, sunt autori care considera ca functiile de coordonare si memorare ale cerebelului se resfrang si asupra *activitatii cognitive*. J Schmahmann si J Sherman au aratat ca leziunile cerebeloase produc tulburari ale orientarii spatiale, ale planificarii, memoriei de lucru, organizarii limbajului si chiar a comportamentului si tonusului afectiv. Ei au descris un *sindrom cerebelos cognitiv si afectiv*. Implicarea cerebelului in activitatea psihica da un sens bogatelor conexiuni dintre scoarta cerebrala si cea cerebeloasa, in care nu intervin numai regiunile motorii ci si cele asociative ale cortexului cerebral.



1.3. Rezumat

Cerebelul este o componenta majora a encefalului, care se regaseste la toate vertebrele si care este cu atat mai dezvoltata cu cat activitatea motorie a speciei respective este mai bogata si mai complexa.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Cerebelul are:

- a) rol vegetativ, de regulator al glicemiei sau al tensiunii arteriale;
- b) rol neronal si neurovegetativ;
- c) rol neurovegetativ.

2. Cerebelul este legat macroscopic de restul encefalului:

- a) prin cei trei pedunculi cerebeloși;
- b) prin cei cinci pedunculi cerebeloși;
- c) prin cei patru pedunculi cerebeloși.



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 IX. Creierul endocrin



1.1. Introducere

În acest capitol ne vom ocupa doar de hipotalamus și epitalamus, deoarece ambele sunt componentele *neuroendocrine* ale encefalului.

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



1.2. Conținut

Extremitatea anterioară a tubului neural embrionar, am văzut că se dezvoltă ca un șir de veziculele cerebrale fetale, care vor deveni sistemul nervos central. Cea mai anterioară (orală) din ele este vezicula *prosencefalica* care va forma *vezicula diencefalica*, din pereții careia vor înmuguri lateral (nu terminal) veziculele telencefalice, care vor forma masa hemisferelor cerebrale (cu scoarta respectivă) și veziculele optice (din care vor rezulta retinele oculare).

Interiorul veziculei diencefalice va deveni *ventricolul III*. În partea lui posterioară se deschide apeductul lui Sylvius, care centrează calota mesencefalică. Limita sa anterioară, menținută sub forma

lamei terminale, va pastra in creierul adult amintirea limitei anterioare a tubului neural primordial.

Peretii veziculei diencefalice vor constitui masa **diencefalului** care continua oral calota mesencefalica. Aceasta masa este impartita intr-o componenta dorsala mai mare numita *talamus* si o componenta bazala (inferioara), care cuprinde anterior *hipotalamusul* si lateral si posterior *regiunea subtalamica*. La aceasta se adauga o structura mult mai mica ce formeaza *epitalamusul*.

In acest capitol ne vom ocupa doar de hipotalamus si epitalamus caci ambele sunt componentele *neuroendocrine* ale encefalului.

Hipotalamusul

Vom incepe descrierea diencefalului cu hipotalamusul, care este una din componentele cele mai importante ale sistemului nervos atat din punct de vedere fiziologic cat si psihologic. De remarcat ca, de cand apare la primele vertebrale si pana la om, si-a pastrat aproape constant aceeasi structura (E.Crosby si col 1966), ceea ce subliniaza si constanta rolului sau in sistemul nervos central dar si in organism. Importanta functiilor sale rezulta si din faptul ca este conexiionat cu aproape toate formatiile encefalului (Swanson 1987). De asemeni nu trebuie sa neglijam faptul ca este singura componenta encefalica ce „*comunica*” cu restul organismului nu numai prin fibre (*cai*) *nervoase* dar si prin rolul sau endocrin, el secretand *substante hormonale* raspandite apoi prin sange si lichidul cefalorahidian.

Aspectul exterior

Hipotalamusul este porțiunea ventrală (bazală) a diencefalului. El se situează în prelungirea mezencefalului (pedunculilor cerebrali) cu care face însă, în plan sagital, un unghi obtuz, deschis în jos.

Hipotalamusul, în ciuda importanței sale, este atat de mic (cantareste numai 4gr.) incat ramai uimit cum poate sa realizeze toate functiile pe care le indeplineste.

El este mărginit deasupra de talamus, posterior de calota mezencefalică si regiunea subtalamica si anterior de lama terminală (care se întinde frontal între chiasma optică -inferior- și comisura albă anterioară -superior). Fața sa inferioară este *vizibilă* la baza creierului, între chiasma optică și substanța perforată anterioară (care o limiteaza anterior) și substanța perforată posterioară (care o margineste posterior). Lateral este mărginit de regiunea subtalamică (suboptică) care am vazut ca il limiteaza si posterior.

Pe fața inferioară (singura vizibilă), care are forma unui romb, se constată posterior reliefurile

rotunde ale celor doi *corpi mamilari* și anterior un relief median numit *tuber cinereum* în fața căruia se afla *tija pituitară* ce coboară până la glanda *hipofiză* (care se află adăpostită în concavitatea *șelei turcești* de la mijlocul bazei craniului).

Interiorul hipotalamusului este scobit de *ventricolul III*, care prelungește anterior (oral) apeductul lui Sylvius.

Dacă se secționează creierul în planul medio-sagital și se despică ventriculul III, se poate vedea pe perețele acestuia fața internă a talamusului (deasupra) și fața internă a hipotalamusului (dedesubt), ambele separate de *șanțul subtalamic al lui Monro*. De asemenea se vede cum, pe linia mediană, ventricolul III se continuă în jos (în dreptul tuberului) cu un fel de pâlnie îngustă, numită *infundibulum*, care pătrunde în tija pituitară.

La extremitatea anterioară a șanțului lui Monro se afla *gaura lui Monro* prin care ventricolul III comunica cu *ventricolul lateral* și prin care se strecoară și un manunchi de *plexuri coroide*.

Pe perețele medial al hipotalamusului, membrana fină (ependimul), ce-l separă de conținutul ventriculului III (umplut cu lichid cefalorahidian), prezintă niște *formațiuni specializate*, numite și *organe circumventriculare*.

Aspectul interior

a) În jurul ventriculului III, în hipotalamus, se află *stratul cenușiu periventricular* care continuă în direcție orală substanța cenușie din jurul apeductului lui Sylvius. În această substanță, sub ventricolul III se află (pe linia mediană) *nucleul arcuat*;

b) Între acest strat cenușiu periventricular și limitele laterale ale hipotalamusului se află o *substanță fundamentală* formată dintr-o rețea difuză de *neuroni mici*, care se colorează slab. Această substanță formează cea mai mare parte a *tuberului*.

În această substanță fundamentală se află incluși cei 32 de *nucleii hipotalamici*. Aceștia sunt grupați în *două straturi*: unul *medial*, în contact cu stratul periventricular, și unul *lateral*, în contact cu limita laterală a hipotalamusului. Între aceste două grupe își fac loc două fascicule consistente de fibre: *pilierul (stâlpul) anterior al trigonului* care *pleacă* din corpii mamilari și suie spre rinencefal (unde îl vom întâlni în alt capitol) și *fascicolul bazal* care *vine* de la nucleul bazal al lui Meynert și de la structurile olfactive (bulb olfactiv, substanța perforată anterioară și n.septumului) și merge la nucleii preoptici și ai tuberului.

Nucleii grupului lateral formează *aria laterală a hipotalamusului* în care sunt cuprinși mai multi nuclei printre care *nucleii laterali ai tuberului* (nucleul dorsolateral și cel ventrolateral).

Nucleii grupului medial sunt mai numerosi și grupați în subgrupe:

- *Subgrupul anteromedial*
- *Subgrupul posteromedial*

c) Între grupul lateral și cel medial se află câteva grupaje neuronale care formează o serie de formații medii, dintre care cele mai de seamă sunt: *nucleul perifornical*, *nucleul mamiloinfundibular*, *nucleul tuberoinfundibular*, *nucleul intercalar* și *aria hipofizotropă*.

d) Din punct de vedere anatomic (dar nu funcțional), din hipotalamus fac parte și *nucleii mamilari* (din tuberculii mamilari).

În hipotalamus găsim trei familii de neuroni:

- a) *Neuroni clasici stelați*
- b) *Neuroni secretori mijlocii;*
- c) *Neuroni secretori mari.*

Hipotalamusul vegetativ

Neuronii clasici formează un dispozitiv neurofiziologic care controlează *funcțiile vegetative* ale organismului. Funcția lor principală este să asigure *homeostazia*, adică să mențină la *nivele constante* unii *parametri fiziologici* ai organismului (temperatura corpului, tensiunea arterială, ritmul cardiac). Pentru realizarea termoreglării - esențială la homeoterme - printre aceștia există și niște neuroni hipotalamici înzestrați cu *termoreceptori*.

Hipotalamusul vegetativ mai asigură *homeostazia biochimică*, în special glicemia, jucând un rol de seamă în *mecanismele motivației alimentare* la care contribuie în special neuronii din *nucleii ventrolaterali* (pentru foame) și cei *ventromediali* (pentru saturație).

Hipotalamusul asigură și *metabolismul grasimilor* (lipidelor) functionând ca un *ponderostat*.

Neuronii clasici hipotalamici au și un rol în cadrul *funcționării sistemului sexual* (gonadostat), pe care îl exercită în colaborare cu neuronii secretori.

Unul din rolurile importante ale hipotalamusului este participarea sa la reglarea *ciclului veghe-somn*.

În general, neuronii clasici din hipotalamusul posterior asigură aspectul dinamic, *energotrop* (activ) al vieții vegetative (Hess), în timp ce cei anteriori asigură aspectele statice, anabolizante, *trofotrope*.

Conexiunile hipotalamusului vegetativ sunt multiple și complexe.

Există și numeroase *fibre difuze eferente* care se pierd în *formatia reticulara*. La acestea se adaugă eferente către *nucleul dorsomedial* al talamusului, către rinencefal (în special *nucleii septali și amigdala*) și indirect spre cortexul cerebral.

Hipotalamusul endocrin

Am spus că una din caracteristicile surprinzătoare ale hipotalamusului este reprezentată de *funcția sa endocrină*, care este realizată de două categorii de neuroni :

a) Unii dintre ei sunt mijlocii ca dimensiuni, cu prelungiri multiple și un axon mic. Ei se află dispusi în hipotalamusul medial și mediu, în special în *regiunea tuberului cenușiu*.

Sistemul port hipotalamo-hipofizar (descrie de Gr. T. Popa și U. Fielding) este format din rețeaua capilară de la nivelul tuberului hipotalamic și o rețea capilară în *hipofiza anterioară*, ambele legate de niște *vase porte* care străbat infundibulul și merg în lungul tije pituitare. Prin aceste vase sangele circula de sus în jos și transporta neurohormonii hipotalamici către hipofiza anterioară (adenohipofiza).

Grație proceselor de neurocrinie, hipotalamusul este inclus într-o serie de *bucle cibernetice hipotalamo-hipofizare și hipotalamo-hipofizo-glandulare*, a căror importanță fiziologică depășește simpla reglare neuroendocrină.

-) Alți *neuroni secretori* sunt *mari*, cu o substanță Nissl intens colorată și cu un axon lung. Ei se află în *hipotalamusul anterior*, în *nucleii preoptic, supraoptic și paraventricular*.

Acești neuroni secretă doi hormoni, dintre care cel mai important este *vasopresina* (pitresina, hormonul antidiuretic), care inhibă funcția de excreție a rinichiului, jucând un rol esențial în *metabolismul apei* (sete, urinare) și *oxitocina* (pitocina), care determină *contractia fibrelor musculare netede* (mai ales celor din uter), și intervine și în declanșarea comportamentului matern.

Neuronii mari secretori de vasopresina sunt controlați de concentrația sângelui (presiunea sa osmotică). În acest sens ei dispun de receptori speciali: *osmoreceptori*. Mai sunt controlați printr-un mecanism obscur, necunoscut, și de volumul total de apă din organism (*volemia*).

Sunt autori care admit o *asimetrie* între hipotalamusul din dreapta și cel din stânga în ceea ce privește controlul neuroendocrin. În acest sens, se considera că hipotalamusul *drept este mai activ* decât cel stâng mai ales la *femei* (Robinson 1979, Gerendai 1984).

Hipotalamusul și psihismul

Așa de mic și așa de angajat în numeroase funcții neurofiziologice cum am văzut că este, hipotalamusul intervine și în realizarea unor funcții psihice. Împreună cu trunchiul cerebral (în special cu substanța reticulară) și cu formațiunile vechi ale rinencefalului, hipotalamusul alcatuiește componenta cea mai primitivă a bazei neurobiologice a psihismului, acea componentă care filogenetic nu vine de la reptile (creierul reptilian al lui Mac Lead) și care nu este implicată în formele superioare ale psihismului uman cum ar fi activitatea cognitivă, gândirea simbolică sau limbajul.

Hipotalamusul intervine doar în *forme primare*, profunde, animalice ale psihismului:

- *Conditionează*, (împreună cu alte structuri) cum am văzut, în primul rând *nivelele de conștientă* (alertă, veghe, somn);

- *Apoi asigură* nucleul *motivatiilor biologice de supraviețuire* a individului și speciei (foamea, setea, comportamentul sexual);

- *Participă la generarea* unor *tensiuni emotinale primare* ca *anxietate, spaimă, panică sau agresivitate, furie, comportament turbat* (rabic).

- *Contribuie la realizarea tonusului afectiv.*

- *Aceasta se explică deoarece hipotalamusul participă la sistemul de răsplata.*

- Hipotalamusul este o verigă importantă în *realizarea stresului acut sau cronic*, cum vom vedea în alt capitol. Este intercalat pe cele trei axe neurobiologice ale stresului: axul cortico-hipotalamo-hipofizo-cortico-suprarenalian, axul cortico-hipotalamo-hipofizo-tiroidian și axul cortico-hipotalamo-medulo-suprarenalian.

Dimorfismul sexual al hipotalamusului

Hipotalamusul împreună cu nucleii amigdalieni sunt singurele componente ale sistemului nervos central care au un dimorfism sexual (Bleier și colab. 1982, Allen și colab. 1989). Aceasta se explică prin *relatiile functionale ale acestor componente cu sistemul olfactiv*, care, prin receptori pentru mirosuri și feromoni, are un rol dominant în organizarea și funcționarea sexualității. Dimorfismul este în special prezent la nivelul *nucleului ventromedial* și cel *preoptic*, care sunt nucleii

cei mai importanti implicati in secretia stimulinelor gonadotrope. Tot acesti nuclei s-au dovedit (in urma experientelor cu stimulari electrice sau chimice si distrugerii) ca intervin in comportamentul copulator, atat de diferit la cele doua sexe si in cel matern, la femele. (Hart si col 1985, Malean 1973).

Dimorfismul sexual se realizeaza in ontogeneza sub influenta hormonilor gonadali. Evolutia neutra sau androgina nu exista. In absenta factorilor hormonalai se desvolta tipul feminin. Aparitia secretiei de *testosteron* la fatul si noul nascut genetic masculin duce la *masculinizare*, nu numai prin caraterile sexuale secundare clasice dar si prin *masculinizarea hormonală* din perioada sarcinii a *hipotalamusului* (si *amigdalei*). Gratie acestei masculinizari se produce o *restructurare a rețelei de neuroni* (neuroni, dendrite, spini, axoni si sinapse) si a conexiunilor ei cu celelalte regiuni ale encefalului mai ales cu amigdalele si nucleii septali. Aceasta are evident urmasi in planul functional si se reflecta in organizarea intregului comportament sexual. Este posibil ca erori in masculinizarea hipotalamusului (si amigdalelor) sa explice *comportamentele homosexuale* (Levay 1991).

Epitalamusul

Hipotalamusului trebuie sa-i alaturam *epitalamusul*, caci si el este o *structura neuroendocrina*. El este situat la marginea superioara a feței interne a talamusului. Este format dintr-un manunchi de fibre nervoase numit *stria* sau *taenia habenulara*. Porneste anterior din regiunea septului și ajunge posterior pe fața internă a pulvinarului, la *nucleul habenulei*. De aici porneste un contingent de fibre numit *fasciculul retroflex al lui Meynert*, până în mezencefal, pe linia mediană, la baza rafeului, la *ganglionul interpeduncular al lui Gudden* (pe care l-am menționat in capitolul despre trunchiul cerebral), de unde pornesc la rândul lor niște eferențe către formația reticulată a trunchiului cerebral.

Epitalamusul apartine rinencefalului si nu este decat *gazduit* in diencefal, ca si corpii mamilari.

Funcția secretorie a epifizei e „comandată” de catre de lumina. Ea secretă un hormon numit *melatonină*, al cărui flux este reglat de excitațiile luminoase ce ajung la epifiză prin aferențe optice care-i sosesc indirect, prin sistemul simpatic cervical(ganglionul cervical superior si fibrele simpatice periarteriale)cum a aratat Axelrod. Diencefalul este astfel implicat in organizarea sistemului endocrin prin doua glande endocrine hipofiza si epifiza.



1.3. Rezumat

In acest capitol am tratat doar hipotalamusul si epitalamusul caci ambele sunt componentele

neuroendocrine ale encefalului.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Epitalamusul aparține:

- a) rinencefalului și nu este decât gazduit în diencefal, ca și corpii mamilari;
- b) rinencefalului și este decât gazduit în biencefal, ca și corpii mamilari;
- c) rinencefalului și nu este decât gazduit în biencefal.



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 X. Sistemul endocrin



1.1. Introducere

Nu putem cunoaște și înțelege rolul sistemului nervos în general și al hipotalamusului în mod special fără a lua în considerare sistemul endocrin. Relațiile dintre cele două sisteme sunt complexe și în ambele sensuri. Pe de o parte sistemul nervos controlează activitatea endocrină, pe de altă parte hormonii acționează asupra nevraxului influențându-i funcțiile, de la fiziologic la psihologic.

Ca și sistemul nervos, cel endocrin funcționează tot ca un *sistem informational*.

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



1.2. Conținut

Nu putem cunoaște și înțelege rolul sistemului nervos în general și al hipotalamusului în mod special fără a lua în considerare sistemul endocrin. Relațiile dintre cele două sisteme sunt complexe și în ambele sensuri. Pe de o parte sistemul nervos controlează activitatea endocrină, pe de altă parte hormonii acționează asupra nevraxului influențându-i funcțiile, de la fiziologic la psihologic.

Ca și sistemul nervos, cel endocrin funcționează tot ca un *sistem informational*.

Mesagerii chimici se numesc *hormoni* și sunt clar definiți de structura lor chimică. Ei sunt sintetizați și emiși în sânge de către *celulele endocrine*, de obicei grupate în *glande endocrine*. Odată secretați, sunt distribuiți în tot organismul, vin în contact cu aproape toate celulele corpului, dar nu acționează **decat** asupra *celulelor tinta*, ce au *receptori* specifici pentru fiecare hormon pe care-l recunosc, îl fixează și îi îngăduie să acționeze. Acțiunea se realizează prin declansarea unei cascade de reacții chimice în citoplasma celulei țintite, care acționează până la nivelul genelor. Hormonii sunt molecule organice, ce pot fi peptide (sau polipeptide), proteine, steroizi, derivați din aminoacizi sau acizi grași și acțiunea lor depinde de *concentrația* lor în sânge, care la rândul ei este determinată de rata de secreție, și de cea de degradare. Trebuie să menționăm că secreția este de obicei *pulsatilă* și nu continuă.

Sistemul endocrin uman este alcătuit dintr-un set de *glande endocrine* format din :hipofiza, epifiza, tiroida, paratiroidale, suprarenalele, gonadele(ovarele sau testiculele) și pancreasul.

Trădătorul a fost considerat și timusul drept o glandă endocrină deși el aparține sistemului imunologic

În cadrul sistemului endocrin, *hipotalamusul* are rolul unui adevărat șef de orchestră. El dirijează *hipofiza anterioară*, prin stimulinele și statinele transmise pe calea sistemului port hipotalamo-hipofizar și secreta hormonii care ajung prin intermediul fascicolului hipotalamo-hipofizar în *hipofiza posterioară*. Totodată modulează activitatea unor glande, prin intermediul sistemului vegetativ.

Hipofiza

Hipofiza (glanda pituitara) este o glanda endocrina mica (500mg), care se afla in mijlocul craniului in *seaua turceasca* si este legata de hipotalamus prin *tija pituitara*. Este impartita in *lobul anterior* sau *adenohipofiza* si *lobul posterior* sau *neurohipofiza*, separate printr-o componenta rudimentara, *lobul intermediar*.

A) *Lobul posterior* sau *retrohipofiza* este o componenta mica, avand o structura fibrovasculara cu celulele **nonsecretorii** (*pituitice*), intre care se termina cu niste dilatatii axonii nucleilor magnocelulari din hipotalamusul anterior (n.supraoptic si cel paraventricular). **Nu** este o glanda endocrina, ci mai degraba un receptacol (depozit) pentru hormonii secretati de neuronii amintiti, care se depun uneori sub forma de granule (corpui lui Herring). In hipofiza posterioara exista doi hormoni cunoscuti sub numele de *hormonii retrohipofizari*:

a) *Hormonul antidiuretic* sau *vasopresina* este un polipeptid ce actioneaza asupra unor receptori din tubulii renali distali, determinand o *diminuare a eliminarii de urina*.

Din punct de vedere comportamental, acest hormon blocheaza indirect *setea*.

Secretia acestui hormon este controlata de osmoreceptorii din hipotalamus, prin intermediul neuronilor nucleilor paraventricular si supraoptic.

b) *Oxitocina* este tot un polipeptid, ce actioneaza in special asupra receptorilor *fibrelor musculare netede uterine* si cele ale *glandelor mamare*.

La ambele sexe are un rol in producerea *orgasmului*. Totodata este un factor hormonal care determina la femei *comportamentul matern* si interesul fata de progenituri.

B) *Lobul intermediar*, in speta umana se pare ca nu are nici un rol. Este implicat la unele specii in *stimularea melanocitelor* care coloreaza reflex, in negru, pielea.

C) *Lobul anterior* este partea cea mai mare (75%) si mai importanta a hipofizei. Este constituit din doua tipuri de celule:

- *celule cromofobe*
- *celule cromofile*, care secreta sase hormoni.

Date recente (in special de imunochimie) au identificat *celulele proprii* pentru fiecare din acesti sase hormoni in parte.

Celulele eosinofile secreta doi hormoni cu *actiune directa* asupra tesuturilor: hormonul de

crestere, sau *somatotrop* (GH) si *prolactina* (PH).

a) *Hormonul de crestere* (“growth hormone”, GH) determina *cresterea organismului* pana la stadiul de maturitate.

b) *Prolactina*, secretata de 20% din celulele cromofile, stimuleaza la femei *glanda mamara* sa creasca si sa sintetizeze *laptele*. La randul ei este stimulata de hipotalamus prin *dopamina*, care are pentru acest hormon rolul de releasing factor.

Celulele bazofile secreta patru hormoni, care *actioneaza* doar asupra altor glande endocrine, numite *glande tinta*.

c) *Hormonul de stimulare tiroidian* sau *tireotrop* (TSH) este stimulat de hipotalamus prin *thyreotropic releasing hormon* sau *factor* TRH (TRF) si secretat de 5% din celulele cromafine. El determina secretia hormonilor tiroidieni T3 si T4.

d) *Hormonul de stimulare al corticosuprarenalei*, sau *adreno- corticotrop* (ACTH), este stimulat de hipotalamus prin CRH (CRF) si secretat de 15% din celulele cromafine. Activeaza componenta corticala a *glandei suprarenale*.

e) *Hormonul de stimulare al luteinei* (LH) actioneaza la femei asupra corpului galben ovarian si stimuleaza la barbati sinteza de androsteroni de catre celulele lui Leyden din testicoli.

f) *Hormonul stimulator al foliculinei* (FSH) la femei actioneaza asupra foliculului ovarian iar la barbati stimuleaza spermatogeneza testiculara.

Acesti hormoni hipofizari sunt stimulati de hipotalamus prin *factorul gonadotropic de stimulare* (GnRH) si sunt secretati de 10% din celulele cromafine ale adenohipofizei.

Dupa cum se vede, hipofiza bazofila controleaza trei glande endocrine, care desi sunt considerabil mai mari, ii sunt subordonate: tiroida, suprarenala si gonadele (ovarul sau testicolul).

Glanda tiroida

Glanda tiroida, cea *mai mare glanda* endocrina (10-20gr.), este situata in partea anterioara a gatului, inaintea traheei, sub “marul lui Adam”, unde poate fi palpata usor. E formata din *doi lobi* si un *istm* si foarte bogat vascularizata de arterele tiroidiene.

In interior este constituita dintr-o gramada de vezicule sau *foliculi*, fiecare alcatuit dintr-un perete de celule secretorii si dintr-un continut coloidal.

Celulele tiroidiene sintetizeaza, fixand *iodul* pe molecula de tirosina (un aminoacid), doi

hormoni: *tiroxina* (T4) in proportie de 90% si *triiodtironina* (T3) numai 10% dar de 10 ori mai activa. Acestia ajung in sange, unde sunt legati de proteine, lasand liber numai 0,03% din T4 si 0,3% din T3, care patrund in celulele tinta si se fixeaza pe niste *receptori* endocelulari, prin care isi exercita actiunea. Prin acesti hormoni, tiroida este unul din principalii regulatori ai *metabolismului celular*. Determina in toate celulele o stimulare a sintezei proteinelor si a consumului de oxigen.

Secretia ei este controlata, cum am vazut, de hormonul tireotrop (TSH) hipofizar.

Hormonii tiroidieni sunt esentiali pentru *maturizarea* si *functionarea* sistemului nervos central. Pentru aceasta ei sunt “ajutati” de doua proteine transportatoare (OATPC1 pentru T4 si MCT6 pentru T3), ca sa patrunda prin bariera hematonevraxiala in tesutul nervos.

La noul nascut, lipsa hormonilor tiroidieni il impiedica sa-si dezvolte in mod normal sistemul nervos central, asa ca devine un deficient mental (*cretinismul* hipotirodian).

La adult, lipsa hormonilor tiroidieni (*hipotiroidia*) determina o lentoare caracteristica a proceselor mentale (bradipsihie), o diminuare a capacitatilor cognitive, o estompare a functiilor emotionale (indiferentism, placiditate sau stari depresive) si o diminuare a activitatii psihomotorii. Se adauga evident si elemente somatice (retentie de apa, fata pufoasa crestere ponderala, uscarea pielii, bradicardie, lentoarea proceselor digestive etc). Vorbirea devine lenta si vocea ingrosata.

Surplusul de hormoni tiroidieni (*hipertiroidia*) provoaca o accelerare a activitatii mentale si psihomotorii, cu fuga de idei, stari de agitare, anxietate, uneori stari nevrotiforme, iritabilitate, fatigabilitate, insomnii sau vise terifiante, la care se adauga o serie de semne somatice (*scadere ponderala*, usoara hipertemie, transpiratii, *tahicardie* semnificativa, tranzit digestiv accelerat etc). Caracteristice sunt si *tremuraturile mainilor* si o privire fixa, cu un oarecare grad de stralucire, cu sau fara *exoftalmie* (protruzia globilor oculari).

Glanda suprarenala

Glanda suprarenala coafeaza polul superior al rinichiului. Ea cuprinde in realitate *doua glande* distincte, una in centrul ei, *medulosuprarenala* si una in jurul acesteia, *corticosuprarenala*.

A) *Medulosuprarenala* este formata dintr-o masa de celule cromafine, care secreta *adrenalina* (*epinefrina*).

Cand adrenalina este secretata in *cantitate mare*, determina o reactie de alerta, cu anxietate, ce poate ajunge pana la panica.

B) *Corticosuprarenala* este componenta principala a glandei suprarenale. Ea este *controlata de hipofiza* prin ACTH si secreta un set de *hormoni steroizi* (sintetizati pornind de la colesterol).

Din punct de vedere histologic, corticosuprarenala este impartita in *trei zone* concentrice, care sunt din afara inaintu:

- a) *zona glomerulara*, cu celulele dispuse in coloane radiare;
- b) *zona fasciculara* (cea mai dezvoltata), cu celule poliedrice spongioase, pline de granule lipidice, aranjate si ele in coloane radiare si
- c) *zona reticulata*, in care celulele sunt aranjate in cordoane impletite.

Hormonii corticosuprarenalei se impart in doua grupe principale, cu actiuni distincte (*mineralocorticoizii si glucocorticoizii*). La acestea se adauga si secretia de *hormoni androgeni*, in cantitate foarte mica.

a) *Hormonii mineralocorticoizi*, a caror reprezentant principal este *aldosteronul*, secretat de zona glomerulara a corticosuprarenalei. El actioneaza in special asupra *tubulilor renali*.

b) *Hormonii glucocorticoizi* sunt secretati de zonele fasciculara si reticulate a glandei corticosuprarenalea. Principalul lor reprezentant la om este *cortisolul (hidrocortisonul)*, ce circula prin sange liber numai 10% si actioneaza asupra tuturor celulelor organismului.

Efectele lor sunt in primul rand *metabolice*

Au actiuni *antiinflamatorii si imunosupresoare* importante (de unde importanta lor in medicina practica).

In *cantitate mare*, ca in boala lui Cushing sau administrarea intempestiva de glucocorticoizi, acestia produc *tulburari de personalitate si stari depresive*.

O crestere in *cantitate mica* poate produce stari de *euforie* (sau o simpla traire de satisfactie sufleteasca).

c) *Hormonii androgeni* sunt sintetizati, la ambele sexe, de zonele fasciculara si reticulata a corticosuprarenalei.

De aceea, excesul de functionare al corticosuprarenalei poate determina, la femei, o *masculinizare psihica si somatica* a acestora (hipertricoza sau hirsutism, mai ales in regiunea pubiana, realizand *virilismul pilar*, chelie, ingrosarea vocii, amenoree, diminuare sanilor, atrofia uterului, hipertrofia clitorisului cu cresterea libidoului).

Cum vom vedea, corticosuprarenala este o componenta decisiva a sistemului, implicata in *stresul cronic*.

Gonadele

Gonadele, sau *glandele sexuale*, sunt organe complexe, care au cate *doua functii*: una de a genera *gametii* (*spermatoizii* sau *ovulele*), alta de a secreta *hormonii sexuali*, care determina caracterele sexuale secundare ale organismului (si ca atare realizeaza dimorfismul sexual) si asigura productia gametilor.

In functie de sex avem doua tipuri de gonade: *testicolul* la barbati si *ovarul* la femei.

Sexul este definit de o pereche de *cromozomi sexuali* din genom, care la femei sunt XX, iar la barbati XY .

Initial gonadele embrionare sunt neutre si sunt formate din *celule germinale* (care vor genera gametii) , *celule steroidogenice* care vor deveni celulele endocrine si din *celule de suport*. In cazul perechii cromozomiale XX, aceasta protogonada neutra evolueaza automat si devine un ovar (feminin). In cazul perechii XY, o gena SRY, de pe bratul scurt al cromozomului Y, impune o alta evolutie, care duce la formarea unui *testicol* (masculin).

Testicolul

Testicolul este gonada masculina care se afla in afara corpului (unde temperatura e prea ridicata pentru functionarea lui), intr-o punga musculocutanata *scrotumul*, la nivelul perineului.

Este invelit de o capsula fibroasa, numita *albugineea* si continutul sau este impartit, prin niste septuri, in *lobi*. Fiecare lob contine inghesuiti niste *tubuli seminiferi*, care converg si se continua cu o retea tubulara (*rete testis*), din care pornesc alti tubuli (*ductulii eferenti*), ce se varsa in canalul *epididimar* ce formeaza *epididimul*. Acesta se continua apoi cu *canalul deferent*.

a) Peretii tubulilor seminiferi sunt "*fabrica*" de *spermatozoizi*. La periferie (pe membrana bazala) se afla celulele stem germinale (*spermatogoniile*). Din acestea, prin *diviziuni succesive* (care formeaza procesul de spermatogeneza), se insira spre lumenul tubului *spermatocitele*, *prespermatidele* (sau *spermatocitele secundare*), *spermatidele* si in final *spermatozoizii*. (usor de recunoscut prin *cozile* lor) Acestia patrund in lumenul tubulilor seminiferi, de unde pornesc in lunga lor calatorie, pana in organele genitale ale femeii, dupa copulare.

In cursul acestei filiatii se produce un proces extraordinar, *diviziunea meiotica*, care reduce la

jumatate numarul cromozomilor spermatidelor si implicit spermatozoizilor.

Toate aceste celule *germinale* ale spermatogenezei sunt inconjurate si protejate de *celulele lui Sertoli*, care se comporta cam ca celulele nevroglice fata de neuroni. Ele asigura *hranirea spermatozoizilor* si formeaza *bariera hematotesticulara*, intre sangele din capilare si celulele germinale. Celulele Sertoli ajuta spermatogeneza prin secretia a circa *60 de proteine active*, printre care cele mai de seama sunt *inhibina AMH* (hormonul antimullerian) si *ABP* (androgen binding protein).

Spermatogeneza si activitatea celulelor lui Sertoli sunt stimulate de *hormonul gonadotrop FSH* (*hormonul de stimulare foliculinic*).

b) Tot in lobii testiculari, in afara tubulilor, se afla niste gramezi de celule secretorii, numite *celulele lui Leydig*. Gratie acestor celule testicolul functioneaza ca o glanda endocrina.

Aceste celule sintetizeaza (pornind de la colesterol) sub influenta cromozomului Y, incepand de la a *saptea saptamana* de viata intrauterina pana la sfarsitul vietii, *hormonii androgeni*, printre care cel mai important este *testosteronul*. Acesta, ca si derivatul lui *dihidrotestosteronul* (mult mai activ), actioneaza asupra celulelor organismului, imprimandu-le caracterele sexuale masculine.

Secretia testosteronului este activata de *hormonul gonadotrop LH* (*hormonul luteinizant*). In felul acesta hipofiza anterioara controleaza activitatea ambelor activitati testiculare.

Testosteronul este hormonul care determina *masculinizarea* si dezvoltarea ca un exemplar barbatesc al embrionului si fatului. Este responsabil de dezvoltarea tuturor *caracterelor sexuale secundare masculine*. El mentine caracterele masculine ale adultului. Deasemenea, printr-o actiune directa de vecinatate asupra celulelor lui Sertoli, testosteronul asigura *desfasurarea normala a spermatogenezei*.

Prin actiunea sa asupra receptorilor neuronali testosteronul, asigura *masculinizarea sistemului nervos central*, care astazi se stie ca prezinta un dimorfism sexual morfologic(discret)si functional.Aceasta masculinzare, imprima o anumita directie comportamentului uman, directie care defineste *comportamentul masculin* sub toate aspectele sale. Evident ca in primul rand determina *comportamentul sexual* dar si toate *caracteristicile psihologiei masculine*. Testosteronul sporeste libidoul la *ambele* sexe, prin actiune asupra lobului fronto-orbital. Prin aceasta, testosteronul depaseste cu mult sfera de interes a endocrinologiei si se plaseaza printre

preocuparile psihologiei.

Ovarul

Ovarul este gonada femenina. El are forma unei migdale alungite de 6-8gr, cu o lungime de 4 cm. Ca si testicolul are doua componente (este o glanda amficrina), una care asigura *eliberarea ovulelor* si una *endocrina* care secreta hormonii sexuali femenini.

a) *Eliberarea ovulelor* este asigurata de *foliculii ovarieni*. Acestia sunt niste vezicule numite *foliculii lui de Graaf* si sunt formati din doua teci concentrice in interiorul carora se afla *ovulul*.

Ovulul este rezultatul ovogenezei, care are loc *numai in perioada intrauterina* si care printr-un proces meiotic duce la reducerea la jumatate a numarului de cromozomi, de la oogonii la ovule. Toate ovulele (toti foliculii de Graaf) sunt realizate *la a cincea luna de viata intrauterina* si nu se mai produc dupa aceea, spre deosebire de spermatozoizi care sunt generati toata viata.

Ovarul este caracterizat printr-o activitate periodica riguroasa, ce defineste *ciclul ovarian*, care in conditii normale este de *28 de zile*. In timpul unui ciclu, un folicul de Graaf sufera transformari in cursul carora isi elibereaza ovulul (*procesul de ovulatie*), care este captat de trompa si transportat pana in uter.

Ciclul incepe cu o *maturizare* si *crestere* a unui folicul, sub influenta stimuloare a FSH (hormonul de stimulare folicular). Dupa 12-13 zile, sub efectul unei descarcari de LH (hormon luteinizant), foliculul se rupe si ovulul este expulzat. Acest moment al ovulatiei se insoteste de o crestere de temperatura si provoaca la unele femei o senzatie neplacuta in abdomen. Apoi foliculul se transforma in *corp galben (corpus luteum)*. Daca nu are loc fecundarea si nidarea oului in mucoasa uterina, corpul galben degeneaza treptat in urmatoarele 14-15 zile (devenind *corpus albicans*), dupa care urmeaza ciclul urmator, care incepe cu hemoragia ce defineste menstruatia, dupa care este antrenat un alt folicul.

b) In perioada de crestere a foliculului, celulele sale secreta hormonii *estrogeni* (foliculina), a caror concentratie sporeste progresiv. In momentul transformarii in corp galben, celulele foliculului incep sa secrete un al doilea hormon *progesterona*, a carui productie se opreste la sfarsitul ciclului, cand corpul galben a degenerat.

Foliculina sau *estronea* (cel mai important estrogen) are ca rol principal dezvoltarea si pregatirea mucoasei uterine pentru sarcina. Deasemenea determina fluidifica secretia colului uterin

pentru a-l face mai permeabil pentru spermatozoizi. In plus, asigura dezvoltarea sanilor si in general realizarea si mentinerea caracterelor sexuale secundare feminine. Determina un anumit grad de retentie de apa si favorizeaza mentinerea calciului in oase.

Progesterona are ca functie principala mentinerea mucoasei uterine (endometriumului) pregatita pentru nidarea oului si sarcina. Creste temperatura corpului si in general inhiba actiunile secundare ale foliculinei. Prin actiunea ei frenatoare asupra complexului hipotalamo-hipofizar, inhiba secretia de LH.

Dupa cum se vede, ovarul opereaza cu doi hormoni diferiti, a caror alternanta periodica determina, atat in plan somatic cat si in plan psihic, *ciclizarea vietii femeilor*, in toata perioada lor fertila, de la menarha la menopauza. Demonstrativ, pentru rolul hormonilor sexuali la femei, sunt disfunctiile psihice si somatice ce apar la menopauza, dupa incetarea producerei lor. *Ceasurile neuroendocrine*

Sistemul bazofil al hipofizei anterioare este organizat sub forma a *trei axe* paralele:

- axul hipotalamo-hipofizo-tiroidian;
- axul hipotalamo-hipofizo-corticosuprarenalian si
- axul hipotalamo-hipofizo -gonadic care

la barbati este *unic* hipotalamo-hipofizo-testicular, iar

la femei este *dublu* hipotalamo-hipofizo-folicular si hipotalamo-hipofizo- luteinic

Realitatea este mult mai complexa, caci aceste axe dispun de *aferentatii inverse* (feedback). Astfel hormonii glandelor tinta (T3, T4, cortisolul, testosteronul, foliculina, progesteronul) actioneaza frenator (*feed -back negativ*) asupra hipofizei si asupra centrilor hipofizotropi din hipotalamus. Totodata hormonii hipofizari (TSH, ACTH, TSF, LH) actioneaza si ei in acelasi mod asupra nucleilor hipotalamici, ce controleaza prin stimuline hipofiza.

Se stie ca orice sistem cu feed-back poate intra in oscilatie pentru anumite valori ale parametrilor sai.

Cele de mai sus explica de ce functionarea axelor de mai sus este *periodica*, lucru pe care l-a subliniat prima oara Danziger si Elmgreen cu privire la axul tiroidian. De aceea ele trebuiesc considerate axe cibernetice ce functioneaza ca niste *ceasuri biologice*.

Singurul dintre ele care are o manifestare fiziologica (si chiar psihologica) este ceasul

reprezentat de axul hipotalamo-hipofizo-ovarian, care are o perioada clasica de 28 zile. Dozarile hormonale au aratat ca si celelalte axe au o periodecitate proprie, ca de ex. cel tiroidian de 21 de zile sau cel corticosuprarenalian de 24 de zile. Aceste ceasuri au o deosebita importanta pentru organizarea activitatii neurofiziologice si neuropsihologice. Ele devin manifeste in unele cazuri psihiatrice, ca psihoza periodica, catatonie periodica sau nevroza catameniala.

Secretiile celulelor endocrine ale acestor axe mai sunt supuse si *ritmului nictemeral*, care este impus nucleilor hipotalamici de catre activitatea periodica a nucleului suprachiasmatic din hipotalamusul anterior.

Paratiroidale

Paratiroidale sunt niste glande mici, de obicei in numar de patru, situate pe fata posterioara a glandei tiroide (de unde le vine numele). Sunt formate dintr-o ingramadire de celule si secreta un singur hormon *parathormonul*, sau *hormonul paratiroidian*, care are actiune asupra *metabolismului calciului*, determinand o crestere a concentratiei sale in sange si a depozitarii sale in oase. Secretia paratiroidelor este controlata de calcemie, gratie unor receptori la nivelul celulelor acestor glande.

Pancreasul

Pancreasul este un organ al tubului digestiv situat in abdomenul superior, in spatele stomacului si in contact cu duodenul. Are doua componente: una digestiva si una endocrina.

A) *Componenta digestiva* este cea mai dezvoltata. E reprezentata de acini, formati din celule secretorii cu continut granular, care secreta enzimele (fermentii) digestive, pe care le varsa prin canalul lui Santorini in duoden. Ea este componenta *exocrina* a pancreasului.

B) *Componenta endocrina* este reprezentata de circa trei milioane de gramezi celulare imprastiate printre acini, denumite *insulele lui Langerhans*, care formeaza 2% din masa pancreasului. Contin trei tipuri principale de celule glandulare: *celule alfa*, *beta* si *delta* si doua tipuri minore, celule PP si D1.

Celulele beta (cele mai numeroase -70%) secreta *insulina*, care este hormonul principal al pancreasului, descoperit de N. Paulescu; celulele alfa secreta alt hormon numit *glucagon*, iar celulele delta secreta *somatostatina* cu efecte inhibitorii asupra celorlalti doi hormoni.

Celelalte tipuri de celule au un rol necunoscut.

a) *Insulina* este un polipeptid care *scade glucoza* din sange, fiind esentiala pentru

metabolismul hidratilor de carbon. Este molecula principala ce mentine concentratia glucozei in sange intre limitele ei normale (**70-110mg/dl**). Mijloceste absorbtia glucozei in celule, stimuleaza sinteza glicogenului, unor proteine si a acizilor grasi, favorizeaza duplicarea ADN- ului si inhiba gluconeogeneza, lipoliza si proteinoliza.

Cand secretia insulinei scade se produce *diabetul zaharat*, o afectiune cronica grava in cursul careia se acumuleaza in sange glucoza si corpi cetonici, care daca depasesc o anumita concentratie pot produce coma (coma diabetica sau hiperglicemica) si chiar moartea.

Excesul de insulina acut, produs prin injectarea unei doze mari de insulina, prin scaderea glicemiei, poate produce si ea o coma (coma hipoglicemica) si chiar moartea, daca nu se intervine la timp cu glucoza in injectii intravenoase, sau prin sonda esofagiana.

Excesul de insulina cronic, produs de tumori (*insulinoame*) ale pancreasului, produce o *scadere a glicemiei* sub 45mg/dl si o serie de manifestari de suferinta a sistemului nervos, mai ales inainte de mese. Acestea sunt *tranzitorii*, polimorfe si foarte variabile in timp. E vorba de stari de neliniste, anxietate, manifestari nevrotice mai complexe, ameteli, cefalee cronica, pierderi de constienta (lesinuri, crize convulsive etc), insotite in general de o transpiratie profunda. Uneori apar si stari confuzionale si chiar halucinatorii delirante tranzitorii. Oricat de grave aceste stari dispar prin administrare de glucoza intravenos sau de zahar oral .

b) *Glucagonul* este un hormon polipeptidic secretat de *celulele alfa* ale insulelor pancreatice. El actioneaza asupra celulelor hepatice (hepatocitelor), pe receptorii carora se fixeaza. Rezulta amorsarea unui proces de polimerizare a glicogenului in glucoza (proces de glicoliza), prin activarea unor kinaze, mijlocita de sistemul ATPciclic. Este un efect asemanator cu cel al adrenalinei asupra glicogenului muschiular. Prin aceasta actiune glucagonul este un hormon *hiperglicemiant*, antagonist al insulinei si agonist al adrenalinei si cortisolului.

Stimularea lui este realizata de *scaderea glicemiei (hipoglicemie)*, de catecolamine si de unele amine, iar inhibarea lui este pricinuita de insulina si de somatostatina.

Se vede ca *pancreasul*, prin cei doi hormoni ai sai, *corticosuprarenala*, prin cortisol si adrenalina si *sistemul neurovegetativ*, prin fibrele sale colinergice si noradrenergice, formeaza un *complex sistem* care dirijeaza metabolismul glucidelor si nivelul normal al glucozei in sange si prin aceasta asigura buna functionare a tuturor componentelor organismului, inclusiv sistemul nervos

central si periferic.

Glanda pineala (epifiza)

Glanda pineala este o formatiune mica (de marimea unui bob de porumb de cca 8mm), situata pe linia mediana interhemisferic, in centrul craniului, deasupra comisurii albe anterioare, intre cei doi pulvinari talamici si intre tuberculii quadrigemeni anteriori. Am vazut ca formeaza impreuna cu sistemul habenular *epithalamus* (una din componentele diencefalului).

In structura ei gasim neuroni pineali, neuroni peptinergici, celule fagocitare perivascularare, celule nevroglice si un tip de celule secretorii numite *pinealocite*. Aceste celule formeaza mici vezicule pline de un *nisip pineal* (*corpora arinaceea*), format din saruri (fosfati) de *calciu* si magneziu. Uneori cantitatea sarurilor de calciu este suficient de mare pentru ca pineala sa fie vizibila pe radiografiile simple (ca o structura calcificata).

Epifiza primeste unele aferente de la sistemul habenular si dar mai ales fibre simpatice perivascularare din ganglionul cervical superior. Prin aceste conexiuni primeste semnale de la *celulele retiniene*. **Lumina** este stimulatorul principal al retinei si prin ea actioneaza asupra epifizei.

Epifiza a fost multa vreme considerata de neuroanatomisti drept un organ vestigial, rezultat din regresia *ochiului pineal* de la unele reptile si pasari. Intr-adevar, pinealocitele sunt fotosensibile si la aceste animale sunt influentate direct de lumina, epifiza fiind situata sub convexitatea craniana, intr-un loc translucid, cu un orificiu acoperit numai de o piele subtire. La unele specii de reptile se gaseste chiar un ochi rudimentar.

Astazi se stie ca epifiza secreta *melatonina*, un produs derivat din triptofan. Aceasta opereaza ca un hormon si actioneaza asupra celulelor sale tinta, prin intermediul unor receptori speciali. Secretia melatoninei de catre melanocite este inhibata de lumina (care actioneaza indirect prin caile mentionate mai sus). De aceea secretia ei se produce noaptea.

Din cauza aceasta melatonina este unul din instrumentele prin care functiile organismului sunt supuse *ritmului nictemeral* (circadian de 24 de ore).

Este un hormon implicat in special in reglarea ritmului veghe-somn-somn REM. Sunt autori care i-au atribuit un rol si in geneza viselor.

Inhiba la nivelul hipofizei secretia de LH si FSH ceea ce duce indirect la *inhibarea libidoului*. Acest aspect intervine mai cu seama la animalele cu viata sexuala sezoniera, cand hipotalamusul dupa

ce a “luat in considerare” raportul dintre lungimea zilelor si a noptilor a “comandat” secretia sau non-secretia melatoninei. Prin aceasta actiune se explica diminuarea tulburarilor de menopauza, obtinuta prin extractele de epifiza. Productia marita de melatonina in perioada prepuberala inhiba libidoul in copilarie.

Variatia sezoniera a secretiei de melatonina o face sa fie implicata in tulburarile afective senzoniere (ca depresia de iarna, bine descrisa de M.Rosenthal) in tratamentul carora a fost folosita (A.Lewy). Aceasta variatie este manifesta la animalele care hiberneaza.

In afara de aceste functii s-au mai descris si alte actiuni ale hormonului epifizar.

Astfel, Wang si col (2005) au aratat ca melatonina inhiba potentialele de lunga durata in hipocamp si ca atare *inhiba procesul de invatare*. Semnificatia exacta a acestor constatari nu a fost inca stabilita.

Deasemenea sunt autori care sustin ca in epifiza ar exista *magnetoreceptori*. Acestia ar fi foarte dezvoltati la pasari, unde epifiza ar fi un organ important pentru navigarea lor aeriana.

In afara de efectele sale ca hormon, melatonina este un *antioxidant*, care combate actiunea nociva a *radicalilor liberi* (T.Manchester si col 2000). Datorita acestei actiuni a fost considerata un *medicament geriatric*, ce prelungeste durata vietii.

Interesanta este si implicarea melatoninei in *imunitate* (A.Lewy). In acest sens melatonina activeaza limfocitele T, mai ales in prezenta ionilor de calciu, ceea ce o face un adjuvant util in tratarea unor afectiuni imunologice.



1.3. Rezumat

Nu putem cunoaste si intelege rolul sistemului nervos in general si al hipotalamusului in mod special fara a lua in considerare sistemul endocrin. Relatiile dintre cele doua sisteme sunt complexe si in ambele sensuri. Pe deoparte sistemul nervos controleaza activitatea endocrina, pe de alta parte hormonii actioneaza asupra nevraxului influentandu-i functiile, de la fiziologic la psihologic.

Ca si sistemul nervos, cel endocrin functioneaza tot ca un *sistem informational*.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Melatonina este:

- a) antioxidant care combate acțiunea nocivă a radicalilor liberi;
- b) medicament geriatric;
- c) oxidant care combate acțiunea nocivă a radicalilor încrucișați.

2. Pancrăsaul este:

- a) un organ al tubului digestiv situat în abdomenul superior, în spatele stomacului și în contact cu duodenul;
- b) are două componente: una digestivă și una endocrină;
- c) un organ al tubului duodenal.



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 XI. Sistemul vegetativ



1.1. Introducere

Sistemul vegetativ sau *autonom* este definit clasic drept o componentă a sistemului nervos periferic. Este o componentă esențială a sistemului nervos, căci asigură funcționarea organelor interne și vaselor din corpul uman, precum și menținerea la nivele normale a valorii unor parametrii vitali ca

tensiunea arteriala,temperatura corpului,concentratia in glucoza a sangelui etc.Asa cum vom vedea are si un rol important in desfasurarea functiilor psihice (si chiar a trairilor noastre)

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



1.2. Conținut

Sistemul vegetativ sau autonom este definit clasic drept o componenta a sistemului nervos periferic.Este o componenta esentiala a sistemului nervos,caci asigura functionarea organelor interne si vaselor din corpul uman,precum si mentinerea la nivele normale a valorii unor parametrii vitali ca tensiunea arteriala,temperatura corpului,concentratia in glucoza a sangelui etc.Asa cum vom vedea are si un rol important in desfasurarea functiilor psihice (si chiar a trairilor noastre)

Din punct de vedere didactic organizarea sistemului vegetativ cuprinde trei segmente majore

- a) **Caile eferente**
- b) **Caile aferente**
- c) **Etajele superioare**

Sistemul simpatic

Sistemul simpatic sau ortosimpatic este “anexat” maduvii spinarii toracale. Originile sale se afla in neuronii vegetativi, din coarnele laterale ale segmentelor medulare *T1-L2* inclusiv.

Axonii acestor celule (*neuronii simpatici preganglionari*) parasesc maduva, prin *radacina anterioara* a nervilor rahidieni, din care se desprind si se indreapta spre *ganglionul simpatic* propriu metamerului respectiv, la care ajung prin *ramura comunicanta cenusie* a acestuia. In ganglionul simpatic se termina prin sinapse colinergice, pe *neuronii postganglionari*.

Sistemul parasimpatic

Sistemul parasimpatic este format dintr-o *portiune craniana* care isi are originile in nucleii vegetativi din trunchiul cerebral si o *portiune lombosacrata* care isi are originile in coarnele laterala ale maduvei din metamerele aflate sub L2

a)*Portiunea craniana* a sistemului parasimpatic este foarte complicata din punct de vedere anatomic

- Din *nucleul vegetativ* al nervului III(nuclei lui *Westphal-Eddinger*)pleaca axonii preganglionari prin trunchiul oculomotorului comun,ajung in orbita se desprind si se termina in

ganglionul ciliar. Axonii postganglionari ajung la muschii circulari ai *irisului* determinand micșorarea pupilei(*mioza*)

- Din *nucleul lacrimal* fibrele preganglionare imprumuta calea *facialului*, apoi a nervului petros si ajung in *ganglionul sfenopalatin*., ale carui fibre postganglionare ajung la *glanda lacrimala*

- Din *nucleul salivator superior* fibrele postganglionare incep prin a folosi trunchiul *facialului*, apoi patrund in coarda timpanului si in final ajung (printr-o anastomoza) in nervul lingual (ce apartine trigemenului), pentru a se termina in *ganglionul sublingual*. De aci fibrele postganglionare ajung in *glanda salivara sublinguala*

- Din *nucleul salivator inferior* fibrele preganglionare parascesc bulbul, prin *nervul IX*, din care se detaseaza sub forma nervului lui Jacobson si ajung la *ganglionul otic* a carui fibre postganglionare ajung la *glanda salivara parotida*

- Din roiurile de neuroni vegetativi ai *nucleului dorsal al nervului X* (nervul vag) numit si *nucleul cardio-pneumo-enteric* se desprind cele mai multe fibre postganglionare colinergice parasimpatice (numite *sistemul vagal*)

b) *Portiunea lombosacrata* a parasimpaticului este mai putin dezvoltata si relativ mai simpla

Originile sale se afla in *coarnele laterale* ale segmentelor medulare dela L3 in jos. Fibrele preganglionare imprumuta calea radacinilor anterioare ale nervilor rahidieni respectivi si apoi a nervilor rachidieni propriuzisi din care se desprind si cea mai mare parte a lor se impletesc in cele doua *plexuri hipogastrice* (drept si stang) situate in *regiunea pelvina* de o parte si de alta a vezicii urinare.

Plexurile mienterice

La nivelul tubului digestiv exista o componenta a sistemului nervos vegetativ speciala care asigura autonomia motorie si secretorie a tubului digestiv. Este considerata de unii drept a treia componenta a sistemului autonom: *sistemul vegetativ enteric* (T.Cacaeci)

Aceasta componenta este formata din *retele* alcatuite din *neuroni vegetativi* cu prelungirile lor (care “comanda” activitatea autonoma a tractului digestiv), la care se adauga terminatiile eferente *noradrenergice* ale simpaticului si cele *colinergice* ale parasimpaticului (terminatii care moduleaza activitatea autonoma). Tot din aceste retele fac parte si fibre aferente provenite dela receptorii din

mucoasa digestiva datorita carora plexurile mienterice mijocesc *reflexe* si *automatismes* proprii care asigura in special motricitatea tubului digestiv caracterizata prin miscarile sale *peristaltice* ce asigura inaintarea continutului esofagian,gastric si intestinal.

In peretele tubului digestiv avem *plexul mienteric a lui Auerbach* situat intre cele straturi de fibre musculare(circulare si longitudinale) care este esential pentru peristaltismul digestiv si *plexul lui Meissner* situat sub mucoasa care controleaza secretiile digestive si contractiile fibrelor musculare prezente si in mucoasa

La nivelul plexurilor mienterice actioneaza ca neurotransmitatori excitatorii acetilcolina,unele neurokinine si substanta P(SP)iar ca trans- mitatori inhibanti, noradrenalina dar mai ales un polipeptid vasointestinal (VIP).la care se adauga si oxidul nitric(NO).

Oxidul nitric este cea mai simpla molecula folosita de sistemul nervos.Este un *neurotransmitator gazos* cu o molecula atat de mica incat uneori nu respecta mecanismul punctual de transmisie snaptica si difuzeaza in jur creand efecte de camp.

Esentiala este prezenta in plexurile mienterice a *celulelor interstitiale ale lui Cajal*.Ele se gasesc si in peretii vezicei urinare si ureterelor ca si a arterelor si venei porte(Postyan si col.2003)Sunt celule alungite cu numeroase prelungiri.

Rolul fiziologic al eferentelor sistemului vegetativ

Nu este cazul sa detaliem aci toate functiile fiziologice ale sistemului nervos vegetativ (S.N.V.)In analiza lor trebuie sa tinem seama ca totdeauna cele doua componente orto si parasimpatica actioneaza *antagonic*,dar ca intre ele exista si complicate circuite de tip feed back

pozitiv si negativ care au fost studiate experimental si sistematizate in special de D.Danielopolu in scheme devenite clasice

Prin modelul sau de S,N,V D.Danielopolu a fost un precursor al gandirii cibernetice in neurofiziologie

Vom prezenta efectele fiziologice ale stimularilor sistemului vegetativ sub forma unui tabel:

Organ tinta	Simpatic	Parasimpatic
Iris(pupila)	Dilatare(midriaza)	Micsorare(mioza)
Glande salivare	Secretie salivara inhibata	Secretie salivara stimulata
Mucoasa,bucala,nasa-la si	Secretie de mucus inhibata	Secretie de mucus stimulata
Cord	Ritm accelerat(tahicardie)	Ritm incetinit(bradicardie)
Artere	Contractate	Dilatate
Artere coronare	Dilatate	Contractate
Tensiunea arteriala	Creste	Scade
Plaman	Muschii,bronsici,relaxati	Muschii;bronsici,contrac-tati
Esofag	Peristaltism diminuat	Peristaltism accentuat
Cardia	Contractat	Relaxat
Stomac	Peristaltism redus	Secretie gastrica si peristaltism stimulata
Sfincter piloric	Contractat	Relaxat
Intestin subtire si colon	Peristaltism redus	Peristaltism si secretii stimulate
Ampula rectala	Contractata	Relaxata
Ficat	Glicoliza crescuta	
Rinichi	Excretie scazuta	Excretie crescuta
Medulosuprarenla	Secretie de adrenalina stimulata	
Vezica urinara	Muschiul, peretelui vezical (detrusor)relaxat	Muschiul peretelui contractat
Sfinterul vezical	Contractat	Relaxat
Erectia	Inhibata	Stimulata
Glande sudoripare	Secretie	
Muschii firelor de par	Contractie	
Metabolism	Crescut	Scazut

In general interventiile eferentelor *simpatic* sunt tintite si afecteaza doar unul sau cateva din functiile de mai sus.In caz de *stress acut* lucrurile se schimba si avem un *efect global* (pe toate tintele)ceceace se intampla in cadrul reactiei “lupta sau fuga”(“fight or flight”)In unele rare cazuri cand stressul este foarte puternic putem avea o inversare a situatiei in cursul careia se produce un efect parasimpatic global(insotit de un colaps cardiocirculator)

B)Caile aferente

Sistemul nervos vegetativ am vazut ca functioneaza ca un sistem automat bazat pe reflexe si automatisme care sunt declansate de *semnale aferente* venite dela mecano-(baro-)receptorii si chemoreceptorii din sistemul cardiovascular si diferitele viscere

O parte a acestor aferente imprumuta *caile sensibilitatii generale* somatice(prin nervii sensitivi sau mixti).O alta parte imprumuta caile *nervilor vegetativi eferenti* ca vagul,nervii splachnici,nervul presacrat etc.transmitand insa semnalele in sens invers.

Toate aceste cai aferente sunt prelungirile periferice centrifuge ale unor celule pseudounipolare din *ganglionii spinali* sau din *ganglionii sensitivi* ai nervilor cranieni.Sunt celule de acela tip cu cele ale cailor sensibilitatii generale.Axonii lor patrund in nevrax prin *radacinile posterioare* ale nervilor rachidieni sau cele *sensitive* ale nervilor rahidieni.

Acesti axoni ajung la *deutroneuronii* acestor cai din *coarnele posterioare* ale maduvei si din *nucleii vegetativi receptori* ai nervilor cranieni,in special la *nucleul solitar* din bulb

Axonii neuronilor din aceste formatiuni sunt apoi dirijati catre *neuronii sistemelor eferente simpatice* si *parasimpatice*(pe care i-am prezentat mai sus) si spre diferite componente ale *formatiei reticulate* .In felul acesta ele isi indeplinesc rolul de stimulatori ai reflexelor si automatismelor sistemului vegetativi ca si cel de feed-back.Semnalele din aceste cai *nu se constientizeaza* decat foarte rar si asa cum am mai spus in conditii speciale.

Semnalele dureroase (care apar numai in conditii anormale) *invadeaza* la nivelul ganglionilor spinali si neuronii sistemului sensibilitatii generale Fenomenul este posibil caci se formeaza sinapse intre unele colaterale ale axonilor celulelor spinale receptorii vegetative si celule receptorii somatice vecine din ganglion.Din cauza acestei *scurtcircuitari* se realizeaza un proces de diafonie si aceste semnale nu sunt recunoscute ca venind dela viscere ci din regiunea cutanata ce apartine metamerului ce corespunde ganglionului respectiv.

Etajele superioare

Multa vreme sistemul vegetativ a fost considerat a fi format doar din structurile mentionate mai sus.Prin anii 30 s-a luat in condiderare faptul ca ceea ce constituia S.N.V.clasic este “manipulat”de etajele superioare ale sistemului nervos care folosesc functiile (posibilitatile operationale) ale simpaticului si parasimpaticului in contextul unor strategii neurofiziologice si chiar

neuropsihologice Aceste formatiuni centrale nu sunt formatiuni vegetative proprio sensu ci formatiuni care au si functii vegetative integrate in cadrul unor activitati mult mai complexe

Astazi este de neconceput sistemul vegetativ fara de hipotalamus care am vazut ca are o serie de functii autonome simpatice localizate dominant in hipotalamusul posterior (energotrop),si parasimpatice in cel anterior(trofotrop) Gratie acestor functii hipotalamusul asigura homeosatazia unor parametri biologici (ex.temperatura corporala, tensiunea arteriala, glicemia, presiunea osmotica a sangelui)mentinandu-i intre niste limite precise,dar si adaptarea altor parametrii(ex.frecventa cardiaca, frecventa respiratorie,secretia sudorala) la nevoile impuse de adaptarea la anumite situatii.Tot hipotalamusul este o veriga importanta in realizarea manifestarilor vegetative din cursul stressului

Strans legat de hipotalamus este *nucleul dorsomedial* al talamusului care ii este sprordonat si realizeaza totodata una din legaturile dintre sistemul vegetativ si cortexul cerebral

Corpii striati prin *striatul ventral*(centrat de nucleul accumbens)are conexiuni cu sistemul vegetativ in contextul sistemului de rasplata.

Mult mai intensa este implicarea vegetativa a *nucleului amigdalian* care impreuna cu *aria cingulara anterioara* si *hipocampul* ce apartin cu totii *rinencefalului* joaca un rol deosebit in reglarea functiilor viscerale, cardiocirculatorii si sudoripare. Aceasta implicare este realizata in contextul rolului acestor formatiuni in geneza starilor emotionale

Infine *scoarta cerebrala* intervine si ea ca un etaj suprem al sistemului vegetativ mai ales in cadrul desfasurarii aspectelor emotionale.Aceasta participare se realizeaza in mod dominant prin cortexul regiunilor *prefrontale* si mai ales *orbitare* ale *lobului frontal*

Rolul sistemului vegetativ in neuropsihologie

Nu trebuie sa uitam ca activitatea sistemului autonom,care nu inceteaza nici o clipa cat traim,care afecteaza tot corpul, si a carei complexitate este foarte mare,se desfasoara aproape exclusiv in afara constientei .

a)In primul rand prin *reglarea homeostaziei* asigura viata dar si functionarea normala a sistemului nervos central si ca atare activitatea psihica.

b)Apoi se stie ca *starile emotionale* se exprima nu numai prin limbaj,gestica, mimica si diferite aspecte ale comportamentului dar si printr-o serie de *manifestari vegetative* bine cunoscute : variatii

de puls, de tensiune arteriala, de electrocardiograma (de circulație coronariană) de ritm respirator, de secreție sudorală (care se detectează printre altele prin modificările reflexului psihogalvanic), de modificări ale peristaltismului digestiv, relaxări ale sfincterelor vezical sau anale etc.) sau de modificări ale circulației sanguine a fetei (înroșire sau paloare).

Aceste manifestări sunt în general *proportionale cu intensitatea stării de emoție* (ele fiind maxime în stările de panică) și sunt o cale comună de exprimare somatică pentru toate emoțiile pozitive și negative *ne având aspecte specifice* pentru fiecare tip de emoție. Ele sunt foarte diferite de la subiect la subiect. Se pot observa, dar pentru cercetare se pot înscrie și măsura prin metodele poligrafice curente.

c) *Semnalele aferente vegetative* când patrund în câmpul conștienței au și ele un impact asupra psihismului uman.

Tot atât de importante sunt percepțiile semnalelor interoceptive ce *însotesc reacțiile vegetative din stările emotionale* și care sunt provocate de însăși acele stări, realizând astfel un adevărat circuit reverberant (adevărat feed back pozitiv) sau vicios. Sunt autori ca James și Lange care au emis ipoteza că trăirile noastre afective se datoresc exclusiv percepției acestor semnale interoceptive viscerocirculatorii, ipoteza devenită pentru mulți clasică. Acest model numai poate fi acceptat astăzi după experiențele lui Maranon cu injecții de adrenalină și studiul lui Hollmann pe bolnavi cu secțiuni înalte medulare (care numai aveau efecte vegetative simpatice în cursul stărilor emotionale dar care totuși le trăiau normal) dar mai ales după cercetările minuțioase ale lui Cannon și ale lui Bard care au dovedit că trăirile afective sunt *independente de percepțiile fenomenelor vegetative* fiziologice ce le însoțesc. Astfel s-a ajuns la modelul de astăzi care atribuie trăirile emotionale unor precese ce se petrec în structurile centrale nervoase.



1.3. Rezumat

Sistemul vegetativ sau autonom este definit clasic drept o componentă a sistemului nervos periferic. Este o componentă esențială a sistemului nervos, căci asigură funcționarea organelor interne și vaselor din corpul uman, precum și menținerea la nivele normale a valorii unor parametrii vitali ca tensiunea arterială, temperatura corpului, concentrația în glucoză a sângelui etc. Așa cum am văzut are

si un rol important in desfasurarea functiilor psihice (si chiar a trairilor noastre).



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Sistemul vegetativ:

- a) sau autonom;
- b) este definit clasic drept o componenta a sistemului nervos periferic;
- c) este definit clasic drept o componenta a sistemului osos periferic.

2. Din punct de vedere didactic organizarea sistemului vegetativ cuprinde trei segmente majore:

- a) Caile eferente;
- b) Caile aferente;
- c) Etajele superioare.



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 XII.

Nucleii bazali: talamusul



1.1. Introducere

Pe o sectiune verticofrontala a encefalului, oricine poate vedea la baza creierului *doua mari mase cenusii*, care demult au fost numite *nucleii bazali* (sau ai bazei). Unul este *talamusul* (numit odinioara talamusul optic, fiindca era considerat o statie (talamus =vestibul) a sistemului vizual). Cealalta este *corpul striat*, deoarece este strabatut de un manunchi de fibre mielinizate care ii dau aspectul striat.

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



1.2. Conținut

Pe o sectiune verticofrontala a encefalului, oricine poate vedea la baza creierului *doua mari mase cenusii*, care demult au fost numite *nucleii bazali* (sau ai bazei). Unul este *talamusul* (numit odinioara talamusul optic, fiindca era considerat o statie (talamus =vestibul) a sistemului vizual). Cealalta este *corpul striat*, deoarece este strabatut de un manunchi de fibre mielinizate care ii dau aspectul striat.

La nivelul talamusului vom vedea ca ajung *toate fibrele aferente* senzitivo-senzoriale, cu exceptia celor olfactive.

El functioneaza astfel ca o *statie receptiva* a encefalului.

Cuplul paleo-talamo-striat, la vertebrele inferioare realizeaza comportamentul . El este implicat si in functii cognitive rudimentare, dar mai ales in motivatii sprijite de mecanismele esentiale ale *sistemului de rasplata*. Aceasta explica de ce talamusul are o contributie la activitatea cognitiva umana, dar si de ce corpii striati intervin in motivatii si mai ales sunt o piesa importanta in sistemul de rasplata (placere-suferinta), la om.

Deasupra hipotalamusului se afla talamusul, o formatiune mult mai voluminoasa, cunoscuta inca din secolul XVI.

Daca hipotalamusul joaca un rol cheie in cadrul „creierului arhaic reptilian”, al functiilor primordiale si primitive ale psihismului, talamusul joaca un rol important, inca incomplet elucidat, in cadrul formatiunilor neencefalice. Este un dispozitiv complex, care alcatuieste impreuna cu scoarta cerebrala un *tandem operational*, care asigura functiile superioare ale psihismului, in special *activitatea cognitiva*.

El este insa in primul rand o *statie esentiala de filtrare si de prelucrare* a tuturor semnalelor ce vin de la receptori, cu exceptia celor olfactivi (care am vazut ca au conexiuni diferite). De asemenea are un *rol* deosebit in *determinarea nivelelor de constienta*.

Aspectul exterior

Talamusul se prezintă ca o masă cenușie ovoidală, situată în interiorul emisferei cerebrale deasupra hipotalamusului, alungită antero-posterior (35-40 mm), cu o înălțime de 20-25 mm și o lățime maximă de 18-22 mm.

Polul său posterior, voluminos și rotunjit, numit *pulvinar*, este singura parte ce se vede la exterior de o parte și de alta a tuberculilor cvadrigemeni, ieșind de sub hemisfera cerebrală.

Sub pulvinar se văd și *corpii geniculați* care și ei fac parte din talamus. Cel lateral (situat pe calea vizuală), este legat prin brațul său conjunctiv cu tuberculul cvadrigemen anterior homolateral, în timp ce cel *medial* (situat pe calea auditivă), este legat prin brațul său conjunctiv de tuberculul cvadrigemen posterior.

Fața internă (medială) a talamusului constituie partea superioară a peretelui lateral al ventriculului III, separată, cum am vazut, prin șanțul hipotalamic al lui Monro, de hipotalamusul care se află sub el. În mijlocul ei se vede o masă mică cenușie, care *leagă aparent* cei doi talamuși, numită de aceea *comisura cenușie*. Fata medială a talamusului este marginita superior de o fibră albă, numită *habena* (hăț) sau *taenia habenularis* care se întinde de la regiunea septala până la epifiza.

Extremitatea anterioară, mai mică decât cea posterioară, este rotunjită și se află în concavitatea *pilierului anterior* al trigonului (care vine de la hipocamp și se termina la corpii mamilari din hipotalamus). Între polul anterior al talamusului și pilierul anterior se află un orificiu (*gaura lui Monro*), care stabilește comunicarea dintre ventriculul III și ventriculul lateral homolateral.

Fața superioară, în cea mai mare parte, constituie podeaua cornului frontal al ventriculului lateral și prezintă anterior un relief rotund, corespunzând *nucleului anterior* al talamusului. Limita sa externă este reprezentată de o altă fibră *taenia semicircularis*, care aparține formațiilor limbice și leaga în mod principal nucleii septului cu amigdala. Ea este protejată de *lama corneae*. Și se afla adăpostită în *șanțul optostriat* în care se afla vena optostriată și care delimitează capul și corpul nucleului caudat de talamus.

Fața laterală nu este liberă. Ea aderă în partea superioară de nucleul caudat și în rest de capsula internă (brațul ei posterior).

Aspectul interior.

Pe o secțiune frontală sau orizontală, se poate vedea cu ochiul liber cum este împărțit în *cinci* mase cenușii: *nucleii anterior, medial și lateral, centrul median al lui Luys* (o formație rotundă) care-i separă și *pulvinarul*. Deoarece aceste mase sunt formate din ansambluri de nucleii mai mici este mai corect să spunem *grupul anterior, medial, lateral, mediocentral și pulvinarul*. Grupul medial este despartit de grupul lateral printr-o patură de fibre care formează *lama alba interna* a talamusului iar grupul lateral este delimitat lateral de *lama alba externa*.

a) *Grupul nucleului anterior* se află în polul anterior al talamusului. El cuprinde trei nucleii: anterodorsal, anteroventral și anteromedial..

Acest grup primește un contingent de fibre, vizibil cu ochiul liber, denumit *fasciculul lui Vicq d'Azir*, care își are originea în nucleii corpului mamilar. Eferențele sale ajung în scoarța cerebrală la nivelul *lobului cingular*.

b) *Grupul nucleilor mediali*, cuprinde în primul rând *nucleul dorsomedial*, format din neuroni mici.

Acest nucleu *aparține* dominant *sistemului vegetativ* și reprezintă o „*stație de control*” a *hipotalamusului*. El este, la rândul său, subordonat cortexului cerebral vegetativ. Este și o stație pe căile aferente vegetative în drumul lor spre cortex venind în special din *nucleul solitar bulbar*

Nucleul dorsomedial se afla inclus și în *sistemul de rasplata* căci primește aferente de la nucleul accumbens prin globus pallidum.

Nucleul dorsomedial aparține *neotalamusului* și este într-un dialog operational cu scoarța cerebrală, participând astfel la activitatea psihică superioară.

De jur împrejurul nucleului dorsomedial se află un desiş de fibre în care sunt incluse roiuri de celule nervoase medii ce se colorează albastru intens, cu colorația lui Nissl. Aceste roiuri au fost denumite în ansamblu, de către Foix și Niculescu, *formațiunea circulară hipercromă* a talamusului.

Ea formează *sistemul difuz talamic* sau *sistemul talamic nespecific*.

Sistemul difuz talamic continuă formația reticulară și contribuie, alături de ea, la determinarea tonusului cortical și la apariția fluxului conștienței. Excitățile experimentale ale acestor neuroni provoacă modificări ale electroencefalogramelor în sensul unei sincronizări. De aceea sistemul reticulat talamic a mai fost numit *sistemul difuz de recrutare* (Dempsey și Morisson), care operează alături de sistemul nespecific activator ascendent (Magoun și Rhines) din formația reticulară. Prin acest sistem difuz, talamusul intervine și în reglarea nivelelor de *vigilenta* (alerta, veghe, somn, vis), așa cum vom vedea.

c) În cadrul nucleilor intralaminari se afla *nucleul centrului median al lui Luys*, o formă globulară în mijlocul talamusului. Sunt conexiuni riguroase aranjate somatotopic antero-posterior (St. Drăgănescu și C. Bălăceanu-Stolnici). El este *încadrat în sistemul motor extrapiramidal*.

Toate aceste formațiuni talamice sunt cele mai vechi din punct de vedere filogenetic (arhitalamice).

d) *Grupul nucleilor laterali* situat între lamele medială și laterală, cuprinde un nucleu dorsal și un subgrup de nucleu ventrali.

Subgrupa ventrolaterală este o componentă veche a talamusului (*paleotalamus*). În cadrul acestei componente ventrale se înșiră dinainte înapoi trei nucleu:

- Nucleul ventral (ventrolateral) anterior* legat în dublu sens cu corpul striat.

- Nucleul ventrolateral intermediar (mediu)* este o stație pe calea proprioceptivă *inconștientă* cerebello-talamo-corticală sau cerebello-rubro-talamo-corticală. El primește fibre din pedunculul cerebelos superior și din nucleul roșu care formează un mănunchi bine vizibil sub talamus numit *radiațiile rubrotalamice*.

- *Nucleul ventrolateral posterior* este o stație pe calea sensibilității generale *conștiente* (tactile, termice, dureroase, proprioceptive). La el sosesc toate fibrele spinotalamice din cordoanele posterioare și laterale ale măduvei și de la nucleii sensitivi ai nervilor cranieni (în special din trigemen).

În cadrul lui exista o *somatotopie*. Porțiunea ce corespunde feței (unde ajunge predominant calea trigeminală centrală) a fost individualizată ca un nucleu aparte: *nucleul ventral postero-medial* numit, din cauza formei sale, și *nucleul semilunar al lui Flechsing* (care coafează ventral și lateral centrul median al lui Luys).

Acești nucleii sunt conexionați în dublu sens cu nucleii dorsali și cu pulvinarul și trimit numeroase fibre către cortexul cerebral retrorolantic (circumvoluția parietală ascendentă), unde se afla zona corticala de proiecții sensitive.

Nucleul dorsal al grupei laterale este numit *nucleul dorsolateral*.

Lateral este marginit de lama externă și de roiuri de celule ce formează *zona grilajată a lui Arnold*. Neuronii acestei zone fac parte tot din sistemul difuz nespecific al talamusului.

e) Partea posterioară a talamusului este formată dintr-un nucleu mare numit *pulvinar*, de același tip cu nucleul dorsolateral, tot neotalamic și conexiionat în dublu sens cu scoarta cerebrală.

Ambii acești nucleii au funcții complexe. Între acești nucleii și scoarta cerebrală au loc schimburi reciproce de informații, în cadrul unor circuite talamo-cortico-talamice, numite de unii și *circuite reverberante*, care au un rol important în *conștientizarea senzațiilor și în procesele mentale*. În partea dorsolaterală a nucleului dorsolateral, se află și un *dispozitiv de filtrare a semnalelor aferente* care, atunci când este lezat, generează o durere chinuitoare specifică (*durerea talamică*), ce nu cedează la nici un medicament analgetic și a cărei intensitate este modulată de stările afective ale suferindului.

Funcțiile psihice ale conexiunilor talamofrontale au fost arătate de Fulton, experimental, pe maimute. Bazat pe acestea, în 1936, Egaz Moniz a realizat sectionarea acestor conexiuni, prin *leucotomie*, la bolnavii psihotici. Metoda a fost perfecționată și folosită pe larg în America, de către Freeman și Watts, pentru tratamentul starilor de mare anxietate, de panică, de agresivitate, sau de agitație psihomotorie nestăpanită, mai ales în schizofrenie, obținând rezultate interesante, statistic semnificative. Leucotomia a fost folosită cu succes în tratamentul durerilor ce nu cedează la analgetice (în special în cancer). E drept durerea nu dispărea, ci doar constientizarea ei. Leucotomiile produc însă și efecte *negative* căci determină *modificări ale personalității*, scad spontaneitatea, generează apatie sau docilitate, estompează tensiunile afective uneori până la aplatizare emoțională și în plus generează tulburări cognitive uneori semnificative. Tulburările de personalitate au ridicat și

ridica probleme grave deontologice, ceea ce a restrans mult utilizarea acestei metode care a fost pe larg folosita in anii 40. Leucotomia a devenit aproape uitata dupa aparitia medicatiei psihotrope.

Menționăm că toate conexiunile talamusului cu scoarța cerebrală iradiază din el in toate direcțiile în substanța albă din centrul hemisferei cerebrale, formând „*marele soare al lui Reil*” sau *coroana radiată*, în care distingem patru pedunculi: un peduncul anterior (de la nucleul talamic dorso-medial și anterior spre lobii frontal, cingular și orbital), un peduncul superior (spre scoarța parietală), un peduncul inferior (spre insula și lobul temporal) și un peduncul posterior (spre lobul occipital) format din radiațiile optice.

f) Din talamus fac parte și *corpii geniculați*, care se încadrează în sistemul nucleilor paleotalamici și funcționează ca *stații pe căile auditive și vizuale*. Acești corpi geniculați se gasesc in afara talamusului propriu-zis si sunt vizibili la exterior. Ei au fost reuniți uneori sub numele de *metatalamus*.

g) *Corpul geniculat medial* este un nucleu compus din două părți: una medială, pentru sunetele acute și una laterală, pentru sunetele grave. Către el sosesc fibrele ascendente din *panglica lui Reil laterală* (calea auditivă centrală), care provin din nucleii acustici bulbari, din corpul trapezoid pontin și din oliva protuberanțială. La fiecare corp geniculat sosesc semnalele auditive de la nucleii *ambelor urechi*.

De la corpul geniculat medial pleacă un contingent de fibre către scoarța cerebrală a lobului temporal, unde se află *aria auditivă* și un alt contingent mai redus către tuberculul cvadrigemen posterior, contingent vizibil la exterior și denumit *braț conjunctival posterior*, care mijlocește unele reflexe cu punct de plecare auditiv.

h) *Corpul geniculat lateral* este o formațiune neregulat ovoidală, învelită de un strat mielinic (alb) numit *strat zonal* și conținând în interior o substanță cenușie, dispusă în *patru straturi* suprapuse, separate prin trei straturi albe. Ne aflăm în fața unui dispozitiv mai complex decât corpul geniculat medial.

Aferențele principale sunt reprezentate de fibrele *bandeletei optice*.

Fiecare corp geniculat primește prin bandeleta optică fibre care vin din hemiretina laterală a ochiului homolateral și din hemiretina medială (nazală) a ochiului controlateral. Această distribuție de fibre este realizată de către *chiasma optică*, prin care, fibrele optice venite de la hemiretinele

laterale *nu* se încrucișează, în timp ce, cele venite de la hemiretinele mediale se încrucișează.

În felul acesta la corpul geniculat lateral drept ajung fibrele de la hemiretinele drepte ale *ambilor* ochi, în timp ce, la cel stâng ajung fibrele de la ambele hemiretine stângi.

Din cauza cristalinului, care este o lentila biconvexa, care *inversează imaginea reală* pe retină, la corpul geniculat lateral *drept* ajung informațiile de la hemicâmpul vizual *stâng* și viceversa. Acest lucru face ca jumătatea dreaptă a creierului să *vadă* jumătatea stângă a spațiului real și viceversa. Acest fapt a antrenat *necesitatea încrucișării tuturor căilor din sistemul nervos central*.

Din corpul geniculat lateral pornesc fibrele ce ajung în scoarța cerebrală occipitală (în aria vizuală), formând ceea ce s-au numit *radiațiile optice* ale lui Gratiolet.

Tot din corpii geniculați laterali mai pleacă un mănunchi de fibre spre tuberculii cvadrigemeni anteriori (formând *brațul conjunctival anterior*) și altul spre pulvinar (care se împletește cu radiațiile optice formând un desiş de fibre numit câmpul lui Wernike). Sunt și fibre din bandeleta optică ce pătrund în mezencefal (în regiunea comisurii albe posterioare), la nivelul nucleilor pretectali, care acționează asupra componentei parasimpatice din nucleul oculomotor comun (ce micșorează diametrul pupilar-mioza) și în jos asupra nucleului pupilar simpatic din maduva spinării (care dilată pupila- midriaza). Gratie acestor conexiuni, corpul geniculat lateral are un rol major în percepția vizuală.

Datorita modului de organizare neurofiziologica a talamusului, leziunile sale realizează un tablou clinic cunoscut sub numele de *sindromul talamic* al lui Dejerine și Roussy, care a contribuit mult, într-o primă etapă anatomoclinică, la înțelegerea structurii, funcționării și vascularizării talamusului .

Sindromul talamic este expresia exclusivă a leziunii nucleului lateral. Nucleii dorsomedial și anterior sunt muți din punct de vedere clinic.



1.3. Rezumat

Pe o secțiune verticofrontală a encefalului, oricine poate vedea la baza creierului *două mari mase cenușii*, care demult au fost numite *nucleii bazali* (sau ai bazei). Unul este *talamusul* (numit odinioară talamusul optic, fiindcă era considerat o stație (talamus =vestibul) a sistemului vizual). Cealaltă este *corpul striat*, deoarece este străbatut de un mănunchi de fibre mielinizate care îi dau

aspectul striat.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Nucleii bazali sunt:

- a) talamusul;
- b) corpul striat;
- c) hipocamp.

2. Nucleul dorsal al grupei laterale este numit:

- a) nucleul dorsolateral;
- b) nucleul frontal;
- c) nucleul frontodorsolateral.



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 XIII.

Nucleii bazali: corpul striat și sistemul extrapiramidal



1.1. Introducere

Am vazut ca nucleii dela baza cuprind talamusul si corpul striat. Acesta din urma este componenta cea mai masiva si mai importanta a sistemului extrapiramidal

Sistemul extrapiramidal cuprinde un numar de formatiuni centrale care toate sunt implicate in motilitate. La mamiferele superioare (antropoide si hominide) odata cu aparitia bipedismului, rolul principal in motilitate il are sistemul piramidal care isi are originile in scoata cerebrala.

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



1.2. Conținut

Corpul striat

Corpul striat este o formatiune complexa, in care cu ochiul liber se pot distinge doua mase cenusii evidente.

a) Una are forma unei lentile mult mai convexa pe fata ei mediala unde devine aproape conica numita *nucleu lenticular*. In cadrul acestuia distingem o portiune laterala numita *putamen* si una mediala numita, din cauza coloratiei sale pe viu, *globus pallidum* ce formeaza varful conului amintit mai sus. Ele sunt separate prin *stria medulara externa*.

b) Cealalta formatie, numita *nucleul caudat* are forma unui „C” cu concavitatea in jos. Are o extremitate umflata, numita *cap*, care se continua cu *corpul*, mult mai subtire si apoi cu o extremitate efilata, numita *coada*.

c) Cele doua formatiuni amintite fuzioneaza anterior, la nivelul capului. Locul acesta de fuziune constitue *corpul striat ventral*, impreuna cu portiunile ventrale ale putamenului, caudatului si palidumului (la care unii adauga si tuberculul olfactiv ventral). In mijlocul sau se afla nucleul *accumbens septi* care are un rol special in afectivitate.

Nucleul lenticular este înfășurat de substanța albă, care-i formează o capsulă împărțită în mai multe componente. Pe fața lui laterală se află *capsula externă* în afara căreia stă *claustrul* (antezidul - o porțiune din scoarța insulei). În afara claustrului, între el și scoarța propriu-zisă a insulei se află *capsula extremă*. Restul nucleului lenticular e acoperit (coafat) de *capsula internă*, cu un *braț anterior* (între caudat și lenticular), unul *posterior* (între lenticular și talamus), un *segment retrolenticular* și unul *sublenticular*. Pe secțiunile orizontale, brațul anterior și cel posterior fac un unghi, la vârful lenticularului, numit *genunchiul capsulei interne*. **Neostriatul (putamen și caudat)**

c) caudat împreună cu putamenul formează *neostriatul* și este caracterizat, histologic, printr-un număr extrem de mare de neuroni de două tipuri: neuroni *cu spini* pe dendrite și neuroni *fără spini*.

Neuronii *fără spini* operează doar în interiorul putamenului și caudatului, ca niște neuroni asociați.

Neuronii *cu spini* sunt cei mai importanți, căci la nivelul spinilor lor ajung toate *aferentele* neostriatale, iar axonii lor constituie *eferentele* caudatului și putamenului.

Datorită acestor neuroni cu spini *neostriatul este dispozitivul receptor al corpului striat*. a) Cele mai multe fibre aferente sunt fibre excitatorii, *glutaminergice*, care vin practic din toate ariile corticale, predominant din ariile motorii.

b) Un contingent de fibre vine de la *nucleii nespecifici ai talamusului* și de la *centrul median* al lui *Luys*.

c) Alte aferente, deosebit de importante, sunt *dopaminergice* și provin din *locus niger*.

Toate *eferentele* din neostriat sunt *gabaergice*. Cele mai multe se duc în *globus pallidum*, care este *componenta efectorie a corpului striat*. O mică parte din aceste eferente merge către porțiunea rostrala a lui *locus niger*.

Paleostriat (globus pallidum)

Globus pallidum formează *paleostriatul*. El are două componente, *una medială* și *alta laterală*, despărțite prin *stria medulară internă*.

Eferentele corpului striat, ce pleacă din partea internă a *pallidumului*, merg sub forma *fasciculului varfului palidal (H1)*, către nucleul lateroventral anterior al talamusului.

Eferentele porțiunii laterale a *pallidumului* constituie *ansa lenticulară (H2)*, din care puține ajung în *talamus*, restul mergând spre formațiunile din regiunea *subtalamica*, în special spre *nucleul*

hipotalamic si spre *locus niger*. Dupa unii autori, unele eferente palidale ar ajunge la *nucleul rosu*, la *n. mesencefalic profund*, la *nucleii mesencefalici din zona comisurii albe posterioare* (n. lui Cajal, n. lui Darkschevici) si prin fascicolul central al calotei pana la *oliva bulbara*, de unde se continua transsinaptic pana in maduva.

Corpul striat ventral (n. accumbens)

Corpul striat ventral, a carui element principal este *nucleul accumbens*, este o componenta a carei importanta a fost evidentiata in ultima vreme. In cadrul lui, 95% din celule sunt *neuroni stelati, medii, gabaergici*, cu dendritele pline de *spini*, iar 5% din *neuroni* sunt *asociativi mari* si *colinergici*.

Catre neuronii cu spini ajung in primul rand *aferente* descendente glutaminergice, de la *cortexul cerebral* (din regiunea prefrontala, orbitara si temporala medie) si aferente glutaminergice de la *nucleul amigdalian*. La acestea se adauga importante aferente ascendente dopaminergice de la *aria tegmentala ventrala*, prin calea mesolimbica (diferite de fibrele ascendente dopaminergice din calea mesostriatala ce vin de la *locus niger* la neostriat).

In ceea ce priveste caile *eferente*, care toate sunt gabaergice (inhibitorii), trebuie sa distingem in nucleul accumbens doua zone de emergenta a lor, una periferica, *corticala* si una centrala, *medulara*.

Neurofiziologia corpilor striati

Initial, prin simpla speculatie, anatomistii renascentisti si postrenascentisti au atribuit roluri fanteziste corpilor striati. Descifrarea functiilor lor s-a facut tarziu, la cumpana secolelor XIX - XX, gratie metodei anatomoclinice (notandu-se simptomele produse de leziunile lor). Gratie acestei metode s-a conturat notiunea ca sunt o formatie ce contribuie, in afara sistemului piramidal, la realizarea *activitatii motorii*. Cercetarile ulterioare au aratat ca functiile lor motorii se manifesta nu atat printr-o actiune descendenta directa asupra etajelor inferioare ale sistemului nervos, cat mai ales printr-o *actiune ascendenta, asupra scoartei cerebrale, in cadrul unor circuite cortico-strio-talamo-corticale*.

Funcțiile motorii ale globului palid, care este componenta efectoare (out-put-ul) corpului striat, sunt multiple. Ele se realizeaza in cea mai mare masura prin actiunea sa asupra cortexului motor cerebral (prin intermediul talamusului).

a) globul palid asigură, *din punct de vedere cinetic*, realizarea unei *serii de mișcări automate*

globale care reprezintă fondul motilității primordiale. Dirijează în mod dominant configurațiile cinetice ce asigură motilitatea coloanei vertebrale și segmentelor proximale ale membrelor, în ansambluri mari.

b) Globul palid este și „*releul*” principal al expresiei mimice.

c) Tot globul palid controlează unele pattern-uri motorii care asigură mișcările automate ale masticației și al primului timp al deglutiției.

Toate aceste trei categorii de mișcări constituie fondul motilității sugarului la care sistemul piramidal încă nu este funcțional.

d) Din punct de vedere tonic, palidul influențează direct, dar mai ales prin scoarta cerebrală, formația reticulată asupra căreia exercită o acțiune de control. El trimite impulsuri hipotonizante, care sunt realizate în special prin aria supresoare (4s Brodman) din scoarta cerebrală și prin intermediul unei căi parapiramidale ce coboară din aceasta. În distrugerile sale se instalează o hipertonie generalizată, ceroasă (plastică).

e) Palidul condiționează și viteza mișcărilor voluntare. În lipsa lui, mișcările se execută lent, chiar foarte lent (bradikinezie).

Trebuie să menționăm un aspect esențial al funcționării palidului. El nu-și poate exercita funcțiile sale decât dacă primește semnale dopaminergice prin calea mesostriară de la locus niger. El este dependent de dopamina pe care i-o trimite locul negru. De aceea putem spune că output-ul corpului striat este reprezentat de cuplul nigro-palidal.

Funcțiile motorii ale neostriatului constau în controlul sau modularea funcțiilor palidale. Evident că aceste reglări ale neostriatului asupra palidului depind de semnalele glutaminergice (excitante), pe care celulele cu spini din neostriat le primesc de la scoarta cerebrală. Aceasta explică și de ce simptomele leziunilor neostriatale sunt negativul celor observate în leziunile palidale.

Neuropsihologia corpului striat

Corpul striat, prin componența sa ventrală, este în primul rând o formațiune cheie a sistemului de răspuns și ca atare intervine în geneza stărilor afective.

Datorită acestui dispozitiv de răspuns corpul striat realizează și conotația emoțională a mișcărilor.

Încărcarea emoțională a mișcărilor, determinată de corpul striat, apare atât în condiționarea

pavloviana cat si in *cursul celei instrumentale* (Everitt si col.1991; Setlow 2002). In colaborare cu amigdala, striatul are astfel un rol in invatare.

Gratie corpului striat, motilitatea prin mimica, gestic, atitudine corporala, viteza miscarilor etc., poate *exprima (exterioriza) starile emotionale*. Tot el realizeaza modularea normala si patologica (amimia din boala lui Parkinson, grimasarile din coreea cronica, faciesul melancolic, etc) a acestor exteriorizari. Prin actiunea sa asupra ariei motorii suplimentare (prin intermediul talamusului), corpul striat contribuie la *impulsul de a incepe o miscare* si apoi la *vointa de a o sustine*. Se discuta chiar un rol al corpului striat in *planificarea miscarii*.

Dupa cum se vede, corpul striat are un rol nu numai in mecanica fiziologica a miscarii cat si in unele aspecte importante ale psihologiei motilitatii. Putem spune ca este unul din instrumentele encefalului, prin care *se psihologizeaza functia motorie*.

Regiunea subtalamica

Este in primul rând o *regiune de trecere* pentru o serie de cai nervoase importante:

- *radiatiile calotei* care leaga nucleul rosu de nucleul ventrolateral intermediar, prin care sosesc semnalele de la cerebel (calea cerebello-dento-rubro-talamica), esntiale pentru coordonarea motorie.

- Sub nucleul rosu patrunde in regiunea subtalamica *panglica lui Reil medialis (lemniscul medialis)*, care urca si se termina in nucleul ventrolateral posterior lateral. Impreuna cu aceasta, urca spre nucleul ventrolateral posterior medial, *calea trigeminala centrala*.

- Prin aceasta regiune urca difuz, foarte numeroase fibre nesistematizate, din *formatia reticulara* a trunchiului cerebral, catre sistemul difuz nespecific talamic, hipotalamus, unele structuri limbice si catre scoarta cerebrala, alcatuind printre altele, *sistemul ascendent activator*.

- Printre acestea urca *fibrele dopaminergice* provenite din *aria tegmentala ventrala (ATV)*, catre *nucleul accumbens* din corpii striati, care sunt o piesa esntiala a *sistemului de rasplata*.

- Alaturi de acestea se gasesc fibrele ascendente si descendente, care gestioneaza *ritmul veghe-somn lent-somn paradoxal*.

- Tot in contextul acestor fibre urcă și coboară cele aparținând *sistemului vegetativ*. Printre acestea se afla grupate in *bandeleta longitudinala posterioara, fascicolul lui Shutz, fibrele vegetative descendente din hipotalamus*.

- Regiunea subtalamica este parcursa *transversal* de conexiuni importante ale sistemului

extrapiramidal:

a) *fascicolul varfului palidal* denumit si *H1* (H de la *Haubenbahn*), situat deasupra, care leaga globul palid cu nucleul ventrolateral anterior al talamusului si se situeaza pe circuitul palido-talamo-cortical si

b) *ansa lenticulară*, din care se desprinde un manuchi sub numele de *H2* (situat sub *H1*), care se indreapta tot spre nucleul ventrolateral anterior al talamusului si un manunchi descendent, care se indreapta spre formatiunile extrapiramidale, din regiunea subtalamica si spre formatia reticulara, din trunchiul cerebral.

Intre cele doua fascicole, *H1* si *H2*, se afla o grupare densa de neuroni care formeaza *zona incerta*, o formatie extrapiramidala. In partea mediala a acestei zone exista un desis fibrilar, la care participa si fascicolele *H1* si *H2*, cunoscut sub numele de *campul lui Forel*. In aria acestui camp se afla imprastiati grupe de neuroni, apartinand tot sistemului extrapiramidal, numiti *nucleii campului lui Forel*.

Sub fascicolul *H2*, intre acesta si fascicolul piramidal, se afla *nucleul hipotalamic a lui Luys* (a nu se confunda cu centrul median a lui *Luys* din talamus). Este cea mai importanta formatie extrapiramidala din regiunea subtalamica. Lezarea lui produce o dramatica dezorganizare motorie (care consta in miscari ample, lente, neregulate, involuntare, controlaterale ale bratului si in general ale membrului superior), numita *hemibalism*. Acest nucleu primeste aferente bogate de la corpul striat prin *ansa lenticulara* (prin *H2*) si trimite eferente descendente spre formatiunea reticulara.

In partea posterioara a regiunii subtalamice patrund, din calota mesencefalica, *polii anterior* ai *substantei negre* (*locus niger*) si al *nucleului rosu*.

Comisurile bazale

Modul de functionare al nucleilor bazali implica existenta unor conexiuni, care sa lege *functional* unele formatiuni din dreapta cu altele din stanga. Ele trec prin diencefal, de aceea au fost numite si comisuri diencefalice.

Desigur ca exista foarte numeroase fibre de legatura zise *fibre comisurale*, care trec dintr-o parte in alta prin puntea de sub ventricolul III si prin lama terminala a hipotalamusului. Multe dintre fibrele comisurale sunt grupate in fascicole de legatura numite *comisuri*, identificabile cu ochiul liber, cu lupa sau microscopul optic.

Gratie acestor comisuri diencefalul asigura *functionarea unitara* a creierului reptilian. Cele doua jumatati ale diencefalului si ale arhirinencefalului sunt astfel reunite, ceea ce este o conditie esentiala pentru a nu se crea doua centre de putere independente.

Penfield a insistat mult asupra rolului acestor comisuri, care i-au permis sa defineasca un *centrencefal* diencefalomesencefalic, care *asigura unitatea constientei umane*, chiar si dupa sectionarea corpului calos ce reuneste cele doua cortexuri hemisferice. Aceasta ar fi alta *contributie majora a diencefalului in domeniul activitatii psihice*.



1.3. Rezumat

Nucleii dela baza cuprind talamusul si corpul striat. Acesta din urma este componenta cea mai masiva si mai importanta a sistemului extrapiramidal

Sistemul extrapiramidal cuprinde un numar de formatiuni centrale care toate sunt implicate in motilitate. La mamiferele superioare (antropoide si hominide) odata cu aparitia bipedismului, rolul principal in motilitate il are sistemul piramidal care isi are originile in scoata cerebrala.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Sistemul extrapiramidal:

- a) cuprinde un numar de formatiuni centrale care toate sunt implicate in motilitate;
- b) cuprinde un numar de formatiuni dorsale care toate sunt implicate in motilitate;
- c) cuprinde formatiuni centrale care nu sunt implicate in motilitate.

2. Neuronii fără spini:

- a) opereaza doar in interiorul putamenului si caudatului, ca niste neuroni asociativi;
- b) opereaza doar in exteriorul putamenului si caudatului, ca niste neuroni asociativi;
- c) opereaza doar in exteriorul putamenului.



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 XIV. Sistemul limbic



1.1. Introducere

Sistemul limbic este un ansamblu complex situat pe fata interna a hemisferelor cerebrale, dispus in jurul corpului calos, cu care nu are nici o relatie functionala. Nu este decat un concept abstract (Ben Best), didactic, care reuneste *structuri disparate* ce coopereaza pentru realizarea anumitor functii.

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



1.2. Conținut

Toate structurile pe care le-am prezentat pana acum, cu exceptia neostriatului si neotalamusului, se gasesc la *toate vertebretele*.

Ele formeaza ceea ce Mac Lean a denumit *creierul reptilian*. Este un creier primitiv, care insa asigura existenta, adaptarea la mediu si reproducerea vertebratelor inferioare cu sange rece, carora le confera un comportament simplu, compulsiv, stereotipat, cu motivatii primare biologice .cu aspecte rudimentare de emotionalitate cu functii cognitive schitate si putand totodata sa invete in limite destul de restranse.

Odata cu aparitia animalelor cu sange cald (pasari si mamifere), performantele acestora devin mai complexe si mai subtile, datorita unor adaosuri la creierul reptilian. La *pasari* si la *mamiferele inferioare* aceste adaosuri constau din dezvoltarea nucleilor de la baza, prin aparitia *neostriatului*, la

mamifere și a *epistriatului*, la pasari, ceea ce le îngăduie o motilitate net superioară (printre altele zborul) și prin apariția *sistemului limbic*. Acesta le conferă un comportament mult mai nuanțat, motivații mai elaborate, o capacitate considerabil sporită de a învăța, ca și îmbogățirea aspectelor primare de plăcere și neplăcere ale sistemului de răsplata, cu o viață emoțională mai bogată. La acestea contribuie și prezenta unui cortex cerebral (e drept mai simplu). Ansamblul acestor componente definește *creierul paleomamalian*, al lui P. MacLean. Se știe că acesta a propus *modelul triunic* al encefalului uman (și al mamiferelor superioare), care cuprinde în ordinea complexității crescânde: creierul reptilian, cel paleomamalian și cel neomamalian.

Sistemul limbic este un ansamblu complex situat pe fața internă a hemisferelor cerebrale, dispus în jurul corpului calos, cu care nu are nici o relație funcțională. Nu este decât un concept abstract (Ben Best), didactic, care reunește *structuri disparate* ce cooperează pentru realizarea anumitor funcții.

Sistemul limbic din motive de morfologie macroscopică, a fost asociat clasic cu sistemul olfactiv, în cadrul a ceea ce a fost numit *rinencefalul*.

A) Nucleii septali

Nucleii septali se află în partea inferioară a septumului, înaintea comisurii albe anterioare.

Au *conexiuni* colinergice în *ambele sensuri* cu, zona entorinală, cortexul orbital și, , cu amigdala, hipocampusul și hipotalamusul lateral.

Eferentele lor principale sunt grupate în trei dispozitive care merg:

- a) către hipotalamus, printr-un fascicol anteroposterior care poartă numele de *fasciculul olfactiv bazal*
- b) către nucleii habenulari formând *taenia habenularis* (stria medularis) și
- c) către hipocampus formând *taenia semicircularis* (stria terminalis)

B) Hipocampusul

Hipocampusul este formația cea mai interesantă și mai bine studiată a sistemului limbic.

Pe *fața internă* a hemisferei cerebrale și pe marginea superioară a lobului temporal, hipocampusul apare ca un fel de creastă în relief, despărțită de aria entorinală printr-un șanț (*fisura hipocampică*). Această creastă în relief se numește *corpul godronat* sau *girul dentat*.

Girul dentat sau corpul godronat se continuă anterior cu *bandeleta lui Giacomini*, care se

aseaza cum vom vedea pe carligul (*uncusul*) circonvolutiunii hipocampice, unde este usor vizibila.

Pe marginea superioara a corpului godronat merge o panglica alba de fibre mielinice numita *fimbria* sau *corpul bordant*, care se continua posterior in stalpul posterior al trigonului, impreuna cu fibre provenite din alveus ce contin eferentele hipocampului .

Portiunea inferioara a hipocampului se continua medial cu *parahipocampul* care insoteste in lungul lui hipocampul si face trecerea spre *regiunea entorinala* , ambele apartinand circonvolutiunii hipocampice (cingulare inferioare), o portiune veche a scoartei cerebrale (*paleocortex* sau *paleopalium*), ce apartine tot sistemului limbic si cu care hipocampul este conectat in ambele sensuri.

Hipocampul mai primeste *aferente* de la nucleii septali, corpii mamilari, talamus si hipotalamus si trimite *eferente* mult mai numeroase catre nucleii septali, hipotalamus, corpii mamilari si amigdala.

Cei doi hipocampi (drept si stang) functioneaza solidar, datorita masivei lor interconexiuni, realizata de fibrele transverse ale sistemului trigonal.

Acestea in **tot** cursul vietii genereaza *noi neuroni*, care apoi sunt integrati in retelele neuronale hipocampice.

C) Amigdala(nucleul amigdalian)

Amigdala este o formatiune a sistemului limbic, care in urma cercetatarilor recente s-a dovedit a fi una din structurile importante ale encefalului.

Ea se prezinta ca o masă cenușie globulară (în formă de migdală), situată în profunzimea lobului temporal, în dreptul porțiunii anterioare a circumvoluției hipocampice și sub *zona sublenticulară* (de sub corpii striati, în care se află *substanța nenumită a lui Reichert*). A fost numita și *arhistriat* desi este o formatiune ce deriva din cortexul temporal si nu are nimic de a face cu striatul in afara de faptul ca se invecineaza cu el.

Ea primeste *aferente sensitivosenzoriale* (mai ales vizuale si auditive)ce coboara din arile receptive ale scoartei cerebrale si ajung la grupul nuclear bazal lateral si *aferente olfactive* (inclusiv cele legate de feromoni) ce ajung la nucleul cortical.

Amigdala trimite numeroase *conexiuni eferente* (in special din grupul neuronilor centromediali) Cele mai multe din ele se grupeaza in doua formatii: *stria terminala* si *calea amigdalofugala ventrala*.

Prin stria terminala este conectata cu *nucleul striei terminale* (numit si amigdala extinsa), situat

sublenticular in substanta nenumita a lui Reichert, cu *nucleii septului* (pe care i-am mentionat mai sus) si cu *nucleul accumbens* din sistemul de *rasplata* (cu care este legat prin fibre glutaminergice) care asigura implicarea amigdalei in afectivitate. Tot prin aceasta cale mai este conectata cu *hipotalamusul* si *nucleul dorsomedial* al talamusului, importante formatiuni vegetative centrale.

Prin calea amigdalofugala ventrala este in special conectata in dublu sens cu *formatia reticulara*.

Amigdala are conexiuni glutaminergice importante cu *nucleii caudat si putamen* din striat ceea ce probabil permite expresia mimica si gestica a starilor afective.

Mai are conexiuni cu *spatiul perforat anterior* si cu *aria subcaloasa*, a caror rol este necunoscut.

Paralel cu aferentele amintite ce-i vin din ariile senzoriale corticale amigdala are si conexiuni in dublu sens cu cortexul cerebral si anume cu regiunea piriformă (*entorinala*), *cortexul temporal*, *regiunea insulara*, *fata interna a lobului frontal* și *cortexul orbital*. Aceste conexiuni asigura constientizarea partiala a activitatii amigdalei (in domeniul emotivitatii) dar si controlul cortical asupra trairilor si manifestarilor afective.

Cei doi nuclei amigdaleni (din dreapta si stanga) sunt interconectati prin *comisura alba anterioara*, astfel incat opereaza solidar.

Prin eferentele sale in special cele ale nucleului central, amigdala declanseaza *anxietatea*, *frica* si chiar *panica*, atat ca *traire subiectiva* cat si ca *manifestari* vegetative (tahicardie, polipnee, cresteri de tensiune, transpiratii) prin intermediul hipotalamusului si formatiei reticulare. Are un rol in declansarea fenomenelor de stress acut (prin adrenalina) si cronic (prin cortisol). Aceste efecte *endocrine* le relizeaza prin conexiunile sale cu *hipotalamusul*. Se pare ca intervine in instalarea blocajului motor, al *fijarii* motorii din spaima, precum si asa cum am mai mentionat in realizarea expresiilor mimice. In neuronii amigdalieni s-a putut evidentia existenta in cantitate mare a *genei stathmin*, care dupa G. Schumyatsky si E. Kandel sta la baza fricii inascute si conditionate. Declansarea fricii pare sa fie una din implicarile majore ale amigdalei in viata psihica.

Tot amigdala printr-un alt set de neuroni efectori declanseaza si *trairi emotionale pozitive*.

Nucleul amigdalian *faciliteaza* si *conditionarea* in sens pavlovian a acestor reactii emotionale (de ex. reflexul conditionat de spaima) printr-un proces de *invatare*, care e mijlocit de plasticitatea

sistemului amigdalian. Si de conexiunile sale cu hipocampul Totodata J.M.Gaugh a aratat ca amigdala intareste invatarea intervenind printr-o *modulare emotionala*.

Exista un interesant *dimorfism sexual* cu privire la amigdala. Aceasta este bogata in receptori pentru androgeni si estrogeni in portiunea ei posteromediala, care este cu 20% mai mare la barbati. Amigdala poate declansa ovulatia la femei si este implicata in libidoul masculin (nu in cel feminin). Implicarile amigdalei in sexualitate sunt mai putin importante decat cele ale septului si inca incomplet clarificate.

D) Corpii mamilari

Corpii mamilari sunt doua formatiuni rotunde ce apartin sistemului limbic, dar care se afla localizate in hipotalamusul posterior. Ei apar ca doi sani (de unde numele lor) pe fata inferioara a encefalului, inapoia tuberului cinereum si inaintea spatiului perforat posterior. Fiecare corp mamar cuprinde un *nucleu medial* si *altul lateral*.

Aferentele corpului mamar vin din hipocamp prin *trigon*, al carui *stalp anterior* se termina in ambii nucleii mamilari.

Unele eferente ale corpiilor mamilari ajung prin *fascicolul lui Viq d'Azyr* in *nucleul anterior al talamusului* (de unde se continua transsinaptic pana in cortexul cingular anterior, in lobul orbital si cel frontal). Alte fibre ajung in trunchiul cerebral prin *pedunculul corpului mamar*, in special pana la *ariile tegmentale inferioara si superioara*.

Corpii mamilari mai au unele conexiuni in dublu sens cu *nucleii septului* si unii *nuclei hipotalamici* (supermamar si tuberomamar).

Examinari anatomopatologice la alcoolicii cu *sindrom (psihoza) Korsakoff*, caracterizata printr-o importanta *amnezie anterograda* insotita de confabulatii compensatorii, au descoperit leziuni in corpiii mamilari.

E) Circuitele limbice

Formatiunile limbice pe care le-am mentionat pana acum sunt interconectate prin niste cai, care din cauza modului in care s-a dezvoltat telencefalul, au luat aspectul unor circuite. Exista patru astfel de *cicuite limbice concentrice*, dintre care trei sunt sub corpul calos iar al patrulea trece deasupra acestuia. Aceste cicuite sunt, dinnauntru spre periferie:

a) Circuitul epitalamic începe în *nucleii septului*, se continuă cu *habena (stria sau tenia*

talamica sau medulara), ajunge la *nucleii habenulari* și se continuă prin *fascicolul retroreflex al lui Meynert* până la *nucleul interpeduncular al lui Gudden*.

b) Circuitul amigdalian, începe în *nucleii septumului, hipotalamus, talamus și spațiul perforat anterior* sub forma *teniei (striei) terminalis*, (semicirculare) ocolește talamusul, în santul de la limita acestuia cu n. caudat, cuprinde în prima sa porțiune roiuri de neuroni care formează *nucleul striei terminale* pătrunde în treimea anterioară a *circumvoluției hipocampului* și se termină în *nucleul (sau complexul) amigdalei*.

c) Circuitul trigonului este format de un important mănunchi de fibre care pleacă din zona hipocampică, și anume din *alveus* și din *fimbria (corpul bordant)*. De aici merge anteroposterior până la capătul posterior (*splenium*) al corpului calos, trece sub acesta, lipit de el, se curbează în sens bazal și începe să se depărteze progresiv de corpul calos.

Porțiunea ascendentă de la hipocamp la corpul calos formează *pilierul posterior* al trigonului, în timp ce porțiunea descendentă spre corpii mamilari formează *pilierul anterior* al trigonului.

Cele două arcuri trigonale, depărtate posterior la nivelul hipocampului, se apropie anterior până ce aproape se alipesc. Între arcurile trigonale, sub corpul calos se află *trigonul* propriu-zis, care este o lamă de substanță albă triunghiulară străbătută de o serie de fibre transversale ce leagă cele două circuite trigonale între ele, cu aspectul unor corzi de liră. De aceea trigonul a mai fost numit *psalterion, corpus psalloides* sau *liră*.

Menționăm că, în literatura anglosaxonă, trigonul este de obicei numit *fornix*.

d) Circuitul pericalos este mai degrabă o circumvoluțiune cerebrală rudimentară în care hipocampusul este singura parte dezvoltată.

Începe sub forma *bandeletei diagonale*, care străbate spațiul perforat anterior și urcă pe spinarea corpului calos, unde formează o lamă cenușie (*indusium griseum*), ce merge până la extremitatea posterioară a corpului calos (*splenium*). Este mărginită de două condensări liniare longitudinale: *striile lui Lancizi* (medială și laterală).

Indusium griseum ocolește *spleniumul* și-și schimbă aspectul, rezultând *hipocampusul*.

F) Circumvolutia limbica

Structurile rinencefalice descrise până acum sunt dominate funcțional și înconjurate din punct de vedere anatomic de marea *circumvoluțiune limbică* a lui Broca, numită și *lobul corpului calos*.

Circovoluțiunea limbica este formata din *două componente*: una superioară, supracaloasa *lobul cingular*, care începe la nivelul spațiului perforat anterior și ocolește pe deasupra corpul calos până la splenium. A doua subcaloasă se afla pe marginea internă a fetei inferioare a lobului temporal unde formează *circumvoluția hipocampică*, numită astfel după forma sa care seamănă cu un hipocamp marin. Poarta pe marginea ei superioară hipocampus limbic cu toate componentele sale pe care le-am prezentat mai sus. Legătura dintre cele două componente de mai sus este formată de *istmul cingular* situat retrocalos.

Extremitatea anterioară a circumvoluției hipocampice are forma unui cap de hipocamp, botul său formând ceea ce a fost numit *cârligul* sau *uncus*-ul hipocampic. Treimea anterioară a circonvoluției hipocampus poartă numele de *regiune (arie) entorinală* ce corespunde ariilor 28 și 34 a lui Brodmann.

Structura acesteia este stratificată (laminară), dar diferă și de cea în trei straturi a arhicortexului (hipocampus propriu-zis) și de cea în șase straturi a cortexului cerebral (neocortex, izocortex), față de care este atipică.

În profunzimea marii circonvoluțiuni limbice există un sistem de conexiuni longitudinale care se individualizează în substanța albă sub forma unui fascicol puternic, numit *cingulum*, care se întinde de la septum până la amigdala, ocolind corpul calos.

Marea circumvoluțiune limbică contribuie la realizarea funcțiilor psihice afective. Ea se încadrează în ceea ce a fost numit *circuitul lui Papez*. Intervenția ei în conștientizarea (trăirea) experiențelor noastre emoționale se explică prin conexiunile ei, pe de o parte cu formațiunile sistemului limbic, pe de altă parte cu restul scoarței cerebrale (ariile asociative ale neocortexului).

Tot această circumvoluțiune (mai ales porțiunea anterioară a lobului cingular /aria 24) este implicată și în funcționarea *sistemului vegetativ*. Aceasta este posibil datorită conexiunilor ei, mai ales prin talamus (n. anterior și cel dorsomedial) și a circuitului trigonal cu hipotalamusul. Această implicare contribuie la faptul că stările emotionale sunt însoțite de reacții vegetative, uneori foarte intense.



1.3. Rezumat

Sistemul limbic este un ansamblu complex situat pe fața internă a hemisferelor cerebrale,

dispus în jurul corpului calos, cu care nu are nici o relație funcțională. Nu este decât un concept abstract (Ben Best), didactic, care reunește *structuri disparate* ce cooperează pentru realizarea anumitor funcții.



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1. Sistemul limbic din motive de morfologie macroscopică, a fost asociat clasic cu:

- a) sistemul olfactiv;
- b) sistemul auditiv;
- c) sistemul vizual.

2. Amigdala:

- a) nucleul amigdalian;
- b) formațiune a sistemului limbic;
- c) formațiune a sistemului osos.



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.

Răspunsuri la testele de autoevaluare a cunoștințelor

Capitolul I. Introducere. Considerații generale

- 1) c;
- 2) a, b, c;
- 3) a.

Capitolul II. Ontogeneza sistemului nervos

- 1) b;
- 2) a.

Capitolul III. Celulele țesutului nervos

- 1) a, b;
- 2) a.

Capitolul IV. Funcțiile specifice ale neuronului și sinapsei

- 1) a;
- 2) a, b.

Capitolul V. Măduva spinării

- 1) a;
- 2) a.

Capitolul VI. Trunchiul cerebral

- 1) a;
- 2) a.

Capitolul VII. Nervii periferici

- 1) a;
- 2) a.

Capitolul VIII. Cerebelul

- 1) a;
- 2) a.

Capitolul IX. Creierul endocrin

- 1) a.

Capitolul X. **Sistemul endocrin**

1) a,b;

2)a, b.

Capitolul XI. **Sistemul vegetativ**

1) a, b;

2)a, b, c.

Capitolul XII. **Nucleii bazali: talamusul**

1) a,b;

2) a,b.

Capitolul XIII. **Nucleii bazali: corpul striat și sistemul extrapiramidal**

1) a;

2) a.

Capitolul XIV. **Sistemul limbic**

1) a;

2) a, b.