

Razvojno porijeklo i temeljna podjela središnjeg živčanog sustava

Živčani sustav ima središnji i periferni dio

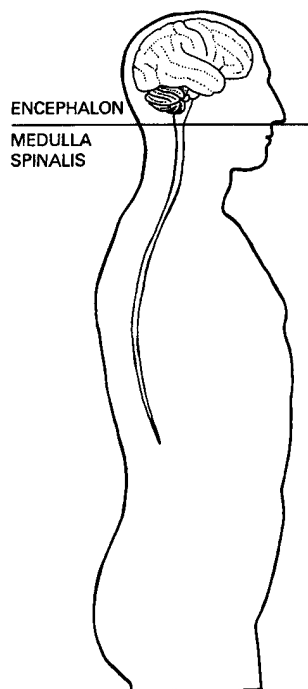
Cijeli živčani sustav (*systema nervosum*) ima dva temeljna dijela: periferni živčani sustav (PŽS - *systema nervosum periphericum*) i središnji živčani sustav (SŽS - *systema nervosum centrale*). Periferni živčani sustav sastoji se od živčevlja i manjih nakupina živčanih stanica (neurona) tj. ganglija.

Dva temeljna dijela središnjeg živčanog sustava su mozak (*encephalon*) i kralježnična moždina (*medulla spinalis*)

Središnji živčani sustav sastoji se od živčanog tkiva što je od ostatka tijela odvojeno čvrstim koštanim oklopom, a taj oklop ima dva glavna dijela - lubanju (*cranium*) i kralježnicu (*columna vertebralis*). Stoga i središnji živčani sustav ima dva temeljna dijela (sl. 1-1):

- 1) mozak (*encephalon* - doslovno "ono što je u glavi") što ispunja lubanjsku šupljinu;
- 2) kralježničnu moždinu (*medulla spinalis*) što ispunja šupljinu kralježničnog kanala (*canalis vertebralis*).

Ta dva dijela središnjeg živčanog sustava možemo razdvojiti rezom što prolazi ravninom velikog lubanjskog otvora (foramen magnum) (sl. 1-1).



Slika 1-1. Dva temeljna dijela središnjeg živčanog sustava su mozak (*encephalon*) i kralježnična moždina (*medulla spinalis*).

Kralježničnu moždinu s perifernim živčanim sustavom (tj. ostatkom tijela) izravno povezuje **31 par moždinskih živaca** (*nervi spinales*). Mozak s perifernim živčanim sustavom (tj. ostatkom tijela) izravno povezuje **12 parnih moždanih živaca** (*nervi craniales*), a neizravno obilne neuronske veze (silazni i uzlazni moždani putovi) s kralježničnom moždinom. Moždinski živci prolaze kroz otvore između kralježaka (*foramina intervertebralia*), a moždani živci prolaze kroz otvore smještene poglavito na bazi lubanje. Kako je spomenuti koštani ok- lop svojevrsna čvrsta os cijelog tijela, često se i za središnji živčani sustav rabi kratki naziv **neuralna os** (*neuroaxis*). Taj je naziv pogodan i stoga što se prema tako zamišljenoj osi određuje anatomsko nazivlje za prostornu usmjerenost i položaj pojedinih dijelova središnjeg živčanog sustava (sl. 1-2 i tablica 1-1).

Popratna pojava uspravnog stava čovjeka je pregibanje neuralne osi u području prijelaza kralježnične moždine u mozak (sl. 1-2). Stoga u četveronožaca izrazi dorzalno/ventralno i kranijalno/kaudalno imaju isto značenje i u kralježničnoj moždini i u mozgu; no, u čovjeka ti izrazi vrijede za kralježničnu moždinu (i djelomično za moždano deblo), ali ne i za veliki i mali mozak - tu rabimo izraze sprijeda/straga (*anterior/posterior*) i gore/dolje tj. iznad/ispod (*superior/inferior*).

Tri temeljna dijela mozga su moždano deblo (*truncus encephalicus*), mali mozak (*cerebellum*) i veliki mozak (*cerebrum*)

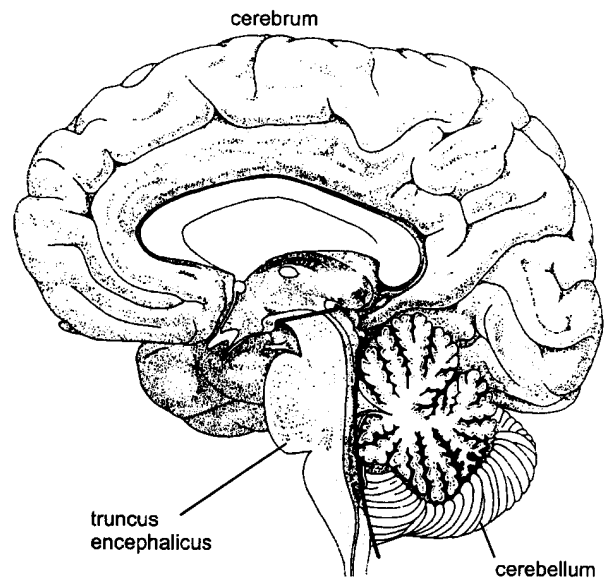
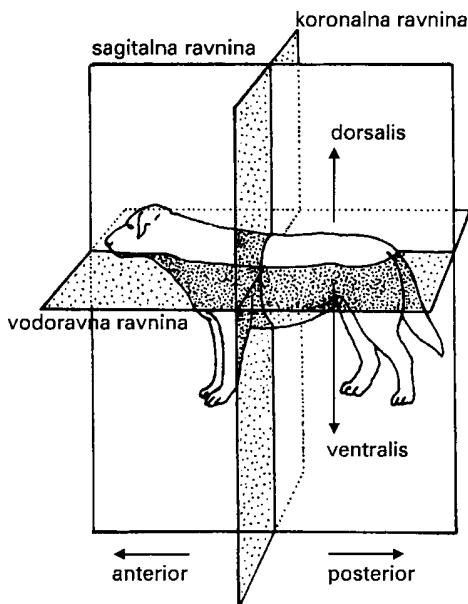
Mozak (*encephalon*) se sastoji od tri temeljna dijela (sl. 1-3):

- 1) moždanog debla (*truncus encephalicus*),
- 2) malog mozga (*cerebellum*),
- 3) velikog mozga (*cerebrum*).

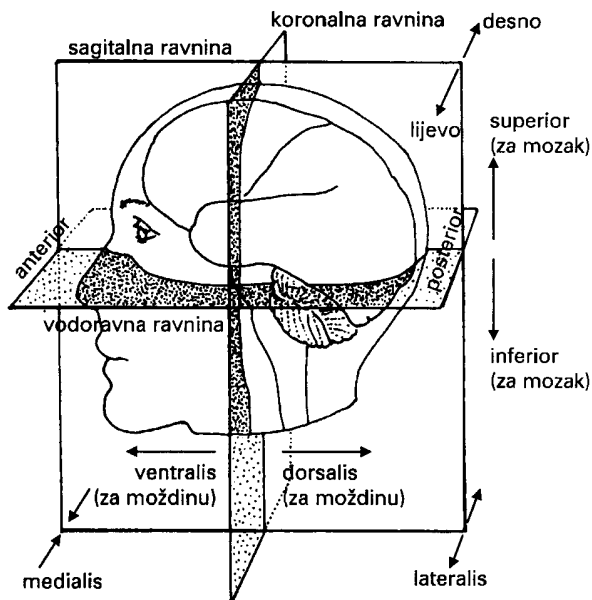
Moždano deblo ima tri glavna dijela: produljenu moždinu (*medulla oblongata*), most (*pons*) i srednji mozak (*mesencephalon*). I u velikom mozgu lako se uočavaju dva glavna dijela: mali međumozak (*diencephalon*) u središnjem položaju (kao izravni nastavak moždanog debla) i golemi krajnji mozak (*telencephalon*) što oblikuje moždane polutke (*hemisphaeria cerebri*).

Sva tri dijela imaju sivu tvar (*substantia grisea*) i bijelu tvar (*substantia alba*). Siva tvar poput kore (*cortex*) prekriva površinu velikog i malog mozga (a bijela tvar je u dubini), da su u području moždanog debla siva i bijela tvar "izmiješane" (negdje je na površini siva, a negdje bijela tvar), dok je u kralježničnoj moždini siva tvar isključivo u dubini, a cijelu površinu oblikuje bijela tvar.

Površine velikog i malog mozga su nabrane, a pojedine ispupčene dijelove površine razdvajaju plići žljebovi (*sulci*) i dublje pukotine (*fissurae*). Žljebovi razdvajaju vijuge (*gyri*)



Slika 1–3. Tri temeljna morfološka dijela mozga su veliki mozak (*cerebrum*), mali mozak (*cerebellum*) i moždano deblu (*truncus encephalicus*). Za pojedinosti vidi tekst.



Slika 1–2. Prikaz temeljnih ravnina i naziva što opisuju prostornu usmjerenost i smještaj dijelova središnjeg živčanog sustava u odnosu na neuralnu os u četveronožaca i čovjeka. Za definicije pojmova vidi tablicu 1–1.

velikog i malog mozga, dok pukotine razdvajaju režnjeve (*lobi*) i režnjiće (*lobuli*) velikog i malog mozga. U mozgu postoji i sustav unutarnjih šupljina povezanih uskim kanalima. Riječ je o sustavu sastavljenom od četiri moždane komore (*ventriculi cerebri*), ispunjene cerebrospinalnom tekućinom (likvorom). Prva i druga smještene su u dubini moždanih polutki (to su lateralne moždane komore - *ventriculi laterales cerebri*). Treća komora (*ventriculus tertius*) je uska pukotina što razdvaja lijevi i desni međumozak. Četvrta komora (*ventriculus quartus*) je šupljina između malog mozga i moždanog debla. Kroz srednji mozak prolazi uski "vodovod" (*aqueductus mesencephali*) što treću komoru povezuje s četvrtom, a prema kaudalno četvrta komora se nastavlja u uski središnji kanal (*canalis centralis*) kralježnične moždine.

Poznavanje embrionalnog razvoja omogućuje nam potpuniju razdiobu temeljnih dijelova središnjeg živčanog sustava

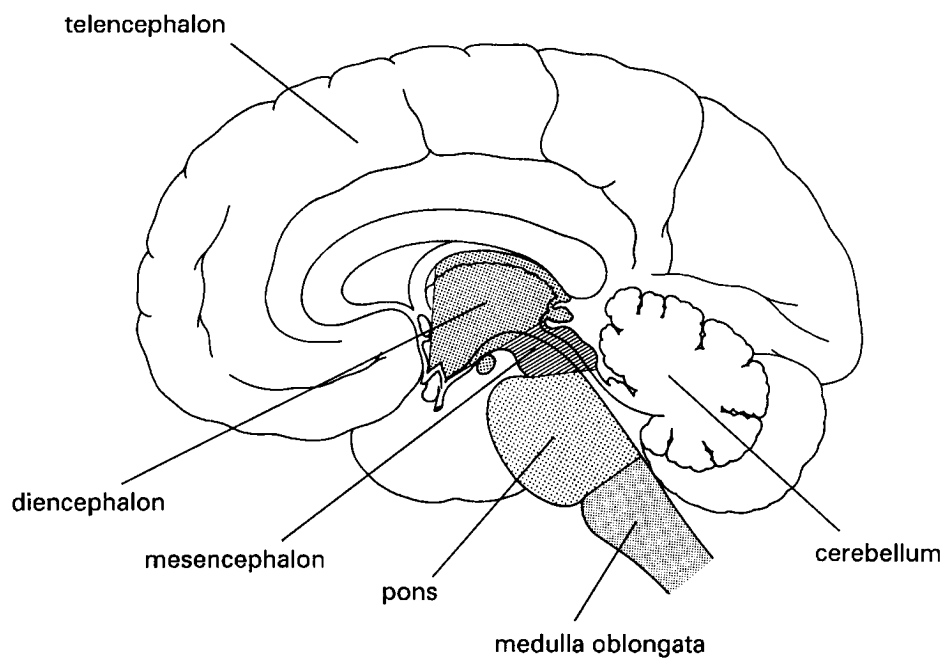
Središnji živčani sustav se razvija od neuralne cijevi ranog embrija

Tijekom 3. i 4. tjedna embrionalnog života, razvije se neuralna cijev - razvojna osnova cijelog središnjeg živčanog sustava. Stijenka neuralne cijevi izgrađena je od nediferenciranih stupičastih **neuroepitelnih stanica**, a umnažanjem (proliferacijom) tih stanica se razvijaju svi neuroni i makroglija (astrociti i oligodendrociti) središnjeg živčanog sustava. Složeni histogenetski procesi uzrokuju tri temeljne promjene jednostavne neuralne cijevi ranog embrija: a) ona se intenzivno povećava, b) njezini različiti dijelovi rastu različitom brzinom i intenzitetom, pa se neuralna cijev na nekoliko mjesta pregiba i mijenja oblik; c) histološka građa stijenke neuralne cijevi se kontinuirano mijenja.

Ključna promjena oblika neuralne cijevi je pojava moždanih mjehurića, što omogućuje temeljnu regionalnu podjelu mozga

Nejednako odvijanje histogenetskih procesa dovodi do pojave tri uzastopna proširenja prednjeg kraja neuralne cijevi - to su **primarni moždani mjehurići**: *prosencephalon* (prednji mozak), *mesencephalon* (srednji mozak) i *rhombencephalon* (stražnji mozak). U 5. embrionalnom tjednu nastaju **sekundarni moždani mjehurići**, jer se *prosencephalon* podijeli na *telencephalon* (krajnji mozak) i *diencephalon* (međumozak), a *rhombencephalon* se podijeli na *metencephalon* i *myelencephalon* (sl. 1-4). Od tih mjehurića se razvijaju glavna područja odraslog mozga (sl. 1-5 i tablica 1-2), kako slijedi:

1) **Telencephalon**: od parnih telencefaličkih mjehurića razvijaju se moždane polutke (hemisfere), čiju površinu prekriva tanka moždana kora (*cortex cerebri*), a unutrašnjost čine bijela tvar velikog mozga (*substantia alba cerebri*), bazalni gangliji telencefalona (*nucleus caudatus*, *putamen*, *claustrum* i *corpus amygdaloideum*) i lateralne moždane komore. Od



Slika 1–5. Temeljni dijelovi odraslog mozga nastali su od sekundarnih moždanih mjehurića. Mozak (*encephalon*) se sastoji od velikog mozga (*cerebrum*) što obuhvaća krajnji mozak (*telencephalon*) i međumozak (*diencephalon*), malog mozga (*cerebellum*) te moždanog debla (*truncus encephalicus*) što obuhvaća srednji mozak (*mesencephalon*), most (*pons*) i produljenu moždinu (*medulla oblongata*). Uočite da se produljena moždina razvije od mijelencefalona, most i mali mozak od metencefalona, a strukture velikog mozga od prosencefalona.

središnjeg, neparnog dijela (*telencephalon impar*) što spaja lijevi i desni telencefalički mjehurić, razvijaju se strukture mediobazalnog telencefalona i *lamina terminalis*, a u tom se području razvijaju i tri komisurna sustava telencefalona: *corpus callosum*, *commissura anterior* i *commissura hippocampi*.

2) **Diencephalon**: tri privremena uzdužna žlijeba podijele diencefalona u četiri uzdužne zone od kojih se razvijaju *epithalamus*, *thalamus*, *hypothalamus* i *subthalamus*. Nadalje, i *globus pallidus* (što je u odraslom mozgu naizgled dio bazalnih ganglija!) razvije se od diencefaličkog mjehurića. Od šupljine diencefaličkog mjehurića nastaje III. moždana komora.

3) **Mesencephalon**: od ovog mjehurića, što ostaje nepodijeljen, ventralno se razvijaju *pedunculi cerebri* (*crura cerebri* + *tegmentum*; *crura cerebri* = *pes pedunculi*), a dorzalno ploča s četiri kvržice, *lamina quadrigemina*, što oblikuje *tectum mesencephali* (nju čine dva gornja i dva donja kolikula). Šupljina mjehurića toliko se suzi da nastane uski kanal,

aqueductus mesencephali (*Sylvii*) što spaja III. s IV. moždanom komorom.

4) **Isthmus rhombencephali**: to je suženje neuralne cijevi što čini najrostralniji dio rombencefalona i označava prijelaz rombencefalona u mezencefalona; od njega se razvijaju gornji kraci malog mozga (*pedunculi cerebellares superiores*) i *velum medullare superius*.

5) **Metencephalon**: to je rostralni dio rombencefalona od kojeg se razvijaju most (*pons*) na ventralnoj i mali mozak (*cerebellum*) na dorzalnoj strani.

6) **Myelencephalon**: to je kaudalni dio prvotnog rombencefalona, od kojeg se razvije produljena moždina (*medulla oblongata*).

Od šupljina rombencefaličkog mjehurića kasnije nastaje IV. moždana komora. Od preostalog, kaudalnog dijela neuralne cijevi razvije se kralježnična moždina (*medulla spinalis*).

Tablica 1-2. Podjela mozga na temelju embrionalnog razvoja. Od primarnih i sekundarnih moždanih mjehurića razvijaju se dijelovi encefalona, a od preostalog, kaudalnog dijela neuralne cijevi razvijaju se kralježnična moždina (*medulla spinalis*) i njezin središnji kanal (*canalis centralis*).

Primarni moždani mjehurić	Sekundarni moždani mjehurić	Dio odraslog mozga	Dio ventrikularnog sustava
Prosencephalon	Telencephalon	cortex cerebri substantia alba cerebri corpus striatum corpus amygdaloideum claustrum mediobazalni telencefalona	lateralne moždane komore
	Diencephalon	epithalamus thalamus hypothalamus subthalamus	III. moždana komora
Mesencephalon	Mesencephalon	mesencephalon	aqueductus mesencephali
Rhombencephalon	Metencephalon	cerebellum pons	IV. moždana komora
	Myelencephalon	medulla oblongata	