

CUPRINS

PREFAȚĂ	9
LISTA ABREVIERILOR UTILIZATE	11
1. GENERALITĂȚI. INTRODUCERE ÎN STUDIUL SISTEMULUI NERVOS	13
1.1. COMPONENTELE SISTEMULUI NERVOS	13
1.2. STRUCTURA HISTOLOGICĂ	15
1.2.1. NEURONII.....	16
1.2.2. NEUROGLIILE	18
1.3. STRUCTURA NERVULUI PERIFERIC.....	20
1.4. SINAPSA.....	24
1.5. NEUROTRANSMIȚĂTORII.....	28
2. DEZVOLTAREA SISTEMULUI NERVOS CENTRAL ȘI PERIFERIC	32
2.1. DEZVOLTAREA MĂDUVEI SPINĂRII	32
2.2. DEZVOLTAREA ENCEFALULUI	34
2.3. ANOMALII ALE DEZVOLTĂRII.....	38
3. MĂDUVA SPINĂRII	40
3.1. CONFIGURAȚIE EXTERNĂ	40
3.2. STRUCTURĂ	41
3.2.1. SUBSTANȚA CENUȘIE A MĂDUVEI SPINĂRII.....	41
3.2.2. SUBSTANȚA ALBĂ A MĂDUVEI SPINĂRII	46
3.3. NERVUL SPINAL.....	50
3.3.1. REFLEXELE MEDULARE	53

4.	CĂILE ASCENDENTE	55
4.1.	RECEPTORII.....	55
4.2.	SISTEMUL LEMNISCAL.....	58
4.3.	SISTEMUL EXTRALEMNISCAL.....	63
5.	TRUNCHIUL CEREBRAL.....	67
5.1.	CONFIGURAȚIE EXTERNĂ.....	67
5.1.1.	FAȚA ANTERO-LATERALĂ	67
5.1.2.	FAȚA POSTERIOARĂ.....	69
5.1.1.	VENTRICULUL AL IV-LEA	71
5.2.	STRUCTURĂ.....	73
5.2.1.	SUBSTANȚA CENUȘIE A TRUNCHIULUI CEREBRAL.....	73
5.2.2.	SUBSTANȚA ALBĂ A TRUNCHIULUI CEREBRAL.....	84
6.	CEREBELUL.....	101
6.1.	CONFIGURAȚIE EXTERNĂ.....	101
6.1.1.	LOBAȚIA ȘI LOBULAȚIA CEREBELULUI.....	102
6.2.	STRUCTURA CEREBELULUI.....	104
6.3.	CONEXIUNILE CEREBELULUI.....	107
6.3.1.	LEZIUNILE CEREBELULUI	108
7.	DIENCEFALUL	110
7.1.	CONFIGURAȚIE EXTERNĂ.....	110
7.1.1.	VENTRICULUL AL III-LEA.....	113
7.2.	TALAMUSUL	114
7.2.1.	RADIAȚIILE TALAMICE.....	116
7.3.	HIPOTALAMUSUL.....	117
7.4.	EPITALAMUSUL.....	119
7.5.	SUBTALAMUSUL	120

8.	EMISFERELE CEREBRALE.....	121
8.1.	CONFIGURAȚIE EXTERNĂ.....	124
8.1.1.	FAȚA EXTERNĂ A EMISFEREI CEREBRALE.....	125
8.1.2.	FAȚA MEDIALĂ A EMISFEREI CEREBRALE.....	127
8.1.3.	FAȚA BAZALĂ A EMISFEREI CEREBRALE.....	129
8.2.	CORTEXUL CEREBRAL.....	131
8.3.	SISTEMUL LIMBIC.....	136
9.	CĂILE DESCENDENTE.....	151
9.1.	SISTEMUL MOTOR PIRAMIDAL.....	151
9.2.	SISTEMUL MOTOR EXTRAPIRAMIDAL.....	153
10.	ANALIZATORII.....	157
10.1.	ANALIZATORUL VIZUAL.....	157
10.1.1.	GENERALITĂȚI.....	157
10.1.2.	GLOBUL OCULAR.....	158
10.1.3.	RECEPTORII VIZUALI.....	170
10.1.4.	CALEA OPTICĂ.....	173
10.1.5.	ARIILE VIZUALE.....	176
10.1.6.	CIRCUITE EXTRAPIRAMIDALE ȘI REFLEXE VIZUALE.....	176
10.2.	ANALIZATORUL AUDITIV.....	177
10.3.	ANALIZATORUL VESTIBULAR.....	183
10.4.	ANALIZATORUL GUSTATIV.....	185
10.5.	ANALIZATORUL OLFACTIV.....	186
11.	MENINGELE, LICHIDUL CEREBROSPINAL, VASCULA- RIZAȚIA SISTEMULUI NERVOS CENTRAL.....	188
11.1.	MENINGELE.....	188
11.2.	LICHIDUL CEREBROSPINAL.....	189

PREFAȚĂ

Neuroștiințele au ca obiect de studiu sistemul nervos și au suferit odată cu trecerea timpului și a îmbunătățirii tehnologiei o dezvoltare exponențială.

Neuroanatomia studiază aspectul morfologic al sistemului nervos, reprezentând de multe secole o preocupare continuă a biologilor, medicilor, anatomicștilor, histologilor etc. Sistemul nervos este cel mai complex sistem cunoscut până în prezent în Univers iar descifrarea aprofundată a structurii și funcțiilor sale va deschide drumul spre cunoașterea organismelor vii și în special al omului.

Actuala lucrare prezintă într-un mod coerent, atât datele anatomice ale sistemului nervos, inclusiv dezvoltarea sa, cât și achiziții recente privind unele mecanisme de funcționare.

Prezentarea materialului acestei lucrări este didactică, ușor de parcurs și de reținut, corectă din punct de vedere științific, fiind de un real folos în pregătirea anatomică a studenților. Lucrarea de față este utilă atât studenților din anii preclinici cât și celor din ani terminali pentru neurologie, ORL, neurochirurgie, oftalmologie etc.

Adăugarea unor schițe simple la textul prezentat și verificarea amănunțită a concordanței cu nomenclatura internațională a tuturor termenilor folosiți, un echilibru între diverse capitole și mici aplicații practice pot face din acest manual una din cele mai bune lucrări din literatura noastră de specialitate.

Felicit autorii care după o muncă laborioasă de informare, după o experiență îndelungată în predarea anatomiei, au reușit să pună la dispoziția studenților o lucrare de mare ajutor în studiul sistemului nervos.

Prof. univ. dr. Ispas Alexandru

Catedra de Anatomie
UMF Carol Davila București

Director
Institutul de Antropologie Francisc I. Rainer
Academia Română

LISTA ABREVIERILOR UTILIZATE

A	nucleu talamic cu funcție de asociație
a.	arteră (singular)
aa.	artere (plural)
ACh	acetilcolină
APUD	<i>Amine Precursor Uptake and Decarboxylation</i> – sistem de celule endocrine ce au capacitatea de a prelua și decarboxila substanțe ce reprezintă precursori aminici
ATP	acid adenozil trifosforic
C	cervical
CGL	corpul geniculat lateral
CGM	corpul geniculat medial
CI	coliculul inferior (la nivelul tectului mezencefalic)
CS	coliculul superior (la nivelul tectului mezencefalic)
DC	nucleu talamic cu funcție de proiecție difuz corticală
EEG	electro-encefalografie
FLD	fasciculul longitudinal dorsal
FLM	fasciculul longitudinal medial
FMCA	fasciculul medial al creierului anterior
L	lombar
LCR	lichid cefalo-rahidian (actualmente se preferă folosirea denumirii de lichid cerebro-spinal)
LCS	lichid cerebro-spinal
LL	lemnisculul lateral
m.	mușchi (singular)
mm.	mușchii (plural)
n.	nerv (singular)
n. I	nervul olfactiv
n. II	nervul optic
n. III	nervul oculomotor
n. IV	nervul trohlear
n. IX	nervul glosofaringian
n. V	nervul trigemen
n. VI	nervul abducens
n. VII	nervul facial
n. VII bis	nervul intermediar (descriș de către Wrisberg)

n. VIII	nervul vestibulo-cohlear (acustico-vestibular)
n. X	nervul vag
n. XI	nervul accesoriu
n. XII	nervul hipoglos
N1	protoneuronul căii
N2	deutoneuronul căii
N3	neuronul talamic de releu (al treilea neuron al căii)
nn.	nervii (plural)
NO	oxid nitric
NREM	non <i>Rapid Eyes Movements</i>
NVPI	nucleul ventral postero-inferior (la nivelul talamusului)
NVPL	nucleul ventral postero-lateral (la nivelul talamusului)
NVPM	nucleul ventral postero-medial (la nivelul talamusului)
PCI	pedunculul cerebelos inferior
PCM	pedunculul cerebelos mijlociu
PCS	pedunculul cerebelos superior
PET-CT	tomografie computerizată cu emisie de pozitroni
R	nucleu talamic cu funcție de releu
REM	<i>Rapid Eyes Movements</i> – mișcările rapide ale globilor oculari specifice somnului paradoxal
S	sacral
SAG	somato-aferețe generale
SAS	somato-aferețe speciale
SC	nucleu talamic cu funcție de proiecție subcorticală
SEG	somato-eferente generale
SES	somato-eferente speciale
SNC	sistemul nervos central
SNE	sistemul nervos enteric
SNP	sistemul nervos periferic
SR	substanța reticulată
SRAA	sistemul reticulat activator ascendent
STA	fasciculul spinotalamic anterior
STL	fasciculul spinotalamic lateral
T	toracal
TTC	tractul tegmental central
v.	venă (singular)
VAG	viscero-aferețe generale
VAS	viscero-aferețe speciale
VEG	viscero-eferente generale
VES	viscero-eferente speciale
VIP	polipeptidul vasoactiv intestinal
vv.	vene (plural)

1. GENERALITĂȚI.

INTRODUCERE ÎN STUDIUL SISTEMULUI NERVOS

Sistemul nervos realizează 3 funcții:

- externă = adaptarea la mediul înconjurător
- internă = reglarea tuturor sistemelor corpului omenesc
- centrală = stabilirea unor modalități personale de procesare a informațiilor

1.1. COMPONENTELE SISTEMULUI NERVOS

Din punct de vedere morfologic, sistemului nervos îi putem descrie 2 porțiuni:

- sistemul nervos central
- sistemul nervos periferic

Sistemul nervos central (SNC), denumit și neuraxis sau nevrax, este alcătuit din măduva spinării și encefal. Consistența și rezistența mecanică a sistemului nervos central sunt scăzute datorită absenței tecii Henle (teaca conjunctivă endoneurală) în jurul axonilor, precum și numărului mare de corpi neuronali situați la suprafață (scoarțele cerebrală și cerebeloasă). De aceea componentele sistemului nervos central sunt protejate de cavități osoase: măduva spinării este adăpostită în canalul vertebral, format prin suprapunerea găurilor vertebrale iar encefalul în cavitatea craniană din interiorul neurocraniului. Protecția mecanică este suplimentată de prezența lichidului cerebro-spinal la nivelul spațiului subarahnoidian.

Măduva spinării derivă din porțiunea caudală a tubului neural, este porțiunea cea mai veche din punct de vedere filogenetic și prezintă o organizare segmentară, metamerică, funcționând automat, pe baza reflexelor.

Encefalul derivă din veziculele cerebrale (porțiunea rostrală a tubului neural) și este alcătuit din:

- **trunchi cerebral**, subdivizat la rândul său în bulb rahidian, punte și mezencefal. Structurile trunchiului cerebral mai păstrează urmele organizării metamerice, somitice, dar aceasta este mai greu de identificat datorită prezenței structurilor conectate cu analizatorii specifici extremității cefalice și derivatelor arcurilor faringiene, precum și apariției centrilor nervoși suprasedimentari.
- **cerebel**, prima structură a sistemului nervos central organizată pe principiul circuitelor neurale reverberante și redundante, având roluri importante în coordonarea funcțiilor motorii.
- **diencefal**, format din talamus, principala și cea mai voluminoasă structură diencefalică, în jurul căreia sunt grupate hipotalamusul, epitalamusul, metatalamusul și subtalamusul, al căror nume explică poziția ocupată.
- **emisferile cerebrale (telencefalul)** la nivelul cărora corpii neuronali formează nucleii și scoarța cerebrală (pallium), între care se interpun structuri de substanță albă.

Sistemul nervos periferic (SNP) este suma tuturor nervilor spinali, cranieni precum și a ramurile acestora.

Limita dintre cele două porțiuni este reprezentată de nivelul originii aparente pentru nervii cranieni, respectiv de nivelul desprinderii celor două rădăcini (anterioară și posterioară) din măduva spinării, pentru nervii spinali.

Funcțional, în cadrul întregului sistemului nervos distingem:

- o porțiune somatică, destinată coordonării structurilor ce stabilesc relații cu mediul exterior;
- o porțiune vegetativă (autonomă), cu rol în reglarea activității viscerelor. Acest rol se exercită atât direct, prin intermediul fibrelor nervoase, cât și indirect, prin intermediul hormonilor produși de glandele endocrine.

Eferența vegetativă are la rândul său 2 componente: **simpatică** și **parasimpatică**. Datorită necesității eliberării de mediatori chimici distincți asupra efectorilor viscerali, eferența vegetativă este descrisă clasic ca un lanț format din doi neuroni. Primul este plasat distinct în sistemul nervos central – segmentele medulare C8 - L2 în cazul eferenței simpatice, respectiv la nivelul

trunchiului cerebral (parasimpaticul cranian) și la nivelul măduvei spinării S2 - S4 (parasimpaticul sacrat). care la rândul lor au părți centrale, periferice sau se alătură în periferie la nivelul plexurilor autonome. Axonii acestor neuroni sunt denumiți fibre vegetative preganglionare, ce vor face sinapsă pe cel de-al doilea neuron – neuronul ganglionar, denumit astfel deoarece în cazul simpaticului formează ganglionii celor 2 lanțuri simpatic paravertebrale și ganglionii plexului nervos prevertebral, respectiv în cazul parasimpaticului ganglionii preiscerali ai extremității cefalice și așa-numiții ganglioni intramurali în cazul viscerelor trunchiului. Axonul celui de-al doilea neuron formează fibra vegetativă postganglionară care de obicei folosește drept neurotransmițător noradrenalina în cazul simpaticului și acetilcolina în cazul parasimpaticului.

Toate aceste clasificări au mai mult un rol didactic, facilitând înțelegerea structurilor și funcțiilor sistemului nervos. În realitate, diferitele porțiuni morfologice se întrepătrund: fasciculele spino-bulbare, deși sunt căi de conducere în SNC, reprezintă prelungiri ale unor neuroni care sunt localizați în SNP, în ganglionii de pe rădăcina posterioară a nervilor spinali; hipotalamusul integrează atât funcții somatice cât și vegetative, fibrele postganglionare ce inervează glandele sudoripare, considerate ca aparținând sistemului simpatic folosesc acetilcolină etc.

1.2. STRUCTURA HISTOLOGICĂ

Sistemul nervos central are 3 elemente de bază:

- **neuroni**, unitatea anatomică și funcțională a sistemului nervos central, datorită excitabilității electrice a membranei sale.
- **nevrogliei**, unitatea de susținere, protecție și metabolică a sistemului nervos central, care asigură un mediu ionic optim pentru funcția neuronului.
- structuri ale **țesutului conjunctiv** - celule reticulare puține, fibrocite, histiocite, fibre fine de reticulină și colagen, la care se adaugă vase sanguine dispuse la suprafața sistemului nervos și structuri specializate în secreția și absorbția lichidului cerebrospinal, numite plexuri coroide.

1.2.1. NEURONII

Neuronul prezintă corp celular și prelungiri, acestea fiind reprezentate de:

- axon, denumit și proces cilindric
- dendrite, denumite și procese protoplasmice.

Corpuri neuronali (perikarionii) prin aglomerare realizează structuri nervoase numite substanță cenușie, organizată în nucleii și scoarță (cortex) la nivelul sistemului nervos central, respectiv ganglion, la nivelul sistemului nervos periferic.

Prelungirile neuronilor formează substanță albă în nevrax, respectiv fibre nervoase în periferie.

Neuronii prezintă nucleu și neuroplasmă, ce conține organite generale și organite cu caracter particular:

- corpusculi Nissl (substanța cromatofilă sau corpuri tigroizi) situați în neuroplasmă, dendrite și la emergența axonului, unde se formează conul de origine sau de emergență. Lipsesc în restul axonului.
- neurofibrile și neurotubuli la nivelul prelungirilor, unde au multiple roluri: transmitere influx nervos, transport axo-plasmatic, creștere, regenerare.

Neuronii anumitor structuri pot conține în neuroplasmă granule de pigment – de exemplu neuromelanina, un product rezidual al metabolismului catecolaminelor este prezentă la nivelul substanței negre, sau pigmentul bogat în cupru ce determină culoarea albastru-cenușie caracteristică neuronilor din locus ceruleus. De asemenea, odată cu înaintarea în vârstă, unii neuroni, cum ar fi cei din ganglionii spinali, acumulează granule de lipofuscină ce este considerată un pigment asociat senilității.

Clasificarea neuronilor se face după următoarele criterii:

1. funcție
2. formă
3. număr prelungiri
4. lungime axon
5. lungime dendrite

1. După funcție, deosebim neuroni:
 - eferenți (motori)
 - aferenți (senzitivi)
 - interneuroni (neuroni de asociație)
 - secretori

2. După formă, neuronii pot fi:
 - piramidali
 - stelați
 - fuziformi
 - rotunzi (glomerulari sau ganglionari)

3. După numărul prelungirilor, neuronii sunt:
 - unipolari – prezintă doar axon; de exemplu celulele cu con și cu bastonaș din structura retinei.
 - pseudounipolari – sunt specifici ganglionilor spinali și unor ganglioni senzitivi de pe traiectul nervilor cranieni. Axonul lor, după formarea conului de emergență, se divide într-o celulipetă, ce joacă rolul dendritei, fiind conectată cu receptorii și o ramură celulifugă, care pătrunde în nevrax.
 - bipolari – de obicei sunt fuziformi, prezentând o singură dendrită, situată la polul opus emergenței axonului; sunt reprezentați de neuronii din mucoasa olfactivă și de neuronii din ganglioni acustic și vestibular.
 - multipolari – prezintă numeroase dendrite și un singur axon; sunt cei mai frecvenți neuroni din SNC.

4. După lungimea axonului, clasic sunt descrise două tipuri de neuroni:
 - celula Golgi I, cu axon lung
 - celula Golgi II, cu axon scurt

Pot exista și neuroni lipsiți de axon, așa-numitele celule apolare, cum sunt celulele amacrine din structura retinei; în acest caz conexiunile cu alți neuroni se fac prin sinapse de tip dendro-dendritic.

5. După lungimea dendritelor, există următoarele tipuri de neuroni:
 - izodendritici – au dendrite lungi, relativ egale și simetrice, puțin ramificate, dispuse radial față de corpul neuronal dacă

privim în planul transvers pe nevrax, dar cu lungime limitată în sens rostro-caudal

- allodendritici – prezintă un arbore dendritic specializat, plasat doar la o extremitate a corpului neuronal
- idiodendritici – se caracterizează printr-o și mai mare specializare a arborelui dendritic (de exemplu, celulele Purkinje din scoarța cerebeloasă)

1.2.2. NEVROGLIILE

Din punct de vedere morfologic descriem două tipuri principale de celule gliale: **macrogliile**, ce au origine embriologică ectodermală și **microgliile**, cu origine mezodermală.

La rândul lor, macrogliile pot fi macroglii periferice, localizate în SNP și derivate embriologic din crestele neurale (celulele Schwann, celulele satelite ce acoperă la suprafață corpii neuronali din ganglionii spinali și vegetativi și celulele gliale enterice) și macroglii centrale, localizate în SNC, derivate direct din celulele neuroectodermale ale tubului neural.

Macrogliile centrale sunt:

- **Astrogliile** reprezintă cea mai voluminoasă populație celulară din SNC și prin numeroasele lor prelungiri se interpun între neuroni și sursele lor vasculare formând bariera hemato-encefalică. Au rol esențial în menținerea homeostaziei neuronale și produc substanțe cu proprietăți vasoactive (cum este acidul arahidonic), reglând calibrul vascular din proximitate. De asemenea, astrogliile sunt interconectate prin joncțiuni gap și participă la medierea transmiterii sinaptice folosind gliotransmițători, cum este ATP. Există două subtipuri de astroglii: protoplasmatică, prezentă în substanța cenușie și fibroasă, prezentă în substanța albă, dar ele sunt asemănătoare atât morfologic cât și structural.

- **Oligodendrogliile** sunt responsabile în principal cu formarea tecii de mielină în SNC. Din punct de vedere topografic distingem oligodendroglia perineuronale, interfasciculare și perivasculară.

- **Celulele ependimare** prezintă microvili și cili, cu rol în producerea și circulația lichidului cerebro-spinal, căptușind sistemul

ventricular (unde formează prin invaginare plexuri coroide) și canalul medular central. Participă la formarea barierei dintre sânge și lichidul cerebro-spinal; se pare că pot îndeplini și rolul de celule stem neurale

- **Gliile radiale** au rol de progenitori neuronali în cursul dezvoltării SNC, persistând și la adult, în anumite teritorii cum sunt cerebelul și retina, participând la medierea transmiterii impulsului nervos.

Microgliile au talie mică ce își poate modifica forma și prelungiri ramificate, fiind prezente în toate etajele SNC, preponderent la nivelul substanței cenușii, unde îndeplinește rol fagocitar. Există corelații directe între deficiențe ale microgliilor în îndeplinirea rolului imunitar și maladia Parkinson sau boala Alzheimer.

În ansamblu, funcțiile îndeplinite de nevroglii sunt:

- controlul metabolismului neuronal
- controlul activității sinaptice
- realizarea barierelor fiziologice ale sistemului nervos central

La nivelul sistemului nervos central există 3 bariere, deoarece acesta nu are limfatice, rolul limfei fiind preluat de lichidul cerebro-spinal:

1. **Bariera sânge – encefal**, formată din endoteliul vascular, membrana bazală, membrana neuroglială și prelungiri (piciorușe) perivascularare astrogliale

2. **Bariera sânge – lichid cerebrospinal**, formată din endoteliul vascular, membrana bazală și epiteliul coroidian (ependimar)

3. **Bariera lichid cerebrospinal – encefal**, formată din endim, membrana bazală și membrana glială subependimară

Trebuie precizat faptul că aceste bariere sunt absente la nivelul organelor circumventriculare, dispuse în vecinătatea ventriculilor III și IV, ce reprezintă regiuni neuronale ce acționează fie ca organe cu rol chemoreceptor (cum sunt area postrema, organul subfornical, organul vascular al lamei terminale) fie ca organe secretorii (de exemplu organul subcomisural, neurohipofiza sau corpul pineal).

1.3. STRUCTURA NERVULUI PERIFERIC

Nervii periferici sunt formați din fibre nervoase ce reprezintă axoni (sau prelungiri celulete, cu rol de dendrită, ai axonilor neuronilor pseudounipolari) și din ganglioni (senzitivi și vegetativi), ce conțin corpi neuronali.

Fibra nervoasă **mielinizată** este formată din axon care este învelit de celule Schwann ce formează neurolema. La acest nivel teaca de mielină este dispusă profund, la suprafața axonului, în timp ce superficial se găsește teaca Schwann. Neurolema este întreruptă de nodurile Ranvier. Între nodurile Ranvier, segmentul internodal al fibrei nervoase prezintă incizurile oblice Schmidt-Lantermann. Celulele Schwann lipsesc la originea (conul de urgență) axonului și în zona prelungirilor terminale.

Mai multe fibre nervoase se grupează într-un funicul, învelit de endoneurium.

Mai multe funicule formează un fascicul, învelit de epinerium.

În interiorul unui fascicul, funiculele sunt separate prin perinerium.

Deși clasic sunt descrise două tipuri principale de fibre nervoase, mielinice și amielinice, de fapt și fibrele amielinice prezintă o cantitate minimă de mielină deoarece toți axonii prezintă teacă de mielină.

Clasificarea fibrelor nervoase se poate face după următoarele criterii:

- conținutul de mielină
- viteza de conducere
- funcție
- mediatorii chimici eliberați

Grosimea tecii de mielină determină direct proporțional și viteza de transmitere a impulsului nervos. Conform clasificării Erlanger- Gasser, există trei tipuri principale de fibre nervoase:

Fibrele nervoase de tip A au grosimea cea mai mare (cuprinsă între 1 și 20 de microni) și o viteză de conducere corespunzătoare, cuprinsă între 3 și 120 m/s. Aceste fibre:

- au rezistență mare la anestezia locală